



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

TEKNOLOGI KONSTRUKSI

Peralatan dan Sitework



TEKNOLOGI KONSTRUKSI

Peralatan dan Sitework

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

BIO DATA PENULIS



Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang. dan dari Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW) Salatiga. Disiplin ilmu itu antara lain teknik elektro, komputer, manajemen, ilmu sosiologi dan ilmu hukum. Penulis memiliki pengalaman kerja pada industri elektronik dan sertifikasi keahlian dalam bidang Jaringan Internet, Telekomunikasi, Artificial Intelligence, Internet Of Things (IoT), Augmented Reality (AR), Technopreneurship, Internet Marketing dan bidang pengolahan dan analisa data (komputer statistik), Ilmu Perpajakan.

Penulis adalah pendiri dari Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM) dan juga seorang dosen yang memiliki Jabatan Fungsional Akademik Lektor Kepala (Associate Professor) yang telah menghasilkan puluhan Buku Ajar ber ISBN, HAKI dari beberapa karya cipta dan Hak Paten pada produk IPTEK. Sejak tahun 2023 penulis tercatat sebagai Dosen luar biasa di Fakultas Ekonomi & Bisnis (FEB) Universitas Diponegoro Semarang. Penulis juga terlibat dalam berbagai organisasi profesi dan industri yang terkait dengan dunia usaha dan industri, khususnya dalam pengembangan sumber daya manusia yang unggul untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja secara nyata.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK
Jl. Majapahit No. 605 Semarang
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144
Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

ISBN 978-634-7227-23-2 (PDF)



9

786347

227232

TEKNOLOGI KONSTRUKSI

Peralatan dan Building Sitework

Penulis :

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

ISBN : 978-634-7227-23-2

Editor :

Dr. Joseph Teguh Santoso, S.Kom., M.Kom.

Penyunting :

Dr. Mars Caroline Wibowo. S.T., M.Mm.Tech

Desain Sampul dan Tata Letak :

Irdha Yunianto, S.Ds., M.Kom

Penebit :

Yayasan Prima Agus Teknik Bekerja sama dengan
Universitas Sains & Teknologi Komputer (Universitas STEKOM)

Anggota IKAPI No: 279 / ALB / JTE / 2023

Redaksi :

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Distributor Tunggal :

Universitas STEKOM

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : info@stekom.ac.id

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin dari penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
BAB 1 SUBSTRUKTUR	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Tanah Dan Eksplorasi Tanah	1
1.3 Perancangan Untuk Iklim Panas Dan Gersang.....	10
1.4 Masalah Pondasi Seismik	12
1.5 Pondasi	19
1.6 Konstruksi Ruang Bawah Tanah.....	33
1.7 Dinding Ruang Bawah Tanah	42
BAB 2 RANGKA.....	53
2.1 Pendahuluan.....	53
2.2 Pertimbangan Desain	54
2.3 Superstruktur.....	63
2.4 Dek Lantai Dan Plat.....	94
2.5 Konstruksi Lantai Penghambat Uap, Penghalang Udara, Dan Insulasi.....	104
2.6 Struktur Bentang Panjang Dan Struktur Tarik	110
2.7 Pelat Atap	131
2.8 Lingkungan Eksterior	142
2.10 Kulit Dinding Eksterior	149
2.11 Panel Batu.....	190
2.12 Konstruksi Dinding Eksterior	210
2.13 Penahan Uap Dinding Eksterior, Penghalang Udara Dan Insulasi	224
2.14 Jendela Eksterior	235
2.15 Desain Dan Detail Etalase	265
2.16 Pintu Eksterior	288
2.17 Penutup Atap.....	310
2.18 Bukaan Atap.....	358
BAB 3 INTERIOR	367
3.1 Pendahuluan.....	367
3.2 Konstruksi Interior	367
3.3 Pintu Interior	373
3.4 Pertimbangan Desain	377
3.5 Bukaan Dengan Peringkat Tahan Api.....	398
3.6 Tangga.....	403
3.7 Finishing Interior.....	415
3.8 Finishing Langit-Langit	449
BAB 4 LAYANAN FASILITAS	461
4.1 Pendahuluan.....	461
4.2 Pengangkutan	462
4.3 Lift.....	463
4.4 Eskalator Dan Jalan Bergerak	477
4.5 Kamar Mandi	484

4.6	Distribusi Air Domestik	490
4.7	Drainase Air Hujan.....	493
4.8	Pemanas, Ventilasi, Dan Penyejuk Udara (HVAC).....	496
4.9	Pendinginan.....	516
4.10	Pertimbangan Lingkungan	525
4.11	Sistem Pendinginan Lainnya	527
4.12	Sistem Saluran	536
4.13	Kolektor-Penyimpanan Terpadu (ICS).....	541
4.14	Perlindungan Kebakaran.....	548
4.15	Perlindungan Kebakaran Khusus	556
4.16	Pencahayaan Dan Kabel Cabang.....	562
4.17	Lampu	583
4.18	Komunikasi Dan Keamanan	595
BAB 5	PERALATAN DAN PERLENGKAPAN	597
5.1	Pendahuluan.....	597
5.2	Peralatan.....	597
5.3	Ruang Cuci	622
5.4	Perabot Atau Perlengkapan	625
5.5	Tempat Duduk Di Restoran Dan Bar	634
5.6	Perabot Yang Dapat Dipindahkan.....	637
5.7	Perabot Sekolah.....	649
BAB 6	KONSTRUKSI KHUSUS	655
6.1	Pendahuluan.....	655
6.2	Struktur Yang Dukung Udara	655
6.3	Struktur Pra-Rekayasa	659
6.4	Perakitan Atap Yang Didukung Kabel.....	668
6.5	Struktur Kayu Gelondong	672
BAB 7	MEMBANGUN SITEWORK.....	676
7.1	Pendahuluan.....	676
7.2	Persiapan Lokasi	677
7.3	Peningkatan Lokasi	678
7.4	Tempat Parkir.....	683
7.5	Jalan Untuk Pejalan Kaki.....	692
7.6	Tangga Dan Landai Eksterior	703
7.7	Pengembangan Lokasi	708
7.8	Landscaping	716
7.9	Penanaman Pohon Dan Semak	720
7.10	Rincian Penanaman	724
7.11	Utilitas Sipil/Mekanik Di Lokasi	741
7.12	Sistem Perkerasan Berpori	745
7.13	Sistem Pengendalian Air Limpasan.....	748
7.14	Pencahayaan Di Lokasi.....	757
	Daftar Pustaka.....	760

BAB 1

SUBSTRUKTUR

1.1 PENDAHULUAN

Pondasi yang dirancang dengan baik merupakan suatu keharusan bagi desain bangunan. Pemahaman dasar tentang faktor-faktor yang memengaruhi desain substruktur fasilitas lapisan tanah yang menahan beban, penurunan, dan dampak dari struktur yang berdekatan, lereng, dan modifikasi bangunan yang secara fisik memperluas struktur atau mengubah penggunaan suatu struktur sangat penting untuk desain bangunan yang baik.

Bab ini menyediakan kosakata dasar bagi tim desain untuk digunakan dalam berkomunikasi saat membantu dalam desain sistem pondasi yang optimal untuk memenuhi kendala biaya, jadwal, dan bangunan. Bab ini juga berfokus pada pekerjaan insinyur geoteknik, yang bersama-sama dengan insinyur struktur, menciptakan solusi untuk kendala desain yang kompleks. Ketika wawasan teknik dikombinasikan dengan metode konstruksi praktis untuk menghasilkan struktur yang mendukung beban yang semakin besar dengan cara yang lebih efisien, hal itu mengurangi risiko bahwa efektivitas struktur di atas permukaan tanah akan berkurang karena kesalahpahaman atau kurangnya perhatian terhadap detail penting di bawah permukaan tanah.

Selain mengeksplorasi tanah dan penyelidikan geoteknik, bab ini meneliti pertimbangan iklim dan seismik yang berkaitan dengan substruktur fasilitas dan memberikan tinjauan tentang fondasi khusus, termasuk konstruksi ruang bawah tanah. Topik konstruksi ruang bawah tanah membahas penggalian ruang bawah tanah, dukungan tanah, strategi penopang, dan konstruksi dinding ruang bawah tanah, menggunakan beton dan pasangan bata, serta metode untuk membuat elemen-elemen ini kedap air atau kedap lembap.

1.2 TANAH DAN EKSPLORASI TANAH

Menyatukan para profesional desain tim proyek, termasuk insinyur geoteknik, insinyur struktur, dan arsitek untuk membahas masalah tanah dan fondasi merupakan hal mendasar untuk memastikan bahwa fondasi yang dipilih memenuhi batasan anggaran proyek serta fungsionalitas struktur.

Memahami kosakata ilmu geoteknik (misalnya, perbedaan antara tanah "kohesif" dan "tidak kohesif") merupakan langkah pertama menuju pembinaan komunikasi kolaboratif, yang menjadi semakin penting seiring berlanjutnya proses. Apa yang harus diuji, apa yang seharusnya diuji, mengapa penting, dan apa keterbatasan pengujian tersebut harus dibahas. Demikian pula, mengidentifikasi alternatif modifikasi fondasi dan tanah (serta pro dan kontranya) akan membantu dalam fase desain awal, saat fondasi bangunan sedang dikembangkan. Memahami laporan investigasi geoteknik dan variasi geografis seperti iklim dan kondisi seismik akan membantu para profesional desain dalam membahas masalah fondasi yang penting.

Definisi Tanah: Istilah dan Klasifikasi

Sangat penting untuk memahami informasi rekayasa geoteknik dan struktur dengan baik; untuk itu, definisi tanah umum dan istilah lain berikut disertakan sebagai referensi:

- ❖ Tanah liat: Ditentukan oleh ukuran partikel dan komposisi, tanah liat secara kimia berbeda dari bahan induknya sebagai akibat dari pelapukan. Tanah liat biasanya anorganik dan memiliki ukuran butiran kurang dari 0,0002 inci diameternya. Bahan ini mengandung partikel bermuatan dan memiliki afinitas terhadap air. Karena ukuran dan komposisi kimianya, tanah liat menunjukkan kohesi dan plastisitas. Tanah liat dapat diklasifikasikan sebagai kaku, sedang, atau lunak, tergantung pada kadar airnya, dengan tanah liat yang lebih kering biasanya lebih kaku. Tanah liat menjadi bahan bantalan yang memuaskan dalam beberapa kondisi. Penurunan jangka panjang terkadang dapat mengendalikan tekanan bantalan yang diizinkan. Karena sifat tanah liat yang kohesif, penggalian dapat memiliki lereng yang curam untuk jangka waktu yang singkat.
- ❖ Lanau: Lanau terdiri dari partikel anorganik dengan diameter antara 0,003 inci dan 0,0002 inci. Partikel berbutir halus ini memiliki komposisi yang mirip dengan batuan asalnya, dan tidak bersifat plastis. Lanau organik ditemukan di dasar danau dan delta sungai.
- ❖ Pasir: Klasifikasi pasir bervariasi dari halus hingga kasar, partikel batuan ini memiliki ukuran diameter antara 0,003 inci hingga 0,079 inci. Jika dipadatkan dengan baik, pasir menjadi material bantalan yang ideal. Semakin kasar pasir, semakin tinggi tekanan bantalan yang diizinkan. Pasir halus rentan menjadi cepat saat mengalami tekanan hidrostatis yang tidak seimbang, dan dapat mencair saat longgar, jenuh, atau mengalami gaya seismik. Penurunan biasanya terjadi segera, dengan sedikit penurunan jangka panjang.
- ❖ Kerikil: Klasifikasi kerikil bervariasi dari halus hingga kasar, dan fragmen batuan yang tidak terkonsolidasi ini berkisar antara 0,75 inci hingga sekitar 3 inci. Kecuali kerikil yang terdiri dari serpih, material ini menjadi material pondasi yang baik. Bergantung pada kekompakan dan material di bawahnya, tekanan dukung yang sangat tinggi diizinkan oleh beberapa kode bangunan.
- ❖ Batu bulat: Berkisar dalam ukuran sekitar 3 inci hingga sekitar 10 inci, fragmen batuan ini dapat menjadi material penyangga pondasi yang andal, tetapi dapat sulit dipadatkan dengan benar saat digunakan untuk timbunan. Material seukuran batu bulat dapat mengganggu pemancangan tiang pancang dan konstruksi dermaga bor yang menyebabkan masalah yang signifikan.
- ❖ Batu besar: Biasanya diklasifikasikan sebagai fragmen batuan yang lebih besar dari 10 inci, batu besar dapat digunakan sebagai bagian dari massa timbunan jika rongga di antara batu besar diisi dengan pasir dan lanau berbutir lebih halus. Material ini umumnya tidak dianggap cocok untuk dukungan pondasi langsung karena ukuran dan bentuknya, dan kesulitan dalam menggali material ke bentuk yang diinginkan. Seperti halnya batu bulat, batu besar dapat menimbulkan masalah yang signifikan selama

konstruksi.


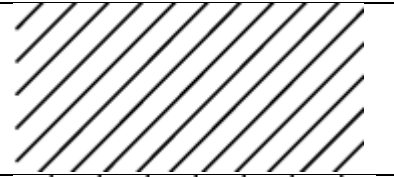
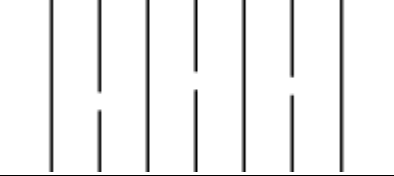


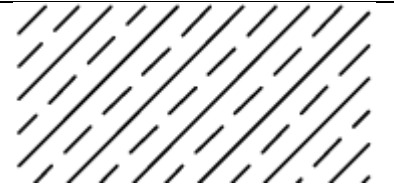
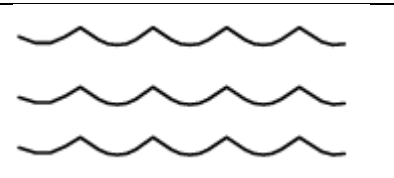
- ❖ Batuan dasar: Batuan keras yang tidak pecah dan tidak berada di atas material lain dianggap sebagai batuan dasar. Bergantung pada komposisinya, batuan ini mampu menahan tekanan dukung yang sangat tinggi, dan diinginkan untuk pondasi yang menahan beban tinggi. Jika batuan telah lapuk atau retak, daya dukungnya dapat terganggu. Penurunan bangunan di atas batuan dasar terutama terbatas pada penurunan elastis pondasi.
- ❖ Residu: Residu terdiri dari tanah yang berasal dari dekomposisi material batuan dasar di tempat. Secara umum, tanah ini lebih lapuk di dekat permukaan, dan secara bertahap berubah menjadi material yang lebih mirip batu seiring bertambahnya kedalaman. Jika tanah residu menunjukkan bukti stratifikasi dan struktur batuan induk, maka tanah tersebut dikenal sebagai material saprolitik.
- ❖ Tanah aluvial: Karena material terkikis, diangkut, dan diendapkan melalui aksi aliran air, tanah ini biasanya gembur dan jenuh, sehingga sering kali tidak cocok untuk menopang struktur atau perkerasan.
- ❖ Tanah koluvial: Karena material diangkut oleh gravitasi, biasanya terkait dengan tanah longsor, tanah ini umumnya tidak teratur komposisinya dan gembur. Tanah ini memerlukan perbaikan sebelum digunakan untuk menopang bangunan dan perkerasan jalan.
- ❖ Tanah Aeolian: Tanah ini diangkut dan diendapkan oleh angin. Biasanya, tanah ini terdiri dari tanah berukuran lanau atau pasir. Loess, salah satu jenis tanah Aeolian yang paling umum, terdiri dari lanau halus yang disemen. Meskipun material ini mungkin cocok di tempatnya, ia kehilangan banyak kekuatannya saat terganggu atau dipadatkan kembali.
- ❖ Till: Till adalah campuran tanah liat, lanau, pasir, kerikil, dan bongkahan batu yang diendapkan oleh gletser. Till terkonsolidasi yang bergradasi baik (ditunjukkan oleh distribusi ukuran partikel yang seragam) sangat kuat dan menghasilkan strata pondasi yang sangat baik. Till yang gembur dapat menyebabkan penurunan yang tidak merata jika digunakan sebagai material bantalan.
- ❖ Lempung: Material organik ini, yang terdiri dari humus dan pasir, lanau, atau tanah liat, menyediakan material yang sangat baik untuk pertanian tetapi tidak boleh digunakan untuk pondasi. Material organik akan mengendap dalam waktu lama, dan bahkan lempengan tanah yang dibebani ringan akan mengendap jika berada di atas lempung.
- ❖ Tanah tanpa kohesi: Jenis tanah ini terdiri dari batu bulat, kerikil, pasir, dan lanau nonplastik. Tanah ini umumnya terbentuk dari pelapukan mekanis batuan dasar yang disebabkan oleh air, es, panas, dan dingin. Tanah ini biasanya tersusun dari mineral yang sama dengan batuan induk. Kekuatan material tanpa kohesi terutama berasal dari gesekan antarpartikel.
- ❖ Tanah kohesif: Jenis tanah ini mengandung mineral lempung dengan muatan kimia yang tidak seimbang. Akibatnya, tanah ini cenderung menarik air dan saling terikat. Kekuatan material kohesif berasal dari kombinasi ikatan kimia ini dan dari gesekan

antarpartikel.

Jenis Tanah Dan Sifat-Sifatnya

Tabel 1.1 Klasifikasi tanah berdasarkan simbol dan sifat teknik

Divisi	Simbol	Deskripsi Pola	Warna	Deskripsi Tanah	Nilai Sebagai Material Pondasi	Aksi Embun Beku	Drainase
Kerikil dan Tanah Berkerikil	GW		Merah	Kerikil bergradasi baik, atau campuran kerikil-pasir; sedikit atau tanpa butiran halus	Sangat Baik	Tidak Ada	Sangat Baik
	GP		Merah	Kerikil bergradasi buruk, atau campuran kerikil-pasir; sedikit atau tanpa butiran halus	Baik	Tidak Ada	Sangat Baik
	GM		Kuning	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lanau	Baik	Sedikit	Buruk
	GC		Kuning	Kerikil berlempung, campuran kerikil-lempung-pasir	Baik	Sedikit	Buruk
Pasir dan Tanah Berpasir	SW		Merah	Pasir bergradasi baik, atau campuran pasir-kerikil; sedikit atau tanpa butiran halus	Baik	Tidak Ada	Sangat Baik
	SP		Merah	Pasir bergradasi buruk, atau campuran pasir-kerikil; sedikit atau tanpa butiran halus	Baik	Tidak Ada	Sangat Baik
	SM		Kuning	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Cukup	Sedikit	Cukup
	SC		Kuning	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Cukup	Sedang	Buruk

Lanau & Lempung (Batas Cair ≤ 50%)	ML		Hijau	Lanau anorganik, tepung batu, atau lempung halus sedikit plastis	Cukup	Sangat Tinggi	Tinggi
	CL		Hijau	Lempung anorganik plastisitas rendah sampai sedang	Cukup	Sedang	Impermeabel
	OL		Hijau	Lanau/lempung organik plastisitas rendah	Buruk	Tinggi	Impermeabel
Lanau & Lempung (Batas Cair > 50%)	MH		Biru	Lanau anorganik plastisitas tinggi atau bercampur bahan organik	Buruk	Sangat Tinggi	Buruk
	CH		Biru	Lempung anorganik plastisitas tinggi	Sangat Buruk	Tinggi	Impermeabel
	OH		Biru	Tanah organik plastisitas sedang hingga tinggi	Sangat Buruk	Tinggi	Impermeabel
Tanah Sangat Organik	Pt		Oranye	Gambut atau tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	Tidak Cocok	Sedikit	Buruk

- ★ Konsolidasi: Ketika tanah mengalami beban, air di dalam rongga awalnya mendukung perubahan tegangan melalui peningkatan tekanan. Tekanan berlebih secara bertahap menghilang sebanding dengan permeabilitas tanah. Material berbutir kasar mengalir dengan cepat, sementara lanau dan lempung berbutir halus mengalir lebih lambat. Ketika tekanan pori berlebih menghilang, rongga memampatkan dan mentransfer beban ke butiran tanah. Pengurangan volume yang dihasilkan dari waktu ke waktu dikenal sebagai konsolidasi.
- ★ Tanah yang kurang terkonsolidasi: Tanah yang terbentuk di delta sungai dan badan air lainnya diendapkan dalam keadaan sangat gembur. Tanah ini sering kali kurang terkonsolidasi, karena tidak pernah mengalami tegangan yang sama atau lebih besar dari tegangan beban saat ini. Material ini cenderung terkonsolidasi di bawah beratnya sendiri dari waktu ke waktu, hingga semua tekanan pori berlebih telah hilang dan tanah

menjadi "terkonsolidasi secara normal". Pondasi yang berada di atas tanah yang kurang padat biasanya dapat mengalami penurunan jangka pendek dan jangka panjang yang besar.

- ❖ Tanah yang terlalu padat: Tidak seperti banyak jenis material lainnya, tanah tidak elastis. Ketika tekanan diberikan pada tanah, tanah akan terkompresi. Namun, ketika tekanan yang sama dihilangkan, tanah tidak akan kembali ke ketinggian yang sama. Ketika dibebani lagi, tanah akan "mengingat" kondisi yang sebelumnya terbebani dan terkompresi ke tingkat tekanan historisnya. Tanah yang sebelumnya telah dibebani tekanan di atas yang disebabkan oleh beban tanah saat ini dianggap terlalu padat. Pondasi yang berada di atas tanah yang terlalu padat biasanya dapat mengalami penurunan jangka pendek dan jangka panjang yang lebih sedikit.
- ❖ Pengeringan: Semua tanah biasanya mengandung sedikit air di dalam rongga di antara partikel tanah. Ketika tanah mengering, tegangan kapiler cenderung menarik butiran tanah menjadi satu, menyebabkan tanah menyusut dan kehilangan volume. Tindakan ini dapat menyebabkan tanah menjadi terlalu padat, karena tegangan kapiler mengakibatkan tekanan.

Membaca Laporan Tanah

Laporan geoteknik membantu tim desain memahami lokasi tempat struktur akan dibangun. Sebagian besar laporan geoteknik berisi informasi berikut, berdasarkan cakupan eksplorasi yang telah ditetapkan sebelumnya:

- Ringkasan laporan
- Informasi proyek
- Metode eksplorasi
- Uraian kondisi tanah dan air tanah
- Rekomendasi desain
- Pertimbangan konstruksi
- Lampiran
- Diagram lokasi
- Catatan pengeboran tanah atau lubang uji
- Profil tanah
- Hasil uji laboratorium

Ringkasan laporan umumnya sepanjang satu hingga dua halaman, dan menyediakan informasi dan rekomendasi yang paling menonjol dari laporan tersebut. Gunakan ringkasan tersebut sebagai referensi cepat, tetapi baca seluruh laporan untuk mengetahui detail dan kualifikasi/keterbatasannya. Sebagian besar laporan dapat dibaca dalam waktu 30 menit. Periksa dan verifikasi informasi dan kriteria proyek (misalnya, tinggi bangunan, beban struktural, tingkat lantai/ruang bawah tanah, dan sebagainya). Ruang lingkup evaluasi dan rekomendasi didasarkan pada informasi ini.

Laporan tersebut juga akan menyertakan informasi proyek yang menjelaskan karakteristik bangunan dan lokasi seperti jumlah lantai, material konstruksi bangunan, beban pondasi, data ruang bawah tanah jika berlaku, dan tingkat kemiringan. Bagian eksplorasi

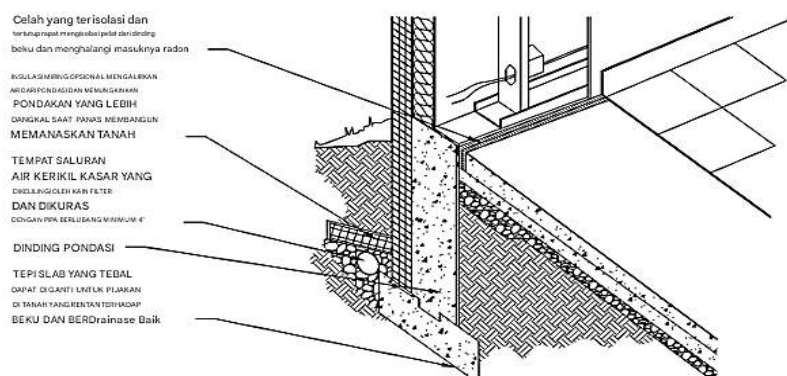
mendefinisikan bagaimana insinyur geoteknik memperoleh informasi tanah yang diperlukan untuk menjelaskan pondasi, yang akan mencakup jumlah, lokasi, dan kedalaman pengeboran tanah dan lubang uji, serta pengujian laboratorium dan lapangan yang akan dilakukan. Kondisi tanah dan air tanah secara umum mencakup tinjauan umum hasil pengujian insinyur geoteknik. Informasi yang lebih rinci terdapat dalam catatan pengeboran tanah dan lubang uji, yang dapat ditinjau kembali jika diperlukan.

Bagian rekomendasi desain sangat menarik bagi tim desain proyek, karena berisi rekomendasi khusus mengenai desain pondasi, pelat lantai, dinding, persyaratan drainase, dan komponen bangunan utama lainnya. Bagian ini harus dibaca bersama dengan bagian tentang pertimbangan konstruksi, yang mengidentifikasi potensi masalah selama konstruksi yang dapat dihindari atau diminimalkan oleh tim desain dan kontraktor jika semua pihak memahami tantangan proyek. Sering kali laporan akan memberikan penampang melintang profil tanah, menggabungkan informasi pengeboran tanah dalam gambar yang mudah dipahami. Hal ini akan memungkinkan pembaca untuk lebih memahami perkiraan perubahan sifat tanah di seluruh lokasi.

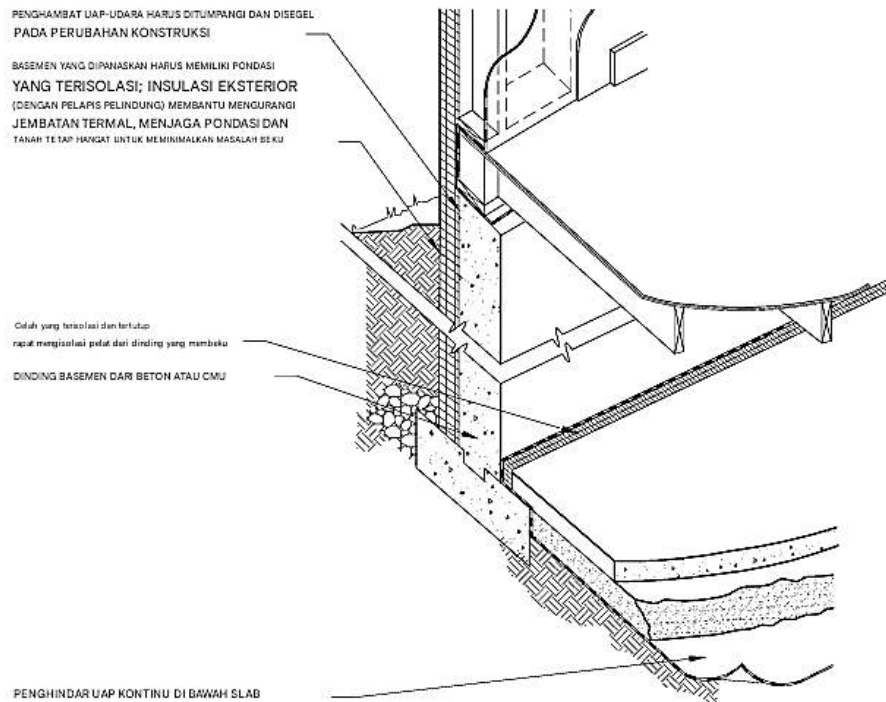
Masalah Pondasi Iklim

Merancang Untuk Iklim Dingin Dan Kurang Panas

Kondisi iklim dingin dan kurang panas terjadi di separuh utara Amerika Serikat dan di wilayah pegunungan. Kondisi ini secara umum dapat diukur dengan kedalaman beku 12 inci atau lebih. Merancang pondasi untuk kondisi ini ditangani dengan cara yang lebih umum, seperti: menyediakan pondasi di bawah kedalaman beku, termasuk ruang bawah tanah, dan menyediakan insulasi di bagian luar untuk mengurangi kemungkinan suhu tanah dingin mencapai bangunan.

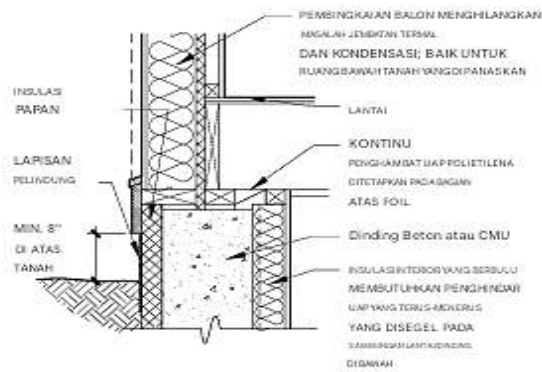


Gambar 1.2 Konstruksi slab-on-grade di iklim dingin

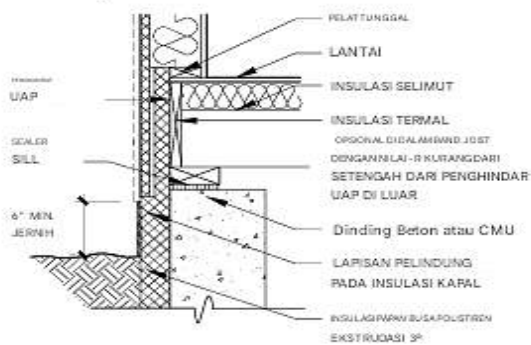


Gambar 1.3 Konstruksi basement di iklim dingin

BAGIAN DINDING HEMAT ENERGI UNTUK IKLIM YANG KURANG PANAS 1.4

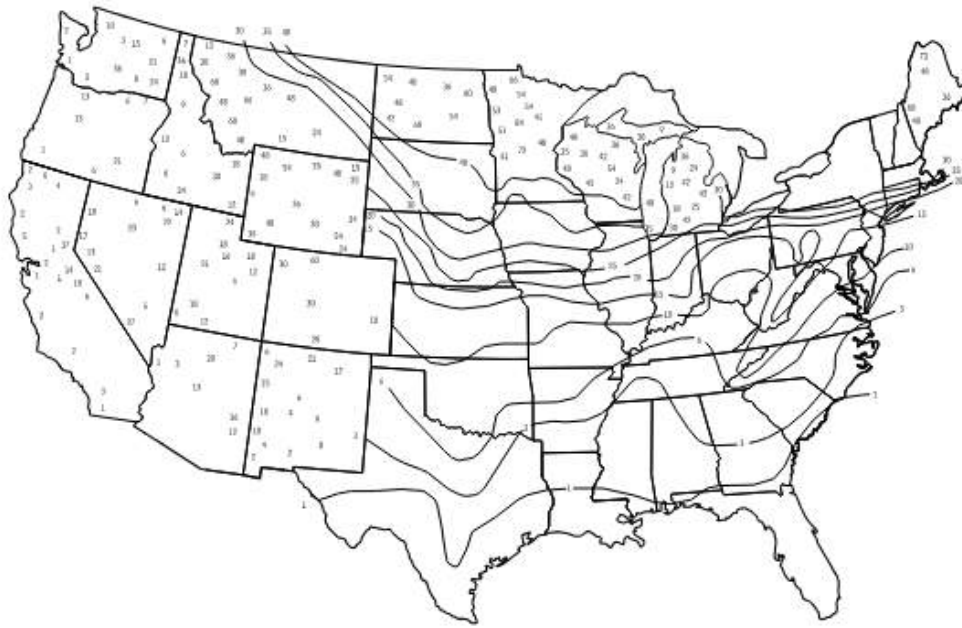


Isolasi di bagian dalam konstruksi



Isolasi di luar konstruksi

Gambar 1.4 Bagian dinding hemat energi untuk iklim yang kurang panas



Gambar 1.5 Kedalaman rata-rata penetrasi es (in.)

Masalah Beku

Tindakan beku yang merugikan pada tanah jelas terbatas pada wilayah Amerika Serikat tempat suhu di bawah titik beku terjadi secara teratur dan dalam jangka waktu yang lama. "Tindakan beku," sebagaimana digunakan dalam konteks ini, adalah gerakan lateral atau vertikal struktur yang ditopang di atas atau di dalam tanah. Tanah beku itu sendiri tidak selalu merugikan struktur yang ditopang. Hal ini menjadi merugikan ketika, melalui pertumbuhan lensa es, tanah, dan apa pun yang berada di atas tanah di atas lensa es, terangkat ke atas. Hal ini menyebabkan fondasi dan struktur yang ditopang oleh fondasi tersebut terdistorsi dan mengalami kerusakan. Masalah umum lainnya adalah terangkatnya trotoar, jalan setapak, anak tangga, dinding penahan, tiang pagar, dan fitur arsitektur.

Kedalaman penetrasi beku secara langsung terkait dengan intensitas dan durasi kondisi beku, suatu ukuran yang disebut indeks derajat hari beku. Di daerah beriklim sedang di Amerika Serikat, peraturan bangunan setempat mungkin menetapkan kedalaman perlindungan terhadap embun beku untuk fondasi 12 inci. Di wilayah utara Amerika Serikat, kedalaman perlindungan terhadap embun beku mungkin 42 hingga 60 inci seperti yang dipersyaratkan oleh peraturan bangunan setempat.

Pedoman ini biasanya konservatif, tetapi ada situasi di mana kedalaman perlindungan terhadap embun beku yang lebih dalam diperlukan. Misalnya, jika pintu masuk darurat ke rumah sakit berada di sisi utara rumah sakit, di mana matahari tidak pernah menghangatkan trotoar yang berdekatan dengan bangunan, dan trotoar dijaga 100 persen bebas salju demi alasan keamanan, maka penetrasi embun beku dapat dengan mudah melampaui persyaratan peraturan. Evaluasi dengan cermat kondisi paparan untuk melihat apakah ada kondisi khusus. Rumput dan salju merupakan isolator yang sangat efektif untuk tanah di bawahnya. Hindari penggunaan permukaan luar yang miring pada balok atau fondasi yang memberikan gaya beku sesuatu untuk melawan ketika situasi es naik.

1.3 PERANCANGAN UNTUK IKLIM PANAS DAN GERSANG

Implikasi Iklim

Meskipun tergolong gersang dan terlalu panas, iklim gurun yang parah di Amerika Serikat biasanya memiliki empat periode berbeda untuk menentukan strategi kenyamanan:

- ☞ Musim kemarau yang panas, terjadi pada akhir musim semi, awal musim panas, dan awal musim gugur, memiliki atmosfer yang kering dan jernih yang menyediakan tingkat isolasi yang tinggi, suhu udara siang hari yang tinggi, suhu udara matahari yang sangat tinggi, dan kehilangan radiasi termal yang besar pada malam hari, menghasilkan kisaran harian 30° hingga 40°F. Suhu malam hari mungkin turun di bawah batas kenyamanan dan berguna untuk pendinginan. Kelembapan yang rendah memungkinkan pendinginan evaporatif yang efektif.
- ☞ Musim panas dan lembap terjadi pada bulan Juli dan Agustus. Selain isolasi yang tinggi, musim ini ditandai dengan suhu titik embun yang tinggi (di atas 55°F), yang mengurangi kegunaan pendinginan evaporatif untuk pengkondisian kenyamanan. Kelembapan dan kabut mencegah reradiasi termal malam hari, sehingga hanya menghasilkan kisaran harian 20°F atau kurang. Suhu malam hari terendah sering kali lebih tinggi dari batas kenyamanan. Dengan demikian, pendinginan atau dehumidifikasi mungkin diperlukan untuk memenuhi standar kenyamanan.
- ☞ Musim dingin biasanya memiliki langit yang cerah, malam yang dingin, suhu titik embun yang sangat rendah, kisaran harian hampir 40°F, dan peluang untuk memenuhi semua persyaratan pemanas secara pasif dari isolasi.
- ☞ Musim pelayaran transisi atau termal terjadi sebelum dan sesudah musim dingin dan tidak memerlukan intervensi oleh sistem kontrol lingkungan. Musim ini dapat diperpanjang oleh fitur pasif bangunan. Iklim gurun lainnya memiliki musim yang sama tetapi dalam proporsi yang berbeda dan pada skala yang lebih dingin.

Detail Konstruksi

Manfaatkan kondisi iklim dengan menggabungkan praktik konstruksi yang merespons dengan cara yang bermanfaat bagi lingkungan, termasuk:

- ❖ Isolasi pipa pendingin dan refrigeran dari menara evaporatif dan kondensor jarak jauh untuk seluruh panjangnya.
- ❖ Di lokasi yang panas, gunakan konstruksi atap yang mirip dengan detail atap iklim dingin.
- ❖ Jangan gunakan kayu yang terbuka (terutama pada penampang melintang kecil) dan banyak plastik, karena akan rusak akibat panas yang berlebihan dan paparan sinar ultraviolet yang tinggi.
- ❖ Meskipun penghambat uap mungkin tidak penting untuk mengendalikan kondensasi, terapkan sebagai pembungkus bangunan atau pelindung angin, baik untuk mengendalikan penetrasi debu maupun untuk menghindari kebocoran konvektif akibat perbedaan suhu yang tinggi.
- ❖ Hindari jembatan termal seperti pelat kantilever yang luas.
- ❖ Penghalang radiasi dan detail yang sesuai dengan iklim yang lembap dan terlalu panas

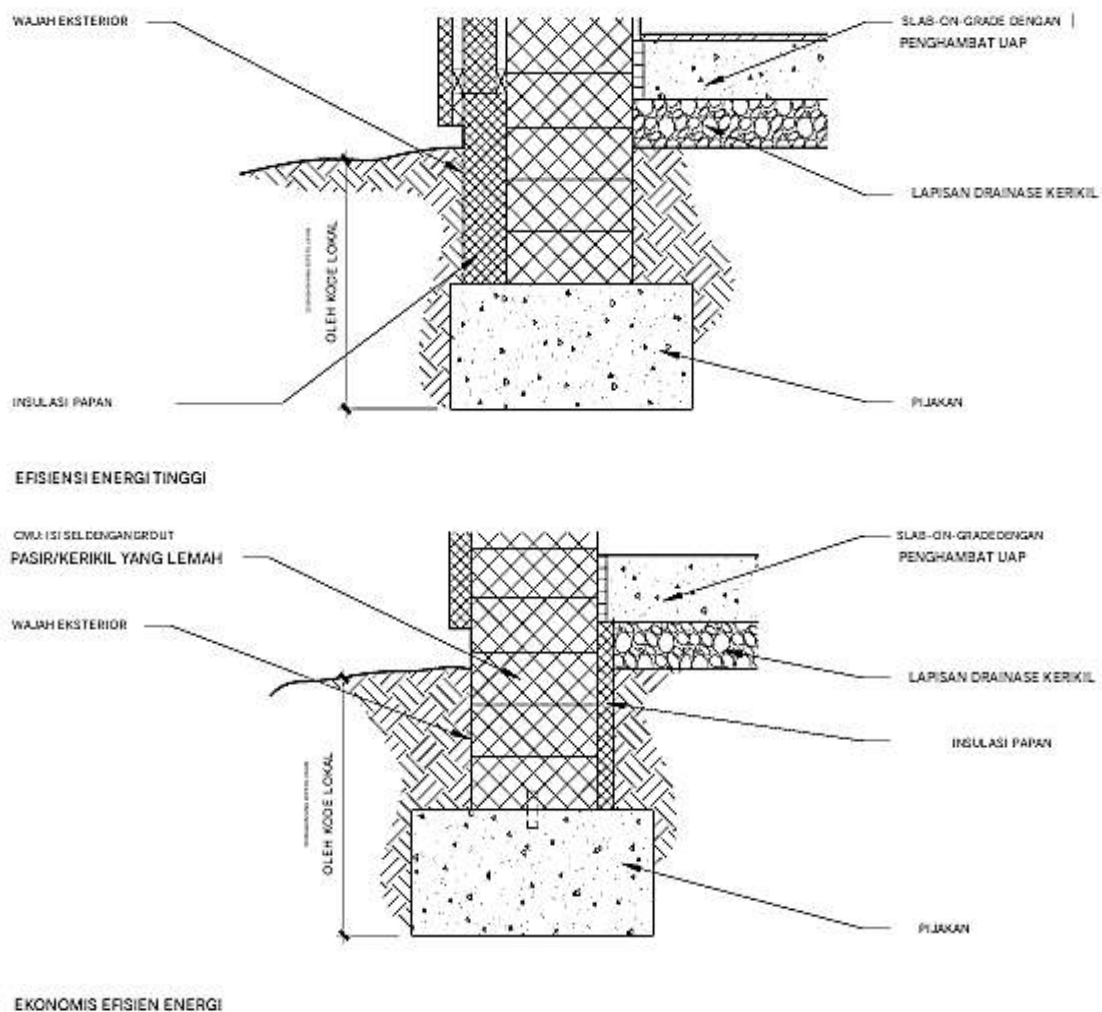
setidaknya sama efektifnya dengan penghambat uap, tetapi hindari lubang pada rakitan tempat konveksi akan membocorkan keunggulan termalnya.

- ❖ Beri ventilasi pada kulit bangunan (loteng atau atap, dinding) untuk mengurangi perpindahan panas matahari-udara.

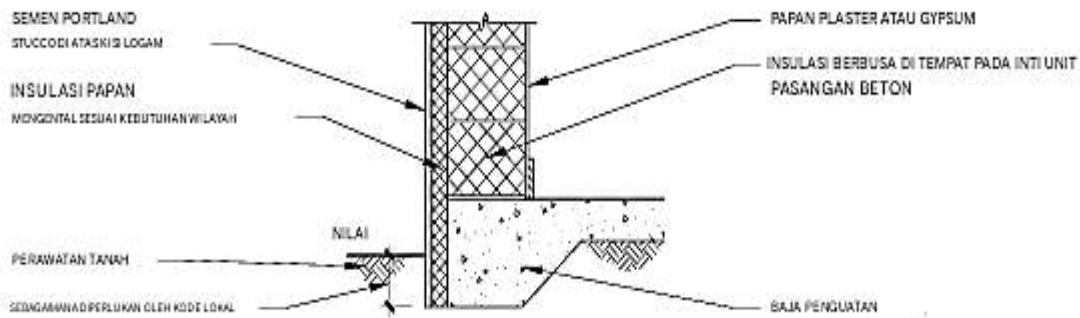
Merancang untuk Iklim yang Lembab dan Terlalu Panas

Kondisi yang lembab dan terlalu panas paling parah terjadi di sepanjang Gulf Coast, tetapi terjadi di seluruh Amerika Serikat bagian tenggara. Kelembapan atmosfer membatasi pertukaran radiasi, sehingga suhu harian kurang dari 20°F. Isolasi yang tinggi memberikan prioritas utama pada naungan.

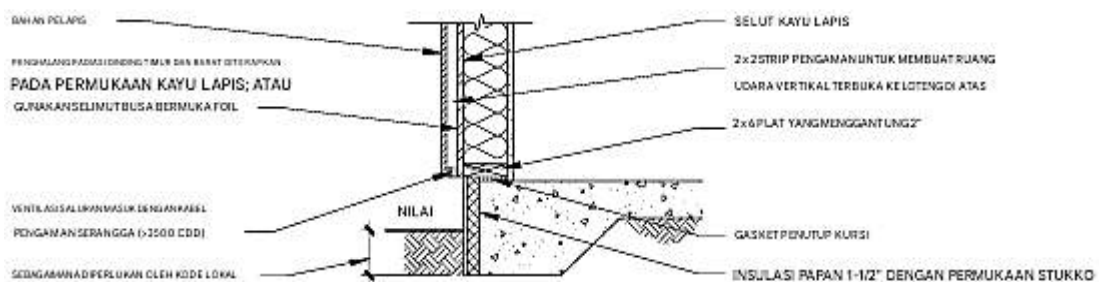
Sebagian besar periode kepanasan hanya beberapa derajat di atas batas kenyamanan, sehingga pergerakan udara dapat mendinginkan tubuh. Suhu tanah pada umumnya terlalu tinggi bagi Bumi untuk dapat digunakan sebagai penyerap panas, meskipun massa lantai pelat di atas tanah berguna. Strateginya adalah menahan perolehan panas matahari dan konduktif serta memanfaatkan ventilasi sebaik-baiknya.



Gambar 1.6 Bagian dinding umum untuk iklim panas dan kering



Gambar 1.7 Bagian dinding hemat energi: dinding batu berventilasi dengan insulasi dalam untuk iklim lembab dan terlalu panas



Gambar 1.8 Bagian dinding hemat energi: dinding kulit berventilasi dengan penghalang radiasi untuk iklim yang lembab dan terlalu panas

1.4 MASALAH PONDASI SEISMIK

Pendahuluan Desain Seismik

Menurut teori lempeng tektonik, kerak bumi terbagi menjadi lempeng-lempeng yang terus bergerak. Gempa bumi terjadi ketika, sebagai akibat dari tekanan yang terakumulasi secara perlahan, tanah bergeser secara tiba-tiba di sepanjang bidang patahan geologi pada atau di dekat batas lempeng. Gelombang getaran yang dihasilkan di dalam Bumi menciptakan gerakan tanah di permukaan, yang pada gilirannya, menyebabkan gerakan di dalam bangunan. Frekuensi, besarnya, dan durasi gerakan tanah; karakteristik fisik bangunan; dan geologi suatu lokasi menentukan bagaimana gaya-gaya ini memengaruhi bangunan.

Penilaian Desain

Selama peristiwa seismik, bangunan yang dirancang pada tingkat minimum yang disyaratkan oleh kode model sering mengalami kerusakan, bahkan kerusakan struktural yang signifikan. Diskusi awal dengan pemilik harus mengeksplorasi kebutuhan untuk membatasi kerugian properti dalam gempa bumi, dan keinginan untuk mencoba memastikan operasi bangunan yang berkelanjutan segera setelahnya. Untuk mencapai hasil ini, mungkin perlu membuat keputusan desain yang lebih cermat disesuaikan dengan kondisi seismik suatu lokasi daripada yang dipersyaratkan oleh kode.

Hubungan antara periode gerakan tanah dan periode gerakan bangunan sangat penting bagi desain bangunan. Periode gerakan fundamental dalam struktur berkisar dari 0,1

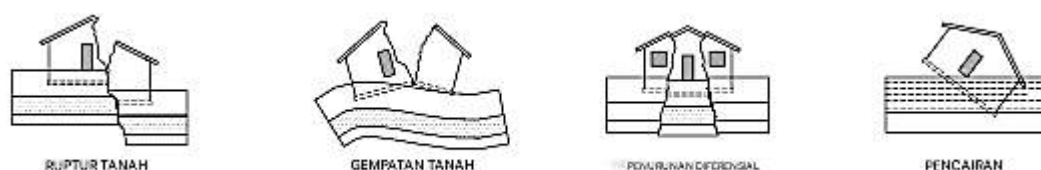
detik untuk bangunan satu lantai hingga 4,0 detik atau lebih untuk bangunan bertingkat tinggi. Tanah umumnya bergetar selama periode antara 0,5 dan 1,0 detik. Jika periode gerakan tanah dan periode gerakan alami dalam suatu bangunan bertepatan, bangunan tersebut dapat beresonansi, dan beban akan meningkat. Secara teoritis, salah satu bagian dari solusi desain seismik adalah untuk "menyetel" bangunan sehingga periode gerakannya sendiri berada di luar kisaran frekuensi gerakan tanah yang diperkirakan. Dalam praktiknya, penyetelan ini sangat jarang dilakukan. Sebaliknya, para profesional desain mengandalkan peningkatan efek beban yang dipersyaratkan oleh kode yang berlaku untuk mengatasi masalah tersebut.

Kode Seismik

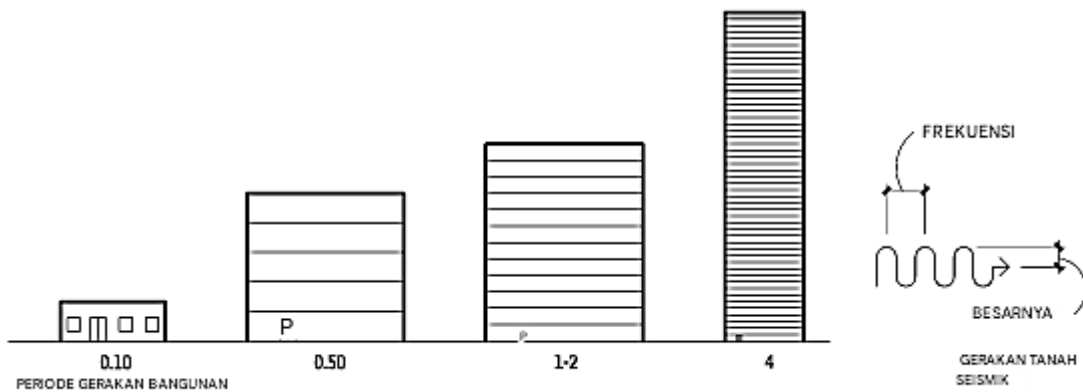
Kode bangunan yang diadopsi di sebagian besar wilayah hukum di Amerika Serikat adalah Kode Bangunan Internasional (*International Building Codes/ IBC*). Ada beberapa perubahan signifikan pada gaya seismik yang ditentukan oleh kode ini dibandingkan dengan gaya seismik yang ditentukan oleh kode bangunan sebelumnya. Ketentuan seismik kode IBC 2006 dirancang berdasarkan tingkat gempa bumi yang diperkirakan hanya akan terlampaui 2 persen dari waktu dalam 50 tahun ke depan. Tingkat desain seismik untuk sebagian besar bangunan, menurut IBC, didasarkan pada strategi "perlindungan terhadap keruntuhan" (umumnya disebut sebagai tingkat "keselamatan jiwa"), yang mengasumsikan bahwa mungkin ada kerusakan signifikan pada bangunan hingga titik keruntuhan tetapi bangunan tersebut tidak runtuh.

Insinyur struktur akan merancang rakitan struktur penahan gaya lateral untuk menahan gempa bumi tingkat desain. Desain ini dikembangkan dari peta terperinci yang menunjukkan percepatan spektral tanah bangunan, yang didasarkan pada peristiwa seismik masa lalu yang diketahui, dikombinasikan dengan studi probabilitas. Peta-peta ini biasanya mencakup lokasi patahan yang diketahui, yang membantu menentukan jarak bangunan dari patahan yang diketahui. Percepatan tanah biasanya dapat ditemukan hingga ke tingkat kabupaten di Amerika Serikat. Insinyur geoteknik bekerja dengan tim desain untuk mengembangkan koefisien lokasi, yang bergantung pada lapisan dan kedalaman tanah setempat.

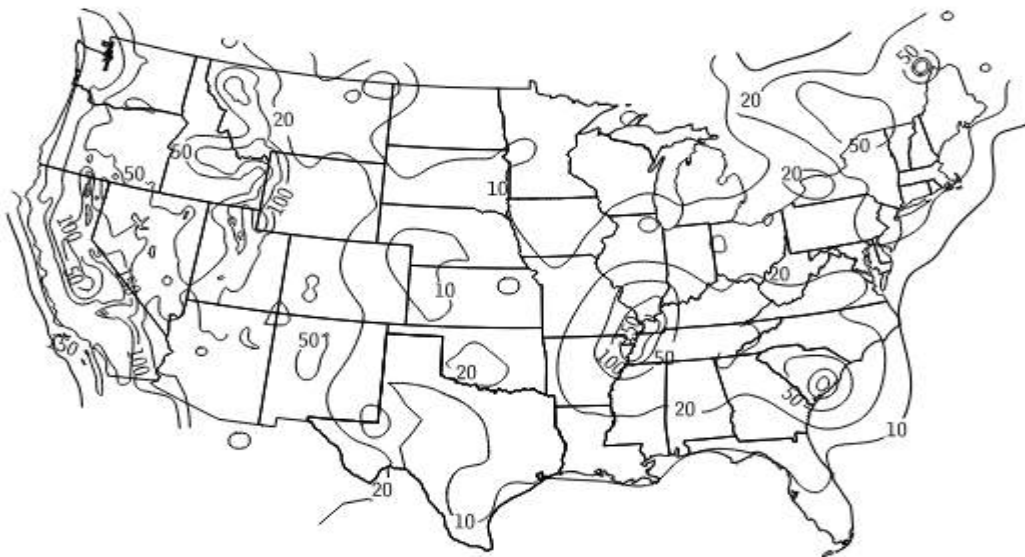
Informasi berikut ini didasarkan pada persyaratan dalam Kode Bangunan IBC 2006, yang selanjutnya didasarkan pada Program Pengurangan Bahaya Gempa Bumi Nasional (NEHRP) 2000. Hunian satu dan dua keluarga yang terpisah dibebaskan dari peraturan seismik di area selain yang memiliki tingkat kegempaan tinggi. (Catatan: Kode seismik terus berkembang, jadi konsultasikan kode yang berlaku sebelum memulai proyek.)



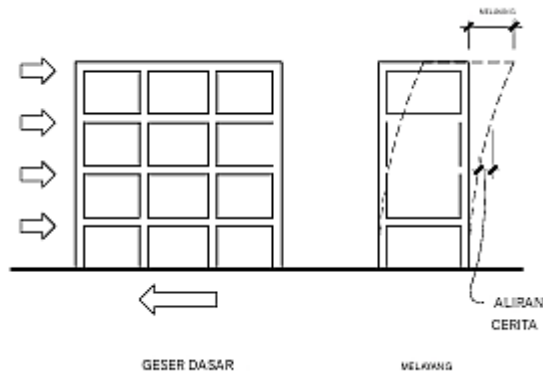
Gambar 1.9 Penyebab utama kegagalan pondasi



Gambar 1.10 Periode fundamental



Gambar 1.11 Percepatan seismik untuk bangunan rendah yang dinyatakan sebagai persentase gravitasi

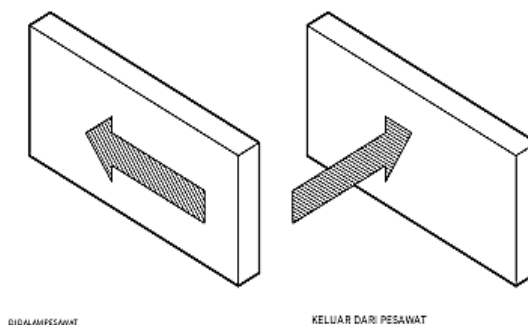


Gambar 1.12 Geser dan aliran dasar

Istilah

Komunitas seismik memiliki serangkaian istilah yang luas yang menggambarkan kondisi umum di lapangan. Berikut adalah daftar singkat istilah-istilah ini dan definisinya:

- ❖ Geser dasar (analisis statis): Total gaya geser yang dihitung yang bekerja pada dasar suatu struktur, digunakan dalam kode sebagai representasi statis gaya gempa lateral. Disebut juga sebagai gaya lateral ekuivalen.
- ❖ Gempa desain: Gerakan tanah akibat gempa yang menjadi target rancangan bangunan. Biasanya sekitar dua pertiga dari gempa maksimum yang dipertimbangkan (MCE) (didefinisikan di bawah) saat merancang sesuai kode IBC.
- ❖ Drift dan story drift: Lendutan lateral bangunan atau struktur. Story drift adalah gerakan relatif antara lantai yang berdekatan.
- ❖ Ductility: Kemampuan rangka struktural untuk menekuk, tetapi tidak patah. Ductility merupakan faktor utama dalam menetapkan kemampuan bangunan untuk menahan gempa besar. Material daktil (khususnya baja) hanya akan rusak setelah deformasi permanen terjadi. Ductility yang baik memerlukan perincian khusus pada sambungan.
- ❖ Analisis dinamis: Analisis struktural berdasarkan gerakan getaran bangunan. Analisis dinamis memakan waktu, dan biasanya diperuntukkan untuk proyek yang kompleks.
- ❖ Gaya, dalam bidang: Gaya yang diberikan sejajar dengan dinding atau rangka.
- ❖ Gaya, di luar bidang: Gaya yang diberikan tegak lurus ke dinding atau rangka.



Gambar 1.13 Diagram gaya

- ❖ Gempa bumi maksimum yang dipertimbangkan (MCE): Guncangan tanah terbesar yang diperkirakan terjadi selama gempa bumi di suatu lokasi. Nilai-nilai ini agak lebih tinggi daripada gempa bumi rancangan, khususnya di daerah-daerah yang jarang terjadi gempa bumi. Peta kode didasarkan pada gempa bumi sebesar ini.
- ❖ Sudut masuk kembali: Sudut bangunan bagian dalam dari denah berbentuk L, H, X, atau T.

Menentukan Gaya Gempa

Prosedur gaya lateral ekuivalen adalah metode yang paling umum digunakan untuk menentukan gaya rancangan gempa bumi. Di dalamnya, beban gempa bumi, V (geser dasar), ditentukan dengan mengalikan berat bangunan dengan faktor C_s ($V=C_sW$). Nilai C_s bergantung pada ukuran gempa desain, jenis tanah, periode bangunan, pentingnya bangunan, dan faktor respons-modifikasi (variabel yang memperhitungkan berbagai tingkat duktilitas untuk berbagai jenis sistem penahan gaya lateral yang digunakan).

Gaya ini diterapkan di dasar struktur kemudian didistribusikan secara vertikal ke

seluruh bangunan sesuai dengan massa, dan secara horizontal ke seluruh bangunan sesuai dengan kekakuan elemen lateral struktur (untuk diafragma "kaku"), atau sesuai dengan lebar anak sungai elemen lateral struktur (untuk diafragma "fleksibel").

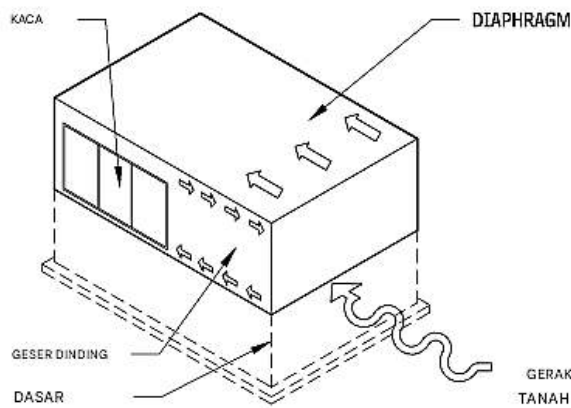
Perancangan Untuk Menahan Gaya Gempa Dan Masalah Pondasi

Perancangan yang menahan gaya gempa pada suatu struktur memanfaatkan keuletan sistem lateral. Sistem lateral yang ulet tersebut dirancang untuk lebih banyak mengalami defleksi akibat beban gempa daripada yang diharapkan dari beban angin. Hal ini memungkinkan penggunaan gaya desain seismik efektif yang lebih kecil dan anggota yang berukuran lebih masuk akal. Akan tetapi, penting bahwa keseluruhan desain tetap mampu menahan defleksi yang diharapkan. Pergeseran tingkat yang terlalu besar dapat mengakibatkan gaya dan tegangan sekunder yang tidak dirancang untuk struktur tersebut, serta meningkatkan kerusakan pada komponen bangunan interior dan eksterior, dan menghalangi jalan keluar dari bangunan.

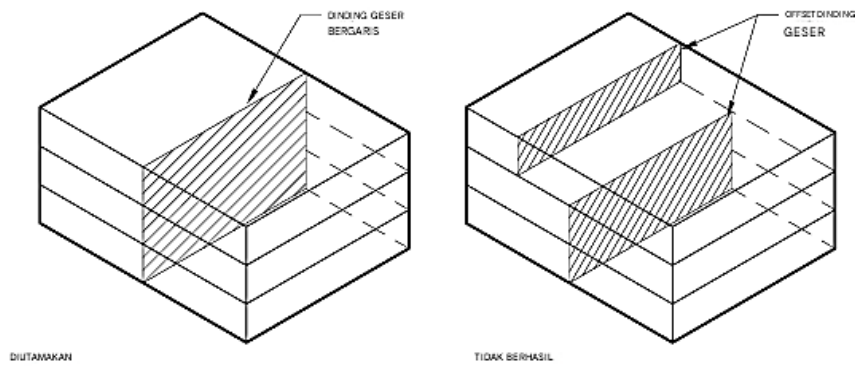
Cara umum untuk menahan gaya-gaya ini meliputi penggunaan rangka momen, dinding geser, dan rangka yang diberi penguat. Masing-masing jenis sistem lateral ini dapat terdiri dari salah satu bahan struktural utama (seperti rangka momen baja atau beton bertulang; dinding geser dari batu, kayu, atau beton bertulang; atau rangka yang ditopang baja atau beton bertulang). Konfigurasi bangunan dan parameter desain akan memiliki pengaruh besar pada sistem mana yang akan dipilih dan, selanjutnya, sistem lateral yang dipilih akan memiliki dampak besar pada fondasi yang diperlukan untuk menahan beban.

Rangka momen biasanya terdistribusi lebih merata di seluruh tapak bangunan dan memiliki sedikit atau tidak ada gaya angkat; rangka ini juga umumnya memiliki momen dasar yang besar yang sulit ditahan. Selain itu, rangka momen cenderung memiliki defleksi lateral yang lebih besar daripada sistem yang lebih kaku lainnya (seperti dinding geser atau rangka yang disangga). Dinding geser beton dan rangka yang disangga baja lebih terlokalisasi, tidak hanya memusatkan gaya geser lateral di dasar tetapi juga memiliki potensi tinggi untuk menahan gaya angkat bersih. Gaya-gaya ini sulit ditahan dengan beberapa sistem pondasi dan harus ditinjau secara ekstensif sebelum memilih sistem penahan beban lateral.

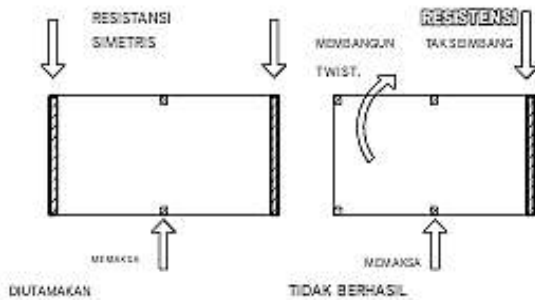
Struktur yang tinggi dan sempit cenderung memiliki masalah terguling sebelum menghadapi masalah geser, sedangkan struktur pendek menghadapi masalah geser daripada masalah terguling. Gerakan seismik mengguncang bangunan, meningkatkan beban terguling, dan dapat bekerja ke segala arah. Dengan demikian, ketahanan terhadap terguling paling baik dicapai di sekeliling bangunan, daripada di intinya. Pondasi bangunan harus dirancang untuk menahan gaya lateral yang disalurkan melalui tanah dan gaya yang disalurkan dari sistem penahan beban lateral ke tanah. Secara umum, tanah yang lebih lunak memperkuat gerakan seismik.



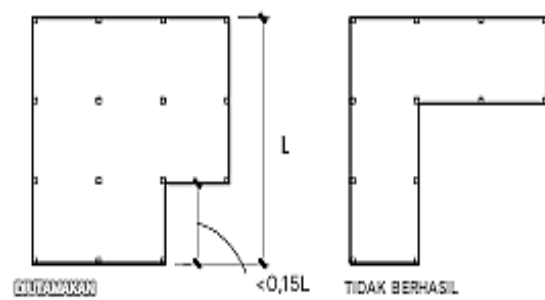
Gambar 1.14 Dinding geser dan diafragma



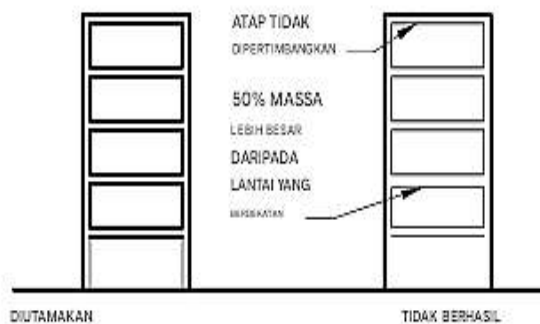
Gambar 1.15 Offset vertikal di luar bidang



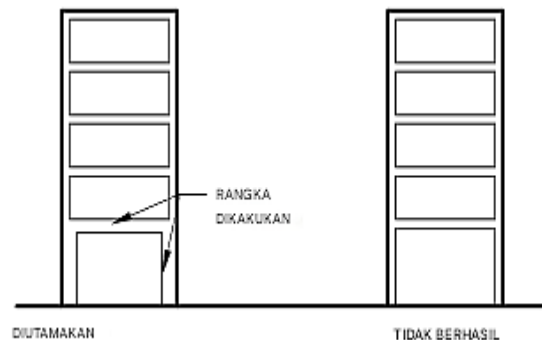
Gambar 1.16 Torsi pada rencana



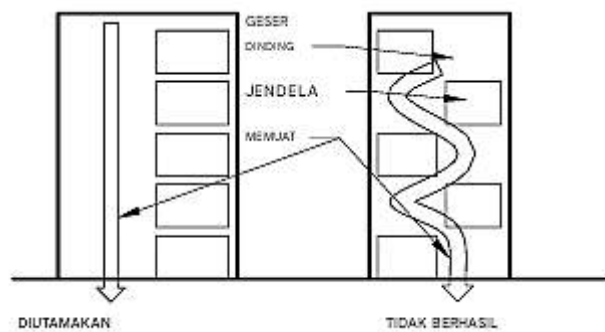
Gambar 1.17 Sudut masuk kembali



Gambar 1.18 Ketidaktidakan massa



Gambar 1.19 Cerita lembut



Gambar 1.20 Diskontinuitas di bidang

Strategi Pondasi Untuk Beban Gempa Tinggi

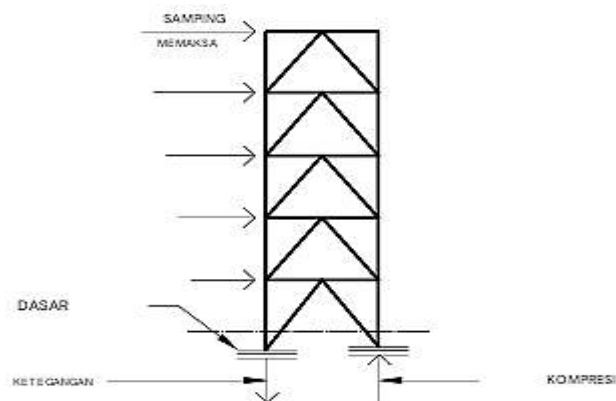
Penggambaran

Bangunan yang ditopang biasanya berakhir dengan beban tegangan tinggi di fondasinya. Fondasi dangkal sulit dirancang dengan beban tegangan tinggi. Beberapa strategi tersedia untuk menahan gaya angkat ini:

- Meningkatkan beban mati dengan menyingkirkan kolom yang berdekatan, sehingga menambah area anak sungai.
- Memperdalam pondasi, sehingga menambah beban tanah.
- Meningkatkan dimensi pondasi, untuk menambah beban tanah dan beton.
- Mengurangi jarak kolom, untuk mengurangi gaya penahan.
- Mengubah jenis fondasi (biasanya, menjadi fondasi dalam yang dapat menahan pengangkatan dengan lebih efektif).

Geser

Penahan dan dinding geser cenderung mengumpulkan gaya lateral dan memusatkan beban di beberapa lokasi. Fondasi dangkal dan dalam memiliki kemampuan menahan beban lateral yang terbatas. Dengan menggabungkan beberapa pondasi bersama-sama, ketahanan terhadap beban lateral dapat ditingkatkan secara efektif. Balok pengikat beton biasanya dirancang untuk mendistribusikan beban lateral melalui tegangan atau kompresi balok.



Gambar 1.21 Brace dengan uplift

1.5 PONDASI

Umum

Pondasi, karena tersembunyi di bawah permukaan, sering kali diabaikan dan kepentingannya diremehkan oleh tim desain. Banyak sekali kreativitas yang dipandu secara ilmiah yang sering kali diperlukan untuk menghasilkan pondasi yang menopang beban struktur sedemikian rupa sehingga secara ekonomis mempertahankan estetika dan fungsi suatu fasilitas.

Berbagai jenis dan kondisi tanah di seluruh Amerika Serikat—dari batuan dasar di dekat permukaan di New York hingga lubang pembuangan dan karang di Florida hingga tanah liat lunak yang dalam di Midwest dan Selatan, dan tanah ekspansif di Barat Daya hingga daerah yang aktif secara seismik di negara tersebut seperti Pantai Barat—menjadi tantangan bagi tim desain. Solusi pondasi yang paling populer dan ekonomis adalah pondasi sebar. Pondasi sebar biasanya dangkal, mudah dirancang dan dibangun, dan berkinerja baik dalam banyak kondisi. Jika dirancang dengan benar, beban disebarkan dari kolom ke tanah pada tekanan dukung yang tidak menyebabkan penurunan berlebihan atau kegagalan tanah.

Jika kondisi tanah di dekat permukaan tanah lemah, tidak padat, terisi puing atau material organik, atau terlalu mudah dipadatkan, pondasi dalam diperlukan. Efeknya adalah memperluas pondasi melalui lapisan tanah yang lemah ke jenis tanah yang dapat menahan beban dengan penurunan yang dapat ditoleransi. Pondasi dalam tersedia dalam beberapa jenis dan, tergantung pada kondisi tanah, dapat mencakup tiang pancang, tiang bor (dibor, dibor, atau dibor) atau caisson. Pondasi dalam menahan beban yang diberikan baik oleh tumpuan ujung atau gesekan samping atau beberapa kombinasi. Tidak perlu memancang atau mengebor pondasi dalam hingga berbatu, cukup hingga kedalaman yang diperlukan untuk mencapai lapisan tanah yang sesuai.

Pondasi sebaran tidak selalu sesuai, seperti ketika garis properti membatasi luas pondasi dalam satu arah, atau ketika kondisi tanah sangat lemah dan lapisan tanah yang sesuai terlalu dalam untuk dijangkau dengan pondasi dalam. Dalam kasus ini, jenis pondasi khusus lainnya (seperti pondasi gabungan, pondasi tali, dan pondasi rakit) terkadang diperlukan.

Dua kriteria dasar harus dipenuhi untuk semua pondasi:

- ✓ Kekuatan tanah (daya dukung): Kemampuan tanah untuk menopang beban tanpa mengalami kegagalan dikenal sebagai daya dukung dan merupakan fungsi dari ukuran pondasi serta sifat kekuatan tanah yang melekat. Jika tekanan yang diberikan oleh pondasi melebihi kekuatan tanah, massa tanah mengalami kegagalan geser yang menyebabkan pergerakan kasar tanah dan elemen pondasi pendukung.
- ✓ Keterbatasan penurunan: Penurunan dapat terjadi baik secara langsung (pondasi di atas pasir), atau dalam jangka waktu tertentu, jangka pendek atau panjang (pondasi di atas tanah liat). Diperkirakan akan terjadi penurunan di berbagai bagian negara, penurunan yang khas dan dapat diterima biasanya kurang dari 1 inci. Penurunan tidak penting pada bangunan tunggal, tetapi menjadi lebih penting ketika: (1) bangunan

yang berdekatan dengan bangunan yang sudah ada perlu saling terhubung, (2) jalur utilitas yang panjang perlu dihubungkan ke bangunan, atau (3) terdapat peralatan yang sensitif di dalam bangunan. Penurunan yang seragam agak lebih dapat ditoleransi daripada penurunan diferensial yang tidak merata di beberapa kolom.

Penurunan diferensial merusak struktur dan menyebabkan keretakan pada kulit eksterior dan partisi interior, jendela pecah, dan pintu yang tidak dapat dibuka. Penurunan diferensial yang dibolehkan mungkin bergantung pada bahan kulit dan struktur; misalnya, bangunan dengan pasangan bata dan beton menoleransi penurunan diferensial yang lebih sedikit daripada bangunan dengan dinding gorden. Penurunan diferensial sebesar 1/4 inci biasanya dianggap dapat ditoleransi untuk sebagian besar jenis bangunan.

Pentingnya desain dan perincian pondasi yang tepat tidak dapat terlalu ditekankan. Bekerja sama dengan insinyur geoteknik yang memahami kondisi tanah di area tersebut, dan insinyur struktur yang memahami rancangan desain dan perincian pondasi, akan membantu memastikan bangunan berfungsi sebagaimana mestinya dalam siklus hidupnya.

Penurunan Dan Penurunan Diferensial

Sering kali, penurunan mengatur tekanan dukung yang diizinkan, yang ditetapkan pada intensitas yang akan menghasilkan penurunan dalam tingkat yang dapat ditoleransi untuk jenis bangunan. Penurunan yang diizinkan biasanya khusus untuk bangunan dan penggunaan. Penurunan total dan diferensial, serta laju waktu terjadinya penurunan, harus dipertimbangkan saat mengevaluasi apakah penurunan dapat ditoleransi. Misalnya, dalam kasus struktur rangka baja konvensional, dalam praktik umum penurunan total maksimum 1 inci biasanya dapat diterima, dan penurunan diferensial setengah dari penurunan total juga biasanya dapat ditoleransi.

Distorsi Sudut

Toleransi penurunan umumnya disebut dalam hal distorsi sudut pada bangunan atau penurunan antar kolom. Biasanya, distorsi sudut 1:480 digunakan untuk struktur konvensional. Ini setara dengan 1 inci dalam 480 inci, atau 1 inci dalam 40 ft. Bergantung pada jenis struktur, distorsi sudut yang dibolehkan dapat bervariasi dari 1:240 untuk struktur fleksibel (seperti rangka kayu, struktur satu lantai) hingga 1:1000 untuk struktur yang lebih "rapuh" atau sensitif.

Dampak Jenis Tanah

Ketika beban diterapkan pada tanah granular, butiran tanah dapat merespons dengan segera, dan akan memadat saat pengepakan butiran menjadi lebih rapat. Tanah lempung menunjukkan hubungan yang bergantung pada waktu yang terkait dengan konsolidasi tanah lempung. Agar tanah liat dapat terkonsolidasi, dan tanah atau struktur di atasnya dapat mengendap, tekanan berlebih yang ditimbulkan oleh air di tanah liat harus menghilang, dan ini memerlukan waktu karena permeabilitas tanah liat yang rendah. Bergantung pada karakteristik drainase tanah liat, waktu yang diperlukan agar 90 persen konsolidasi (dan pengendapan) terjadi dapat bervariasi dari beberapa bulan hingga beberapa tahun. Jika terdapat lapisan pasir atau lapisan yang sering terjadi di dalam massa tanah liat, maka konsolidasi akan berlangsung lebih cepat, karena tekanan air pori yang berlebih dapat diredakan lebih cepat.

Baik tanah pasir maupun tanah liat memiliki "memori" bawaan yang, pada dasarnya, mengingat beban maksimum yang diberikan pada tanah pada suatu waktu di masa lalu. Memori ini disebut sebagai tekanan prakonsolidasi. Jika 10 ft tanah telah dibuang (dengan penggalian atau erosi) dari profil tanah, maka berat setara dengan 10 ft tanah tersebut (sekitar 1250 lbs per ft persegi) dapat diaplikasikan kembali ke profil tanah tanpa tanah di bawahnya merasakan adanya perbedaan.

Bergantung pada proses yang mengendapkan tanah, proses pelapukan, perubahan iklim masa lalu, atau aktivitas manusia, tekanan prakonsolidasi tanah mungkin jauh melebihi tekanan yang disebabkan oleh profil tanah saat ini. Jika demikian halnya, penurunan struktur konvensional jarang menjadi perhatian yang signifikan. Namun, jika tanah belum dikonsolidasi sebelumnya, penambahan beban baru dapat mengakibatkan penurunan yang berlebihan.

Tabel 1.22 Kekuatan tekan minimum yang ditentukan pada 28 hari f'_c , dan kemerosotan maksimum beton

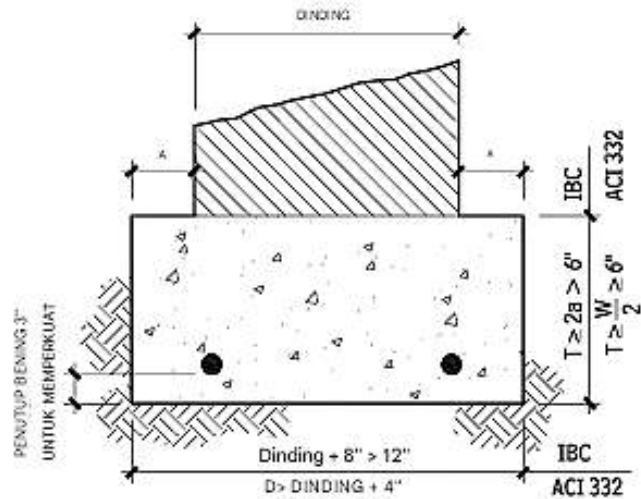
Jenis Lokasi Konstruksi Beton	Probabilitas Pelapukan			Slump Maksimum (Inci)
	Tidak Signifikan	Sedang	Berat	
	f'_c PSI	f'_c PSI	f'_c PSI	
Tipe 1: Dinding dan fondasi yang tidak terkena cuaca; pelat lantai interior di atas tanah, tidak termasuk pelat garasi.	2500	2500	2500	6
Tipe 2: Dinding, fondasi, dan pekerjaan beton lain yang terkena cuaca, kecuali yang disebutkan dalam Tipe 3.	2500	3000	3000	6
Tipe 3: Jalan masuk, trotoar, jalur pejalan kaki, tanjakan, teras, beranda, tangga, dan pelat garasi yang terkena cuaca.	2500	3500	4500	5

Sumber: Berdasarkan Persyaratan ACI 332 untuk Konstruksi Beton Hunian dan Komentarnya, Tabel 4.1, Dicitak ulang dengan izin dari American Concrete Institute.

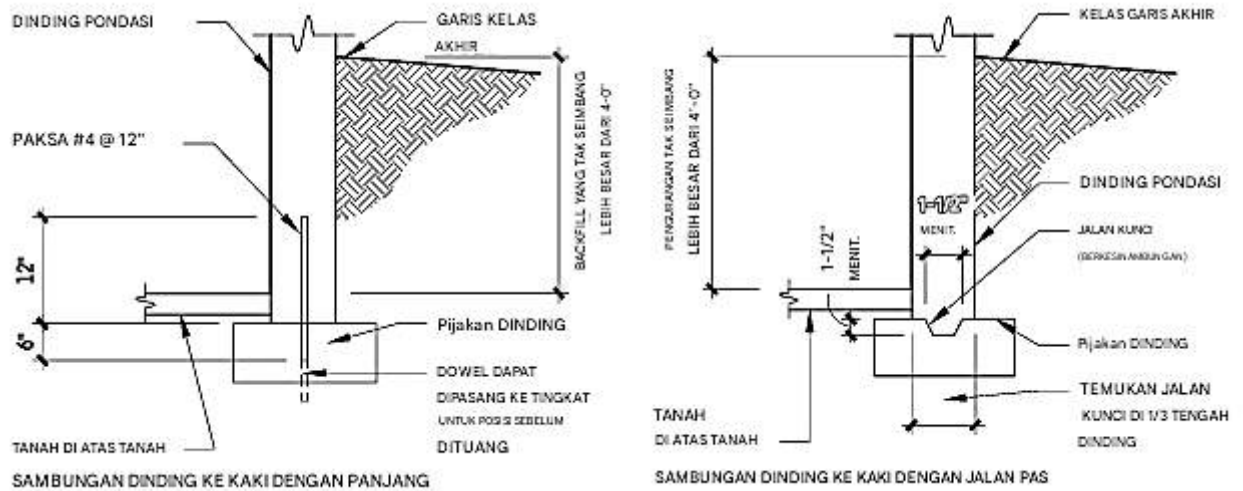
Tabel 1.23 Kandungan udara untuk beton jenis 2 dan jenis 3 dalam kemungkinan cuaca sedang atau parah

Ukuran Maksimum Nominal Agregat (Inci)	Kandungan Udara (Toleransi $\pm 0,015$)	
	Sedang (Moderate)	Berat (Severe)
3/8	0,06	0,075
1/2	0,055	0,07
3/4	0,05	0,07
1	0,045	0,06
1-1/2	0,045	0,055

Sumber: Berdasarkan Persyaratan ACI 332 untuk Konstruksi Beton Hunian dan Penjelasannya, Tabel 4.2, Dicitak ulang dengan izin dari American Concrete Institute.



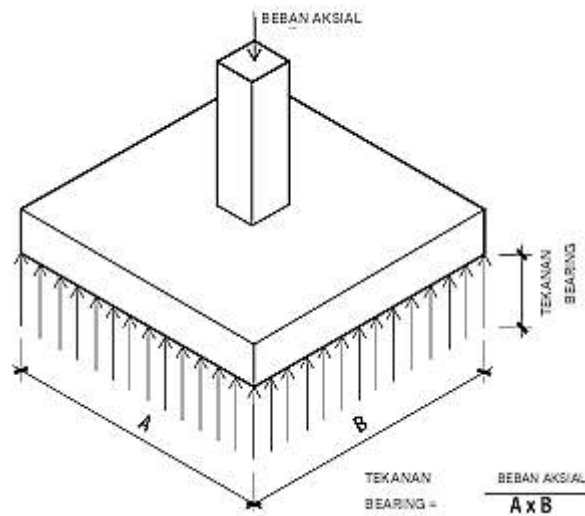
Gambar 1.24 Persyaratan dimensi minimum pipa



Gambar 1.25 Persyaratan dowel dan packing pasang panjang

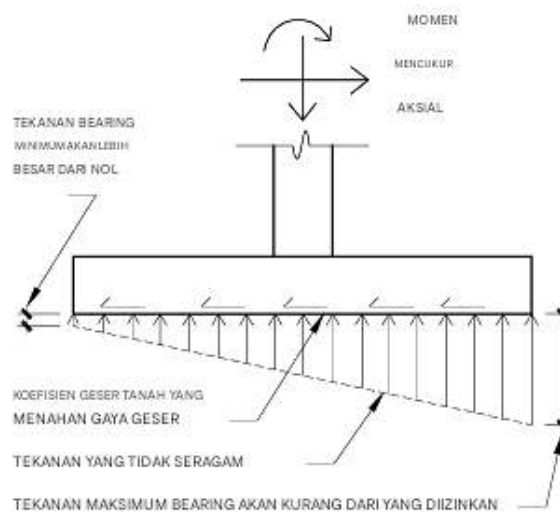
Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal biasanya merupakan fondasi yang paling ekonomis untuk dibangun jika kondisi tanah dan beban memungkinkan. Diperlukan koordinasi dengan peraturan setempat untuk kedalaman beku dan dengan utilitas bawah tanah. Ketebalan pondasi harus dikoordinasikan dengan baut jangkar dan penanaman pasak. Biasanya, satu lapisan baja di bagian bawah pondasi diperlukan untuk menahan pembengkokan pondasi yang disebabkan oleh tekanan tanah.



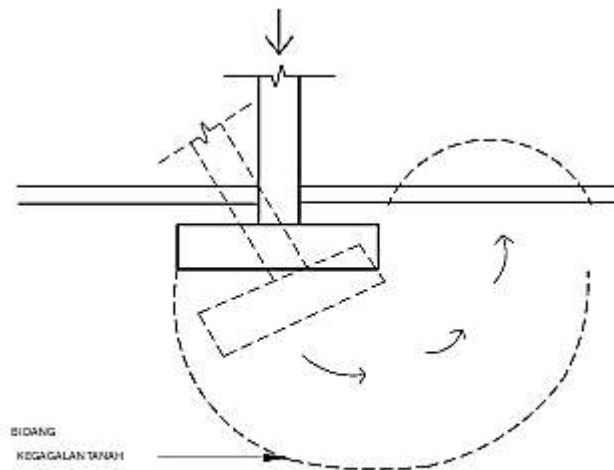
Gambar 1.26 Pantuan kaki tersebar dengan beban aksial

Beban aksial didistribusikan secara merata di bawah tapak. Tekanan dukung yang diijinkan yang diperlukan untuk menahan beban menentukan ukuran tapak.

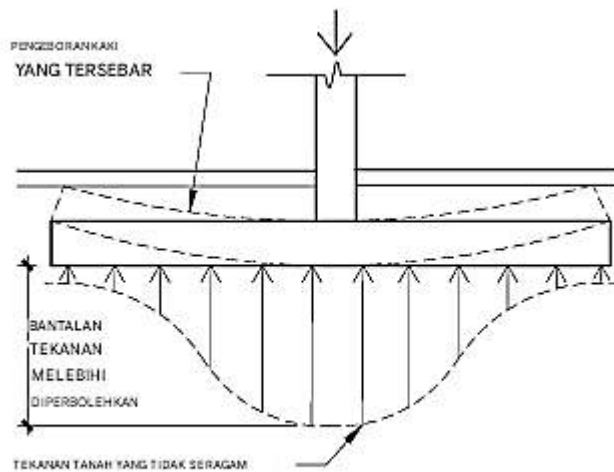


Gambar 1.27 Pipa tersebar yang melawan beban momen, geser, dan aksial

Beban aksial, dikombinasikan dengan gaya geser dan gaya guling dapat ditahan oleh pondasi sebar. Kombinasi beban aksial dan gaya momen pada pondasi perlu diseimbangkan untuk menjaga beban yang dihitung pada pondasi lebih kecil dari tekanan dukung tanah yang diizinkan sebagaimana ditentukan oleh insinyur geoteknik.

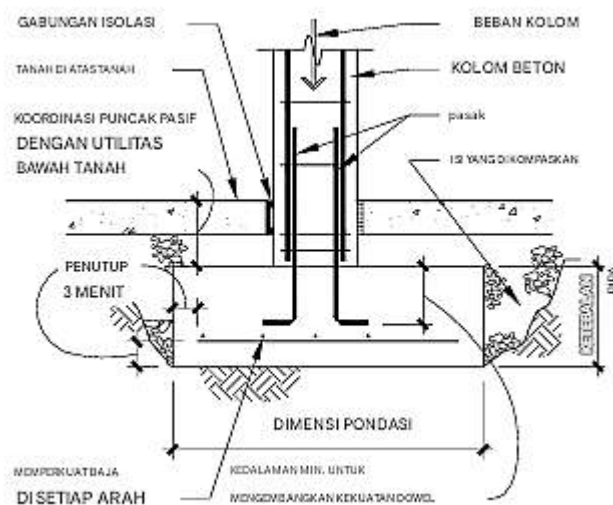


LEBAR KAKI MINIMUM BIASANYA 3'-0" PERSEGI



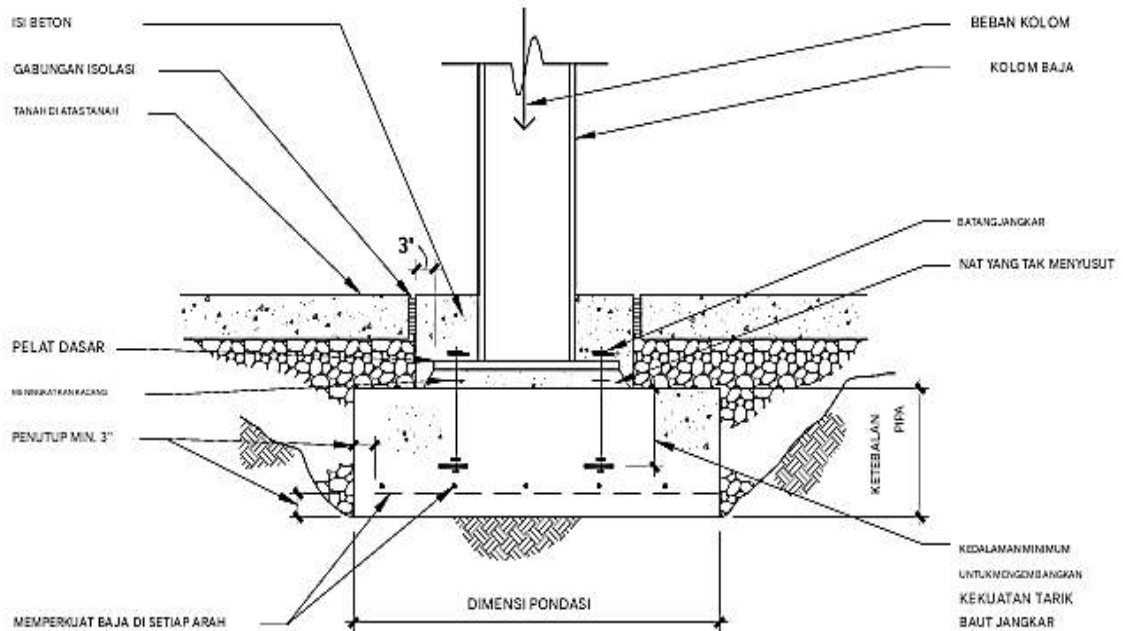
LEBAR PANTUNAN MAKSIMUM BIASANYA 20'-0" PERSEGI

Gambar 1.28 Batasan ukuran pantai sebar

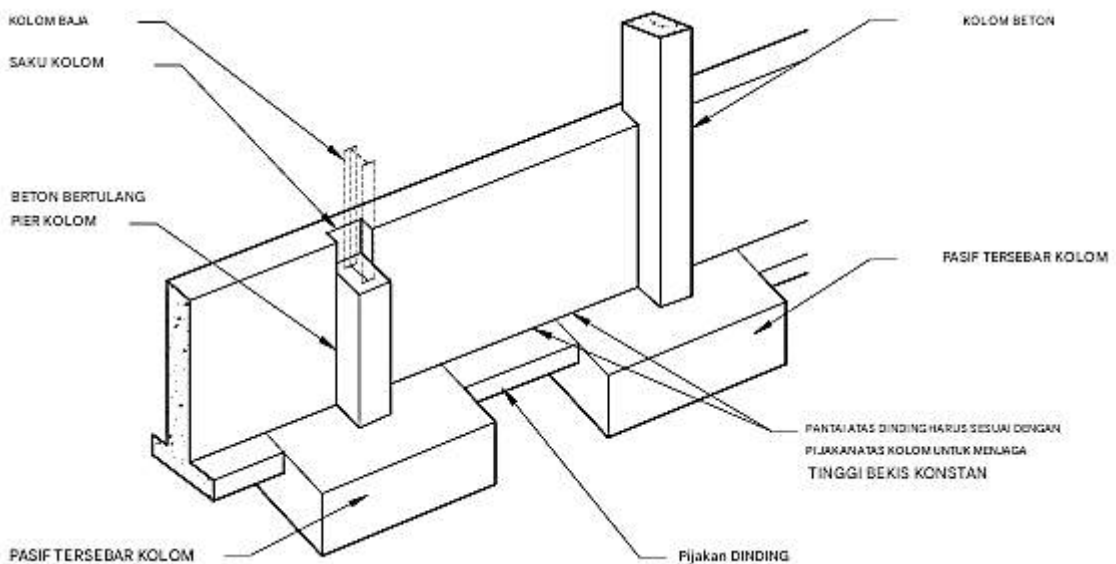


Gambar 1.29 Pondasi tersebar—kolom beton

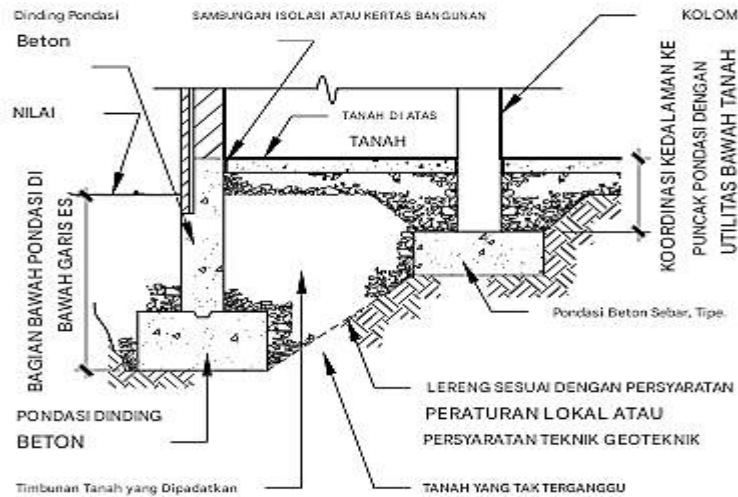
Ukuran minimum pondasi sebar ditentukan oleh insinyur geoteknik, untuk mengurangi kemungkinan kegagalan tanah lokal dengan menekan geser gerakan keseluruhan massa tanah. Ukuran maksimum pondasi sebar menjaga tekanan dukung yang tidak seragam agar tidak menjadi ekstrem dan membebani tanah secara berlebihan.



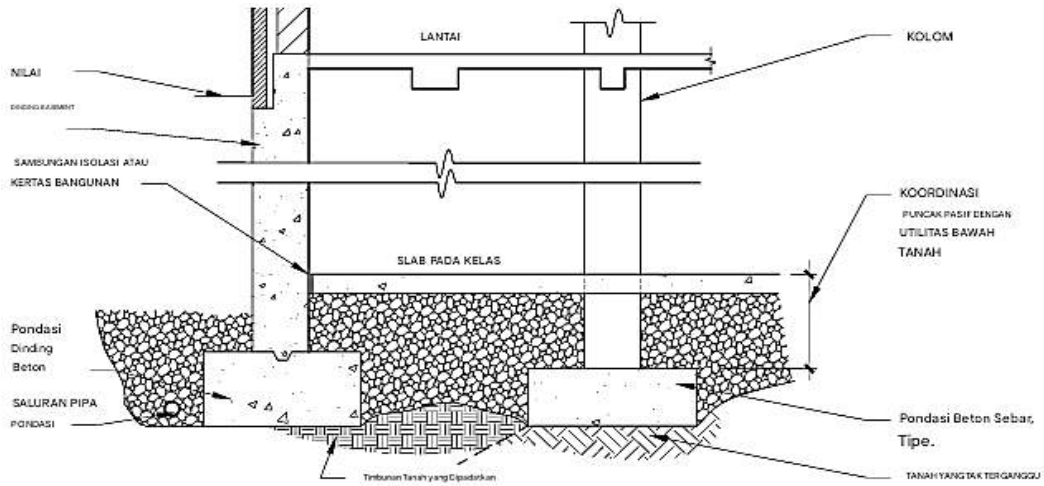
Gambar 1.30 Pantunan tersebar—kolom baja



Gambar 1.31 Detail dinding pondasi umum dan kaki tersebar

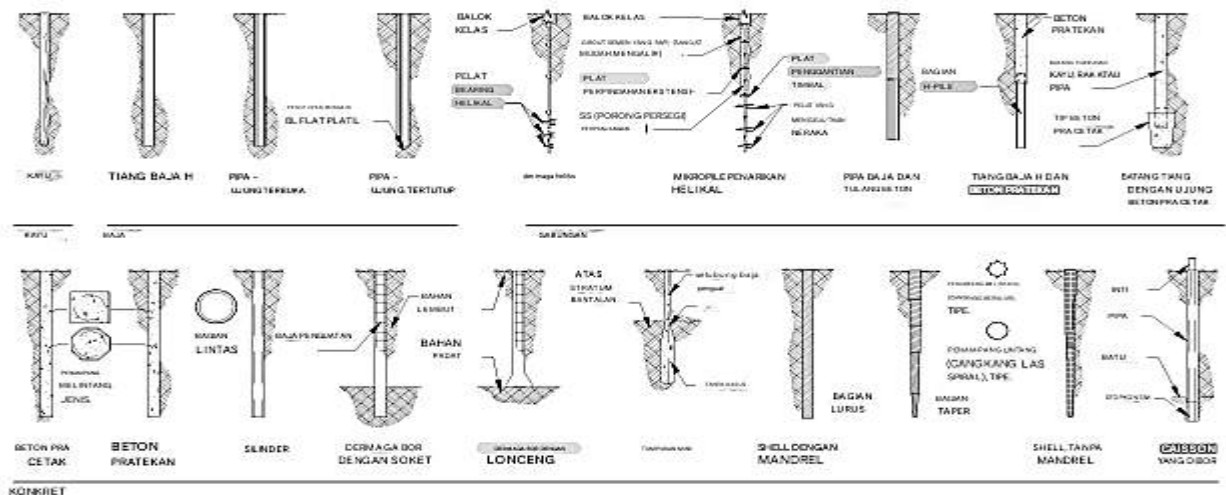


Gambar 1.32 Pondasi pada kelas



Gambar 1.33 Pondasi pada tanah dasar

PONDASI KHUSUS

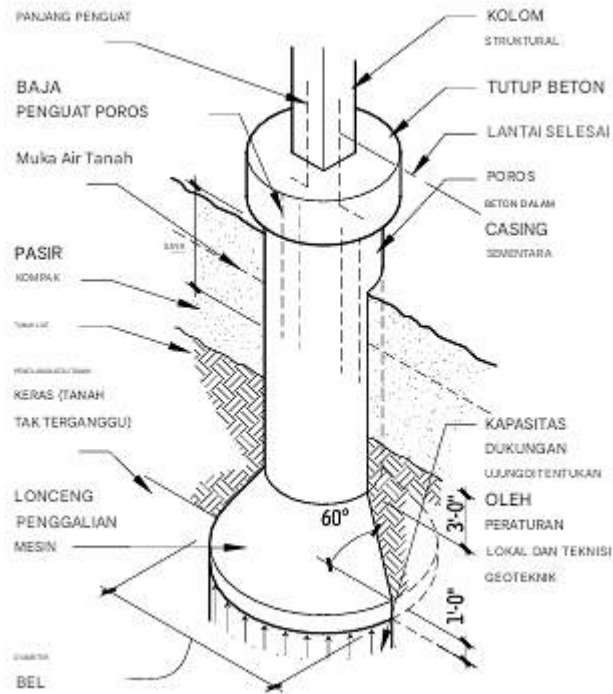


Gambar 1.34 Jenis tiang panjang

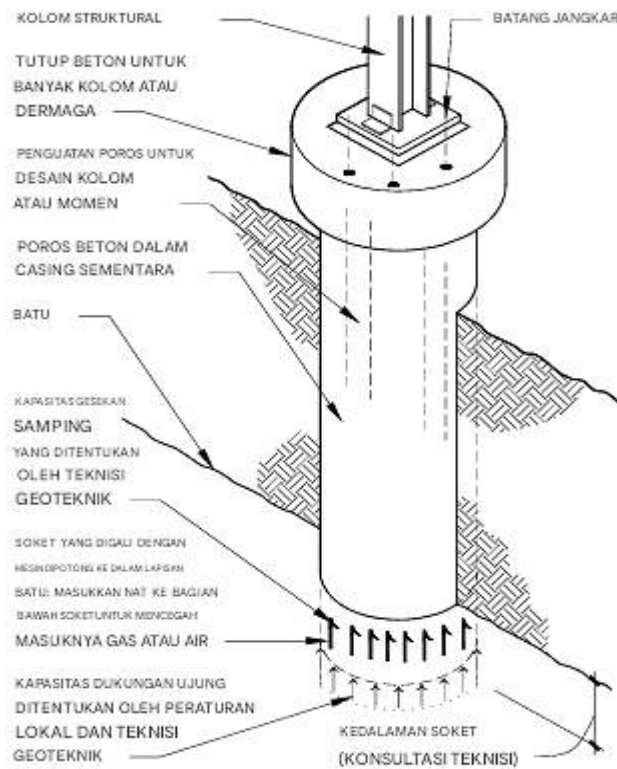
Tabel 1.35 Data timbunan umum

JENIS TUMPUKAN	PANJANG MAKSIMUM (FT)	PANJANG OPTIMUM (FT)	UKURAN (IN.)	KAPASITAS MAKSIMUM (TON)	JANGKAUAN BEBAN OPTIMUM (TON)	JARAK BIASA
KAYU						
Kayu	110	45-65	5-10 ujung; 12-20 pangkal	40	15-25	2'-6" sampai 3'-0"
BAJA						
Tumpukan baja H	250	40-150	8-14	200	50-200	2'-6" sampai 3'-6"
Pipa ujung terbuka, diisi beton	200	40-120	7-36	250	50-200	3'-0" sampai 4'-0"
Ujung pipa tertutup, diisi beton	200	30-80	10-30	200	50-70	3'-0" sampai 4'-0"
Mandrel cangkang, berisi beton; lurus atau meruncing	100	40-80	8-18	75	40-60	3'-0" sampai 3'-6"
Cangkang tanpa mandrel, diisi beton	150	30-80	8-18	80	30-60	3'-0" hingga 3'-6"
Gua yang dibor, diisi beton	250	60-120	24-48	3500	1000-2000	6'-0" hingga 8'-0"
KONKRET						
Beton pracetak	100	40-50	10-24	100	40-60	3'-0"
Beton pratekan	270	60-80	10-24	200	100-150	3'-0" hingga 3'-6"
Tumpukan silinder	220	60-80	36-54	500	250-400	6'-0" hingga 9'-0"
Dermaga yang dibor dengan soket	120	10-50	30-120	500	30-300	3'-0" hingga 8'-0"
Dermaga yang dibor dengan bel	120	25-50	30-120	500	30-200	6'-0"
Tumpukan cor auger atau CFA (<i>Continuous Flight Auger</i>)	120	40-80	12-40	500	75-150	3'-0"
tumpukan mini	200	25-70	2.5-7	100	5-40	2'-0" hingga 4'-0"
GABUNGAN						
Dermaga heliks	120	20-70	1-1/2" persegi hingga 4-1/2 dia.	100	15-60	4'-0" hingga 15'-0"
Mikropil tarikan heliks	100	20-70	4" dia hingga 7" dia.	150	20-80	4'-0" hingga 15'-0"
Pipa beton	180	60-120	10-23	150	40-80	3'-0" hingga 4'-0"
Tiang baja H dan beton prategang	200	100-150	20-24	200	120-150	3'-6" hingga 4'-0"

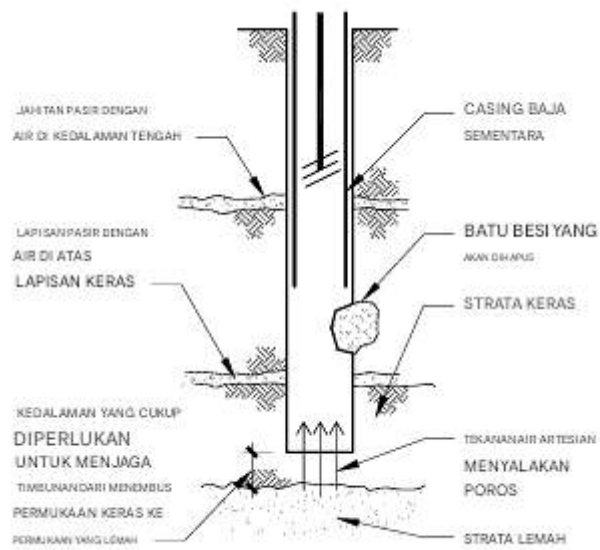
Batang tiang dengan ujung beton pracetak	80	40	13-35 ujung; 19-41 pangkal	180	30-150	4'-6''
--	----	----	-------------------------------	-----	--------	--------



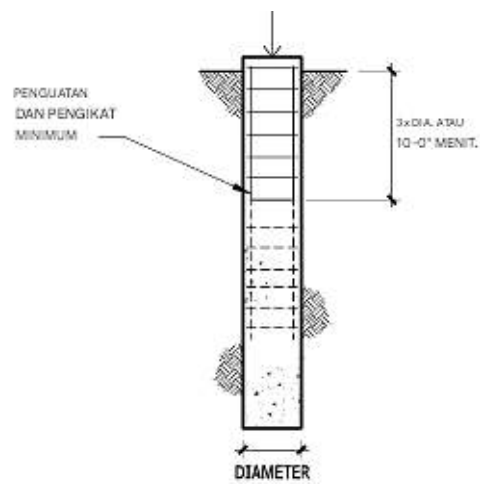
Gambar 1.36 Dermaga bor dengan lonceng



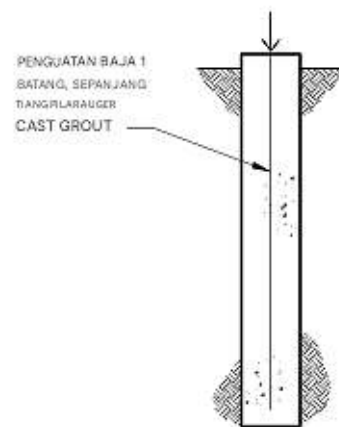
Gambar 1.37 Dermaga bor dengan soket



Gambar 1.38 Masalah konstruksi dengan dermaga bor



DERMAGA BETON BOR



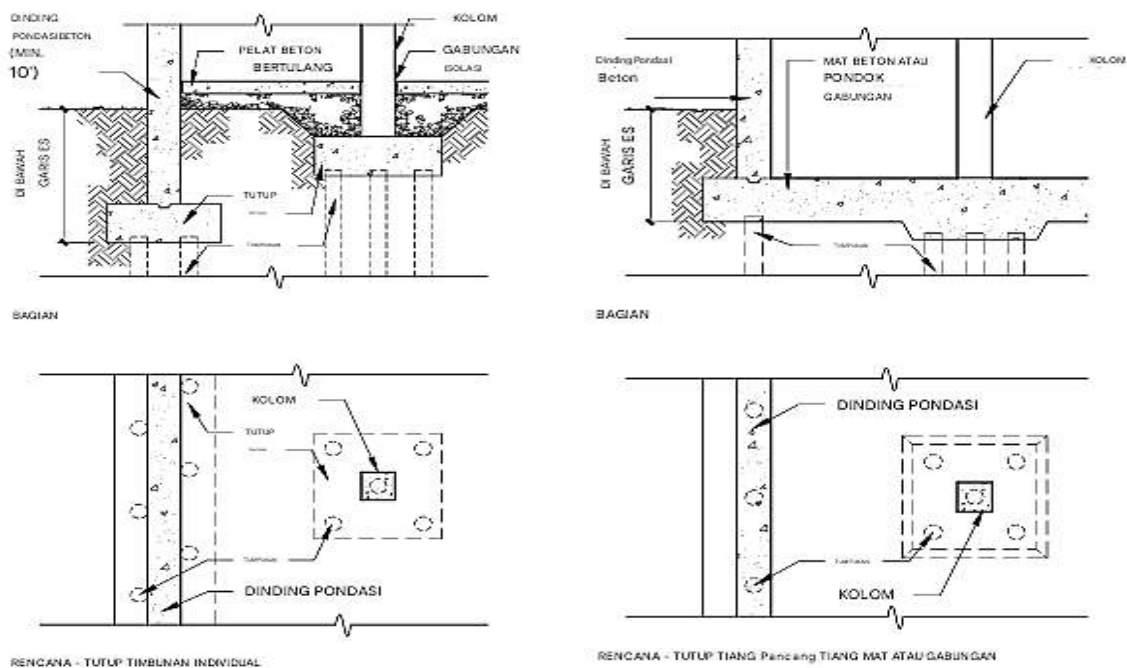
TIANG GOR AUGER

Gambar 1.39 Perkuatan pier bor yang dikenakan beban aksial

Penutup Tiang

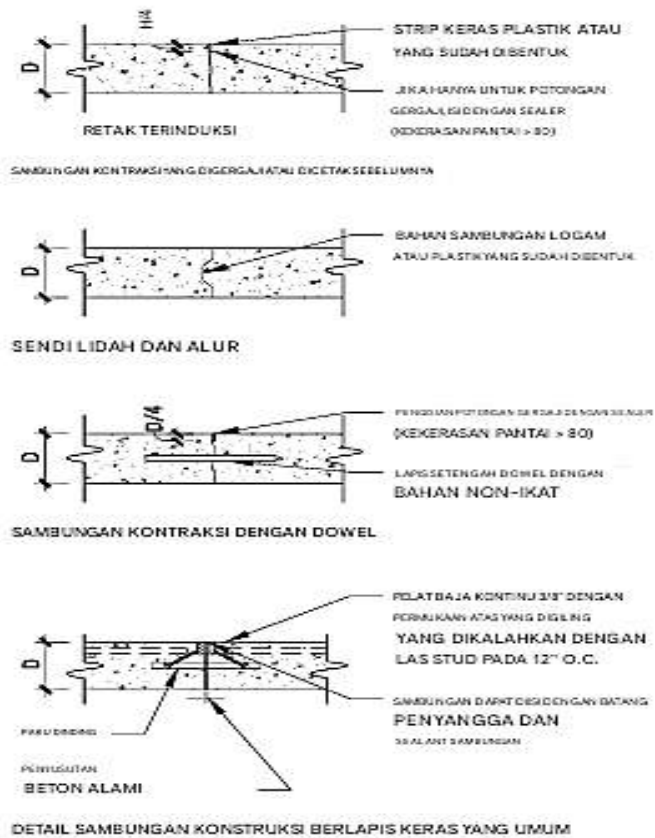
Biasanya, diperlukan lebih dari satu elemen pondasi dalam untuk menahan gravitasi dan beban lateral; untuk mendistribusikan beban dari kolom titik tunggal ke beberapa elemen pondasi, diperlukan penutup tiang. Penutup tiang adalah blok beton bertulang tebal yang mendistribusikan beban dari kolom ke pondasi melalui kombinasi lentur dan geser.

Aplikasi lain dari penutup tiang termasuk menyediakan metode untuk menghubungkan kolom ke pondasi, dan meringankan masalah toleransi konstruksi yang terjadi saat memasang pondasi dalam. Penutup tiang ini dirancang dan dirinci untuk membungkus sebagian kecil pondasi dalam, dan bertransisi ke elevasi penyangga kolom, sehingga menyediakan lokasi yang nyaman untuk memposisikan baut jangkar dan pasak kolom.



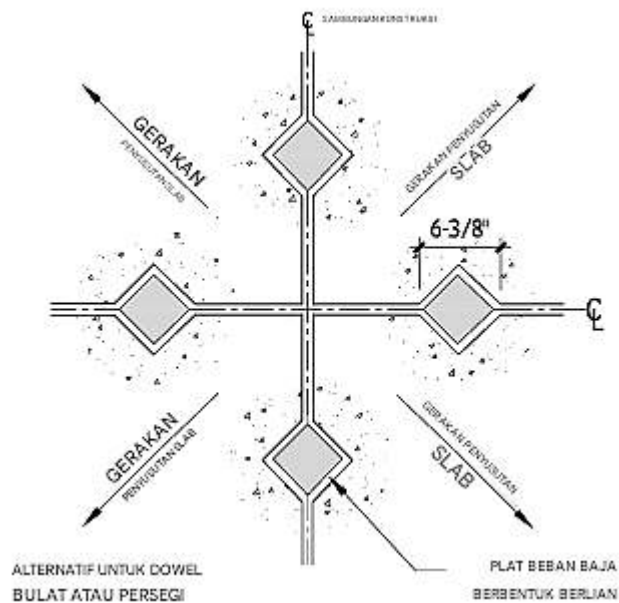
Gambar 1.40 Pondasi yang didukung tiang





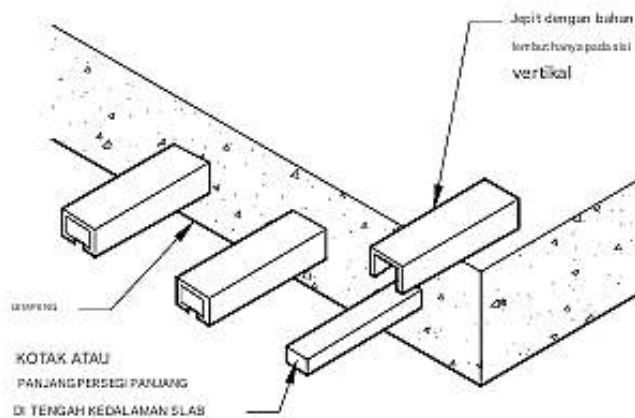
Gambar 1.41 Rincian sendi umum

Sumber: *Detail Sambungan Konstruksi Lapis Baja berdasarkan Panduan ACI 302.1R untuk Konstruksi Lantai Beton dan Konstruksi Pelat, Gambar 3.15, dicetak ulang dengan izin dari American Concrete Institute.*



Gambar 1.42 Pelat beban berbentuk berlian di sudut slab

Sumber: *Berdasarkan Panduan ACI 302.1R untuk Konstruksi Lantai Beton dan Konstruksi Pelat, Gambar 3.13, dicetak ulang dengan izin dari American Concrete Institute.*



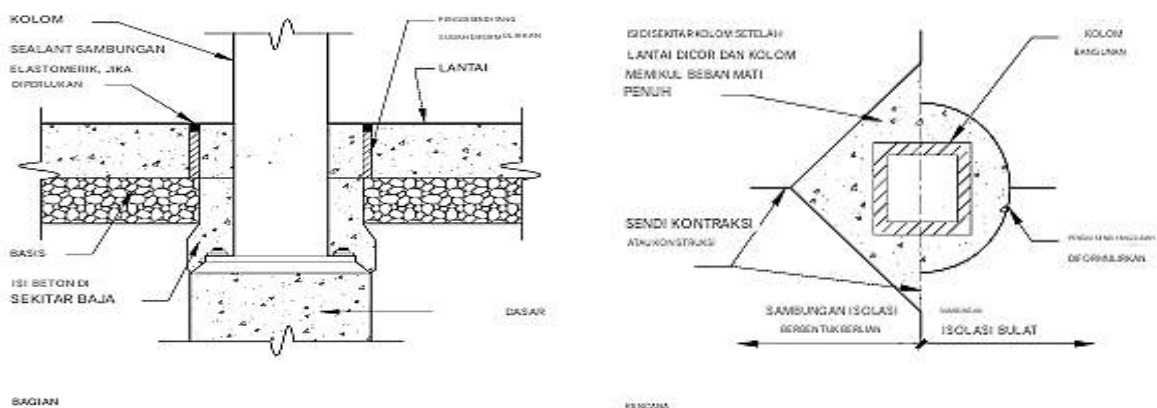
Gambar 1.43 Detail sambungan panjang untuk pergerakan yang sejarah dan tegak lurus terhadap sambungan

Sumber: Berdasarkan Panduan ACI 302.1R untuk Konstruksi Lantai Beton dan Konstruksi Pelat, Gambar 3.14, dicetak ulang dengan izin dari American Concrete Institute.

Akhir Pekerjaan dan Kekelapan Lantai

Secara umum, pelat lantai beton diselesaikan secara monolitik dengan pengapungan dan penghalusan, untuk mencapai hasil akhir permukaan yang halus dan padat. ACI 302 memberikan panduan untuk prosedur penyelesaian yang tepat guna mengendalikan kerataan lantai yang dapat dicapai. ACI 302, ACI 360, dan ACI 117 memberikan panduan untuk pemilihan kerataan, serta teknik yang digunakan untuk menghasilkan dan mengukur kerataan dan kerataan.

Toleransi penyelesaian lantai diukur dengan menempatkan penggaris lurus 10 ft yang berdiri sendiri pada permukaan pelat, atau dengan Angka-F. Metode yang disukai untuk mengukur kerataan dan kerataan adalah Sistem Angka-F. Tersedia hasil akhir khusus untuk meningkatkan tampilan, serta sifat permukaan. Ini termasuk hasil akhir yang ditaburkan (dikocok) atau lapisan atas berkekuatan tinggi, baik sebagai permukaan monolitik atau terpisah.



Gambar 1.44 Sambungan isolasi umum pada kolom tabung

Sumber: Berdasarkan Panduan ACI 302.1R untuk Konstruksi Lantai Beton dan Konstruksi Pelat, Gambar

3.3, dicetak ulang dengan izin dari American Concrete Institute.

Pelapis Pelindung dan Dekoratif

Permukaan beton mungkin memerlukan pelapis atau sealer untuk hal-hal berikut:

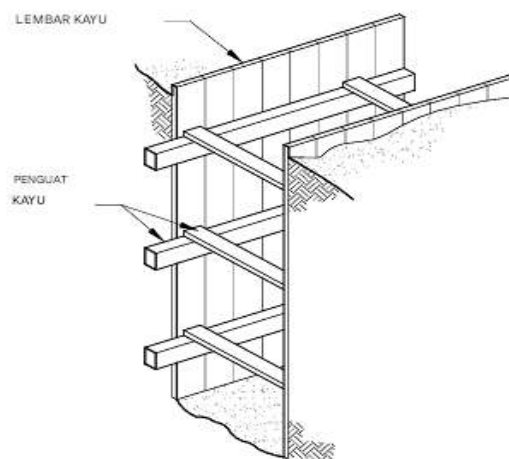
- Untuk melindungi dari cuaca buruk, bahan kimia, atau abrasi.
- Untuk mencegah debu pada lapisan permukaan.
- Untuk mengerasakan lapisan permukaan.
- Untuk menambahkan lapisan dekoratif.

Sealer biasanya bening dan diharapkan dapat menembus permukaan tanpa meninggalkan lapisan yang terlihat. Pelapis bening atau buram, dan, meskipun mungkin memiliki sedikit penetrasi, pelapis tersebut meninggalkan lapisan yang terlihat di permukaan. Sealer dan pelapis harus memungkinkan emisi uap dari beton tetapi, pada saat yang sama, mencegah masuknya uap air setelah pengerasan.

Pelapis dekoratif biasanya juga melindungi, dan diformulasikan dalam berbagai pilihan warna.

Pelapis dekoratif meliputi:

- Emulsi akrilik berbasis air
- Resin akrilik elastomerik
- Pewarna polimer cair
- Pewarna akrilik berbasis pelarut
- Pelapis akhir berbasis semen Portland
- Pewarna asam berbasis air (larutan garam logam)



Gambar 1.45 Parit berpenahan kayu

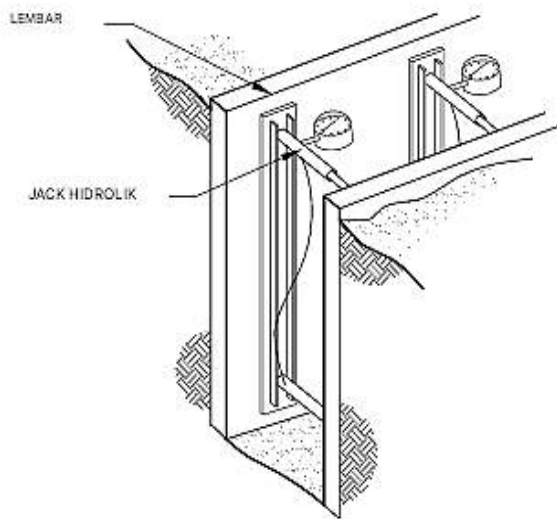
1.6 KONSTRUKSI RUANG BAWAH TANAH

Penggalian Ruang Bawah Tanah

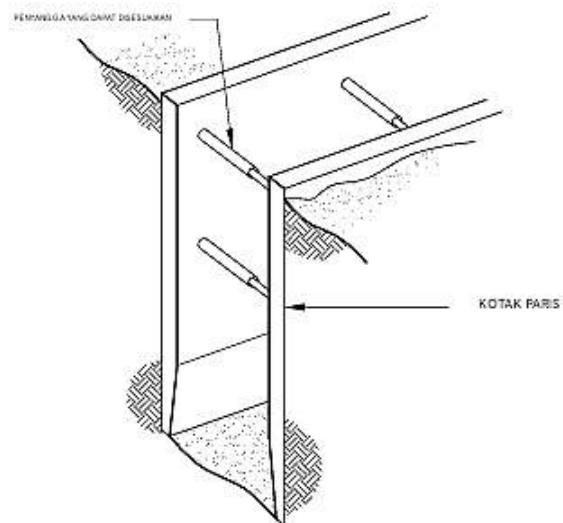
Parit adalah potongan vertikal sempit di tanah yang digunakan untuk menempatkan utilitas dan membangun fondasi yang berkesinambungan. Dalam waktu singkat, banyak parit mungkin tampak stabil, tetapi kemudian runtuh secara tiba-tiba. Parit yang tidak didukung

dapat berbahaya bagi pekerja, karena tanda-tanda peringatan dini runtuhnya parit tidak dapat dilihat dari dasar parit. Selain itu, di parit yang sempit, tidak ada tempat untuk melarikan diri, jika dinding parit runtuh secara tiba-tiba.

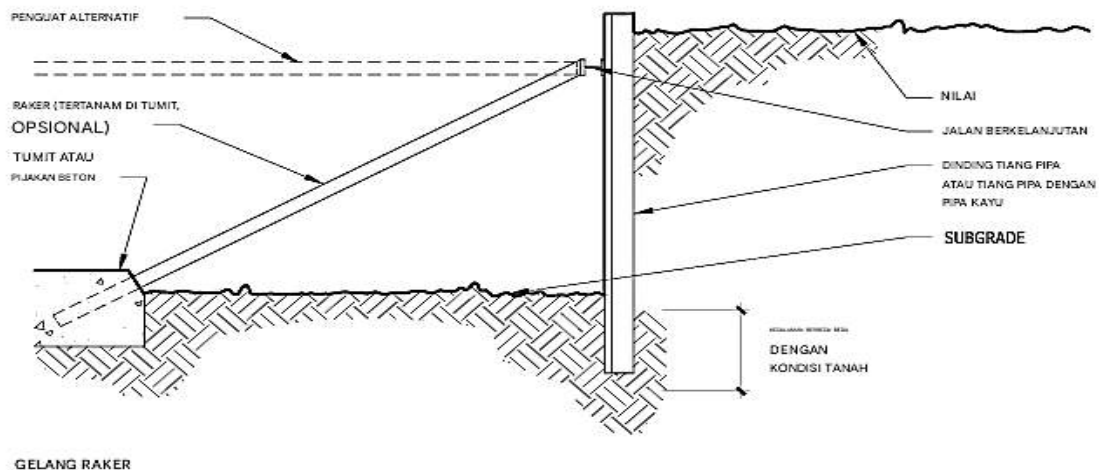
Dan, karena 1 hingga 2 ft kubik tanah beratnya mencapai 100 hingga 250 pon, bahkan keruntuhan yang relatif kecil dapat melukai atau membunuh pekerja dengan parah. Oleh karena itu, demi tujuan keselamatan, OSHA mengharuskan parit dengan kedalaman lebih dari 5 ft ditopang dengan penyangga, atau dilindungi dengan kotak parit, sebelum mengizinkan pekerja masuk.



Gambar 1.46 Parit yang diperkuat secara hiraulik



Gambar 1.47 Kotak parit



Gambar 1.48 Penggalan yang diperkuat secara internal

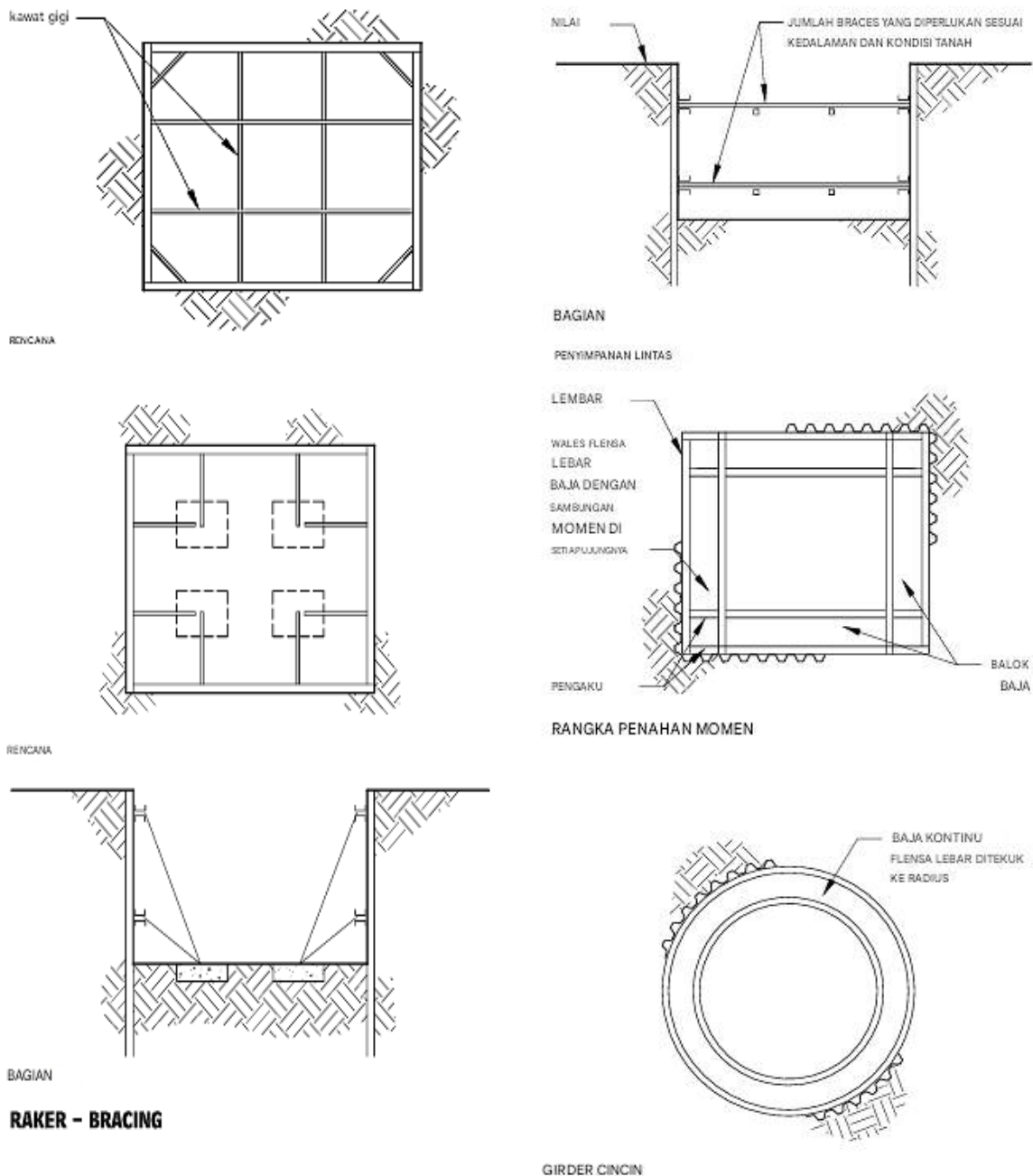
Dukungan Lateral

Dinding yang memanjang hingga kedalaman 10 hingga 15 ft umumnya dapat ditopang sendiri atau ditopang dan tidak memerlukan dukungan lateral tambahan. Hal ini dicapai dengan memperluas penopang hingga kedalaman yang cukup di bawah galian. Dinding

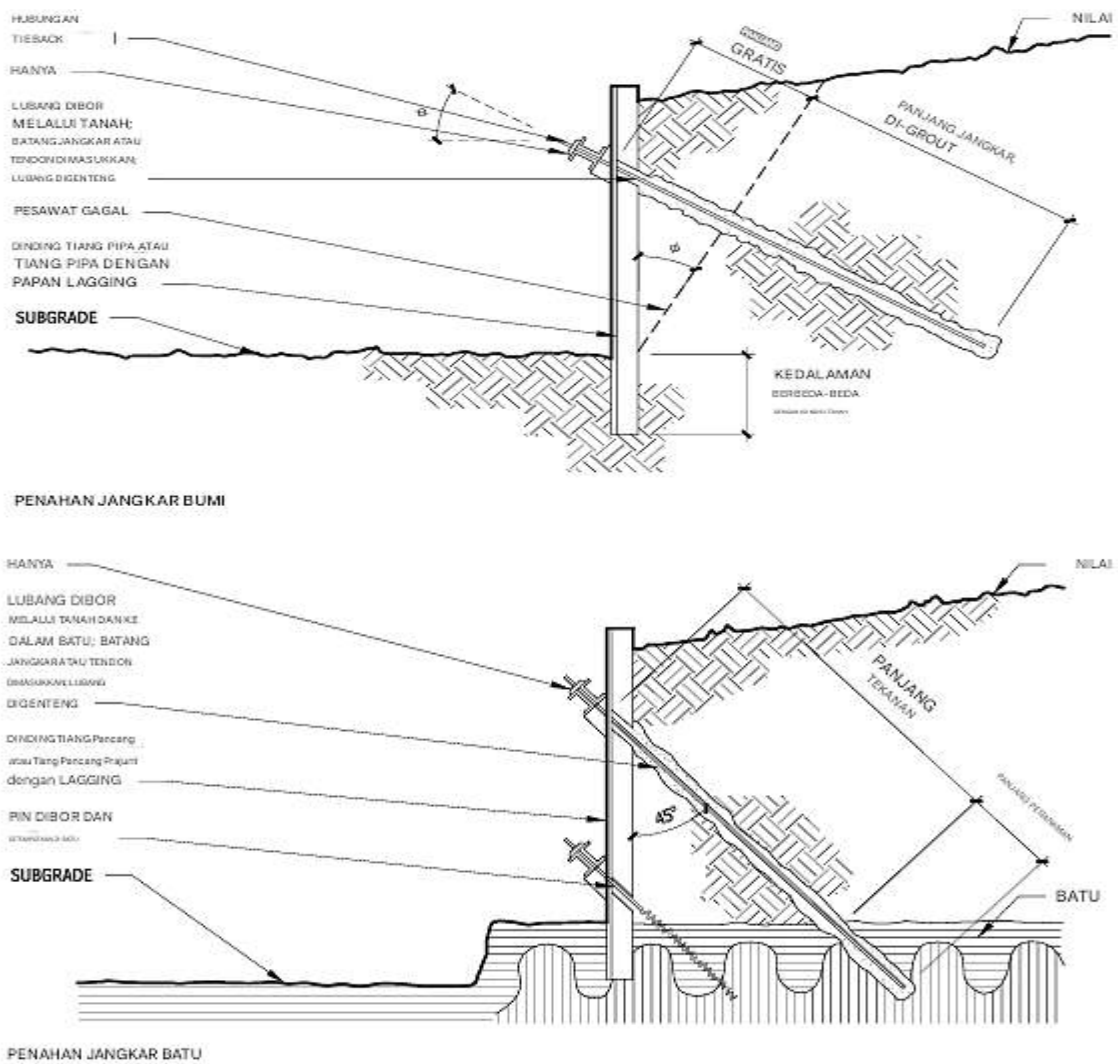
"topang" ini menahan tekanan lateral dari tanah dan air tanah, meskipun beberapa defleksi di bagian atas dinding harus diharapkan. Namun, dinding yang memanjang lebih dalam atau memiliki beban tambahan yang signifikan, atau di mana defleksi menjadi perhatian, akan memerlukan beberapa jenis dukungan lateral tambahan (dikenal sebagai "dinding yang diberi penyangga").

Dukungan Internal

Dukungan lateral dapat berada di dalam galian, dalam bentuk wale, struts, atau raker. Penopang internal sangat efektif tetapi mengganggu konstruksi struktur permanen.



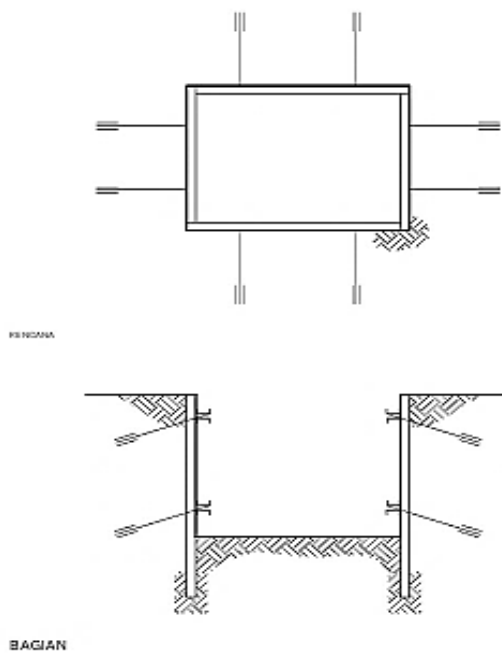
Gambar 1.49 Skema penggalian yang diperkuat secara internal



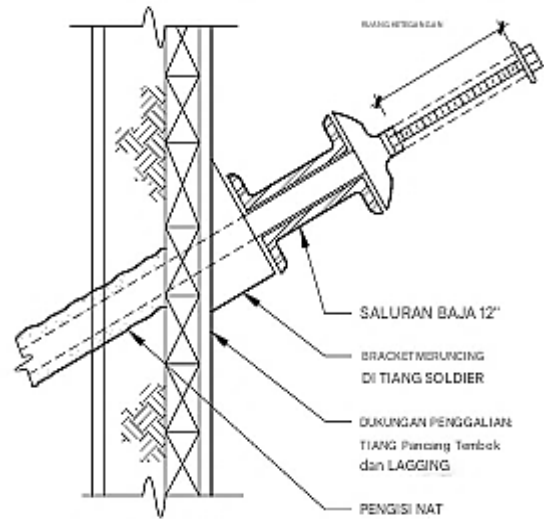
Gambar 1.50 Detail penggalian yang diperkuat secara eksternal

Dukungan Eksternal

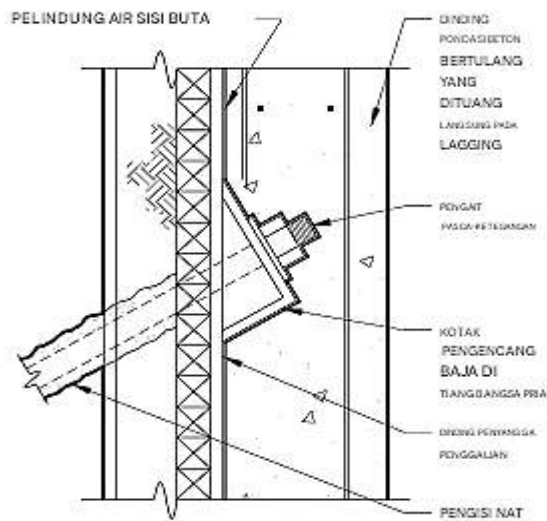
Penguat eksternal penggalian biasanya berupa jangkar pengikat (tanah) yang dibor. Penggunaan jangkar pengikat untuk menyangga dinding memungkinkan penggalian yang bebas hambatan, tetapi memerlukan akses ke area di luar bangunan, yang mungkin meluas ke luar batas properti. Karena alasan ini, jangkar pengikat hampir selalu menjadi metode dukungan lateral yang paling diinginkan jika pemilik mengendalikan properti di sekitar penggalian, atau jika hak milik sementara dapat diperoleh dari pemilik swasta atau pemerintah kota.



Gambar 1.51 Penggalian dengan penguat eksternal



Gambar 1.52 Bagian tieback sementara



Gambar 1.53 Tieback permanen pada dinding pondasi

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah terkadang disebut modifikasi tanah atau pengondisian tanah. Untuk penggalian dalam di tanah yang sangat lunak, konstruksi sistem penyangga tanah bisa sangat besar dan mahal karena tekanan tanah lateral dan hidrostatik yang lebih tinggi. Lebih jauh, dalam beberapa situasi, pemasangan dinding bisa sulit dilakukan karena kebutuhan ruang. Berbagai teknik telah dikembangkan untuk meningkatkan kekuatan atau ketahanan efektif tanah di sekitar dan di bawah penggalian. Meningkatkan kekuatan atau ketahanan tanah di tempat mengurangi atau menghilangkan tekanan bersih di permukaan penggalian. Industri

konstruksi bawah tanah telah mengembangkan teknik berikut untuk memperbaiki atau memperkuat tanah.

Stabilisasi Pencampuran Tanah

Stabilisasi pencampuran tanah adalah pencampuran tanah di tanah dengan aspal, semen, kapur, abu terbang, atau kapur-abu terbang untuk menstabilkan dan memperkuat tanah. Sering kali, hanya sebagian kecil massa tanah yang harus diolah untuk memberikan peningkatan yang signifikan pada kekuatan atau ketahanan tanah secara keseluruhan.

Stabilisasi Tanah Dengan Grouting Tekanan

Stabilisasi tanah dengan grouting bertekanan adalah penyuntikan semen atau bahan kimia ke dalam pori-pori tanah. Partikel-partikel tanah kemudian "direkatkan" untuk membentuk massa tanah padat yang mengeras. Jarak titik penyuntikan dan campuran grouting divariasikan untuk mencapai pola dan cakupan grouting tertentu, tergantung pada persyaratan proyek.

Pembekatan Tanah

Pembekuan tanah menggunakan kelembapan alami di dalam tanah dan metode pendinginan buatan untuk membekukan dan mengeras tanah. Suhu sekitar hampir semua tanah berada di atas titik beku (kecuali untuk wilayah permafrost). Menurunkan suhu tanah hingga di bawah titik beku menyebabkan air di pori-pori tanah membeku dan "menyemen" partikel-partikel tanah menjadi satu. Hal ini menghasilkan kondisi yang sangat keras dan kedap air. Namun, tanah memiliki konduktivitas termal yang relatif rendah. Nitrogen Cair dapat digunakan untuk membekukan tanah tepat waktu. Aliran larutan air garam yang terus-menerus melalui serangkaian pipa pendingin yang tertanam harus digunakan untuk menjaga tanah dalam keadaan beku.

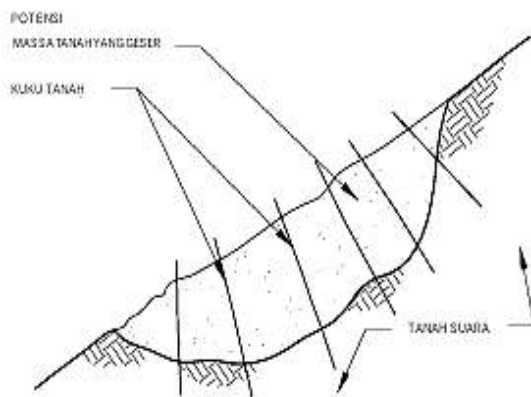
Pemasangan Tanah

Pemasangan tanah adalah metode yang digunakan untuk penahan galian sementara dan untuk dinding penahan permanen. Teknik ini menggunakan jangkar baja berkekuatan tinggi yang jaraknya rapat yang dialiri ke dalam tanah, dan dapat mencakup permukaan beton semprot yang diperkuat. Keuntungan utama konstruksi dinding paku tanah dibandingkan metode penahan galian yang lebih tradisional meliputi biaya yang relatif rendah dan kemampuan untuk membangun sistem dinding dari atas ke bawah, saat galian berlangsung. Urutan pemasangan yang umum untuk pemakuan tanah yang dialiri adalah sebagai berikut:

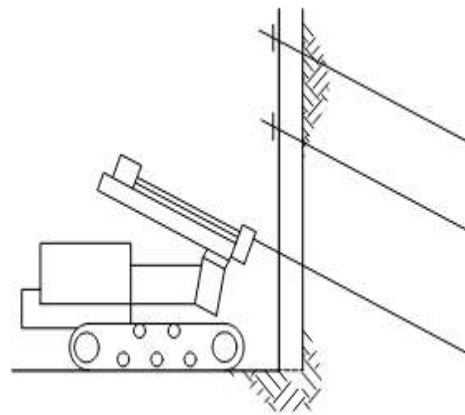
1. Penggalian dimulai dengan mengekspos potongan sedalam sekitar 3 hingga 5 ft.
2. Sebuah lubang bor (biasanya berdiameter 4 hingga 6 inci) dibor ke permukaan galian pada sudut ke bawah sekitar 15° terhadap horizontal. Panjang lubang bor bergantung pada tinggi potongan dan sifat material yang terekspos dalam penggalian. Panjang tipikal berkisar antara 60 hingga 70 persen dari tinggi dinding.
3. Batang tulangan berulir berkekuatan tinggi dimasukkan ke dalam lubang bor, kemudian lubang bor diberi nat pada permukaan galian.
4. Setelah nat mengeras, kasa kawat ditempatkan di atas permukaan potongan yang terekspos, dan tulangan ditempatkan untuk membentang di atas lubang bor dan batang tulangan. Jika air tanah menjadi masalah, tikar drainase geosintetik biasanya

ditempatkan di permukaan tanah untuk mencegah air dan mengarahkannya ke dasar dinding.

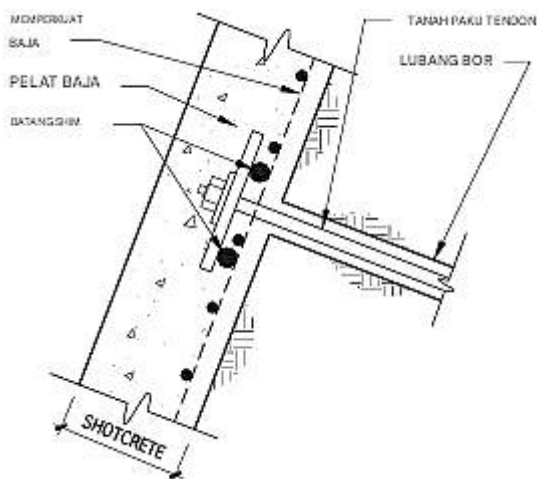
5. Permukaan galian yang terekspos disemprot dengan beton semprot, biasanya setebal 8 hingga 10 inci.
6. Pelat bantalan dipasang di atas batang tulangan, dan mur disekrup ke tempatnya untuk mengencangkan paku tanah.
7. Jika metode ini akan digunakan sebagai dinding permanen, aplikasi kedua shotcrete digunakan untuk menutupi kepala paku tanah dan pelat bantalan.
8. Setelah menyelesaikan level pertama, penggalian meluas ke bawah sejauh 4 hingga 6 ft, dan proses ini diulang.



Gambar 1.54 Stabilitas lereng dengan paku tanah



Gambar 1.55 Dukungan penggalian dengan paku tanah



Gambar 1.56 Detail dinding paku tanah

Tumpahan dan Pemasangan

Urugan biasanya digunakan untuk menaikkan atau meratakan permukaan tanah. Timbunan digunakan untuk mengisi ruang di sekitar elemen struktural di bawah permukaan tanah, seperti di sekitar dinding ruang bawah tanah. Timbunan harus memiliki kekuatan atau

ketahanan yang cukup dan kompresibilitas rendah untuk menopang beratnya sendiri dan struktur lain di atasnya (perkerasan, pelat lantai, fondasi, dll.) tanpa penurunan yang berlebihan. Ketika tanah digali, tanah menjadi gembur dan terganggu. Jika cocok untuk digunakan kembali sebagai timbunan struktural atau timbunan, tanah harus ditempatkan dalam lapisan tipis dan dipadatkan untuk mencapai kekuatan, ketahanan, dan stabilitas yang dibutuhkan.

Pemadatan

Pemadatan adalah proses di mana energi mekanis diterapkan ke tanah untuk meningkatkan kepadatannya. Tingkat pemadatan tanah tergantung pada jumlah dan jenis upaya pemadatan, jenis tanah, dan kadar air. Tanah terdiri dari padatan dan ruang hampa di antara partikel padat. Ruang hampa hampir selalu mengandung air. Jika air mengisi rongga secara menyeluruh, tanah dianggap jenuh total. Selama pemadatan, volume total tanah berkurang dengan mengurangi volume rongga, sementara volume padatan pada dasarnya tetap tidak berubah. Jika tanah jenuh atau hampir jenuh selama pemadatan, air harus dikeluarkan untuk memperkecil ruang rongga.

Hubungan Kelembapan-Kerapatan

Hampir semua tanah menunjukkan hubungan kelembapan-kerapatan yang pasti untuk tingkat upaya pemadatan tertentu. Hubungan ini dapat digambarkan dalam kurva yang hampir berbentuk lonceng, dengan kerapatan maksimum di puncak, yang sesuai dengan kadar air yang optimal. Uji laboratorium standar, seperti Standard Proctor (ASTM D 698) dan Modified Proctor (ASTM D 1557), menggunakan cetakan berukuran standar dan tingkat energi pemadatan tertentu untuk mengembangkan kurva kerapatan kelembapan untuk tanah tertentu. Kepadatan maksimum dari kurva ini menentukan tingkat pemadatan 100 persen untuk tanah tertentu. Persyaratan pemadatan untuk timbunan dan pengurugan kembali umumnya ditetapkan sebagai persentase dari kepadatan maksimum, biasanya antara 90 hingga 95 persen, sebagaimana ditentukan menggunakan salah satu uji laboratorium standar yang disebutkan di atas. Kadar air rendah dan tinggi biasanya direpresentasikan sebagai garis horizontal yang menghubungkan sisi berlawanan dari kurva Proctor untuk kepadatan tertentu. Ini merupakan kisaran kadar air di mana tanah dapat dipadatkan dengan paling mudah.

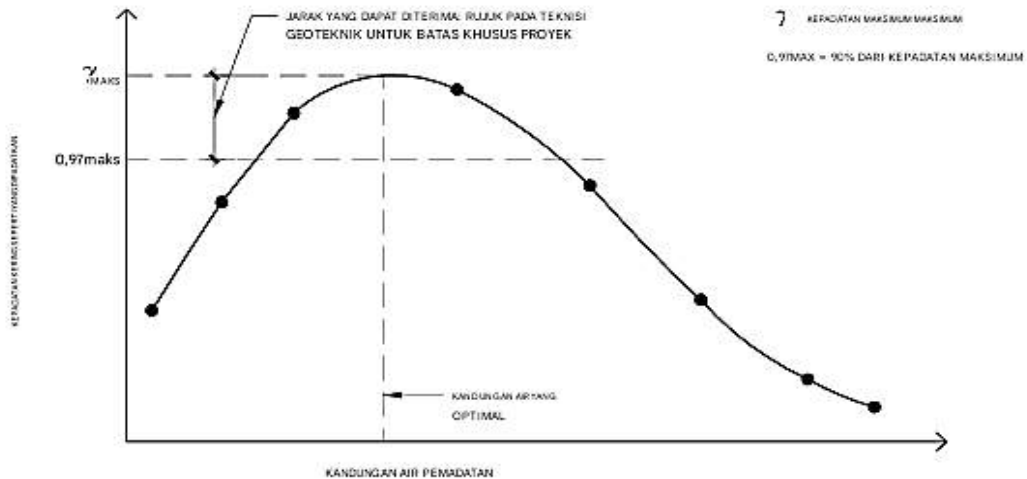
Uji Kepadatan Lapangan

Uji kepadatan lapangan dilakukan pada tanah yang dipadatkan untuk memverifikasi bahwa tingkat pemadatan tertentu telah tercapai. Ada beberapa metode untuk menentukan kepadatan tanah di tempat. Saat ini, metode yang paling umum digunakan melibatkan pengukur kepadatan nuklir, sebuah perangkat yang mengukur pantulan partikel atom dari bahan sumber radioaktif kecil untuk menentukan kepadatan tanah dan kadar air. Pengujian dilakukan di permukaan tanpa penggalian apa pun, dan hasilnya dapat diperoleh lebih cepat daripada metode pengujian lainnya.

Kontrol Kelembapan

Kandungan air dari timbunan dan timbunan belakang harus mendekati kadar air optimum. Jika tidak, kepadatan lapangan minimum yang dibutuhkan sangat sulit (atau tidak mungkin) diperoleh, tidak peduli berapa banyak energi yang digunakan untuk pemadatan. Jika

tanah terlalu basah, air di pori-pori tidak dapat dikeluarkan cukup cepat untuk memungkinkan penurunan volume yang cukup. Jika tanah terlalu kering, gaya kapiler di sekitar partikel tanah terlalu besar untuk dipecah oleh energi pemadatan. Oleh karena itu, pengendalian kadar air timbunan dan timbunan kembali dalam batas tertentu mendekati kadar air optimum diperlukan untuk mencapai tingkat pemadatan yang dibutuhkan.



Gambar 1.57 Hubungan kelembapan-kerapatan

Jenis Tanah dan Peralatan Pemadatan

Agar paling efektif, peralatan pemadatan harus sesuai dengan jenis tanah yang akan dipadatkan. Secara umum, peralatan pemadatan dapat dibagi menjadi dua kelompok dasar: rol atau pelat. Rol tersedia dalam berbagai variasi ukuran, tetapi semuanya menggunakan roda atau drum berbobot untuk menyalurkan energi ke tanah. Selain itu, beberapa rol menggunakan rotor listrik untuk menggetarkan drum, sehingga meningkatkan energi ke tanah. Drum lainnya memiliki tonjolan yang disebut kaki domba, yang menyalurkan aksi pengadonan ke tanah. Beberapa pemadat pelat juga menggunakan energi getaran untuk memadatkan tanah, sementara pemadat pelat lainnya, yang disebut tamper, bergerak ke atas dan ke bawah, menyalurkan beban dinamis vertikal ke tanah.

Secara umum, tanah berbutir kasar seperti pasir dan kerikil lebih mudah dipadatkan daripada tanah berbutir halus seperti tanah liat dan lanau liat. Energi getaran sangat efektif dalam memadatkan pasir dan kerikil, karena ikatan antarpartikel relatif lemah. Ketika tanah berbutir digetarkan pada frekuensi yang tepat, partikel tanah menyusun ulang diri mereka sendiri ke dalam keadaan yang lebih padat di bawah beratnya sendiri dan berat pemadat. Rol drum baja getar dan pemadat pelat getar dianggap sebagai peralatan pemadatan yang paling efektif untuk tanah berbutir.

Tanah berbutir halus menahan lebih banyak kelembapan dan memiliki gaya antarpartikel internal yang lebih tinggi. Energi getaran jauh kurang efektif untuk tanah ini. Tanah liat membutuhkan lebih banyak energi mekanis untuk memecah gaya internal selama pemadatan. Tindakan menguleni rol kaki domba sangat efektif dalam hal ini.

Tanah berbutir halus umumnya memiliki kisaran kadar air yang lebih sempit untuk

pemadatan yang optimal. Sering kali, tanah liat terlalu basah untuk dipadatkan dan kadar airnya harus dikurangi. Mengurangi kadar air dalam tanah liat biasanya dilakukan dengan membiarkan air menguap dari permukaan tanah liat. Laju penguapan bergantung pada suhu udara sekitar dan kondisi angin. Namun, proses pengeringan dapat ditingkatkan dengan menggunakan proses yang disebut aerasi di mana cakram baja digunakan untuk membalik tanah secara berkala, sehingga lebih banyak tanah yang terpapar ke atmosfer.

1.7 DINDING RUANG BAWAH TANAH

Dinding ruang bawah tanah dapat dibangun dari berbagai bahan, termasuk beton, pasangan bata, dan kayu.

Konstruksi Dinding Ruang Bawah Tanah

Dinding ruang bawah tanah beton dapat dibuat dengan cara cor di tempat atau pracetak. Dinding ruang bawah tanah beton cor di tempat menyediakan cara yang hemat biaya untuk menopang lantai dan menahan tekanan tanah. Aplikasi komersial dan perumahan dari dinding ruang bawah tanah beton cor di tempat sangat umum. Bekisting mudah ditempatkan di galian pada pondasi. Baja tulangan dapat diikat di dalam atau di luar lokasi, dan ditempatkan di dalam bekisting dinding.

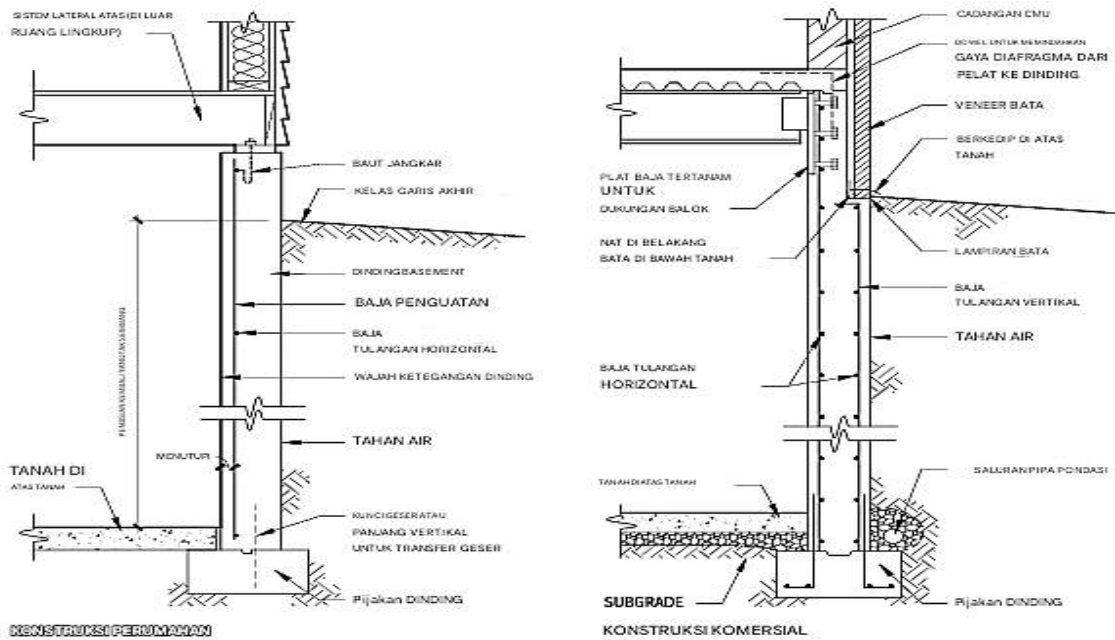
Bergantung pada kondisi tanah dan air tanah, pelapisan kedap air biasanya harus digunakan pada dinding pondasi dan pelapisan kedap air umumnya diperlukan pada dinding ruang bawah tanah sebelum penimbunan kembali. Kecuali jika penyangga lateral digunakan, bagian atas dinding ruang bawah tanah harus ditopang oleh lantai pertama dan dasar dinding oleh pondasi atau pelat di atas tanah sebelum penimbunan kembali ke dinding dapat dimulai. Menjaga ketinggian dinding tetap seragam, serta mengurangi jumlah penetrasi dan mempertahankan konfigurasi rencana yang sederhana, akan membantu mengurangi biaya akhir dinding.

Dinding ruang bawah tanah beton pracetak memungkinkan konstruksi ruang bawah tanah dalam waktu yang lebih singkat daripada beton cor di tempat konvensional. Selain waktu dan metode konstruksi, keuntungan lain dari beton pracetak mencakup kemampuan pemasok pracetak untuk memanfaatkan campuran beton yang berfokus pada kekuatan akhir, daripada waktu pengerasan dan suhu. Produsen beton pracetak mampu menghasilkan campuran yang mengeras hingga 5000 psi, yang lebih kuat daripada pasangan bata beton atau dinding beton cor di tempat. Selain itu, kontrol yang lebih baik terhadap campuran beton dan lingkungan pengerasan memungkinkan penggunaan rasio air/semen yang rendah, yang menghasilkan material padat yang mengurangi penetrasi air.

Dinding Ruang Bawah Tanah dari Batu Bata

Dinding batu bata telah lama berfungsi sebagai fondasi bangunan. Saat ini, sebagian besar dinding ruang bawah tanah dari batu bata terdiri dari satu unit batu bata beton padat berongga, tergantung pada daya dukung yang dibutuhkan. Dinding diperkuat sesuai kebutuhan untuk menahan beban lateral. Umumnya, tulangan tersebut harus dipasang sedekat mungkin dengan cangkang muka bagian dalam, untuk memberikan kekuatan tarik maksimum. Dinding ruang bawah tanah harus melindungi dari panas dan dingin, serangan

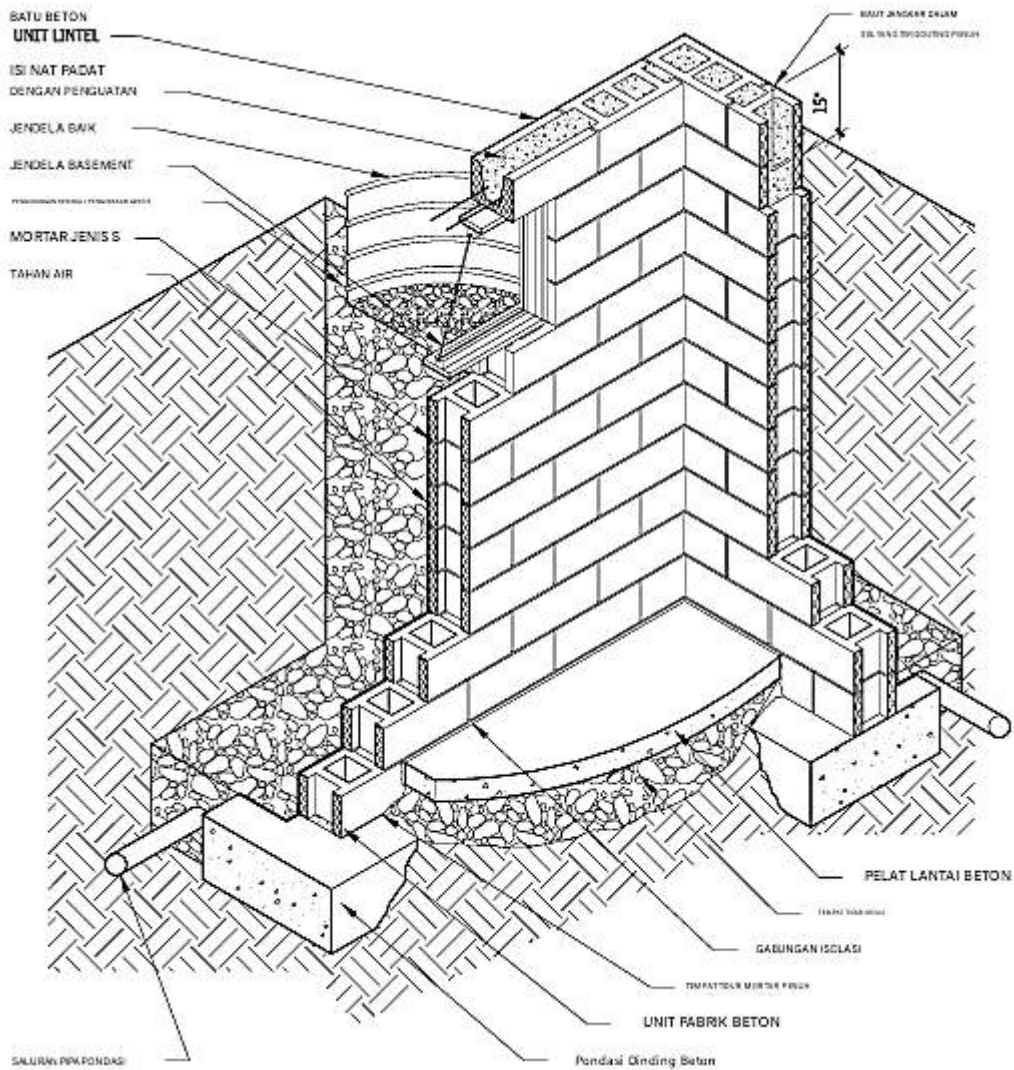
serangga (terutama rayap), api, dan penetrasi air dan gas tanah.



Gambar 1.58 Dinding basement beton

Jika radon menjadi perhatian utama, lapisan atas pasangan bata dan lapisan pasangan bata pada atau di bawah pelat harus dibangun dari unit padat atau unit berongga yang sepenuhnya diberi nat dengan menggunakan saluran pembuangan pondasi untuk mengumpulkan dan mengalirkan uap air kondensasi dari ruang bawah tanah, harus dihindari di area yang menjadi perhatian masuknya gas tanah.

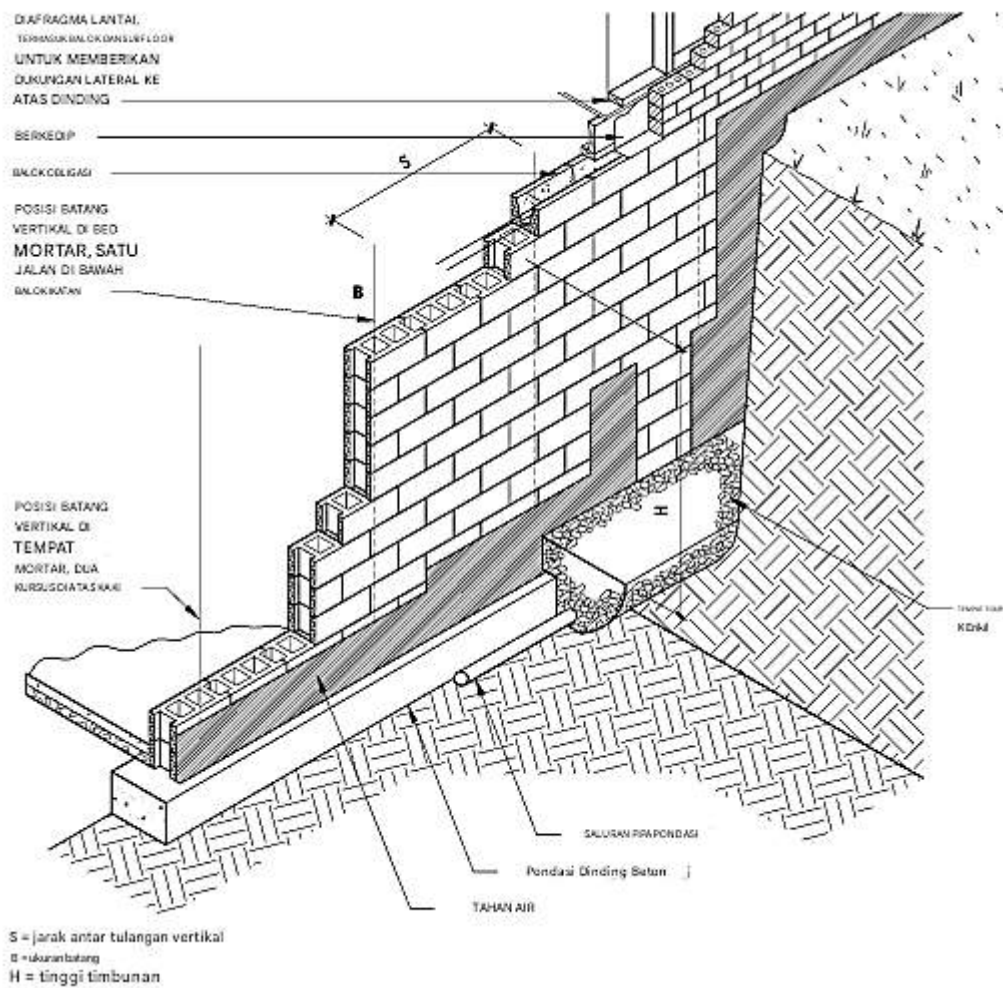
Unit pasangan bata arsitektur dapat digunakan untuk meningkatkan tampilan dinding. Unit pasangan bata dengan lapisan akhir arsitektur yang menghadap ke bagian dalam dapat digunakan untuk konstruksi ruang bawah tanah yang ekonomis. Pasangan bata dengan mudah mengakomodasi denah lantai apa pun, dan bagian belakang dan sudut meningkatkan kinerja struktural dinding untuk ketahanan beban lateral.



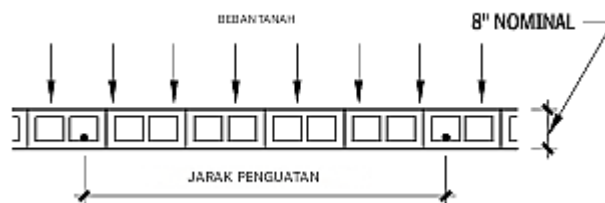
Gambar 1.59 Dinding dasar batu pasangan umum

Tabel 1.60 Ketebalan dinding basement cmu

KONSTRUKSI DINDING BASEMEN	NOMINAL KETEBALAN (IN.)	KEDALAMAN MAKSIMUM KETIDAKSEIMBANGAN ISI (FT)
CMU - unit berongga, tidak beralur	8	5
	10	6
	12	7
CMU - unit padat	8	5
	10	7
	12	7
CMU-unit berongga atau padat, terisi penuh	8	7
	10	8
	12	8



Gambar 1.61 Jarak penguatan vertikal



	TINGGI PENGURANGAN, H				
	8'	7'	6'	5'	4'
Ukuran Batang, B	#6	#6	#5	#5	#4
Spasi, S	64"	56"	64'	72'	72'

Gambar 1.62 Perkuatan dinding dasar cmu (ukuran batang dan jarak batang maksimum)

Tabel 1.63 Dinding dasar cmu: penguatan sambungan horizontal

 SAMBUNGAN MORTAR	TINGGI PENGURANGAN, H				
	8'	7'	6'	5'	4'
13	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-
11	W2.1	W1.7	W1.7	W1.7	W1.7

10	-	-	-	-	-
9	W2.1	W1.7	W1.7	W1.7	-
8	-	-	-	-	W1.7
7	W2.1	W1.7	W1.7	W1.7	-
6	-	-	-	-	-
5	W2.1	W1.7	W1.7	W1.7	-
4	-	W1.7	W1.7	W1.7	W1.7
3	W2.1	W1.7	W1.7	W1.7	W1.7
2	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-

Dinding Dasar Kayu yang Diolah

Konstruksi pondasi dan ruang bawah tanah dari kayu yang dirawat serupa dengan konstruksi dinding rangka ringan kayu standar, kecuali untuk dua faktor:

- ☛ Kayu yang digunakan dirawat dengan tekanan menggunakan pengawet kayu.
- ☛ Persyaratan beban dan tekanan ekstra yang disebabkan oleh kondisi di bawah permukaan tanah harus diakomodasi dalam desain dan perincian pengencang, sambungan, pemblokiran, dan sudut dinding.

Seperti halnya pondasi batu bata atau beton standar, pondasi kayu yang dirawat memerlukan drainase yang baik untuk menjaga ruang bawah tanah dan ruang bawah tanah tetap kering. Namun, sistem drainase yang biasanya digunakan dengan pondasi kayu yang dirawat berbeda dari yang digunakan dengan sistem batu bata atau beton. Komponen sistem drainase yang cocok untuk digunakan dengan pondasi kayu yang dirawat meliputi:

- ☑ Material timbunan yang sangat berpori, yang mengarahkan air ke bawah ke lapisan drainase granular.
- ☑ Lapisan drainase granular berpori di bawah seluruh pondasi dan lantai untuk mengumpulkan dan membuang air.
- ☑ Pembuangan air positif melalui bak penampung yang dirancang untuk jenis tanah. Sistem drainase ini (dikembangkan untuk pondasi kayu yang diolah) menggantikan timbunan berpori yang umum di atas pipa drainase perimeter.

Manfaat pondasi kayu yang diolah meliputi sistem:

- ✓ Semua rangka adalah standar 2 menurut konstruksi.
- ✓ Pondasi kayu yang diolah dapat didirikan dalam segala cuaca dan ketika akses lokasi untuk metode lain sulit.
- ✓ Rongga dinding yang dalam memungkinkan penggunaan insulasi termal bernilai-R tinggi tanpa kehilangan ruang interior.
- ✓ Pengkabelan dan penyelesaian mudah dicapai.

Pertimbangan saat bekerja dengan pondasi kayu yang diolah:

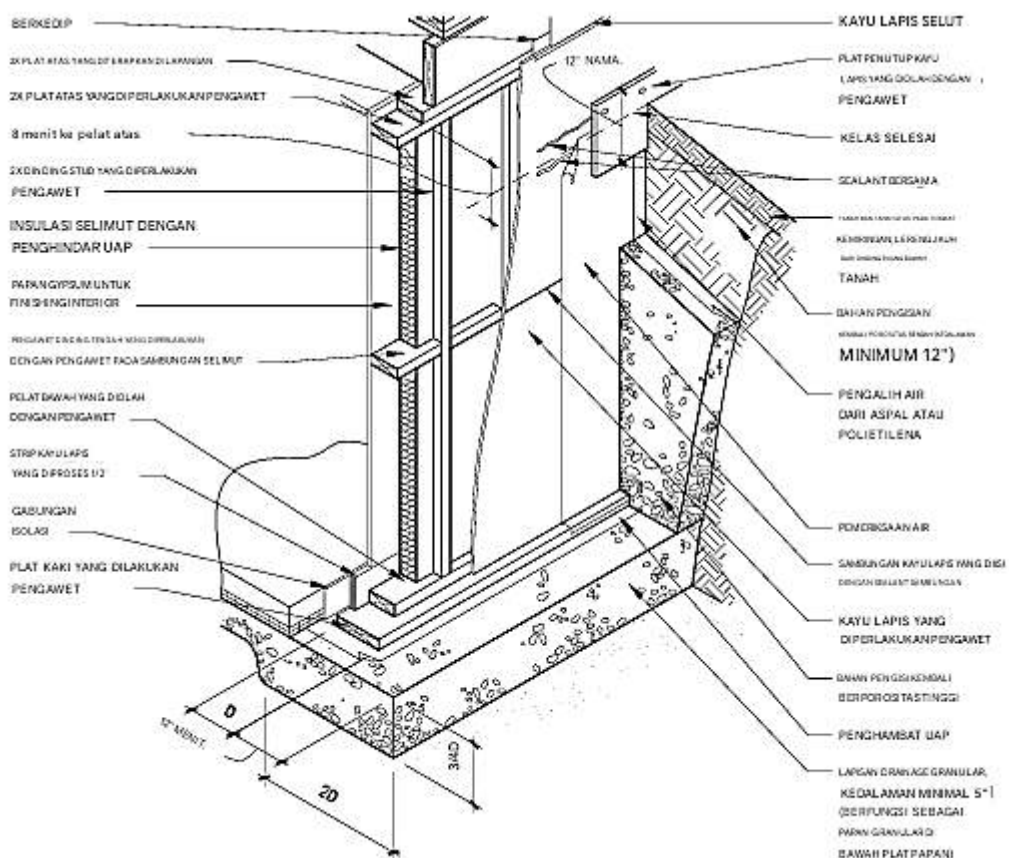
- Pondasi kayu yang diolah tidak sesuai untuk semua lokasi. Pemilihan pondasi yang tepat untuk suatu proyek bergantung pada kondisi lokasi, termasuk jenis tanah, kondisi

drainase, air tanah, dan faktor-faktor lainnya. Lokasi basah di daerah rendah (terutama daerah dengan tanah berbutir kasar) harus dihindari jika menginginkan ruang bawah tanah penuh, meskipun pondasi tipe ruang bawah tanah dapat digunakan dalam kasus ini. Konsultasikan dengan insinyur geoteknik untuk menentukan kelayakan sistem pondasi apa pun. Lihat juga zona kerusakan kayu yang ditunjukkan pada Gambar 1.150. Kayu dan tripleks yang digunakan pada pondasi kayu olahan harus diberi cap mutu untuk penggunaan pondasi. Kayu dan tripleks ini biasanya diberi perlakuan tekanan dengan tembaga arsenat krom. Produk kayu olahan yang digunakan pada konstruksi pondasi diharuskan mengandung lebih banyak bahan pengawet daripada kayu olahan yang digunakan pada aplikasi seperti pagar dan dek. Aturan umumnya mengharuskan penggunaan pengencang galvanis yang dicelup panas di atas permukaan tanah dan pengencang baja tahan karat di bawah permukaan tanah.

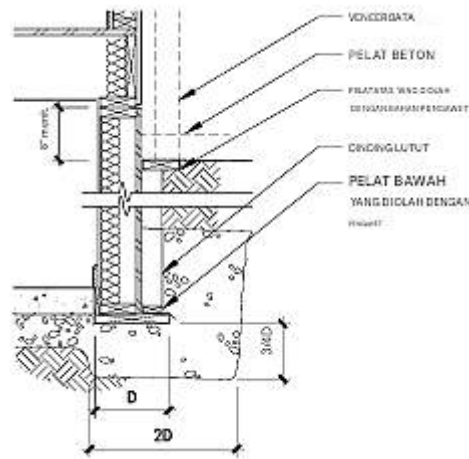
- Hindari kontak kulit dan menghirup debu gergaji dalam waktu lama atau sering saat menangani atau bekerja dengan produk kayu yang diolah dengan tekanan.
- Konsultasikan kode bangunan yang berlaku dan Sistem Pondasi Kayu Permanen Asosiasi Hutan & Kertas Amerika—Manual Desain, Fabrikasi, Instalasi untuk persyaratan dan pedoman desain. Pada tahap awal proyek, konsultasikan dengan pejabat kode bangunan untuk area atau yurisdiksi tersebut untuk menilai keakraban mereka dengan dan kemauan untuk menyetujui jenis konstruksi ini.
- Sambungan vertikal dan horizontal dari semua panel kayu lapis yang digunakan dalam sistem ini harus disegel dengan sealant yang sesuai.
- Bahan dan detail konstruksi yang benar sangat penting untuk pondasi kayu yang diolah. Jika kontraktor yang akan digunakan untuk pemasangan tidak terbiasa dengan jenis pondasi ini, desain harus mencakup penggunaan panel pondasi yang dibuat di toko. Sebagian besar masalah dengan pondasi kayu yang diolah dapat ditelusuri ke pemasangan yang tidak tepat oleh pekerja yang tidak berpengalaman.
- Jenis pondasi ini terutama bergantung pada dek lantai pertama untuk menyerap dan mendistribusikan beban timbunan; Oleh karena itu, penimbunan kembali tidak dapat dilakukan sampai dek lantai pertama selesai kecuali penyangga lateral digunakan.



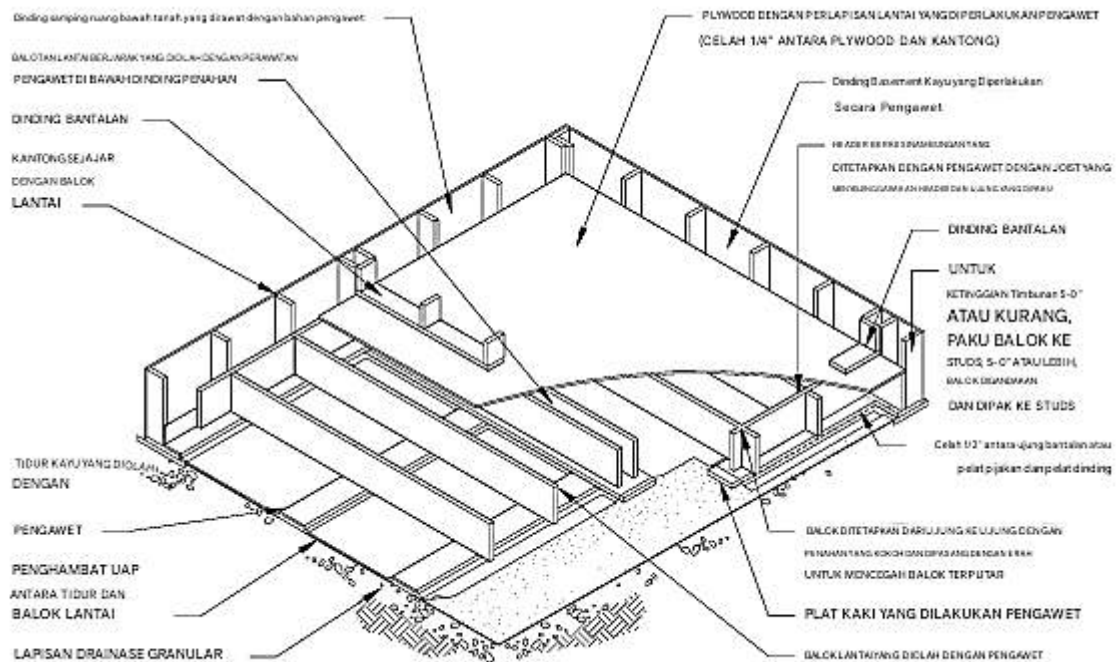
Gambar 1.64 Zona kemusuran kayu



Gambar 1.65 Dinding basement kayu yang dirati umum



Gambar 1.66 Dinding dasar dari kayu yang diperlakukan dengan dinding lutut eksterior



Gambar 1.67 Sistem lantai tidur kayu

Basemen—Pembuatan Anti Air/Pembuatan Anti Lembab/Insulasi

Konsultasikan dengan insinyur geoteknik untuk menentukan jenis tanah dan tingkat air tanah, serta pengaruhnya terhadap metode drainase dan pemasangan anti air. Konsultasikan dengan spesialis pemasangan anti air untuk menentukan pendekatan desain khusus untuk tanah dan kondisi yang bermasalah. Lokasi mungkin terkontaminasi air tanah yang akan menurunkan daya tahan bahan pemasangan anti air. Umumnya, pemasangan anti air diperlukan jika muka air diperkirakan mengenai dinding basement atau di bawah pelat. Karena muka air tanah dapat berubah sesuai musim, penting untuk memahami fluktuasi musiman ini dan merancang untuk muka air maksimum yang diharapkan.

Drainase pondasi direkomendasikan ketika muka air tanah dapat naik di atas bagian

atas pelat lantai atau ketika pondasi mengalami tekanan hidrostatik setelah hujan lebat. Bahan drainase geosintetik mengalirkan air ke pipa drainase, sehingga mengurangi tekanan hidrostatik. Penting untuk memahami tekanan hidrostatik yang diberikan pada pelat lantai dan sistem dinding jika sistem drainase tidak cukup untuk membuang semua air. Pelapis sisi negatif khusus pada permukaan bagian dalam dinding pondasi, seperti oksida metalik, direkomendasikan hanya jika bagian luar tidak dapat diakses (seperti lubang dan parit, dan khususnya, lubang lift).

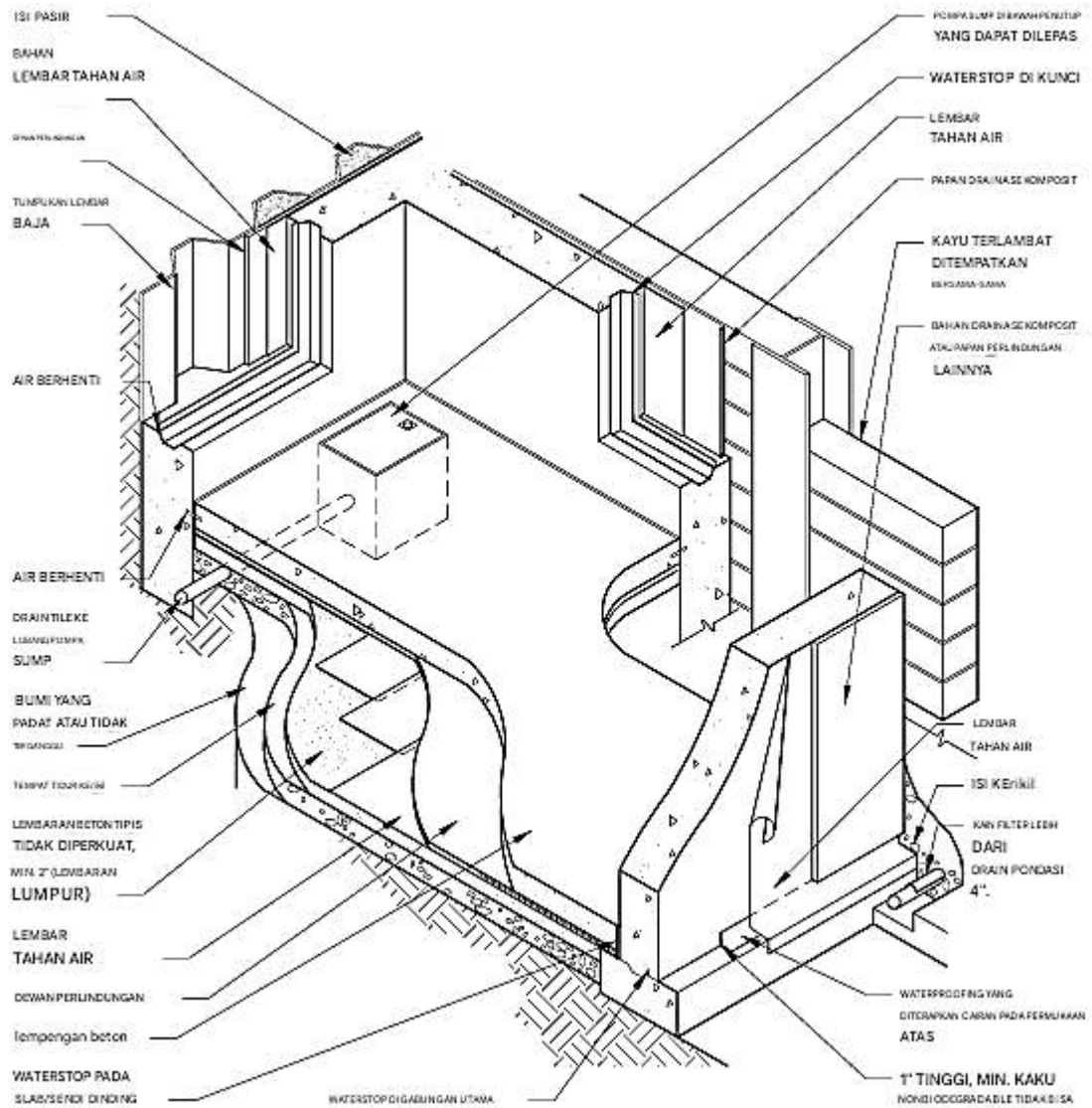
Pembuatan Air Vertikal Dinding Ruang Bawah Tanah

Perataan tanah di sekitar bangunan merupakan bagian penting dari keseluruhan rencana pengelolaan air. Operasi penimbunan kembali biasanya menghasilkan material yang lebih berpori daripada tanah tak terganggu di sebelahnya, yang memudahkan air terkumpul di sebelah bangunan. Perataan tanah yang sudah jadi harus miring menjauhi bangunan, dan lapisan tanah kedap air ditempatkan di atas timbunan kembali di dekat bangunan. Drainase dari pipa pembuangan harus dialihkan menjauhi fondasi. Jenis pelapisan air meliputi aspal padat, lembaran, yang diaplikasikan dengan cairan, semen dan reaktif, dan bentonit.

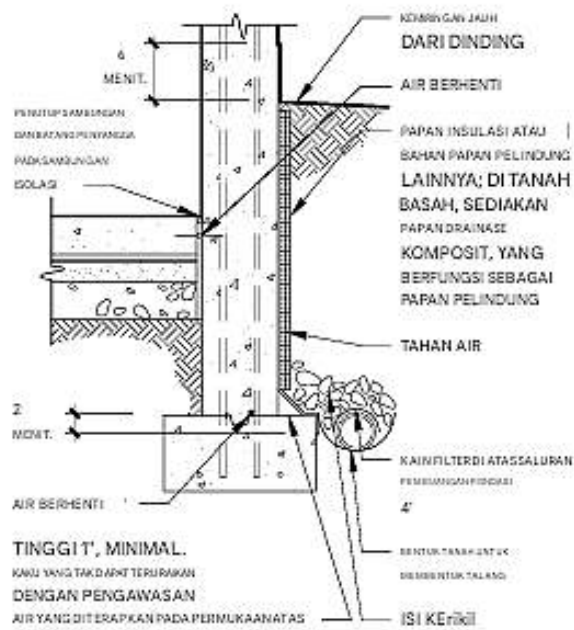
- ❖ Bitumen padat: Terdiri dari lapisan lembaran aspal dan lapisan aspal kental yang berselang-seling. Pelapis kedap air bitumen meliputi aspal yang terbentuk dan sistem kedap air tar dingin.
- ❖ Pelapis kedap air lembaran: Dibentuk dengan lembaran bahan elastomerik, bitumen, bitumen yang dimodifikasi, atau termoplastik. Pelapis kedap air lembaran dapat dipasang secara mekanis atau melekat sendiri. Pelapis kedap air lembaran menyediakan permukaan kedap air.
- ❖ Diterapkan dengan cairan: Diterapkan dalam keadaan kental panas atau dingin. Meliputi aspal karet yang diaplikasikan dengan cairan panas. Seperti halnya pelapis kedap air lembaran, pelapis kedap air yang diaplikasikan dengan cairan akan menjembatani retakan kecil pada permukaan beton.
- ❖ Semen dan reaktif: Jenis pelapis kedap air yang mencapai kualitas kedap air melalui reaksi kimia dan meliputi semen yang dimodifikasi polimer, kristal, dan sistem pelapis kedap air oksida logam. Oksida logam direkomendasikan untuk digunakan saat permukaan eksterior tidak dapat diakses, seperti pada kasus lubang lift.
- ❖ Bentonit: Dibentuk dari tanah liat menjadi panel dan lembaran komposit. Ketika dibasahi, tanah liat akan membengkak dan berubah menjadi seperti gel, membentuk penghambat kedap air ketika dikurung. Tanah liat bentonit hanya berfungsi dengan baik ketika dibasahi. Untuk aplikasi di mana muka air tanah berfluktuasi, mungkin ada jeda waktu antara naiknya muka air tanah dan ketika bentonit mulai bekerja, selama waktu tersebut ada kemungkinan air meresap. Oleh karena itu, ketika muka air tanah berfluktuasi, kehati-hatian diperlukan ketika mengandalkan tanah liat bentonit untuk pelapisan kedap air. Koordinasi yang tepat antara detail konstruksi dinding dan terminasi pelapisan kedap air diperlukan.

Pada antarmuka dinding pondasi dan pelat, penghenti air ditempatkan di atas pondasi, pada sambungan dinding beton vertikal yang disambung. Sebagian besar bahan pelapis kedap air

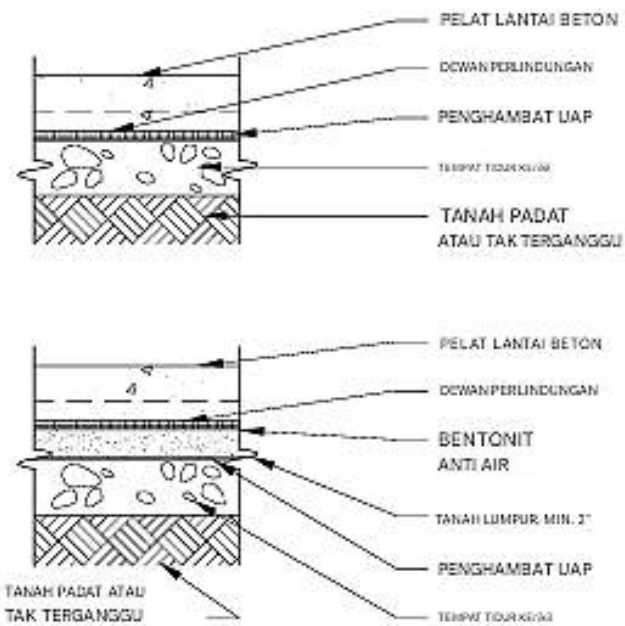
memerlukan substrat yang stabil, kaku, dan rata. Umumnya, pelat lumpur (subpelat yang tidak diperkuat dan nonstruktural) digunakan ketika bahan pelapis kedap air ditempatkan di bawah pelat struktural dan/atau ketika permukaan kerja yang kokoh diperlukan pada tanah yang tidak stabil. Bila bahan kedap air diletakkan di atas pelat struktural, diperlukan lapisan pelindung, seperti pelat beton lainnya.



Gambar 1.68 Aplikasi kedap air pada kondisi ruang bawah tanah



Gambar 1.69 Kedap air pada pondok



Gambar 1.70 Kedap air di bawah lampu

BAB 2 RANGKA

2.1 PENDAHULUAN

Pada analisis terakhir, semuanya bergantung pada bagaimana sesuatu diwujudkan sebagaimana pada manifestasi nyata dari bentuknya. Ini bukan untuk menafikan kecerdikan spasial, melainkan untuk meningkatkan karakternya melalui realisasinya yang tepat. Dengan demikian, kehadiran sebuah karya tidak dapat dipisahkan dari cara fondasinya di tanah dan keunggulan strukturnya melalui interaksi antara dukungan, bentang, jahitan, dan sambungan—irama lapisan penutupnya dan modulasi jendela-jendelanya.

—Kenneth Frampton, Studi dalam Budaya Teknik: Puisi Konstruksi dalam Arsitektur Abad Kesembilan Belas dan Kedua Puluh

Bab ini tentang kerangka sebuah bangunan—struktur yang menjulang dari fondasinya; dinding eksterior dengan pintu, jendela, kisi-kisi, dan naungan; atap dengan bukaan dan lampu—menggambarkan apa yang, bisa dibilang, merupakan pembentuk arsitektur dan elemen ekspresif yang paling signifikan. Seperti yang ditunjukkan Frampton dalam epigrafi di sini, realisasi komponen-komponen individual dan interaksinya sama pentingnya dengan konsep spasial secara keseluruhan.

Informasi yang terkandung dalam bab ini dimaksudkan untuk menjadi titik awal bagi eksplorasi ekspresi puitis dan tektonik dari cangkang bangunan, yang selaras dengan lingkungannya, bukan melawannya, untuk menyediakan hunian manusia sekaligus meningkatkan pengalaman emosional dan spiritual. Selain persyaratan untuk menjadi hangat dan kering, manusia membutuhkan perlindungan dari berbagai perubahan alam dan budaya. Pada tahun 1963, dalam *Canadian Building Digest*, Dr. Neil Hutcheon mengkategorikan tujuan dari penutup arsitektur, yang diparafrasekan sebagai berikut:

- Mengendalikan aliran panas.
- Mengendalikan aliran udara.
- Mengendalikan aliran uap air.
- Mengendalikan penetrasi hujan.
- Mengendalikan cahaya, matahari, dan radiasi lainnya.
- Mengendalikan kebisingan dan getaran.
- Mengendalikan kebakaran.
- Memberikan kekuatan dan kekakuan (menahan gravitasi, salju, angin, seismik, ledakan, benturan, dan beban balistik).
- Tahan lama.
- Memiliki nilai ekonomi.
- Memiliki nilai estetika.

Memenuhi persyaratan untuk menjadi hangat, aman, dan kering hanyalah permulaan; tanpa menarik perhatian intelek manusia dan mengatasi kondisi sosial budaya, bangunan belaka akan menjadi hasilnya. Agar arsitektur dapat terwujud, puisi dan seni harus dibawa ke dalam perwujudan penutup. Oleh karena itu, tujuan terakhir yang tercantum adalah kunci penciptaan arsitektur.

Frampton menunjukkan faktor penentu lainnya dengan tektonik: jenis dan topos (atau fungsi atau komoditas, dan lokasi). Penutup memediasi dua lingkungan yang berbeda: interior dan eksterior. Jenis bangunan merupakan faktor penentu utama dalam lingkungan interior yang dibutuhkan, sedangkan topos—lokasi dan kondisi iklim lokalnya yang berbeda—menentukan lingkungan eksterior. Pertimbangan kedua lingkungan ini penting bagi solusi arsitektur, dan dampaknya terlihat jelas di seluruh bab ini. Arsitektur bukanlah kumpulan detail standar, tetapi juga bukan maket yang disusun tanpa memperhatikan realitas layanan dan fungsi.

Apakah sebuah bangunan mengekspresikan tektoniknya atau menceritakan kisah berdasarkan aspirasi estetika dan budaya lainnya, bangunan tersebut harus menyediakan dasar-dasar dukungan dan pengendalian lingkungan dari waktu ke waktu. Tentu saja, banyak detail yang terkandung dalam bab ini merupakan solusi yang telah teruji dan benar untuk masalah umum, tetapi prinsip-prinsip dasar fungsionalitasnya telah diberikan dengan harapan dapat memperluas, memodifikasi, dan mengadaptasi penggunaannya untuk menginformasikan dan memengaruhi konsep desain secara keseluruhan.

2.2 PERTIMBANGAN DESAIN

Iklim Dan Energi

Hal terpenting bagi rangka bangunan adalah mediasi antara lingkungan eksterior dan interior. Desain dan perincian penutup bangunan yang tepat memerlukan pemahaman tentang karakteristik khusus dari kondisi lingkungan interior yang diinginkan dan kondisi lingkungan eksterior tertentu, baik dalam skala makro maupun mikro.

Definisi

Saat membaca konten bab ini, ingatlah definisi konsep dan prinsip berikut:

- Penghalang udara: Material atau kombinasi material yang membentuk selubung kontinu di sekeliling semua sisi ruang yang dikondisikan untuk menahan aliran udara. Sambungan, jahitan, transisi, penetrasi, dan celah harus disegel. Penghalang udara harus mampu menahan beban angin positif dan negatif serta tekanan kipas dan cerobong tanpa kerusakan atau perpindahan. Penghalang udara harus setidaknya sama tahan lama dengan konstruksi di atasnya dan dibuat terperinci untuk mengakomodasi pergerakan bangunan yang diantisipasi. Penghalang udara mungkin atau mungkin bukan penghambat uap.
- Penghalang dan penghambat uap: Tanpa konsensus di seluruh industri, material dengan peringkat perm kurang dari 1 secara bergantian disebut penghalang uap atau penghambat uap (IBC dan IEC 2003 menggunakan "penghambat uap"). Yang lebih penting daripada istilah tersebut adalah memahami beberapa prinsip dasar:

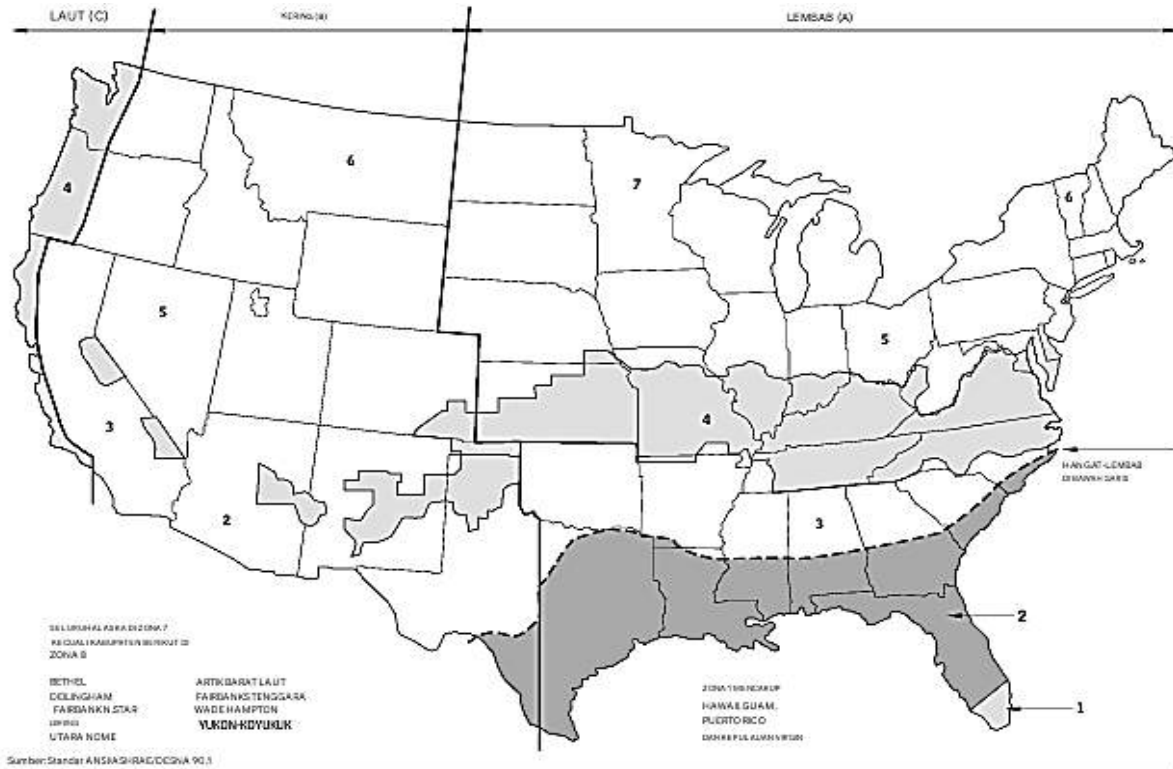
- Difusi uap melalui material dengan peringkat perm kurang dari 1 hampir tidak penting, tetapi celah atau lubang kecil pun dapat dengan mudah mengangkut uap air berkali-kali lipat.
- Semua material memiliki tingkat ketahanan yang lebih besar atau lebih kecil terhadap difusi, dan penempatannya dalam rakitan penutup, baik dimaksudkan sebagai penghambat atau tidak, akan memengaruhi pembasahan dan, yang lebih penting, pengeringan rakitan.
- Isolasi: Material yang memperlambat aliran panas melalui konduksi.
- Penghalang radiasi: Material, biasanya metalik atau mengkilap, yang memantulkan energi termal radiasi.
- Penghalang cuaca (penghalang kedap air): Material yang tahan terhadap penetrasi air dalam bentuk cair, atau kedap air. Material ini bisa berupa penghalang udara atau penghambat uap. Bagian muka penghalang cuaca terkadang disebut bidang drainase.
- Dinding penghalang: Rakitan dinding yang menahan kelembapan dengan membran kedap air yang kontinu atau dengan bidang material penghalang cuaca yang cukup tebal untuk mencegah kelembapan yang terserap menembus ke bagian dalam.
- Dinding rongga yang dikeringkan: Rakitan dinding dengan lapisan penahan air luar di atas rongga udara, dan dengan penghalang cuaca. Rongga tersebut disambung dan ditanggulangi untuk mengalirkan air insidental.
- Dinding bidang drainase: Rakitan dinding dengan penghalang kedap air yang terus-menerus di bawah lapisan penahan air luar. Tidak adanya rongga membatasi jumlah air yang dapat dikeringkan dengan cepat.
- Dinding layar hujan yang diseimbangkan tekanan: Rakitan dinding yang menahan semua gaya fisik yang dapat mengangkut air melintasi sambungan di lapisan luar atau "layar hujan". Gaya energi kinetik dikendalikan dengan mengalirkan rongga di belakang layar hujan dan, dengan demikian, memungkinkan perbedaan tekanan di seluruh sambungan menjadi sama. Penghalang udara dan kompartementalisasi rongga diperlukan untuk mengendalikan pemerataan tekanan. Rongga tersebut disambung dan ditanggulangi untuk mengalirkan kelembapan insidental.

Pengaruh Iklim Eksterior

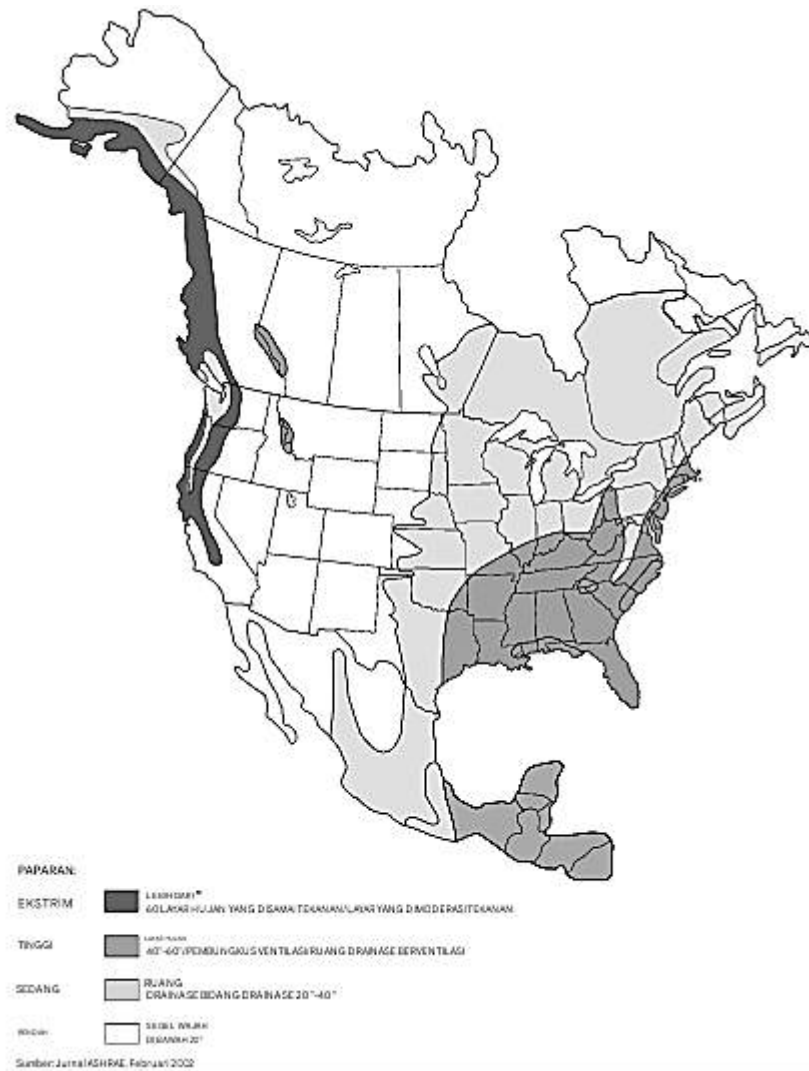
Amerika Serikat memiliki iklim yang sangat bervariasi. Lebih dari ekstrem yang jelas di Miami dan Alaska adalah variasi yang lebih halus—dan sama pentingnya—di negara-negara bagian yang bergantung. Peta Zona Iklim Standar ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1 untuk Amerika Serikat yang direproduksi dalam Gambar 2.1 menentukan zona berdasarkan persyaratan pemanasan dan pendinginan. (Catatan: Peta zona iklim yang disederhanakan dapat ditemukan dalam buku, *Moisture Control Handbook: Principles and Practices for Residential and Small Commercial Buildings*, oleh Joseph W. Lstiburek dan John Carmody, 1996.) Ada enam zona di negara-negara bagian benua dan Hawaii, ditambah dua lagi untuk Alaska. Di dalam zona-zona ini terdapat subzona untuk lembap, kering, laut, dan hangat-lembab.

Seperti yang akan ditunjukkan bab ini, solusi yang sesuai untuk satu zona mungkin sama sekali tidak cocok untuk yang lain. SEI/ASCE 7, “Beban Desain Minimum untuk Bangunan

dan Struktur Lainnya,” dan standar serupa lainnya menetapkan beban struktural angin, salju, dan seismik pada bangunan. Sekali lagi, terdapat variasi yang luas dalam kecepatan angin, hujan salju, dan pergerakan tanah. Selain beban dasar, kondisi lokal seperti topografi sekitar dan bangunan yang berdekatan dapat menyebabkan variasi yang luas dalam pengaruh lingkungan. Gambar 2.2 menunjukkan curah hujan tahunan untuk Amerika Utara. Jenis sistem penutup eksterior yang disarankan yang akan memenuhi tingkat layanan dan keandalan minimum berkorelasi dengan tingkat curah hujan.



Gambar 2.1 Zona iklim untuk lokasi amerika serikat



Gambar 2.2 Curah hujan tahunan di amerika utara

Pengaruh Iklim Interior

Kondisi lingkungan yang harus dipertahankan di dalam bangunan juga memengaruhi desain rangka. Bangunan dengan persyaratan tingkat kelembapan yang tinggi atau rendah, toleransi suhu yang ketat, perbedaan tekanan ke eksterior, penahanan keandalan tinggi, isolasi akustik, perlindungan dari ledakan atau masuk paksa, kualitas udara dalam ruangan yang tinggi, atau persyaratan luar biasa lainnya akan memerlukan perhatian khusus pada pemilihan dan perincian sistem, bersamaan dengan pertimbangan iklim eksterior.

Panas, Udara, dan Kelembapan

Selain beban struktural yang jelas, penutup bangunan harus menahan perpindahan panas, udara, dan kelembapan (HAM). Hukum fisika menyatakan bahwa panas selalu mengalir dari panas ke dingin. Udara bergerak melalui penutup bangunan dengan melewati bahan berpori, atau melalui lubang dan celah pada bahan tidak berpori, berdasarkan tekanan udara diferensial. Kelembapan, sebagai air dalam keadaan cair (seperti hujan, salju, dan air tanah), bergerak melalui penutup dengan empat metode: aksi kapiler, tegangan permukaan, gravitasi, dan energi kinetik (misalnya, hujan yang didorong angin). Kelembapan dalam keadaan uap

bergerak melalui penutup dari zona dengan tekanan uap yang lebih tinggi ke yang lebih rendah, dengan difusi melalui bahan padat atau dengan transportasi udara melalui lubang.

Pengendalian HAM

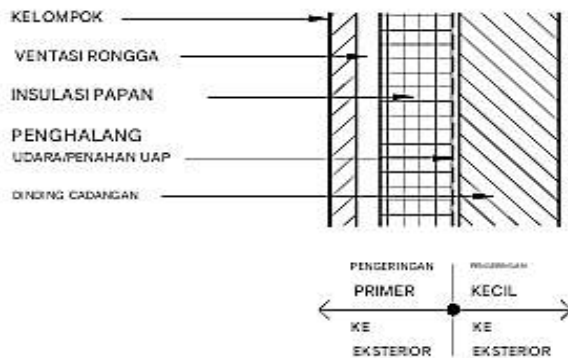
Pengendalian aliran HAM melintasi penutup bangunan merupakan masalah yang saling terkait, karena pergerakan udara dapat menciptakan energi kinetik yang menarik air melalui sambungan, secara dramatis mengurangi efektivitas isolasi termal, atau menyebabkan transportasi uap besar-besaran. Isolasi termal yang tidak tepat dapat menyebabkan kondensasi pada permukaan yang tidak terkontrol. Untuk mengendalikan HAM, tiga komponen harus dipertimbangkan secara terpisah: panas, udara, dan kelembapan.

Panas paling sering dikontrol oleh isolasi termal. Ingatlah hal berikut:

- Pergerakan udara di sekitar isolasi termal dapat menurunkan efektivitasnya secara serius, jadi hindari sistem yang memberikan ventilasi pada sisi isolasi termal yang dikondisikan.
- Penghalang radiasi mungkin efektif, terutama di iklim panas, tetapi harus memiliki ruang udara di sisi hangat. Secara umum, penghalang radiasi hampir tidak memiliki nilai isolasi dan tidak boleh menggantikan tetapi, sebaliknya, meningkatkan isolasi termal dan kerugian konduktif yang umum.
- Hubungan pendek termal dapat secara drastis mengurangi nilai U isolasi termal. Contoh yang paling umum adalah tiang logam, yang dapat mengurangi nilai efektif isolasi termal di antara tiang hingga setengahnya. Pengangkutan udara dikontrol oleh sistem penghalang udara yang terkoordinasi dan berkesinambungan untuk keenam sisi penutup (yaitu, tingkat permukaan terendah, dinding pondasi, dinding eksterior, dan atap).
- Pendekatan umum untuk penghalang udara dinding adalah membran berkesinambungan yang diaplikasikan pada selubung dan disegel pada jendela, pintu, dan penetrasi.
- Perakitan di bawah permukaan dapat memanfaatkan dinding dan pelat beton atau membran kedap air yang diaplikasikan.
- Sebagian besar membran atap dengan kemiringan rendah akan menyediakan penghalang udara, kecuali untuk sistem yang diikat secara mekanis yang mungkin tidak dapat menahan semua beban yang dibutuhkan.
- Dimungkinkan untuk mendesain papan gipsium sebagai penghalang udara, jika semua sambungan dan retakan disegel.
- Banyak sistem penghalang udara memerlukan kombinasi membran dan panel struktural untuk menahan beban, seperti membran poliolefin ikatan pental yang dijepit ke selubung atau membran bitumen yang direkatkan ke CMU.
- Pengelolaan kelembapan terdiri dari pengendalian masuknya kelembapan, akumulasi kelembapan, dan pengeringan.
- Penghalang sempurna terhadap kelembapan hampir tidak mungkin dicapai; oleh karena itu, penting agar tindakan yang diambil untuk mencegah masuknya kelembapan tidak juga memerangkap kelembapan—misalnya, membran kedap air yang

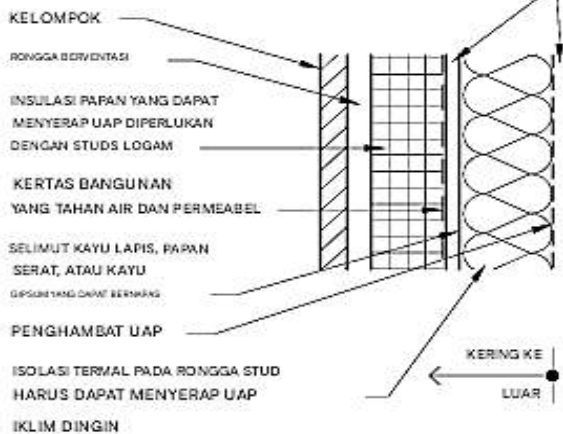
memerangkap isolasi termal di antara penghambat uap.

- Sangat penting untuk menjaga keseimbangan kelembapan yang dapat terkumpul dalam suatu rakitan di antara siklus pengeringan. Akumulasi dan pengeringan sangat bergantung pada iklim setempat. Beberapa material seperti dinding berbingkai kayu dan pasangan bata memiliki kapasitas untuk menyerap kelembapan dalam jumlah yang relatif besar dan kemudian mengering tanpa kerusakan atau penurunan mutu. Sistem lain seperti papan gipsum pada tiang logam memiliki kapasitas yang sangat kecil untuk menyimpan kelembapan.
- Sumber air utamanya adalah hujan, yang harus dibatasi oleh rakitan yang cukup terperinci berdasarkan jumlah curah hujan yang diharapkan. Peta presipitasi pada Gambar 2.2 menunjukkan jenis penutup yang direkomendasikan beserta kinerja yang diperlukan untuk meminimalkan masuknya air.
- Di bawah permukaan tanah, sumber utama kelembapan adalah melalui aksi kapiler yang dapat dikontrol melalui membran dan pemutusan kapiler.
- Sumber uap dapat berada di lingkungan interior atau eksterior. Penghambat uap telah menjadi metode tradisional yang digunakan untuk mengontrol pergerakan uap, tetapi penggunaannya dalam iklim pemanasan dan pendinginan campuran harus dievaluasi dengan cermat untuk memungkinkan pengeringan.
- Kontrol kelembapan dalam keadaan padat (misalnya, es) bergantung pada tidak membiarkan air cair membeku; atau, jika membeku, menyediakan ruang untuk ekspansi. Misalnya, permukaan atap dingin yang menghilangkan pencairan juga mencegah penumpukan es, dan beton yang mengandung udara menyediakan ruang bagi kristal es untuk mengembang.
- Gambar 2.3 dan 2.4 menunjukkan detail rakitan dinding yang dapat digunakan untuk analisis pengeringan dalam berbagai kondisi iklim. Berbagai rakitan agak independen dari jenis pelapis. Perakitan dinding lainnya, termasuk perakitan penghalang yang disegel di bagian muka atau yang masif, harus menerima analisis serupa mengenai kontrol HAM. Dua alat yang berguna untuk tujuan ini adalah:
- Pemodelan terkomputerisasi mengenai pembasahan dan pengeringan dinding: Ini tersedia secara luas dan sangat membantu untuk memahami akumulasi dan pengeringan kelembapan. Analisis direkomendasikan untuk proyek besar dan perakitan apa pun yang memerlukan pengeringan musiman. Iklim campuran mungkin merupakan yang paling sulit diprediksi dengan aturan praktis atau analisis empiris. WUFI, yang dikembangkan oleh Fraunhofer Institute for Building Physics di Jerman dengan versi Amerika Utara yang dikembangkan bersama dengan Oak Ridge National Laboratory (www.ornl.gov) merupakan alat pemodelan yang dikenal luas. Perangkat lunak serupa tersedia melalui www.virtual-north.com/download/OrderForm.pdf dan www.architects.org/emplibrary/HAMtoolbox.pdf.
- Analisis manual diagram dua dimensi sederhana dari bagian-bagian dinding: Ini melibatkan penggunaan gradien suhu yang diplot terhadap suhu titik embun atau gradien tekanan uap yang diplot terhadap tekanan saturasi.

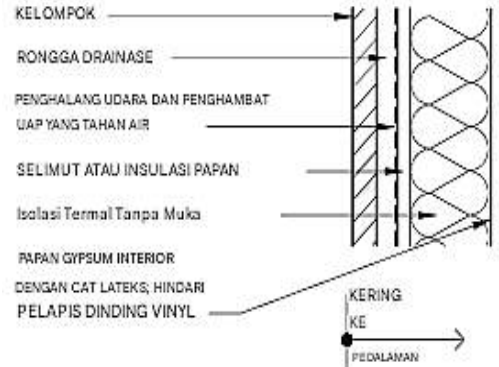


SEMUA IKLIM

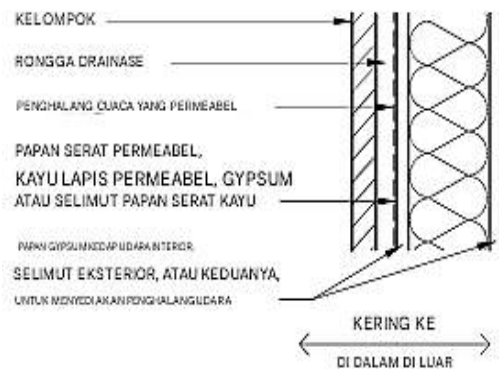
PAPAN DINDING GYPSUM KEDAP UDARA INTERIOR, SELIMUT EKSTERIOR, ATAU MEMBRAN PERMEABEL YANG DITERAPKAN PADA SELIMUT ATAU KOMBINASI UNTUK MENYEDIAKAN PENGHALANG UDARA



Gambar 2.3 Semua iklim dan iklim dingin



IKLIM PANAS DAN LEMBAB



Gambar 2.4 Iklim panas, lembab dan iklim campuran

Pertimbangan untuk Zona Iklim

Umum

- Lihat informasi khusus untuk setiap material untuk informasi lebih lanjut mengenai kriteria pemilihan dan perincian yang tepat.
- Sertakan hanya satu penghambat uap dalam rakitan dinding, dan pastikan semua material lainnya semakin mudah ditembus dari penghambat uap ke luar.
- Dapat diterima (dan terkadang diinginkan) untuk menyediakan lebih dari satu penghalang udara dalam rakitan dinding.
- Umumnya diinginkan untuk melindungi insulasi selimut dari pencucian udara dengan penghalang udara di sisi dingin.

Semua Iklim

- Sistem penutup yang sangat andal untuk mengendalikan HAM di semua zona iklim, tanpa bergantung pada sistem mekanis bangunan untuk mengeringkan udara interior.
- Insulasi termal yang terletak di luar struktur dan rangka dinding memungkinkan pemasangan penghalang udara dan penghambat uap yang berkelanjutan dengan mudah.

- Insulasi termal harus berkelanjutan untuk mencegah penghambat uap mencapai titik embun.
- Pilihan yang sangat baik untuk pelapis pasangan bata di atas CMU atau sistem penyangga tiang logam.
- Jika sistem penyangga tiang logam digunakan, jangan letakkan insulasi termal di antara tiang.
- Cat atau penutup dinding apa pun diperbolehkan pada lapisan interior.

Iklm Dingin (Zona 5 hingga 8)

- Material harus semakin mudah menyerap, karena
- mereka terletak lebih dekat ke permukaan eksterior.
- Cat atau penutup dinding apa pun diperbolehkan pada lapisan interior.
- Sistem mekanis tidak diperlukan untuk mengeringkan udara interior.
- Kegagalan kertas bangunan dapat menyebabkan akumulasi kelembapan yang tidak dapat diatasi dengan pengeringan.
- Elemen yang menembus insulasi termal, (seperti balok yang menopang kanopi yang menonjol atau bak penampung saluran pembuangan atap) dapat menyebabkan masalah kondensasi, kecuali jika diisolasi dengan insulasi termal sel tertutup atau insulasi termal dengan penghambat uap untuk mencegah udara yang mengandung kelembapan mencapai permukaan ini. Hal ini khususnya berlaku untuk hunian dengan tingkat kelembapan tinggi (termasuk tempat tinggal, rumah sakit, museum, kolam renang).

Iklm Panas (Zona 1, 2, dan 3)

- Sistem mekanis harus menyediakan dehumidifikasi interior atau udara untuk pengeringan.
- Hindari pelapis interior kedap uap (misalnya, penutup dinding vinil yang akan memerangkap kelembapan).
- Penghalang radiasi dapat dimasukkan ke dalam rongga.
- Sambungan yang direkatkan pada selubung, insulasi papan, atau kombinasinya dapat menyediakan penghalang udara.
- Penghalang udara sangat penting untuk membatasi perpindahan kelembapan melalui ketidaksempurnaan pada penghambat uap.

Iklm Campuran (Zona 3 dan 4)

- Semua material harus relatif permeabel terhadap uap untuk memungkinkan pengeringan di kedua arah, karena musim mengubah arah aliran panas dan pergerakan uap.
- Sistem detail dengan penghalang udara yang dapat ditembus sisi interior dan eksterior untuk membatasi perpindahan kelembapan dan infiltrasi/eksfiltrasi.

- Mungkin dapat menggunakan insulasi papan dengan sambungan yang direkatkan sebagai selubung, yang akan membentuk penghambat uap jika insulasi papan dan selimut memiliki nilai U yang hampir sama.

Keberlanjutan Dan Energi

Cangkang bangunan harus menjadi bagian utama dari strategi berkelanjutan. Minimalnya, cangkang harus:

- Berkontribusi untuk meminimalkan penggunaan energi.
- Menggunakan material yang ramah lingkungan.

Iklim Campuran

- Memastikan kualitas udara dalam ruangan yang baik dan kenyamanan penghuni.
- Tahan lama.

Untuk proyek bangunan berkinerja tinggi, penutup dapat membantu menghasilkan energi, mengembalikan nutrisi ke lingkungan, dan menyaring polutan.

Satu area yang menjadi perhatian khusus untuk cangkang bangunan adalah daya tahan, meskipun saat ini tidak termasuk dalam evaluasi LEED di Amerika Serikat. (Hal ini termasuk dalam program LEED Kanada). Superstruktur dan penutup bangunan sering kali merupakan bagian bangunan yang harus bertahan paling lama dan paling sulit diperbaiki atau diganti. Bangunan yang berkinerja baik selama bertahun-tahun memperlambat atau mengurangi konsumsi sumber daya dan aliran limbah. Kegagalan penutup tidak hanya dapat menyebabkan material yang rusak karena air memerlukan perbaikan atau penggantian, tetapi juga konsumsi energi jangka panjang yang tidak perlu, jamur beracun, dan bangunan yang sakit.

Bangunan merupakan konsumen energi utama, jadi penutup harus menjadi bagian dari strategi untuk mengurangi konsumsi energi. Bahkan, menciptakan penutup yang berkinerja baik dianggap sebagai langkah pertama dalam mengurangi penggunaan energi, sebelum strategi lain yang lebih canggih, seperti sistem mekanis berkinerja tinggi. Pemahaman menyeluruh tentang lingkungan interior dan eksterior sangat penting. Untuk bangunan tempat tinggal di daerah beriklim dingin, kehilangan panas melalui penutup mungkin merupakan komponen terbesar dari total konsumsi energi. Untuk bangunan komersial besar di lingkungan sedang, skema pencahayaan alami dapat menghemat lebih banyak energi, meskipun dapat menghasilkan penutup dengan ketahanan termal yang lebih rendah.

Sebagian besar yurisdiksi mengharuskan kepatuhan terhadap kode konservasi energi. ASHRAE 90.1 dan Kode Energi Internasional (dalam berbagai edisi) adalah kode model umum. Standar minimum ini harus dilampaui sebesar 20 hingga 50 persen, jika memungkinkan. Lihat referensi berikut:

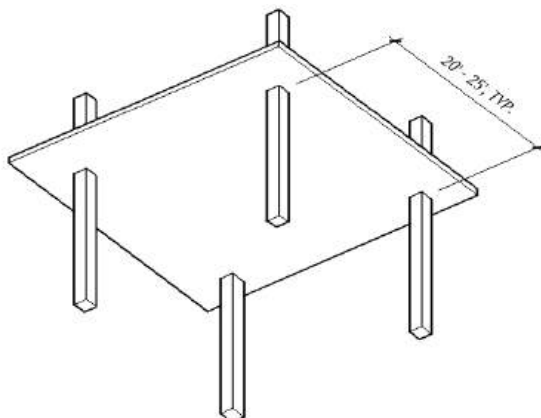
- *Designing the Exterior Wall: An Architectural Guide to the Vertical Envelope* oleh Linda Brock (John Wiley & Sons, Inc., 2005)
- *Moisture Control Handbook: Principles and Practices for Residential and Small Commercial Buildings* oleh Joseph W. Lstiburek dan John Carmody (John Wiley & Sons, Inc. 1996)
- *Water in Buildings: An Architect's Guide to Moisture and Mold* oleh William B. Rose (John Wiley & Sons, Inc., 2005)

2.3 SUPERSTRUKTUR KONSTRUKSI LANTAI

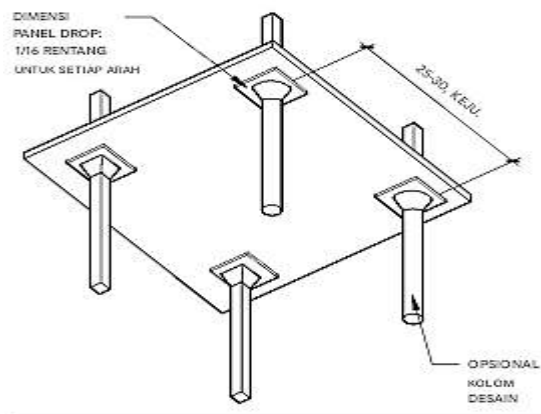
Bagian bab ini membahas perakitan konstruksi lantai umum. Konsultasikan literatur dari produsen dan asosiasi perdagangan untuk detail lebih lanjut tentang informasi yang disajikan dalam tabel terlampir.

Rangka Struktur Lantai – Konstruksi Beton

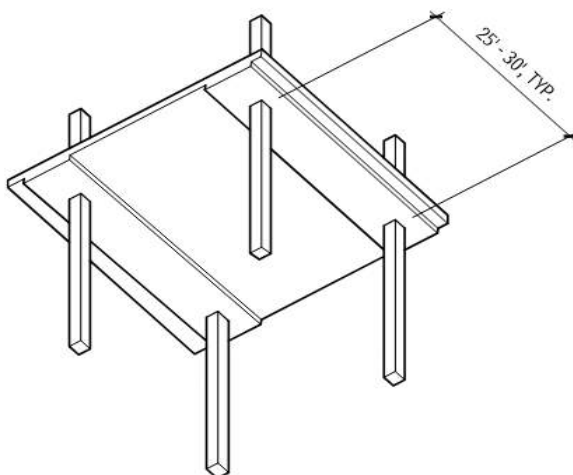
Informasi yang disajikan di sini dimaksudkan hanya sebagai panduan desain awal. Semua dimensi struktural untuk ketebalan pelat, ukuran balok dan sambungan, ukuran kolom, harus dihitung dan dianalisis untuk setiap kondisi proyek oleh insinyur profesional berlisensi. Bentang yang ditunjukkan dalam gambar dan tabel terlampir adalah perkiraan dan didasarkan pada penggunaan baja tulangan ringan. Untuk bentang lebih dari 40 ft, pertimbangkan pasca-ketegangan. Pertimbangkan item tertanam seperti saluran dan penetrasi untuk saluran dan pipa saat mengoordinasikan sistem struktural. Konstruksi lantai beton mungkin kurang fleksibel untuk menempatkan bukaan saluran besar di dekat garis balok atau penetrasi kecil yang berdekatan dengan kolom.



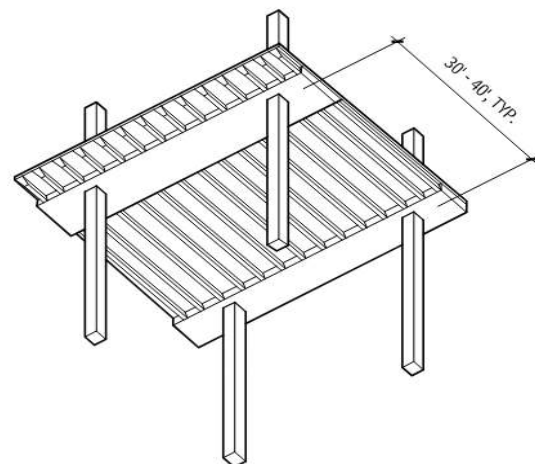
Gambar 2.5 Pelat datar



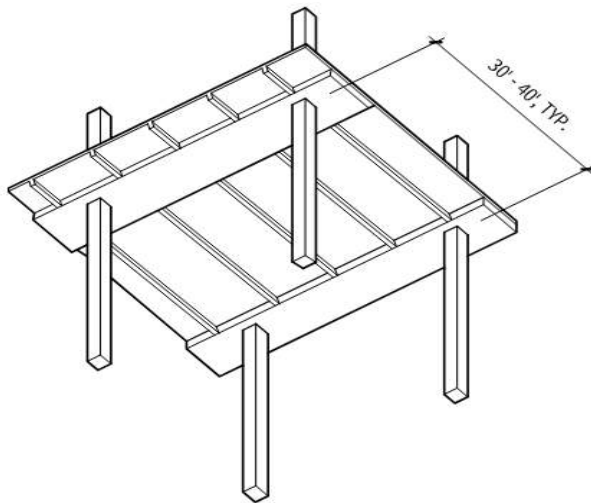
Gambar 2.6 Pelat datar



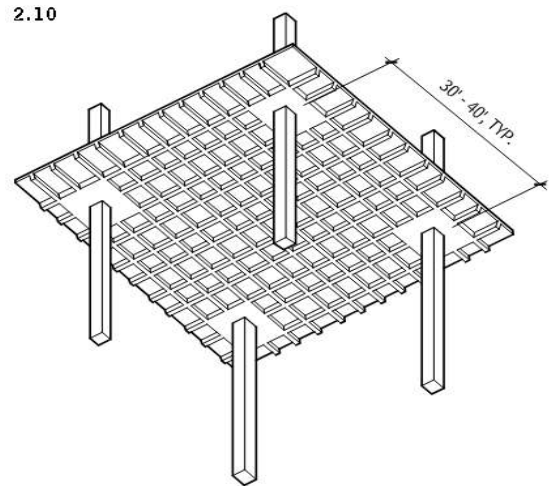
Gambar 2.7 Pelat berpita



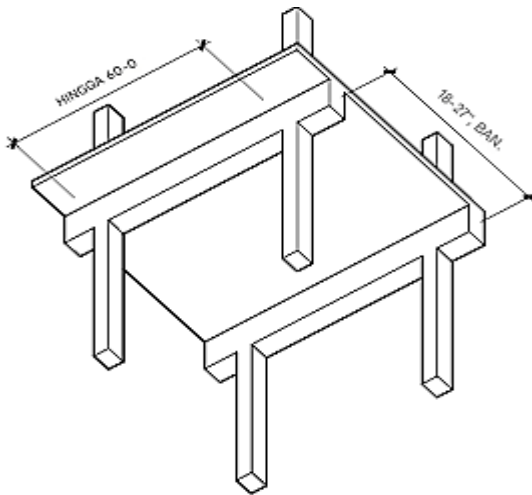
Gambar 2.8 Pelat balok



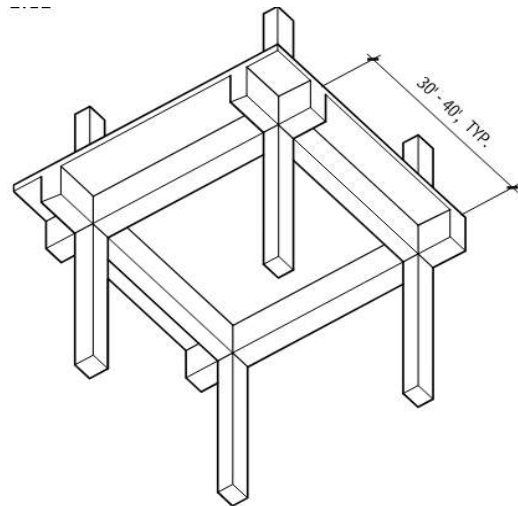
Gambar 2.9 Balokan balok



Gambar 2.10 Lembaran waffle



Gambar 2.11 Slab satu arah



Gambar 2.12 Slab dua arah

Tabel 2.13 Perakitan struktur lantai

		KEDALAMAN PERAKITAN (IN.)	UKURAN ANGGOTA STANDAR (IN.)	BEBAN MATI STRUKTUR (PSF)	RENTANG BEBAN HIDUP YANG SESUAI (PSF)	RENTANG (FT)	STABILITAS DIMENSI YANG DIPENGARUHI OLEH
Balok kayu		7-13	Balok nominal 2 x 6, 8, 10, dan 12	5-8	30-40	Sampai 18	Defleksi
Balok-I dari kayu atau rangka kayu yang dibuat di bengkel		13-21	12, 14, 16, 18, dan 20	6-12	30-40	12-30	Defleksi
Balok kayu dan papan		10-22	Papan nominal 2, 3, dan 4	6-16	30-40	10-22	-

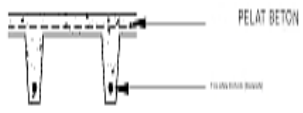
Balok dan papan laminasi lem		8-22	Papan nominal 2, 3, dan 4	6-20	30-40	8-34	-
Balok baja		9-31	Balok baja 8-30	8-20	30-40	16-40	Defleksi
Balok baja		11-75	Balok baja 8-72	30-110	30-100	16-60 (sampai 130)	Defleksi
Rangka baja ringan		7-12	Konsultasikan literatur produsen	6-20	30-60	10-22	-
Rangka baja struktural		9-15	-	35-60	30-100	16-35	Defleksi
Rangka baja struktural		8-16	Struktural Pracetak Beton 16-48 L 4-12 D	40-75	60-150	Hingga 50; umumnya di bawah 35	Defleksi dan creep
Beton pracetak		6-12	Struktural Pracetak Beton 16-48 L 4-12 D	40-75	60-150	Hingga 60; umumnya di bawah 35	Defleksi dan creep
Pelat beton satu arah		4-10	-	50-120	40-150	10-20; lebih banyak dengan post-tensioning	-
Pelat beton dua arah		4-10	-	50-120	40-250	10-20; lebih banyak dengan post-tensioning	-


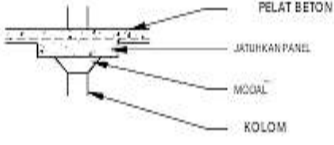

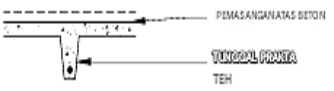
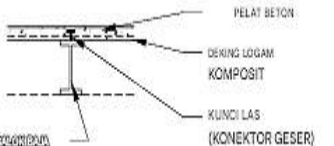

Tabel 2.13 Perakitan struktur lantai (lanjutan)

KARAKTERISTIK UKURAN TELUK	MEMBUTUHKAN PERMUKAAN LANTAI YANG SELESAI	MEMBUTUHKAN PERMUKAAN LANGIT-LANGIT YANG SUDAH SELESAI	SIDANG PLENO PELAYANAN	RESISTENSI PERBANDINGAN TERHADAP TRANSMISI SUARA		PERKATAAN
				DAMPAK	UDARA	
-	Ya	Tujuan visual atau proteksi kebakaran	Antar balok-satu arah	Buruk	Adil	Ekonomis, ringan, mudah dibangun; terbatas pada konstruksi bertingkat rendah
-	Ya	Visual untuk tujuan proteksi kebakaran	Antara rangka dan balok-dua cara	Buruk	Adil	Toleransi dimensi yang ketat;

						pemotongan lubang melalui web diperbolehkan
Jarak sinar maksimum 8"-0"	Opsional	Tidak	Di bawah struktur-satu arah	Buruk	Adil	Paling efisien dengan papan yang terus menerus pada lebih dari satu bentang
-	Opsional	Tidak	Di bawah struktur- satu arah	Buruk	Adil	-
Balok ringan, 16" hingga 30" o.c.; balok berat, 4'-12' o.s.	Ya	Tujuan visual atau proteksi kebakaran	Antara balok-dua cara	Buruk	Buruk	-
Balok ringan, 16" hingga 30" o.c.; balok berat, 4'-12' o.c.	Tidak	Tujuan visual atau proteksi kebakaran	Antara balok-dua cara	Buruk	Adil	Sistem ekonomis; diperlukan penempatan partisi selektif; kantilever sulit
-	Ya	Tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di bawah struktur	Buruk	Buruk	-
-	Tidak	Tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di bawah struktur	Buruk	Adil	-
-	Opsional	Tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di bawah struktur	Buruk	Adil	-
-	Opsional	Tidak	Di bawah struktur	Adil	Adil	-
-	Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Baik	Baik	Terbatas pada bentang pendek karena beban mati yang berlebihan
1.33 W	Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Baik	Baik	Cocok untuk beban terkonsentrasi; penempatan partisi mudah

Tabel 2.13 Perakitan struktur lantai (lanjutan)

		KEDALAMAN PERAKITAN (IN.)	UKURAN ANGGOTA STANDAR (IN.)	BEBAN MATI STRUKTUR (PSF)	SESUAI BEBAN LANGSUNG JARAK (PSF)	JANGKAUAN RENTANG (FT)	DIMENSI STABILITAS DIPENGARUHI OLEH
Pelat beton bergaris satu arah		8-22	Bentuk panci standar 20 dan 30 W, 6-20 D	40-90	40-150	15-50; lebih banyak dengan post-tensioning	Creep

Pelat beton bergaris dua arah		8-22	Bentuk kubah standar 19 x 19, 30 x 30 6-20 D	75-105	60-200	25-60; lebih banyak dengan post-tensioning	Creep
Pelat datar beton		6-16	Ketebalan pelat minimum 5, tanpa panel jatuh; 4 dengan panel jatuh	75-170	60-250	20-40; hingga 70 dengan pasca-ketegangan	Creep
Tee ganda pracetak		8-18	48, 60, 72, 96, dan 120 W 6-16 D	50-80	40-150	20-50	Creep
Kaos pracetak		18-38	16-36 D	50-90	40-150	25-65	Creep
Gabungan		4-6	-	35-70	60-200	Hingga 35	Defleksi
Pelat datar beton		5-14	-	60-175	60-200	18-35; lebih banyak dengan post-tensioning	Creep

Tabel 2.13 Perakitan struktur lantai (lanjutan)

UKURAN TELUK KARAKTERISTIK	MEMBUTUHKAN PERMUKAAN LANTAI YANG SUDAH SELESAI	MEMBUTUHKAN PERMUKAAN LANGIT-LANGIT YANG SUDAH SELESAI	SIDANG PLENO PELAYANAN	RESISTENSI PERBANDINGAN TERHADAP TRANSMISI SUARA		PERKATAAN
				DAMPAK	UDARA	
-	Tidak	Tidak	Antara tulang rusuk-satu arah	Baik	Baik	Ekonomi melalui penggunaan kembali bentuk; geser pada dukungan faktor pengendali
L 1.33 W	Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Baik	Baik	Untuk beban berat, kolom harus berjarak sama; tidak baik untuk kantilever
L 1.33 W	Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Baik	Baik	Panel jatuh terhadap geser diperlukan untuk bentang di atas 12'
-	Opsional	Tujuan visual; camber diferensial	Antara tulang rusuk-satu arah	Adil	Baik	Produk beton prategang yang paling banyak digunakan pada rentang bentang menengah
-	Opsional	Tujuan visual; camber diferensial	Antara tulang rusuk-satu arah	Adil	Baik	Konstruksi mudah; kurang kontinuitas; ketahanan gempa buruk
-	Tidak	Tujuan visual atau proteksi	Di bawah struktur	Baik	Baik	-

		kebakaran				
L 1.33 W	Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Baik	Baik	Ketebalan pelat seragam; ekonomis dalam pembentukan; mudah untuk kantilever

Tabel 2.14 Perbandingan sistem lantai beton

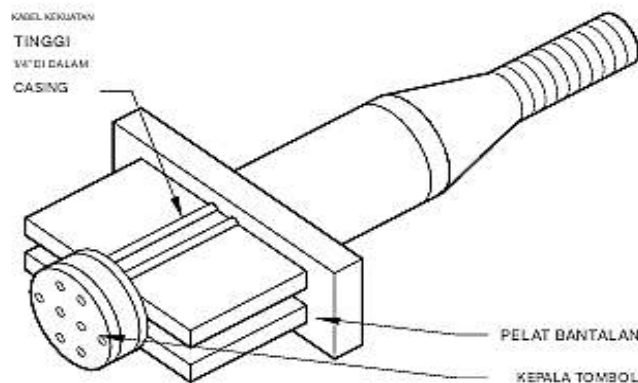
SISTEM LANTAI	KEUNTUNGAN	KEKURANGAN	JENIS BANGUNAN YANG TEPAT	KOMENTAR
Piring datar	Bekisting tidak mahal; langit-langit dapat terbuka; ketebalan minimum; pemasangan cepat; lokasi kolom fleksibel.	Beton berlebih untuk bentang yang lebih panjang; kapasitas geser rendah; lendutan lebih besar.	Hotel, motel, asrama, kondominium, rumah sakit.	Pelat datar paling cocok untuk bentang sedang karena merupakan sistem lantai yang paling ekonomis dan memiliki ketebalan struktur paling rendah. Hindari penetrasi untuk pipa dan saluran melalui pelat di dekat kolom. Balok spandrel mungkin diperlukan.
Lempengan datar	Ekonomis untuk beban desain lebih besar dari 150 psf.	Bekisting itu mahal.	Gudang, bangunan industri, bangunan parkir.	Pelat datar paling umum digunakan saat ini untuk bangunan yang menahan beban yang sangat berat. Bila beban hidup melebihi 150 lb per kaki persegi, skema ini sejauh ini merupakan yang paling ekonomis.
Lempengan berpita	Bentang yang lebih panjang daripada pelat datar; biasanya diberi tegangan pasca-tegang; ketebalan minimum.	Harus menggunakan kembali bekisting berkali-kali agar ekonomis.	Bangunan bertingkat tinggi; kegunaannya sama dengan pelat datar, jika bentuk terbang dapat digunakan lebih dari 10 kali.	Pelat berpita memiliki sebagian besar keuntungan dari pelat datar, tetapi memungkinkan bentang yang lebih panjang dalam satu arah. Pelat ini dapat menahan beban lateral yang lebih besar ke arah balok.
Lempengan balok	Beton dan baja minimum; berat minimum, karenanya ukuran kolom dan pondasi berkurang; bentang panjang dalam satu arah; mengakomodasi sistem kelistrikan yang tembus.	Tidak menarik untuk langit-langit; bekisting mungkin lebih mahal daripada pelat datar.	Sekolah, kantor, gereja, rumah sakit, bangunan umum dan institusional, bangunan dengan beban dan bentang sedang.	Ini adalah skema terbaik jika pelat terlalu panjang untuk pelat datar dan strukturnya tidak terbuka. Ketebalan pelat di antara sambungan ditentukan oleh persyaratan keselamatan kebakaran. Balok paling ekonomis jika balok memiliki kedalaman yang sama dengan balok. Arahkan balok ke arah yang sama di seluruh bangunan dan ke arah memanjang dari rongga persegi panjang yang panjang.
Lewati balok	Menggunakan lebih sedikit beton daripada pelat balok; biaya penempatan tulangan beton lebih rendah; ruang balok digunakan untuk sistem mekanis; memungkinkan lampu dan peralatan disembunyikan di antara balok.	Mirip dengan pelat balok; balok harus dirancang seperti balok; bentuk mungkin memerlukan tatanan khusus.	Sama halnya dengan pelat balok, terutama untuk ketahanan api yang lebih lama.	Pastikan ketersediaan bekisting sebelum menentukan balok loncat. Untuk proyek yang lebih besar, pelat balok loncat harus lebih murah daripada pelat balok, dan memungkinkan lampu dan peralatan tersembunyi di antara balok.
Lempengan wafel	Bentang dua arah yang lebih panjang; langit-langit terbuka yang menarik; kapasitas beban berat.	Bekisting lebih mahal dan menggunakan lebih banyak beton dan baja daripada pelat balok.	Bangunan menonjol dengan struktur langit-langit terbuka; jenis yang sama cocok untuk pelat datar, tetapi dengan bentang yang lebih panjang.	Jarak antar kolom harus merupakan kelipatan jarak bentang untuk memastikan keseragaman panel drop di setiap kolom. Panel drop dapat berbentuk berlian, persegi, atau persegi panjang.
Pelat satu	Rentang panjang	Balok mengganggu	Garasi parkir, terutama	Skema ini paling disukai untuk garasi

arah	dalam satu arah.	layanan mekanis; bentuk yang lebih mahal daripada pelat datar.	dengan pasca-tegang.	parkir, tetapi bentang panjang sekitar 60' harus diberi prategang, kecuali balok cukup dalam. Balok dangkal akan membelok secara berlebihan.
Pelat dua arah	Bentang panjang dalam dua arah; lendutan kecil; dapat memikul beban terpusat.	Sama halnya dengan balok satu arah, hanya saja lebih lebar.	Bagian bangunan di mana rangka balok dua arah dibutuhkan untuk alasan lain; bangunan industri dengan beban terpusat yang berat.	Biaya bekisting yang tinggi dan gangguan struktural pada sistem mekanis membuat skema ini tidak menarik, kecuali jika beban terkonsentrasi yang berat harus dipikul.

Beton Prategang dan Pasca-Tegang

Beton itu sendiri secara inheren kuat terhadap tarikan dan lemah terhadap tekan. Ada dua prosedur yang digunakan untuk menempatkan beton dalam tekan. Prategang baja tulangan terjadi sebelum penempatan beton dan digunakan hampir secara eksklusif dengan beton pracetak. Pasca-tegang adalah tegangan permanen baja tulangan untuk beton cor di tempat.

- ✓ Kekuatan beton biasanya 5000 psi pada 28 hari, dan setidaknya 3000 psi pada saat pasca-tegang. Gunakan agregat batu keras atau beton ringan. Beton campuran dengan kemerosotan rendah diperlukan untuk mengurangi penyusutan. Penyusutan beton setelah pasca-tegang mengurangi perolehan kekuatan.
- ✓ Sistem pasca-tegang dapat dibagi menjadi tiga kategori tergantung pada apakah tendonnya adalah kawat, untai, atau batang. Sistem kawat menggunakan 0,25 inci kawat berdiameter yang memiliki kekuatan minimum 240.000 psi, dan biasanya dipotong sesuai panjang di bengkel. Sistem untai menggunakan tendon (terbuat dari tujuh kawat yang dililitkan bersama) yang memiliki kekuatan minimum 270.000 psi, dan dipotong di lapangan. Sistem batang menggunakan batang dengan diameter mulai dari 5/8 hingga 13/8 inci, dengan kekuatan minimum 145.000 psi, dan dapat berupa batang halus atau cacat. Sistem yang digunakan menentukan jenis jangkar yang digunakan, yang selanjutnya memengaruhi ukuran blok yang diperlukan (di tepi pelat atau balok) agar jangkar dapat ditanamkan.

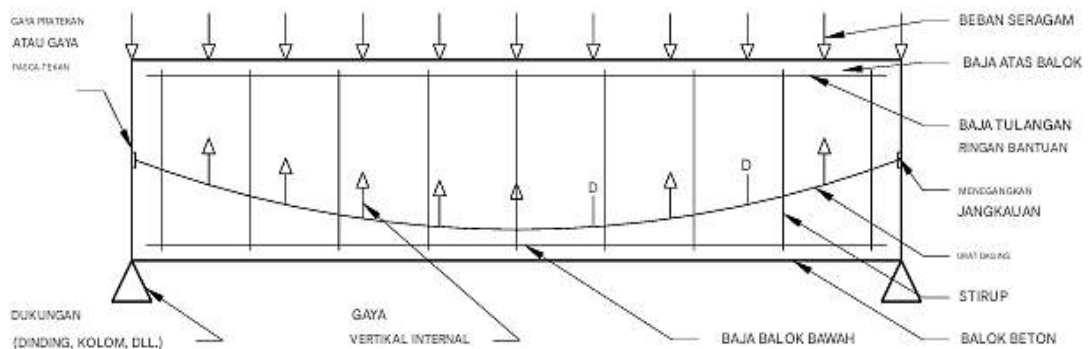


Gambar 2.15 Jangkar pasca-tegang

- ✓ Lumasi dan bungkus tendon, atau tempatkan di saluran, untuk mengurangi kehilangan

gesekan selama operasi pemberian tegangan. Batasi panjang tendon kontinu hingga sekitar 10 ft jika diberi tegangan dari satu ujung. Tendon panjang memerlukan pemberian tegangan simultan dari kedua ujung untuk mengurangi kehilangan gesekan. Tendon dapat diberi grouting setelah pemberian tegangan, atau dibiarkan tidak terikat. Tendon yang terikat memiliki keunggulan struktural yang lebih penting untuk balok dan anggota struktural utama.

- ✓ Rata-rata minimum pasca-ketegangan (gaya bersih per area beton) sama dengan 150 hingga 250 psi untuk pelat datar dan 200 hingga 500 psi untuk balok. Melebihi nilai-nilai ini secara signifikan menyebabkan kehilangan pasca-ketegangan yang berlebihan karena merayap.



Gambar 2.16 Balok pratekan atau pasca-tekan

- ✓ Pemeriksaan lapangan beton pasca-tegang sangat penting untuk memastikan ukuran dan lokasi tendon yang tepat, dan untuk memantau tegangan tendon. Periksa tegangan tendon dengan mengukur perpanjangan tendon dan dengan memantau tekanan pengukur pada dongkrak penegang.
- ✓ Buat ketentuan untuk pemendekan balok dan pelat pasca-tegang yang disebabkan oleh kompresi elastis, penyusutan, dan rangkak. Setelah pasca-tegang selesai, buat dinding geser, dinding gorden, atau elemen kaku lainnya yang menempel pada anggota pasca-tegang dan pisahkan dengan sambungan ekspansi. Jika tidak, gaya pasca-tegang tambahan akan diperlukan untuk mengatasi kekakuan dinding dan mencegah retak.
- ✓ Uji api telah dilakukan pada rakitan balok dan pelat prategang menurut ASTM E 119, "Metode Uji Standar untuk Uji Api Konstruksi dan Material Bangunan," prosedur pengujian. Mereka sebanding dengan beton bertulang cor di tempat. Ada sedikit perbedaan antara balok yang menggunakan tendon yang diberi grouting dan balok yang menggunakan tendon yang tidak diberi grouting.

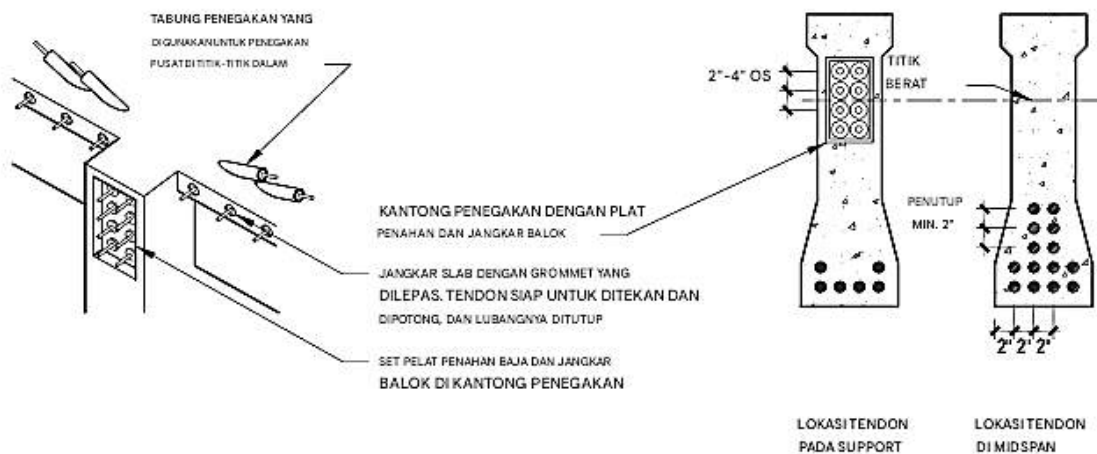
Lihat referensi berikut:

- Post-Tensioning Institute, *Post-Tensioning Manual*.
- Precast/Prestressed Concrete Institute, *PCI Design Handbook - Precast and Prestressed Concrete*.

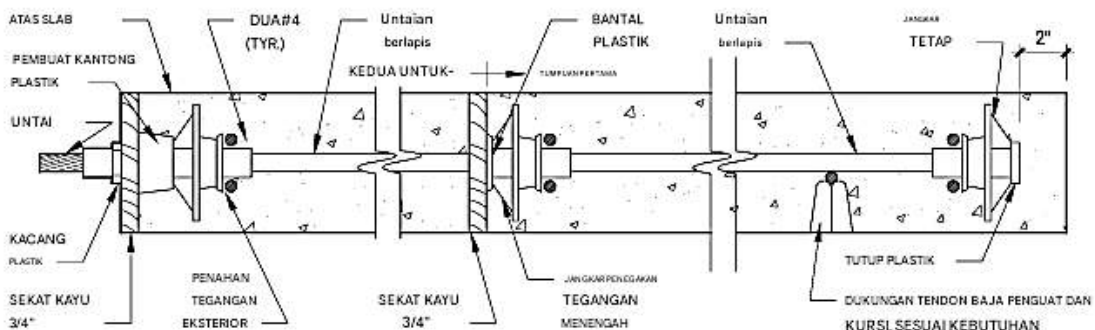
- *Design of Prestressed Concrete Structures*, 1981, T.Y. Lin dan Ned H. Burns, Wiley
- American Concrete Institute, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary* (ACI-318)

Saat bekerja dengan balok prategang atau pascategang, ingatlah hal berikut:

- Gaya prategang memampatkan seluruh penampang balok, sehingga mengurangi retak tarik yang tidak diinginkan.
- Tegangan permanen dimasukkan ke tendon dan "dikunci" dengan jangkar tegangan dengan salah satu dari dua cara, meskipun prinsip dalam kedua kasus tersebut sama. Pada beton prategang, tendon diperpanjang di tempat tidur tegangan sebelum beton dituang. Pada beton pasca-tegang, tendon diperpanjang setelah beton dituang dan dibiarkan mengeras dengan menggunakan dongkrak hidrolik yang mendorong balok itu sendiri. Balok pasca-tegang memungkinkan pengecoran di lokasi untuk anggota yang terlalu besar atau berat untuk diangkut dari pabrik ke lokasi.



Gambar 2.17 Balok dan pelat beton pasca-tegang

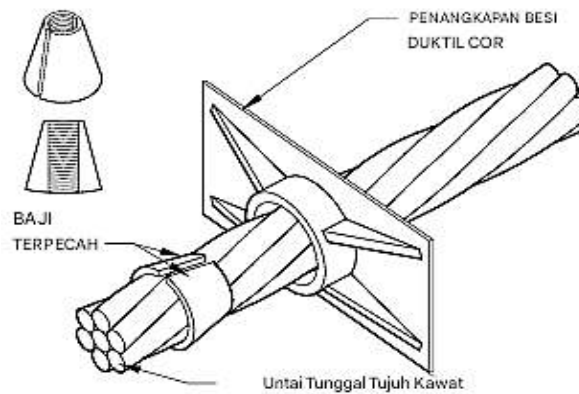


Gambar 2.18 Pemasangan tendon single-strand yang tak terikat pada slab

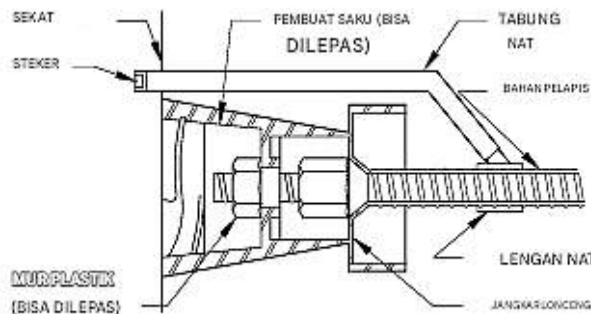
- Gaya vertikal internal di dalam balok dibuat dengan menerapkan tegangan pada tendon, yang membuat tendon mulai "lurus". Tegangan mengurangi defleksi balok ke

bawah dan memungkinkan balok yang lebih dangkal dan bentang yang lebih panjang daripada balok yang diperkuat secara konvensional.

- Baja tulangan tambahan memberikan kekuatan tambahan, dan mengendalikan retak serta menghasilkan perilaku yang lebih daktail.
- Gunakan sengkang untuk memberikan kekuatan geser tambahan pada balok dan untuk menopang tendon dan baja tulangan longitudinal. Sengkang harus terbuka di bagian atas agar tulangan dapat ditempatkan sebelum tendon dipasang. Setelah tendon ditempatkan, "jepit rambut" yang menutup sengkang dapat digunakan, jika diperlukan.



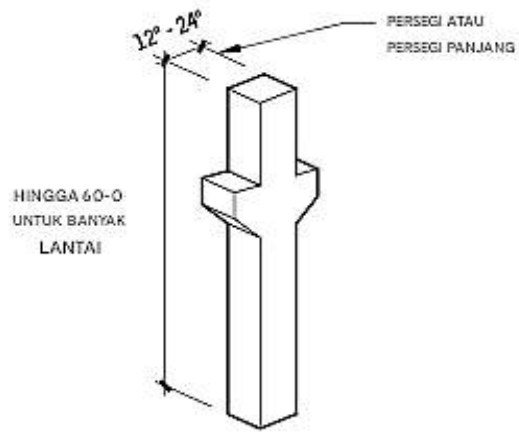
Gambar 2.19 Penahan tendon utas tunggal yang tak terikat



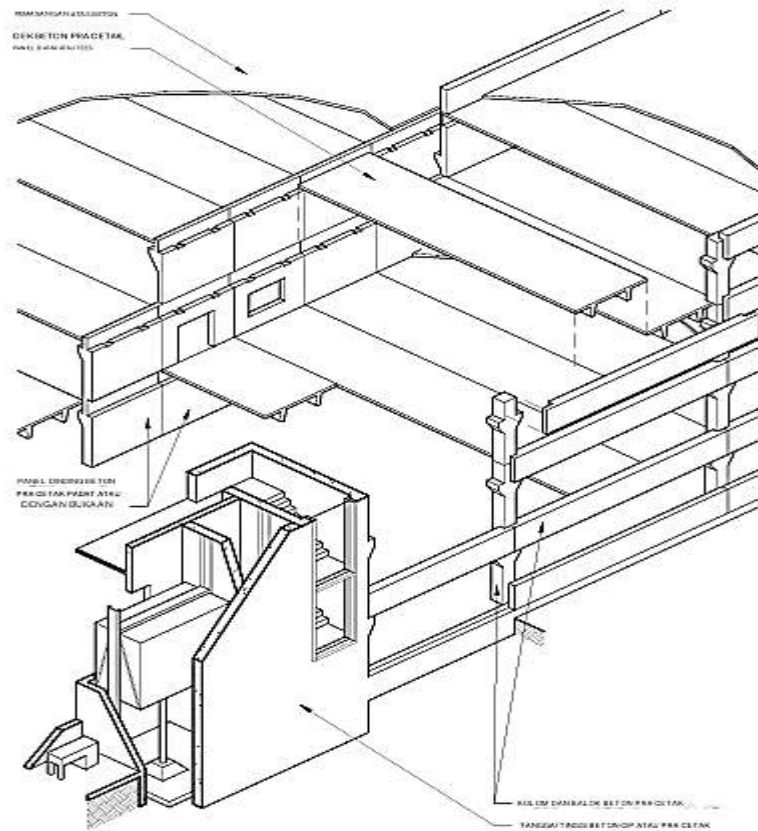
Gambar 2.20 Batang benang natakan anchorage

Rangka Beton Pra Cetak

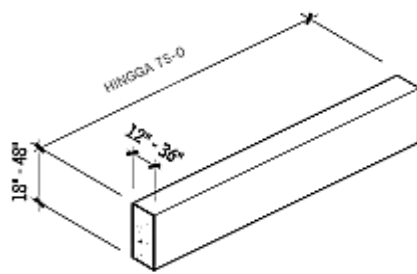
Sistem rangka beton pracetak ideal untuk rangka struktural yang sangat berulang seperti garasi parkir dan bangunan hotel/apartemen/asrama. Anggota beton pracetak dapat berupa beton struktural pracetak atau beton arsitektur pracetak di lokasi yang terbuka. Perincian sambungan untuk estetika dan untuk melindungi anggota baja yang tertanam dari korosi sangatlah penting. Biasanya, sambungan yang dilas atau dibaut diberi grouting setelah penyesuaian akhir dan penjangkaran. Penggunaan dinding geser di kedua arah merupakan metode yang paling umum untuk menahan beban lateral. Inti tangga/lift dan pemisah unit hunian juga dapat berfungsi sebagai dinding geser.



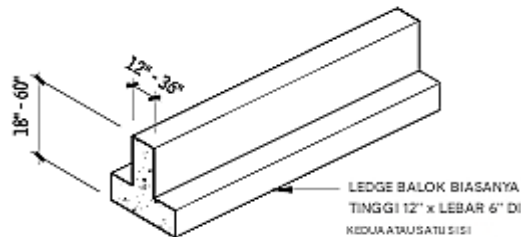
Gambar 2.21 Kolom beton pra cetak



Gambar 2.22 Rangka beton pra cetak

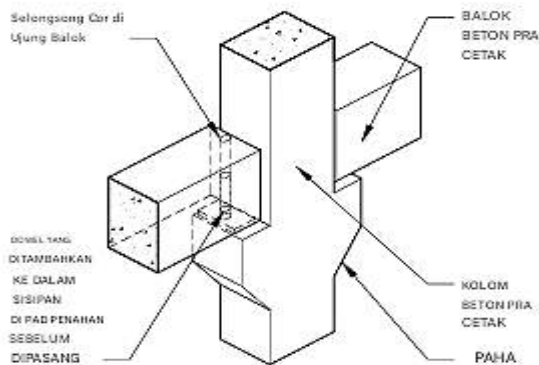


BALOK BETON PRA CETAK

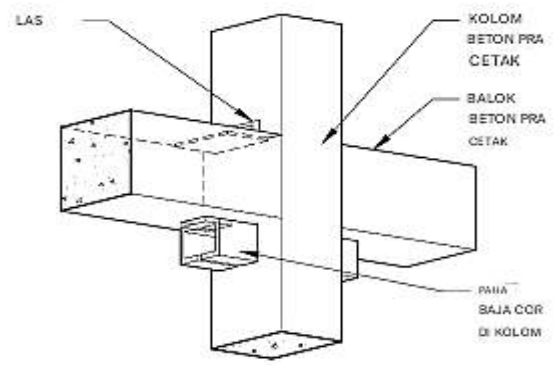


GIRDER BETON PRA CETAK

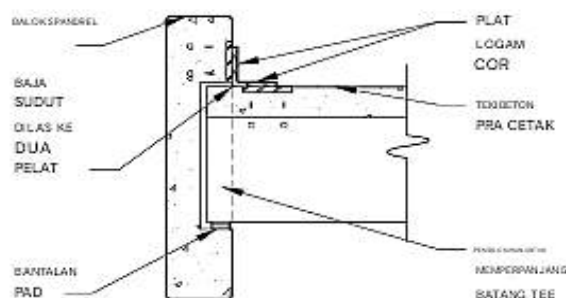
Gambar 2.23 Balok dan girder beton pra cetak



Gambar 2.24 Sambungan balok-kolom dengan paku



Gambar 2.25 Sambungan balok ke kolom panjang

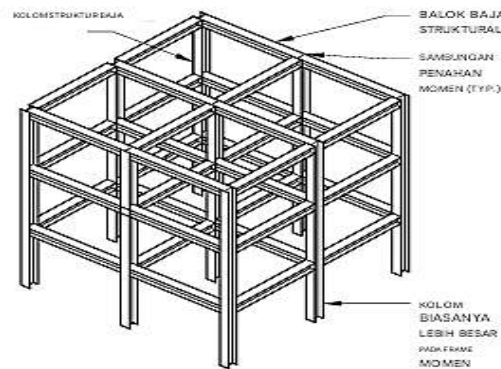


Gambar 2.26 Sambungan spandrel

Rangka Baja Struktural Rangka Penahan Momen

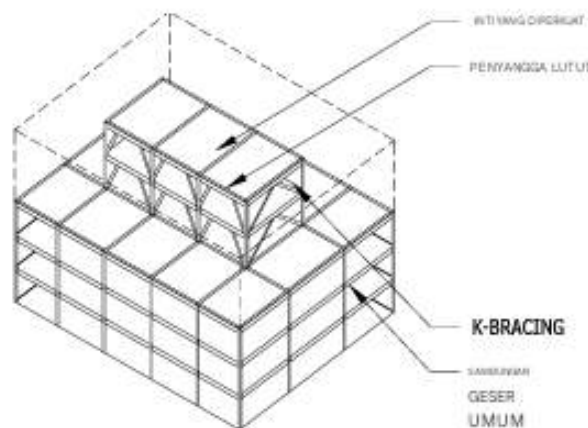
Stabilitas lateral rangka penahan momen dan ketahanan terhadap gaya angin dan seismik bergantung pada sambungan balok dan kolom yang tetap. Sambungan penahan

momen tercapai saat flensa atas dan bawah setiap balok dilas ke flensa kolom penghubung dengan las berkedalaman penuh. Dengan mengelas langsung rangka balok ke flensa kolom, reaksi horizontal balok terhadap gaya angin ditransfer ke kolom. (Sambungan menggunakan sudut rangka dan baut berkekuatan tinggi juga diizinkan.) Lantai bangunan dirancang untuk bertindak sebagai diafragma yang menghubungkan semua kolom dan balok, yang memungkinkan bangunan bereaksi sebagai satu kesatuan.



Gambar 2.27 Rangka penahan momen

Rangka penahan momen tidak ekonomis pada bangunan baja tinggi karena gaya lateral yang lebih besar pada struktur tersebut dapat ditangani lebih efisien oleh anggota diagonal kompresi dan tegangan, seperti yang ditemukan pada rangka yang dikencangkan. Untuk menghemat biaya, seringkali lantai atas bangunan dengan rangka yang diperkuat menggunakan sambungan balok-kolom penahan momen untuk menahan beban angin.

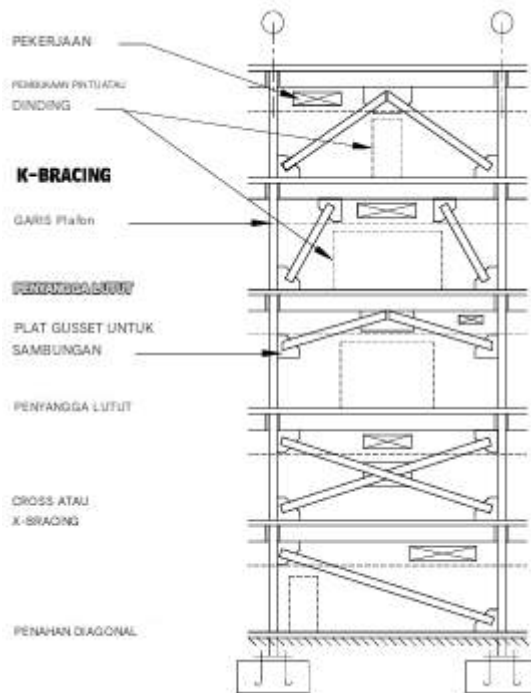


Gambar 2.28 Inti yang diperkuat

Dalam sistem inti yang diperkuat, dinding di sekitar poros lift dan tangga dirancang untuk bertindak sebagai rangka vertikal yang menjorok ke atas dari fondasi. Tali setiap rangka adalah kolom bangunan; balok lantai bertindak sebagai pengikat. Diagonal yang ditempatkan dalam pola K (kadang-kadang, dalam pola X) melengkapi rangka. Sistem yang menggunakan penahan lutut digunakan di daerah seismik karena kemampuannya yang lebih besar untuk

menghilangkan energi gempa. Sistem inti yang diperkuat dapat digunakan secara efisien di gedung satu lantai, serta di gedung lebih dari 50 lantai. Berikut ini adalah karakteristik dan prinsip yang perlu diingat saat bekerja dengan rangka baja struktural:

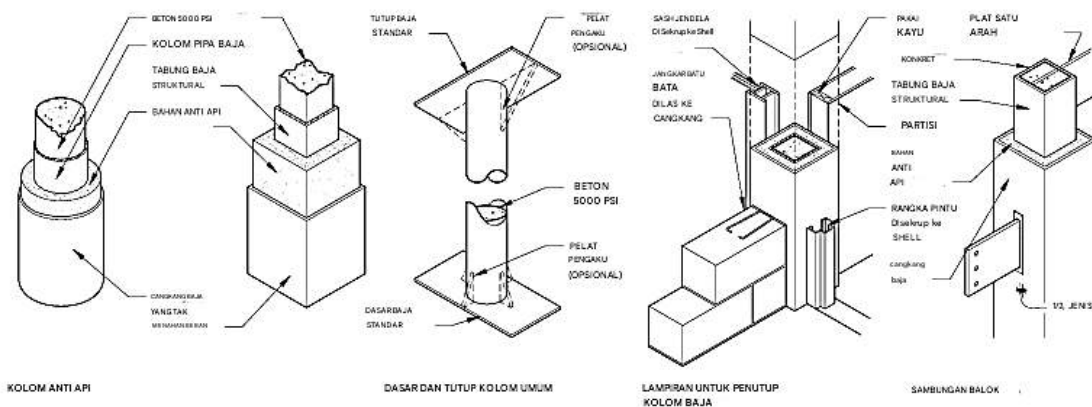
- Kekuatan baja yang tinggi memungkinkan konstruksi ekonomis untuk ruang struktural yang relatif besar.
- Elemen rangka utama biasanya berupa bagian berbentuk W, atau bagian struktural berongga berbentuk bulat, persegi, dan persegi panjang. Sudut atau saluran dapat digunakan untuk ekspresi arsitektur.
- Kode bangunan mengharuskan perlindungan baja dari kebakaran, kecuali untuk bangunan kecil atau bertingkat rendah di beberapa hunian dengan bahaya rendah.
- Beban horizontal dari angin dan gempa harus ditahan, biasanya dengan penyangga diagonal, sambungan momen, atau dinding geser.
- Rangka momen memungkinkan fleksibilitas denah lantai maksimum, tetapi biasanya menambah berat dan biaya rangka baja struktural.
- Rangka yang diberi penyangga hemat biaya, tetapi mengganggu denah lantai jika tidak ditempatkan dengan hati-hati di sekitar elemen inti yang umum seperti tangga, poros, dan kamar toilet. Penyangga biasanya disediakan oleh sudut atau bentuk W, serta bentuk struktural berongga. Batang dan kabel dapat digunakan untuk ekspresi arsitektur.
- Dinding geser, biasanya di sekitar poros untuk tangga, saluran, dan lift, dapat menjadi opsi desain beban lateral yang efektif. Dinding geser dapat dibangun dari pelat baja, beton, atau CMU yang diperkuat. Minimalkan bukaan di dinding geser untuk pintu dan layanan.
- Mungkin efektif untuk mencampur berbagai metode pengekangan lateral. Untuk bangunan yang panjang dan sempit, penahan pada arah pendek dengan rangka momen pada arah panjang mungkin efektif.
- Dek lantai atau atap biasanya dirancang untuk bertindak sebagai diafragma guna menyalurkan beban ke elemen pengekangan lateral. Struktur tanpa dek yang mampu menyalurkan beban (seperti kisi-kisi batang atau atap logam) mungkin memerlukan penahan diagonal di rangka lantai atau atap.
- Balok baja jaring terbuka dapat digunakan dalam rangka utama baja struktural demi penghematan.



Gambar 2.29 Diagram penguat

Kolom Baja Tahan Api Pabrikasi

Kolom baja tahan api fabrikasi (kolom lally) adalah unit struktural yang terdiri dari kolom baja penahan beban yang diisi dengan beton. Ini menciptakan kolom dengan kapasitas menahan beban yang lebih besar dalam ruang yang tidak lebih besar dari kolom standar. Kolom lally memiliki karakteristik tahan api ketika lapisan bahan tahan api membungkus kolom struktural. Peringkat ketahanan api biasanya berkisar antara dua hingga empat jam.



Gambar 2.30 Kolom baja tahan api fabrikasi

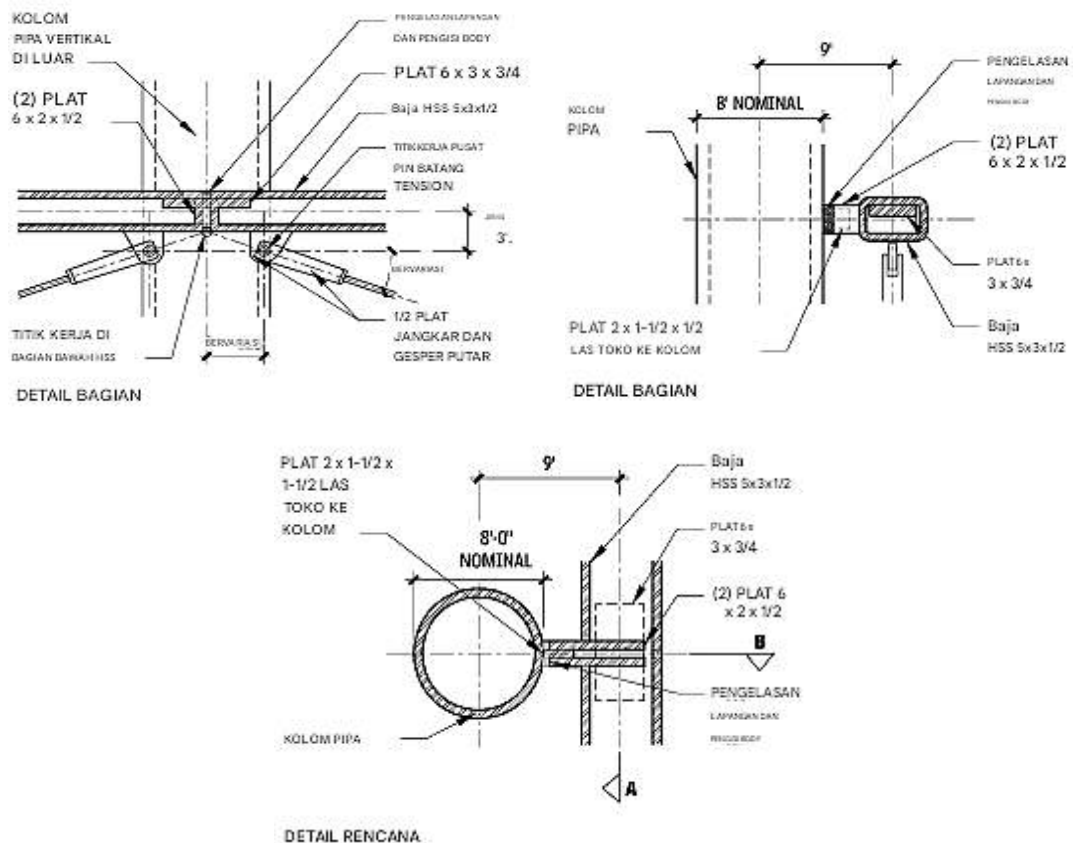
Rangka Baja Struktural yang Terpapar Secara Arsitektur

Karakteristik dan prinsip yang perlu diingat saat bekerja dengan baja struktural yang terekspos secara arsitektural (AESS) meliputi hal berikut:

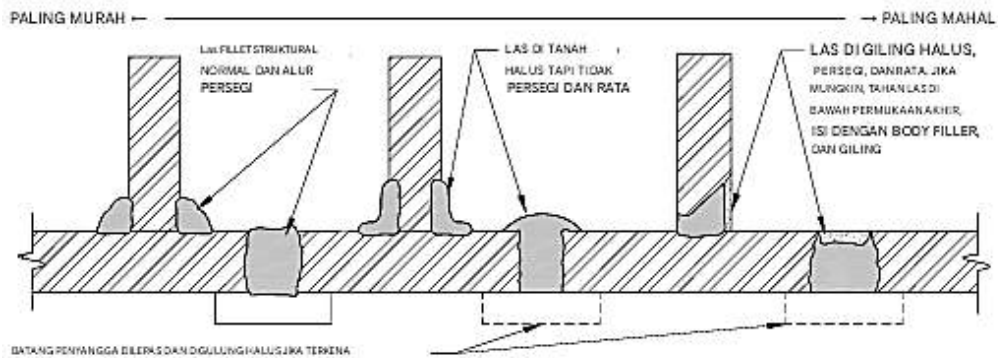
- AESS adalah superstruktur baja struktural, yang menopang semua atau sebagian bangunan, yang dibiarkan terekspos dalam hasil akhir. Melalui tata letak dan perincian,

AESS dimaksudkan untuk berkontribusi pada ekspresi arsitektur.

- Tantangan untuk keberhasilan penggunaan AESS adalah untuk secara jelas menentukan dan merinci tingkat kualitas yang dibutuhkan, yang secara substansial melampaui persyaratan untuk baja struktural normal. Area perhatian utama adalah kualitas penyelesaian masing-masing anggota, kualitas metode penyambungan anggota (terutama las), dan toleransi hasil akhir.
- AESS sering kali menggabungkan berbagai anggota tegangan yang dibuat dari baja tahan karat dan perlengkapan khusus.
- AESS mungkin memerlukan proteksi kebakaran khusus, seperti lapisan intumescent atau sistem penyiram banjir.
- Demi penghematan, ada baiknya untuk mengidentifikasi dengan cermat bagian mana dari AESS yang akan dilihat dari dekat dibandingkan bagian yang lebih jauh. Carilah cacat, las, dan sambungan pada sisi rakitan yang jauh dari pandangan, demi penghematan.



Gambar 2.31 Koneksi aess

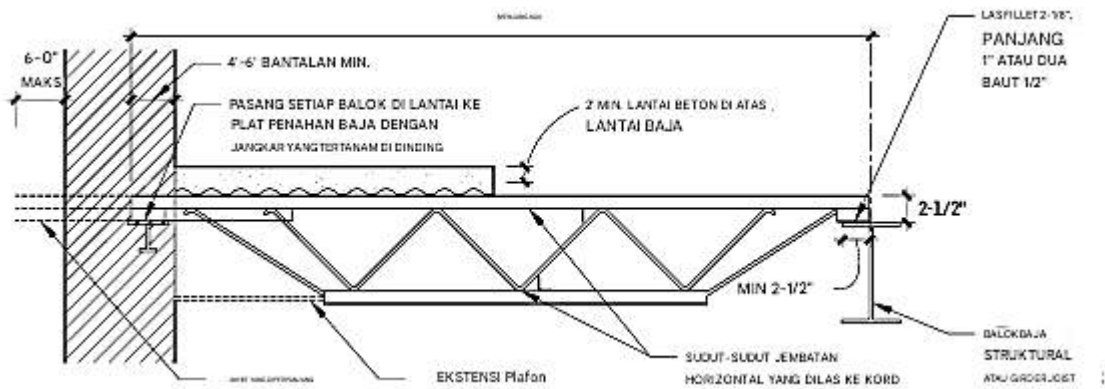


Gambar 2.32 Las aess

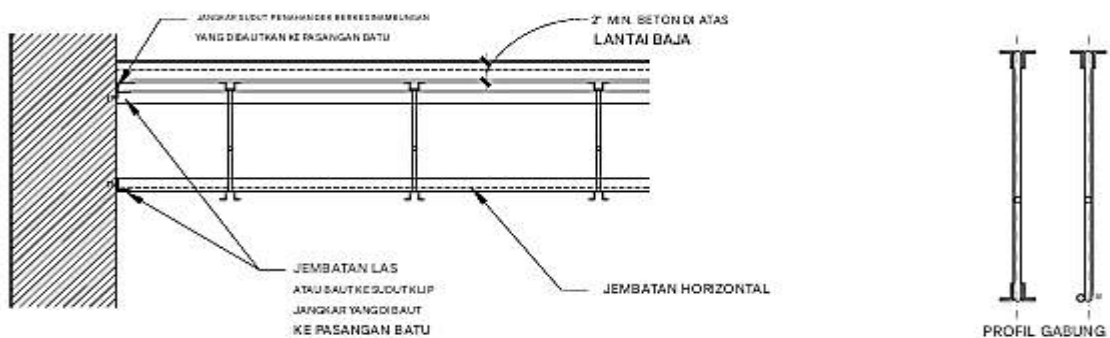
Rangka Lantai Balok Baja

Pertimbangan desain rangka lantai balok baja harus mencakup:

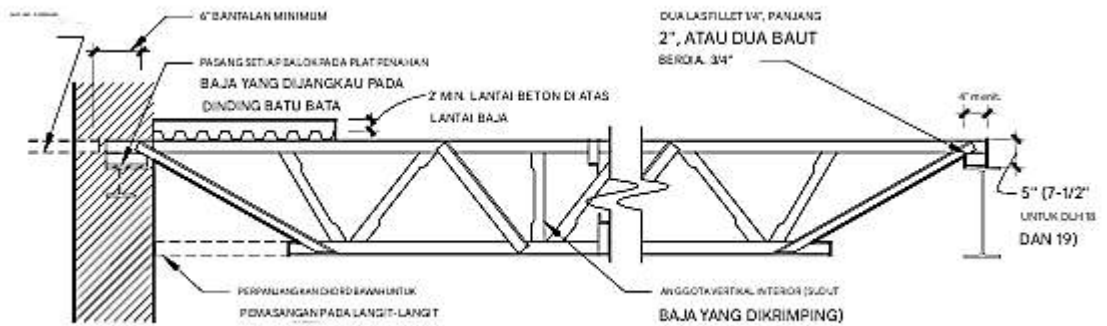
- *Langit-langit*: Penyangga langit-langit dapat digantung dari atau dipasang langsung ke tali bawah balok. Sistem gantung direkomendasikan, karena adanya variasi dimensi pada kedalaman balok yang sebenarnya.
- *Konstruksi lantai*: Balok biasanya ditutupi oleh beton setebal 2-1/2 hingga 3 inci pada dek baja. Ketebalan beton dapat ditingkatkan untuk mengakomodasi saluran listrik atau saluran listrik/komunikasi. Beton pracetak, papan gipsum, atau kayu lapis juga dapat digunakan untuk sistem lantai.
- *Getaran*: Getaran yang tidak diinginkan dapat terjadi pada balok web terbuka dan 2-1/2 inci. desain pelat beton untuk area lantai terbuka pada bentang antara 20 dan 40 kaki, khususnya pada 28 ft. Ketika area lantai tidak dapat memiliki partisi, getaran yang tidak diinginkan dapat dicegah atau dikurangi dengan menambah ketebalan pelat atau memodifikasi bentang balok. Perhatian juga harus diberikan pada dukungan untuk balok rangka, yang dapat memperbesar masalah getaran ketika tidak didukung.
- *Bukaan pada sistem lantai atau atap*: Bukaan kecil di antara balok dibingkai dengan sudut atau saluran yang ditopang pada dua balok yang berdampingan. Bukaan yang lebih besar yang memerlukan interupsi balok dibingkai dengan sudut baja atau taju saluran.
- *Kemampuan beradaptasi*: Lebih sulit untuk mengubah balok, menambahkan bukaan, atau mengubah beban daripada dengan rangka baja struktural.
- *Tahan api*: Menerapkan tahan api pada balok lebih sulit dan mahal daripada pada baja struktural.



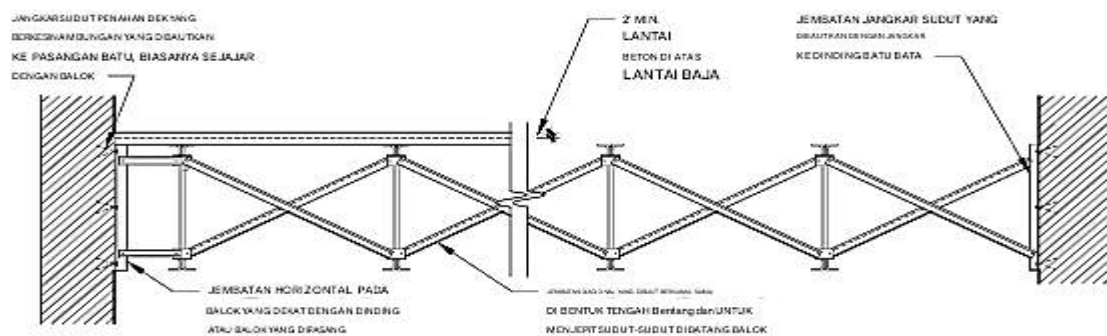
Gambar 2.33 Bagian-bagian jaringan terbuka baja joist bearing



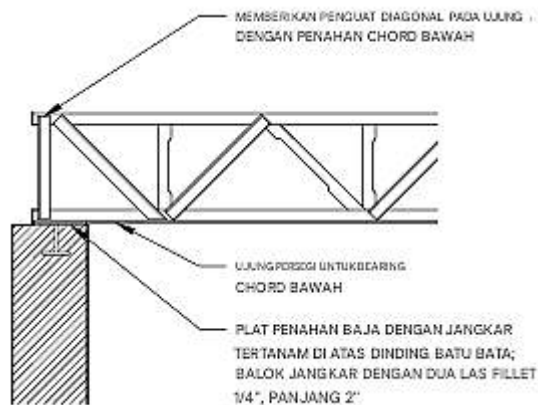
Gambar 2.34 Bagian-bagian baja jaringan terbuka



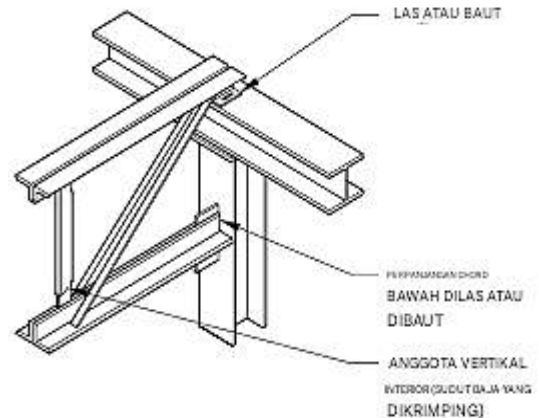
Gambar 3.35 Bagian-bagian baja balok baja bentuk panjang



Gambar 2.36 Balok baja bentuk panjang seluruh bagian



Gambar 2.37 Bearing chord bawah di ujung persegi



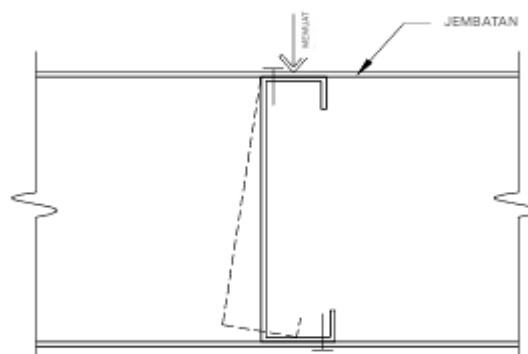
Gambar 2.38 Detail perpanjangan chord bawah

Rangka Lantai Balok Lantai Logam yang Dibentuk Dingin

Rangka lantai baja yang dibentuk dingin (CFS) menggunakan anggota berbentuk C yang digulung dingin dari lembaran baja. Rangka CFS ditata mirip dengan rangka lantai balok kayu tradisional. Hasil akhir dapat berupa lapisan galvanis celup panas atau cat dasar di bengkel. Pengikatan biasanya menggunakan pengeboran sendiri, sekrup sadap sendiri, atau las.

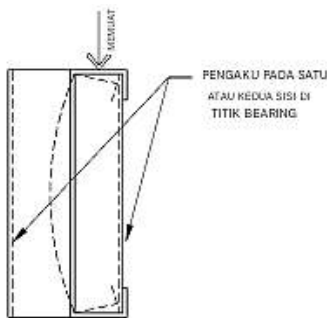
Rekayasa akhir rangka CFS biasanya disediakan oleh insinyur struktur yang disewa oleh kontraktor pemasangan, berdasarkan spesifikasi kinerja yang disiapkan oleh arsitek dan insinyur struktur proyek. Metode pengiriman ini, yang dikenal sebagai desain yang didelegasikan, memungkinkan pengoptimalan desain sistem CFS. Karakteristik rangka CFS bervariasi menurut pabrikan.

Berdasarkan penyelidikan awal dan persyaratan desain proyek lainnya, profesional desain dapat memilih karakteristik balok tertentu, misalnya kedalaman atau jarak minimum. Insinyur pemasang kemudian akan memilih balok tertentu yang sesuai dengan karakteristik desain yang juga memenuhi kriteria kinerja struktural, termasuk kekuatan luluh (33 atau 50 ksi), ukuran balok, dan lebar flensa. Balok tepi CFS, pelat, dan rangka lainnya mungkin memerlukan isolasi berkelanjutan di luar elemen CFS, untuk mengurangi jembatan termal dan mematuhi kode energi.

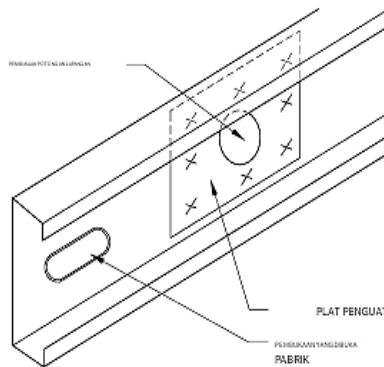


Gambar 2.39 Menjembatani

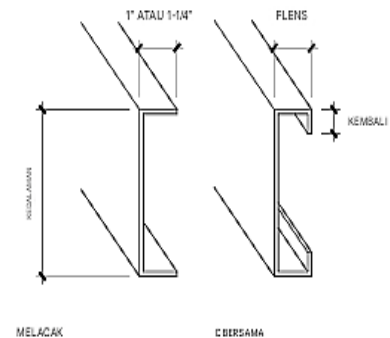
Balok dapat terpuntir di bawah beban. Penguatan flens atas dan bawah diperlukan pada sekitar 1/3 titik atau 6 hingga 8 ft di tengah, tergantung pada desain akhir. Jembatan biasanya berupa tali pengikat atas dan bawah yang berkesinambungan dengan pemblokiran padat di ujung-ujungnya, dan diberi jarak secara berkala. Selubung struktural atau dek dapat mengurangi sebagian atau seluruh jembatan.



Gambar 2.40 Pengaku web



Gambar 2.41 Pembukaan



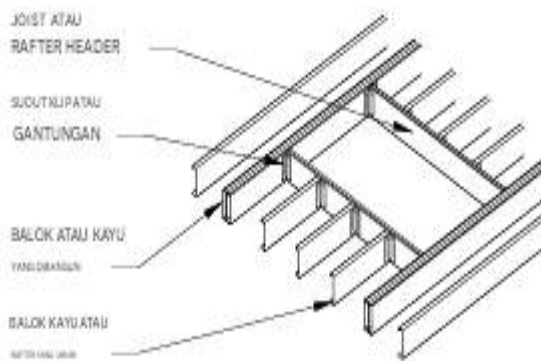
Gambar 2.42 Balotan logam yang dibentuk dingin

Beban titik pada titik tumpu atau dari beban yang diberikan dapat menyebabkan fender hancur atau lipatan rangka. Pengaku dari potongan pendek balok vertikal, balok yang disambung, atau sudut yang dipasang pada jalur pelek mungkin diperlukan, sebagaimana ditentukan oleh rekayasa akhir.

Balok mungkin dibuat di pabrik, dengan bukaan sekitar 1-1/2 x 4 inci pada 24 inci di bagian tengah, meskipun ini akan bervariasi menurut produsen. Bukaan tambahan, umumnya tidak lebih besar dari setengah kedalaman balok, dapat ditambahkan jika dianalisis secara individual selama rekayasa akhir. Pelat penguat mungkin diperlukan. Kedalaman Umum: 6, 7¼, 8, 9¼, 10, 11½, 12, 14, dan 16 inci, hubungi produsen untuk ukuran yang tersedia.

Panjang hingga 60 ft.

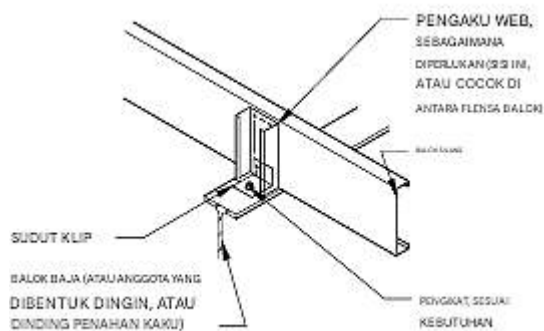
Flange (Inci)	Kembali (Inci)
1 3/8	5/16 hingga 3/8
1 5/8	1/2 hingga 9/16
2 atau 2 1/2	9/16 hingga 11/16
3 atau 3 1/2	1



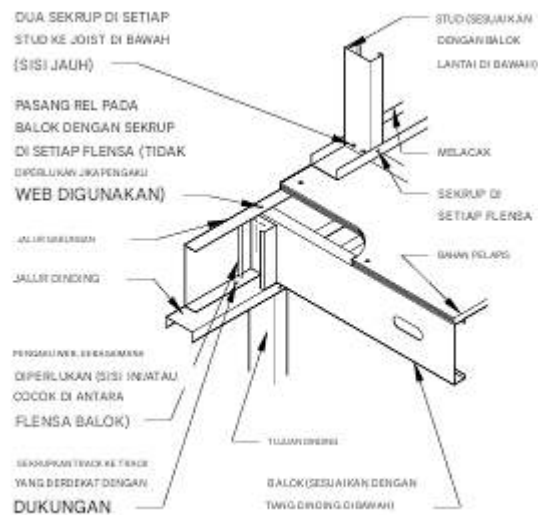
Gambar 2.43 Pembingkai bukaan lantai



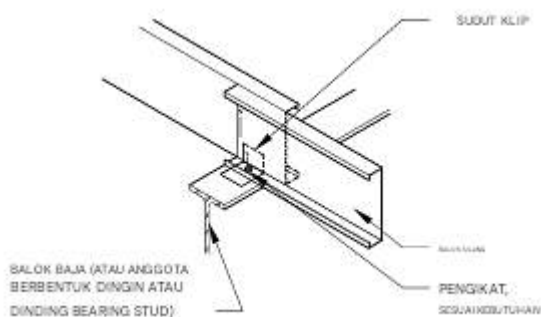
Gambar 2.44 Balok lantai pada dinding yang bersambung



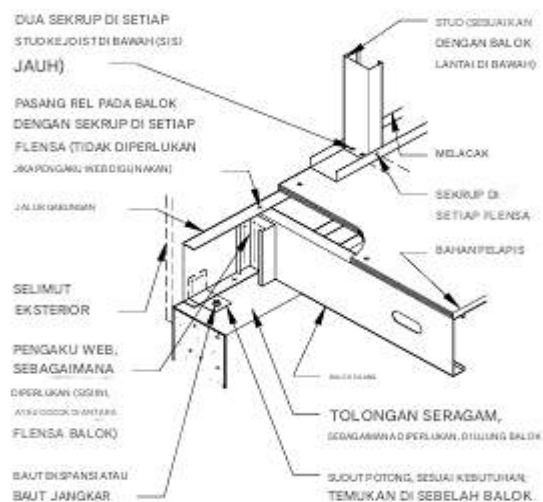
Gambar 2.45 Balok di atas balok atau dinding penahan (rentang terus-menerus)



Gambar 2.46 Pembangunan lantai di dinding luar



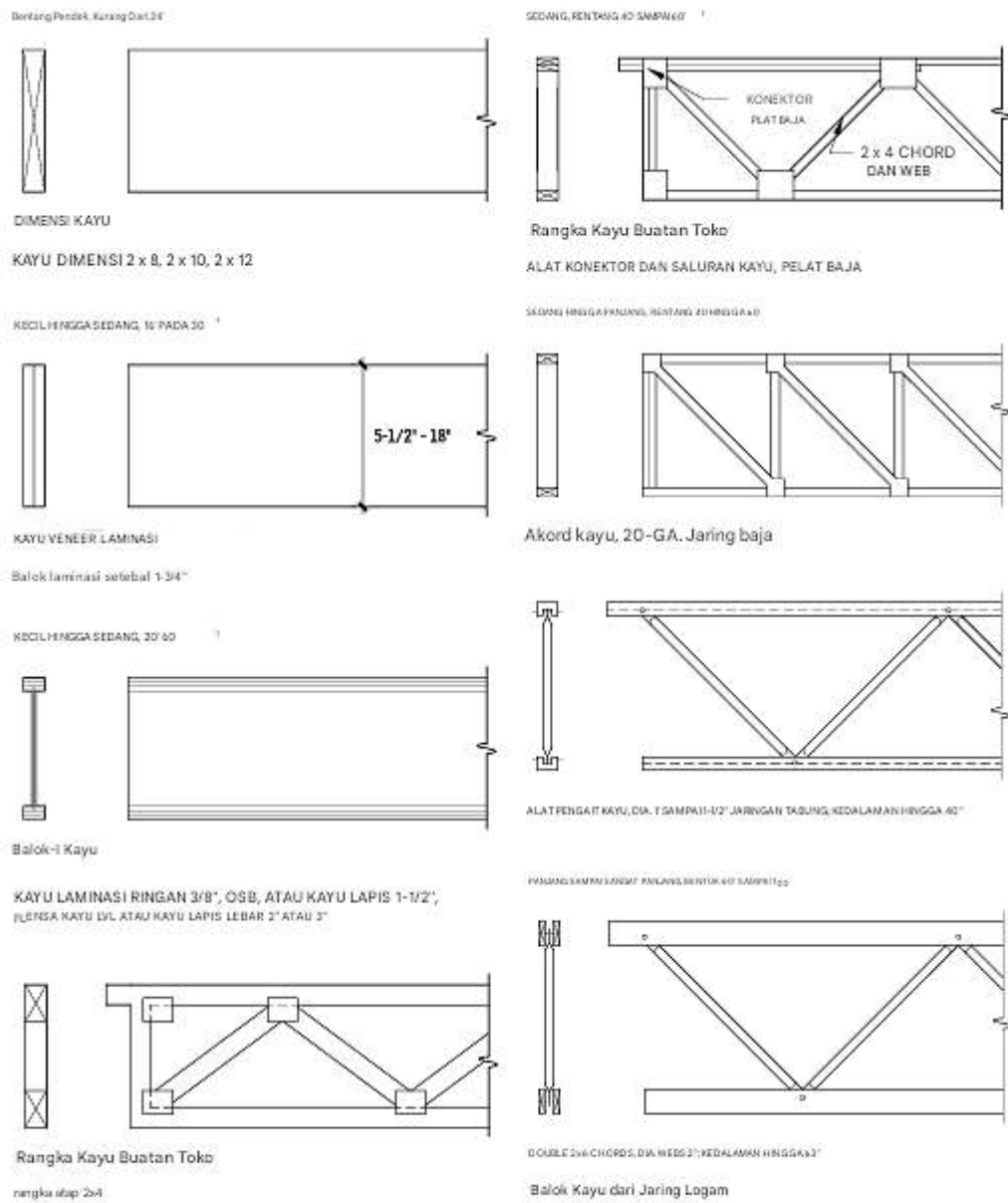
Gambar 2.47 Balok lantai yang didukung oleh balok atau dinding penahan (tumpang)



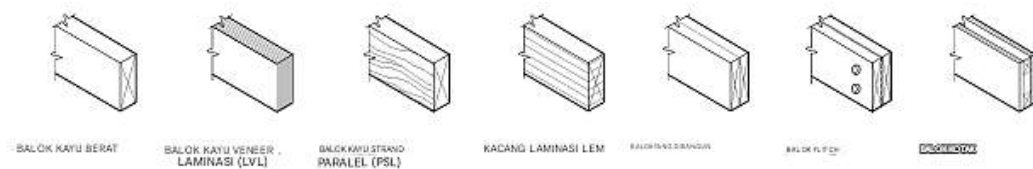
Gambar 2.48 Balok lantai yang berbantal pada pondasi

Pembangunan Lantai Kayu

Bagian ini membahas penggunaan kayu dalam perakitan rangka lantai.



Gambar 2.49 Anggota pembangunan lantai kayu



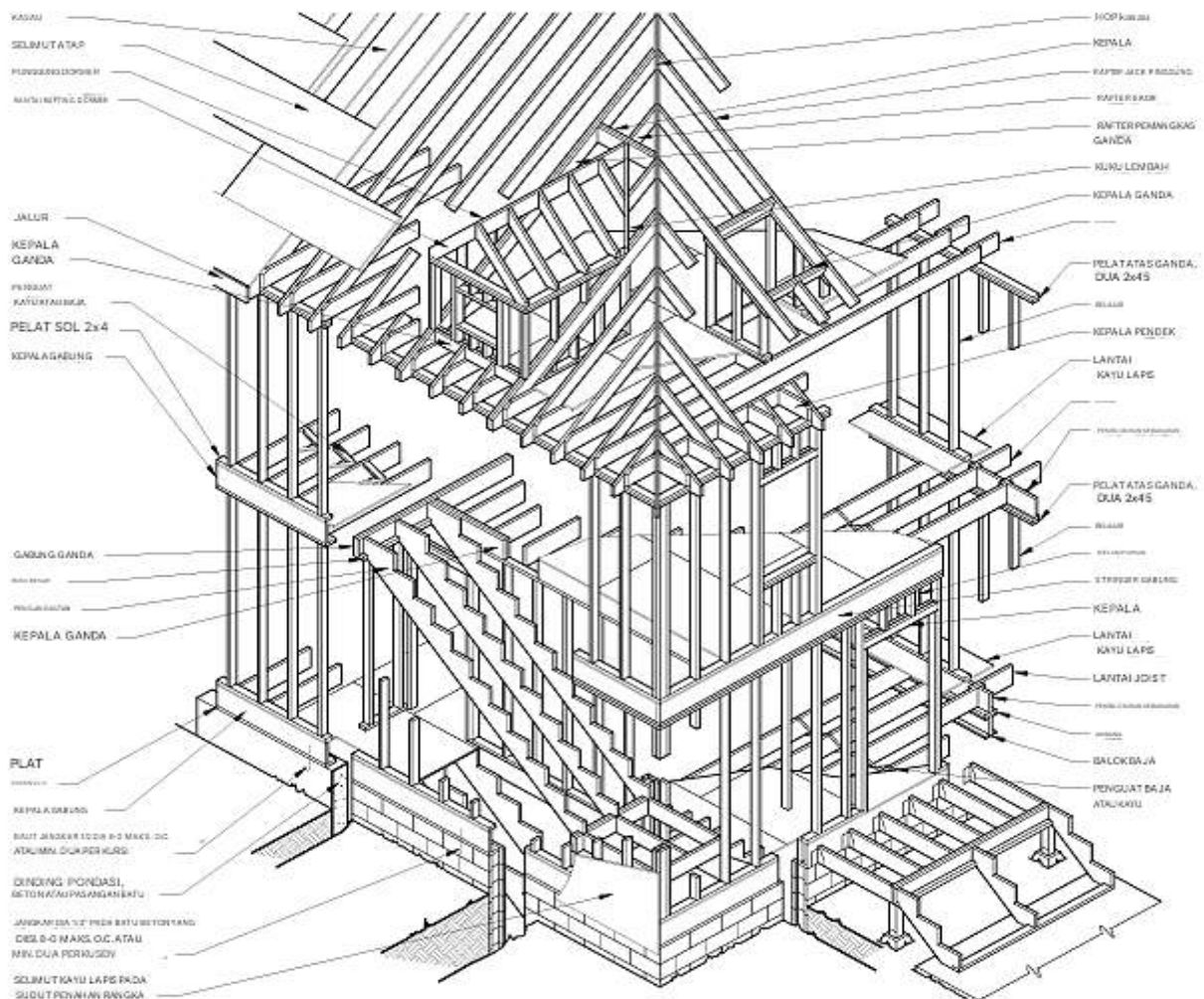
Gambar 2.50 Balok kayu rangka lantai

Rangka Kayu Barat atau Platform

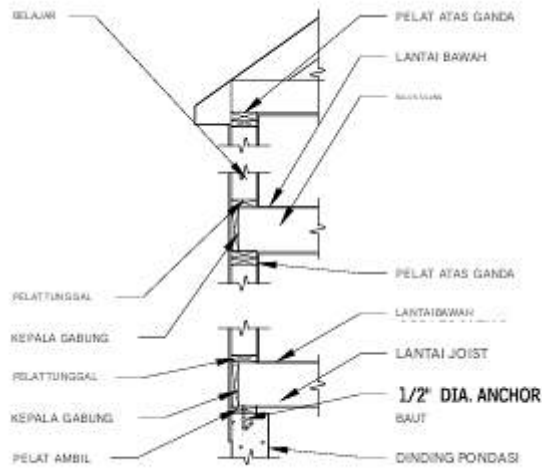
Sebelum bangunan atas didirikan, rangka lantai pertama dan sublantai diletakkan, membuat platform tempat dinding dan partisi dapat dirakit dan dimiringkan ke tempatnya.

Karena rangka lantai dan rangka dinding tidak saling mengunci, selubung yang memadai harus berfungsi sebagai penahan dan memberikan ketahanan lateral yang diperlukan. Jika diperlukan untuk kekakuan atau penahan tambahan, pengikat logam, atau 1×4 dapat dimasukkan ke permukaan luar tiang pada sudut 45° , diamankan di bagian atas, bawah, dan ke tiang. Proses ini diulang untuk setiap lantai bangunan.

Jembatan dapat dihilangkan jika lantai dipaku dengan cukup ke balok. Namun, jika rasio kedalaman-ke-ketebalan nominal balok melebihi 6, jembatan akan dipasang pada interval 8-kaki-0-inci. Kode bangunan dapat mengizinkan penghilangan jembatan dalam kondisi tertentu. Jembatan baja tersedia. Beberapa jenis tidak memerlukan paku. Untuk penghentian api, semua ruang tersembunyi dalam rangka, kecuali area di sekitar cerobong asap, harus dilengkapi dengan penghalang 2 inci yang diatur untuk mencegah aliran udara antarruang. Rangka platform pada dasarnya telah menggantikan rangka balon. Rangka balon dengan tiang yang terus menerus dari ambang kayu ke pelat atas jarang digunakan, kecuali di lokasi khusus (seperti ruang dua lantai, di tembok pembatas, dan situasi serupa di mana kantilever struktural dinding diperlukan).

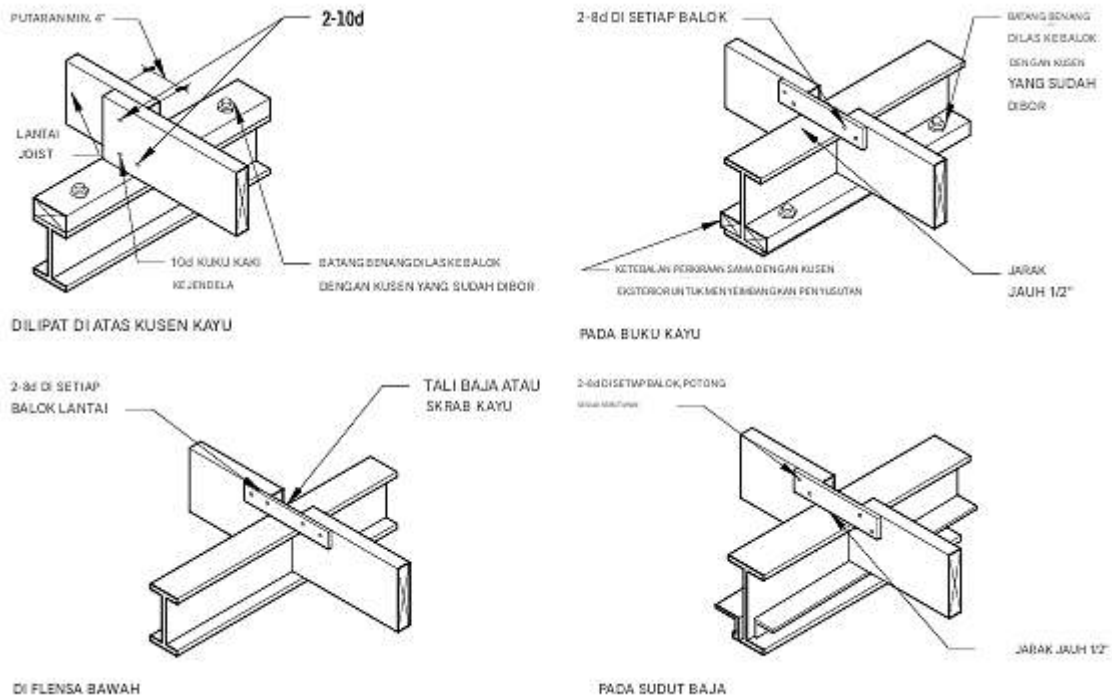


Gambar 2.51 Peningkatan platform

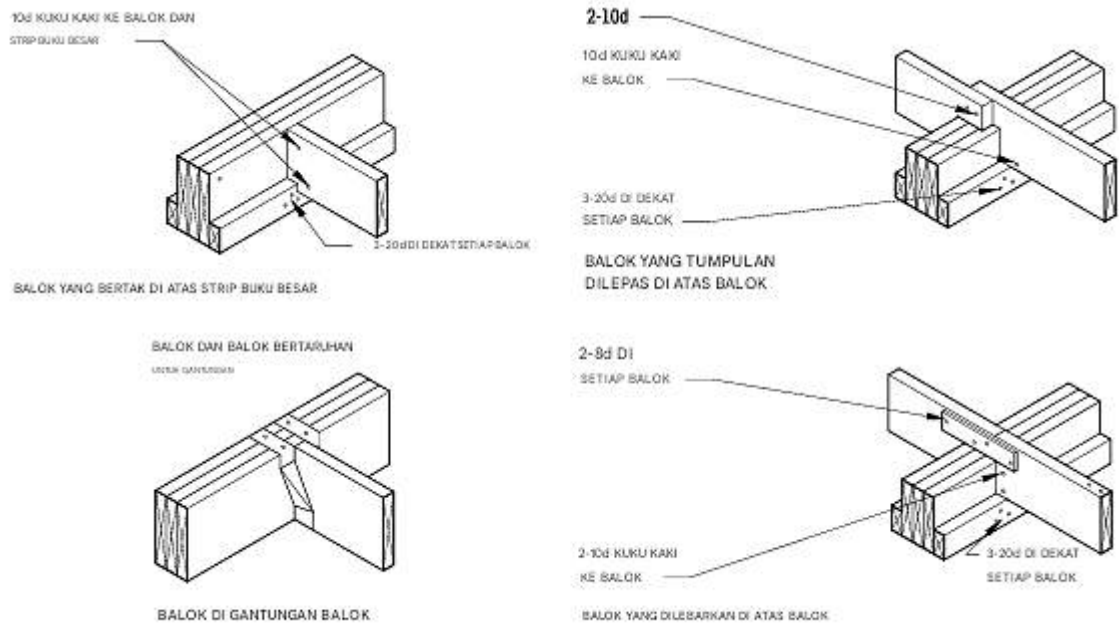


Gambar 2.52 Peningkatan platform

Detail Rangka untuk Balok dan Kursi



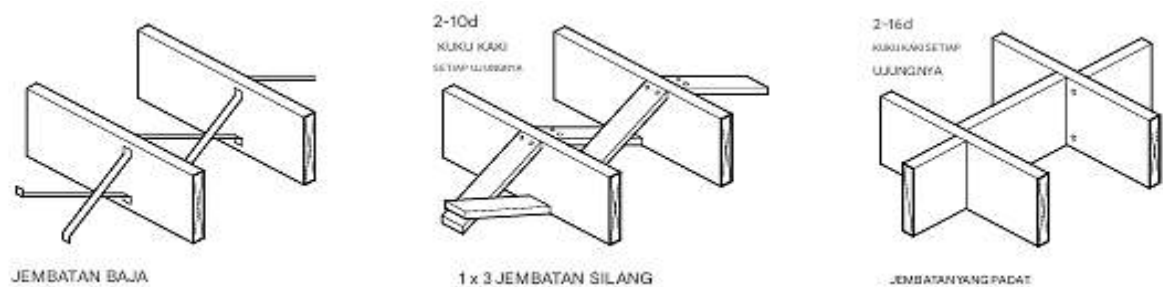
Gambar 2.53 Balok kayu yang didukung pada balok baja



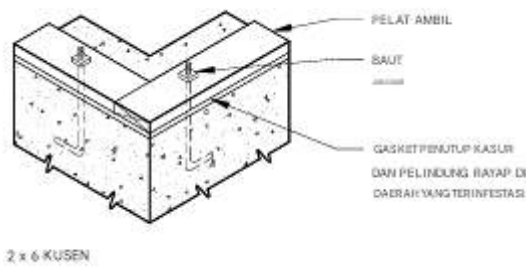
Gambar 2.54 Balok kayu yang didukung pada balok kayu



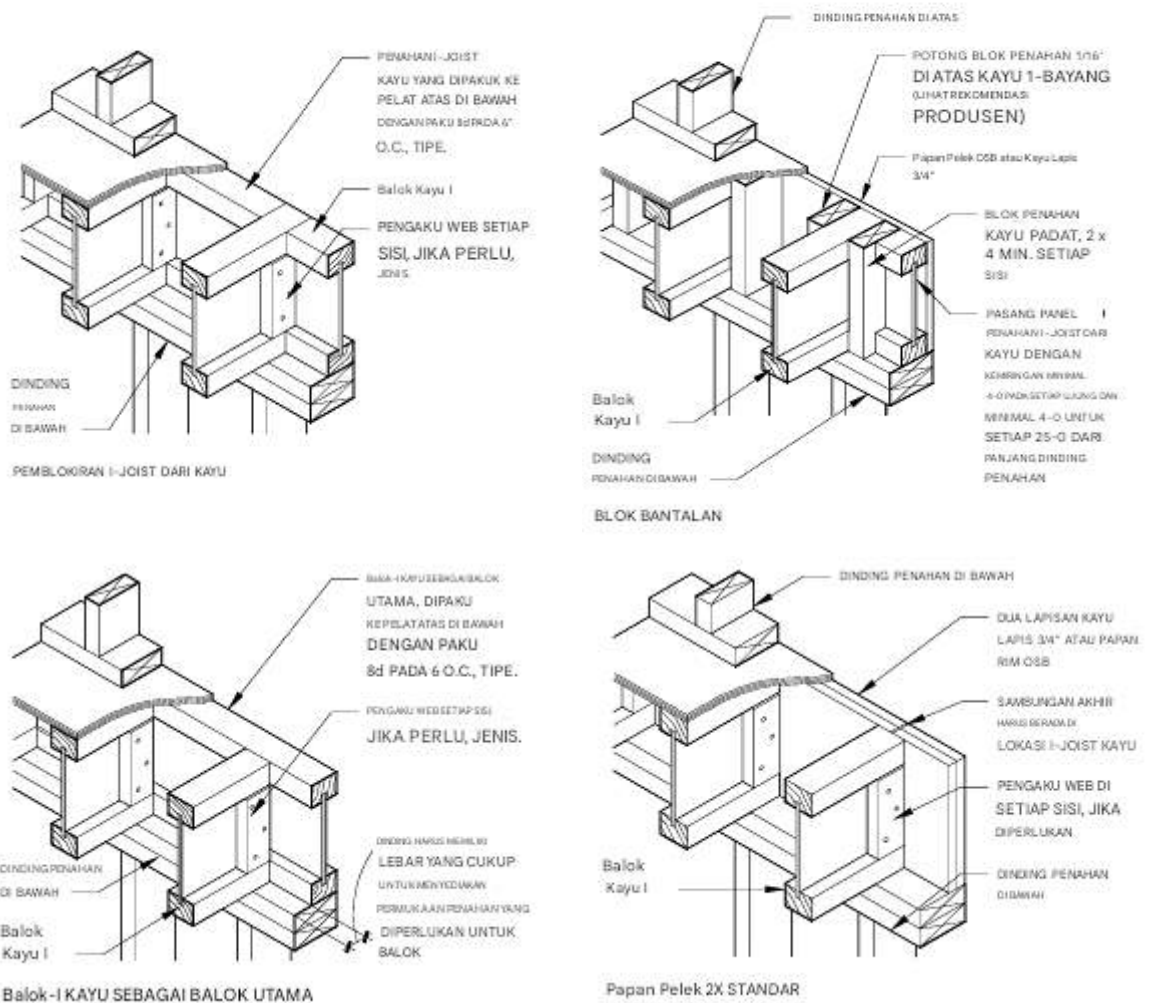
Gambar 2.55 Balok



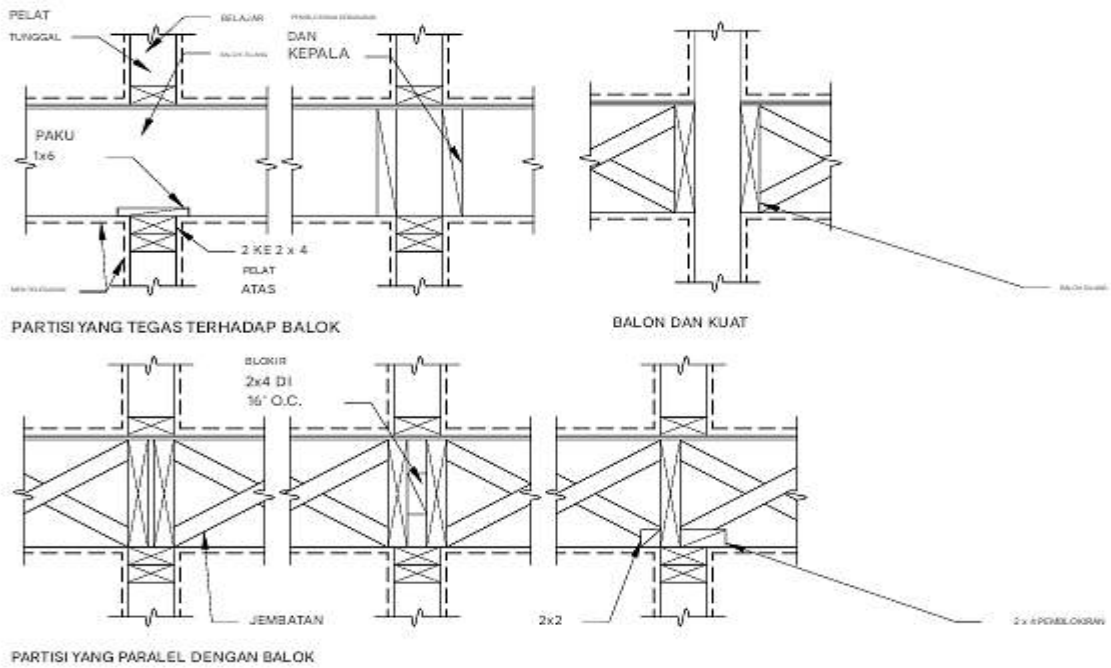
Gambar 2.56 Menjembatani



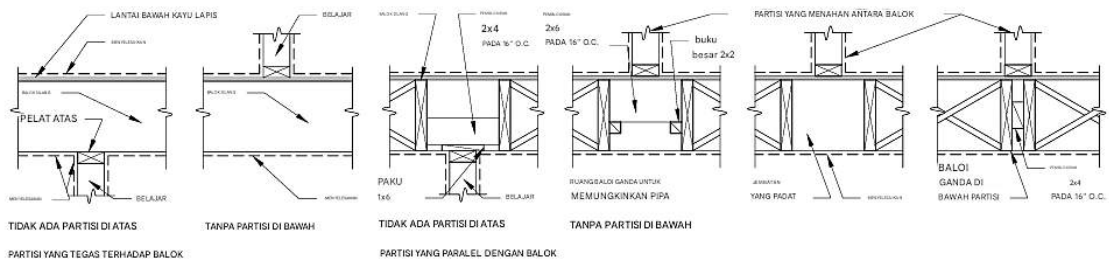
Gambar 2.57 Kusen untuk rangka platform



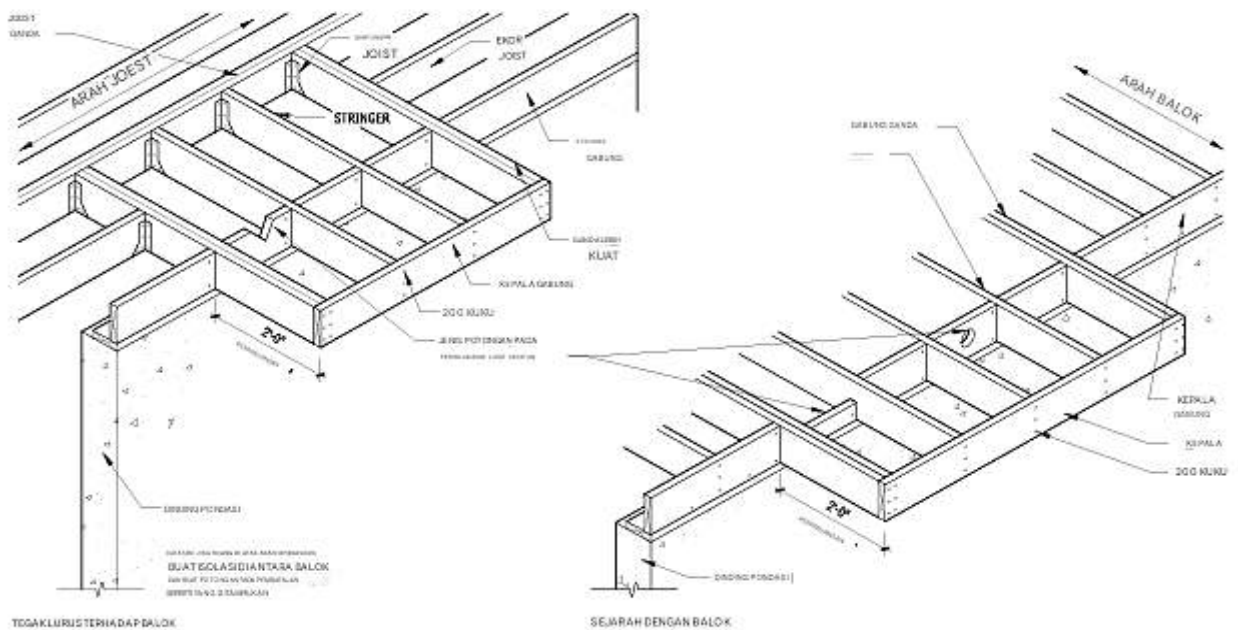
Gambar 2.58 Detail rangka lantai i-joist kayu



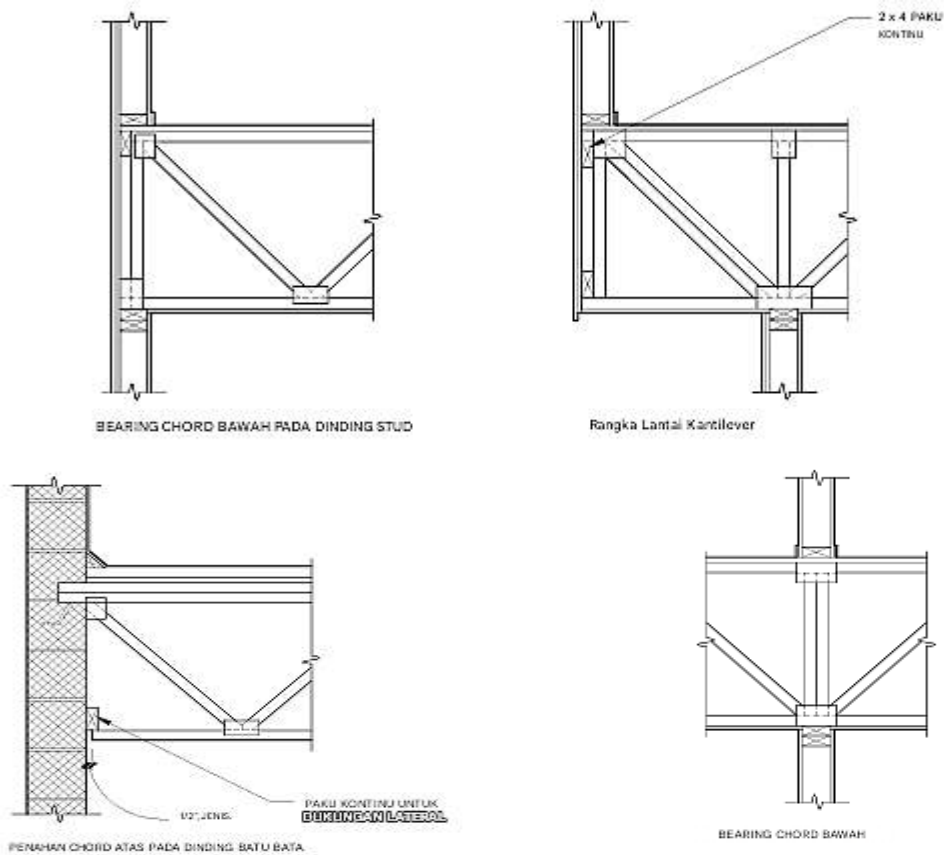
Gambar 2.59 Detail lantai pada partisi interior bearing



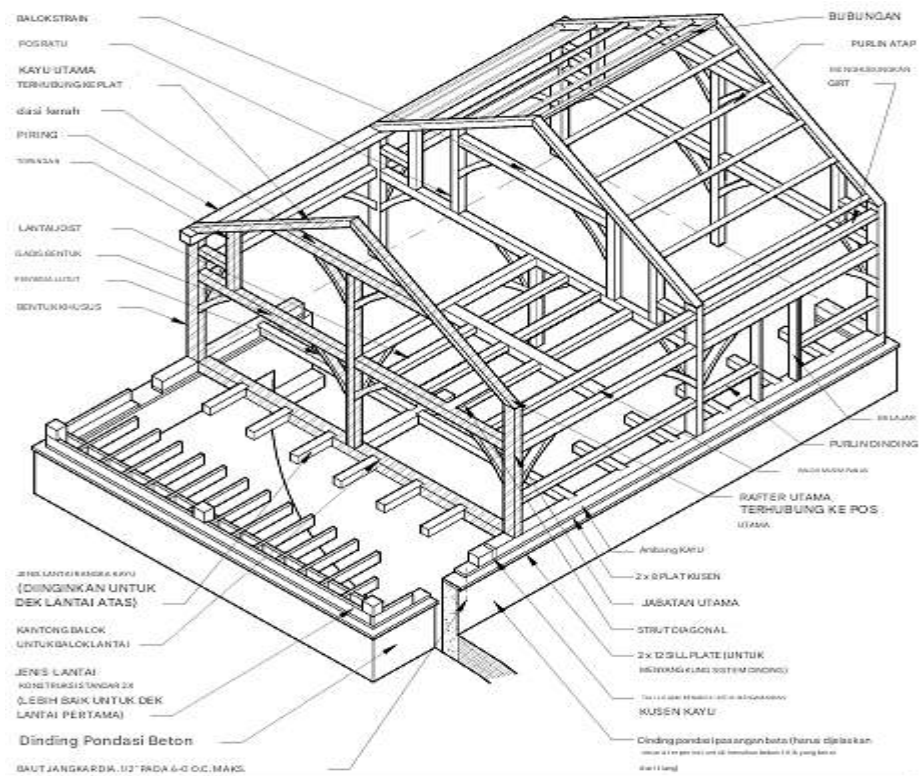
Gambar 2.60 Detail lantai pada partisi interior tanpa bantalan



Gambar 2.61 Kantilever lantai



Gambar 2.62 Rangka kayu buatan toko



Gambar 2.63 Rangka kayu umum (menunjukkan dua jenis atap dan lantai)

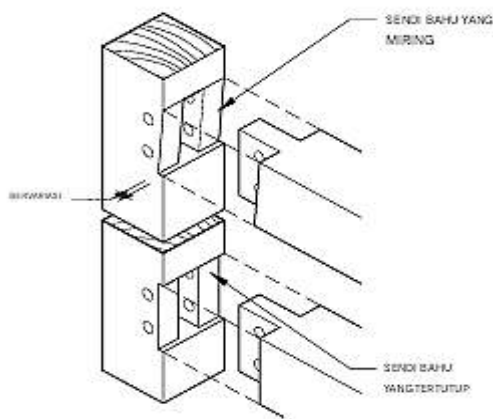
Konstruksi Kayu Berat

Konstruksi kayu berat dicirikan oleh kolom, balok, dan anggota struktural kayu besar yang terbuka, yang disambungkan dengan pasak tradisional dengan pasak pasak atau sambungan serupa. Kayu berat menggunakan anggota rangka kayu solid persegi panjang yang berukuran minimal 5 inci, di kedua dimensi.

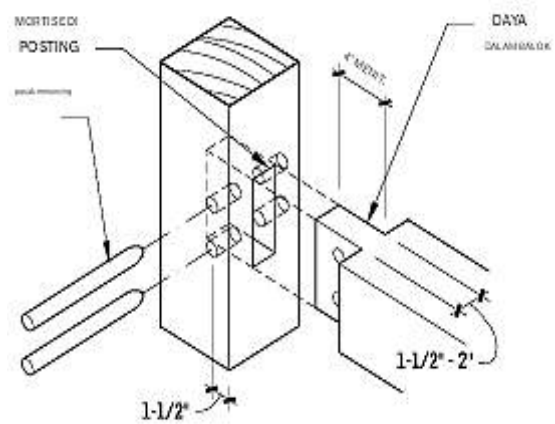
Modul rangka kayu yang dibuat dari kayu berat disebut bents. Bents tegak lurus dengan punggungan, dan meliputi kolom utama, balok, girder, dan kasau, serta penyangga lutut. Bents biasanya diberi jarak 10 hingga 16 ft di bagian tengah. Perhatikan bahwa metode rangka alternatif yang sejajar dengan punggungan, atau menggunakan sistem yang konsepnya mirip dengan rangka platform, tersedia dari beberapa pembuat rangka kayu. Penyangga lutut biasanya memberikan penyangga terhadap beban lateral.

Struktur kayu berat biasanya ditutup dengan panel insulasi kulit yang diberi tekanan, sehingga rangka benar-benar terbuka di bagian dalam. Konstruksi kayu berat sedang diperbarui dengan bahan-bahan modern seperti anggota glulam dan sambungan logam tersembunyi yang dipatenkan.

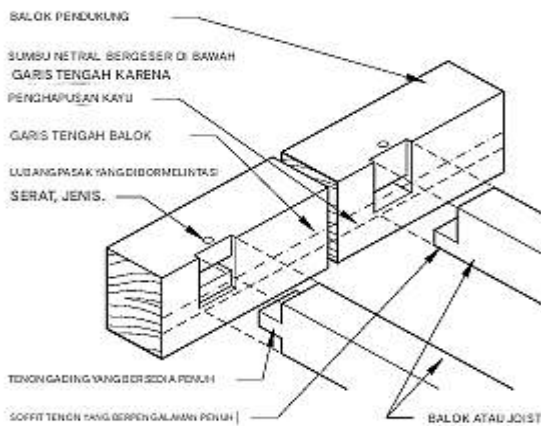
Bahu miring atau sambungan berdinding digunakan untuk menghubungkan semua balok penahan beban (seperti balok lengkung dan penghubung serta balok musim panas) ke tiang. Variasi bersudut dapat digunakan saat kasau utama disambungkan ke tiang atau untuk penyangga diagonal. Kedalaman bahu bergantung pada beban, torsi, sambungan lain di area tersebut, dan spesies kayu. Sambungan mortise-and-tenon dasar dapat sangat efektif dalam menahan gaya tarik dan tekan. Untuk meningkatkan kekuatan tarik, tingkatkan kedalaman dan ketebalan tenon dan gunakan pasak tambahan jika lebar dan panjang tenon memungkinkan.



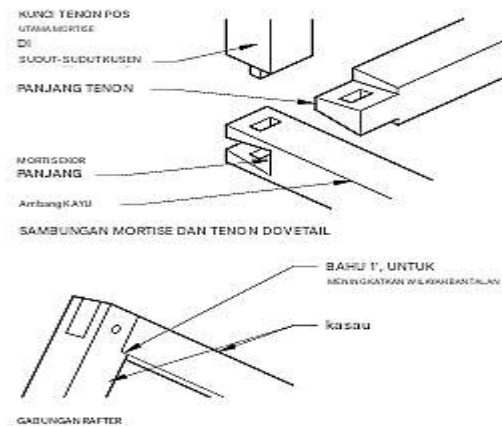
Gambar 2.64 Sambungan mortise dan tenon dengan bahu



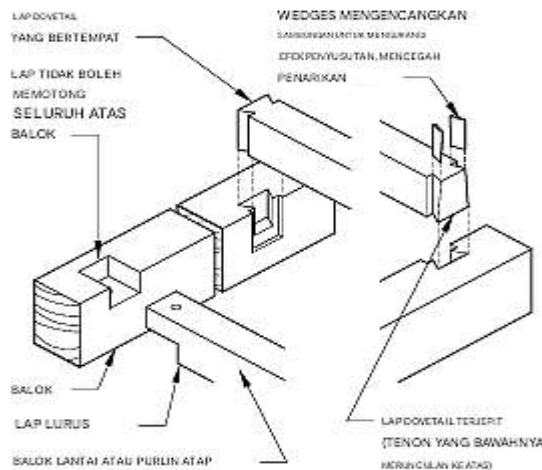
Gambar 2.65 Sambungan mortise dan tenon dasar



Gambar 2.66 Sambungan tusk dan soffit tenon



Gambar 2.67 Sambungan mortise dan tenon terbuka



Gambar 2.68 Sendi lap

Konstruksi Laminasi dengan Pelapis

Istilah konstruksi laminasi dengan lem mengacu pada produk rekayasa dengan tingkat tegangan yang terbuat dari laminasi kayu yang diikat dengan perekat, dengan serat kira-kira sejajar memanjang. Potongan laminasi dapat disambung ujung-ujungnya untuk membentuk panjang apa pun, direkatkan ujung ke ujung untuk membuat potongan yang lebih lebar, atau berupa potongan yang ditekuk dan dilengkungkan selama proses laminasi.

Kedalaman Standar

Kayu dimensi yang dipermukaan hingga 1-1/2 in. digunakan untuk melaminasi anggota lurus dan anggota yang memiliki kelengkungan dalam batasan radius tekuk untuk spesies tersebut. Papan yang dipermukaan hingga 3/4 in. direkomendasikan untuk melaminasi anggota melengkung jika radius tekuk terlalu pendek untuk memungkinkan penggunaan kayu dimensi, asalkan batasan radius tekuk untuk spesies tersebut diperhatikan. Ketebalan laminasi lainnya dapat digunakan untuk memenuhi persyaratan khusus.

Tabel 2.69 Lebar standar

Lebar Nominal (Inci)	Lebar Bersih Selesai (Inci)
3	$2 \frac{1}{8}$
4	$3 \frac{1}{8}^a$
6	$5 \frac{1}{8}^a$
8	$6 \frac{3}{4}$
10	$8 \frac{3}{4}^a$
12	$10 \frac{3}{4}^a$
14	$12 \frac{1}{4}$
16	$14 \frac{1}{4}$

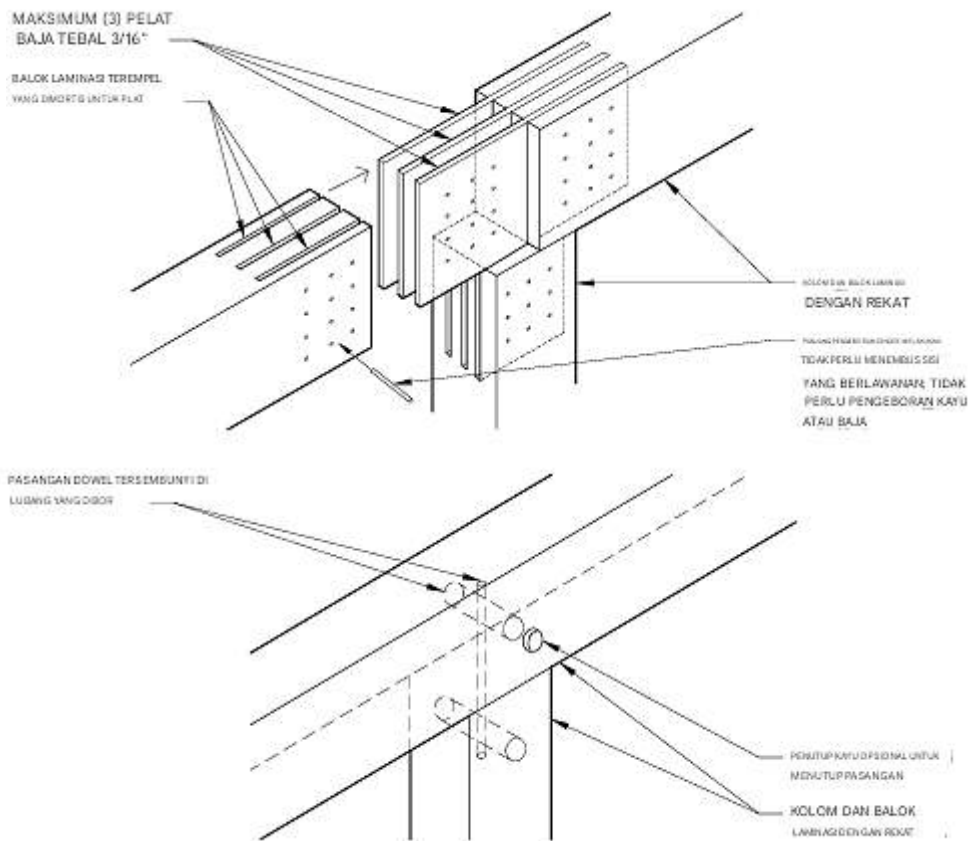
Desain Sambungan

Desain sambungan untuk konstruksi laminasi-lem serupa dengan desain sambungan untuk kayu berdimensi. Karena komponen laminasi-lem sering kali jauh lebih besar daripada kayu berdimensi, dan beban yang ditransfer lebih besar, efek dari peningkatan ukuran harus diperhitungkan dalam desain sambungan. Selain dirancang agar kuat untuk mentransfer beban, sambungan juga harus dirancang untuk menghindari terbelahnya komponen, serta untuk mengakomodasi pembengkakan dan penyusutan kayu.

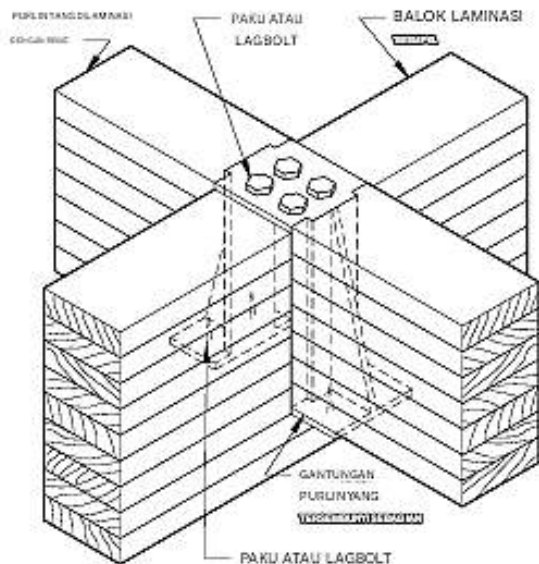
Keamanan Kebakaran

Mirip dengan kayu berat, kualitas isolasi mandiri dari konstruksi laminasi-lem menyebabkan komponen terbakar perlahan. Detail struktural yang baik, penghapusan ruang tersembunyi, dan penggunaan penghalang api vertikal berkontribusi pada ketahanan api dan kemampuannya untuk mempertahankan kekuatannya lebih lama daripada logam yang tidak dilindungi. Oleh karena itu, kode bangunan umumnya mengklasifikasikan konstruksi laminasi-lem sebagai konstruksi kayu berat jika persyaratan dimensi minimum tertentu terpenuhi. Kode juga memungkinkan perhitungan peringkat ketahanan api satu jam untuk komponen laminasi lem yang terbuka.

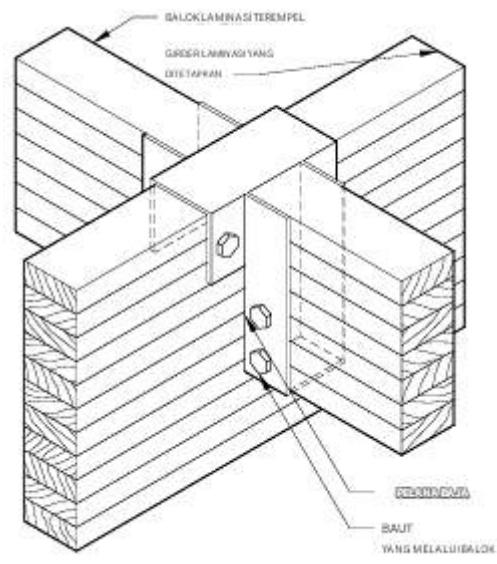
Tidak disarankan untuk menerapkan perawatan tahan api pada komponen laminasi lem karena tidak meningkatkan ketahanan api secara substansial. Dalam mempertimbangkan perawatan tahan api, penting untuk menyelidiki hal-hal berikut: pengurangan kekuatan yang terkait dengan jenis dan penetrasi perawatan, kompatibilitas perawatan dan perekat, penggunaan metode perekatan khusus, kesulitan aplikasi, dan efek pada warna kayu dan proses fabrikasi.



Gambar 2.70 Sambungan



Gambar 2.71 Sambungan balok-purlin



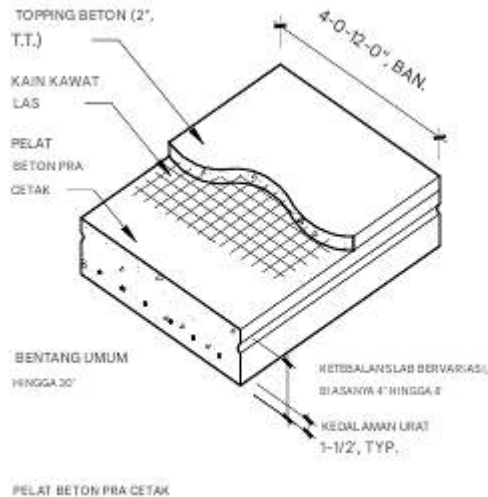
Gambar 2.72 Sambungan balok-purlin (2)

2.4 DEK LANTAI DAN PLAT

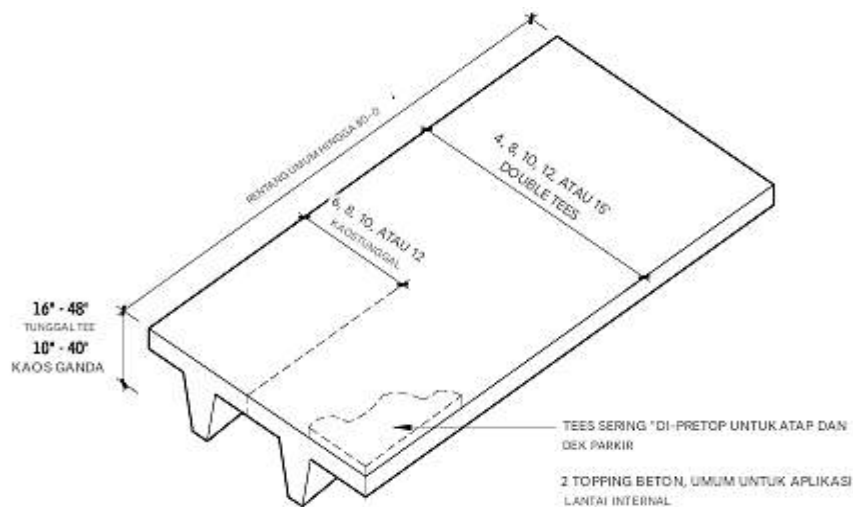
Dek dan Plat Beton Pra-Cetak

Beton berat normal (150 pcf) atau ringan (115 pcf) digunakan dalam konstruksi pelat beton pracetak standar. Penutup beton biasanya berupa beton berat normal dengan kekuatan

silinder 3000 psi. Semua unit diberi prategang dengan pelepasan untai setelah kekuatan beton mencapai 3500 psi. Untaian tersedia dalam berbagai ukuran, kekuatan, dan penempatan, menurut masing-masing produsen.



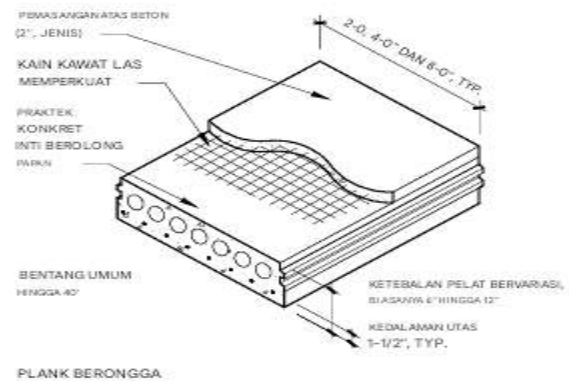
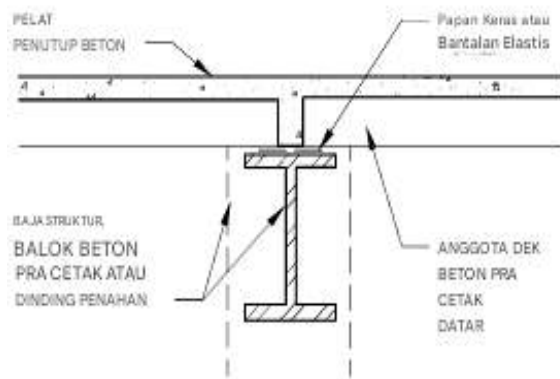
Gambar 2.73 Anggota dek datar



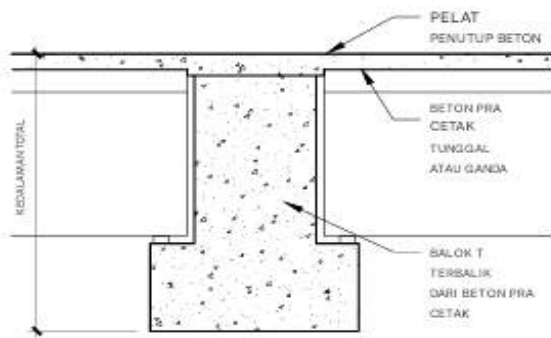
Gambar 2.74 Anggota tee tunggal atau ganda

Plat Filigree

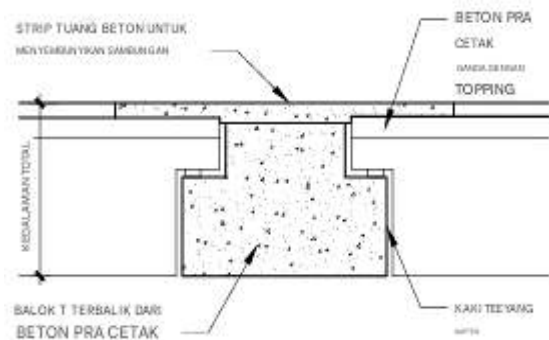
Plat filigree menggabungkan karakteristik yang diinginkan dari beton cor di tempat dan beton pracetak. Panel pracetak filigree berfungsi sebagai bentuk permanen untuk tulangan yang ditempatkan di lapangan dan bagian atas cor di tempat (CIP). Plat dapat digunakan dengan rangka CIP, rangka pracetak, atau rangka baja atau dengan konstruksi dinding penahan beban. Bagian bawah panel filigree cukup halus untuk tetap terbuka.



Gambar 2.75 Dek datar



Gambar 2.76 Dek teek



Gambar 2.77 Dek tee dapped

Pembuatan Lantai Logam

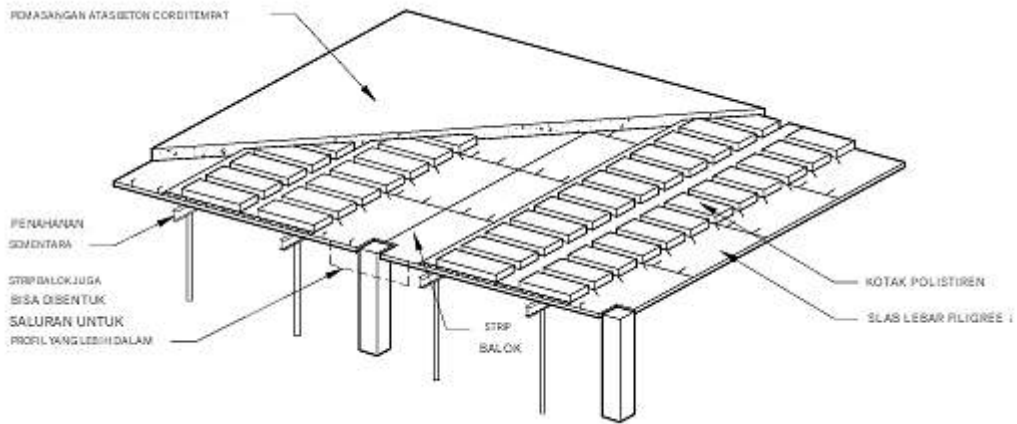
Saat mendesain dengan lantai logam, dua pedoman penting untuk diikuti:

- Saat beton ringan digunakan dalam konstruksi, gunakan material lantai galvanis.
- Dalam perakitan tahan api, pastikan komponen logam tidak diberi cat dasar.

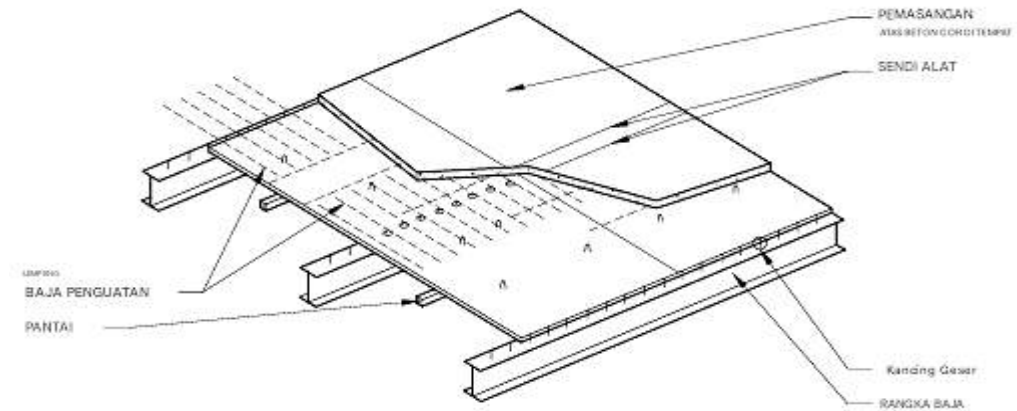
Berikut ini beberapa keuntungan dari lantai logam:

- Lantai logam menyediakan platform kerja, sehingga tidak memerlukan papan kayu sementara saat digunakan di gedung tinggi.
- Lantai komposit menyediakan tulangan positif untuk pelat beton.
- Baik dek nonkomposit maupun komposit berfungsi sebagai bekisting untuk beton, sehingga tidak perlu lagi membentuk dan mengupas.
- Perawatan akustik dapat dilakukan.
- Saluran listrik dapat dibangun ke dalam pelat lantai.
- Dek lantai logam menyediakan perakitan lantai yang ekonomis.

Konsultasikan direktori laboratorium pengujian independen untuk persyaratan peringkat api tertentu.



Gambar 2.78 Plat datar filigree



Gambar 2.79 Filigree di atas baja

Tabel 2.80 Lantai komposit dengan isi beton

Type	Profile	Catatan	Jangkauan	Lebar	Panjang Maksimum
Deck Dangkal		Emboss cembung melekat dengan isian; dek terbalik untuk emboss cekung	5' 0" Hingga 12' 0"	36'	42' 0"
Deck Perantara		Embos Cembung	6' 0" Hingga 13' 0"	24" atau 36"	0"
Deck yang Dalam		Embos Cembung	7' 0" Hingga 14' 0"	24" atau 36"	0"

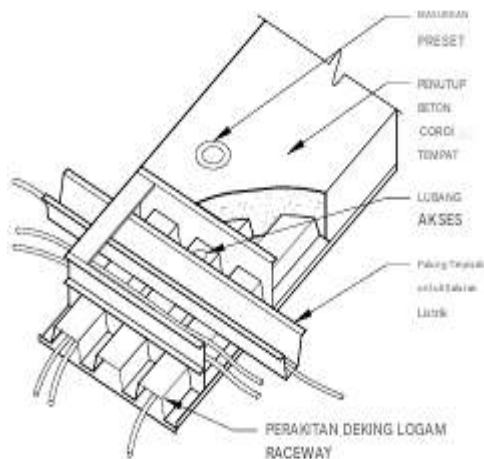
Tabel 2.81 Lantai nonkomposit dengan isi beton

Type	Profile	Catatan	Jangkauan	Lebar	Panjang Maksimum
------	---------	---------	-----------	-------	------------------

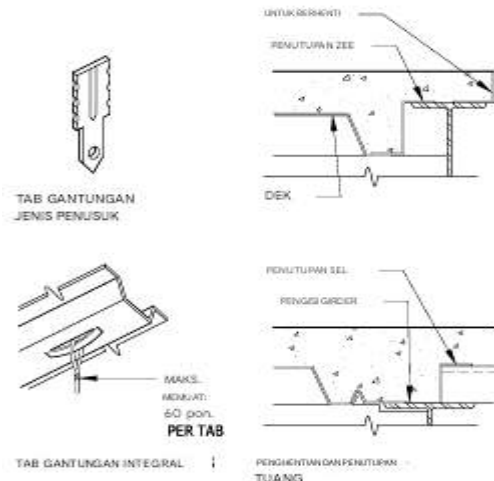
Deck Dangkal		Tulang Rusuk sempit	2' 0" Hingga 5' 6"	30", 35", 36"	42' 0"
Deck Perantara		Tulang Rusuk sempit	3' 0" Hingga 10' 0"	32", 33"	42' 0"
Deck Perantara		Tulang Rusuk sempit	4' 0" Hingga 11' 0"	32"	42' 0"
Deck Perantara		Tulang Rusuk sempit	4' 0" Hingga 11' 0"	30", 36"	42' 0"
Deck yang Dalam		Tulang Rusuk Lebar	5' 6" Hingga 14' 0"	24", 36"	42' 0"

Tabel 2.82 Lantai seluler komposit dan nonkomposit dengan isi beton

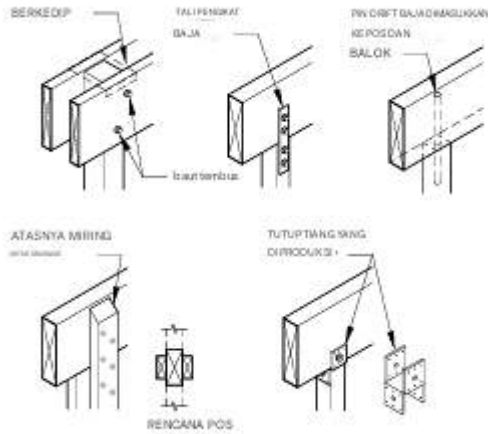
Type	Profil	Jangkauan	Lebar	Luas Penampang Lintang Sel
Dek seluler 3" x 12" (untuk rangka baja yang memerlukan tiang)		12' 0" Hingga 15' 0"	24", 36"	17,7 Inchi persegi/sel (35 Inchi Persegi/Lembar)
Dek seluler 3" x 8" (tidak cocok untuk tiang struktural)		12' 0" Hingga 15' 0"	24"	17,4 Inchi persegi/sel (52,2 Inchi Persegi/Lembar)
Dek seluler 1,5" x 6" (untuk pelat total yang lebih tipis)		4' 0" Hingga 8' 0"	24", 30", 36"	6 Inchi persegi/sel (24 Inchi Persegi/Lembar)



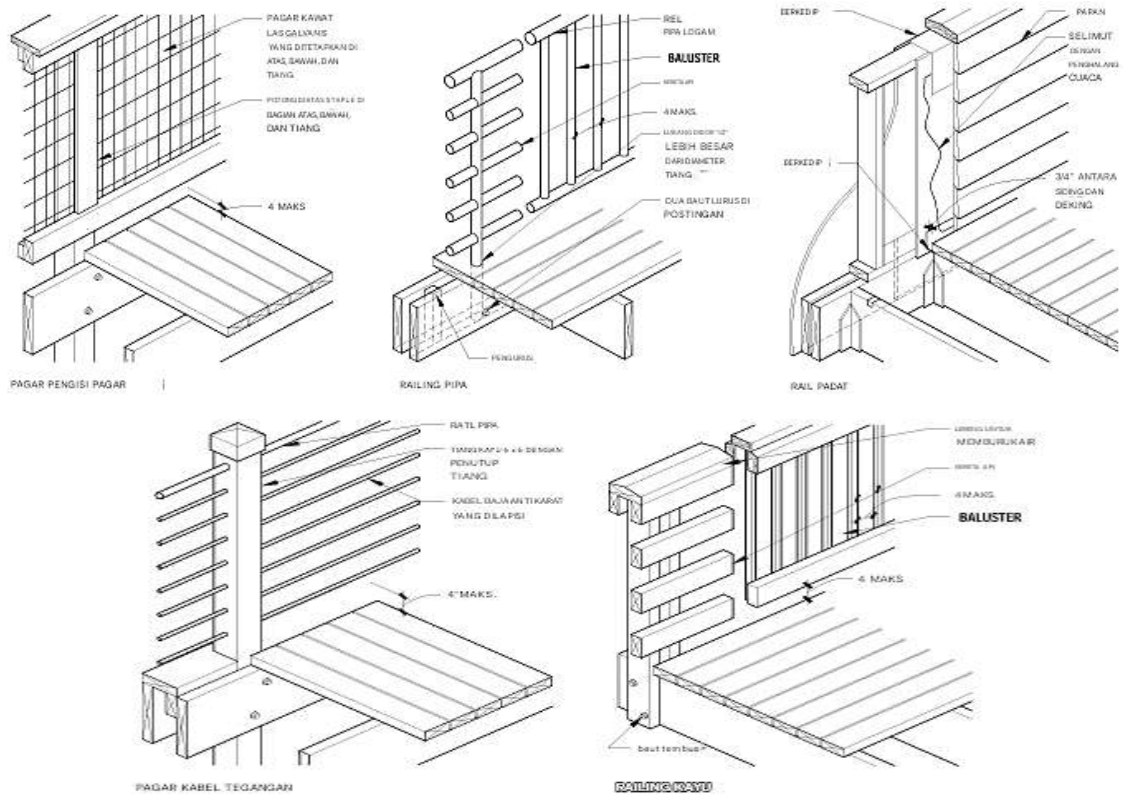
Gambar 2.83 Saluran parit listrik



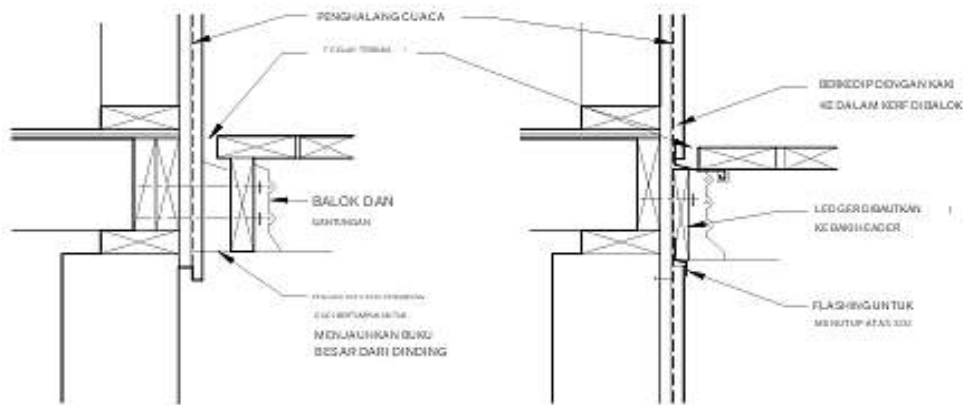
Gambar 2.84 Aksesori dek lantai



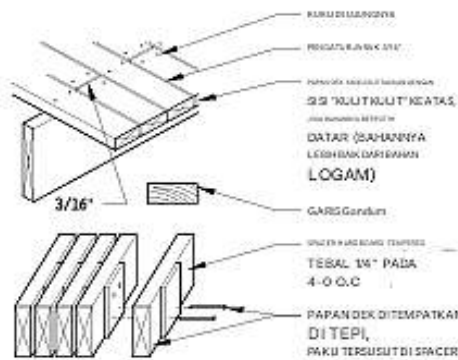
Gambar 2.85 Sambungan tiang dan balok



Gambar 2.86 Pagar



Gambar 2.87 Koneksi di gedung



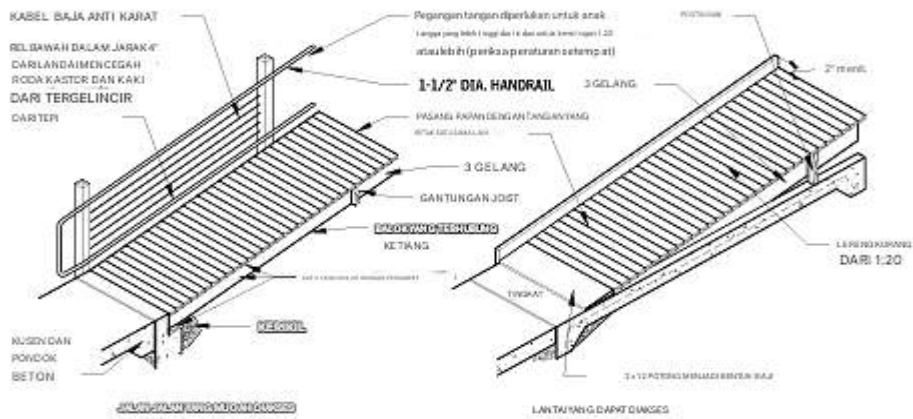
Gambar 2.88 Aplikasi decking

Pemilihan Kayu

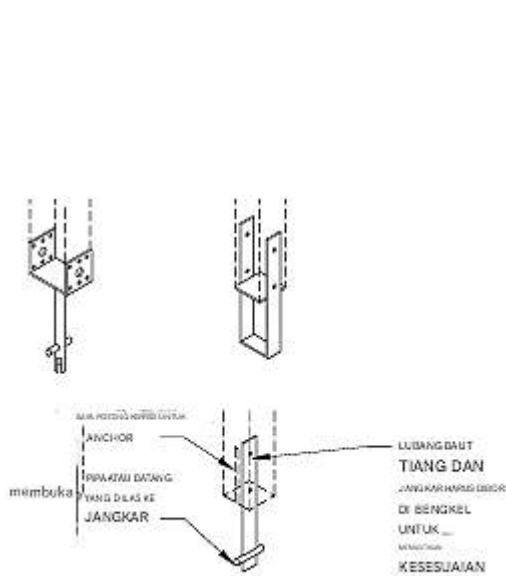
Saat memilih kayu untuk dek, karakteristiknya harus mencakup ketahanan efektif terhadap pembusukan, tidak pecah, kaku, kuat, keras, dan tahan terhadap lengkungan. Pemilihan spesies akan bervariasi menurut iklim dan struktur setempat.

Tabel 2.89 Perbandingan relatif berbagai kualitas kayu yang digunakan dalam konstruksi dek

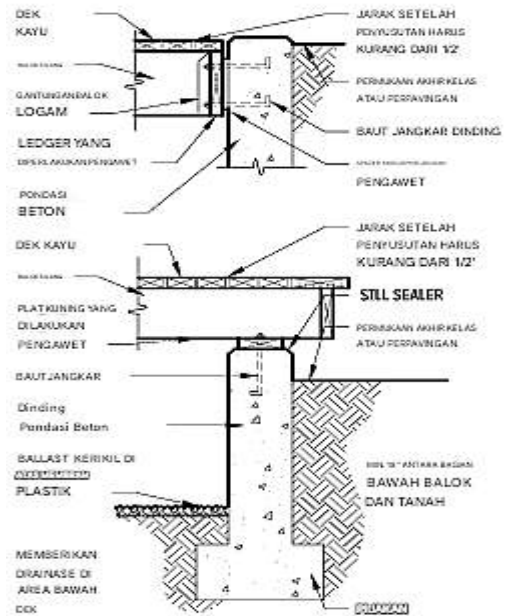
	Pohon Cemara Douglas ^d	Pinus Selatan ^d	Hemlock Fir ^{a, d}	Pinus Lembut ^{b, d}	Cedar Merah Barat	Kayu Merah	Spruce	Cypress	IPE ^e
Kekerasan	Adil	Adil	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Adil	Sedikit	Adil	Bagus
Resistensi ketahanan warp	Adil	Adil	Adil	Bagus	Bagus	Bagus	Adil	Adil	Bagus
Kemudahan dalam bekerja	Sedikit	Adil	Adil	Bagus	Bagus	Adil	Adil	Adil	Sulit
Memegang cat	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Bagus	Bagus	Bagus	Adil	Bagus	-
Penerimaan nodac	Adil	Adil	Adil	Adil	Bagus	Bagus	Adil	Adil	Bagus
Memegang paku	Bagus	Bagus	Sedikit	Sedikit	Sedikit	Adil	Adil	Adil	-
Ketahanan pembusukan kayu teras	Adil	Adil	Sedikit	Miskin	Bagus	Bagus	Sedikit	Bagus	Bagus sekali
Proporsi inti kayu	Bagus	Sedikit	Sedikit	Adil	Bagus	Bagus	Sedikit	Bagus	Bagus sekali
Kekuatan lentur	Bagus	Bagus	Adil	Sedikit	Sedikit	Adil	Adil	Adil	Bagus
Kekakuan	Bagus	Bagus	Bagus	Sedikit	Sedikit	Adil	Adil	Adil	Bagus
Kekuatan sebagai sebuah pos	Bagus	Bagus	Adil	Sedikit	Adil	Bagus	Adil	Adil	-
Kebebasan dari nada	Adil	Sedikit	Bagus	Adil	Bagus	Bagus	Bagus	Bagus	Bagus



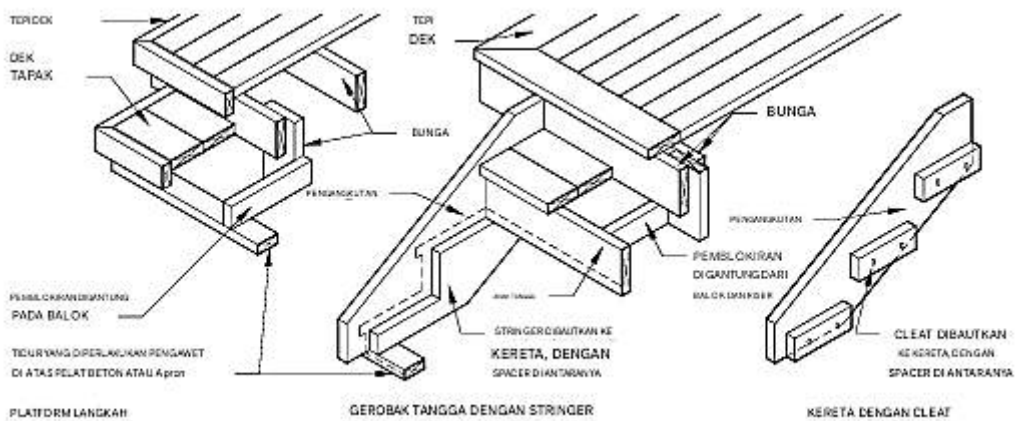
Gambar 2.90 Jalan kaki dan landai



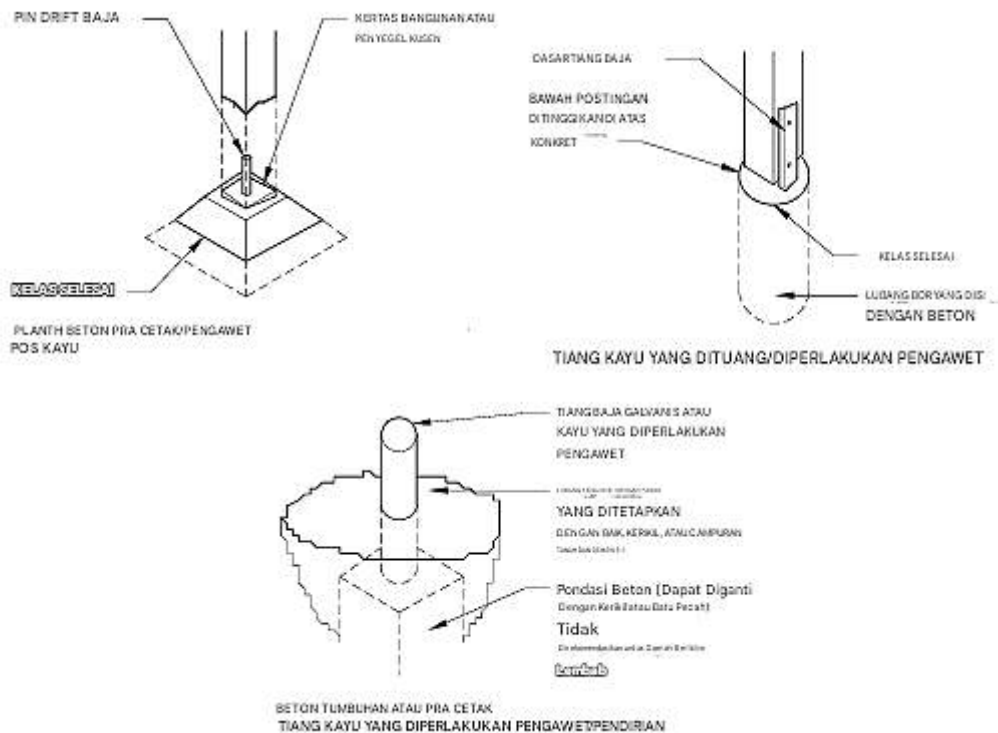
Gambar 2.91 Basis posting



Gambar 2.92 Tepi dek



Gambar 2.93 Tangga dan pijakan



Gambar 2.94 Tiang dan kaki

Pengencang

Pedoman untuk memilih pengencang meliputi:

- Gunakan pengencang galvanis celup panas untuk menghindari korosi dan noda.
- Kayu yang diawetkan memerlukan pengencang baja tahan karat atau lapisan galvanis tebal khusus yang direkomendasikan oleh produsen perawatan.
- Untuk mengurangi papan terbelah karena dipaku, lakukan hal berikut: tumpulkan ujung paku, bor terlebih dahulu ($3/4$ dari diameter paku), paku secara bertahap, dan tempatkan paku tidak lebih dekat ke tepi dari setengah ketebalan papan.
- Hindari paku ujung serat dan paku ujung jari, jika memungkinkan.
- Gunakan ring datar di bawah kepala sekrup dan baut, dan di bawah mur.

Selain itu, perhatikan bahwa paku casing galvanis celup panas atau sekrup dek baja tahan karat biasanya merupakan jenis pengencang dek terbaik, dan paku tangkai cincin berlapis atau paku tangkai alur spiral cocok untuk iklim kering.

Perawatan Kayu dengan Pengawet

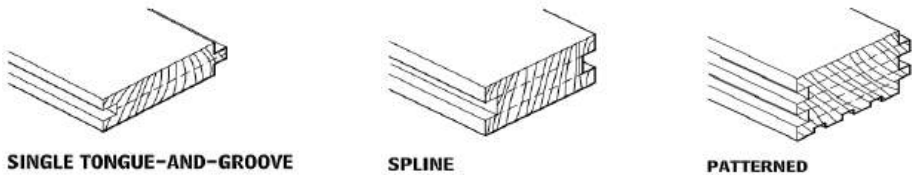
Untuk melindungi dek kayu dari kelembapan, ikuti panduan berikut:

- Lindungi bagian kayu dari cuaca dengan perawatan kayu dengan pengawet.
- Rawat kayu yang bersentuhan langsung dengan tanah atau beton dengan pengawet.
- Pastikan bagian bawah tiang pada pilar berada 6 inci di atas permukaan tanah.
- Sterilkan atau tutupi tanah dengan membran untuk menjaga pertumbuhan tanaman agar tidak mengenai bagian kayu, guna meminimalkan pertukaran kelembapan.
- Rawat ujung, potongan, dan lubang dengan bahan pengawet sebelum pemasangan.

- Buat kerf pada dek dan papan datar, berukuran 2 x 6 dan lebih lebar, di bagian bawah dengan potongan gergaji sedalam 3/4 inci pada sudut 1 inci, untuk mencegah cekungan.
- Hindari paparan horizontal pada ujung serat, atau berikan perlindungan yang memadai dengan memasang flashing atau menyegel. Hindari atau minimalkan kondisi sambungan tempat kelembapan dapat terperangkap dengan menggunakan spacer dan/atau flashing, dempul, sealant, atau semen atap plastik.

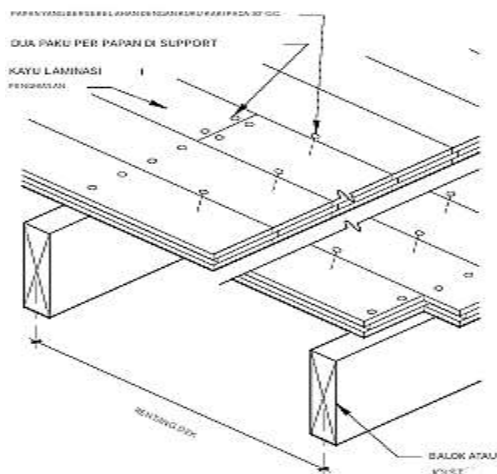
Penguat

Pada dek besar atau dek dengan tinggi tiang melebihi 5 ft, stabilitas lateral harus dicapai dengan penguat horizontal (pengikat diagonal logam atau kayu di bagian atas atau bawah balok atau pemasangan diagonal dek), dikombinasikan dengan penguat vertikal (sambungan baut atau gusset kaku di bagian atas tiang, penguat lutut, atau penguat silang di antara tiang), dan/atau sambungan ke dinding bangunan yang diberi penguat. Stabilitas lateral harus dinilai oleh insinyur struktur.

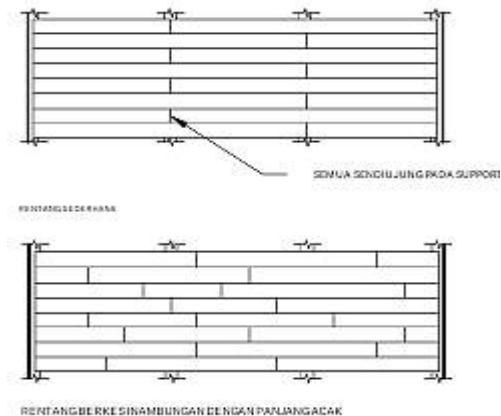


Ukuran				
Ketebalan		Lebar		Rencana Maksimum
Nominal (N)	Sebenarnya (N)	Nominal (N)	Sebenarnya (N)	Khas (FT)
2	1½	5, 6, 8, 10, 12	4, 5, 6¾, 8¾, 10¾	8
3	2½	6	5¼, 7	12
4	3½	6	5¼, 7	16

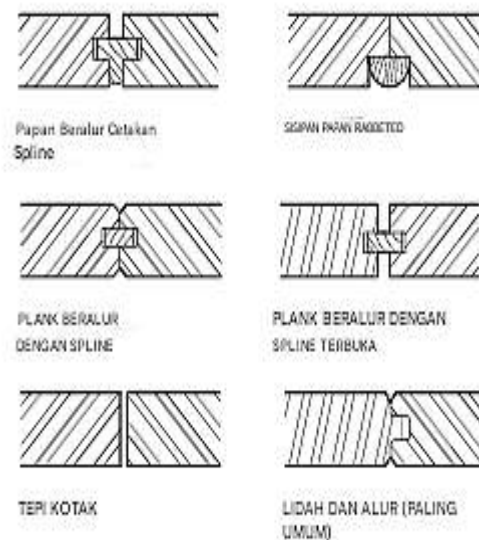
Gambar 2.95 Jenis dek berbentuk mesin



Gambar 2.96 Dek laminasi



Gambar 2.97 Pola sambungan deking kayu



Gambar 2.98 Sambungan dek

2.5 KONSTRUKSI LANTAI PENGHAMBAT UAP, PENGHALANG UDARA, DAN INSULASI Insulasi dan Ventilasi Ruang Ruang

Pemahaman terbaik tentang isu-isu yang saling terkait seputar pengendalian panas, udara, dan kelembapan (HAM) di dalam ruang bawah tanah dan pemindahan HAM ke bagian dalam bangunan menunjukkan bahwa lebih baik memperlakukan ruang bawah tanah sebagai bagian dari lingkungan ber-AC di bagian dalam.

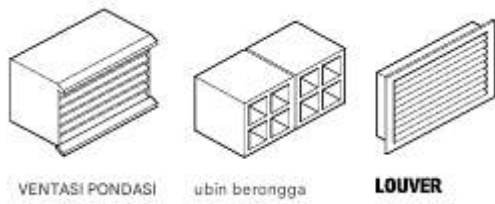
Argumen yang menentang ventilasi ruang bawah tanah meliputi:

- Ventilasi ruang bawah tanah dimaksudkan untuk menjaga kelembapan dalam tingkat yang dapat diterima, menarik udara panas dan lembap ke dalam ruang tidak produktif, terutama ketika kemungkinan suhu permukaan tanah mungkin di bawah suhu titik embun.
- Rakitan lantai berinsulasi jarang dibangun kedap udara dan memungkinkan udara masuk/keluar.
- Rakitan lantai berinsulasi jarang sehangat atau senyaman lantai dengan lingkungan ber-AC di kedua sisi.
- Ruang ber-AC di atas ruang bawah tanah yang panas, lembap, dan berventilasi menciptakan aliran uap, yang dapat mengakibatkan beban berlebih pada HVAC, kondensasi yang tidak terkendali, dan berpotensi membusuk serta berjamur.
- Ruang bawah tanah sering digunakan untuk distribusi saluran mekanis. Saluran distribusi berada di luar selubung termal dan, oleh karena itu, mengalami kehilangan yang lebih besar daripada jika berada di dalam selubung termal. Penetrasi yang diperlukan untuk saluran menciptakan lebih banyak peluang untuk kebocoran udara antara ruang ber-AC dan tidak ber-AC. Dalam kondisi panas dan lembap, ada kemungkinan penghambat uap pada insulasi saluran tidak akan sempurna, yang menyebabkan terjadinya kondensasi pada saluran, sehingga menambah lebih banyak kelembapan ke lingkungan yang sudah lembap.

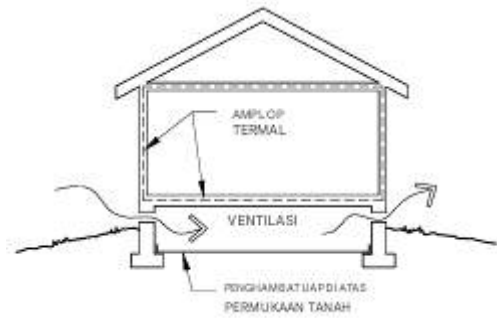
- Saluran pembuangan sanitasi dan saluran pasokan air rumah tangga kemungkinan melewati ruang bawah tanah yang tidak ber-AC dan mungkin rentan terhadap pembekuan dan kondensasi.

Rekomendasi untuk ruang bawah tanah meliputi yang berikut:

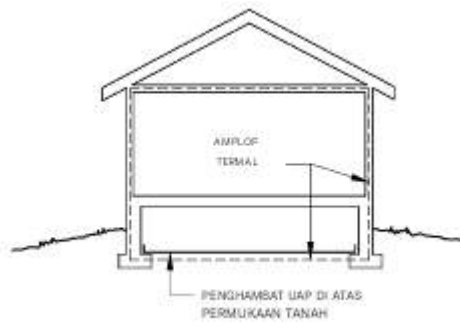
- Kode umumnya mengharuskan ventilasi ruang bawah tanah; Namun, mereka juga memberikan pengecualian untuk berbagai kondisi, khususnya: "jika diperlukan oleh kondisi iklim", "jika ventilasi mekanis yang dioperasikan terus-menerus disediakan", dan "jika dinding perimeter diisolasi". Sebagian besar pengecualian mengharuskan permukaan tanah ditutup dengan penghambat uap. Lihat kode bangunan khusus yang berlaku untuk semua persyaratan.
- Tutupi permukaan tanah di ruang bawah tanah dengan penghambat uap. Rekatkan jahitan dan segel penetrasi. Pertimbangkan untuk melindungi penghambat uap dengan lempengan lumpur beton kasar. Kencangkan penghambat secara mekanis ke fondasi di perimeter dengan strip paku. Di iklim dingin, mungkin diinginkan untuk mengisolasi seluruh permukaan tanah.
- Isolasi dinding ruang bawah tanah seperti yang dipersyaratkan oleh kode. Ikuti rekomendasi untuk dinding eksterior mengenai permeabilitas bahan isolasi, penyegelan udara, dan penggunaan penghambat uap. Isolasi mungkin perlu diberi peringkat tahan api, terutama isolasi papan; atau gunakan isolasi jenis yang tidak mudah terbakar. Jika memungkinkan, cari insulasi di luar lapisan kedap lembap pada dinding pondasi.
- Beri ventilasi pada ruang bawah tanah, biasanya dengan saluran pasokan kecil pada laju yang ditentukan kode, biasanya 1 cfm untuk setiap 50 ft persegi, dan sediakan sambungan ke plenum udara balik, baik secara langsung atau melalui ruang interior di atas melalui kisi-kisi transfer. Cari titik pasokan dan titik balik untuk mencampur dan mendistribusikan udara secara merata.
- Metode pengeringan ruang bawah tanah alternatif mencakup dehumidifier permanen atau kipas angin pembuangan yang dikontrol oleh humidistat, dengan udara pengganti dari interior dan disalurkan ke eksterior. Namun, solusi ini mungkin menggunakan sejumlah besar energi.
- Perhatikan detail dinding eksterior dan drainase yang tepat untuk menjauhkan air dari ruang bawah tanah.
- Ruang bawah tanah yang digunakan sebagai plenum pasokan ke bagian rumah lainnya memerlukan penanganan khusus untuk menjaga kualitas udara.



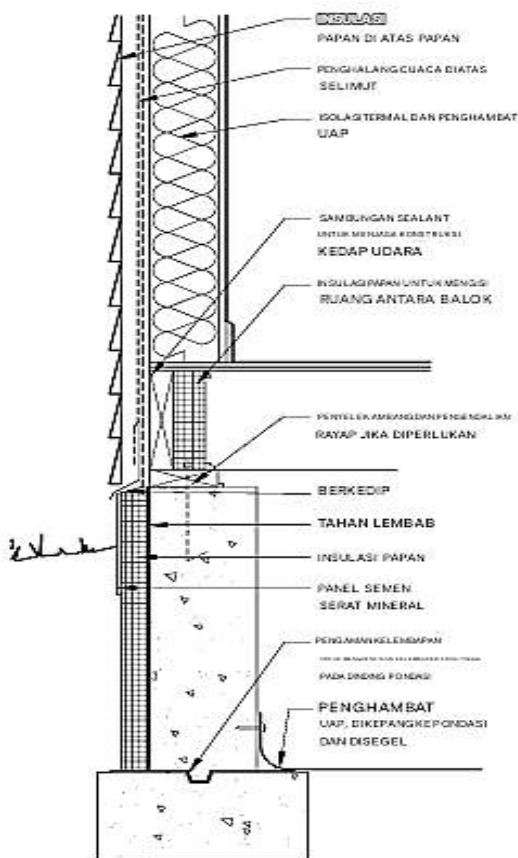
Gambar 2.99 Bahan ventilasi ruang merayap



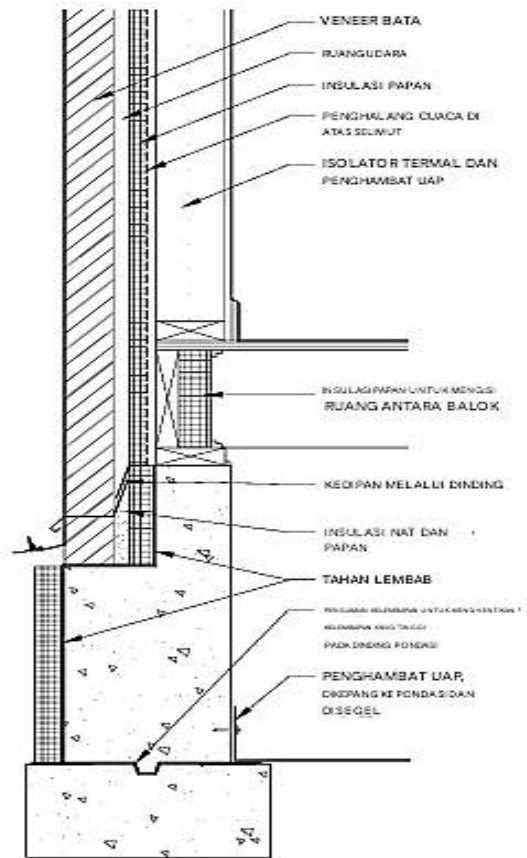
Gambar 2.100 Ruang merayap berventilasi



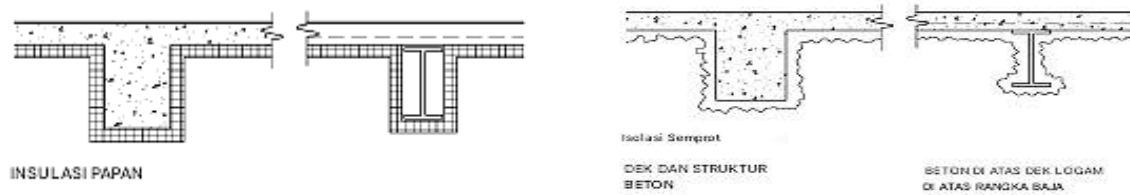
Gambar 2.101 Ruang merayap ber-ac



Gambar 2.102 Rangka kayu di atas ruang ruang (iklim dingin)



Gambar 2.103 Rangka kayu di atas ruang ruang (iklim campuran)



Gambar 2.104 Memasang bagian bawah struktur lantai baja dan beton

Dua kesulitan utama yang dihadapi dalam isolasi rakitan lantai adalah menyediakan penghambat uap yang terus-menerus pada sisi yang hangat, dan menjaga lantai tetap hangat, bahkan dengan isolasi. Di iklim dingin, lantai akan terasa tidak nyaman untuk ditempati dalam jangka panjang. Jika memungkinkan, sebaiknya hindari penggunaan isolasi secara langsung pada bagian bawah rakitan lantai; sebagai gantinya, gunakan sofit yang terisolasi. Jika penggunaan langsung tidak dapat dihindari, pertimbangkan dua metode berikut:

- Isolasi papan biasanya digunakan pada bagian bawah struktur dengan cara ditusukkan pada peniti yang diberi perekat dan dikerutkan dengan ring besar. Isolasi wol mineral merupakan pilihan yang baik karena tidak mudah terbakar dan berfungsi dengan baik meskipun agak lembap akibat kondensasi.
- Isolasi yang disemprotkan dapat berbahan dasar selulosa, mineral, atau busa. Busa sel tertutup dapat menghilangkan kebutuhan akan penghalang uap terpisah.
- Lihat referensi berikut: www.buildingscience.com.

Konstruksi Atap

Bagian ini membahas sistem umum yang digunakan dalam konstruksi atap. Lihat literatur dari produsen dan asosiasi perdagangan untuk detail lebih lanjut tentang informasi yang disajikan dalam tabel terlampir.

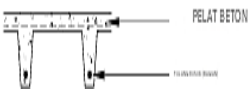
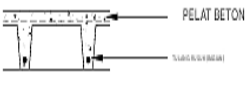
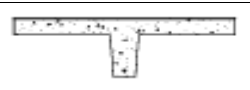

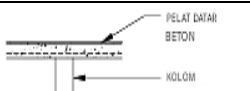
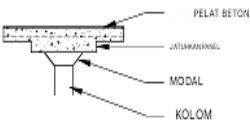
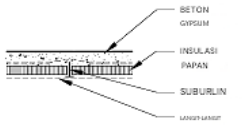
Tabel 2.105 Perakitan struktur atap

		KEDALAM AN SISTEM (IN.)	UKURAN ANGGOTA STANDAR (IN.)	BEBAN MATI STRUKTUR (PSF)	BEBAN HIDUP YANG COCOK JARAK (PSF)	JARAK RENTANG (FT)	UKURAN TELUK KARAKTERI STIK	DIMENSI STABILITAS DIPENGARUH OLEH
Kasau kayu		5-13	Balok nominal 2 x 6, 8, 10, dan 12	4-8	10-50	Hingga 22	-	Defleksi
Balok kayu dan papan		8-22	Papan nominal 2, 3, dan 4	4-12	10-50	8-34	Jarak balok maksimum 8'-0"	-
Panel kulit stres		3-1/4 dan 8-1/4	-	3-6	10-50	8-32	Modul 4'-0°	-

Rangka kayu buatan pabrik		Variasi 12-120	-	5-15	10-50	30-50	2'-8" antara rangka	Defleksi
Rangka logam yang dibentuk dingin		Variasi	-	15-25	10-60	100-200	-	Defleksi
Balok baja		11-75	Balok baja 8-72	10-28	10-50	Hingga 96	Balok ringan 16"-30" o.c.; balok berat 4'-12'	Defleksi
Balok baja		10-32	Balok baja 8-30	8-20	10-50	Hingga 96	Balok ringan 16"-30" o.c.; balok berat 4'-12' o.c.	Defleksi
Balok baja		11-75	Balok baja 8-72	6-24	10-50	Hingga 96	-	Defleksi
Rangka baja		4-12, ditambah	Papan beton	40-75	30-70	20-60; umumnya di bawah 35	-	Defleksi dan creep
Beton pracetak		4-12, ditambah kedalaman balok	Papan beton 16-48 W, 4-12 D	40-75	30-70	20-60; umumnya di bawah 35	-	Defleksi dan creep
Pelat beton satu arah		4-10 lempengan, ditambah	-	50-120	Hingga 100	10-25; lebih banyak dengan post-tensioning	-	-
Pelat beton dua arah		4-10 pelat, ditambah kedalaman balok	-	50-120	Hingga 100	10-30; lebih banyak dengan post-tensioning	L 1.33 W	-

COCOK UNTUK ATAP MIRING	MEMBUTUHKAN PERMUKAAN LANGIT-LANGIT YANG SUDAH SELESAI	SIDANG PLENO PELAYANAN	KAPASITAS TERMAL RELATIF	RESISTENSI PERBANDINGAN TERHADAP TRANSMISI SUARA		PERKATAAN
				DAMPAK	UDARA	
Ya	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Antara kasau-satu arah	Rendah	Buruk	Adil	
Ya	Untuk tujuan proteksi kebakaran	Di bawah struktur-satu arah	Sedang	Buruk	Adil	
Ya	Tidak	Hanya di bawah struktur	Rendah	Buruk	Adil	
Ya	Untuk perlindungan visual atau kebakaran	Di antara gulungan	Rendah	Buruk	Adil	Rasio kedalaman rangka terhadap bentang 1:5 hingga 1:10
Ya; rangka atap pelana biasanya digunakan untuk	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di antara gulungan	Rendah	Adil	Adil	Rasio kedalaman rangka terhadap bentang 1:5 sampai 1:15

bentang pendek						
Tidak	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di antara balok-balok	Sedang	Adil	Adil	
Ya	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di antara balok-balok	Rendah	Buruk	Adil	
Ya	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di antara balok-balok	Tinggi	Bagus sekali	Bagus	Mudah dalam desain, pemasangan cepat
Ya	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di bawah struktur	Tinggi	Adil	Adil	Memberikan langit-langit rata yang sudah jadi; dapat digunakan dengan sistem rangka apa pun
Ya	Tidak	Di bawah struktur	Tinggi	Adil	Adil	
Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Tinggi	Bagus	Bagus	
Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Tinggi	Bagus	Bagus	

		KEDALAMAN SISTEM (IN.)	UKURAN ANGGOTA STANDAR (IN.)	BEBAN MATI STRUKTUR (PSF)	Rentang Beban Hidup yang Sesuai (PSF)	JANGKAUAN RENTANG (FT)	KARAKTERISTIK UKURAN TELUK	STABILITAS DIMENSI YANG DIPENGARUHI OLEH
Pelat beton bergaris satu arah		8-22	Bentuk panci standar 20 dan 30 W, 6-20 D	40-90	Hingga 100	15-50; lebih banyak dengan pratekan	-	Creep
Pelat beton bergaris dua arah		8-24	Bentuk kubah standar 19 x 19, 30 x 30, 6-20 D	75-105	Hingga 100	25-60; lebih banyak dengan pratekan	L 1.33 W	Creep
Tee tunggal beton pracetak		16-36	16-36 hari	65-85	20-80	30-100	-	Creep
Tee ganda beton pracetak		6-16	48, 60, 72, 96, dan 120 W, 6-16 D	35-55	25-60	20-75	-	Creep
Pelat datar beton		4-14	-	50-160	Hingga 100	Hingga 35; lebih banyak dengan pratekan	L 1.33 W	Creep
Pelat datar beton		5-16	Lempengan minimal ketebalan 5 tanpa panel drop, 4 dengan panel drop	50-200	Hingga 100	Hingga 40; lebih banyak dengan pratekan	L 1.33 W diperlukan jarak kolom yang sama	Creep
Dek atap beton gipsum		3-6	-	5-20	Hingga 50	Hingga 10	Hingga 8' antara subpurlin	Defleksi dan creep

COCOK UNTUK ATAP MIRING	MEMBUTUHKAN PERMUKAAN LANGIT-LANGIT YANG SUDAH SELESAI	Sidang Pleno Pelayanan	TERMAL RELATIF KAPASITAS	RESISTENSI PERBANDINGAN TERHADAP TRANSMISI SUARA		PERKATAAN
				DAMPAK	UDARA	
Tidak	Untuk tujuan visual	Antara tulang rusuk-satu arah	Tinggi	Bagus	Bagus	
Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Tinggi	Bagus	Bagus	Ekonomis dalam pembentukan; cocok untuk kantilever dua arah
Ya	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Antara tulang rusuk-satu arah	Tinggi	Adil	Bagus	Umumnya digunakan untuk bentang yang panjang
Ya	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Antara tulang rusuk-satu arah	Tinggi	Adil	Bagus	Elemen beton prategang yang paling banyak digunakan
Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Tinggi	Bagus	Bagus	Ketebalan pelat seragam; mudah dibentuk; cocok untuk perluasan vertikal bangunan
Tidak	Tidak	Di bawah struktur	Tinggi	Bagus	Bagus	Cocok untuk beban atap yang berat
Tidak	Untuk tujuan visual atau proteksi kebakaran	Di bawah struktur	Tinggi	Bagus	Bagus	Memberikan ketahanan terhadap beban angin dan seismik

2.6 STRUKTUR BENTANG PANJANG DAN STRUKTUR TARIK

Faktor Pertimbangan Desain

Contoh struktur bentang panjang yang ditunjukkan pada Tabel 2.126 dinilai berdasarkan kemampuannya untuk mengatasi kondisi faktor desain berikut.

Kondisi Alam

- A. Beban salju dan es yang tidak merata atau berlebihan: Geometri, peralatan, atau struktur di sekitarnya dapat menyebabkan salju melayang atau penumpukan es.
- B. Genangan air: Sediakan drainase positif untuk membuang air dari struktur saat saluran pembuangan atap tersumbat.
- C. Angin: Evaluasi potensi getaran destruktif yang disebabkan angin pada anggota atau sambungan.
- D. Termal: Siklus suhu harian dan musiman dapat menyebabkan perubahan signifikan pada bentuk struktural dan tegangan anggota, dan dapat menyebabkan kegagalan akibat kelelahan.
- E. Siklus beku/cair atau atmosfer korosif: Evaluasi efek jangka panjang pada kinerja struktural, terutama untuk struktur beton yang terbuka.

Tegangan Primer

- F. Jalur beban: Dua atau lebih jalur beban untuk semua beban harus disediakan sedapat mungkin. Semakin besar area yang ditopang oleh satu anggota, semakin besar pula faktor keamanannya.
- G. Kegagalan kompresi: Ketahanan terhadap tekuk lateral anggota yang panjang sangat penting. Gunakan anggota yang memastikan penyelarasan awal dan yang dapat

diverifikasi.

- H. Kegagalan tegangan: Stabilitas dinamis di bawah beban angin atau getaran lainnya harus diverifikasi dengan cermat.

Tegangan Sekunder

- I. Defleksi: Perubahan orientasi anggota pada sambungan dapat meningkatkan tegangan yang merusak dari beban.
- J. Interaksi anggota: Beban mengalir melalui struktur sedemikian rupa untuk meminimalkan kekuatan. Periksa semua kemungkinan jalur beban dari struktur geometris yang kompleks.
- K. Sambungan nonstruktural: Rakitan yang dipasang pada suatu struktur akan memengaruhi aliran beban struktural dan bahkan menjadi bagian dari aliran beban jika pemasangan mengubah bentuk yang diblokkan.
- L. Skala: Sebagian besar anggota memiliki batas bentang, yang jika melampauinya berat anggota itu sendiri menjadi faktor pembatas.
- M. Konsentrasi tegangan: Periksa tegangan pada perubahan penampang melintang, lubang, dan sambungan. Material berkekuatan tinggi sangat sensitif.

Toleransi

- N. Penyelarasan pemasangan: Panjang anggota sebenarnya dan posisi spasial sangat penting untuk penyelarasan dan aliran beban yang tepat.
- O. Creep: Perubahan panjang seiring waktu akan memengaruhi tegangan primer dan sekunder.
- P. Penyangga dan fondasi: Penyangga harus menerima pergerakan karena defleksi dari tegangan primer dan sekunder dan penurunan fondasi diferensial.

Kontrol Mutu

- Q. Desain: Desain teknik tidak boleh terganggu oleh waktu, penjadwalan, perubahan desain, atau kode bangunan.
- R. Metode: Metode konstruksi harus dipilih dengan hati-hati untuk menempatkan komponen struktural dengan aman dan akurat.
- S. Pengamatan lokasi: Hanya jika struktur didirikan dengan benar di ruang angkasa, struktur tersebut dapat diterima. Perubahan bahan atau metode konstruksi harus dievaluasi dengan hati-hati.
- T. Pemeliharaan bangunan struktural: Kondisi dan keselarasan berbagai komponen, terutama komponen penting yang tidak berlebihan, harus diverifikasi secara berkala. Pertimbangkan untuk menggunakan peralatan untuk mendeteksi defleksi yang berlebihan.
- U. Pemeliharaan bangunan nonstruktural: Kondisi komponen bangunan tidak boleh berdampak buruk pada struktur (misalnya, menjaga saluran pembuangan atap tetap terbuka, mencegah getaran peralatan yang berlebihan, dan memelihara sambungan ekspansi).

Tabel 2.106 Komponen bentang panjang

KOMPONEN	BAHAN (ATAU BENTUK)	SATU ARAH	DUA ARAH	DATAR	PESAWAT BERPUNTAH	SIDANG LENGKUNG	PERUBAHAN MELINGKUNG	JARAK BENTANG (CAKI)					BEBAN BENTANG (KAW) (FT)	FAKTOR-FAKTOR YANG BERKAITAN MELAWAN	FAKTOR-FAKTOR YANG BERKAITAN DENGAN BENTANG
								50	100	150	300	600			
Balkon	Baja	*		*	---							24	P, Q, S	A, B, F, G	
	Baja	*		*	*	---						22		A, B, F, G, M, T	
		*	*	*	---							20	A, B, F	M	
	Kayu	*		*	*	---						12		A, B, F, G	
Bingkai ruang	Baja	*	*	*								20	F	A, B, I, J, M, N, P, Q, S, U	
		*	*	*	---							12	B, F		
Kulit stres	Baja		*	*		---						18	F	A, B, I, J, M, N, P, Q, S, U	
Balok	Baja	*	---	*								22	A, T	B, F, T	
	Kayu	*		*								20		B, F, T	
	Beton pratekan	*	---	*								26		B, F, T	
Bingkai kaku	Baja	*	---	*	---							20-24	A, B	F	
	Kayu	*		*	---							18-22		F	
	Beton pratekan	*	---	*	---							24-28		F	
Tiang/kabel														C, E, H, Q, T	
Piring terlipat	Baja	*			*							22	B	A, F, M	
	Kayu	*			*							6	B	A, F, M	
	Konkret	*			*							14	B	A, P, L, M	
Cangkang beton	Konkret	*			*							14	B	A, L, M, O	
Kubah	Konkret	*	*		*							10	B	C, O	
	Baja	*	*		*							8	B	A, D, F, G	
		Kayu	*	*		*							7	B	A, D, F, G
Kubah	Konkret	*	*		*							7	B	A, D, F, G	
	Baja radial		*		*							8	B, C	A, D, F, G	
	Kubah geodesik		*		*							5	A, B, C, F, G	D, N, R	
	Kayu radial		*		*							6	B, C	A, D, F, G	
	Kayu lamela		*		*							6	A, B, C, F, G	D, N, R	
Konkret		*		*							8	B, C, F, G	A, D, L, O		
Pneumatik	Baja		*									7	D	A, B, C, E	
Kabel	Paralel	*				*						16	D	A, B, C, dan F	
	Radial		*			*						12	D	A, B, C, dan F	
	Hiperbolis		*			*						8	B, D, F	A, C	
	Terdid		*			*						6	B, F	A, C	
Hiperbolis	Konkret		*			*						6	F	A, D, L, O	

Rangka Ruang

Rangka ruang adalah rangka tiga dimensi dengan anggota linier yang membentuk serangkaian polihedron segitiga. Rangka ruang dapat dilihat sebagai bidang dengan kedalaman konstan yang dapat menopang bentang yang cukup panjang dan konfigurasi bentuk yang bervariasi.

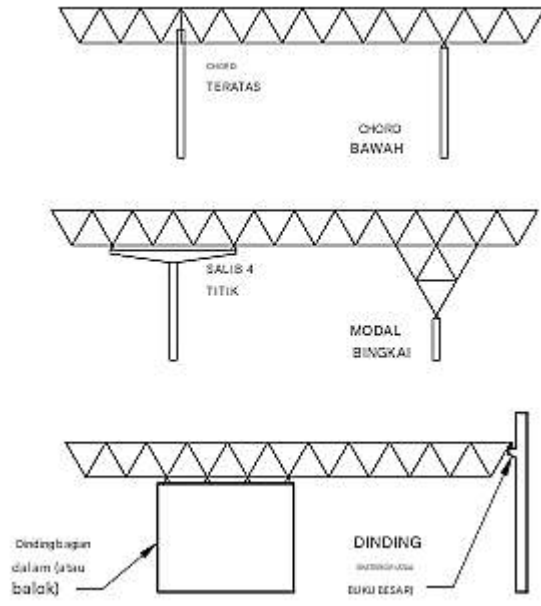
Atribut utama rangka ruang meliputi:

- Ringan
- Kekakuan inheren
- Beragam bentuk, ukuran, dan bentang
- Interaksi yang kompatibel dengan layanan, terutama HVAC

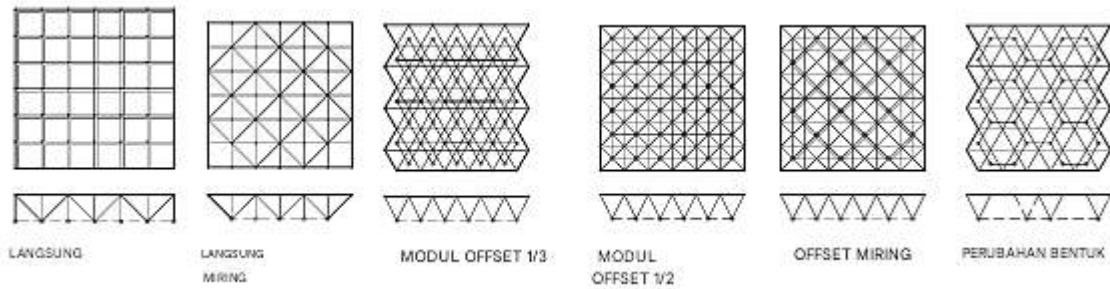
Sebagian besar rangka ruang dirancang untuk aplikasi tertentu, dan sebaiknya berkonsultasi dengan insinyur struktur dengan pengalaman khusus. Produsen dapat menyediakan berbagai kemampuan (beban, bentang, bentuk, detail khusus) untuk produk mereka. Tersedia rakitan struktur standar dalam modul 4 dan 5 ft. Rangka ruang logam tergolong konstruksi yang tidak mudah terbakar, dan biasanya dapat terbuka saat berada 20 ft di atas lantai. Namun, mungkin diperlukan peredam api atau rakitan langit-langit yang terukur. Lihat kode.

Pelapis akhir yang umum meliputi cat, poliester termoset, galvanis, baja tahan karat,

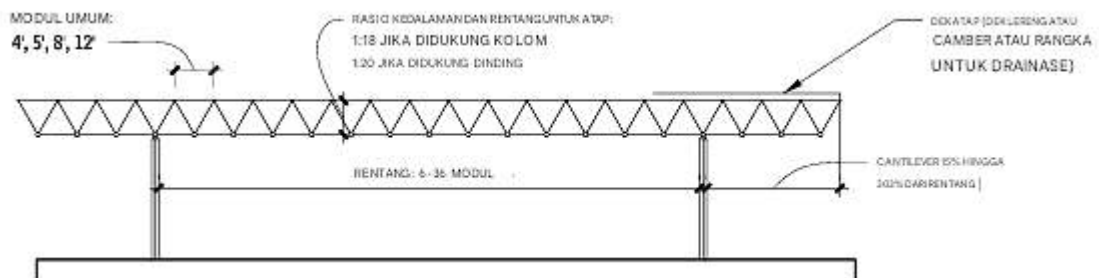
dan pelapisan logam. Pilihlah modul rangka ruang yang bentuknya sesuai dengan modul struktur (misalnya, modul persegi dengan denah ortogonal) dan ukurannya (kelipatan modul struktur), konsisten dengan batasan sistem antarmuka (misalnya, bentang maksimum dek atap atau jarak antar tiang sistem kaca), dan memenuhi efek spasial dan estetika dalam skala dan bentuk.



Gambar 2.107 Jenis dukungan



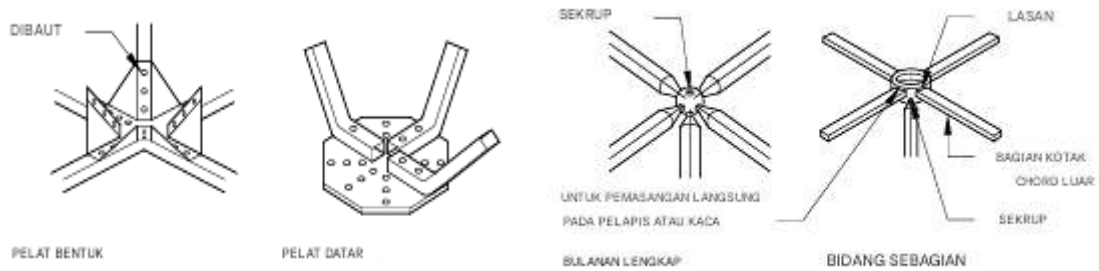
Gambar 2.108 Pola umum



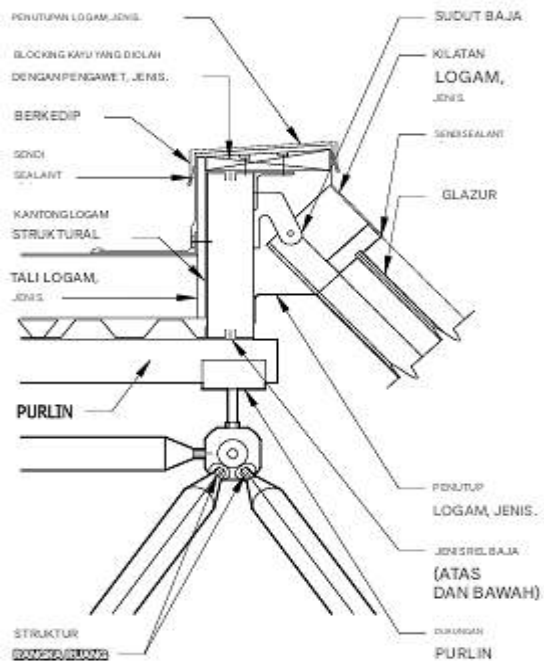
Gambar 2.109 Pemilihan dan karakteristik modul



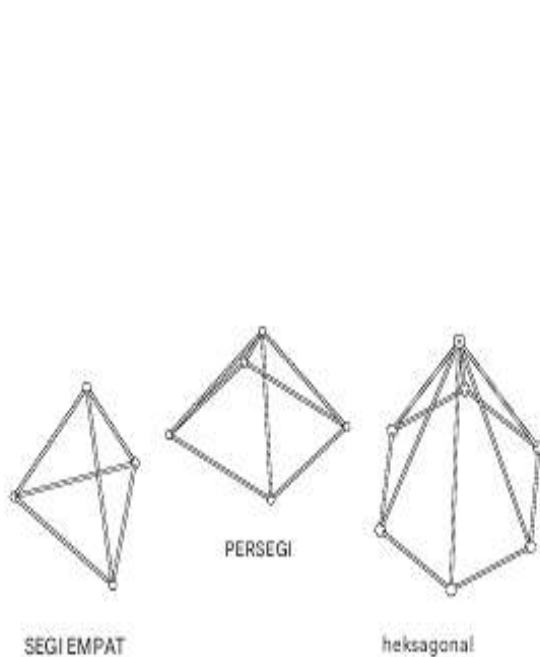
Gambar 2.110 Bentuk anggota



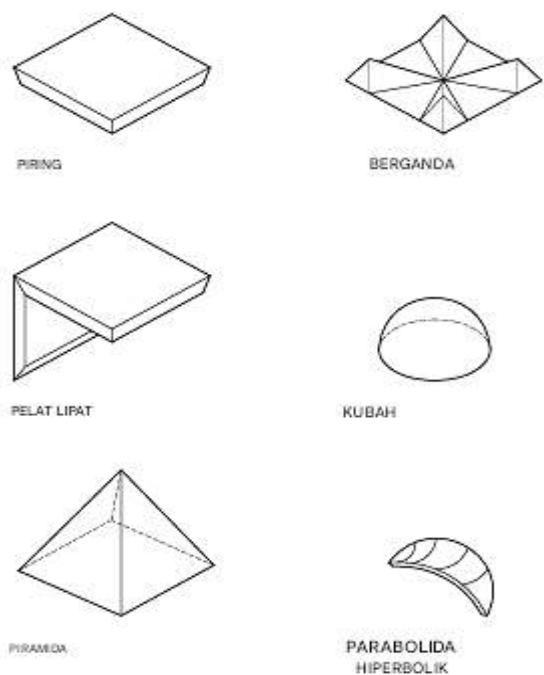
Gambar 2.111 Hubungan node



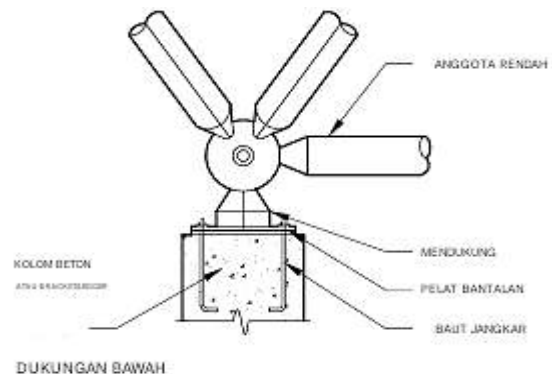
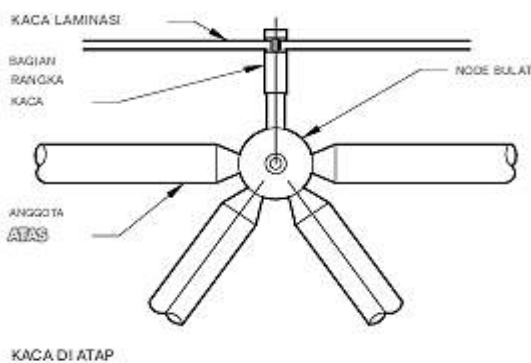
Gambar 2.112 Kaca miring



Gambar 2.113 Bentuk kotak



Gambar 2.114 Jenis bentuk rangka ruang



Gambar 2.115 Hubungan atap dan lantai

Rangka Atap Logam yang Dibentuk Dingin

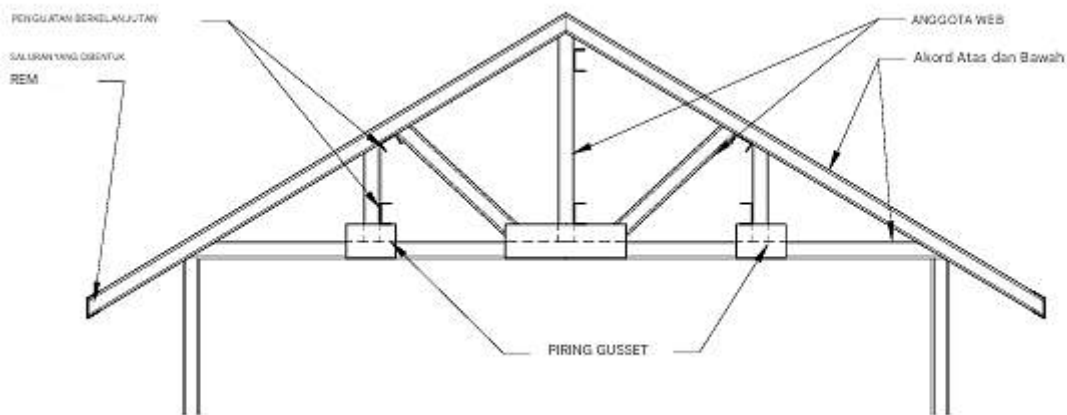
Anggota rangka baja yang dibentuk dingin (CFS) dapat digunakan untuk membingkai atap dengan cara yang pada dasarnya sama seperti kasau atau rangka kayu. Perhatikan bahwa jembatan termal dapat menjadi masalah di daerah beriklim dingin ketika anggota CFS tidak ditutupi oleh insulasi berkelanjutan. Demikian pula dengan rangka balok lantai logam yang dibentuk dingin, termasuk penggunaan desain yang didelegasikan, pertimbangan berikut harus diperhatikan saat menggunakan CFS untuk rangka atap:

- Rangka atap logam yang dibentuk dingin menggunakan anggota berbentuk C, dalam ukuran yang mendekati rangka kayu, dengan detail khusus untuk kondisi tumpuan miring.
- Rangka CFS ditata mirip dengan rangka balok kayu tradisional.
- Rangka atap CFS tersedia dalam hampir semua konfigurasi yang tersedia untuk rangka

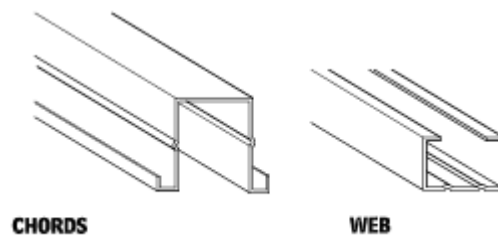
kayu.

- Sistem rangka atap yang eksklusif menggunakan berbagai bentuk untuk tali dan jaring yang dirancang untuk memungkinkan produktivitas yang lebih tinggi dalam fabrikasi dan pengoptimalan kinerja struktural. Umumnya tidak disarankan untuk merancang berdasarkan sistem tunggal, tetapi sebaliknya untuk menyediakan bentuk umum yang dapat disediakan oleh banyak fabrikator.

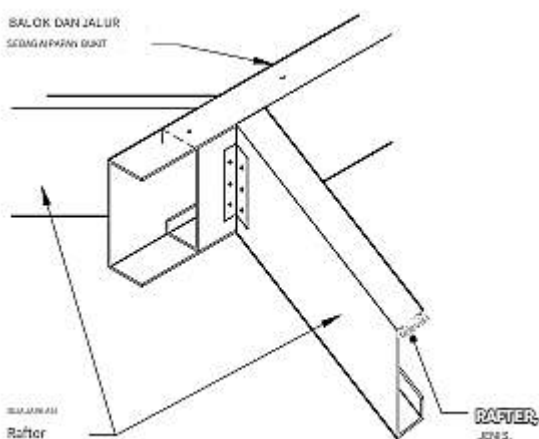
Rincian Rangka Atap Logam yang Dibentuk Dingin



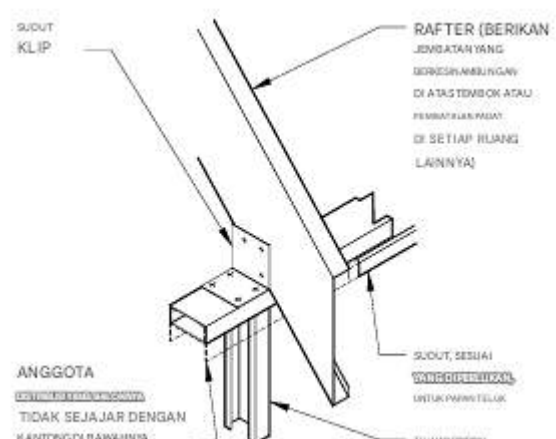
Gambar 2.116 Rangka atap baja yang dibentuk dingin



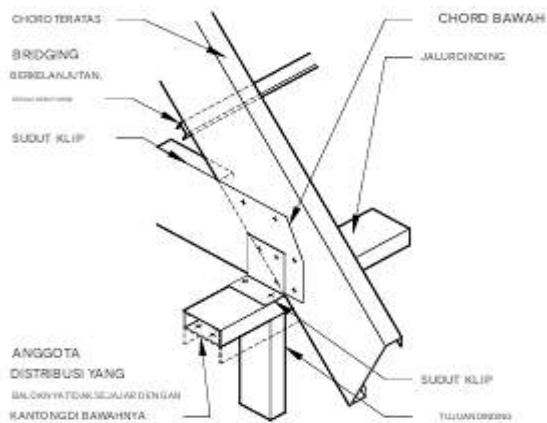
Gambar 2.117 Anggota web



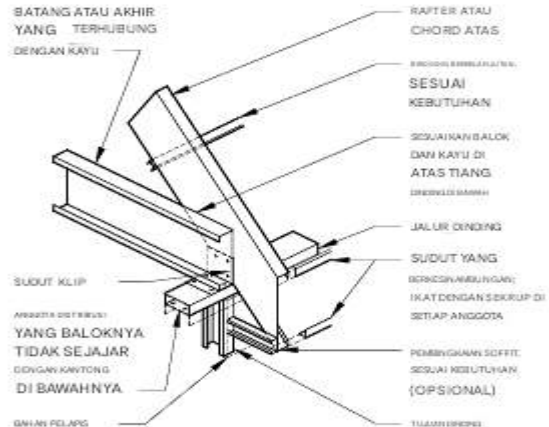
Gambar 2.118 Papan bukit



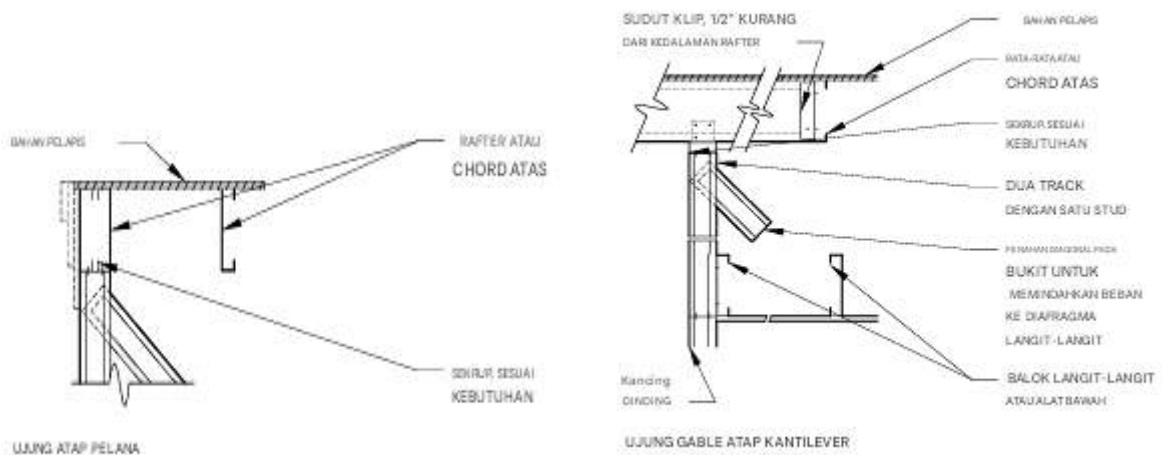
Gambar 2.119 Atap langit-langit katedral



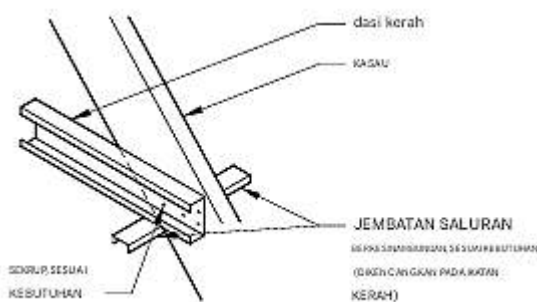
Gambar 2.120 Rangka atap eave detail



Gambar 2.121 Detail atap teriak



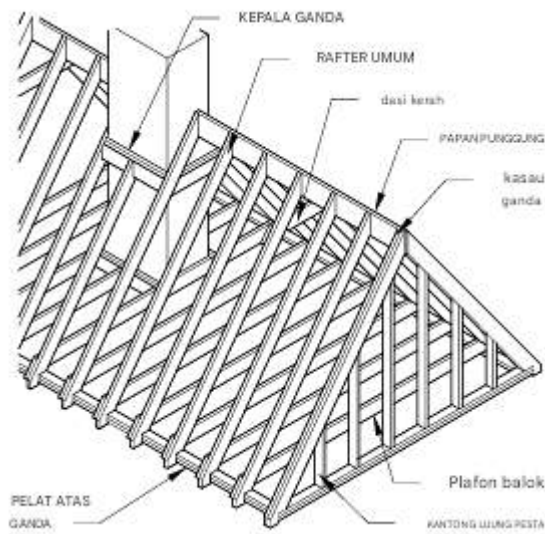
Gambar 2.122 Detail ujung atap



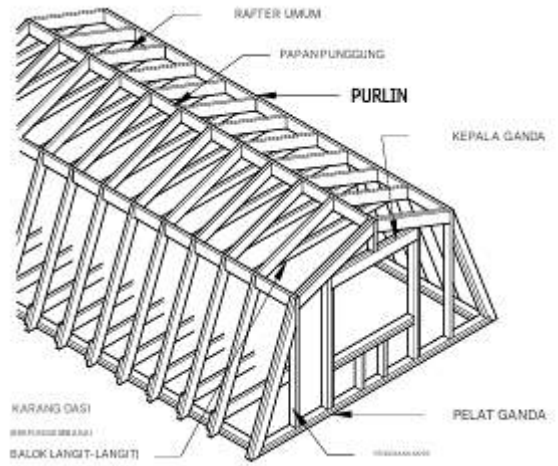
Gambar 2.123 Detail pengikat kerah

Detail Rangka Untuk Atap Kayu

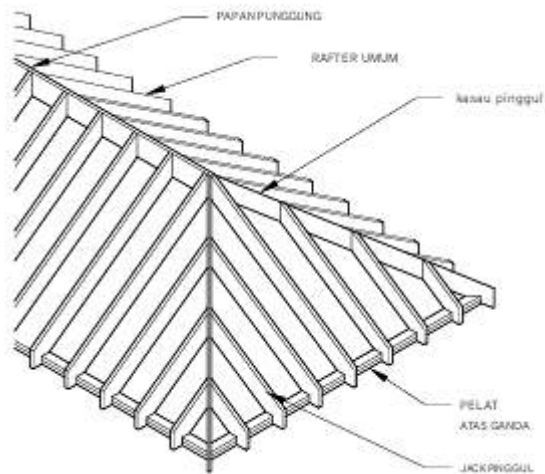
Gambar-gambar ini menggambarkan detail jenis rangka atap yang umum.



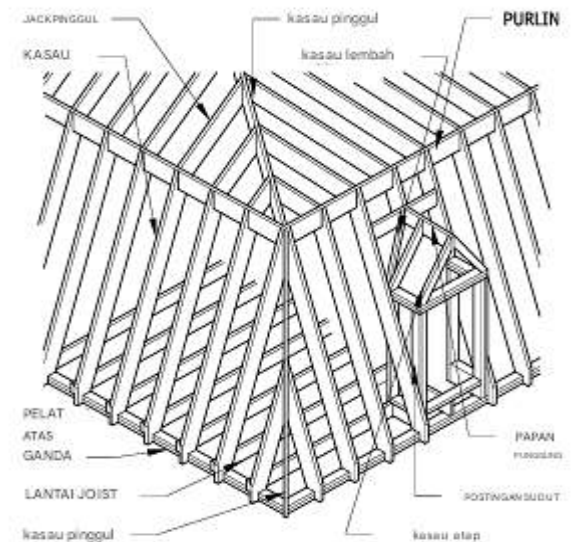
Gambar 2.124 Atap pelana



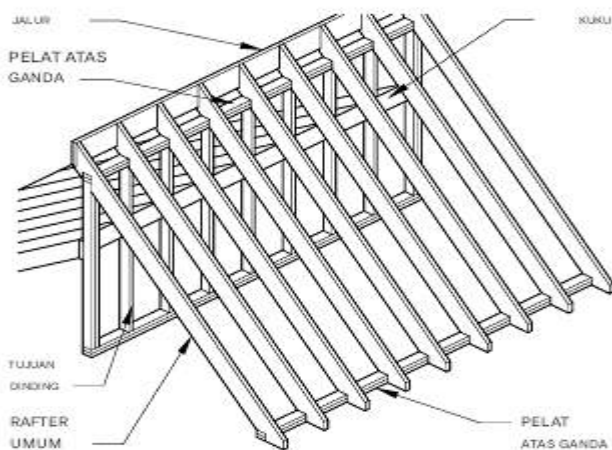
Gambar 2.125 Atap gambrel



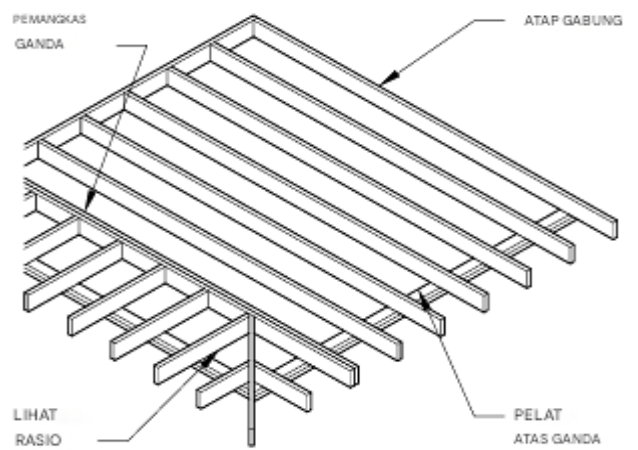
Gambar 2.126 Atap pinggul



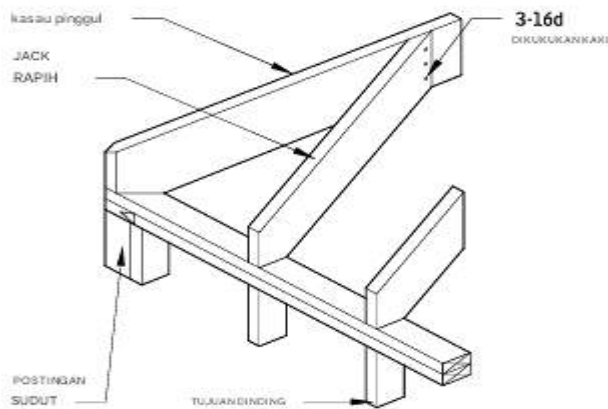
Gambar 2.127 Atap mansard



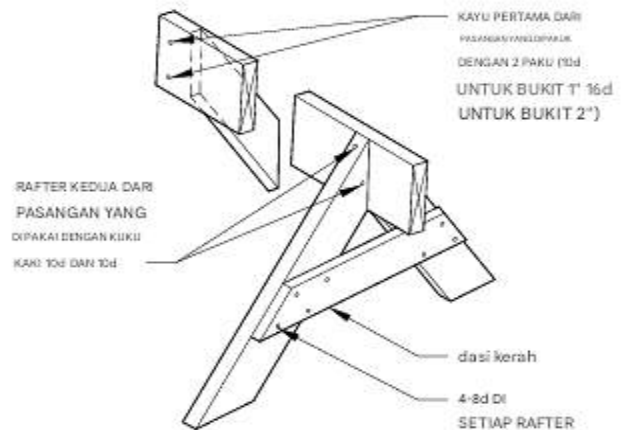
Gambar 2.128 Atap gudang



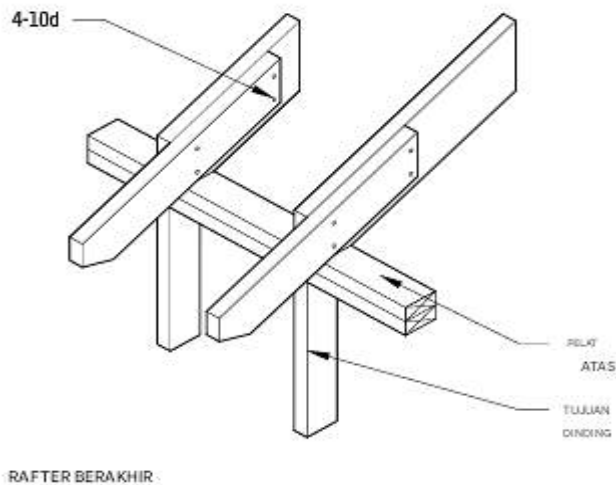
Gambar 2.129 Atap datar



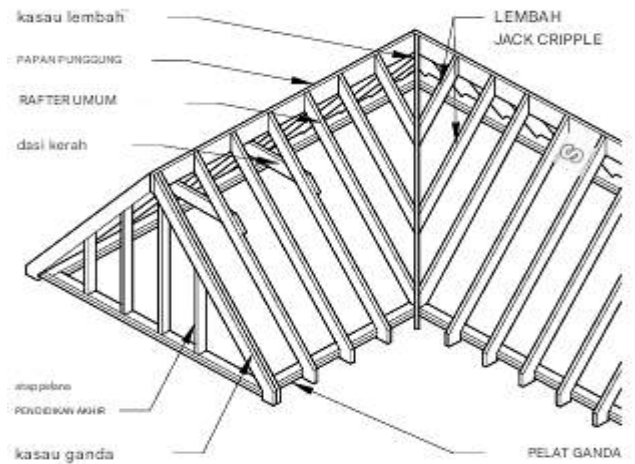
Gambar 2.130 Jack rafter



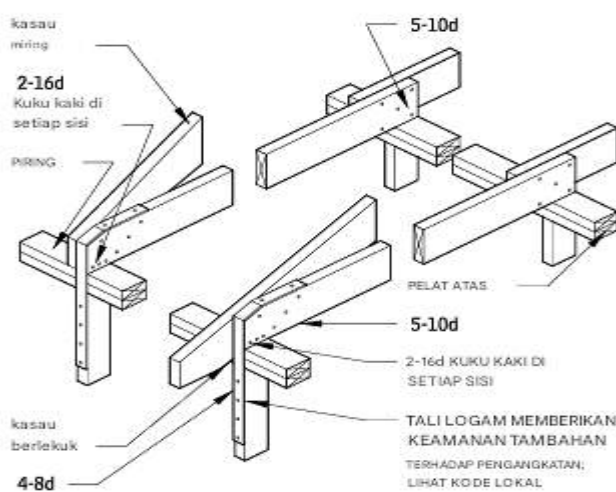
Gambar 2.131 Puncak atap



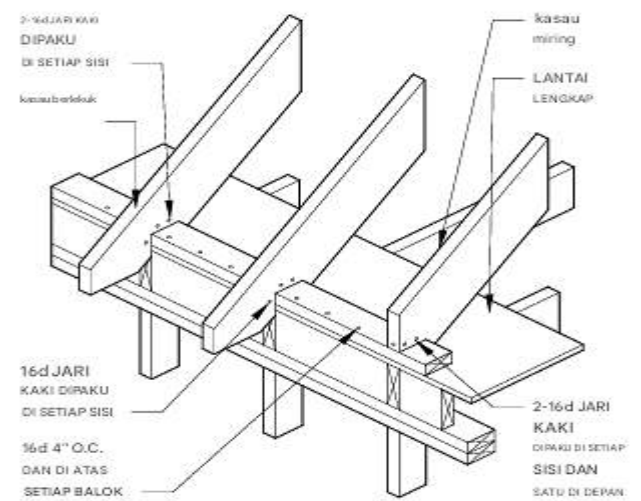
Gambar 2.132 Ekor rafter



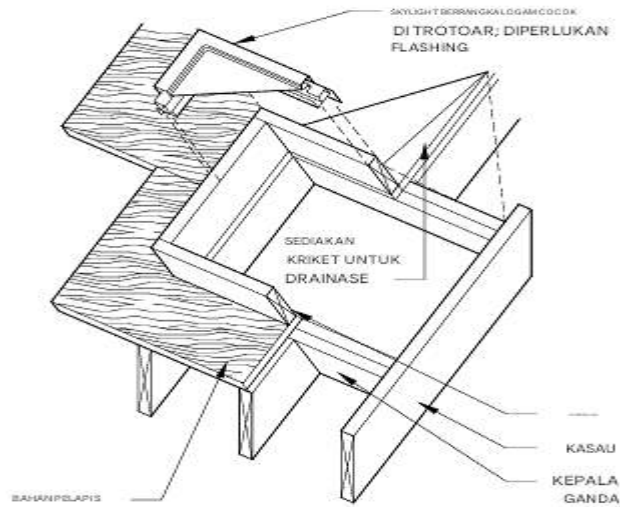
Gambar 2.133 Atap yang bersimpang



Gambar 2.134 Kasap dan balok langit-langit yang bersandar pada plat dinding

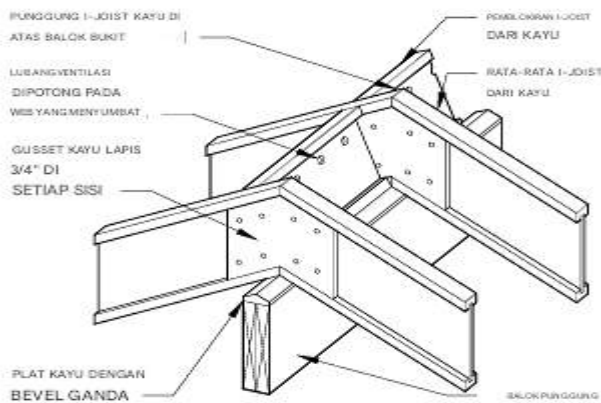


Gambar 2.135 Kasap bertaruh atau miring yang bersandar pada plat

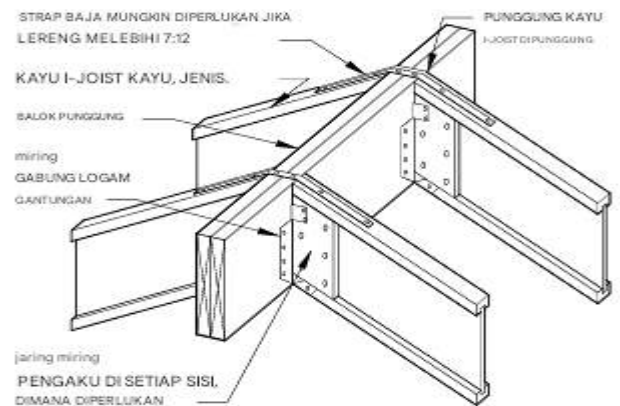


Gambar 2.136 batas untuk skylight

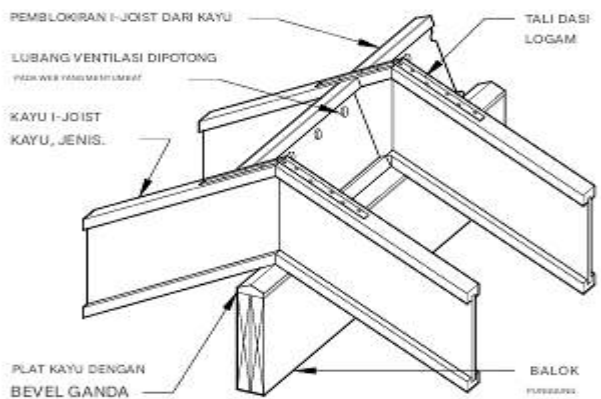
Detail Konstruksi I-Joist dari Kayu



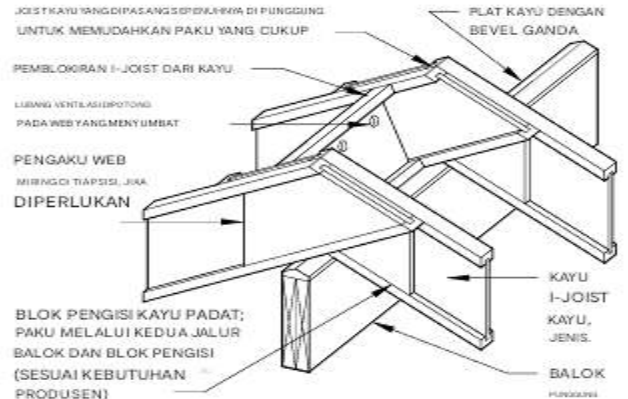
Gambar 2.137 Detail rata-rata i-joist dari kayu pada balok bukit



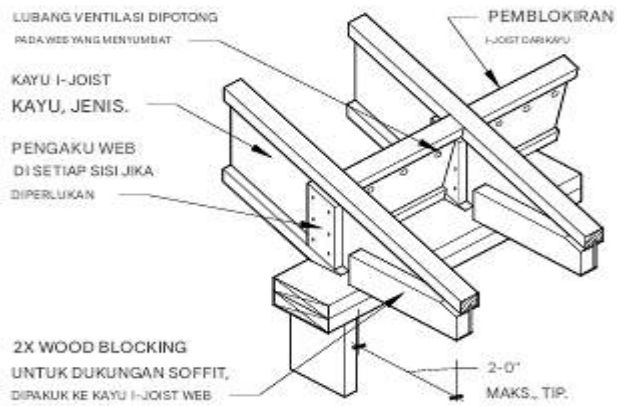
Gambar 2.138 Detail rata-rata i-joist dari kayu pada balok bukit



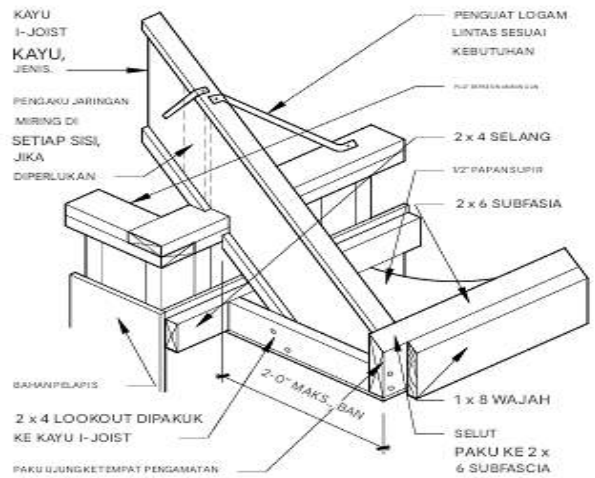
Gambar 2.139 Rata-rata kayu i-joist pada balok bukit detail



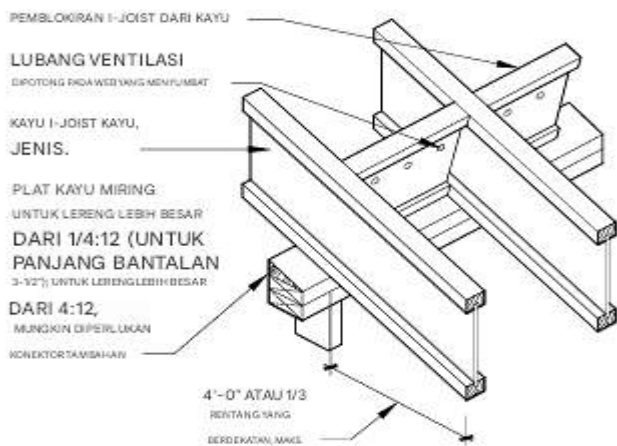
Gambar 2.140 Rata-rata kayu i-joist pada balok bukit



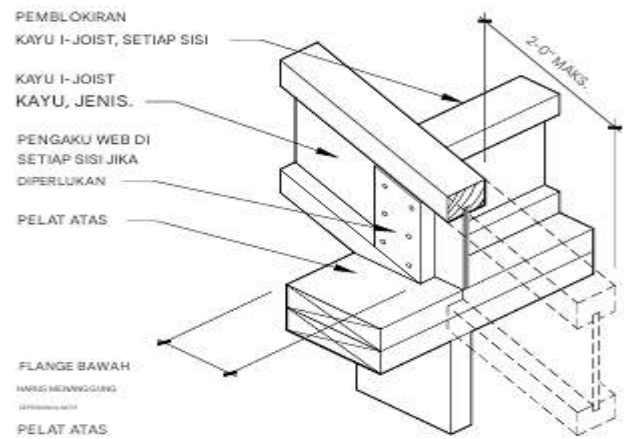
Gambar 2.141 Rata-rata kayu i-joint pada balok gantung



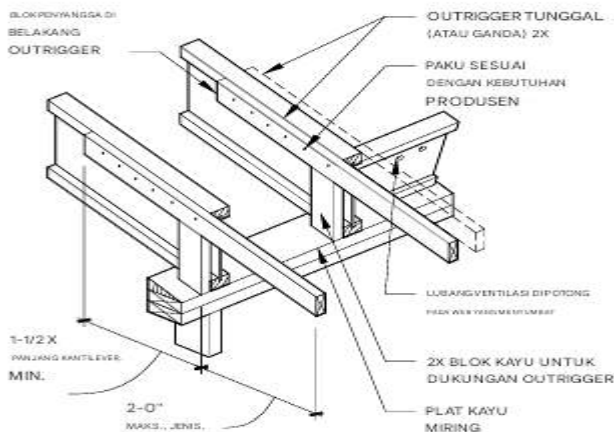
Gambar 2.142 Rantai kayu i-joint pada bagian yang menggantung



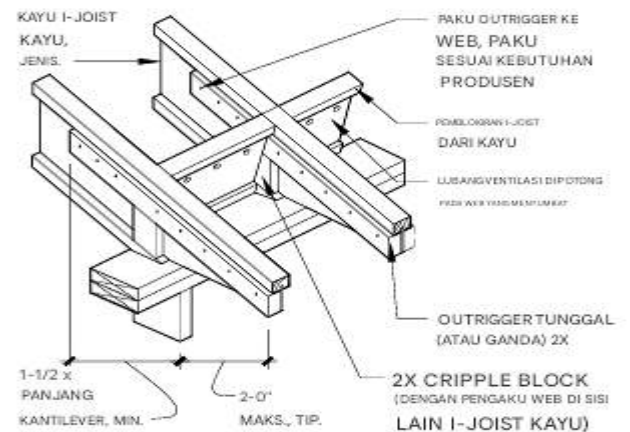
Gambar 2.143 Rantai kayu i-joint pada bagian yang menggantung



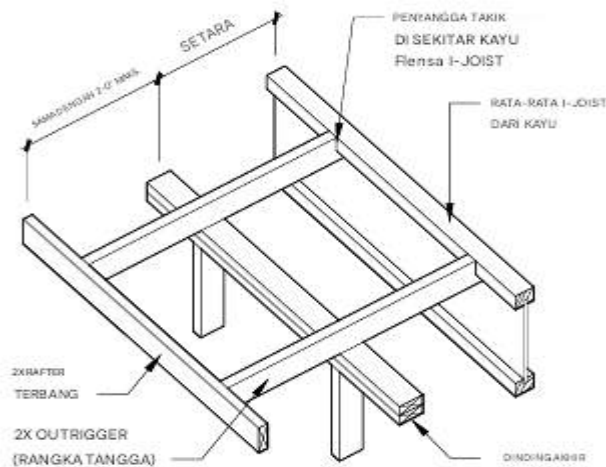
Gambar 2.144 Detail potongan rantai i-joint mulut burung



Gambar 2.145 Kayu I-Joist Rafter Dengan Outrigger



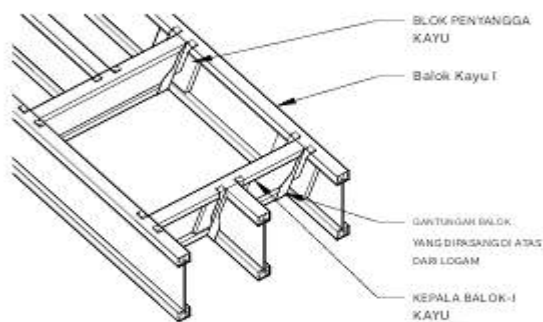
Gambar 2.146 Kayu I-Joist Rafter Dengan Outrigger



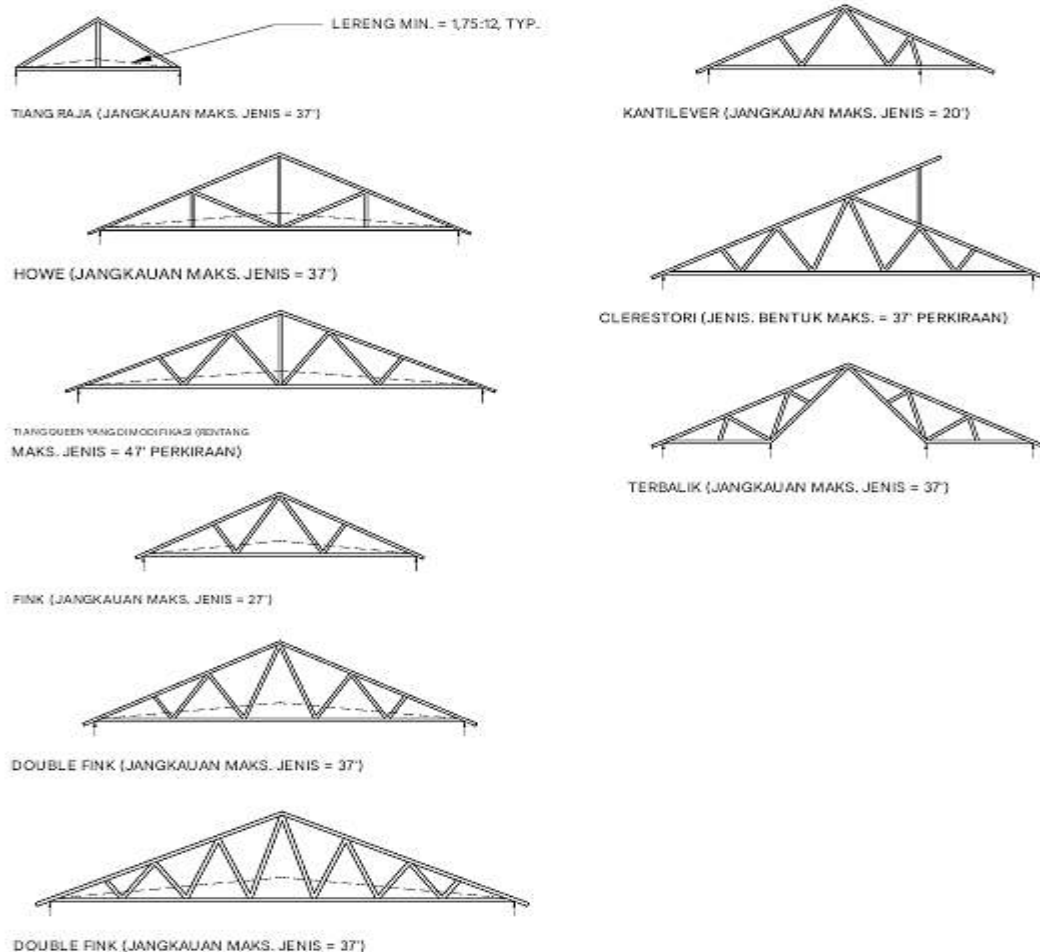
Gambar 2.147 Detail rafter terbang

Rangka Kayu yang Dipabrikasi di Bengkel

Rangka kayu yang dibuat di bengkel telah digunakan dalam konstruksi bangunan sejak tahun 1953, saat pelat penyambung logam ditemukan. Pelat logam tersedia dalam berbagai gaya dan orientasi gigi. Pelat logam dilubangi dengan duri yang mencengkeram rangka kayu, sehingga mengurangi paku tangan yang diperlukan untuk membuat struktur. Ukuran pelat untuk rangka tertentu didasarkan pada kombinasi kekuatan tarikan gigi pelat, kekuatan tarik dan geser baja, dan luas penampang bersih kayu.



Gambar 2.148 Detail rangka skylight i-joint dari kayu



Gambar 2.149 Rangka akord bernada

Sistem ini terutama digunakan untuk atap dengan rangka akord miring atau paralel. Kadang-kadang digunakan untuk lantai dengan rangka akord paralel. Rangka individual dipotong dari 2-kali-4-inci atau 2-kali-6-inci. dimensi kayu dan dapat diberi jarak 24 in. atau 48 in. o.c. Untuk konstruksi perumahan pada umumnya, digunakan jarak 24 in. o.c. Bentang yang sangat panjang dapat dibuat dengan rangka kayu yang dibuat di bengkel, sehingga memungkinkan ruang interior yang besar dan bebas hambatan yang sering dibutuhkan dalam jenis bangunan komersial, pertanian, dan bangunan nonperumahan lainnya.

Kemiringan dirancang hanya untuk beban mati: Kemiringan (in.) = Panjang (kaki)/60

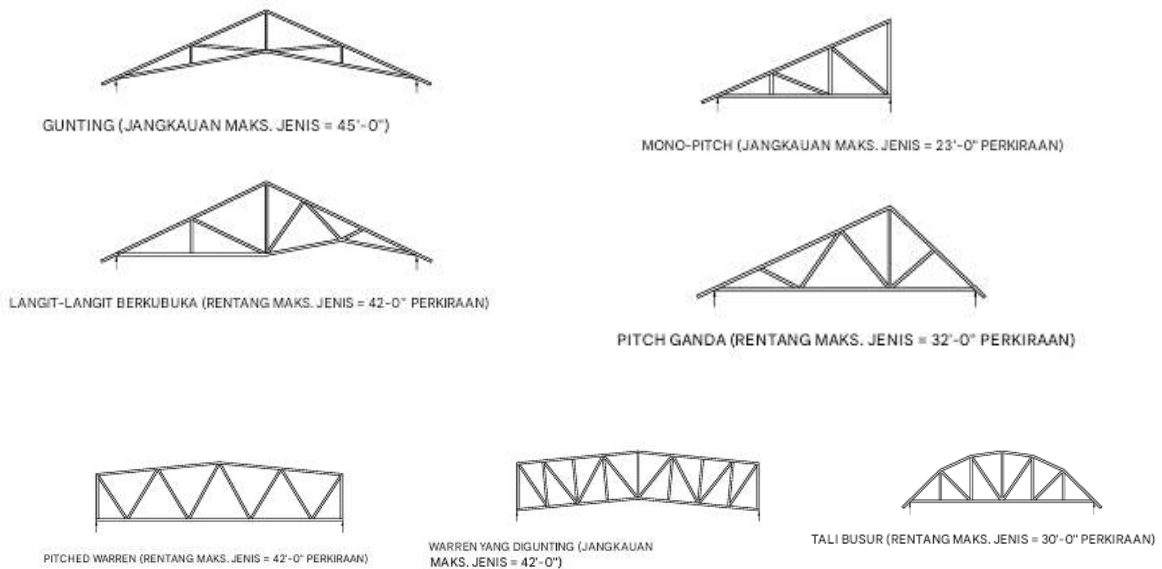
Penahan

Menyediakan penahan yang memadai untuk rangka sangat penting, baik selama pemasangan maupun sebagai komponen dari keseluruhan desain atap. Anggota rangka harus ditahan di tempatnya dengan penopang yang bertemu di sudut siku-siku. Tali rangka dan anggota web ditempatkan dalam posisi vertikal, tegak lurus, dan mempertahankan posisi itu, menahan beban desain yang diterapkan sepanjang umur struktur. Penahan dan penahan permanen diharapkan menjadi bagian integral dari konstruksi, dan penopang kuat sering

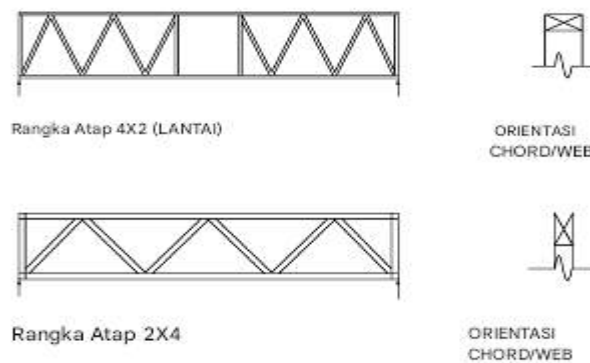
digunakan untuk tujuan ini. Pergerakan dengan derek dapat merusak rangka. Batang penyebar derek digunakan untuk menghindari tekukan "di luar bidang" ini. Pengerasan khusus dapat diterapkan pada rangka selama pemasangan.



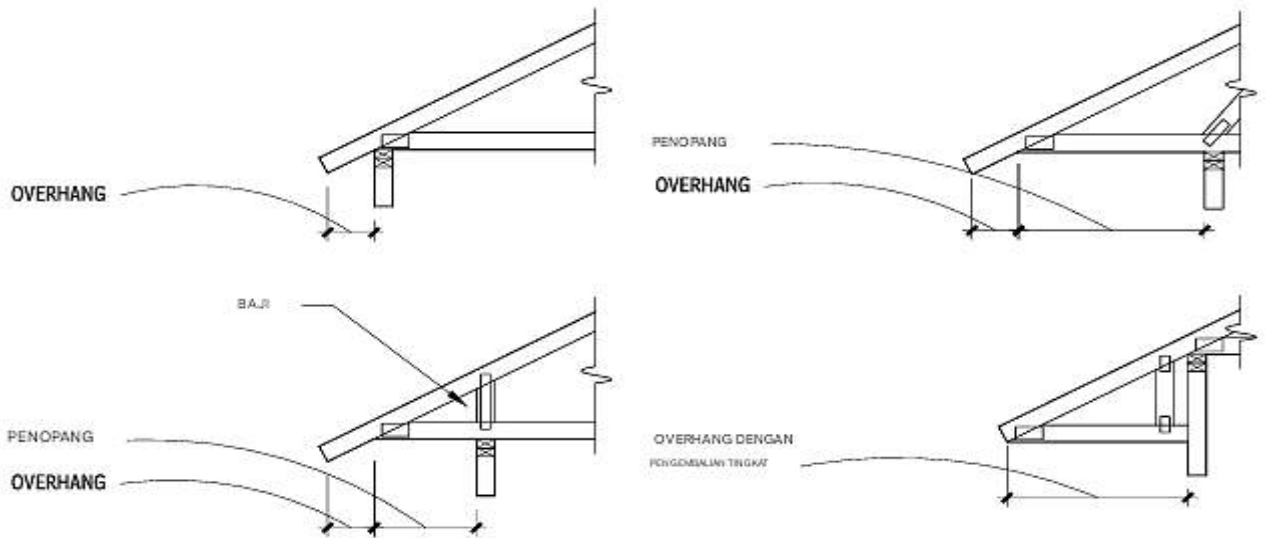
Gambar 2.150 Konektor plat logam umum



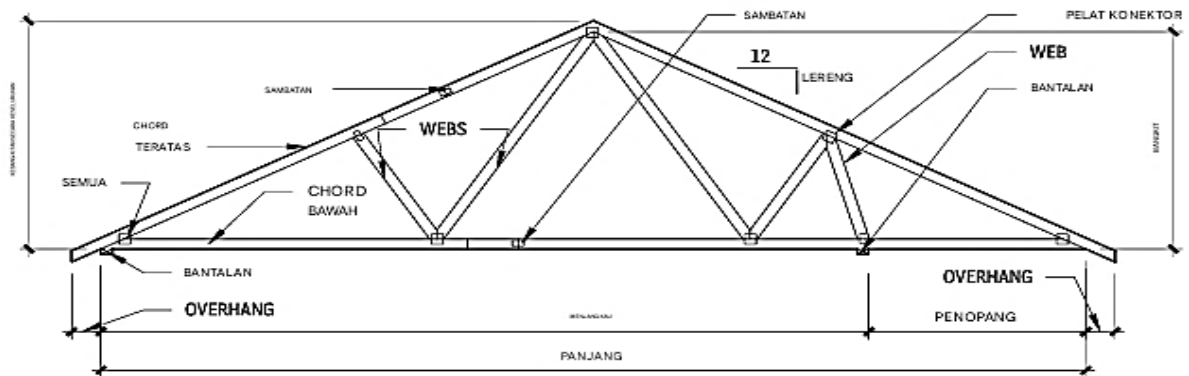
Gambar 2.151 Rangka pitch



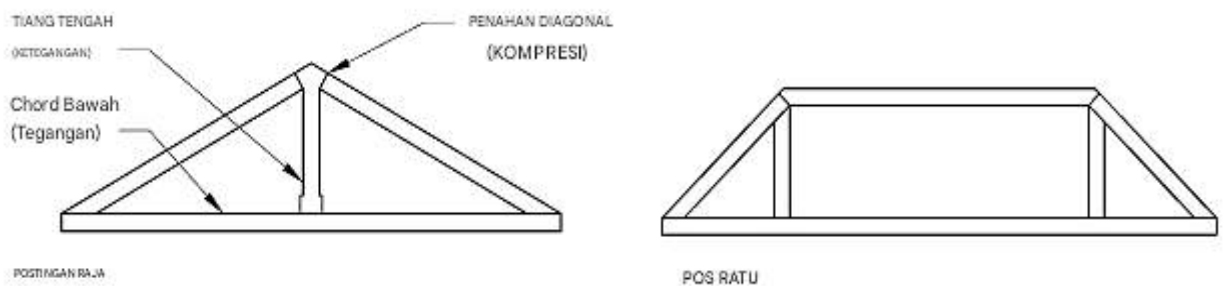
Gambar 2.152 Rangka paralel



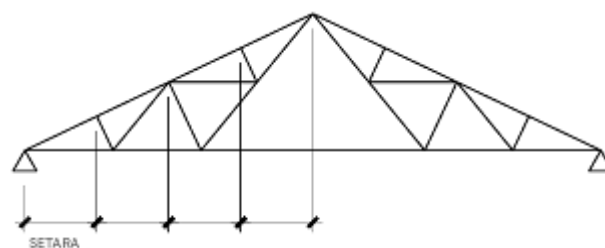
Gambar 2.153 Detail overhang



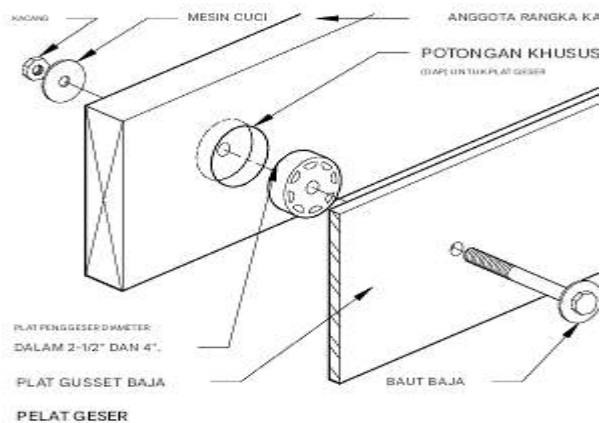
Gambar 2.154 Rangka atap chord miring umum



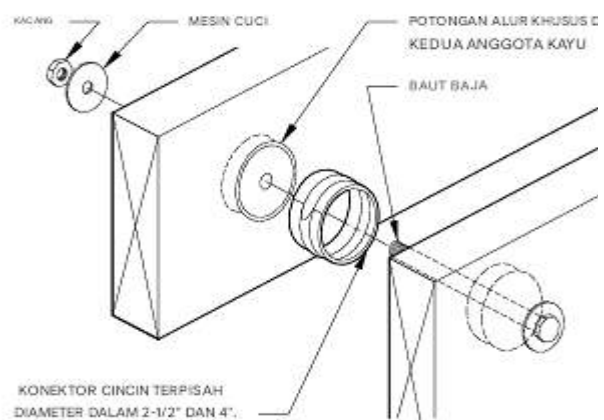
Gambar 2.155 Queenpost dan kingpost



Gambar 2.156 Rangka rumah tinggal



Gambar 2.157 Konektor



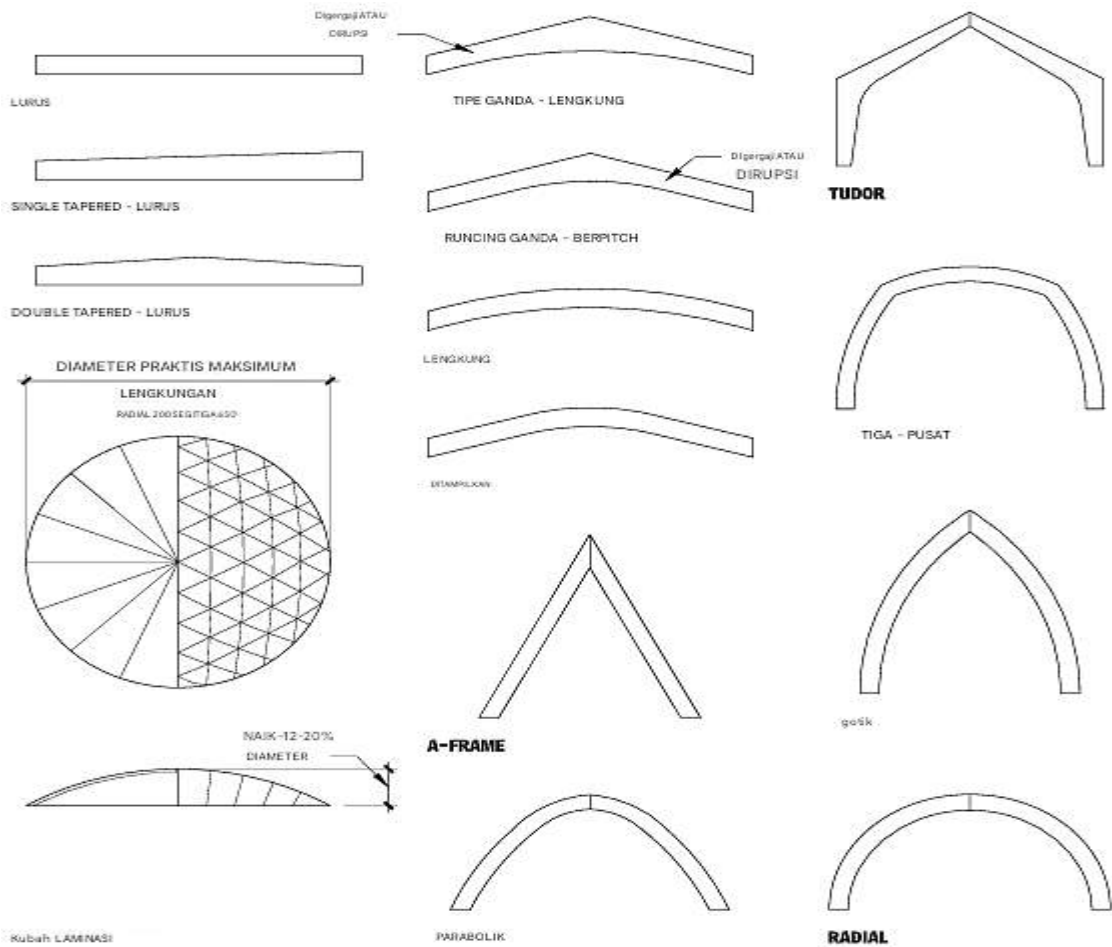
Gambar 2.158 Konektor cincin terpisah

- Rangka atap miring sangat ekonomis untuk bentang hingga 70 ft (dengan jarak rata-rata 15 ft), karena tiga alasan: ukuran anggotanya kecil, detail sambungannya relatif sederhana, dan rangka atapnya mudah dibuat. Semua rangka atap miring memerlukan penyangga lutut ke kolom atau beberapa ketentuan lain untuk menahan lateral terhadap angin atau gaya lain.
- Rasio bentang (l) terhadap kedalaman (d) yang umum untuk rangka atap Pratt, Howe, atau Belgian adalah 4 banding 6, yang memberikan kemiringan yang relatif normal 4:12 hingga 6:12. Rangka atap Fink lebih disukai di tempat yang kemiringannya curam (lebih dari 7:12). Rangka atap gunting dan jenis rangka atap miring dengan tali busur bawah yang ditinggikan lainnya digunakan untuk kondisi khusus di mana jarak bebas atau tampilan memerlukan tali busur bawah yang melengkung.

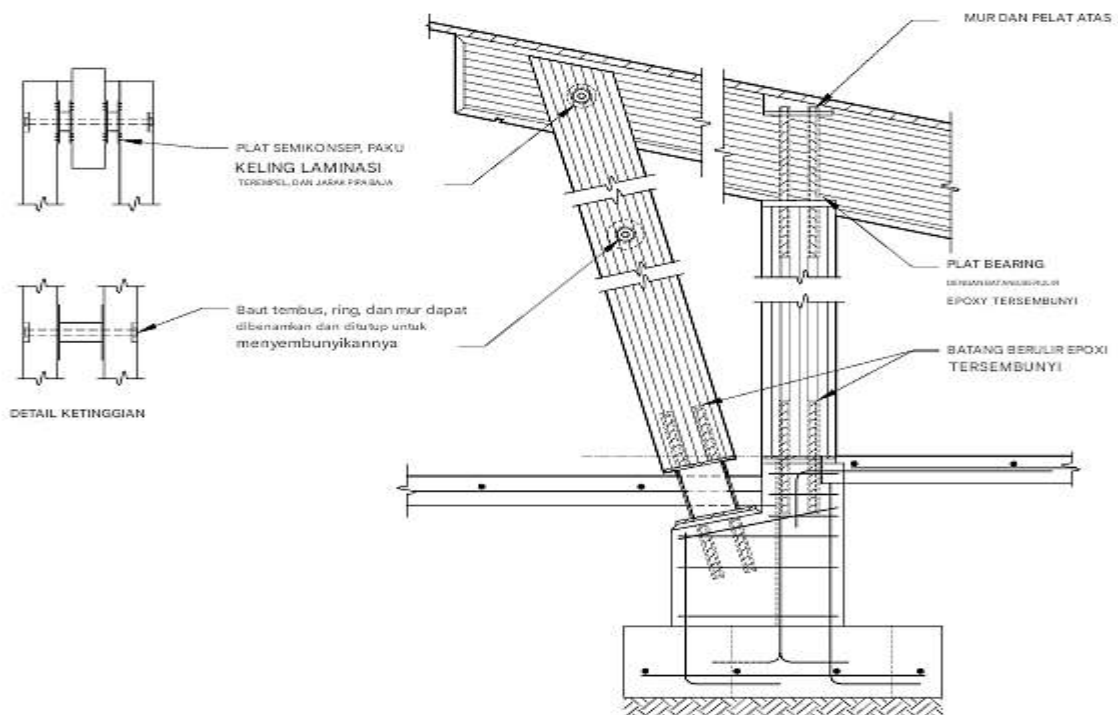
Konstruksi Laminasi dengan Pelapis

Saat memeriksa bentuk anggota struktural laminasi yang direkatkan, perhatikan hal berikut:

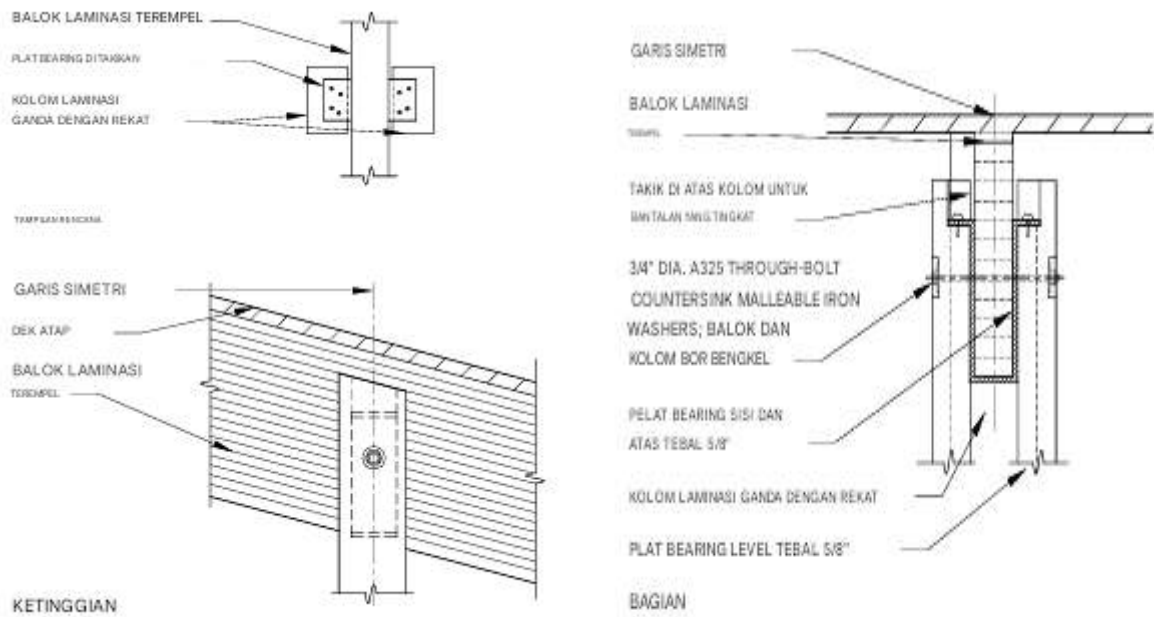
- Nama balok menggambarkan permukaan atas dan bawah balok. Permukaan miring atau bernada harus digunakan pada sisi tegangan balok.
- Lengkungan dan rangka berengsel tiga yang ditunjukkan pada Gambar 2.175 menghasilkan reaksi horizontal yang memerlukan ikatan horizontal atau fondasi yang dimodifikasi.
- Lengkungan segitiga dan radial adalah dua jenis dasar sistem kubah kayu laminasi yang direkatkan secara struktural yang tersedia. Keduanya memerlukan cincin tegangan pada garis pegas kubah untuk mengubah gaya dorong aksial menjadi beban vertikal. Pertimbangan harus diberikan pada desain balok ikatan perimeter, karena gaya angin akan menghasilkan beban pada anggota ini. Panjang anggota utama sistem lengkung radial, yang harus membentang lebih dari setengah diameter kubah, membatasi diameter kubah praktis maksimum. Anggota kubah segitiga yang jauh lebih kecil menghasilkan diameter yang lebih besar. Sistem segitiga dapat dirancang untuk lima segmen atau lebih, dengan jumlah penopang perifer yang sama di setiap segmen.



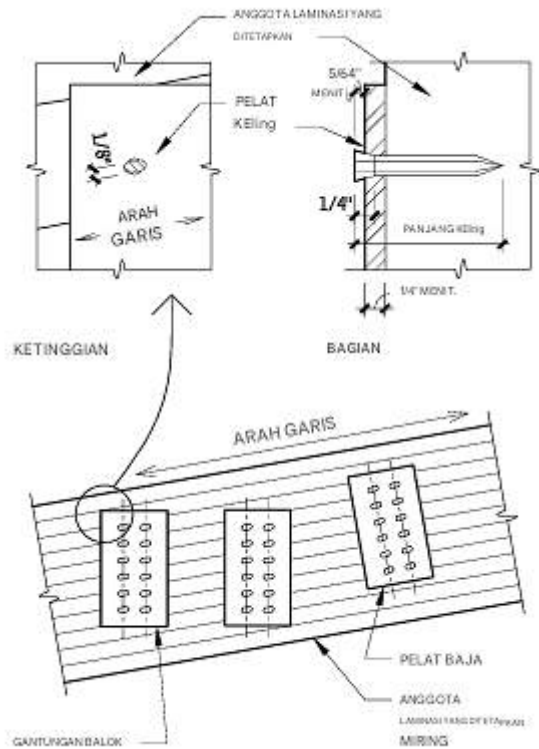
Gambar 2.159 Bentuk laminasi dengan pelapis structural



Gambar 2.160 Kolom laminasi terpasang dengan balok atap

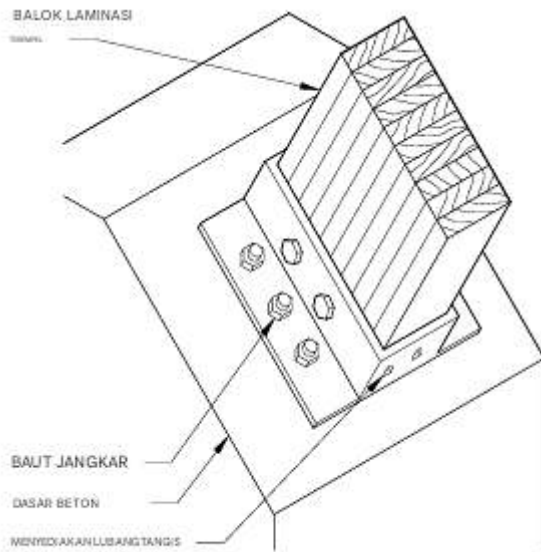


Gambar 2.161 Balok laminasi terempel/kolom ganda tersembunyi

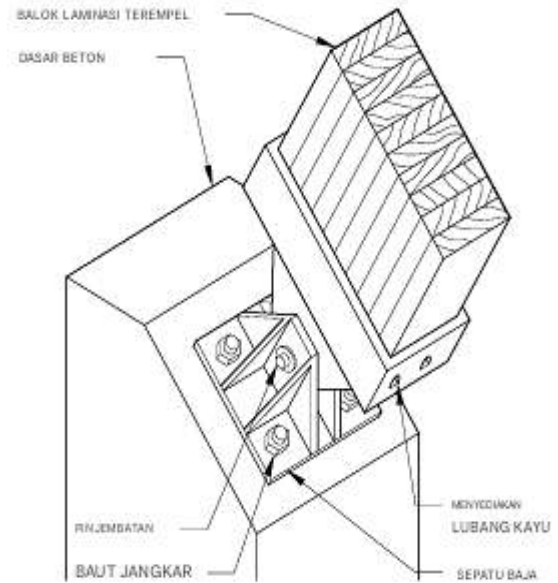


Gambar 2.162 Detail sambungan paku keling yang dilaminasi dengan lem dan pemasangan

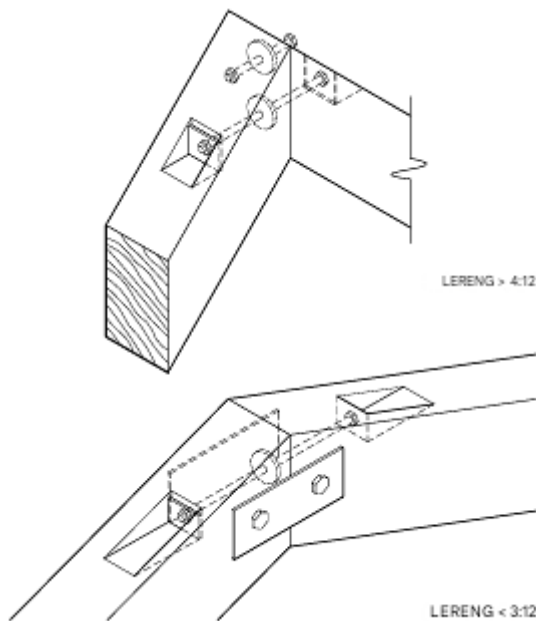
Konstruksi Laminasi dengan Pelapis: Sambungan



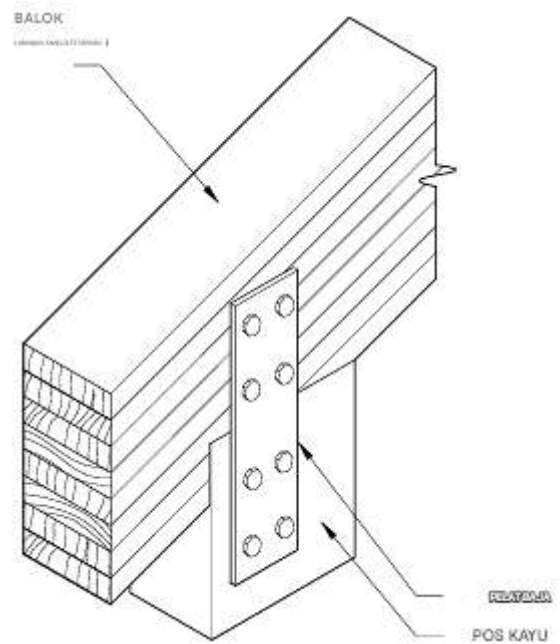
Gambar 2.163 Penahan lengkung tetap



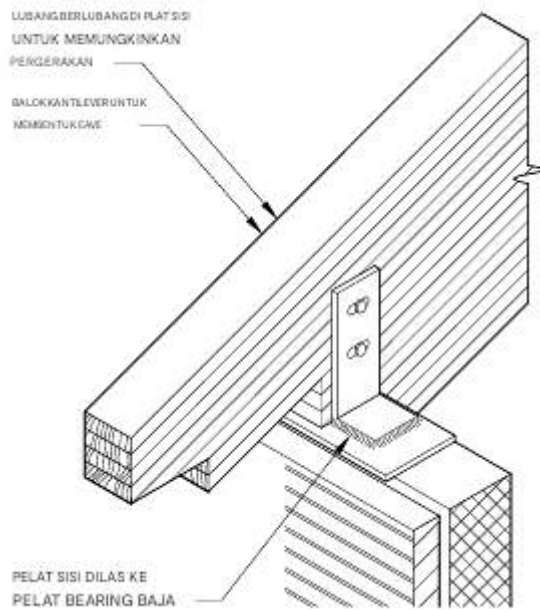
Gambar 2.164 Penahan engsel sejati untuk lengkungan



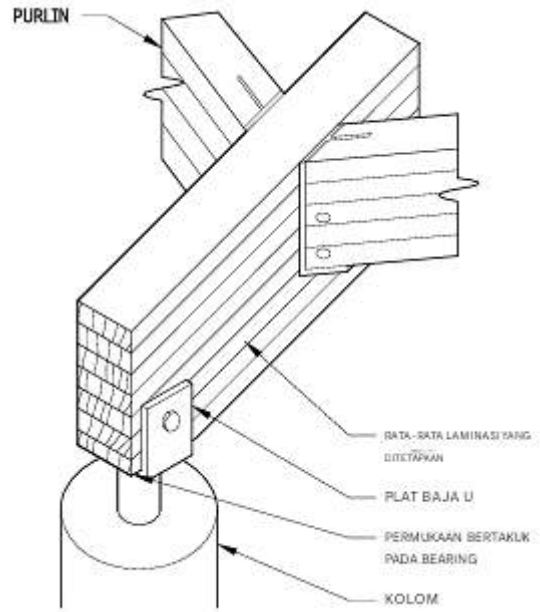
Gambar 2.165 Koneksi puncak lengkung



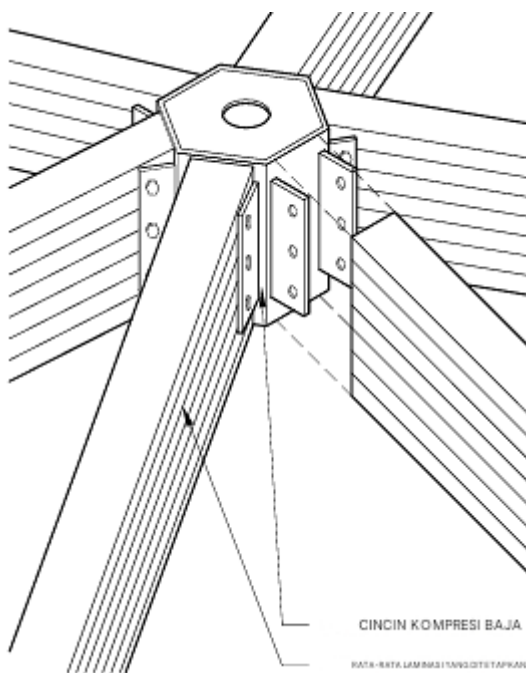
Gambar 2.166 Kondisi rafter ke kolom



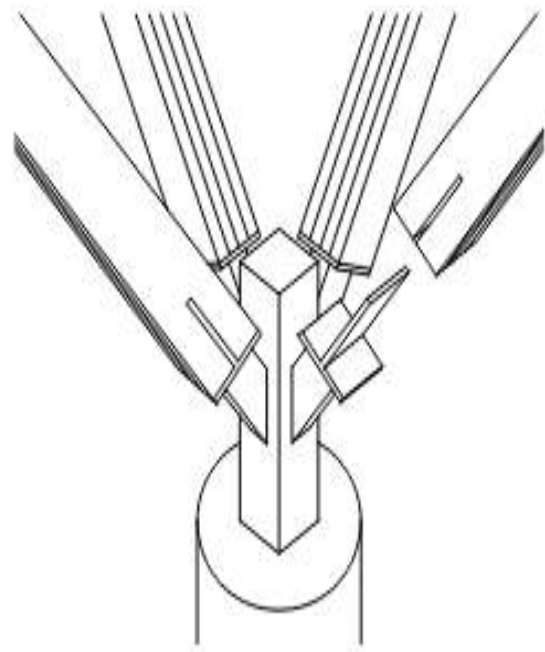
Gambar 2.167 Rangka ke dinding penopang



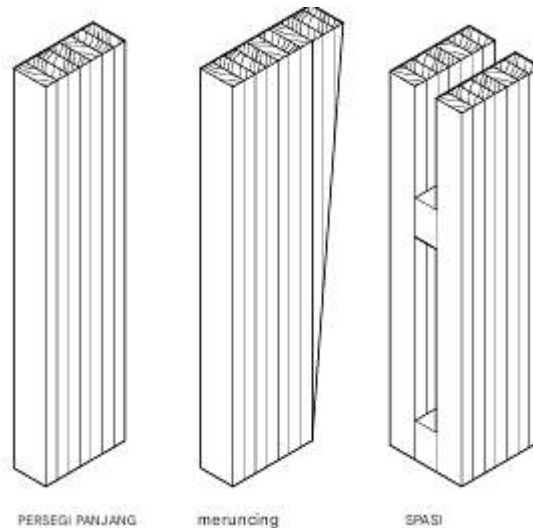
Gambar 2.168 Kondisi penompak bertaruhan



Gambar 2.169 Kotak kompresi baja



Gambar 2.170 Sambungan khusus



Gambar 2.171 Kolom laminasi yang ditetapkan

2.7 PELAT ATAP

Bagian ini membahas jenis-jenis umum pelat atap, termasuk pelat logam, pelat atap beralur, dan pelat atap rangka kayu.

Pelat Atap Logam

Beberapa jenis pelat atap logam yang tersedia meliputi:

- Pelat atap
- Pelat komposit
- Bentuk permanen untuk pelat beton yang dapat menopang sendiri
- Saluran masuk (komposit atau nonkomposit)
- Pelat logam akustik
- Pelat seluler akustik (komposit atau nonkomposit)
- Pelat atap berventilasi (digunakan dengan isian beton isolasi ringan)

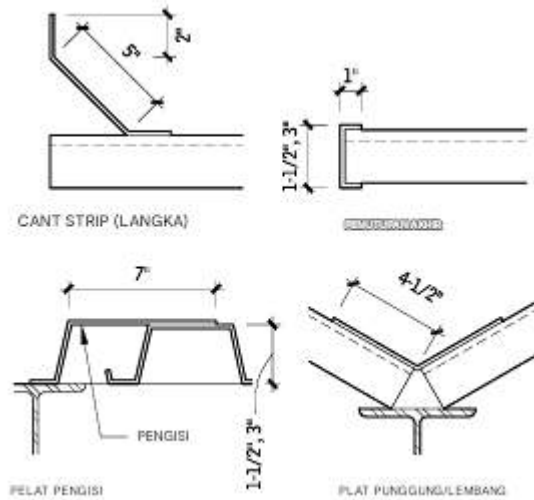
Pemasangan dan Desain

Pelat atap logam harus diamankan ke penyangga, umumnya dengan cara pengelasan yang dibuat melalui pelat ke baja penyangga. Lembaran baja yang lebih ringan dari pengukur 22 harus diamankan dengan menggunakan ring las. Tumpang tindih samping antara lembaran dek yang berdekatan harus diamankan dengan jahitan berdiri dengan penusuk kancing, pengelasan, atau sekrup, sesuai dengan rekomendasi pabrik pembuat.

Deck yang digunakan sebagai diafragma lateral harus dilas ke penyangga baja di sekeliling seluruh perimeternya untuk memastikan pengembangan aksi diafragma. Persyaratan yang lebih ketat dapat mengatur ukuran dan/atau jarak pemasangan ke penyangga dan pengencang atau las tumpang tindih samping. Pemilihan dek atap harus mempertimbangkan beban konstruksi dan pemeliharaan, serta kapasitas untuk mendukung beban hidup yang didistribusikan secara merata. Konsultasikan rekomendasi Steel Deck Institute dan persyaratan Factory Mutual Global.

Peralatan mekanis yang dipasang di atap yang berat tidak boleh diletakkan langsung di

dek atap logam. Peralatan di trotoar harus ditopang langsung pada anggota struktural utama dan tambahan, dan dek harus ditopang di sepanjang semua tepi bebas. Barang-barang berat seperti menara pendingin yang harus ditinggikan harus ditopang langsung ke anggota struktural di bawah dek.

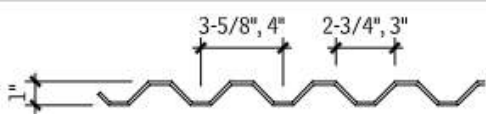
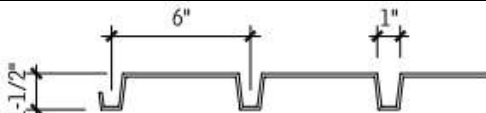
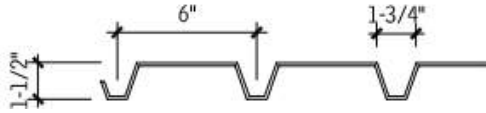


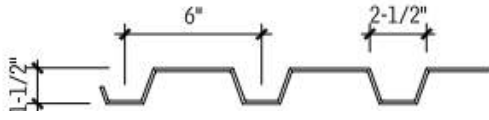
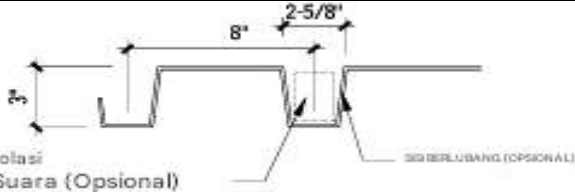
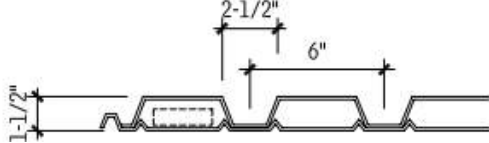
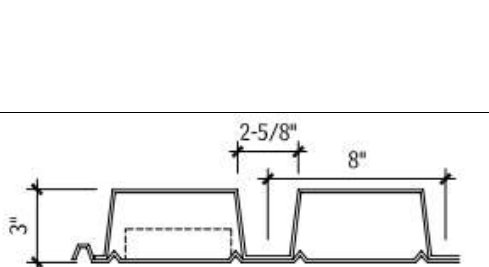
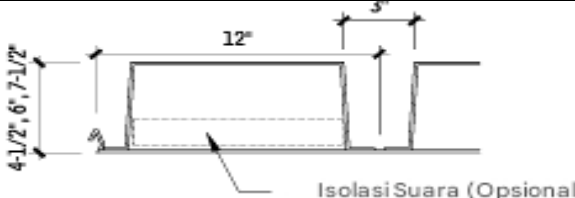
Gambar 2.172 Aksesoris dek atap

Peringkat Ketahanan Api

Peringkat ketahanan api untuk rakitan atap diterbitkan oleh otoritas Kode, Underwriters Laboratories, dan Factory Mutual. Peringkat ketahanan api dapat dicapai dengan berbagai metode termasuk pelapisan tahan api, langit-langit akustik berperingkat, dan penutup papan gipsum.

Tabel 2.173 Bukaian di dek

Type	Profile	Remark	Span	Lebar	Panjang Maksimum
Ekonomi		Dek paling ekonomis untuk bentang pendek; gunakan dengan insulasi 1" atau lebih	2'6" – 8'0"	32" – 33"	42'0"
Tulang rusuk sempit (lebar 1")		Gunakan dengan insulasi 1/2"; luas permukaan maksimum di atas untuk menempelkan insulasi	4'0" – 11'0"	36"	42'0"
Tulang rusuk tengah (lebar 1-3/4")		Gunakan dengan insulasi 1".	4'0" – 11'0"	36"	42'0"

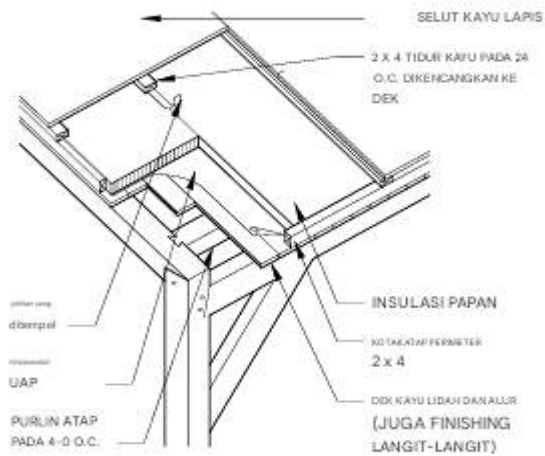
Tulang rusuk lebar (lebar 2-1/2")		Gunakan dengan insulasi 1".	5'0" – 12'0"	36"	42'0"
Akustik dek logam		Jenis berlubang hanya untuk penyerapan suara	10'0" – 20'0"	24"	42'0"
Perakitan dek lintasan balap		Untuk digunakan sebagai jalur listrik atau sebagai langit-langit akustik; pelat bawah dilubangi untuk penyerapan suara	9'0" – 12'0"	24"	40'0"
Perakitan dek lintasan balap			10'0" – 13'0"	24"	40'0"
Perakitan dek lintasan balap			32'0" – 20'0"	24"	30'0"

Kelebihan dari Dek Atap Logam

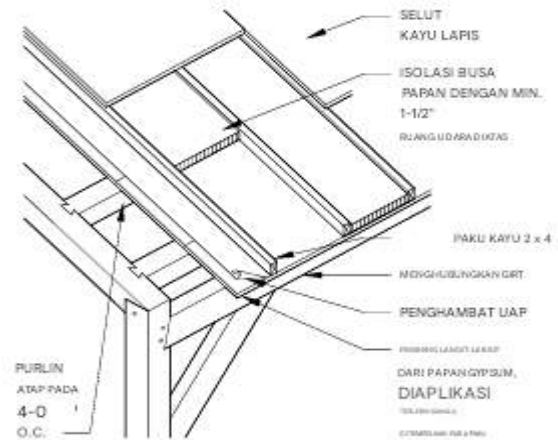
Ada sejumlah keuntungan menggunakan dek atap logam:

- Rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi mengurangi beban mati atap.
- Dapat didirikan di sebagian besar kondisi cuaca.
- Tersedia berbagai kedalaman dan pola rusuk.
- Perawatan akustik dimungkinkan.
- Dapat berfungsi sebagai dasar untuk insulasi dan atap.
- Peringkat api dapat diperoleh dengan rakitan standar.
- Dapat menyediakan diafragma lateral.
- Dapat didirikan dengan cepat dan ekonomis.
- Penggunaannya memudahkan dan ekonomis untuk membuat lereng atap untuk drainase saat dipasang di atas baja struktural miring.

Deking Atap Rangka Kayu

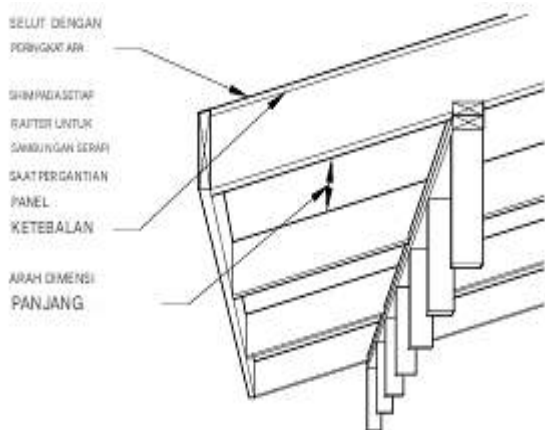


Gambar 2.176 Pasang kayu dan langit-langit lidah dan alur pada balai atap

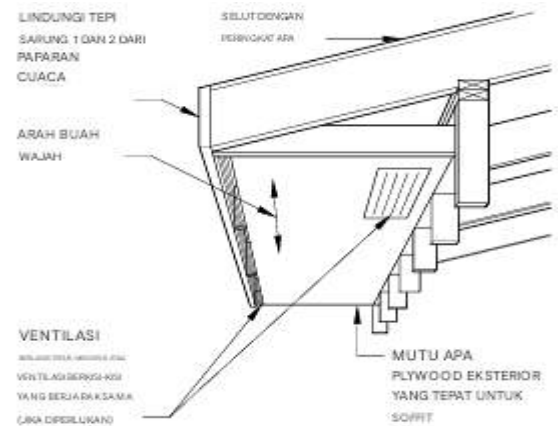


Gambar 2.177 Paku kayu pada balai atap

Pelapis dan Panel Atap



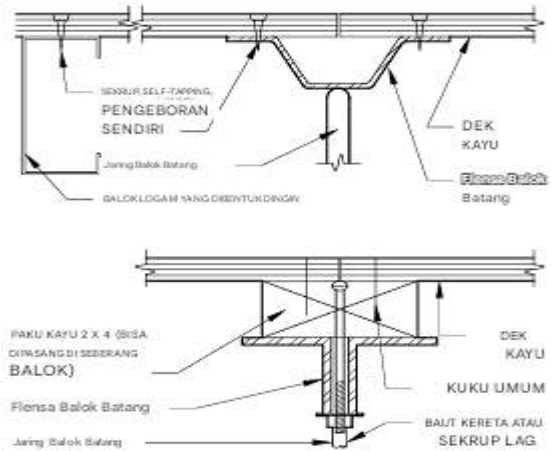
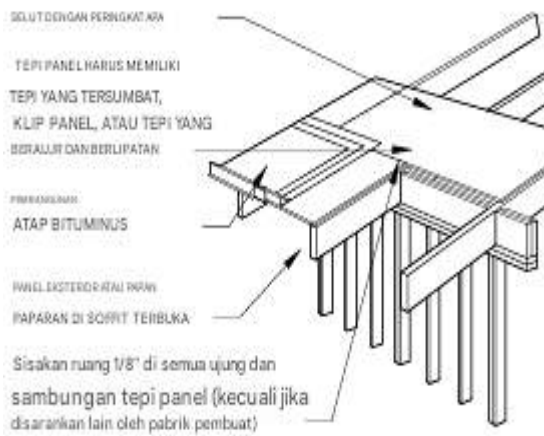
Gambar 2.178 Soffit terbuka



Gambar 2.179 Soffit tertutup



Gambar 2.180 Atap pelana

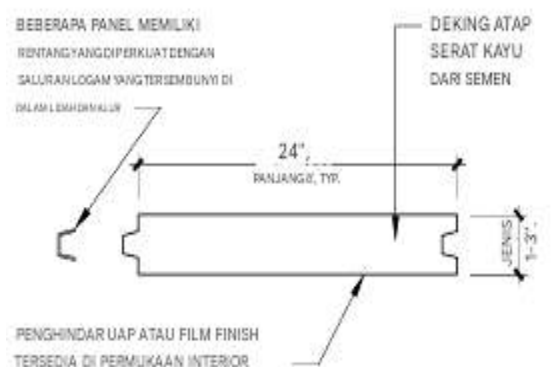
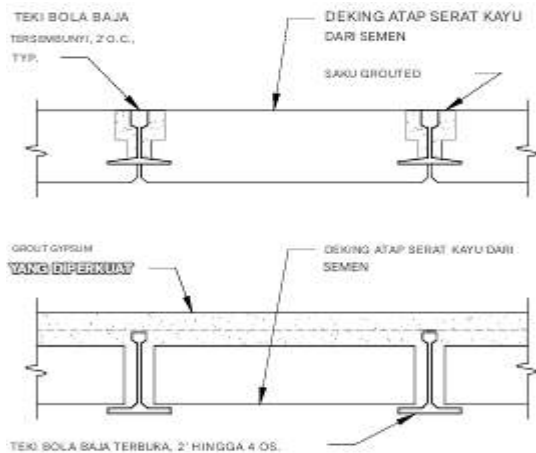


Gambar 2.181 Atap datar rendah

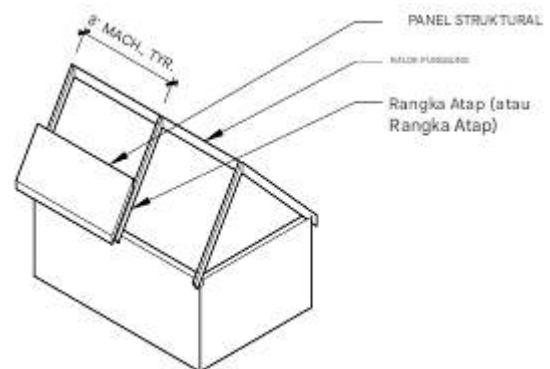
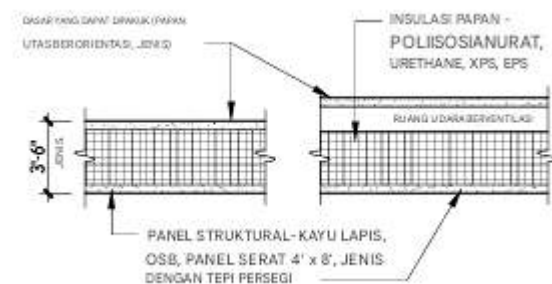
Gambar 2.182 Sambungan ke balok baja

Dek Atap Cor

Panel semen dapat digunakan sebagai pengganti papan untai berorientasi (OSB)/kayu lapis untuk konstruksi yang tidak mudah terbakar.



Gambar 2.183 Dek atap cor

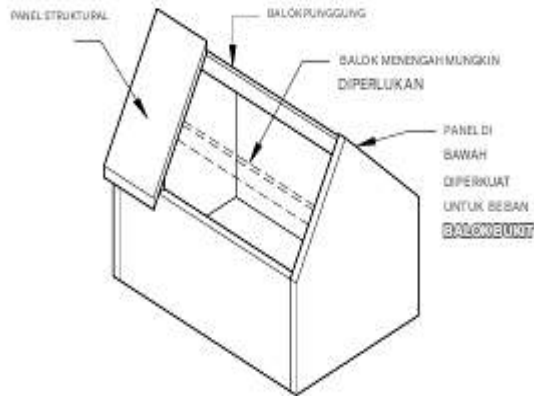


Gambar 2.184 Panel berinsulasi struktural

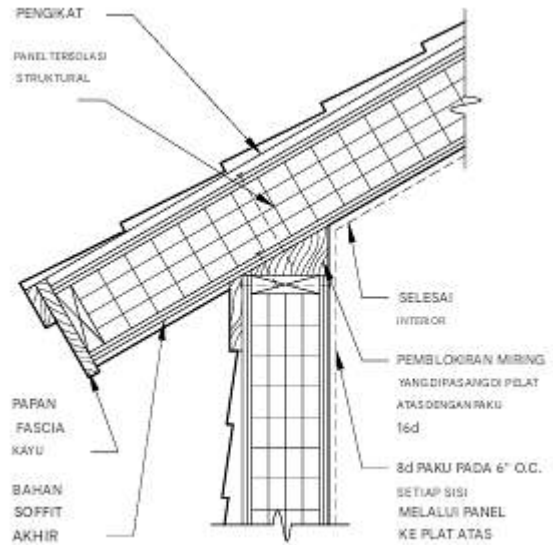
Gambar 2.185 Rangka atap dengan rata-

(sip)

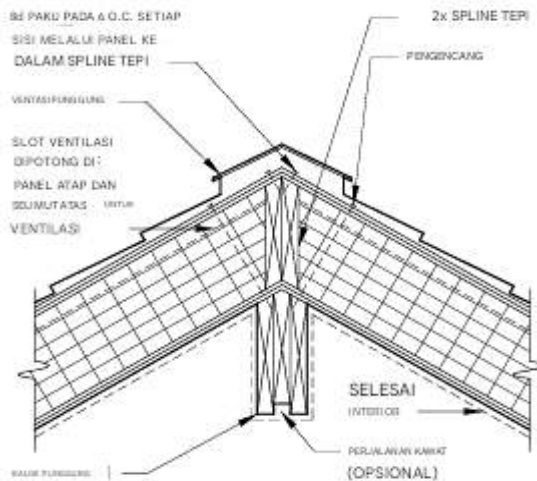
rata dan rangka kuda



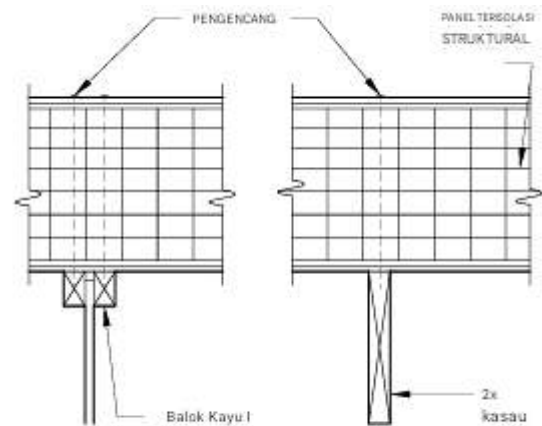
Gambar 2.186 Rangka atap dengan balok bukit



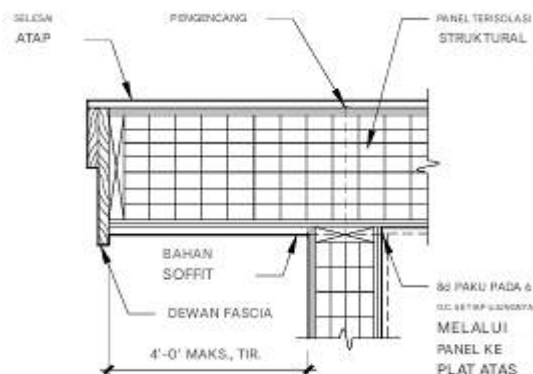
Gambar 2.187 Detail atap tinggi dengan langit-langit miring



Gambar 2.188 Panel pada sambungan bukit

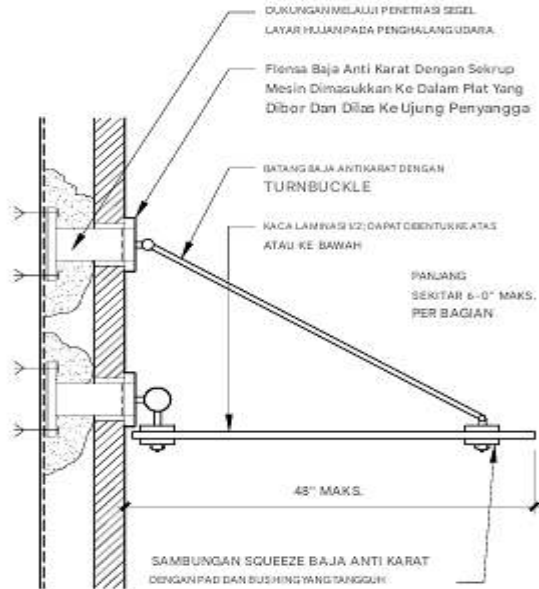


Gambar 2.189 Detail panel bersambung di atap

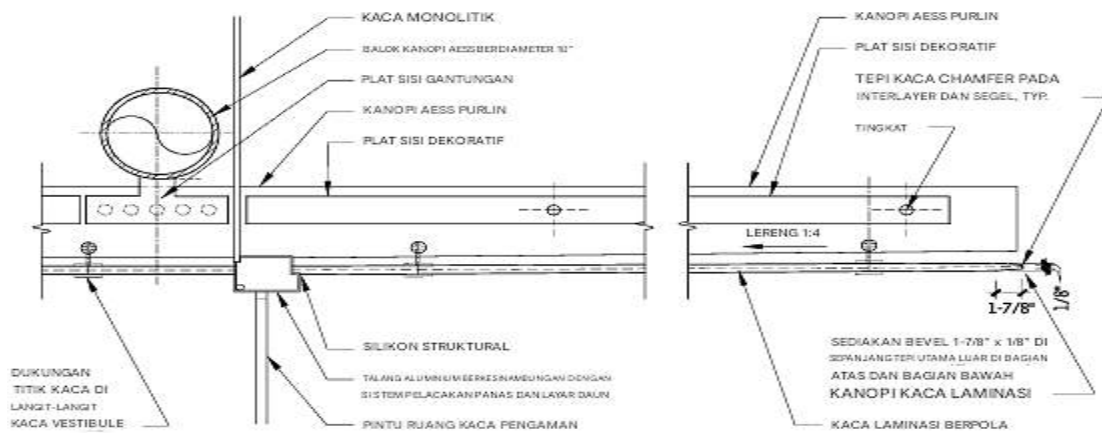


Gambar 2.190 Panel ujung gable yang menggantung di atap detail panel

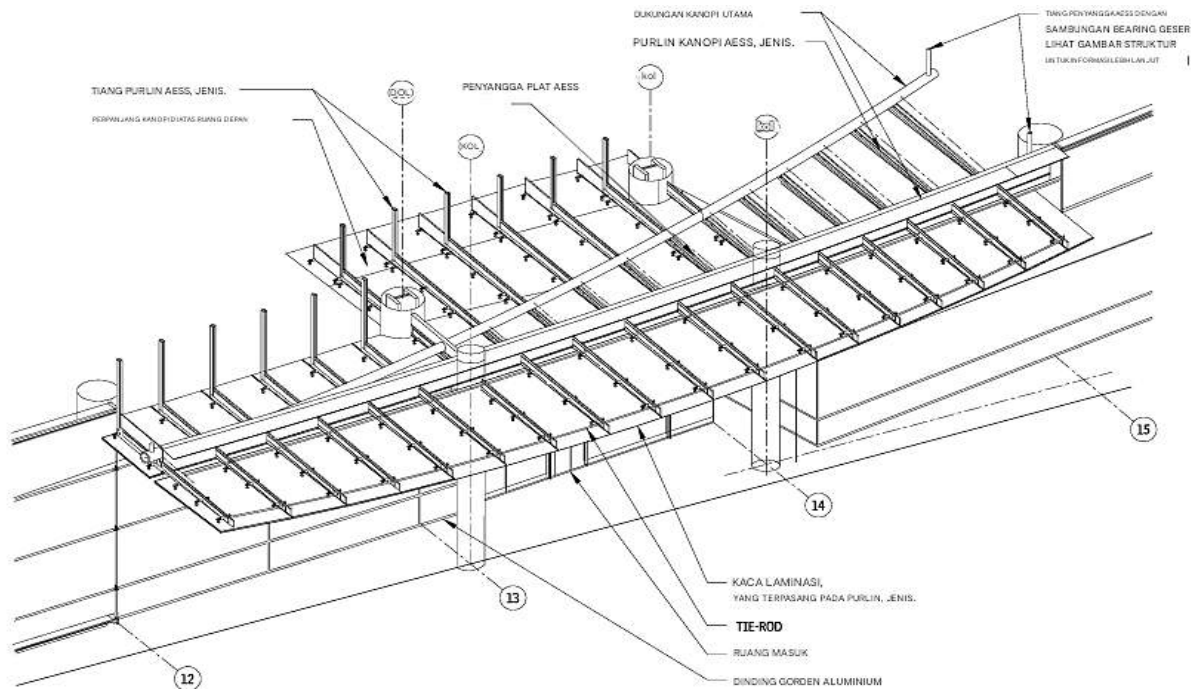
Kanopi Kaca



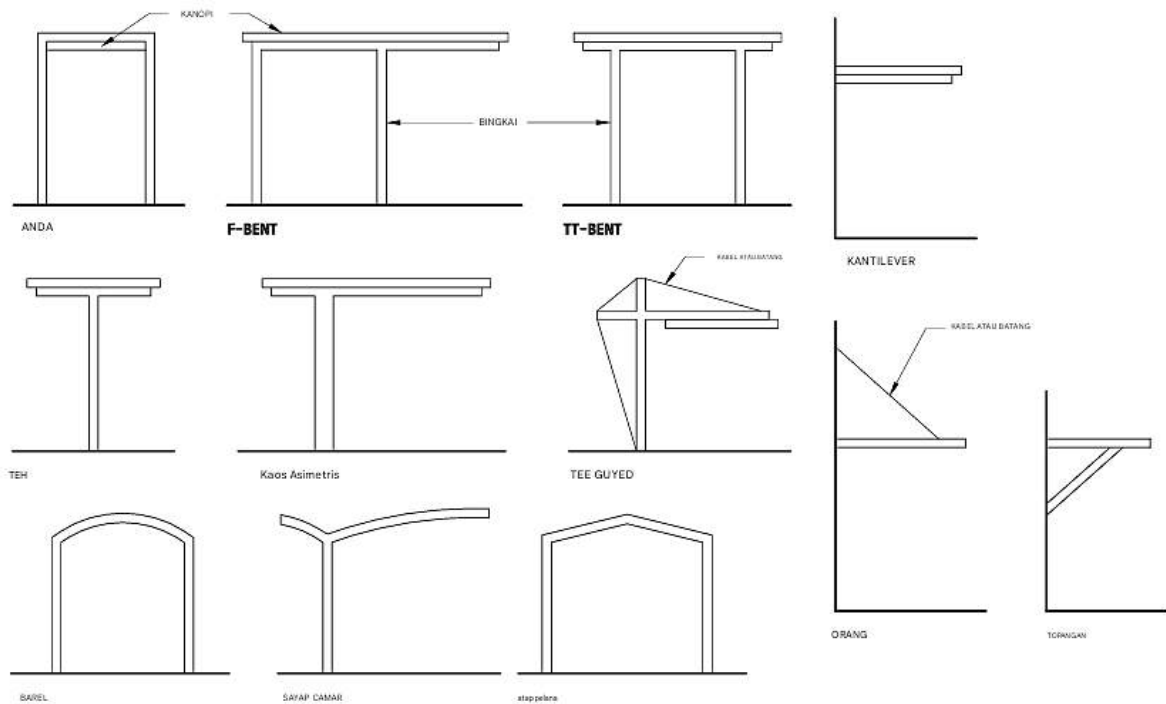
Gambar 2.191 Kanopi kaca fabrikasi



Gambar 2.192 Kanopi kaca khusus dengan baja struktural yang terpapar secara arsitektural (aess)



Gambar 2.193 Pemandangan kanopi dari atas



Gambar 2.194 Pelindung penutup

Ventilasi Atap, Teluk, dan Loteng

Ventilasi loteng dapat menyebabkan banyak masalah seperti halnya solusinya, jika tidak dirancang dan dibangun dengan hati-hati. Pemahaman terbaik tentang masalah yang saling terkait seputar pengendalian panas, udara, dan kelembapan (HAM) di dalam loteng, dan pemindahan HAM ke bagian dalam bangunan, menunjukkan bahwa, seperti ruang bawah tanah, mungkin lebih baik untuk memperlakukan loteng sebagai bagian dari lingkungan

interior yang dikondisikan. Hal ini terutama berlaku ketika peralatan HVAC dan saluran udara berada di loteng.

Berikut ini adalah rekomendasi untuk loteng yang diisolasi dan dikondisikan.

- Kode mengharuskan ventilasi "loteng tertutup dan ruang kasau tertutup tempat langit-langit diterapkan langsung ke bagian bawah kasau atap," tetapi ini tidak secara khusus mengecualikan pemasangan insulasi di dalam ruang kasau yang terbuka di loteng yang dikondisikan. Verifikasi dengan kode bangunan setempat yang berlaku untuk semua persyaratan.
- Dari sudut pandang praktis, jauh lebih sulit memasang penghalang uap di bagian dalam permukaan bata atau insulasi yang disemprotkan di antara balok dan terutama rangka atap karena banyaknya penetrasi. Oleh karena itu, kontrol suhu permukaan kondensasi pertama sangat penting untuk keberhasilan banyak sistem ini.
- Ventilasi loteng memiliki dampak yang jauh lebih kecil pada suhu sirap aspal daripada orientasi atap dan warna sirap.
- Menyediakan pemanas dan pendingin ke loteng.

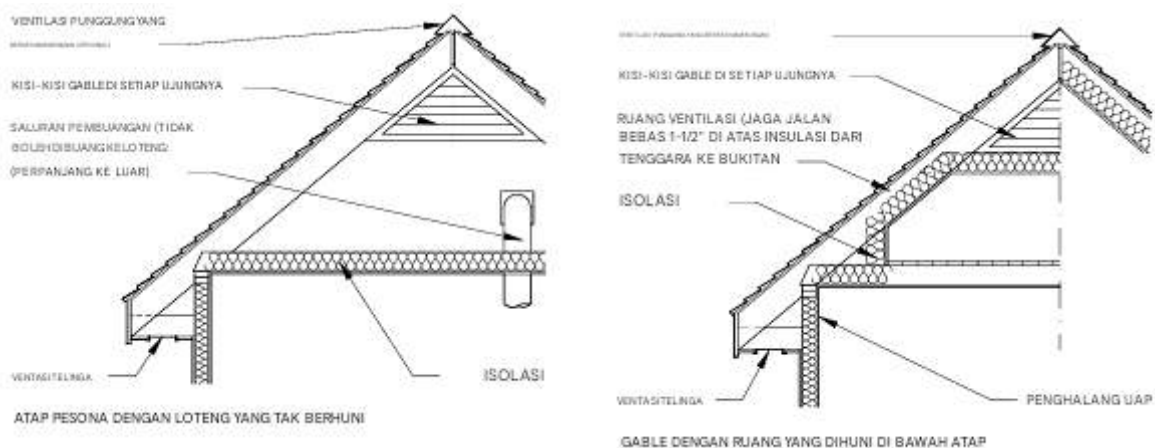
Kontrol Suhu Permukaan Kondensasi Pertama

Perakitan berikut mengontrol uap dengan memastikan bahwa suhu permukaan permukaan pertama tempat kondensasi akan terbentuk berada di atas titik embun yang diprediksi, dengan beberapa margin keamanan. Perakitan ini memungkinkan beberapa pembersihan dan pengeringan musiman bahan interior.

- Isolasi selimut di antara balok/rangka: Tutupi selubung atap dengan isolasi papan untuk menaikkan suhu bagian dalam selubung di atas titik embun. Tentukan ketebalan kedua insulasi, berdasarkan kondisi lingkungan eksternal dan internal. Sediakan penghalang udara dengan kain felt bangunan, atau dengan mengimbangi sambungan pada insulasi papan. Detail untuk kontinuitas.
- Insulasi papan dan selimut antara balok/rangka: Isi ruang antara balok dengan insulasi papan yang ditempatkan rapat di bagian bawah selubung. Tutup semua sambungan dan penetrasi dengan hati-hati dengan sealant. Tentukan ketebalan insulasi papan berdasarkan kondisi lingkungan eksternal dan internal untuk menaikkan permukaan bagian dalam di atas titik embun. Sediakan insulasi selimut di atas ruang balok hingga ketebalan yang diperlukan untuk nilai-R total.
- Insulasi semprot: Insulasi semprot kepadatan tinggi sel tertutup akan bertindak sebagai penghalang udara dan tidak memerlukan penghalang uap yang diaplikasikan. Insulasi semprot kepadatan rendah sel terbuka mungkin memerlukan penutup dengan cat lateks atau papan gipsum untuk membatasi perpindahan uap. Kontrol aliran uap. Perakitan yang dijelaskan di sini mengendalikan uap dengan memasang penghambat uap di sisi hangat, kecuali di iklim campuran di mana tidak ada penghalang uap yang dipasang dan sistem dibiarkan mengering baik di bagian dalam maupun luar, tergantung pada musim. Kayu lapis direkomendasikan daripada papan untai berorientasi (OSB) di iklim campuran karena kemampuan kayu lapis yang lebih besar

untuk menyimpan kelembapan.

- Perakitan atap kompak berventilasi: Isolasi papan yang diaplikasikan di atas selubung atap dengan ruang berventilasi di atas isolasi memungkinkan pemasangan penghambat uap secara terus-menerus di lokasi yang tepat untuk zona iklim. Ventilasi memastikan pengeringan isolasi dari kondensasi. Ventilasi dapat membantu memoderasi suhu atap. Ketebalan isolasi sangat penting untuk kinerja desain atap dingin guna meminimalkan bendungan es, dan mungkin perlu R-40 di iklim dingin dan R-48 di iklim yang sangat dingin.
- Rakitan atap kompak tanpa ventilasi: Bila insulasi papan diaplikasikan di atas selubung atap tanpa ventilasi, selubung harus disegel untuk membentuk penghalang udara atau lapisan terpisah harus dipasang di antara insulasi dan selubung. Di daerah beriklim dingin, penghalang udara juga harus berupa penghambat uap. Di daerah beriklim campuran atau panas, penghalang udara harus permeabel. Lapisan alas di bawah sirap harus dapat bernapas di daerah beriklim dingin, dan di bawah atap logam di daerah beriklim campuran; harus berupa penghambat uap di daerah beriklim panas, dan di bawah sirap aspal di daerah beriklim campuran atau panas.

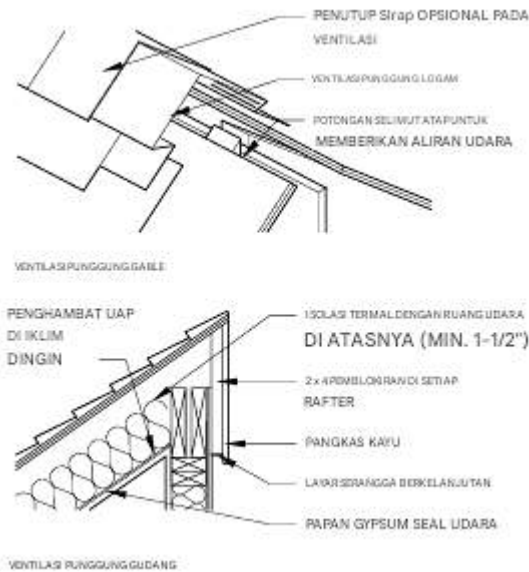


Gambar 2.195 Aplikasi ventilasi

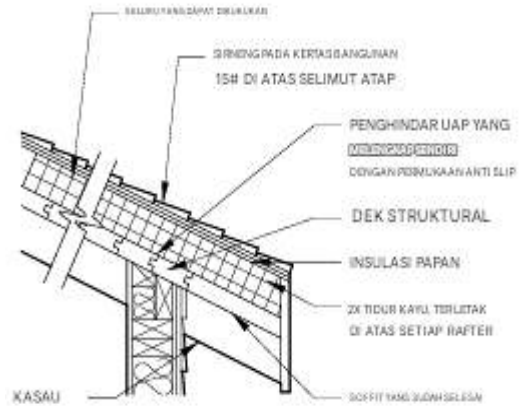
Berikut ini adalah metode umum untuk ventilasi loteng atau ruang kasau dengan benar:

- Pisahkan loteng dari bagian rumah yang ber-AC dengan penghalang udara kontinu, dengan sambungan dan penetrasi tertutup rapat.
- Sediakan penghalang cuaca dengan sambungan dan penetrasi tertutup rapat kedap udara ke sisi insulasi yang hangat, kecuali jika analisis menunjukkan bahwa penghalang tersebut tidak diperlukan di iklim campuran. Di iklim panas atau campuran, lapisan bawah untuk sirap aspal harus kedap uap.
- Jangan memasang peralatan HVAC atau saluran udara apa pun di loteng.
- Jangan memasang pipa air apa pun di dalam loteng.
- Pastikan semua ventilasi dari pengering pakaian, pembuangan dapur, pembuangan kamar mandi, dan sumber udara ber-AC serupa tidak keluar ke loteng dan semua saluran untuk ventilasi tersebut yang disalurkan melalui loteng tertutup rapat.

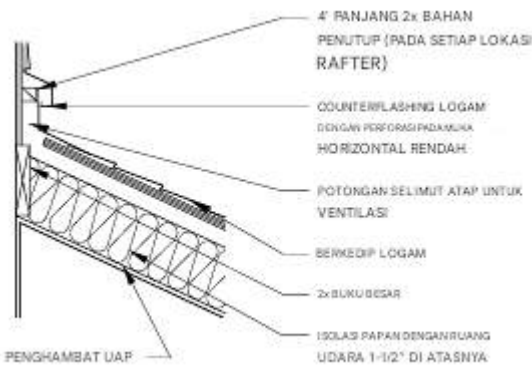
- Gunakan sekat untuk memastikan bahwa ventilasi atap dan cornice memiliki ruang udara bebas ke loteng melewati isolasi di titik-titik sempit.



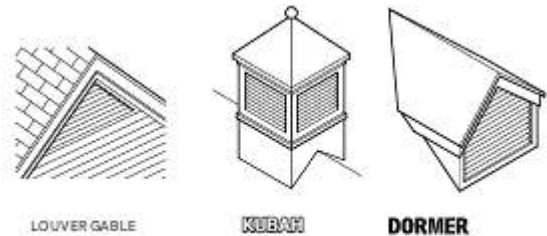
Gambar 2.196 Ventilasi punggung



Gambar 2.197 Detail ventilasi atap lidah dan alur yang terisolasi



Gambar 2.198 Ventilasi untuk atap gudang di dinding



Gambar 2.199 Jenis kisi-kisi atap



Gambar 2.200 Penutup dan penahan isolasi



Gambar 2.201 Jenis ventilasi eave

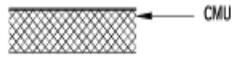
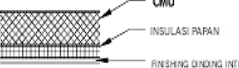
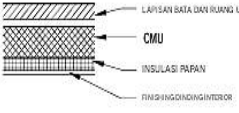
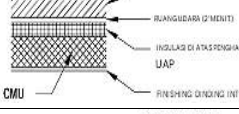
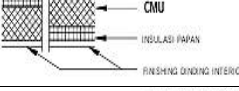

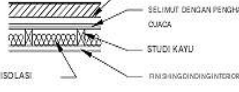

2.8 LINGKUNGAN EKSTERIOR

Dinding Eksterior

Bagian ini membahas dinding eksterior dan konstruksinya. Untuk informasi tambahan tentang material yang disajikan dalam tabel dan grafik di bagian ini, lihat literatur dari produsen dan asosiasi perdagangan masing-masing.

Pertimbangan Desain

Tabel 2.202 Rakitan dinding eksterior

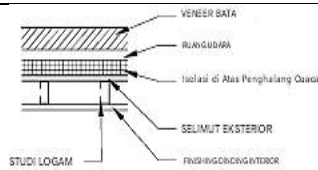
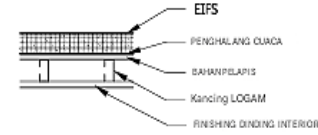
PERAKITAN DINDING EKSTERIOR		DINDING KETEBALAN, NOMINAL (IN.)	BERAT (PSF)	JARAK RENTANG VERTIKAL (TINGGI TAK TERDUKUNG) (FT)	RESISTENSI RACKING	RUANG LAYANAN PLENUM	PANAS PENULARAN KOEFISIEN (FAKTOR U) (BTU/HR-SQ FT°F)
CMU		8	55	Hingga 13	Bagus	Tidak ada	0.56
		12	85	Hingga 20			0.49
CMU (terisolasi)		8+	60	Hingga 13	Bagus	Melalui isolasi	0.21
		12+	90	Hingga 20			0.20
CMU dan pelapis bata (isolasi interior)		4+2+4+	75	Hingga 13 (dengan rongga terisi)	Bagus	Melalui isolasi	0.19
		4+2+8+	100	Hingga 20 (dengan rongga terisi)			0.18
CMU dan pelapis bata (isolasi rongga)		4+4+4	75	Hingga 9	Adil	Tidak ada	0.07
		4+4+8	100	Hingga 13			0.11
CMU dan semen portland (terisolasi)		8+	67	Hingga 13	Bagus	Melalui isolasi interior	0.16
Tiang kayu		4	12	Hingga 14	Dari buruk ke sedang	Di antara kancing	0.06
		6	16	Hingga 20 (L/d<50)			0.04
Veneer bata pada tiang kayu		4+4	52	Hingga 14	Dari buruk ke sedang	Di antara kancing	0.07
Pejantan logam		5	14	Hingga 13	Buruk	Di antara kancing	0.10
		7	18	Hingga 17			0.08

JENIS PERAKITAN DINDING	LOKASI DAN JENIS PENGHAMBAT UAP			DIREKOMENDASIKAN ZONA IKLIM DAN CURAH HUJAN (LIHAT GAMBAR 2.1 DAN 2.2) ^a	KOMENTAR KINERJA (HAM = PANAS, UDARA, DAN KELEMBAPAN)	PERLAWANAN KE EKSTERIOR UDARA SUARA PENULARAN	PERSYARATAN PERAWATAN EKSTERIOR	PERKATAAN
	SISI EKSTERIOR	TIDAK ADA	PEDALAMAN SAMPING					
Dinding penghalang massal	Lapisan			Panas; hanya iklim dengan curah hujan rendah	Kontrol HAM yang sangat buruk.	Bagus	Pencucian, pemasangan kembali	Sifat-sifat pasangan bata nonrekayasa

		Tidak Ada		Iklim sedang; hanya curah hujan rendah			sambungan, pengecatan, sandblasting	berkurang secara drastis.
			Lapisan	Hanya iklim dingin; curah hujan rendah				
Dinding penghalang massal	Pelapisan atau isolasi menghadap			Campuran atau panas; curah hujan rendah	Kontrol udara dan kelembaban sangat buruk. Kontrol panas sedang.	Bagus	Pencucian, pemasangan kembali sambungan, pengecatan, sandblasting	Isolasi bagian dalam tidak berkesinambungan.
		Tidak Ada		Campur aduk; curah hujan rendah				
			Lembar atau menghadap isolasi	Dingin; curah hujan rendah				
Rongga drainase	Pelapis atau isolasi atau pelapis isolasi			Campuran atau panas, curah hujan rendah hingga sedang	Kontrol udara, air, dan transmisi yang buruk. Penambahan penghambat uap pada permukaan rongga CMU meningkatkan kinerja terhadap curah hujan tinggi	Bagus sekali	Pencucian, pemasangan kembali sambungan, pengecatan, sandblasting	Isolasi bagian dalam tidak berkesinambungan.
		Tidak Ada		Campuran atau panas; curah hujan rendah hingga sedang				
			Pelapisan atau menghadap isolasi	Dingin; curah hujan rendah hingga sedang				
Rongga drainase	Seperti disebutkan			Semua iklim; curah hujan ekstrim	Pengendalian panas, udara, dan kelembaban yang sangat baik.	Bagus sekali	Pencucian, pemasangan kembali sambungan, pengecatan, sandblasting	Rongga memungkinkan pemasangan insulasi berkesinambungan dan penghambat uap.
Penghalang massal	Insulasi penghambat uap			Campuran atau panas, curah hujan rendah	Pengendalian HAM rata-rata. Penambahan penghalang cuaca di bawah plesteran meningkatkan pengendalian hujan lebat.	Bagus	Mencuci, mengecat, dan melapisi ulang dengan plesteran	Perakitan dengan insulasi di bagian luar dan WRB tambahan memberikan kontrol HAM yang lebih baik.
		Tidak Ada		Campuran atau panas; curah hujan rendah				
			Lembar atau menghadap isolasi	Dingin; curah hujan rendah				
Bidang drainase internal	Isolasi penghalang cuaca atau penghambat uap untuk selubung			Panas; curah hujan rendah hingga sedang	Rata-rata penguasaan HAM. Peningkatan penghalang cuaca menjadi penghalang udara meningkatkan pengendalian hujan lebat.	Dari buruk ke sedang	Mencuci, mengecat, dan mengganti lapisan eksterior	Selesai dinding eksterior: kayu, kayu lapis, pelapis aluminium, plesteran.
		Tidak Ada		Campuran; curah hujan rendah hingga sedang				
			Lembar atau menghadap isolasi	Dingin; curah hujan rendah hingga sedang				
Rongga drainase	Isolasi penghalang cuaca atau penghambat uap untuk selubung			Panas; curah hujan sedang	Rata-rata penguasaan HAM. Meningkatkan penghalang cuaca menjadi penghalang udara untuk meningkatkan	Bagus	Mencuci, menunjuk kembali sambungan	Perlu diingat bahwa lapisan bata menahan kelembaban yang dapat masuk ke dalam insulasi, biarkan hingga kering.
				Campur aduk; curah hujan sedang				

			Lembar atau menghadap isolasi	Dingin; curah hujan sedang	pengendalian hujan lebat.			
Bidang drainase internal	Isolasi penghalang cuaca atau penghambat uap untuk selubung			Panas; curah hujan rendah hingga sedang	Kontrol udara dan kelembapan rata-rata. Tambahkan insulasi di atas selubung untuk meningkatkan kinerja termal. Meningkatkan penghalang cuaca menjadi penghalang udara untuk meningkatkan pengendalian hujan.	Dari buruk ke sedang	Mencuci, mengecat, dan mengganti lapisan eksterior	Pelapis dinding luar: kayu, tripleks, pelapis aluminium, plesteran.
		Tidak Ada		Campuran; curah hujan rendah hingga sedang				
			Lembar atau menghadap isolasi	Dingin; curah hujan rendah hingga sedang				

PERAKITAN DINDING EKSTERIOR		DINDING KETEBALAN, NOMINAL (IN.)	BERAT (PSF)	JARAK RENTANG VERTIKAL (TINGGI TAK TERDUKUNG) (FT)	RESISTENSI RACKING	RUANG LAYANAN PLENUM	KOEFISIEN TRANSMISI PANAS (FAKTOR U) (BTU/HR-SQ FT °F)
Veneer bata pada tiang logam		4+2+6	54	Hingga 15	Bagus	Di antara tiang	0.10
Panel sandwich terisolasi		5	6	(Lihat literatur produsen.)	Cukup sampai bagus	Tidak ada	0.05 (Lihat literatur produsen.)
Konkret		8	92	Hingga 13 (dengan penguatan, 17)	Bagus sekali	Tidak ada	0.68
		12	138	Hingga 20 (dengan penguatan, 25)			0.55
Beton (terisolasi)		8+	97	Hingga 13 (dengan penguatan, 17)	Bagus sekali	Melalui isolasi	0.13
Pelapis beton dan bata (terisolasi)		4+2+8	112	Hingga 13 (dengan penguatan, 17)	Bagus sekali	Melalui isolasi	0.13
Beton pracetak		2+	23	Hingga 6	Cukup sampai bagus	Melalui isolasi	0.99
		4+	46	Hingga 12			0.85
Sandwich beton pracetak		5	45	Hingga 14	Cukup sampai bagus	Tidak ada	0.14
Layar hujan pada kancing logam		12+	15-20	Hingga 20	Buruk hingga cukup	Di antara tiang	0.05

Veneer bata pada tiang logam		4+4+6	54	Hingga 15	Bagus	Di antara tiang	0.05
EIFS pada tiang logam		8	15	Hingga 20	Buruk hingga cukup	Di antara tiang	0.05

JENIS PERAKITAN DINDING	LOKASI DAN JENIS PENGHAMBAT UAP			DIREKOMENDASIKAN IKLIM DAN ZONA PRESIPITASI (LIHAT GAMBAR 2.1) DAN 2.2) ^a	KOMENTAR KINERJA (HAM = PANAS, UDARA DAN KELEMBAPAN)	KETAHANAN TERHADAP TRANSMISI SUARA UDARA EKSTERIOR	PERSYARATAN PERAWATAN EKSTERIOR	PERKATAAN
	SISI EKSTERIOR	TIDAK ADA	SISI INTERIOR					
Rongga drainase	Isolasi penghalang cuaca atau penghambat uap untuk selubung			Panas; curah hujan sedang	Kontrol udara dan kelembapan yang rata-rata. Tambahkan insulasi di atas selubung untuk meningkatkan kinerja termal. Tingkatkan penghalang tahan air menjadi penghalang cuaca untuk meningkatkan kontrol hujan.	Bagus	Mencuci, menunjuk kembali sambungan	Perhatikan bahwa pelapis bata menahan kelembapan yang dapat dipaksa masuk ke dalam insulasi. Sebaiknya pindahkan semua insulasi ke rongga udara dan tambahkan insulasi papan kontinu dan penghalang cuaca.
		Tidak Ada		Campur aduk; curah hujan sedang				
			Lembar atau menghadap isolasi	Dingin; curah hujan sedang				
Bidang drainase internal. Beberapa panel berinsulasi pabrik menyediakan desain sambungan pelindung hujan dengan tekanan yang seimbang.		Tidak Ada		Semua kecuali sangat dingin; curah hujan rendah	Sistem yang dirakit di lapangan umumnya memiliki kinerja lebih rendah, sistem yang diisolasi pabrik menawarkan kinerja rata-rata.	Buruk hingga baik (Lihat literatur produsen.)	Pencucian, pembersihan uap, pengecatan, penggantian sealer sambungan	Perubahan suhu kritis; minimalkan logam melalui sambungan.
Dinding penghalang massal		Tidak Ada		Lembut; curah hujan rendah saja	Pengendalian panas sangat buruk, pengendalian kelembapan buruk, pengendalian udara rata-rata.	Bagus	Mencuci, peledakan pasir	Dinding beton memiliki kapasitas penyimpanan panas yang sangat tinggi.
Dinding penghalang massal	Pelapisan atau isolasi menghadap			Campuran atau panas; curah hujan rendah hingga sedang	Kontrol kelembapan buruk. Kontrol panas dan udara sedang.	Bagus	Mencuci, peledakan pasir	Isolasi pada bagian dalam meminimalkan keuntungan kapasitas penyimpanan
		Tidak Ada		Campuran atau panas; curah hujan				

				rendah hingga sedang				panas
			Pelapisan atau isolasi menghadap	Dingin; curah hujan rendah hingga sedang				
Rongga drainase	Pelapisan atau isolasi menghadap			Campuran atau panas; curah hujan sedang	Kontrol rata-rata kelembapan. Kontrol rata-rata panas dan udara. Penambahan penghalang cuaca pada permukaan rongga beton meningkatkan kinerja untuk curah hujan tinggi	Bagus sekali	Pencucian, penambalan sambungan, sandblasting	Memindahkan insulasi ke dalam rongga akan memaksimalkan penyimpanan panas beton.
		Tidak Ada		Campur aduk; curah hujan sedang				
			Pelapisan atau isolasi menghadap	Dingin; curah hujan sedang				
Dinding penghalang massal	Pelapisan atau isolasi menghadap			Campuran atau panas; curah hujan rendah hingga sedang	Kontrol kelembapan yang buruk. Kontrol rata-rata panas dan udara.	Bagus	Pencucian, sandblasting, penggantian sealer sambungan	Unit ekonomis ukuran besar (lebih sedikit sambungan) tersedia dengan berbagai lapisan akhir. Sambungan merupakan titik lemah untuk mengendalikan udara dan kelembapan.
		Tidak Ada		Campuran atau panas; curah hujan rendah hingga sedang				
			Pelapisan atau isolasi menghadap	Dingin; curah hujan rendah hingga sedang				
Dinding penghalang massal		Tidak Ada		Semua iklim; curah hujan rendah hingga sedang	Kontrol HAM yang buruk.	Cukup	Pencucian, sandblasting, penggantian sealer sambungan	Panel melengkung akibat perbedaan suhu kecuali satu sisi menebal secara drastis. Pengendalian uap sulit dilakukan. Sambungan merupakan titik lemah untuk pengendalian udara dan kelembapan
Rongga drainase	Seperti yang telah disebutkan			Semua iklim; curah hujan ekstrim	Kontrol HAM yang sangat baik. Tingkatkan ke sistem layar hujan dengan tekanan yang sama untuk kinerja yang lebih tinggi	Bagus	Minimal pencucian	Pelindung hujan dapat berupa panel logam, pelapis kayu, pelapis panel semen, panel resin, atau terakota.
Rongga drainase	Seperti yang telah disebutkan			Semua iklim; curah hujan ekstrim	Kontrol HAM yang sangat baik. Tingkatkan ke sistem layar hujan dengan tekanan yang sama untuk kinerja yang lebih tinggi	Bagus menjadi sangat bagus	Mencuci, menunjuk kembali sambungan	
Bidang drainase internal		Tidak Ada		Semua iklim; curah hujan rendah hingga sedang	Kontrol kelembapan yang buruk. Kontrol udara rata-rata. Kontrol panas baik.	Cukup menjadi bagus	Periksa sealant secara berkala. Perbaiki sealant sangat sulit dan kemungkinan	Sistem sangat bergantung pada kualitas pemasangan. Sistem EIFS tipe penghalang tidak

							akan mengubah tampilan bangunan, jadi pilihlah sealant dengan kualitas terbaik.	disarankan kecuali pada CMU atau beton cadangan.
--	--	--	--	--	--	--	---	--

Jenis Dasar Perakitan Dinding Eksterior

Perakitan dinding eksterior dapat didefinisikan dalam tiga kategori dasar:

- Dinding penghalang
- Dinding drainase
- Dinding dengan tekanan yang seimbang

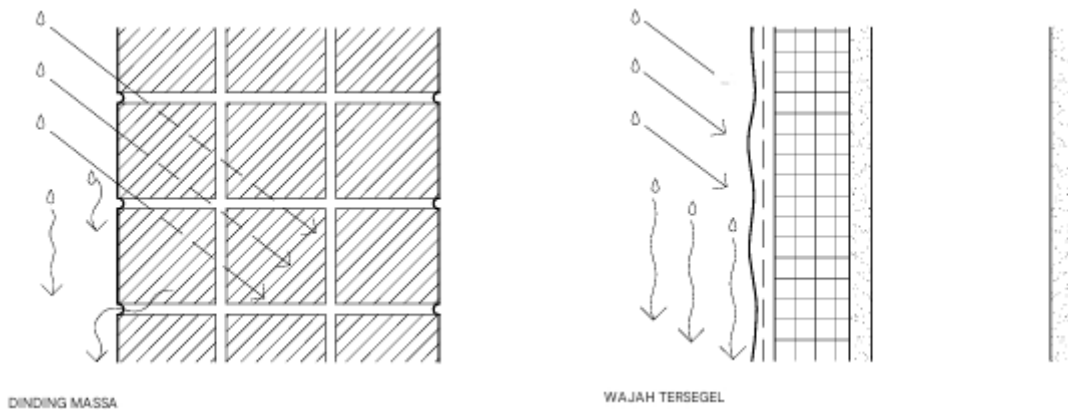
Dinding Penghalang

Dinding penghalang massa mengandalkan ketebalan material kepad air untuk menyerap kelembapan dan kemudian mengering saat hujan berhenti. Perakitan yang umum meliputi:

- Beton cor di tempat
- Beton pracetak
- Unit pasangan bata beton

Dinding penghalang yang disegel di bagian depan mengandalkan segel kontinu yang sempurna di bagian depan eksterior. Perakitan umum meliputi:

- Sistem insulasi dan pelapis eksterior (EIFS)
- Jendela dengan manik segel tunggal



Gambar 2.203 Dinding penghalang

Dinding Drainase

Dinding drainase menahan penetrasi udara dan kelembapan dengan lapisan luar, untuk menghalangi sebagian besar presipitasi, dan penghalang air bagian dalam. Pada dinding rongga drainase, rongga berukuran 3/4 in. atau lebih terdapat di depan bidang drainase. Jika penghalang air bukan juga penghalang udara, maka lapisan lain dari rakitan dinding harus berfungsi sebagai penghalang udara.

Dinding rongga drainase yang umum meliputi:

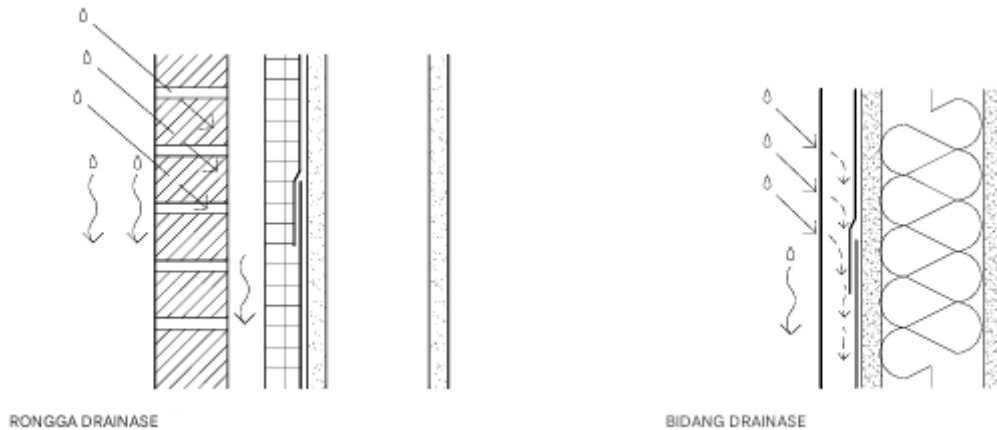
- Pelapis bata

- Beberapa panel logam

Pelapis semen serat mineral dapat dirinci agar berfungsi sebagai dinding rongga drainase, biasanya dengan menambahkan 1 x 3 strip penguat vertikal.

Dinding bidang drainase internal yang umum meliputi:

- Semen Portland di atas reng dan penghalang cuaca
- Pelapis kayu atau vinil
- EIFS drainase air



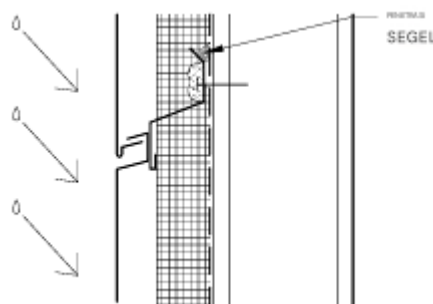
Gambar 2.204 Dinding drainase

Dinding yang Disamai Tekanan

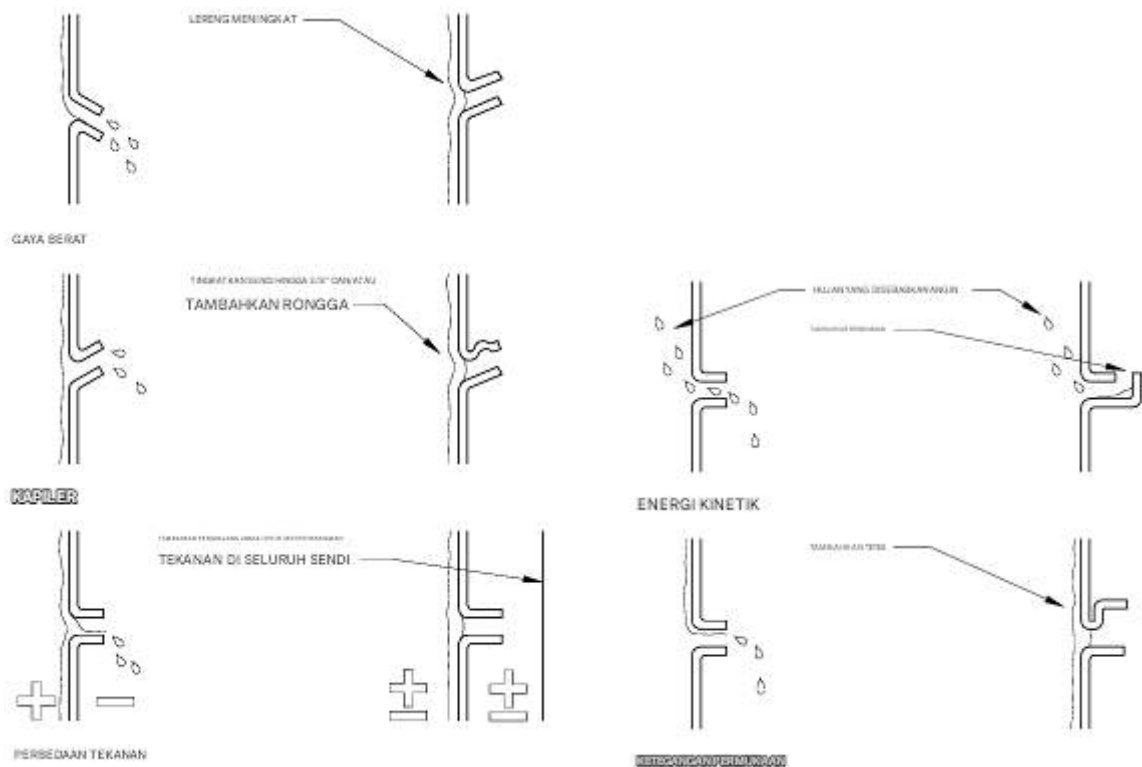
Dinding pelindung hujan PE (penyamaan tekanan) menggunakan rongga drainase, dengan tekanan udara di rongga, mirip dengan tekanan udara eksterior. Perincian sambungan dan ruang PE yang tepat menghilangkan migrasi air melintasi rongga. Dinding pelindung hujan PE harus mencakup penghalang udara di bagian dalam rongga, ventilasi, dan kompartementalisasi rongga. Dinding pelindung hujan PE yang samai tekanan yang umum meliputi:

- Beberapa panel batu atau logam yang disatukan
- Banyak sistem dinding gorden

Melalui perincian yang cermat, pelapis bata dan banyak produk pelapis dinding dapat dibuat menjadi rakitan pelindung hujan PE.



Gambar 2.205 Dinding yang disamai tekanan



Gambar 2.206 Gaya yang menggerakkan air melintasi sambungan

2.10 KULIT DINDING EKSTERIOR

Beton yang Dimiringkan

Konstruksi beton yang dimiringkan merupakan metode yang cepat dan ekonomis untuk menutup bangunan dengan dinding yang kuat dan menahan beban. Unit panel dinding dibentuk dan dicor secara horizontal di lokasi kerja, baik di lantai pelat bangunan maupun pelat cor sementara. Panel tidak perlu diangkat, jadi ada lebih sedikit batasan pada ukuran panel. Bekisting kayu biasanya digunakan untuk menentukan tepi, bagian luar, detail, dan bukaan pada panel.

Setelah beton mencapai kekuatan yang cukup, panel diangkat (atau dimiringkan ke atas) dengan derek dan diletakkan di atas fondasi yang terisolasi atau kontinu (biasanya balok tanah). Panel disangga pada pelat lantai atau fondasi penyangga hingga diikat ke sistem atap dan lantai, dan kemudian menjadi bagian integral dari struktur yang telah selesai. Meskipun konstruksi beton yang dimiringkan terutama terbatas pada bangunan satu lantai, dinding hingga empat lantai telah dicor dan diangkat ke posisinya.

Desain

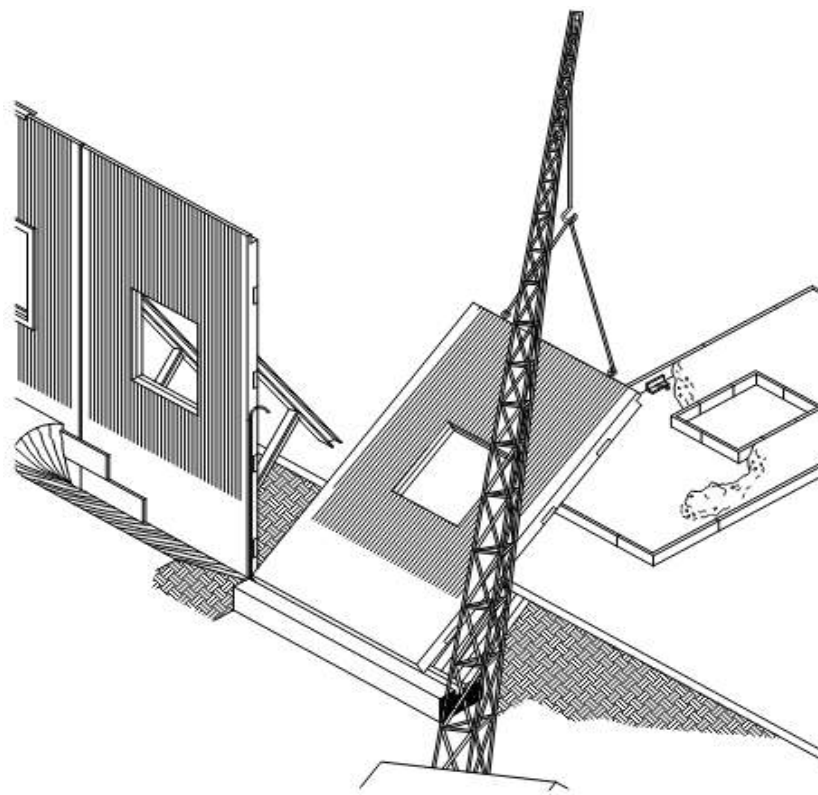
Ketebalan panel bervariasi dari 5-1/2 hingga 11-1/4 inci, tergantung pada tinggi, beban, bentang, kedalaman bukaan, penyelesaian permukaan, kode lokal, dan praktik konstruksi. Lebar panel setinggi penuh 20 ft dan berat 30.000 hingga 50.000 lbs adalah tipikal. Bentang 30 ft umum untuk panel spandrel, seperti halnya kantilever 10 hingga 15 ft. Panel dirancang secara struktural untuk menahan tekanan pengangkatan, yang sering kali melebihi beban di tempat. Desain pelat lantai harus mengakomodasi beban panel dan derek.

Penyelesaian

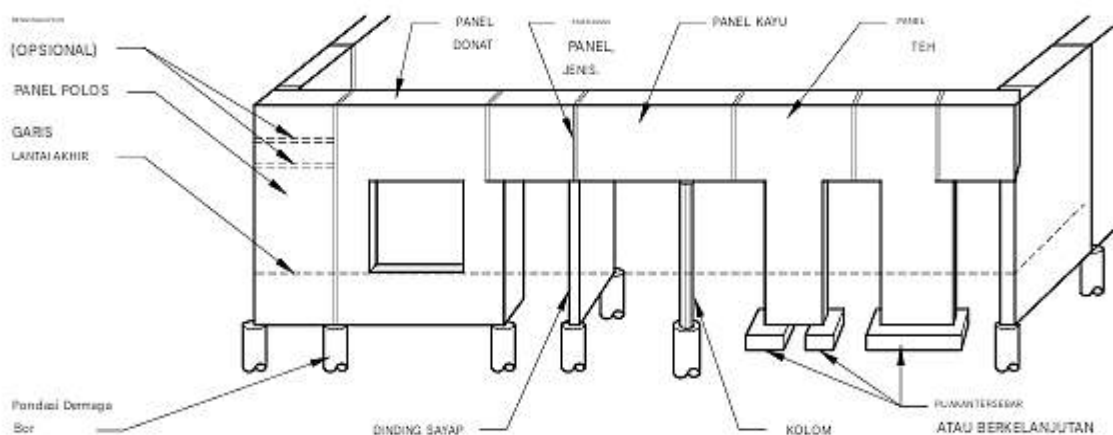
Panel dapat dicor baik menghadap ke bawah atau menghadap ke atas, tergantung pada penyelesaian yang diinginkan dan metode bekisting. Namun, metode menghadap ke bawah biasanya lebih mudah dipasang. Metode pengecoran, penyelesaian yang diinginkan, dan agregat yang tersedia memengaruhi desain campuran beton. Pengendalian desain campuran beton dan penempatan beton dalam bekisting lebih sulit dibandingkan dengan unit cor pabrik. Perubahan warna terjadi jika retakan dan sambungan pada pengecoran tidak tertutup rapat.

Panas, Udara, dan Kelembapan (HAM)

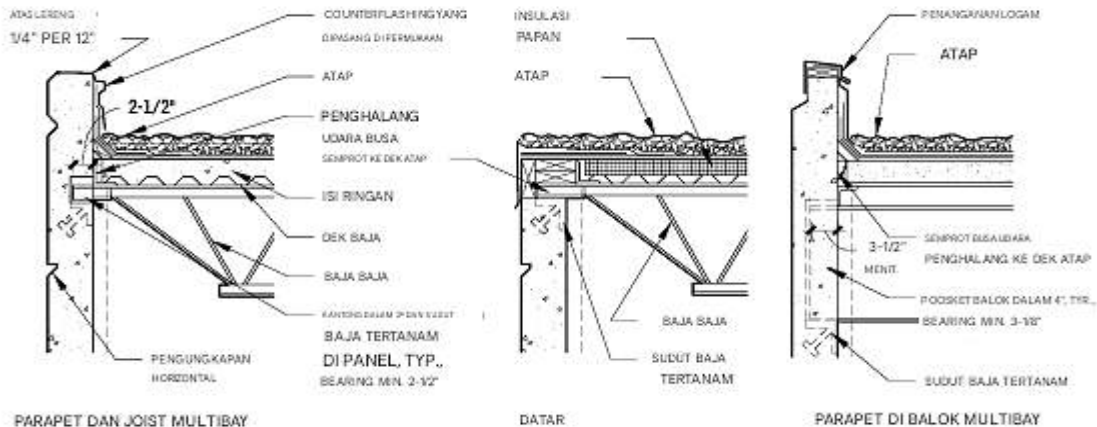
Beton miring mengendalikan HAM dengan cara yang sama seperti beton pracetak.



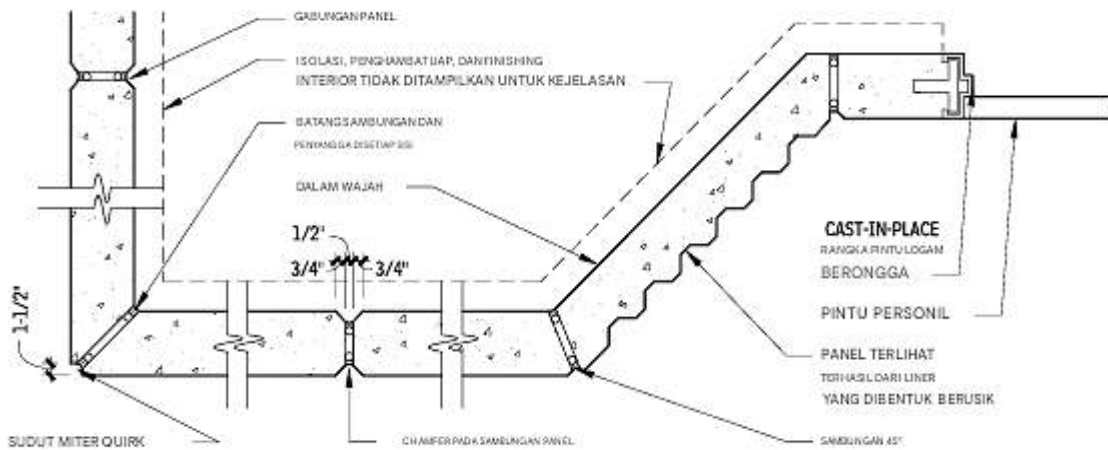
Gambar 2.207 Beton miring



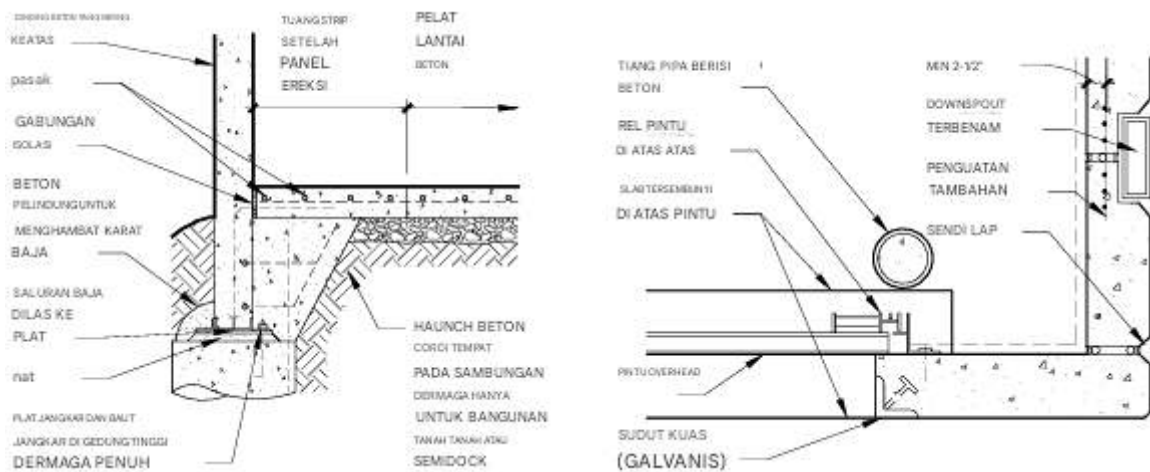
Gambar 2.208 Jenis panel beton tilt-up



Gambar 2.209 Sambungan panel beton yang dapat dimiringkan di atap



Gambar 2.210 Detail panel beton yang dapat dimiringkan



Gambar 2.211 Sambungan dermaga (bagian)

Beton Pra Cetak

Penting untuk membedakan dengan cermat antara panel dinding arsitektur yang lebih khusus dan panel dinding struktural yang merupakan turunan dari sistem lantai.

Bekerjasamalah dengan fabrikator di awal proses desain, dengan memberikan perhatian cermat pada toleransi produksi dan sambungan. Periksa secara saksama sealant sambungan untuk mengetahui daya rekat dan pergerakan sambungan yang diharapkan di antara panel.

Hasil Akhir

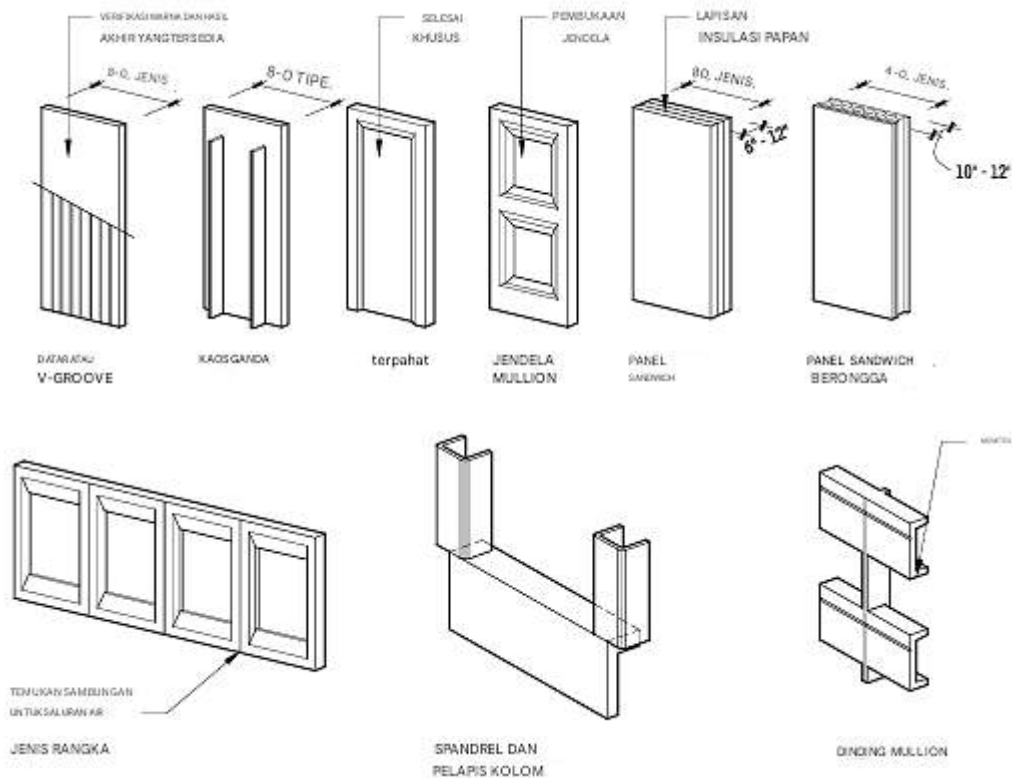
Cetakan pelapis bentuk menyediakan berbagai macam hasil akhir yang halus dan bertekstur. Hasil akhir setelah pengecoran (tetapi sebelum pengerasan) meliputi agregat yang terbuka, sapu, sekop, screed, float, atau stippled. Setelah pengerasan, hasil akhir meliputi acid-etched, sandblasted, honed, polished, dan hammered rib.

Warna

Pilih rentang warna, karena keseragaman yang lengkap tidak dapat dijamin. Semen putih menawarkan keseragaman warna terbaik, karena semen abu-abu dapat mengalami variasi warna meskipun dipasok dari satu sumber. Pigmen memerlukan standar produksi dan pengawetan berkualitas tinggi. Warna agregat halus memerlukan kontrol gradasi campuran; warna agregat kasar memberikan daya tahan dan tampilan terbaik.

Panas, Udara, dan Kelembapan

Pengendalian aliran panas melalui panel biasanya dilakukan dengan menambahkan insulasi pada sisi interior (kecuali panel sandwich yang diisolasi). Insulasi paling baik dipasang tepat di sebelah sisi dalam panel, menggunakan insulasi papan yang dipasang dengan perekat, peniti, atau saluran penguat berbentuk Z. Karena insulasi dapat terpapar kelembapan yang menembus beton, insulasi harus dipilih yang dapat menahan kelembapan sesekali. Insulasi selimut dapat digunakan di antara dinding tiang yang didirikan di dalam panel pracetak, tetapi kehilangan panas melalui tiang harus diperhitungkan. Efektivitas insulasi bergantung pada kontak dekat dengan penghalang cuaca, jadi papan gipsum interior harus disegel. Panel beton pracetak berfungsi sebagai penghalang udara. Untuk melengkapi perakitan penghalang udara, sambungan dan penetrasi harus disegel ganda dan dibuat kelonggaran untuk lubang tangis.

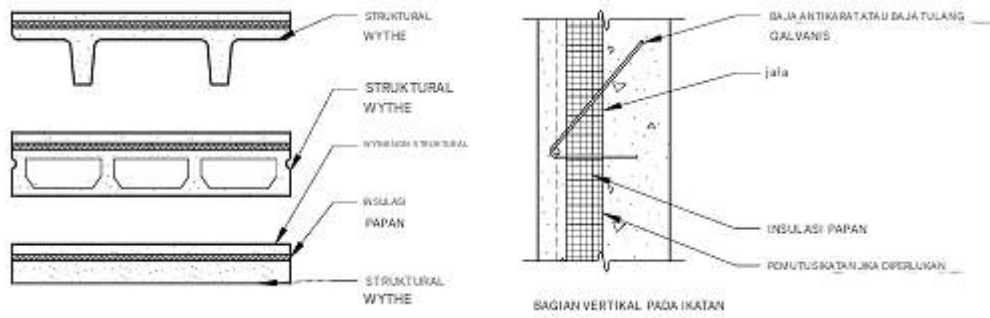


Gambar 2.212 Variasi panel

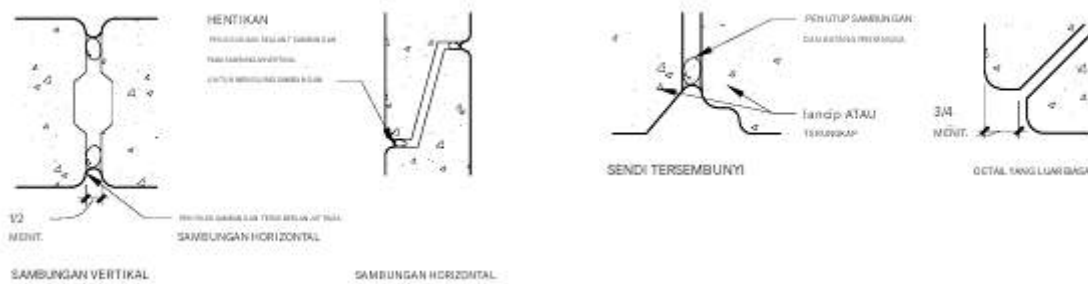
Panel dinding beton pracetak biasanya berfungsi sebagai dinding penghalang massa. Kepadatan dan ketebalan beton mengendalikan penetrasi air. Di daerah beriklim dingin, penghambat uap biasanya diaplikasikan di atas permukaan bagian dalam insulasi. (Insulasi selimut yang dipasang di dinding rangka mungkin memerlukan penghambat uap untuk disegel di sekitar kotak sambungan listrik dan jenis lainnya.)

Namun, bahkan dengan penghambat uap yang diaplikasikan langsung ke permukaan bagian dalam insulasi yang direkatkan ke panel bagian dalam, penyegelan sambungan tidak mungkin dilakukan pada balok dan kolom spandrel, sehingga sistem ini kurang diinginkan di daerah beriklim sangat dingin. Di daerah beriklim panas, penghalang uap dapat diaplikasikan ke permukaan bagian dalam panel sebelum menempelkan insulasi.

Akses ke sambungan untuk penyegelan penghambat uap sulit dilakukan. Di daerah beriklim campuran, sebaiknya pilih insulasi yang dapat menahan basah, tidak menyediakan penghambat uap, dan memungkinkan rakitan mengering baik di bagian dalam maupun luar. Beton pracetak mungkin tidak berfungsi dengan baik di daerah dengan curah hujan tinggi atau situasi dengan dorongan uap yang ekstrem. Sambungan antara panel beton pracetak sangat rentan terhadap masalah HAM. Oleh karena itu, sambungan harus dirancang sebagai sambungan sealant dua tahap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.214.

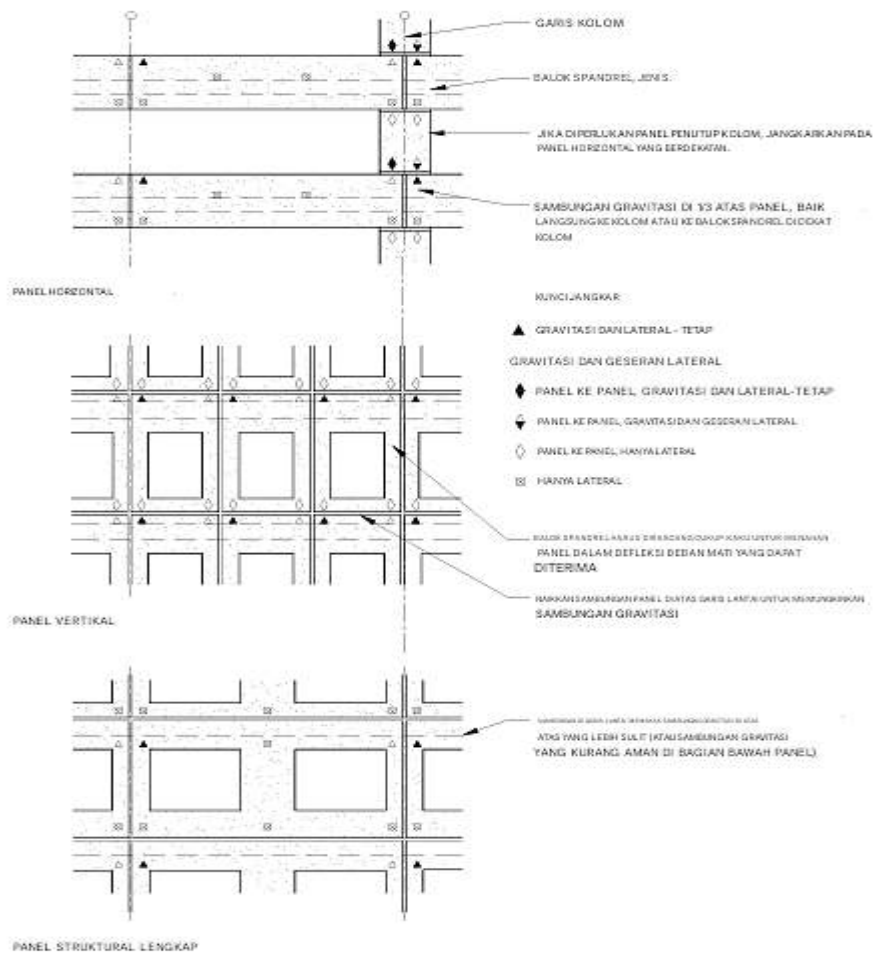


Gambar 2.213 Konstruksi panel sandwich

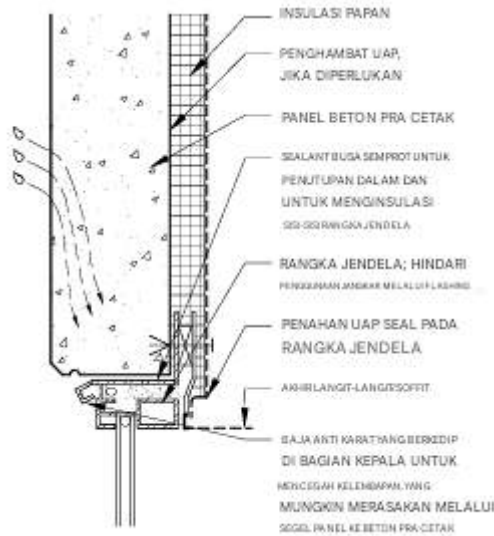


Gambar 2.214 Sambungan sealant dua tahap

Gambar 2.215 Rincian gabungan

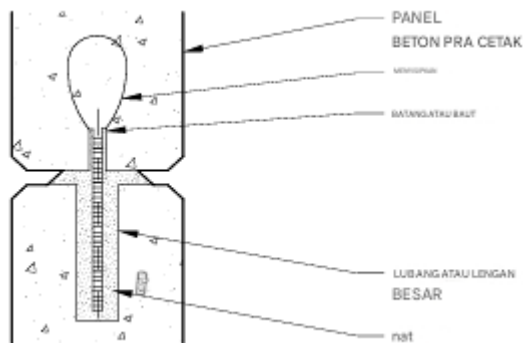


Gambar 2.216 Panel pra cetak yang digantung

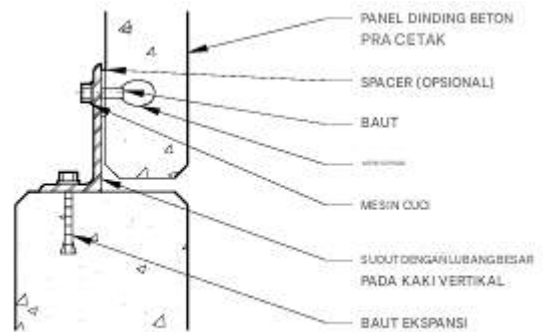


Gambar 2.217 Jendela pada panel pra cetak

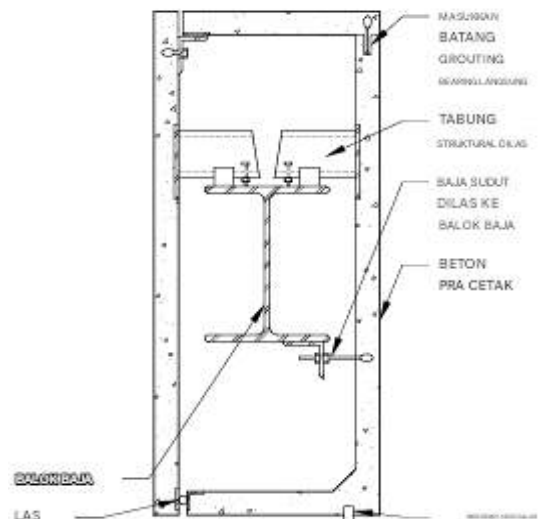
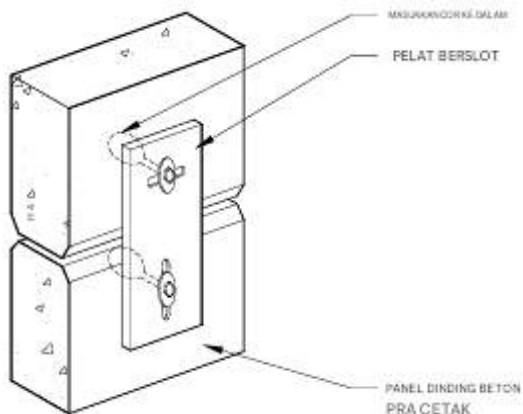
Sambungan Beton Pra Cetak



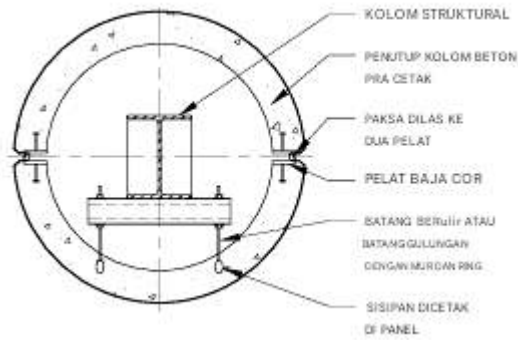
Gambar 2.218 Sambungan bantalan langsung



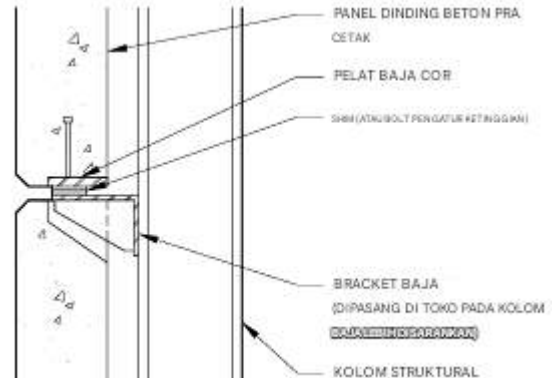
Gambar 2.219 Tieback yang dibaut



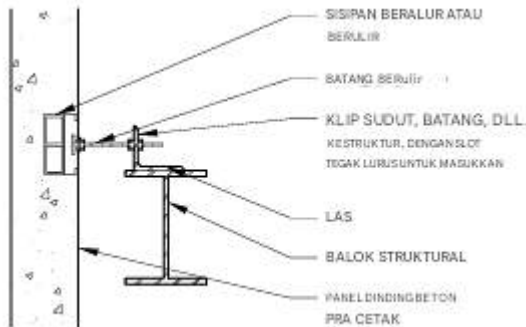
Gambar 2.220 Penyejaraan baut



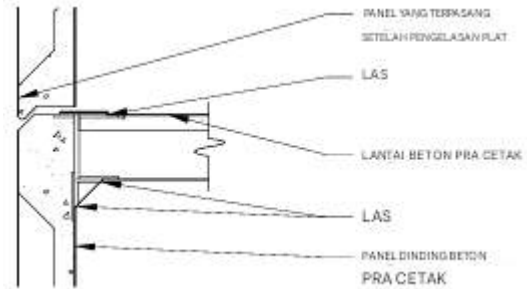
Gambar 2.221 Kondisi spandrel



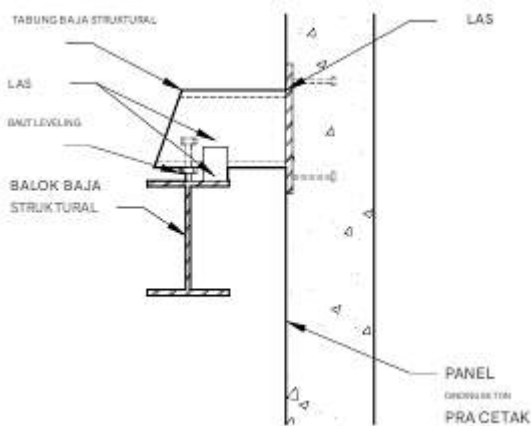
Gambar 2.222 Sambungan penutup kolom



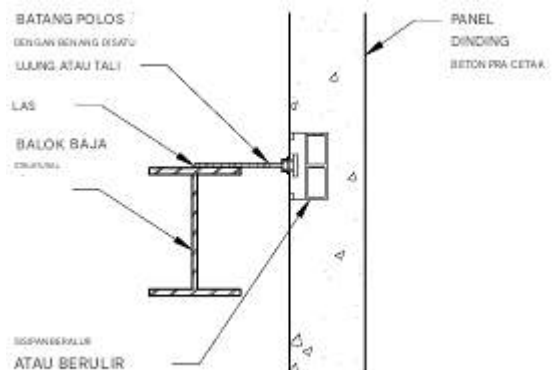
Gambar 2.223 Sambungan bearing langsung



Gambar 2.224 Sambungan tieback yang dibautkan

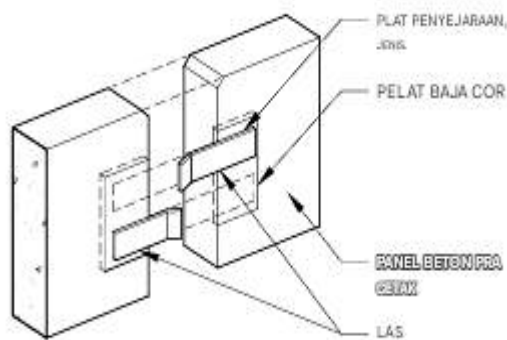


Gambar 2.225 Sambungan slab-dinding

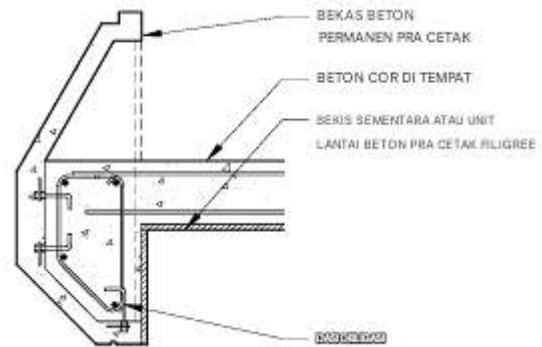


Gambar 2.226 Sambungan bearing eksentrik

Gambar 2.227 Sambungan tieback yang dilas



Gambar 2.228 Penyejaraan yang dilas



Gambar 2.229 Bekis permanen pra-cetak

Beton Bertulang Serat Kaca

Beton bertulang serat kaca (GFRC) adalah material komposit yang diproduksi dalam kondisi terkendali dan terdiri dari semen portland, agregat halus, air, serat kaca tahan alkali, dan aditif. Beton ini dapat digunakan untuk aplikasi pelapis, terutama jika berat merupakan faktor yang signifikan. GFRC dikategorikan menjadi dua aplikasi utama:

- Panel pelapis arsitektur sangat mirip dalam hal aplikasi, kekuatan, dan kinerja dengan panel beton pracetak arsitektur, kecuali untuk memberikan pengurangan berat yang signifikan.
- Bentuk dekoratif umumnya merupakan elemen yang lebih kecil yang bukan bagian dari penutup bangunan.

Panel Arsitektur GFRC

Panel GFRC terdiri dari kulit GFRC yang didukung oleh rangka pendukung struktural, biasanya dibuat dari anggota baja yang dibentuk dingin atau saluran struktural kecil, sudut, dan tabung. Kulit GFRC biasanya disemprotkan ke dalam cetakan dengan ketebalan sekitar 1/2 hingga 3/4 inci. Setelah penyemprotan, rangka struktural penyangga digantung di atas permukaan, dan jangkar ditanamkan dalam campuran basah, yang harus diaplikasikan saat permukaan masih hijau. Jangkar dirancang untuk memungkinkan pergerakan diferensial yang relatif besar antara rangka penyangga dan permukaan.

Campuran GFRC

Campuran GFRC biasanya dirancang oleh teknisi pabrik dalam proses yang disebut desain terdelegasi. Campuran dirancang untuk mematuhi persyaratan kinerja yang ditunjukkan oleh tim desain yang tercatat. Karakteristik GFRC berbeda dari campuran beton arsitektur yang sering memengaruhi desain akhir.

- Kekuatan GFRC biasanya sangat tinggi: 10.000 psi bukanlah hal yang tidak biasa, yang hemat biaya karena jumlah material yang dibutuhkan relatif sedikit. Kekuatan yang tinggi menghasilkan material yang lebih padat yang diperlukan untuk menahan penetrasi air.
- Agregat umumnya kecil, 3/8 inci atau kurang. Agregat kecil seperti itu membatasi beberapa tekstur permukaan yang tersedia dalam beton arsitektur.

- Karena jumlah agregat yang dibutuhkan sedikit, maka kualitas dan kadar air dapat dikontrol dengan cermat. Agregat yang dikeringkan di oven tersedia, yang memungkinkan kontrol kadar air campuran akhir yang sangat presisi dan, oleh karena itu, kontrol yang lebih baik atas warna akhir.

Desain dan Hasil Akhir

GFRC dapat sangat mirip dengan panel pracetak arsitektur, tetapi proses pembuatan, perakitan, dan kualitas bawaan GFRC memungkinkan ekspresi desain yang sedikit berbeda. Agregat halus, rasio semen yang tinggi, dan aplikasi semprotan memungkinkan tingkat hasil akhir yang halus, yang sangat efektif dalam meniru tampilan batu kapur dan batu seragam berurat rapat lainnya. Hasil akhir dan detail juga dapat menghasilkan tampilan yang sangat presisi dan seperti mesin. Karakteristik lainnya meliputi yang berikut:

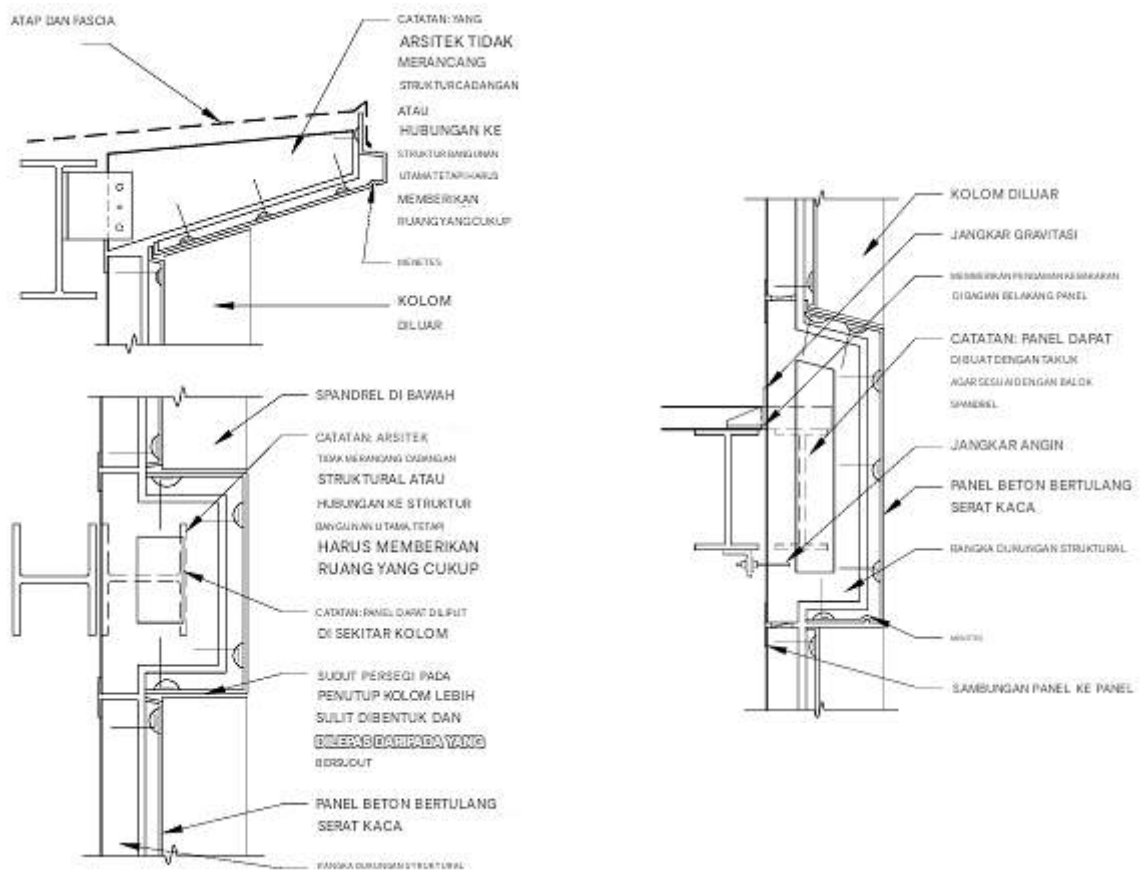
- Bobot panel yang ringan memungkinkan overhang besar, cornice, dan proyeksi horizontal lainnya.
- Pengiriman panel relatif murah jika desain memungkinkan empat hingga enam panel dikirim pada setiap truk.
- Panel yang relatif datar, diartikulasikan dengan sambungan, merupakan yang paling hemat biaya, tetapi konfigurasi tiga dimensi yang besar dengan tonjolan, tonjolan, dan tonjolan dapat diproduksi secara ekonomis karena material yang ringan memerlukan lebih sedikit dukungan struktural dan pembentukan ulang yang terbatas.
- Kulit memiliki jumlah gerakan termal yang relatif besar, sehingga umumnya terbagi menjadi beberapa segmen jika panjangnya lebih dari 30 ft, bahkan saat dipasang pada rangka baja cadangan yang lebih panjang.

Panas, Udara, dan Kelembapan

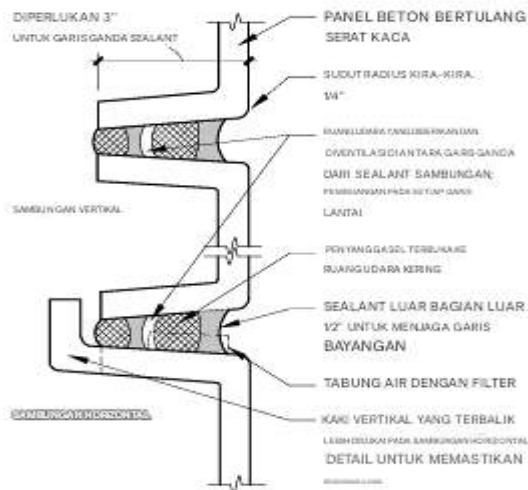
Panel GFRC biasanya berfungsi sebagai dinding penghalang tipis. Kepadatan lapisan beton tipis mengendalikan penetrasi air. Panel GFRC mungkin tidak berfungsi dengan baik di area dengan curah hujan tinggi atau situasi dengan dorongan uap yang ekstrem. Sambungan antara panel GFRC sangat rentan terhadap masalah HAM. Seperti halnya pracetak, lapisan ganda sealant sambungan lebih disukai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.262. Pengendalian aliran panas melalui panel biasanya dilakukan dengan menambahkan insulasi di antara tiang rangka cadangan. Pengurangan efektivitas insulasi karena kehilangan konduktif melalui tiang harus diperhitungkan. Di daerah beriklim dingin, penghambat uap biasanya diaplikasikan di atas permukaan bagian dalam insulasi. Pengencang yang menyambung anggota GFRC mungkin berada di lingkungan yang dapat menjadi lembap karena kondensasi. Oleh karena itu, pengencang baja tahan karat dan penyempurnaan las yang cermat sangat penting. Kulit GFRC biasanya berfungsi sebagai penghalang udara. Untuk melengkapi perakitan penghalang udara, sambungan dan penetrasi juga harus disegel.



Gambar 2.230 Panel arsitektur gfrc yang umum



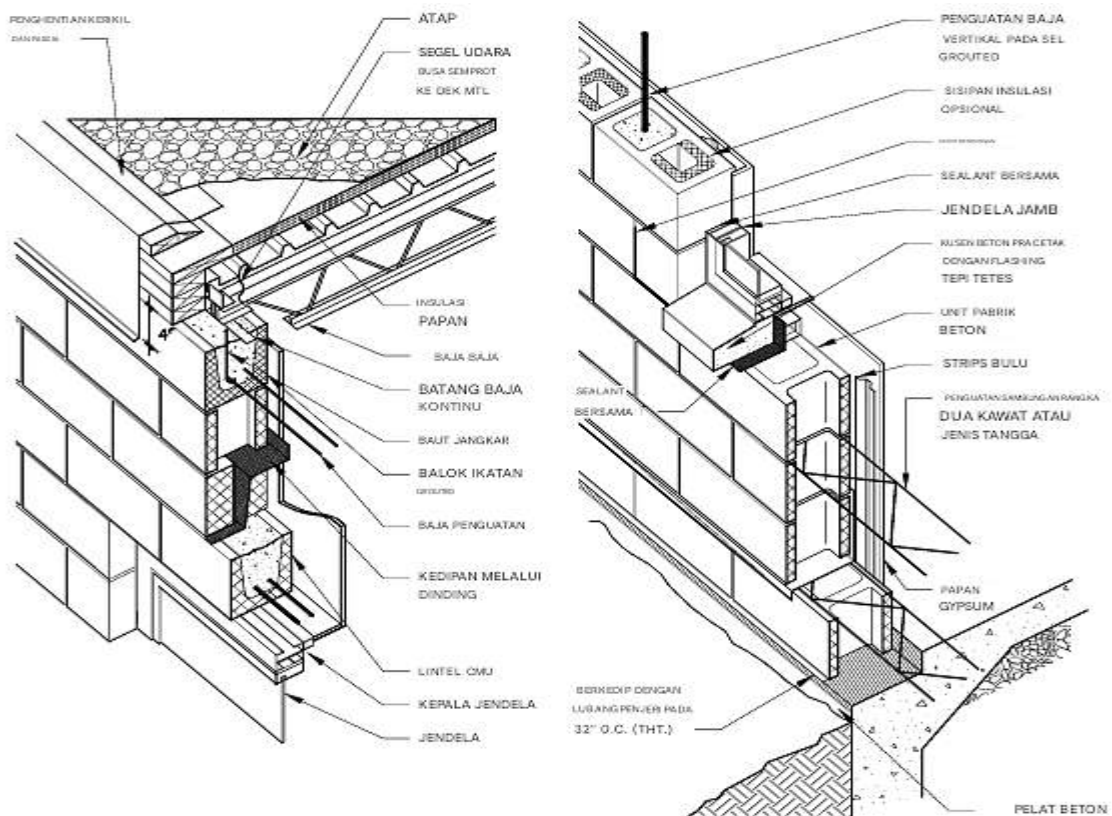
Gambar 2.231 Panel profil gfrc



Gambar 2.232 Rincian sambungan gfrc

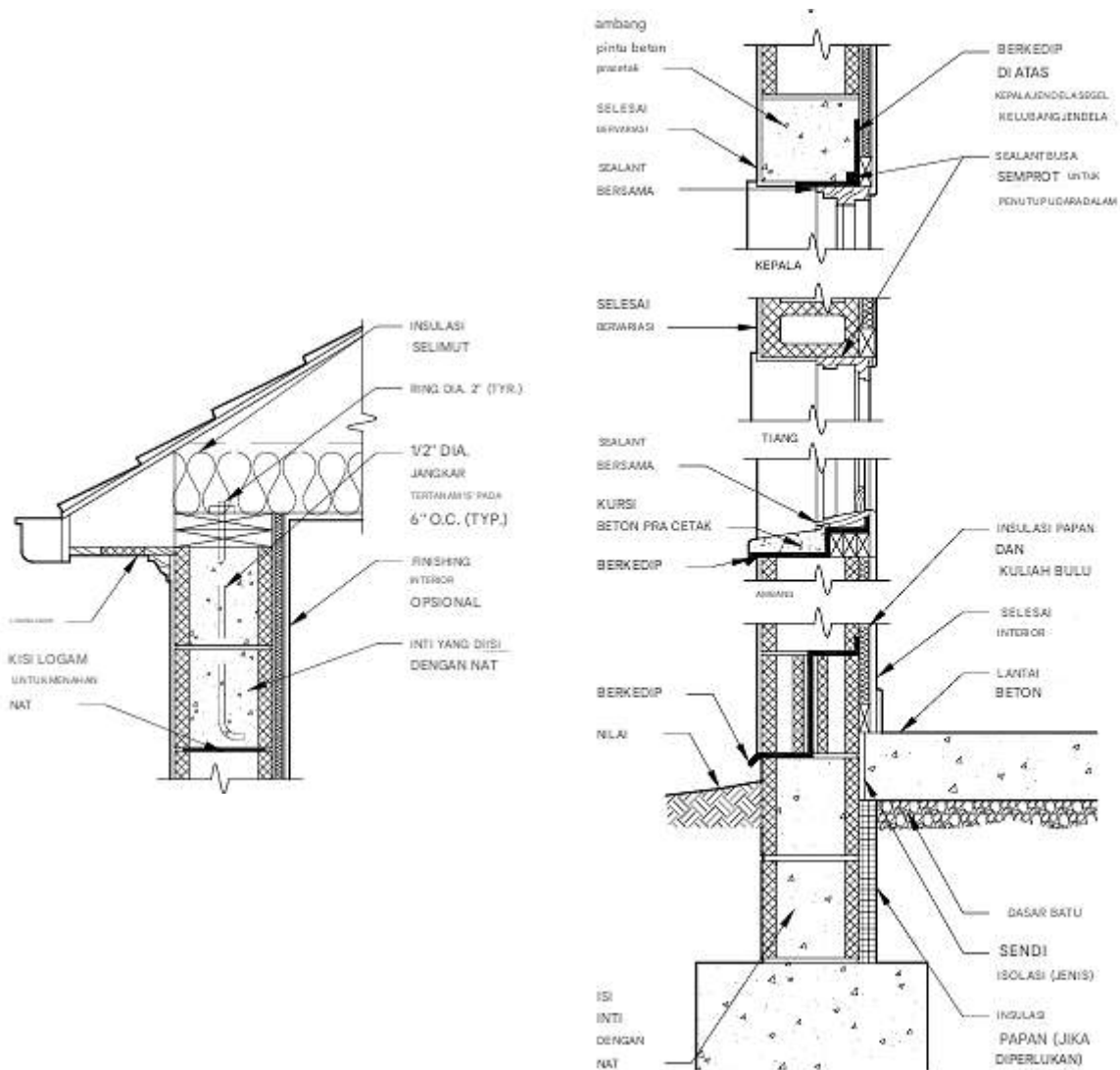
Unit Batu Beton

Dinding CMU satu sisi dapat menahan beban atau tidak menahan beban yang ditopang oleh rangka bangunan. Dinding CMU rentan terhadap pergerakan signifikan akibat penyusutan yang disebabkan oleh pengeringan awal dan kemudian pergerakan berkelanjutan yang disebabkan oleh variasi suhu dan kadar air. Oleh karena itu, sambungan kontrol dalam pasangan bata harus disediakan pada jarak sekitar 30 ft, dekat sudut, dan pada perubahan kekuatan dinding (misalnya, alur, perubahan ketebalan, bukaan pintu, dan bukaan jendela).



Gambar 2.233 Detail dinding batu single-wythe

Unit batu bata untuk dinding dapat bersifat struktural, meskipun unit arsitektur dapat menyediakan lebih banyak pilihan desain. Unit arsitektur meliputi permukaan terbelah, berlekuk, berwarna integral, bermuka tanah, dan berbentuk/berukuran khusus. CMU berlapis kaca dan ubin tanah liat struktural juga dapat digunakan dan menguntungkan karena daya serapnya lebih rendah.



Gambar 2.234 Bagian dinding batu tunggal-wythe

Panas, Udara, dan Kelembapan

Dinding pasangan bata single-wythe berfungsi sebagai dinding penghalang massa. Dinding ini menyerap kelembapan selama presipitasi dan kemudian mengering. Pengendalian aliran panas biasanya dilakukan dengan menambahkan insulasi ke sisi interior atau dengan memasukkan insulasi ke inti CMU. Insulasi papan paling baik dipasang tepat di sebelah dalam panel menggunakan peniti, atau saluran penguat berbentuk Z. Karena insulasi dapat terpapar kelembapan, yang menembus beton; insulasi harus mampu menahan kelembapan sesekali.

Insulasi selimut dapat digunakan di antara dinding tiang yang didirikan di dalam CMU,

tetapi kehilangan termal melalui tiang harus diperhitungkan, bersama dengan penggunaan penghalang cuaca. Insulasi di dalam inti CMU dapat berupa sisipan busa yang dipasang di pabrik, insulasi berbuisa di tempat, atau isian tuang. Namun, perlu dicatat bahwa insulasi di inti kurang efektif karena tidak dapat menutupi seluruh area. Untuk insulasi yang diaplikasikan pada permukaan interior atau di inti, keuntungan dari massa termal pasangan bata sebagian besar hilang karena berada di luar selubung termal.

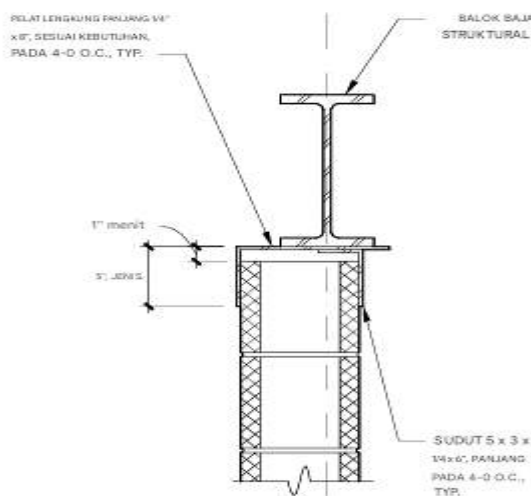
CMU umumnya terlalu berpori untuk berfungsi sebagai penghalang udara; oleh karena itu, lapisan rakitan yang berbeda harus menyediakan fungsi tersebut. Membran dapat diaplikasikan pada permukaan interior atau plester dapat diaplikasikan pada eksterior, atau lapisan papan gipsum interior dapat dirinci sebagai komponen penghalang udara.

Rangkaian CMU single-wythe sangat rentan terhadap penetrasi air. Sifat berpori dari CMU itu sendiri, banyaknya sambungan yang hanya sedalam ketebalan permukaan luar, retakan yang disebabkan oleh gerakan termal, sambungan kontrol, dan kurangnya jalur drainase yang dapat diandalkan setelah kelembapan menembus membuat dinding single-wythe menjadi pilihan yang buruk dalam kaitannya dengan panas, udara, dan kelembapan.

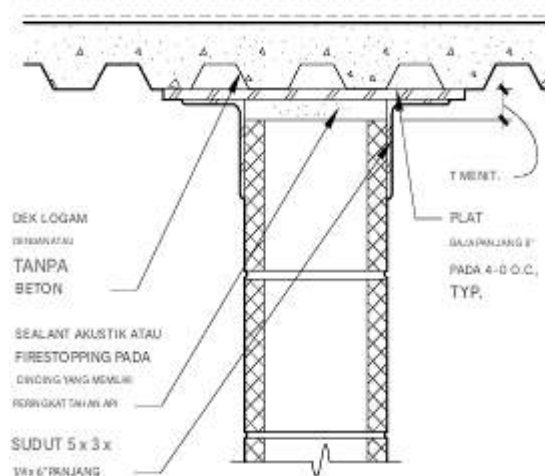
Kinerja yang Lebih Baik

Berbagai aditif anti air yang dipatenkan baik untuk beton yang digunakan untuk membuat CMU maupun dalam mortar dapat membantu mengurangi penyerapan air. Sistem flashing untuk menyediakan drainase internal inti CMU di bagian dasar juga tersedia, dan dapat meningkatkan kinerja. Penerapan lapisan anti air dapat membantu, tetapi akan memerlukan lapisan perawatan selama masa pakai struktur.

Mengaplikasikan sistem plesteran tiga lapis di atas CMU dapat membantu meminimalkan penyerapan. Sistem insulasi dan pelapis eksterior (EIFS) yang diterapkan di atas CMU akan membantu meminimalkan penyerapan dan kontinuitas lapisan insulasi. Menyediakan alas drainase dan penghalang cuaca di bagian dalam CMU dapat meningkatkan kinerja secara substansial.



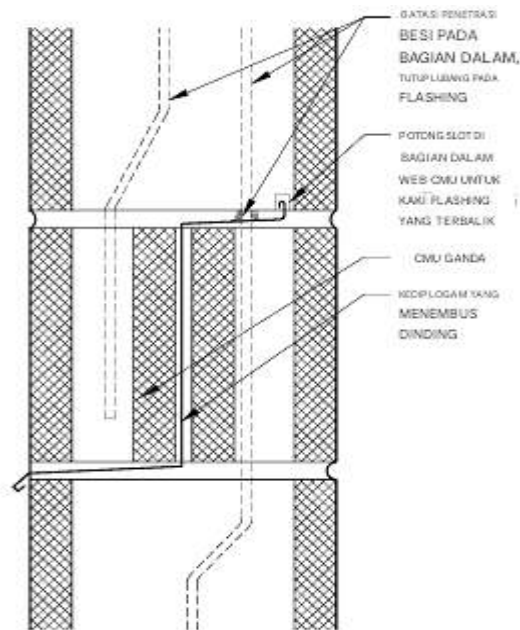
Gambar 2.235 Dukungan horizontal untuk



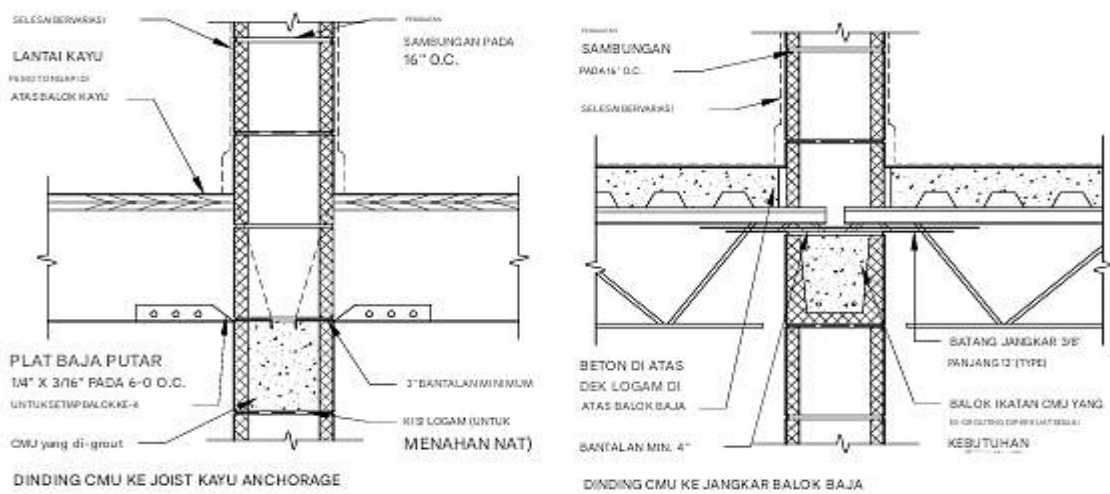
Gambar 2.236 Dukungan horizontal untuk

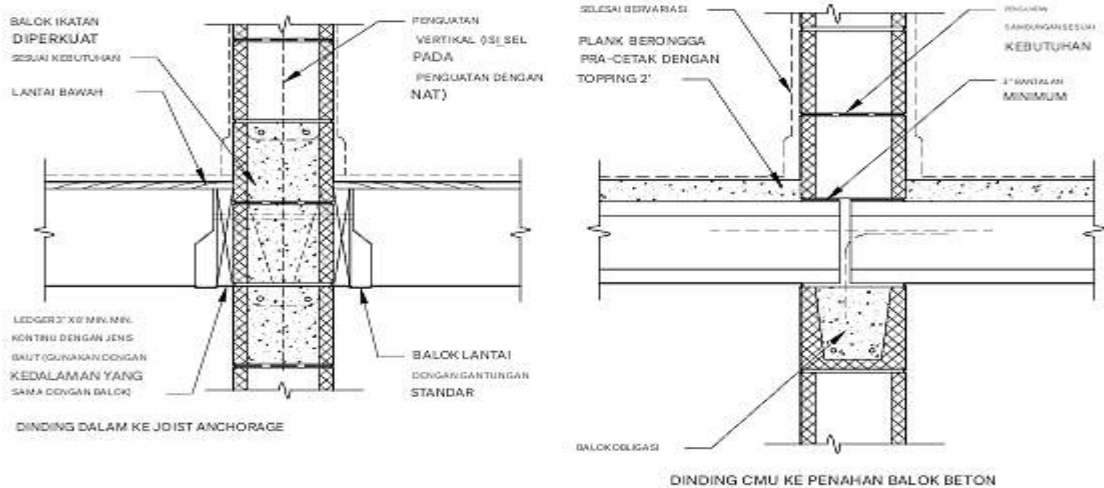
dinding yang tidak memikul beban—rangka
baja

dinding yang tidak memikul beban—dek
logam

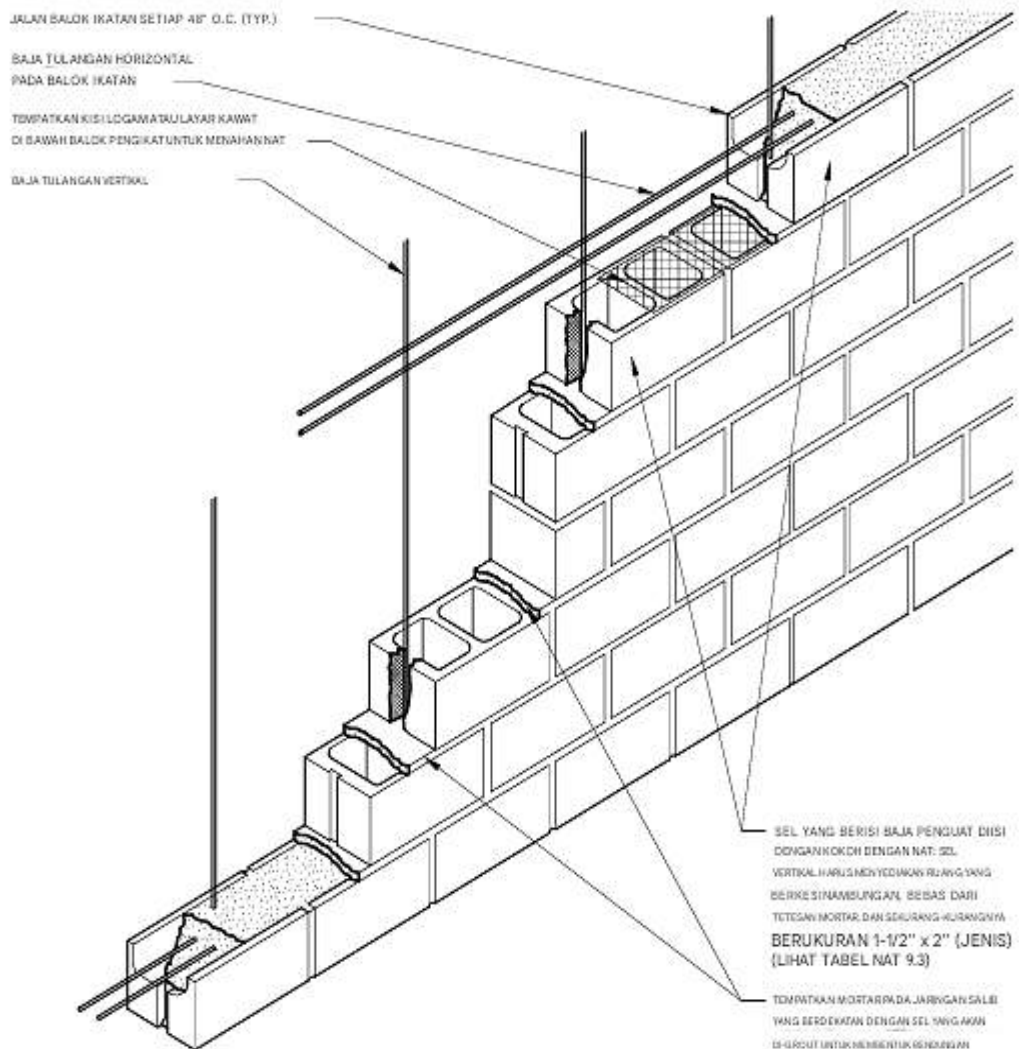


Gambar 2.237 Flashing tersembunyi

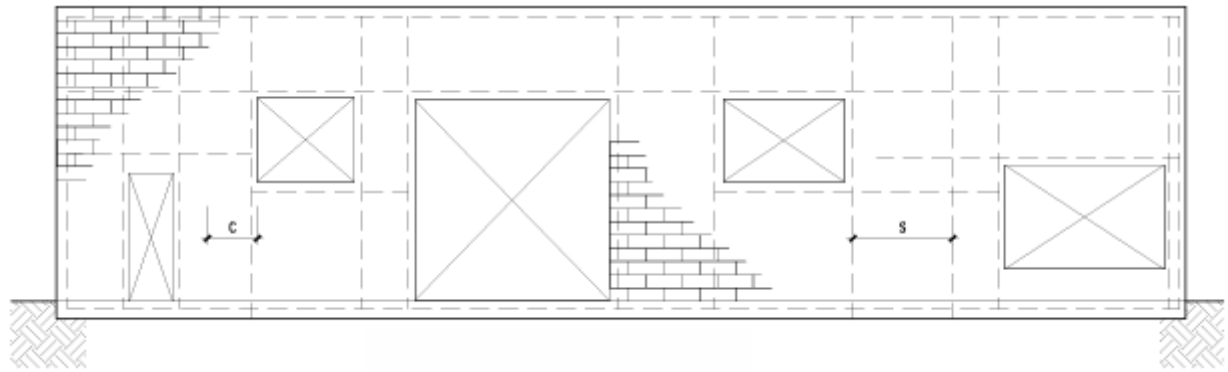




Gambar 2.238 Detail dinding anchorage



Gambar 2.239 Metode penguatan

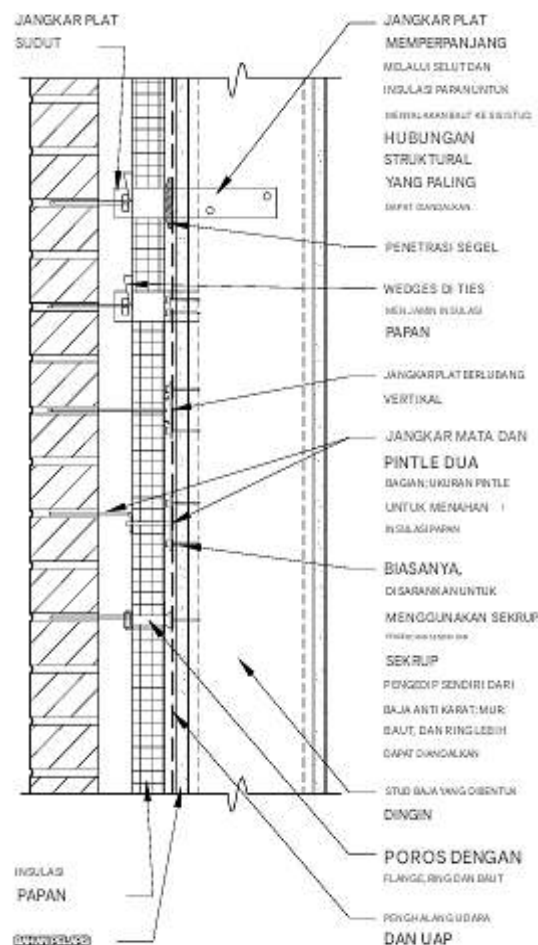


Gambar 2.240 Dinding pasangan batu bata penahan beban yang diperkuat

Pasangan Batu Tanah Liat

Pasangan batu bata tanah liat, termasuk batu bata yang digunakan pada dinding pelapis dapat menyediakan beberapa rakitan dinding eksterior yang paling hemat biaya dan berkinerja tinggi yang tersedia. Dinding tersebut dapat berfungsi sebagai dinding rongga drainase atau, mungkin, sebagai dinding yang tekanannya diseimbangkan, jika dibuat dengan detail dan konstruksi yang tepat. Pelapis batu bata harus didukung oleh penyangga struktural, yang paling umum adalah CMU, tiang kayu, atau rangka baja yang dibentuk dingin, tetapi juga dapat ditempatkan di atas beton struktural atau beton pracetak.

Unit pasangan batu bata arsitektur (misalnya, yang permukaannya terbelah, tergores, diwarnai secara integral, bermuka tanah, dan dibentuk/diukur secara khusus), batu, batu cor, atau sebagian besar unit pasangan batu lainnya dapat menggantikan batu bata, dengan sedikit atau tanpa efek pada kinerja total.



Gambar 2.241 Angkor Pelapis Baja

Penyangga Struktural

- CMU: CMU menyediakan penyangga yang hampir ideal untuk pelapis batu bata. Kekakuan strukturalnya sama, tahan terhadap sedikit pembasahan, dan memiliki karakteristik gerakan yang serupa. Veneer biasanya ditambatkan dengan pintel longgar yang dipasang pada mata pada potongan melintang tulangan horizontal.
- Rangka baja yang dibentuk dingin: Rangka CFS harus dirancang cukup kaku untuk membatasi retakan yang disebabkan oleh defleksi: $L/600$ adalah minimum, tetapi $L/720$ atau $L/900$ mungkin sesuai untuk kinerja yang lebih lama. Ikatan veneer tidak hanya harus menyediakan penjangkaran struktural tetapi juga harus mampu menutup penetrasi melalui selubung.
- Rangka kayu: Rangka kayu biasanya terbatas pada konstruksi perumahan dan komersial yang sangat ringan tanpa manfaat rekayasa struktural. Rangka stud harus dibatasi pada batas normal yang ditentukan oleh kode. Selubung sangat bervariasi dari kayu lapis, OSB, insulasi papan, papan serat kayu, dan selubung gipsum. Ikatan biasanya berupa tab baja galvanis bergelombang pengukur ringan yang dipaku ke stud.

Panas, Udara, dan Kelembapan

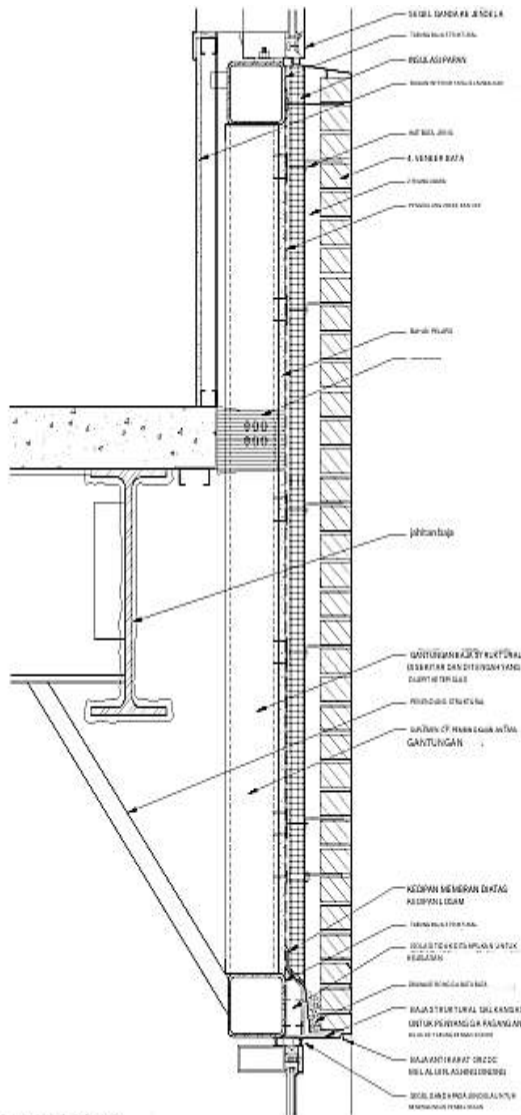
Dinding bata veneer dalam konstruksi komersial harus selalu dirancang sebagai dinding

rongga yang dikeringkan, dan dalam situasi bangunan tinggi atau di mana kinerja yang sangat tinggi diperlukan, dinding tersebut dapat ditingkatkan menjadi dinding dengan tekanan yang sama. Perakitan dinding ini bekerja dengan sangat baik di semua iklim. Penerapan penghalang cuaca dan insulasi di luar cadangan memungkinkan penerapan berkelanjutan dengan sedikit kerusakan atau celah. Jika cadangan CMU digunakan, massa tetap berada di dalam insulasi, menyediakan reservoir termal.

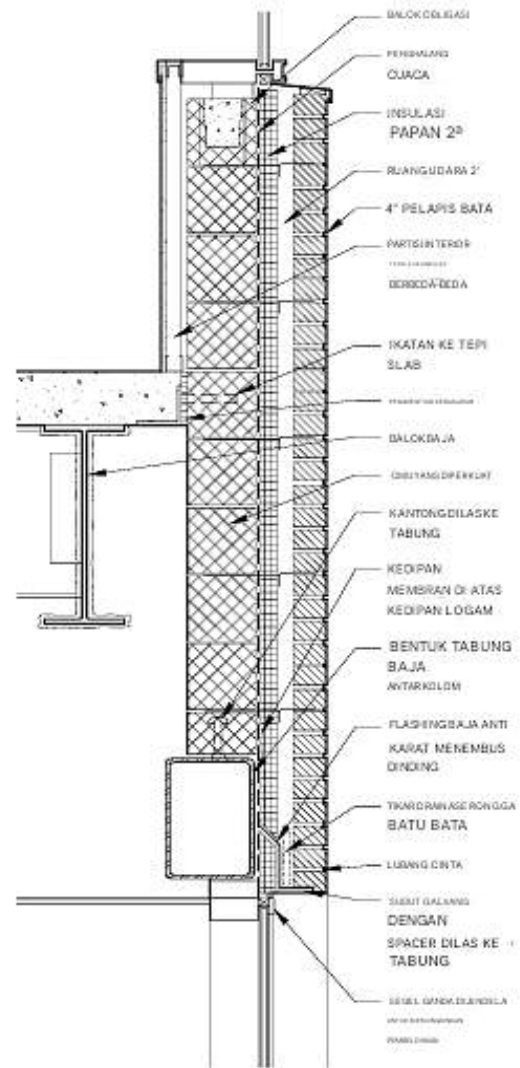
Pelapis Bata pada Pajangan

Gunakan rekomendasi berikut:

- Ruang udara 2 inci. Jika ruang udara dikurangi menjadi 1 inci, berhati-hatilah untuk menjaga ruang udara bebas dari tetesan mortar, atau tambahkan produk berpemilik.
- Tangisan fungsional di atas setiap garis flashing tembus dinding.
- Flashing tembus dinding untuk mengarahkan kelembapan di dalam ruang udara ke bagian luar.
- Penghalang cuaca berkelanjutan diterapkan pada permukaan ruang udara dari cadangan. Koordinasikan membran ke flashing tembus dinding, rangka jendela, dan penetrasi lainnya.
- Isolasi papan dipasang di ruang udara.
- Kemampuan pergerakan veneer dan struktur, sambil mempertahankan kontinuitas penghalang cuaca.



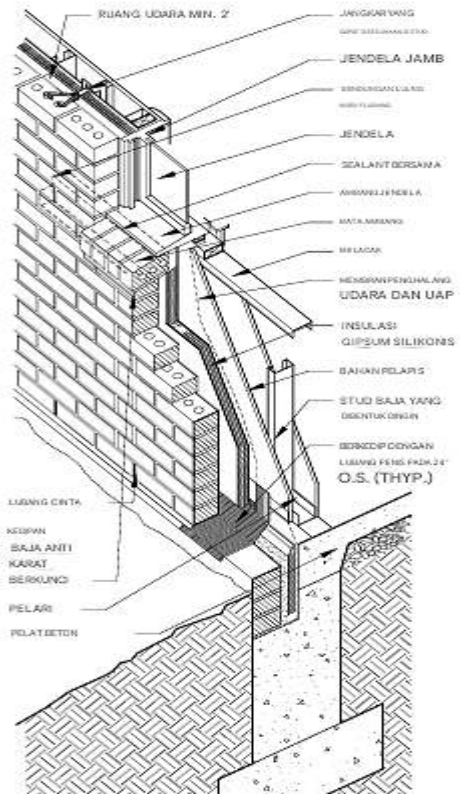
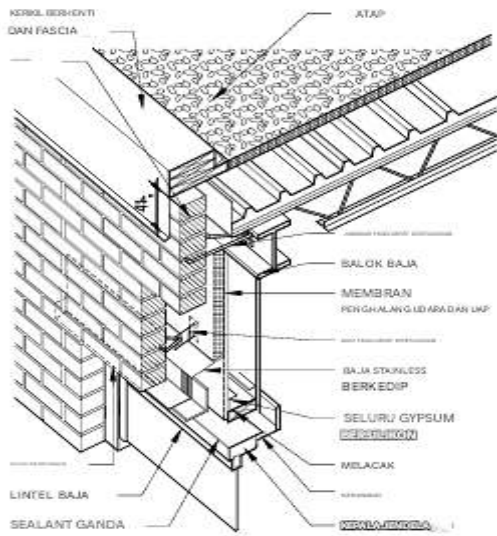
Gambar 2.242 Penyangga kamps baja struktural



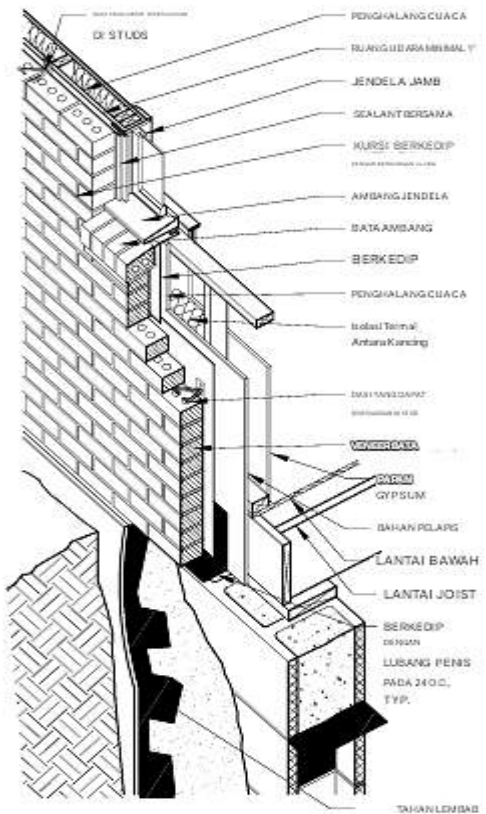
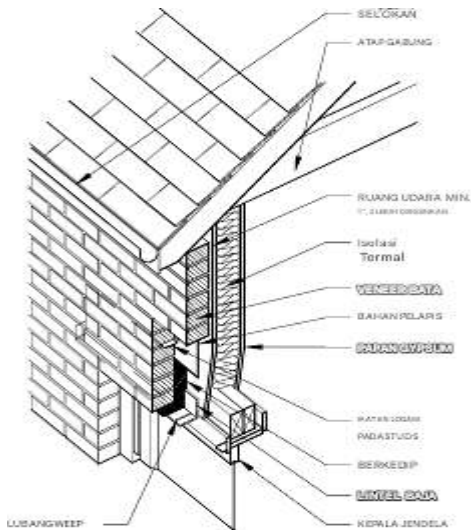
Gambar 2.243 Cadangan cmu masonry

Pada tiang baja yang dibentuk dingin, hindari isolasi di ruang tiang, kecuali ditentukan oleh ekonomi. Jika diperlukan, evaluasi perakitan untuk lokasi penghalang uap yang tepat, hilangnya efektivitas isolasi karena jembatan termal melalui tiang, dan lokasi penghalang udara. Membran kedap air harus dipasang di atas selubung, dan jika juga berfungsi sebagai penghalang cuaca, mungkin harus dapat ditembus uap. Pada dinding bata berbingkai kayu hunian, insulasi selimut biasanya dipasang di ruang tiang. Selubung, insulasi papan, penghalang cuaca, dan perincian semuanya harus dipertimbangkan dengan saksama dan diseimbangkan dalam hubungannya dengan iklim setempat.

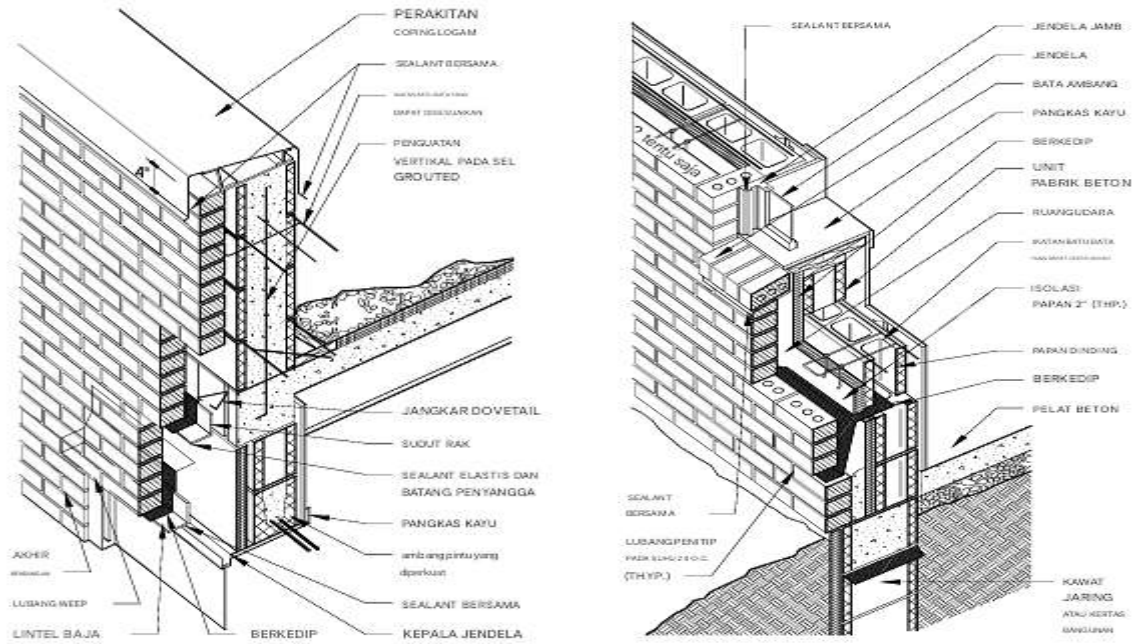
Untuk dinding yang tekanannya disamakan, bagi ruang udara di belakang bata menjadi zona-zona setinggi sekitar satu lantai dengan lebar 15 atau 20 ft. Bagi rongga di sudut dalam dan luar selebar sekitar 5 ft, karena ini adalah area dengan perubahan tekanan yang besar. Ventilasi tambahan di bagian atas rongga diperlukan. Pastikan rongga dipisahkan dari atap di tembok pembatas.



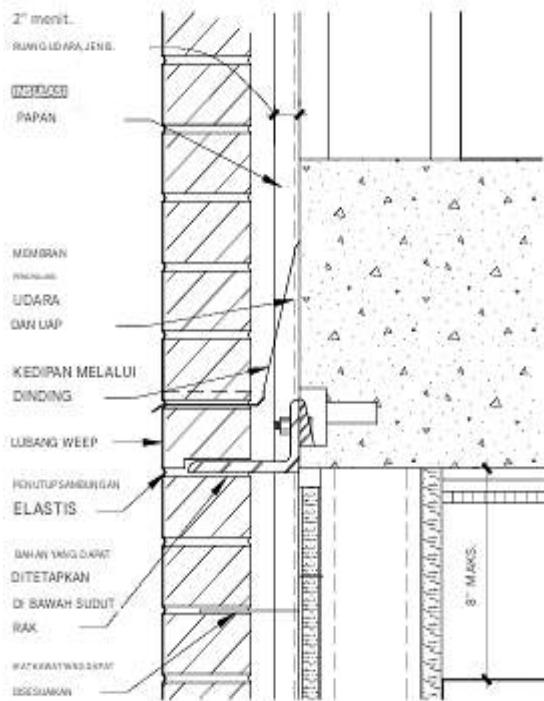
Gambar 2.244 Pelapis bata pada rangka logam yang dibentuk dingin



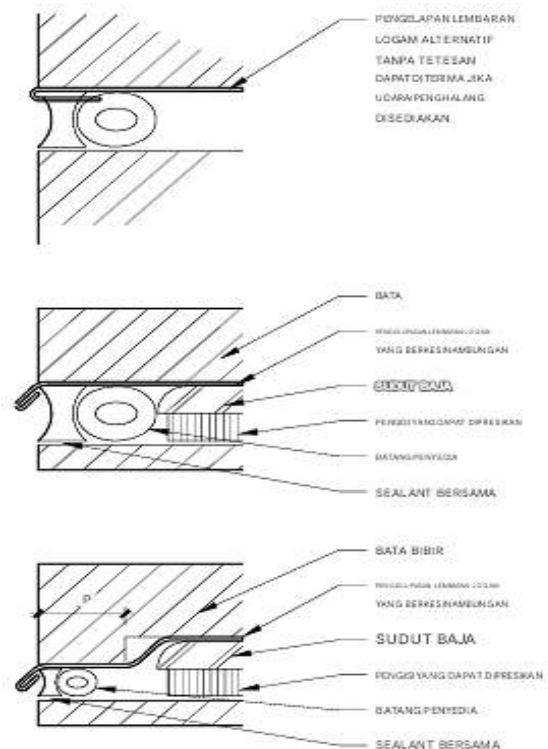
Gambar 2.245 pelapis bata pada rangka kayu



Gambar 2.246 Pelapis bata pada cmu



Gambar 2.247 Detail sudut rak

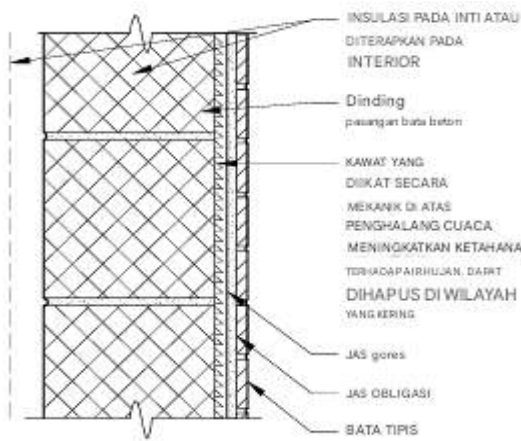


Gambar 2.248 Sambungan lembut horizontal

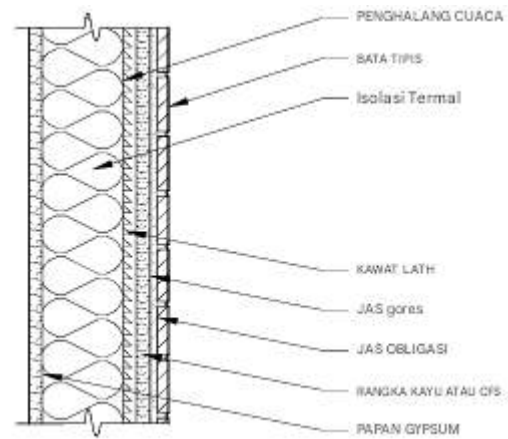
Veneer yang Dilekat

Veneer bata tipis (juga disebut veneer yang direkatkan) adalah aplikasi unit veneer bata tipis (ketebalan antara 1/2 hingga 1-3/4 inci) pada sistem penyangga. Veneer yang direkatkan bergantung pada agen pengikat antara unit bata tipis dan substrat penyangga. Konstruksi ini

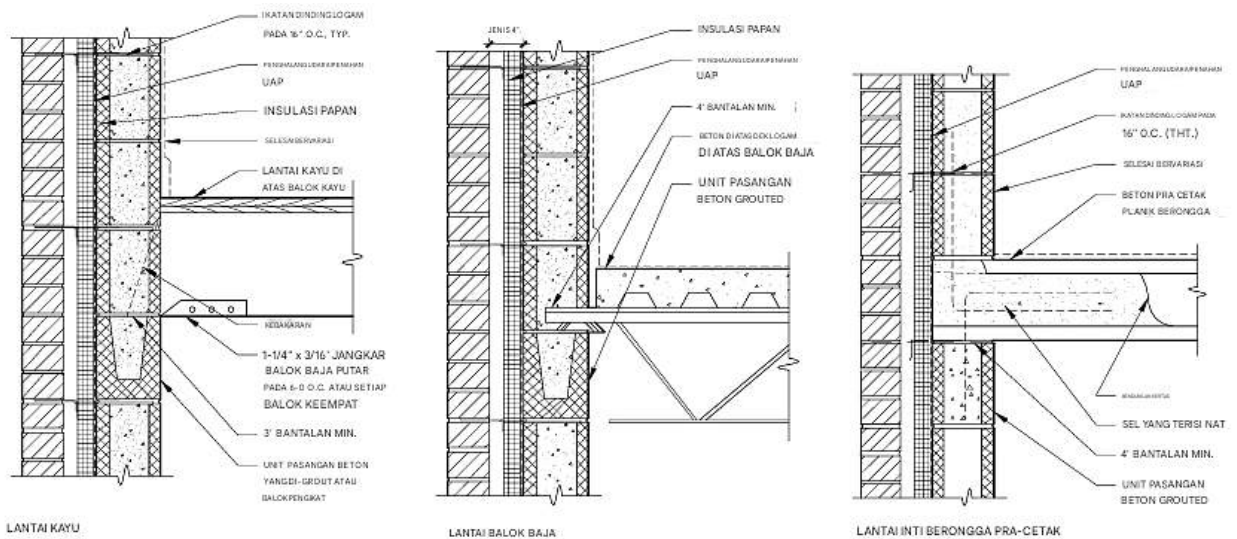
dapat diklasifikasikan sebagai lapisan tipis atau lapisan tebal. Bata tipis dapat direkatkan pada penyangga tiang, dipasang pada penyangga pasangan bata beton, dicor ke panel beton, atau diletakkan pada panel modular yang telah dibentuk sebelumnya. Panel bata tipis dapat dibuat terlebih dahulu atau diletakkan di tempat, tergantung pada ukuran atau kerumitan proyek. Dinding ini merupakan rakitan penghalang dan harus dibatasi pada iklim sedang dengan sedikit curah hujan. Lihat kode untuk batasan ukuran dan berat potongan veneer.



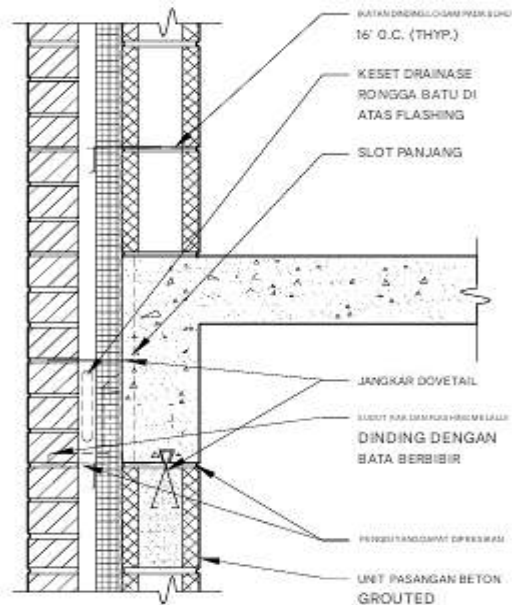
Gambar 2.249 Pelapis bata tipis pada cmu



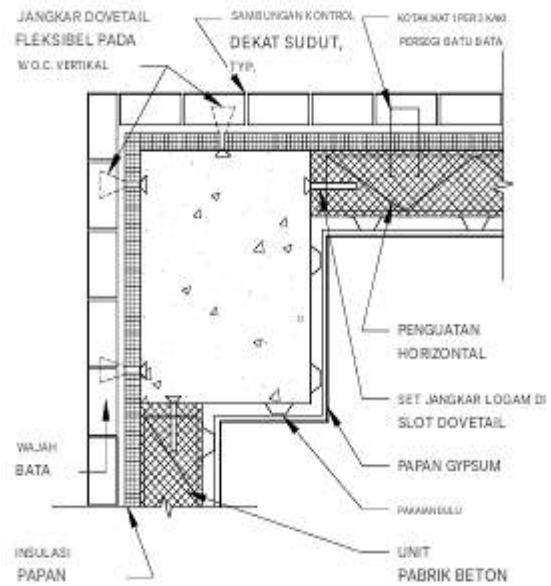
Gambar 2.250 Pelapis bata tipis pada rangka kayu atau rangka logam yang dibentuk dingin



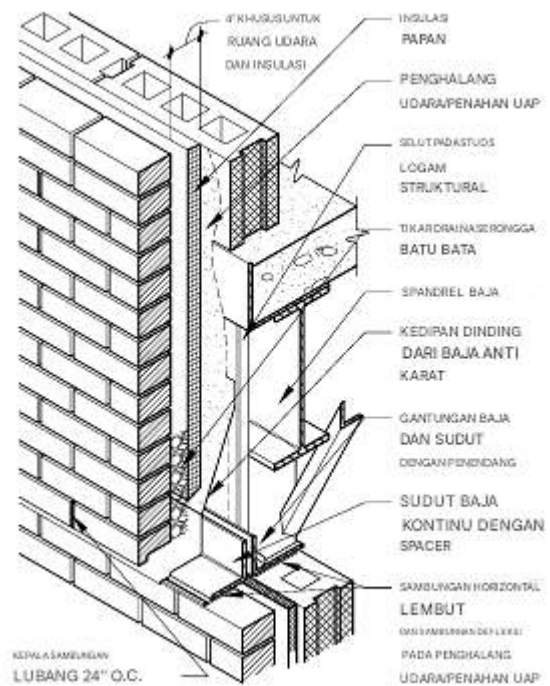
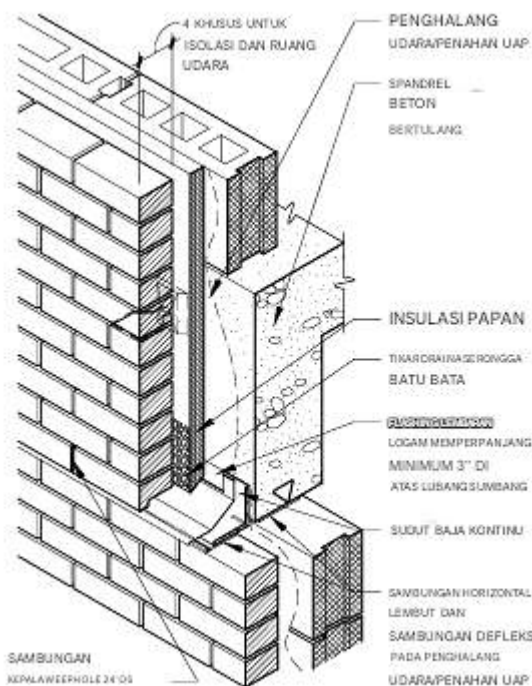
Gambar 2.251 Penahan dari dinding ke lantai pada dinding berroong



Gambar 2.252 Detail spandrel



Gambar 2.253 Jangkar dovetail di sudut



Gambar 2.254 Flashing dinding rongga

Unit Batu Bata Kaca

Saat menentukan penyangga dan sudut rak, berat terpasang dan batasan defleksi blok kaca harus diperhitungkan, dan kode bangunan setempat harus diperiksa untuk mengetahui batasan ukuran panel atau detail pemasangan.

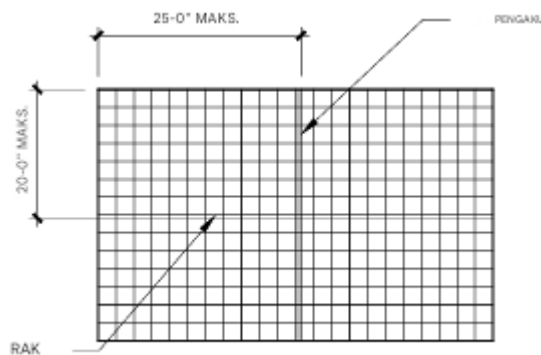
Tabel 2.255 Berat blok kaca terpasang

Jenis Unit	Berat Terpasang (LB/Kaki Persegi)
Biasa	20
Tipis	16
Tebal	26
Padat	38

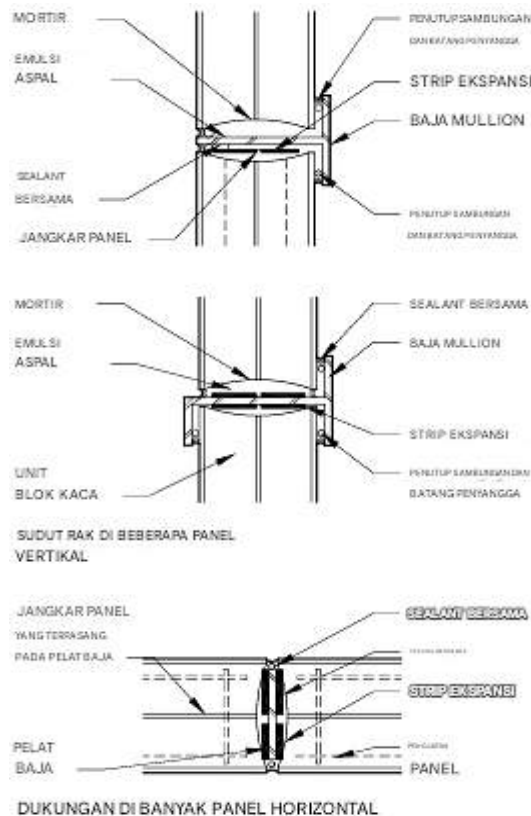
Batasan Defleksi

Defleksi maksimum anggota struktural yang menopang panel blok kaca tidak boleh melebihi: $L/600$

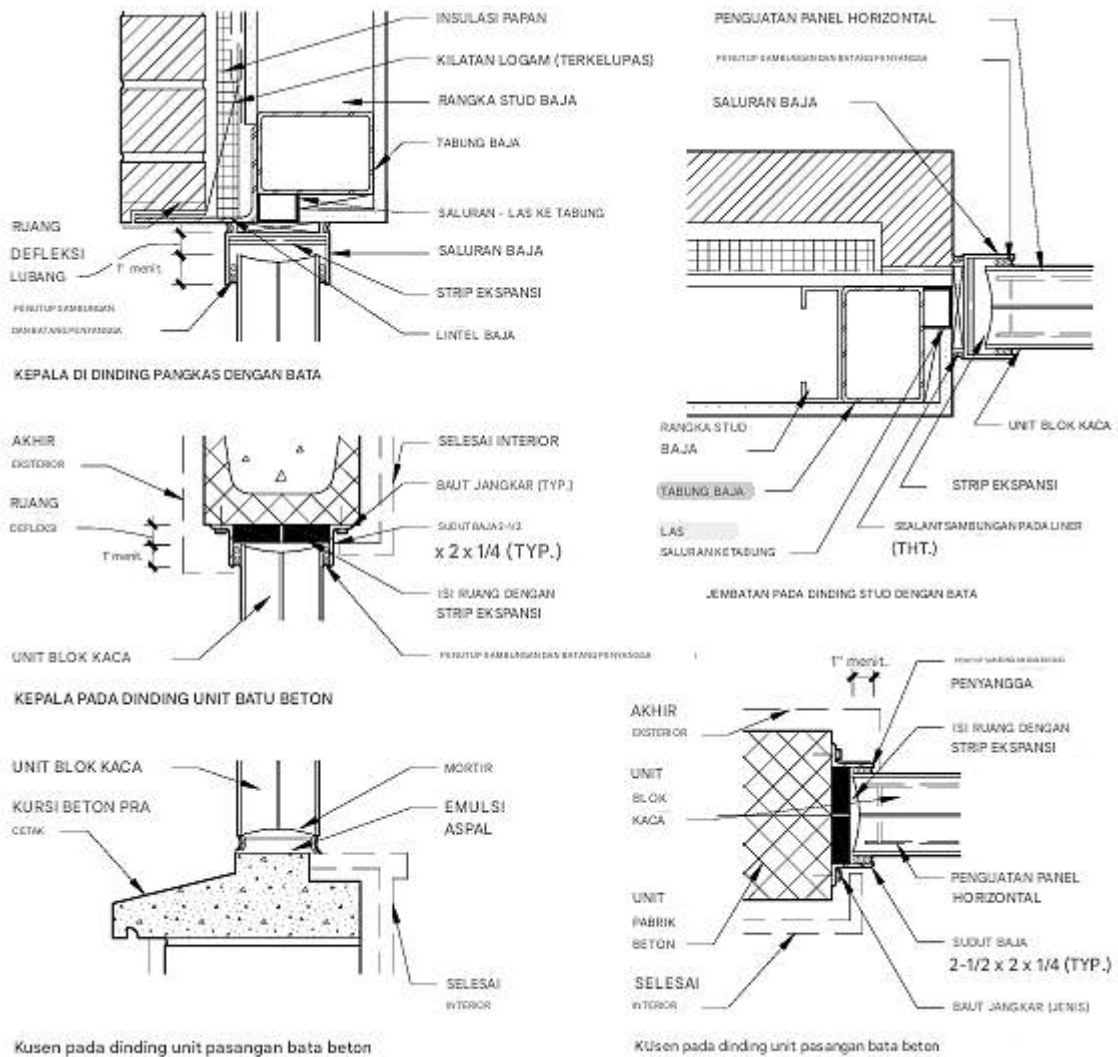
di mana L = jarak antara penyangga vertikal.



Gambar 2.256 Ketinggian



Gambar 2.257 Bagian pada dukungan



Gambar 2.258 Detail koneksi eksterior

Pembentukan Beton yang Mengisolasi

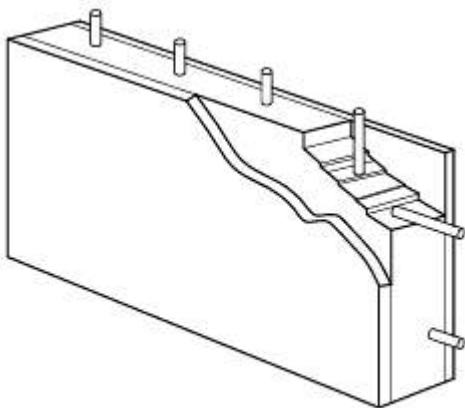
ICF pada dasarnya adalah bekisting untuk dinding beton cor yang tetap di tempatnya sebagai bagian permanen dari rakitan dinding. Bekisting, yang terbuat dari insulasi busa, dibentuk dari blok yang saling terkait atau panel terpisah yang dihubungkan dengan ikatan plastik. Bekisting yang dibiarkan di tempatnya tidak hanya menyediakan isolasi dan penghalang suara yang berkelanjutan, tetapi juga menyediakan lapisan untuk papan gipsum di bagian dalam dan semen plesteran, plester, pelapis dinding, atau batu bata di bagian luar.

Meskipun semua ICF pada prinsipnya identik, berbagai merek sangat berbeda dalam detail bentuk, rongga, dan bagian komponennya. Rangkaian blok memiliki unit individual terkecil, mulai dari 8 inci x 1 ft -4 inci (tinggi x panjang) hingga 1 ft 4 inci x 41 inci. Blok ICF yang umum memiliki lebar keseluruhan 10 inci, dengan rongga 6 inci untuk beton. Unit-unit tersebut dicetak di pabrik dengan tepi saling terkait khusus yang memungkinkannya untuk disatukan seperti blok plastik untuk anak-anak.

Sistem panel memiliki unit terbesar, berkisar antara sekitar 1 ft x 8 ft hingga 4 ft x 12 ft. Tepi busanya datar, dan interkoneksi memerlukan pemasangan konektor atau "pengikat"

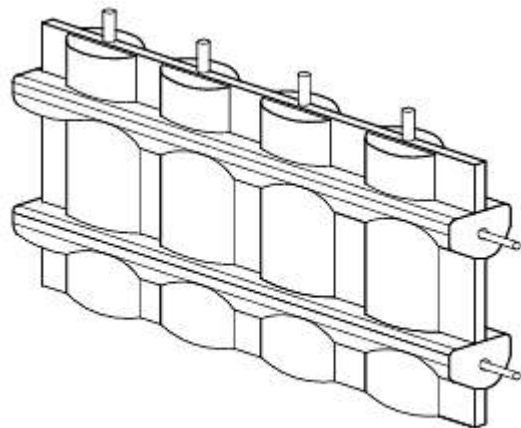
terpisah. Panel dirakit menjadi unit sebelum dipasang di tempatnya—baik di lokasi maupun sebelum pengiriman. Sistem papan mirip dengan sistem panel, tetapi umumnya menggunakan permukaan busa yang lebih kecil, berkisar antara tinggi 8 inci hingga 12 inci dan lebar 4 ft hingga 8 ft. Perbedaan utama antara papan dan panel adalah perakitannya. Papan busa dilengkapi dengan pengikat sebagai bagian dari urutan pemasangan, alih-alih dirakit menjadi unit.

Dalam kategori ICF yang luas ini, masing-masing merek bervariasi dalam desain rongganya. Sistem "dinding datar" menghasilkan ketebalan beton yang berkesinambungan, seperti dinding tuang konvensional. Sistem "dinding kisi" memiliki pola wafel di mana beton lebih tebal di beberapa titik daripada di titik lainnya. Sistem "tiang dan balok" memiliki kolom beton horizontal dan vertikal yang berjarak lebar yang sepenuhnya terbungkus dalam bentuk busa. Apa pun perbedaan di antara merek ICF, semua sistem ICF utama dirancang oleh insinyur, diterima oleh kode, dan terbukti di lapangan.



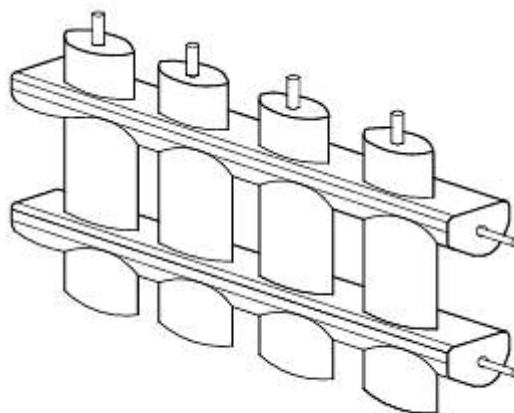
INTI DINDING DATAR DENGAN BENTUK YANG TERTERA

Gambar 2.259 Pembentukan beton isolasi



INTI KISI-KISI WAFFLE DENGAN BENTUK YANG DIHAPUS UNTUK KEJERNIHAN

Gambar 2.260 Potongan dinding kisi icf umum



INTI KISI LAYAR DENGAN BENTUK DIHAPUS UNTUK KEJELASAN

Gambar 2.261 Potongan dinding panjang dan balok icf umum

Panel Penutup Hujan

Panel digunakan dalam sistem dinding eksterior rongga yang dikeringkan dengan memasangnya di atas sistem suspensi dengan ruang udara, penghalang cuaca, dan penyangga struktural (biasanya selubung di atas tiang). Panel tersedia dalam berbagai macam bahan dasar, ukuran, dan warna. Sebagian besar produsen menjual ubin bersama dengan sistem suspensi sebagai sistem hak milik.

Panel

Panel tersedia dalam berbagai macam jenis. Beberapa homogen melalui ketebalannya, sementara yang lain memiliki lapisan dekoratif yang diaplikasikan pada satu atau kedua sisinya. Jenis panel yang umum meliputi:

- Panel resin fenolik padat dengan pengikat serat kayu: Panel ini memiliki permukaan dekoratif di satu atau kedua sisinya, dengan inti hitam.
- Panel kayu rekayasa, dengan veneer dan/atau inti dalam resin bening: Pada panel ini, permukaan yang terbuka tersedia dalam berbagai veneer kayu berkualitas tinggi.
- Panel resin dengan pengisi mineral: Panel ini umumnya diwarnai secara integral melalui seluruh ketebalannya.

Ukuran

Panel berkisar dari 4 x 8 ft hingga 5 x 12 ft. Ketebalan berkisar dari 5/16 hingga 1/2 inci.

Finishing

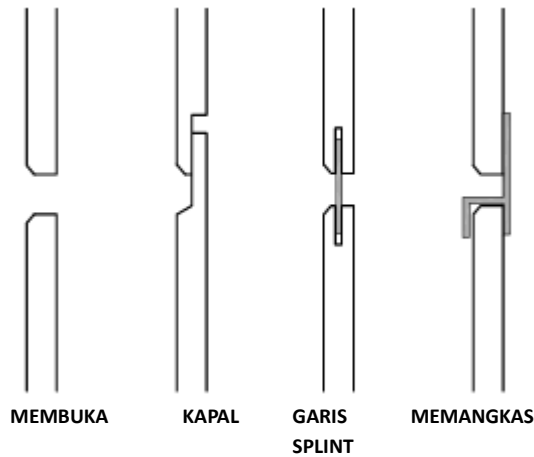
Tidak semua jenis panel tersedia dalam semua finish.

- Warna solid dengan permukaan halus dan satin gloss: Rentang warna standar luas, dan warna khusus tersedia untuk cetakan yang lebih besar.
- Serat kayu: Kayu asli atau pelapis kayu cetak.
- Berbintik: Tampilan batu atau pola berbintik dekoratif.

Komponen Perakitan Dinding

- Panel: Panel harus dipasang untuk memungkinkan pergerakan termal dalam jumlah yang relatif besar. Sistem pengikat yang terbuka harus menyediakan lubang berukuran besar. Sistem klip tersembunyi harus memungkinkan sambungan bergeser.
- Penopang struktural: CMU atau selubung gipsium di atas rangka logam yang dibentuk dingin.
- Penghalang cuaca: Penghalang berkelanjutan diterapkan di atas selubung atau CMU.
- Isolasi: Papan atau isolasi selimut dipasang di ruang udara di antara anggota sistem suspensi.
- Sistem suspensi: Umumnya aluminium yang diekstrusi atau baja galvanis yang dibentuk dengan klip pemasangan, yang mungkin merupakan hak milik produsen panel. Reng kayu dapat digunakan dalam konstruksi perumahan atau komersial ringan.
- Flashing tembus dinding: Lembaran baja tahan karat atau aluminium yang dipadukan

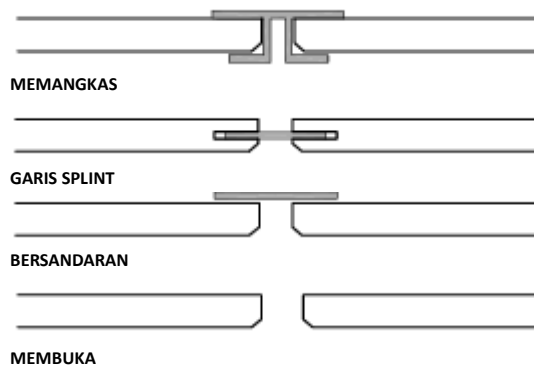
dengan penghalang cuaca. Flashing harus menyertakan bukaan untuk memungkinkan ventilasi dan rembesan rongga.



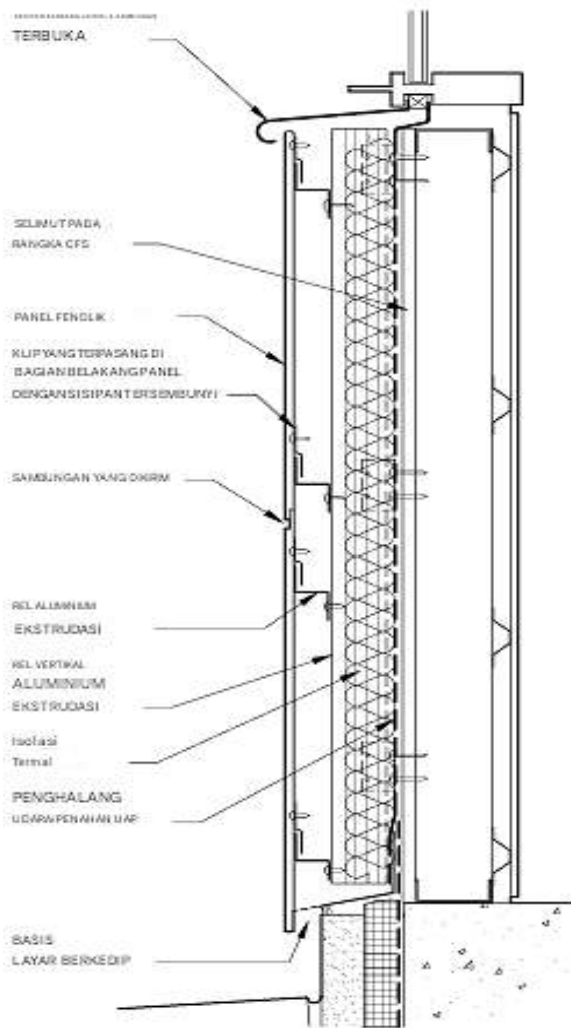
Gambar 2.262 Sambungan horizontal panel fenolik

Panas, Udara, dan Kelembapan

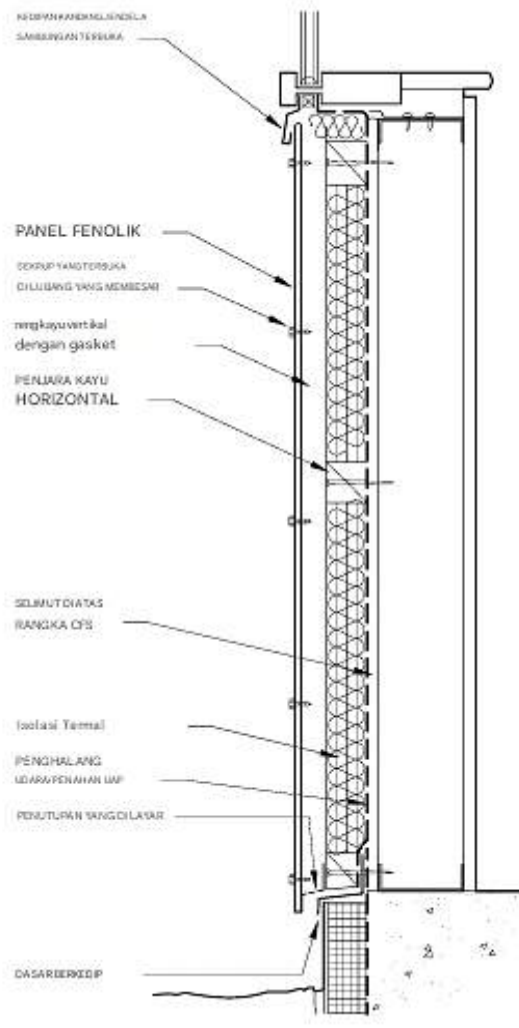
Dalam konstruksi komersial, situasi bertingkat tinggi, atau di mana kinerja yang sangat tinggi diperlukan, dinding panel rainscreen harus dirinci sebagai dinding rongga yang dikeringkan, meskipun dapat juga berupa dinding yang diseimbangkan tekanannya. Sistem dinding ini bekerja sangat baik di semua iklim. Penerapan penghalang udara atau penghambat uap dan isolasi di luar dinding cadangan memungkinkan penerapan berkelanjutan dengan sedikit kerusakan atau celah. Jika cadangan CMU digunakan, massa tetap berada di dalam isolasi, sehingga memberikan peredaman termal.



Gambar 2.263 Sambungan vertikal panel fenolik



Gambar 2.264 Klip tersembunyi pada kisi aluminium

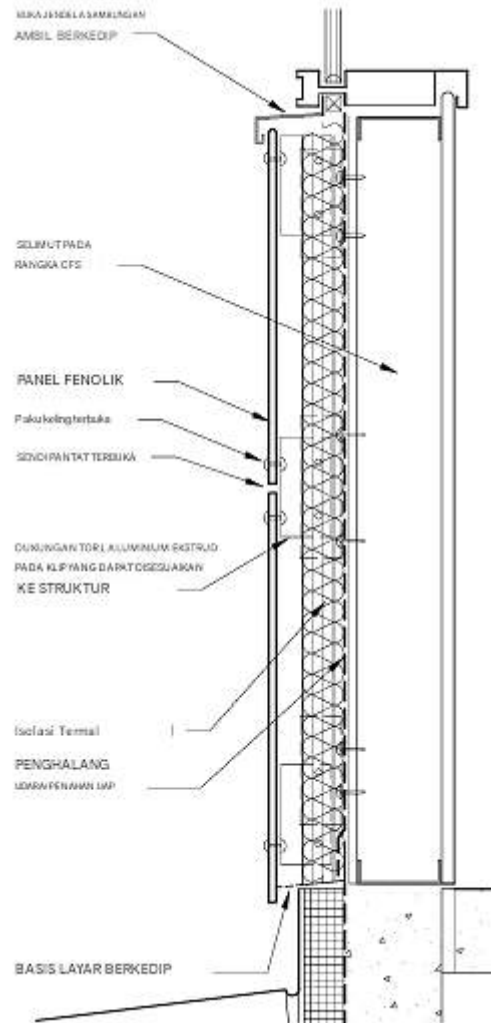


Gambar 2.265 Sekrup yang terbuka ke kayu

Hindari isolasi di ruang stud, kecuali ditentukan oleh ekonomi. Jika diperlukan, evaluasi perakitan untuk lokasi penghambat uap yang tepat dan hilangnya efektivitas isolasi karena jembatan termal melalui stud. Penghalang udara harus dipasang di atas selubung; tergantung pada kondisi iklim, penghalang udara mungkin perlu dapat ditembus uap.

Panel Struktural

Panel bangunan struktural adalah panel komposit yang dirakit di pabrik dan siap dipasang sebagai bagian dinding struktural dan/atau isolasi yang lengkap. Material setiap komponen sistem panel sangat penting saat memilih produsen panel. Komponen tersebut meliputi kulit, inti busa, perekat, dan pelapis eksterior atau interior opsional. Aplikasi yang dimaksudkan untuk panel menentukan material yang digunakan. Konsultasikan dengan produsen untuk spesifikasi. Ukuran bervariasi dari panel berukuran 4 x 8 ft dengan berat sekitar 100 lbs, hingga panel berukuran 8 x 28 ft yang harus dipasang menggunakan derek.



Gambar 2.266 Paku keling yang terbuka ke dukungan aluminium

Jenis Panel

Ada dua jenis utama panel bangunan struktural:

- Panel kulit yang diberi tekanan: Panel ini diproduksi dengan cara merekatkan dan memaku kulit kayu lapis ke kedua sisi rangka kayu, sehingga menghasilkan unit yang berfungsi seperti balok-I. Panel kulit yang diberi tekanan tidak selalu terisolasi.
- Panel inti busa struktural: Panel ini terbagi menjadi dua kelompok: panel sandwich dan panel tanpa lapisan. Panel sandwich adalah panel busa kaku yang dilapisi dua lapisan bermutu struktural, biasanya terbuat dari papan untai berorientasi (OSB) atau kayu lapis. Bergantung pada aplikasi dan produsennya, panel inti busa ini mungkin menyertakan atau tidak menyertakan anggota rangka di dalam inti. Panel inti busa struktural tanpa lapisan tampak seperti panel rangka batang dengan insulasi termal di antara anggotanya, bukan insulasi selimut. Pelapis interior dan eksterior diaplikasikan pada panel ini di lapangan.

Lapisan panel bangunan struktural (seperti flensa balok-I) menahan tegangan dan kompresi, sementara rangka atau inti kayu (seperti jaring balok-I) menahan geser dan mencegah tekukan lapisan.

Semua panel inti busa struktural diisolasi dengan inti polistirena yang diperluas (EPS), polistirena yang diekstrusi, atau busa uretan, dengan ketebalan 3-1/2 hingga 11-1/4 inci. Panel uretan dilaminasi dengan lem seperti polistirena atau dibuat busa di tempat, baik di pabrik maupun di lapangan. Uretan memiliki nilai R 6 atau 7 per inci, dibandingkan dengan R-5 untuk polistirena yang diekstrusi dan R-4 untuk busa EPS.

Uretan memiliki kekuatan kompresi sekitar dua kali lebih kuat daripada polistirena, dan memiliki peringkat perm kurang dari 1, yang secara teknis memenuhi syarat sebagai penghambat uap. EPS memiliki peringkat perm dari 1 hingga 3 dan mungkin memerlukan penghambat uap tambahan. Namun, EPS bersifat lembam, tidak beracun (jika tertelan), dan ulet; tidak memberi makan mikroorganisme dan umumnya lebih murah daripada uretan. Konsultasikan dengan produsen tentang kandungan CFC dan formaldehida dalam inti busa dan bahan kulit karena bervariasi di antara produsen. Mengenai mudah terbakarnya kedua jenis inti busa, konsultasikan dengan produsen tentang masing-masing produk.

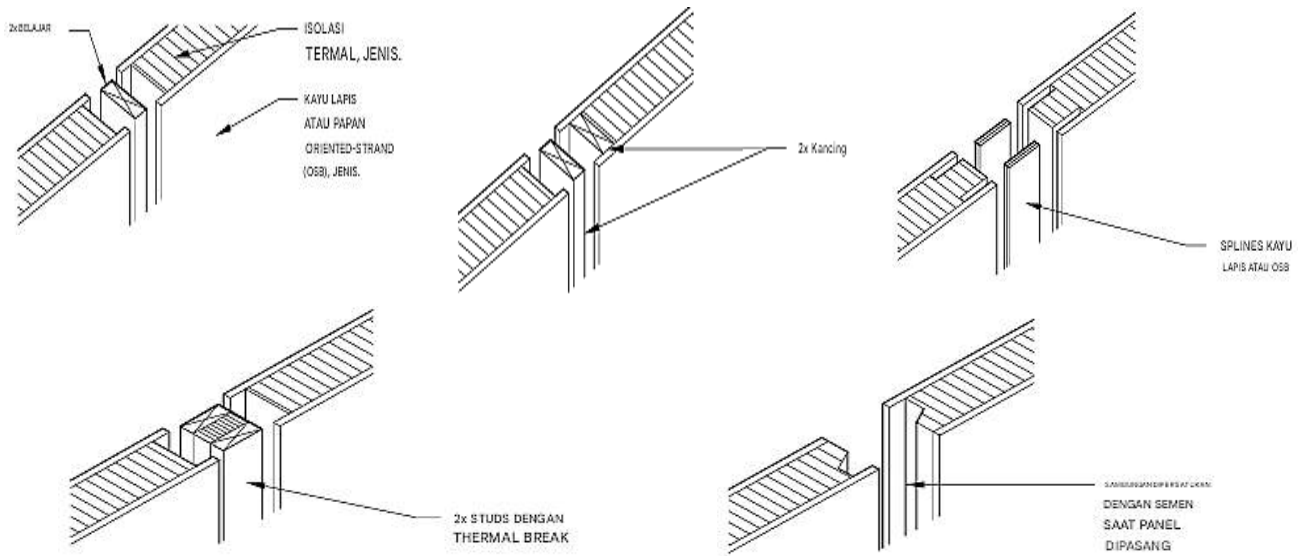
Karakteristik

Penggunaan panel struktural umumnya mempercepat konstruksi karena panel menggantikan tiga langkah standar: rangka, pelapisan, dan isolasi. Perakitan panel menawarkan kinerja energi yang lebih unggul dibandingkan dengan rangka konvensional. Hal ini terutama karena isolasi termal memiliki nilai-R yang lebih tinggi, lebih sedikit sambungan yang harus disegel, dan panas konduktif tidak hilang melalui infiltrasi udara di sekitar rangka. Panel bangunan struktural juga menawarkan ketahanan yang baik terhadap beban lateral.

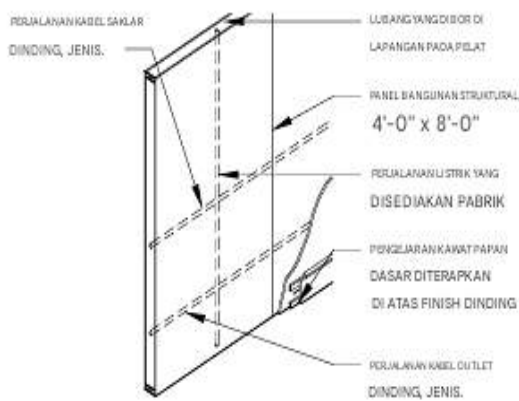
Namun, panel ini rentan terhadap serangan serangga seperti semut tukang kayu dan rayap, yang memakan kayu dan membuat terowongan melalui bahan isolasi, mengurangi nilai isolasi dan bahkan mengorbankan integritas struktural. Penggunaan pelindung rayap, inti busa yang diberi pengusir serangga, dan strategi lain harus dipertimbangkan.

Panel bangunan struktural merupakan komponen sistem bangunan yang relatif baru, oleh karena itu penting untuk berkonsultasi dengan pejabat kode lebih awal untuk mencegah kesalahpahaman atau keterlambatan dalam proses persetujuan kode. Selain itu, tanyakan kepada produsen untuk memastikan apakah produk mereka telah menerima persetujuan kepatuhan dari otoritas yang berwenang.

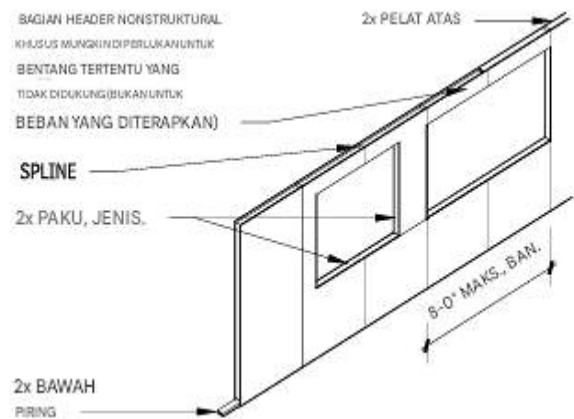
Lapisan di antara panel merupakan bagian dari rakitan yang paling rentan terhadap infiltrasi dan kelemahan, sehingga paling mungkin menunjukkan hasil pemuaian dan penyusutan. Sambungan spline yang rapat dengan sealant di semua tepi (atas, bawah, dan samping) dapat meningkatkan efisiensi termal secara signifikan. Di daerah beriklim sangat dingin, lapisan panel harus direkatkan dan disegel untuk mencegah infiltrasi udara dan untuk mencegah kondensasi dan pembusukan di dalam sambungan.



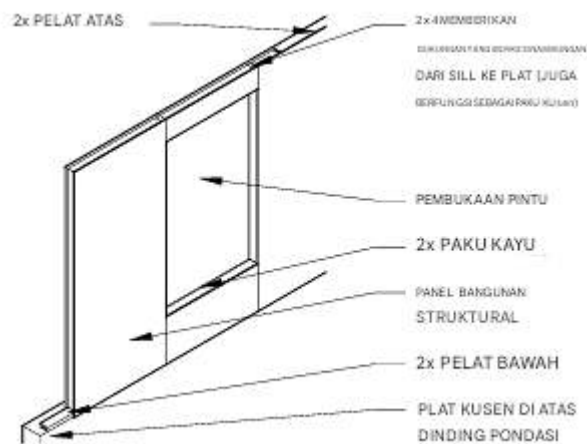
Gambar 2.267 Detail spline panel menengah umum



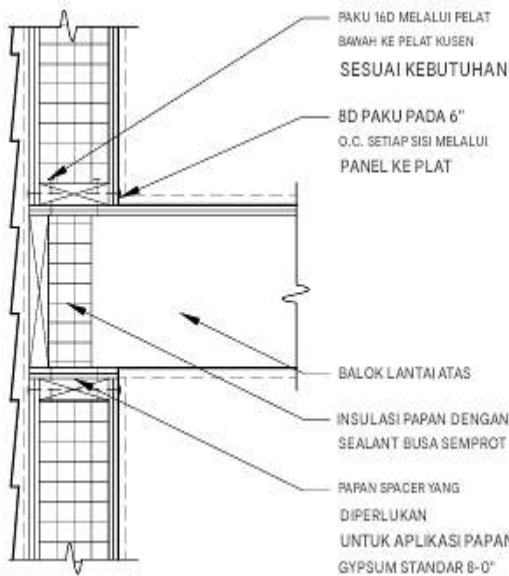
Gambar 2.268 Lokasi umum pengejaran kawat di panel



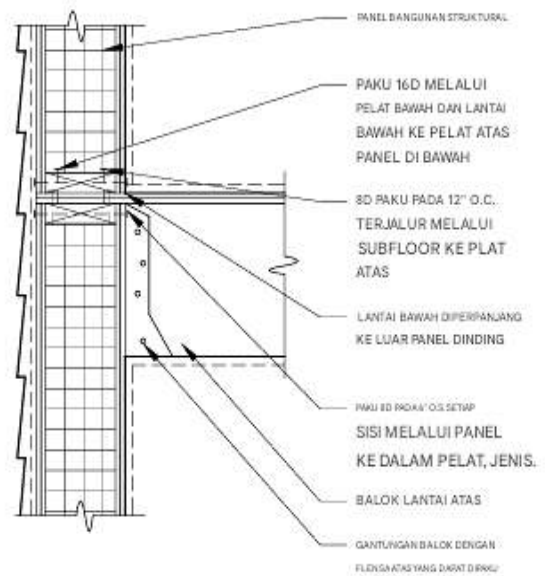
Gambar 2.269 Detail jendela



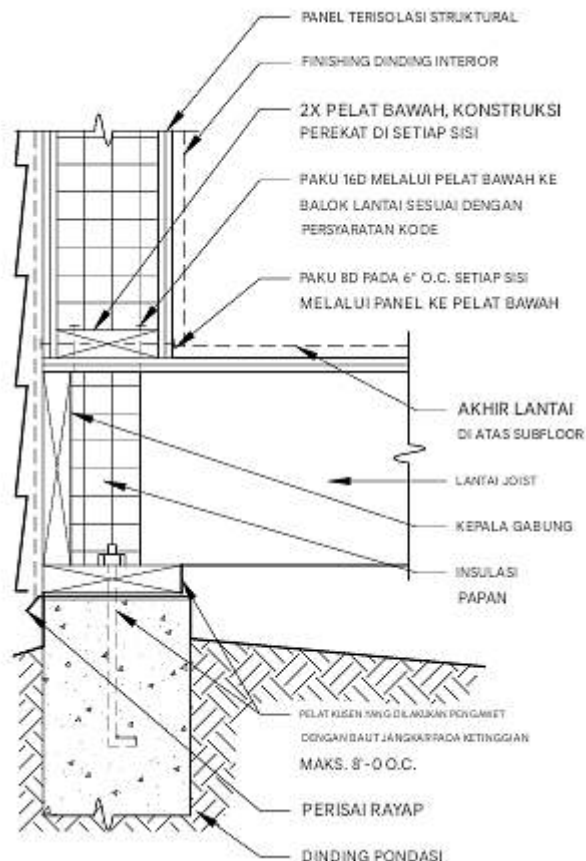
Gambar 2.270 Detail pembukaan pintu yang diperkuat



Gambar 2.271 Hubungan dengan balok lantai antara panel



Gambar 2.272 Hubungan dengan balok lantai yang berdekatan dengan panel

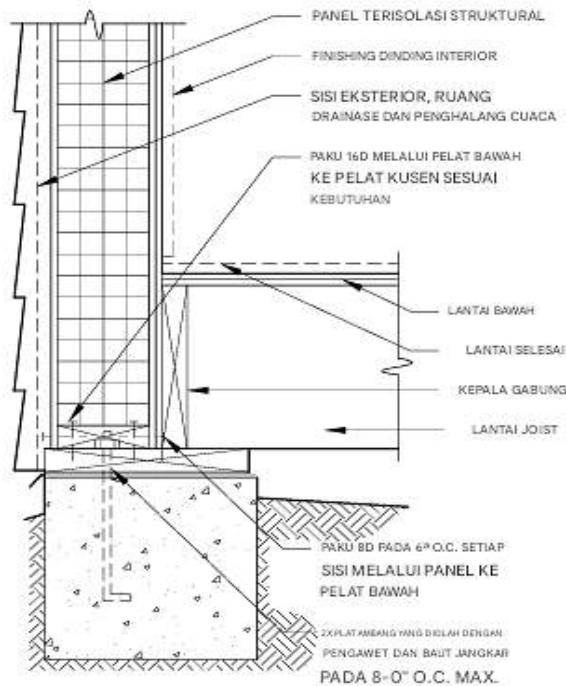


Gambar 2.273 Panel di kusen, dengan balok lantai di bawah hubungan

Stukko Semen Portland

Stuko adalah material pelapis eksterior tradisional, biasanya tiga lapis plester semen portland, diaplikasikan di atas penghalang cuaca untuk menciptakan sistem dinding bidang

drainase. Plester ini tahan benturan dan api, dan karena diaplikasikan dalam keadaan plastis, plester ini dapat dibuat sesuai dengan hampir semua bentuk. Namun, plester yang tahan lama sangat bergantung pada aplikasi yang berpengalaman dan terampil, karena banyak masalah yang disebabkan oleh plester (misalnya, retak, delaminasi, kebocoran air) tidak melekat pada produk tersebut tetapi merupakan hasil dari pemasangan yang tidak tepat.



Gambar 2.274 Panel pada sambungan kursi, dengan balok lantai di sebelahnya

Stuko diaplikasikan dalam tiga lapisan: anti gores, cokelat, dan pelapis.

- Lapisan anti gores dan cokelat adalah plester semen portland, biasanya masing-masing setebal sekitar 3/8 inci; keduanya disebut lapisan dasar. Lapisan dasar harus diawetkan dengan lembap selama dua hari, kemudian diawetkan lebih lanjut selama lima hari sebelum aplikasi lapisan akhir. Dalam kondisi yang sangat panas atau berangin, lapisan dasar mungkin perlu dilindungi dengan terpal atau lembaran.
- Lapisan dasar disebut demikian karena, setelah diaplikasikan, permukaannya dikasar dengan penggaruk atau alat lain untuk meningkatkan ikatan mekanis lapisan dasar.
- Lapisan dasar diaplikasikan setelah lapisan dasar mengeras. IBC memerlukan waktu minimal 24 jam di antara lapisan jika menggunakan pengerasan lembap, atau 48 jam tanpa pelapisan. Di masa lalu, waktu pengerasan yang umum adalah satu minggu. Penting agar lapisan dasar diawetkan dengan benar sebelum mengaplikasikan lapisan dasar, untuk meminimalkan keretakan. Lapisan dasar dapat diperkuat dengan berbagai serat, dan harus diratakan dengan sekop saat masih lembap tetapi setelah pengerasan awal, untuk memadatkan permukaan dan mengurangi keretakan lebih lanjut. Aplikasi lapisan dasar sebelum lapisan dasar diawetkan dengan benar, dan kegagalan untuk membuat pelampung sekop tambahan lewat, merupakan penyebab umum keretakan

pada plesteran yang sudah jadi.

- Lapisan akhir dapat berupa plester semen portland atau akrilik, biasanya setebal 1/8 inci. Lapisan akhir berbahan dasar semen portland cenderung lebih tahan lama, tetapi lapisan akhir akrilik umumnya memiliki konsistensi warna yang lebih baik. Campuran lapisan akhir yang dibuat di pabrik meningkatkan konsistensi warna lapisan akhir berbahan dasar semen.

Bubut/Aksesoris:

Bubut biasanya berupa logam yang diekspansi atau kawat baja galvanis yang dilas. Bubut yang dapat membentuk sendiri memiliki kerutan atau lesung pipit untuk memberi jarak dari substrat, sehingga memungkinkan plesteran dapat tertanam dengan baik. Bubut tersedia dengan alas kertas, tetapi sebaiknya dihindari, karena sangat sulit untuk membuat tumpang tindih pada kertas untuk mengendalikan aliran air dengan baik.

Aksesoris harus dibuat dari bahan yang tahan karat. Seng lebih disukai, tetapi tergantung pada aplikasi dan kondisi, baja galvanis dapat diterima. Aksesori plastik juga tersedia. Semua aksesori yang digunakan di dasar sistem (seperti screed tepi, sambungan kontrol, dan sambungan ekspansi) harus dilubangi untuk memungkinkan drainase air dari dalam plesteran.

Penahan Cuaca

Stuko memerlukan penahan cuaca di belakang bubut untuk mengendalikan penetrasi air. Kertas harus kontinu dan dilapisi dengan benar di atas setiap lembar dan aksesori, untuk mengarahkan aliran air. Penghalang cuaca menjadi basah selama aplikasi plesteran dan, setelah kering, terlepas dari plesteran, sehingga menciptakan bidang drainase.

Panas, Udara, dan Kelembapan

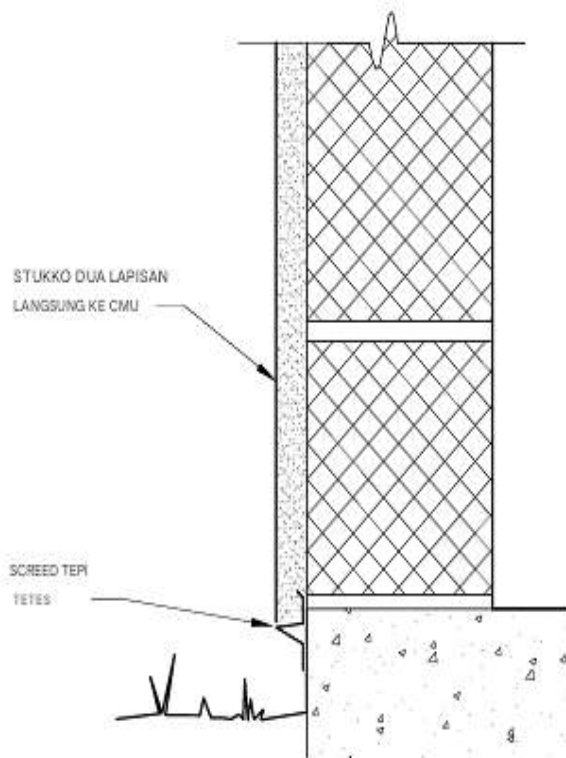
Plesteran harus diaplikasikan di atas penghalang cuaca untuk menciptakan rakitan dinding bidang drainase. Plesteran yang diaplikasikan langsung ke CMU atau beton, yang berfungsi sebagai sistem penghalang, harus dibatasi pada iklim yang sangat kering. Kinerja rakitan plesteran dapat ditingkatkan dengan merinci dinding sebagai rongga drainase dengan insulasi.

Rakitan Dinding

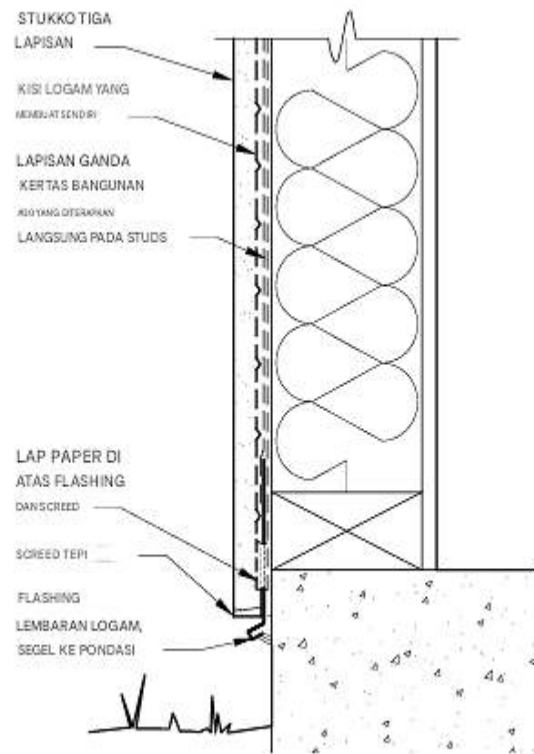
Rakitan dinding terbagi dalam lima kategori:

- ❖ Plesteran pada CMU: Batasi penggunaan rakitan ini pada iklim yang sangat kering. Isolasi perlu ditambahkan di dalam inti CMU atau diaplikasikan pada permukaan bagian dalam. (Lihat analisis untuk pasangan bata single wythe.)
- ❖ Plesteran pada tiang: Aplikasi plesteran pada tiang terbuka dimungkinkan, tetapi tidak direkomendasikan, karena pemasangan penghalang cuaca yang tepat sangat sulit. Tanpa penopang, sulit untuk mempertahankan ketebalan plesteran yang konsisten, yang mengakibatkan peningkatan keretakan. Sejumlah kelembapan yang wajar akan

masuk ke dalam isolasi di ruang tiang, sehingga pengeringan seluruh rakitan harus dianalisis. Lokasi atau kebutuhan penghambat uap harus dianalisis untuk memungkinkan pengeringan. Papan gipsum interior perlu dirinci sebagai penghalang cuaca yang berkelanjutan.

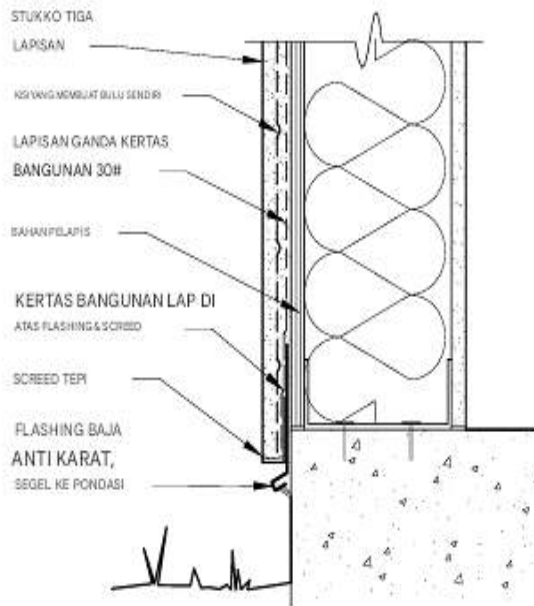


Gambar 2.275 Stukko pada cmu

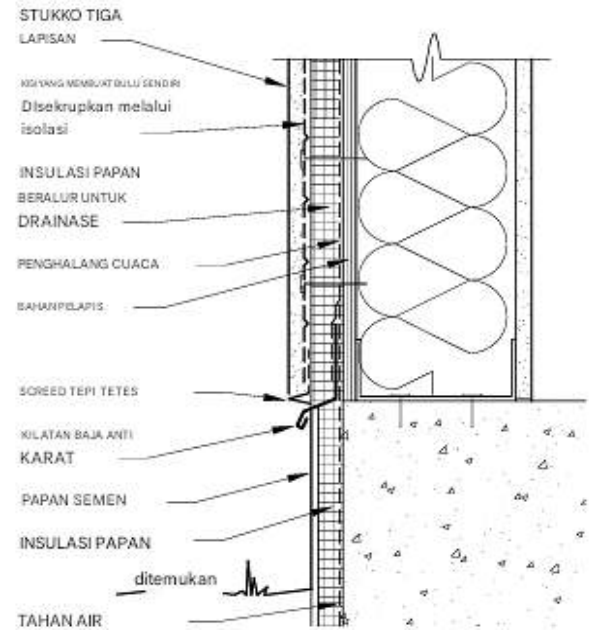


Gambar 2.276 Stukko pada studs

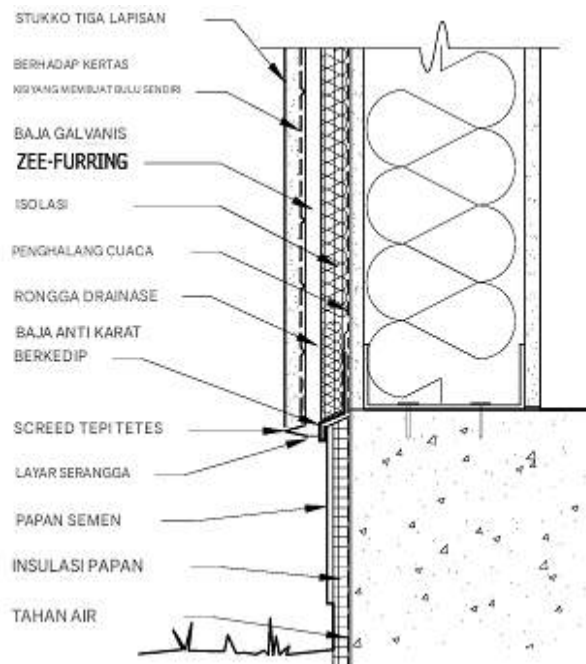
- ❖ Plesteran pada selubung: Dalam rakitan ini, selubung menyediakan substrat yang lebih baik untuk penghalang cuaca dan plesteran, yang menghasilkan peningkatan kinerja bidang drainase; lebih jauh lagi, selubung dapat dijelaskan secara rinci sebagai penghalang cuaca. Isolasi di ruang tiang rentan terhadap pembasahan dan harus dianalisis untuk akumulasi kelembapan. Lokasi atau kebutuhan penghambat uap harus dianalisis untuk memungkinkan pengeringan. Di iklim panas, penghalang cuaca dapat diubah menjadi penghalang cuaca untuk meningkatkan kinerja.
- ❖ Isolasi plester pada papan: Memindahkan isolasi ke bagian luar selubung memungkinkan pemasangan penghalang cuaca berkelanjutan, dan meningkatkan kinerja bidang drainase. Pembasahan isolasi di dalam ruang tiang dihilangkan, jadi perakitan ini lebih sesuai untuk iklim yang lebih dingin dan basah.
- ❖ Plester pada rangka: Memberi jarak plester dari isolasi menciptakan rongga drainase dan meningkatkan kinerja sistem. Namun, karena lapisan padat tidak terus-menerus mendukung reng, sulit untuk mempertahankan ketebalan plester yang konsisten. Reng berlapis kertas sangat membantu.



Gambar 2.277 Stukko semen portland pada selimut



Gambar 2.278 Stukko semen portland pada insulasi papan



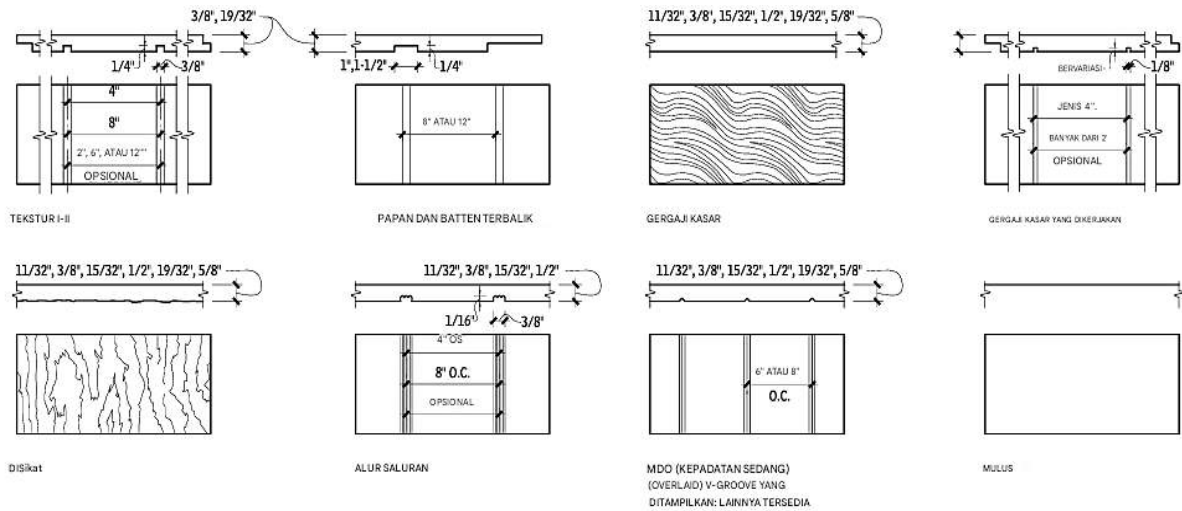
Gambar 2.279 Stukko semen portland pada furring

Pelapis

Produk Pelapis

Jenis kayu lapis yang direkomendasikan untuk pelapis eksterior adalah pelapis kepadatan sedang (MDO) bermerek dagang kelas APA, pelapis Tipe 303; atau Tekstur 1-11 (pelapis khusus T1-11 303). Pelapis kayu lapis T1-11 diproduksi dengan alur paralel selebar 3/8 inci dan tepi yang dilapisi. MDO, yang direkomendasikan untuk pelapis cat, tersedia dalam

berbagai permukaan. Panel kayu lapis 303 juga tersedia dalam berbagai permukaan. Dimensi panel pelapis kayu lapis apa yang paling umum adalah 4 x 8 ft, tetapi panel juga tersedia dalam panjang 9 dan 10 ft, dengan pelapis tumpang tindih hingga 16 ft.



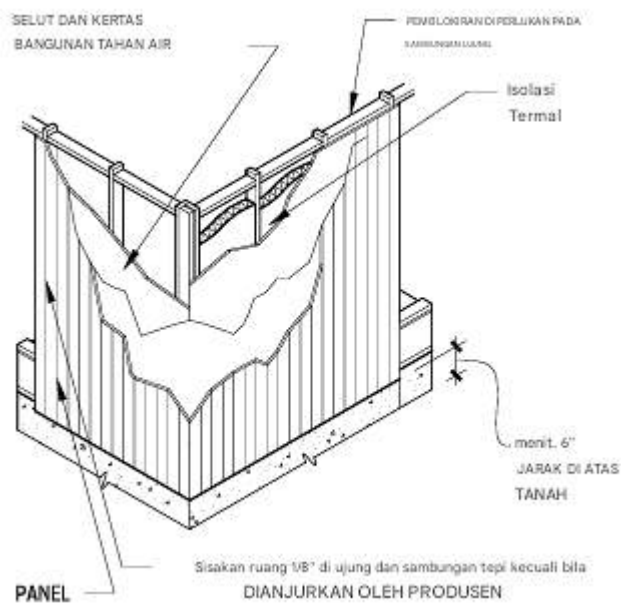
Gambar 2.280 Pelapis kayu lapis—jenis dan profil

Panel Semen Bertulang Serat Mineral

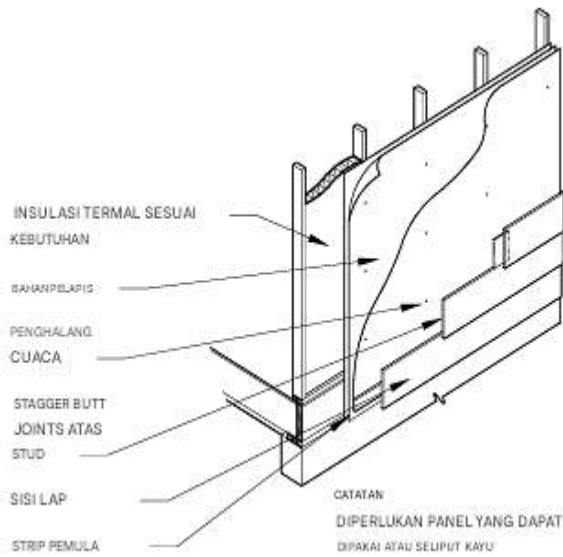
Panel ini, biasanya setebal 5/16 inci, tersedia dalam bentuk halus atau bertekstur dan sudah difinishing atau diberi cat dasar dari pabrik. Panel semen sangat tahan terhadap kerusakan akibat kelembapan dan disertai garansi hingga 50 tahun.

Panel Serat Kayu

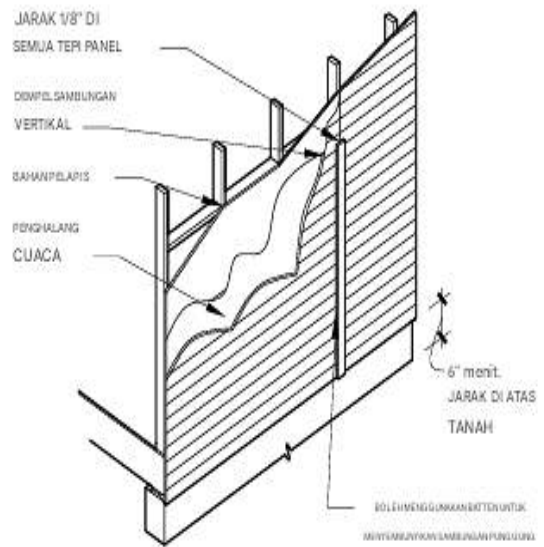
Tersedia papan keras, papan serat, dan produk berbasis selulosa rekayasa lainnya.



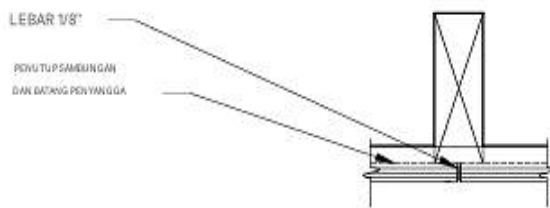
Gambar 2.281 Panel siding – aplikasi vertikal



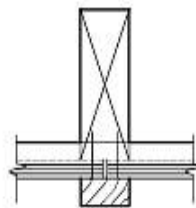
Gambar 2.282 Aplikasi lap siding



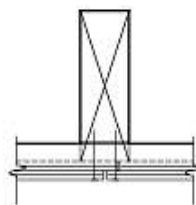
Gambar 2.283 Panel siding – horizontal



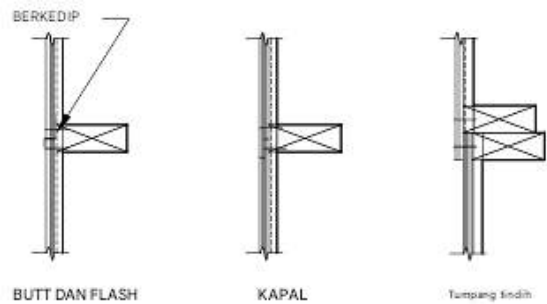
BUTT DAN CAULK



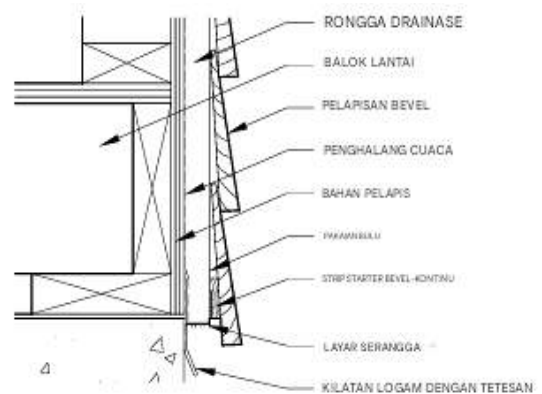
BATTEN VERTIKAL



KAPAL

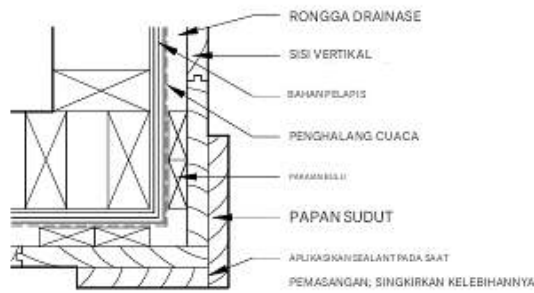


Gambar 2.285 Sambungan horizontal

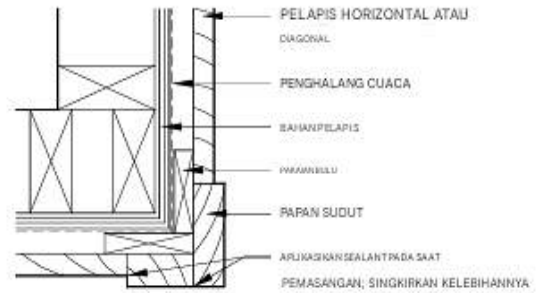


Gambar 2.286 Strip starter

Gambar 2.284 Sambungan vertikal



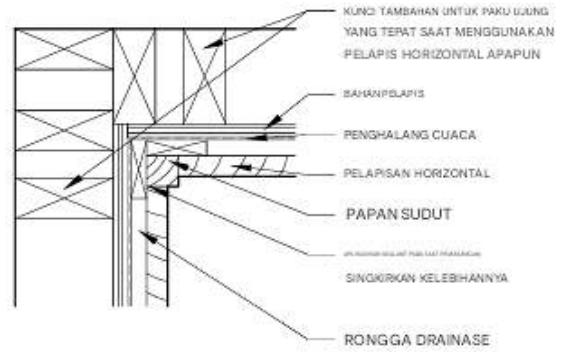
SAMBUNGAN PAPAN SUDUT LUAR



SAMBUNGAN PAPAN SUDUT LUAR



SAMBUNGAN PAPAN SUDUT DALAM

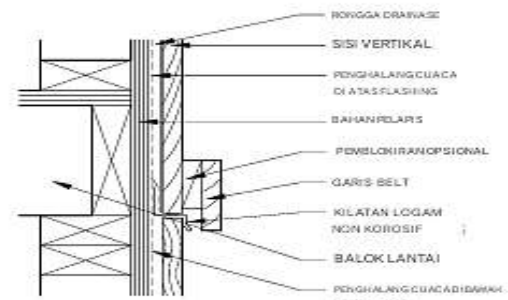
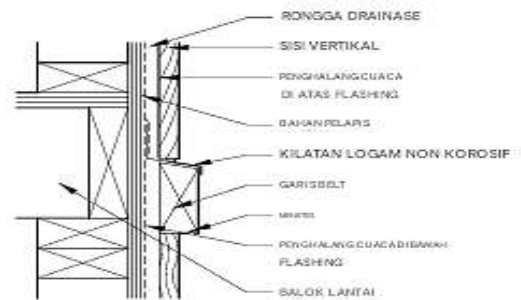


SAMBUNGAN PAPAN SUDUT DALAM

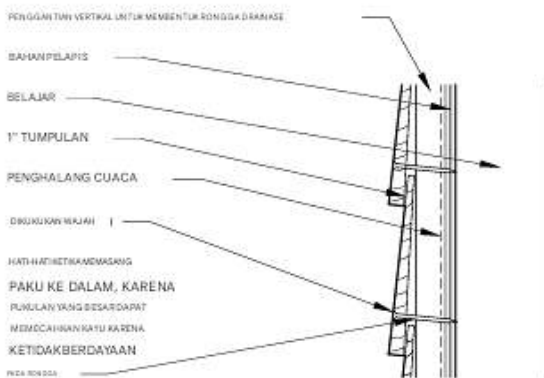
Gambar 2.287 Sambungan papan sudut



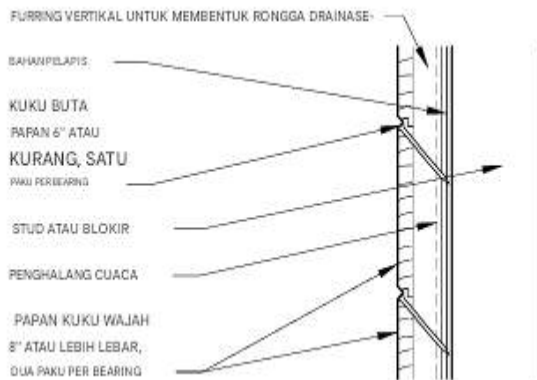
Gambar 2.288 Sambungan punggung bevel



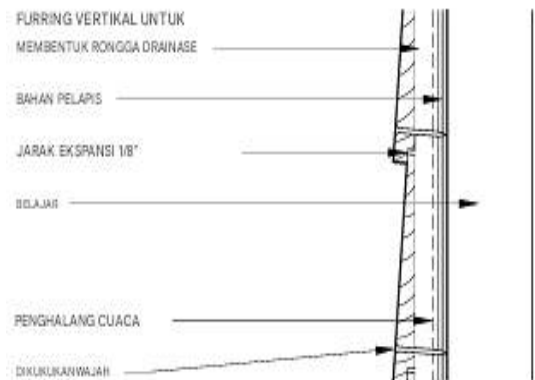
Gambar 2.289 Sambungan sabuk



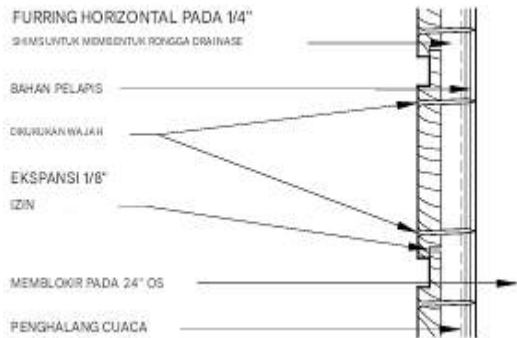
Gambar 2.290 Bevel polos



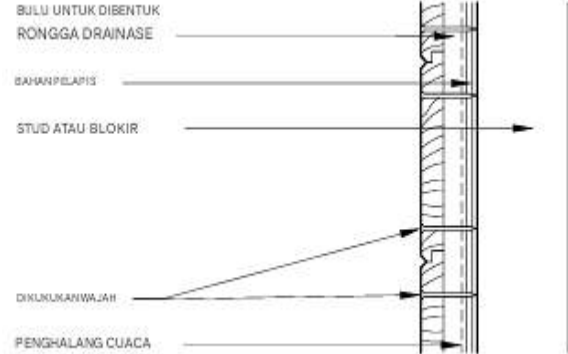
Gambar 2.291 Lidah dan alur (vertikal atau horizontal)



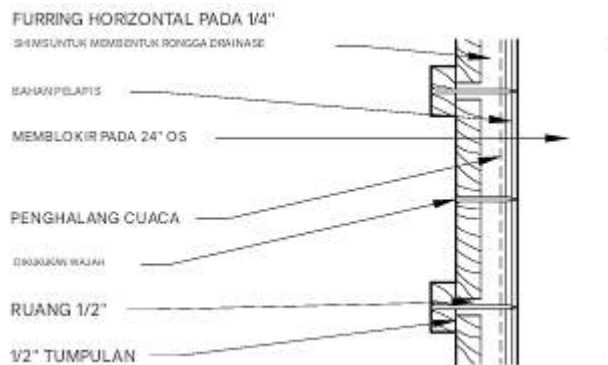
Gambar 2.292 Bevel berpengaruh



Gambar 2.293 Saluran (vertikal)



Gambar 2.294 Shiplap (vertikal atau horizontal)



Gambar 2.295 Papan dan rangkaian (vertikal)

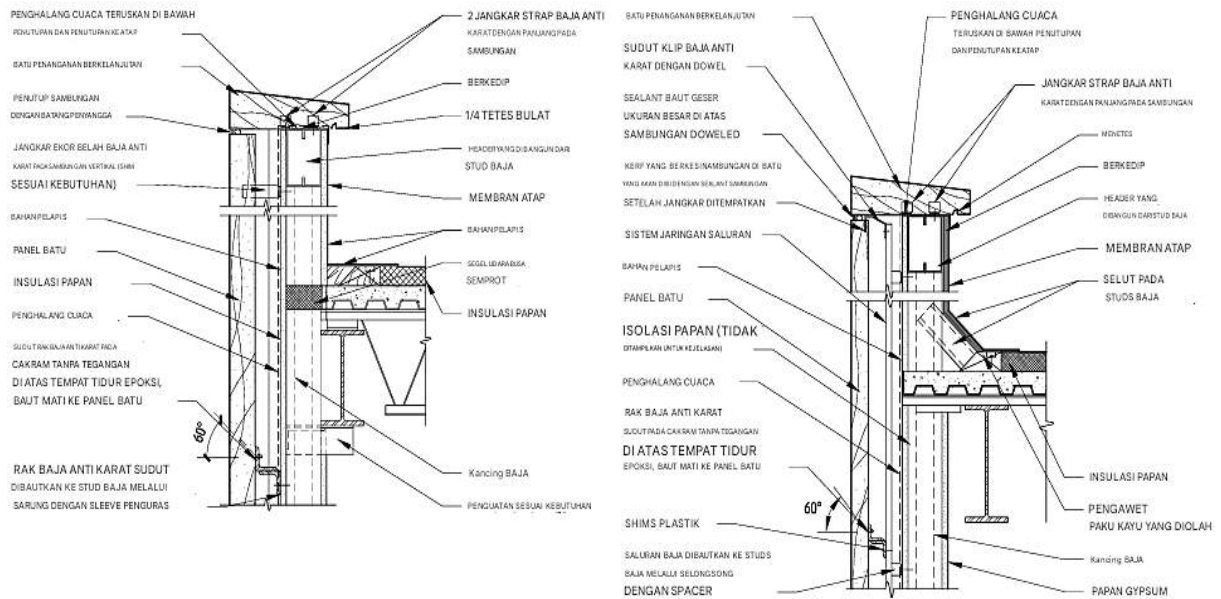
2.11 PANEL BATU

Panel Batu pada Rangka Baja

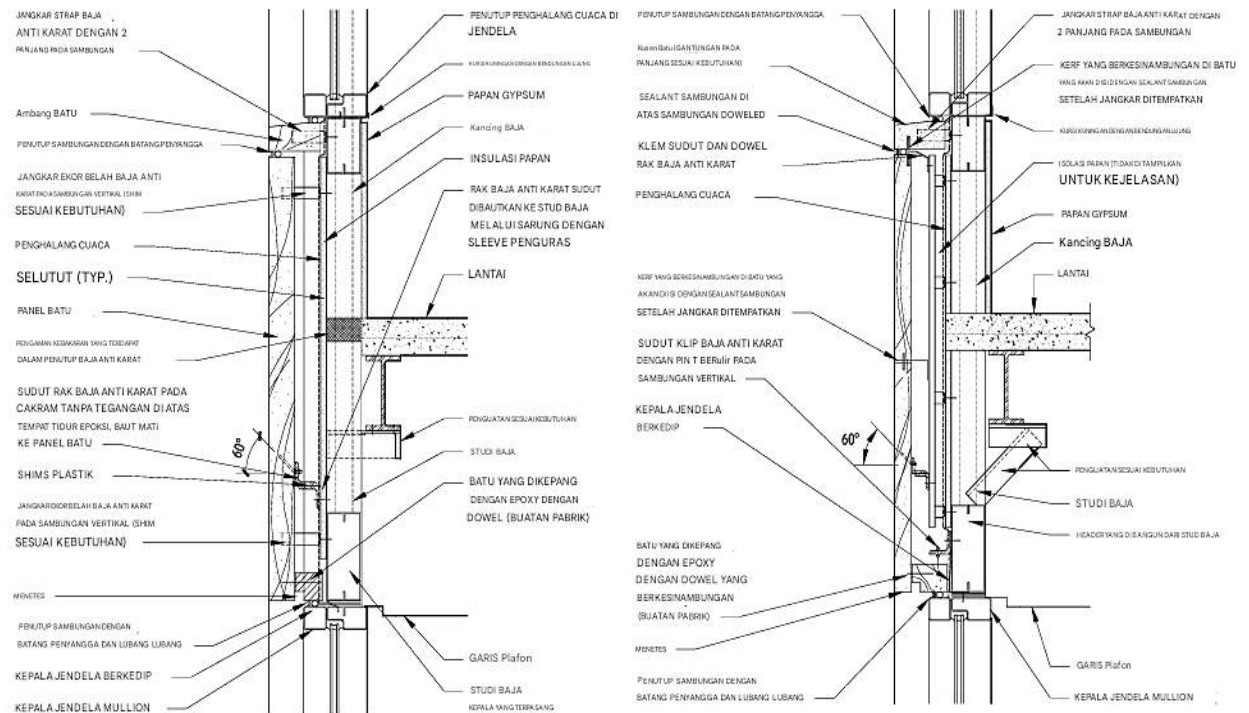
Penting untuk merinci perakitan dinding panel batu; pertimbangkan rekomendasi berikut:

- ✓ Karena biaya dan berat batu, sistem pendukung dan penopang yang sangat andal direkomendasikan.
- ✓ Sediakan penghalang cuaca yang berkelanjutan di atas permukaan selubung.

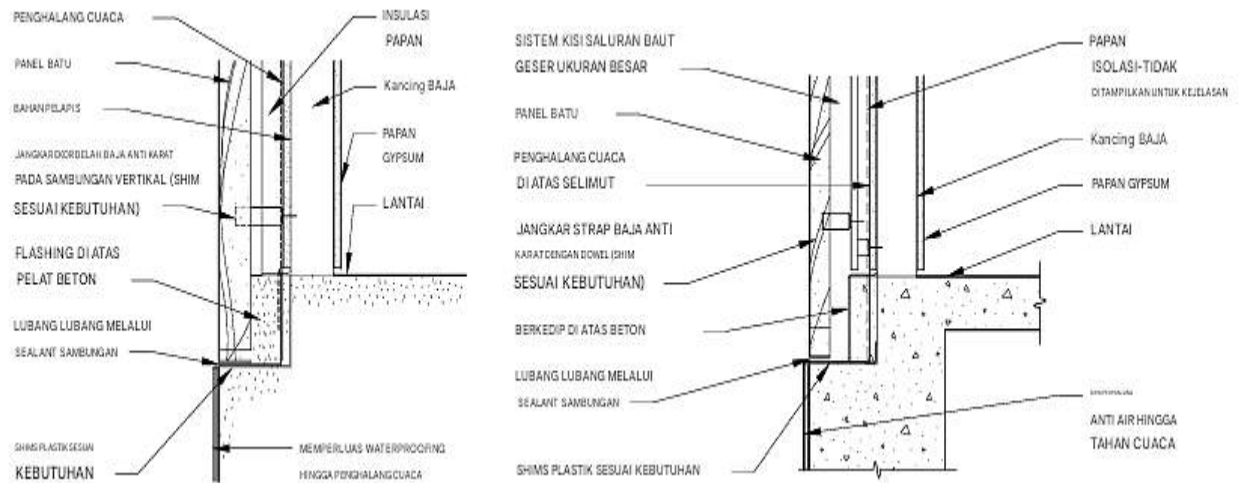
- ✓ Isolasi ditempatkan di rongga, bukan di ruang tiang.
- ✓ CMU dapat digunakan untuk penopang, sebagai pengganti tiang dan selubung.
- ✓ Baut jangkar ke tiang baja.
- ✓ Pertimbangan desain untuk jangkar bantalan dan penahan meliputi: lebar rongga, kemampuan penyetelan sambungan berlubang, sistem ganjal, penghindaran slot yang mengarah ke bawah, dan ketebalan minimum antara slot jangkar dan permukaan batu



Gambar 2.296 Bagian panel batu di atap parapet



Gambar 2.297 Batu sandrel di kepala jendela dan kusen



Gambar 2.298 Batu spandrel di pondasi

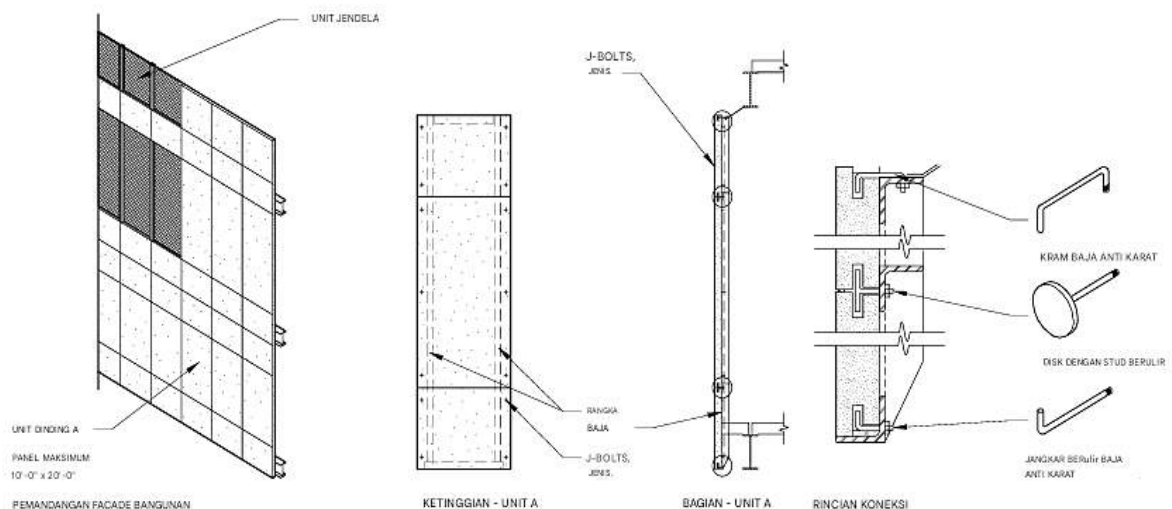
Panel Batu Fabrikasi

Teknologi panel batu fabrikasi menawarkan penghematan tenaga kerja di lokasi dan keakuratan penyambungan unit batu komponen.

Tekanan pengiriman dan pemasangan pada panel batu dan sistem penahan batu pada unit fabrikasi harus dievaluasi.

Desain sambungan sealant antara unit fabrikasi harus mencakup setidaknya hal berikut:

- Pergerakan termal
- Toleransi fabrikasi dan pemasangan
- Pertumbuhan atau penyusutan material yang tidak dapat diubah
- Potensi pergerakan sealant



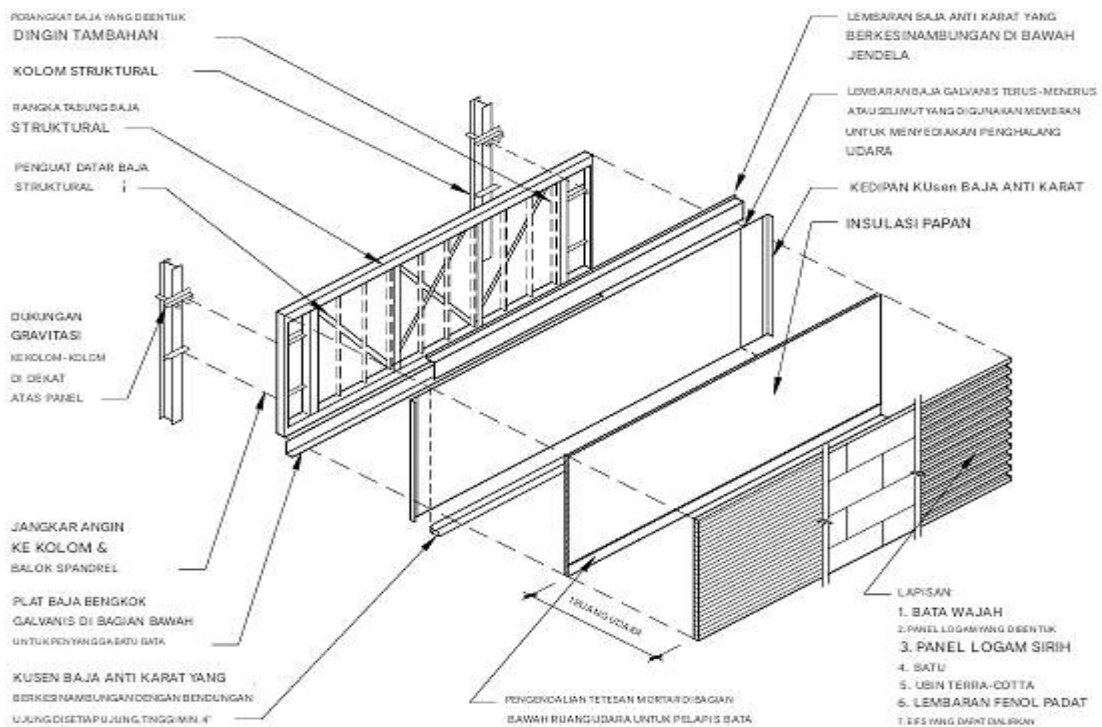
Gambar 2.299 Panel batu fabrikasi

Batu pada Rangka Baja dengan Sambungan Epoksi

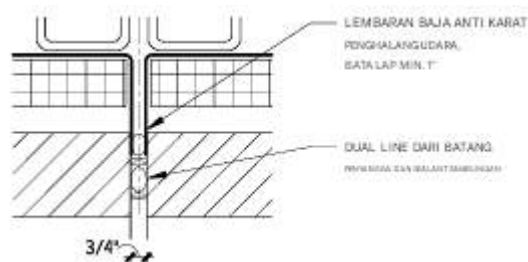
Panel batu dipasang pada rangka baja, dengan jangkar ekspansi dan pin pasak (seperti yang direkomendasikan oleh pabrikator). Sambungan antara panel disegel dengan epoksi, dengan menjaga celah sekitar 1/8 inci. Panel batu dalam rakitan ditambatkan sebagai satu kesatuan ke struktur bangunan. Pemasangan panel batu fabrikasi mengurangi perataan, pemasangan pipa, dan penyelarasan individual, dan penyegelan sambungan di lokasi tidak selengkap panel batu individual.

Panas, Udara, dan Kelembapan

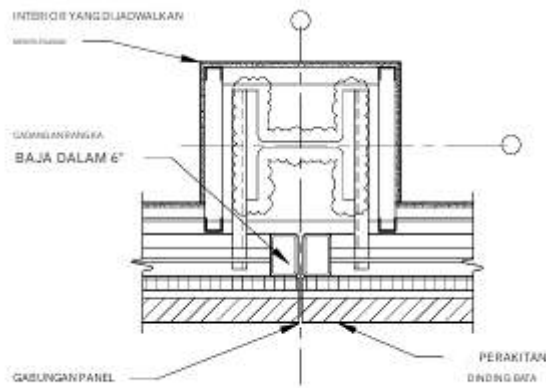
Flashing perimeter yang diperlukan untuk pengiriman dan penyambungan panel di lapangan menghasilkan sistem rainscreen bertekanan seimbang yang bekerja dengan baik di semua iklim dan curah hujan ekstrem. Kelemahan potensial untuk sistem berpanel adalah pada sambungan panel; oleh karena itu, diperlukan dua baris sealant sambungan dengan lubang intip pada sambungan panel ke panel.



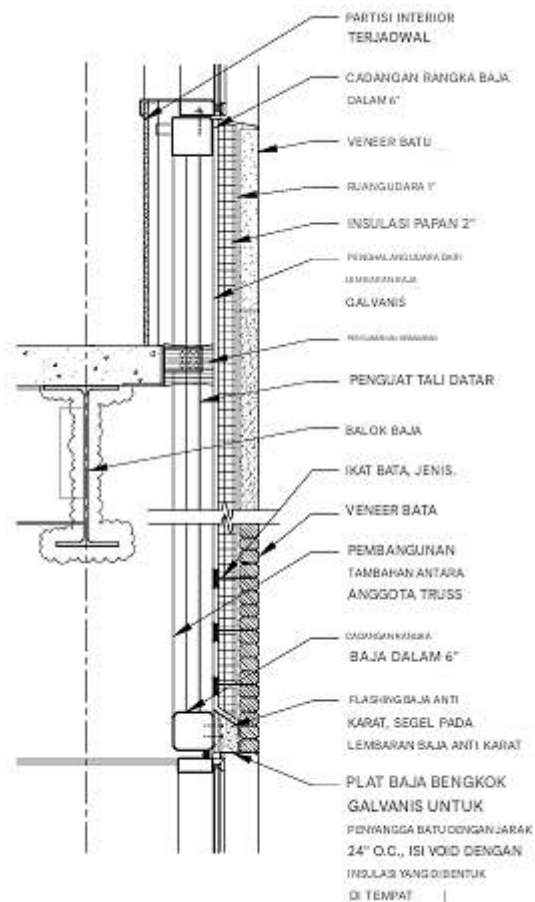
Gambar 2.300 Panel rainscreen unit



Gambar 2.301 Detail rencana pada sambungan panel batu bata



RENCANA



BAGIAN

Gambar 2.302 Detail perakitan panel rainscreen unit

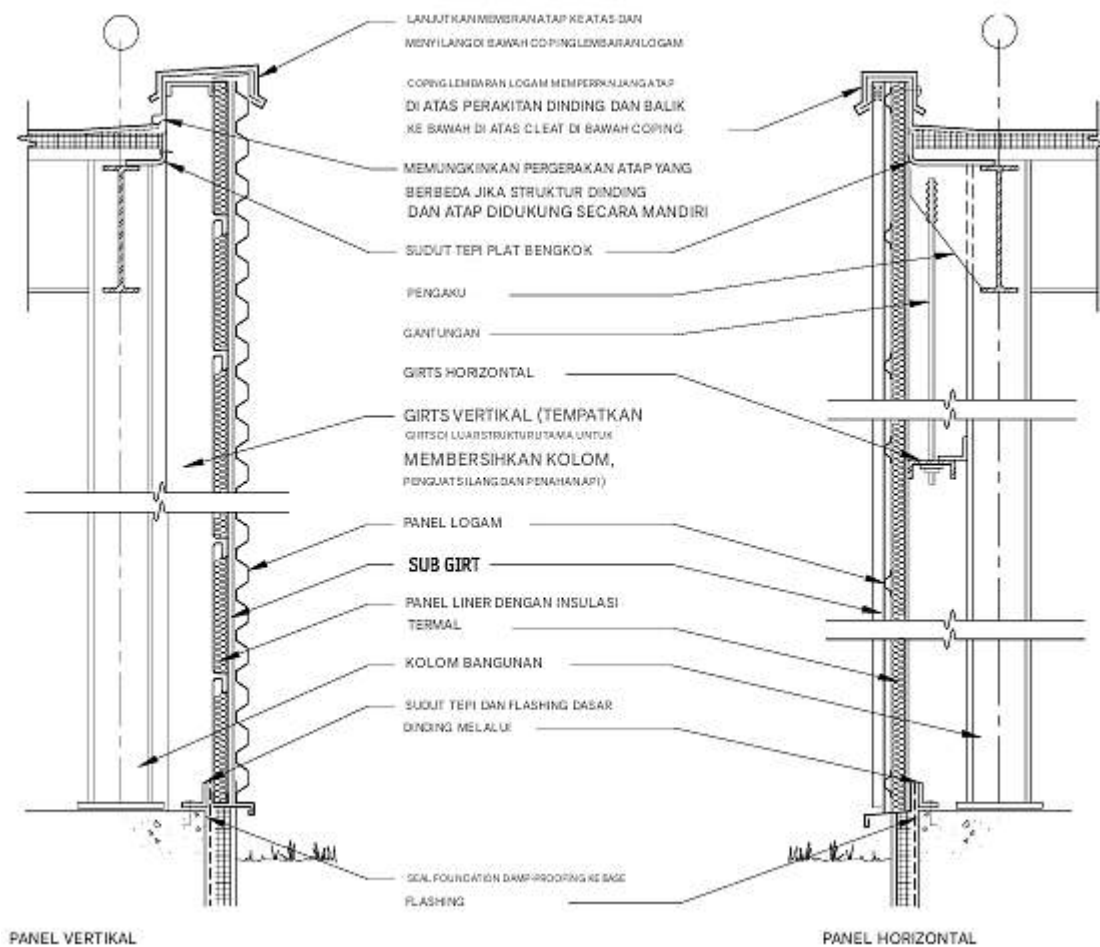
Perakitan Dinding Panel Logam Berinsulasi

Panel dinding logam terbagi menjadi dua kategori utama: dirakit di lapangan dan dibentuk di pabrik. Panel dinding logam membentang antara 4 dan 15 ft, tergantung pada ketebalan logam, ketebalan panel, dan beban angin. Lapisan akhir pada panel logam dapat berupa lembaran galvanis mentah atau sejumlah lapisan akhir yang diaplikasikan di pabrik, mulai dari enamel panggang hingga pelapis polivinilidena flourida (PVDF) berkinerja tinggi.

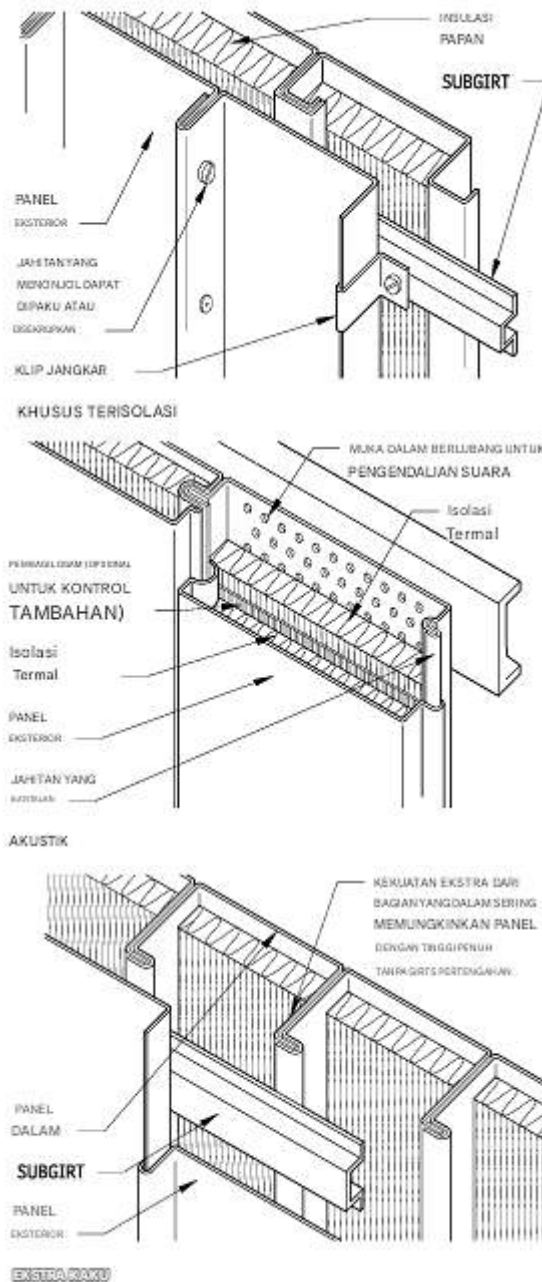
Panel yang Dirakit di Lapangan

Urutan perakitan untuk panel ini adalah sebagai berikut:

1. Panel pelapis logam diamankan ke rangka struktural dengan sekrup self-driving dan self-tapping. Panel pelapis biasanya selebar 24 inci. Kedalaman panel pelapis ditentukan oleh isolasi yang dibutuhkan (2 hingga 4 inci).
2. Isolasi wol mineral semirigid yang terletak di panel pelapis bagian dalam.
3. Subgirt disekrup ke flensa panel pelapis.
4. Panel logam luar disekrup ke rangka bawah. Panel luar dapat berupa bergelombang, jahitan berdiri, reng, atau dibentuk menjadi bentuk kotak. Pengencang yang biasanya terbuka, tetapi tersedia pengencang tersembunyi.



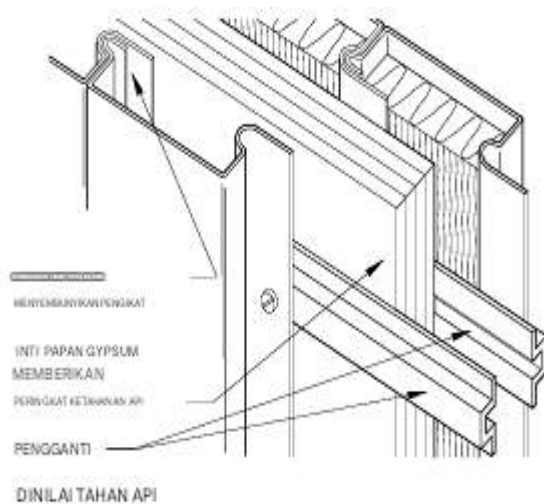
Gambar 2.303 Bagian dinding panel logam



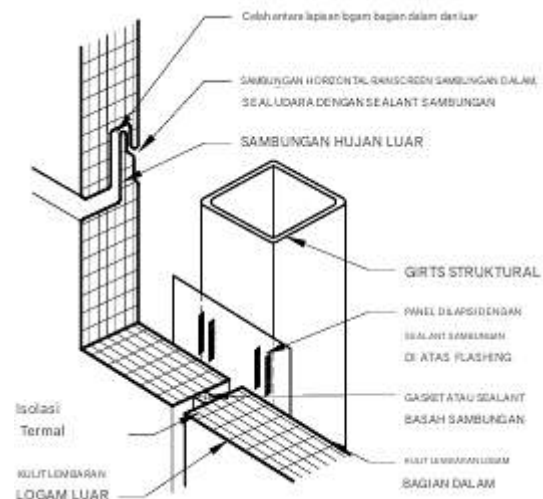
Gambar 2.304 Panel dinding yang dirakit di lapangan

Panel Logam yang Dibentuk Pabrik

Panel biasanya berukuran lebar antara 24 dan 36 inci, panjang hingga 40 ft, dan tebal antara 2 dan 4 inci. Panel dibuat dengan cara melapisi kulit lembaran logam bagian dalam dan luar ke insulasi yang kaku atau dengan menyuntikkan busa yang mengembang di antara kedua kulit tersebut. Panel dapat diorientasikan secara horizontal atau vertikal dan tersedia dalam sejumlah besar profil. Panel yang berorientasi horizontal menyediakan sambungan desain pelindung hujan.



Gambar 2.305 Panel dinding yang dirakit pabrik



Gambar 2.306 Panel logam terisolasi yang dibentuk pabrik

Panas, Udara, dan Kelembapan

Panel logam berinsulasi yang dirakit di lapangan adalah dinding tipe rongga drainase. Air yang dapat menembus kulit luar disalurkan ke luar melalui flashing tembus dinding. Panel berbusa pabrik tersedia dengan sambungan tipe rainscreen bertekanan seimbang atau sambungan tumpang tindih sirap. Untuk kedua jenis sistem, kulit logam lembaran bagian dalam berfungsi sebagai penghalang udara dan harus disegel agar sistem berfungsi.

Sebagian besar panel melakukannya dengan gasket yang dipasang pabrik atau manik sealant yang tidak mengeras di dalam alur penerima yang kemudian dikompresi oleh lidah selama pemasangan. Ketidaksejajaran panel yang relatif sedikit tidak akan memberikan kompresi yang tepat pada segel bagian dalam ini, yang mengakibatkan kebocoran udara yang besar dan hilangnya fungsi sambungan rainscreen. Sambungan di arah pendek panel tidak dapat dibuat dengan lidah dan alur. Biasanya, sambungan didukung dengan girts atau flashing, dan panel dilapisi sealant dan segel basah luar atau gasket kering ditambahkan.

Panel Dinding Logam

Panel dinding logam dibuat dalam berbagai macam bentuk, ukuran, dll. Namun, jika dirancang dengan tepat sebagai bagian dari dinding rongga yang dikeringkan atau dinding bidang drainase, semuanya dapat berfungsi dengan baik. Sebagian besar panel, kecuali ubin yang saling mengunci, dapat membentang beberapa kaki di atas sistem pendukung yang diberi jarak.

Berikut ini adalah daftar jenis panel pelapis:

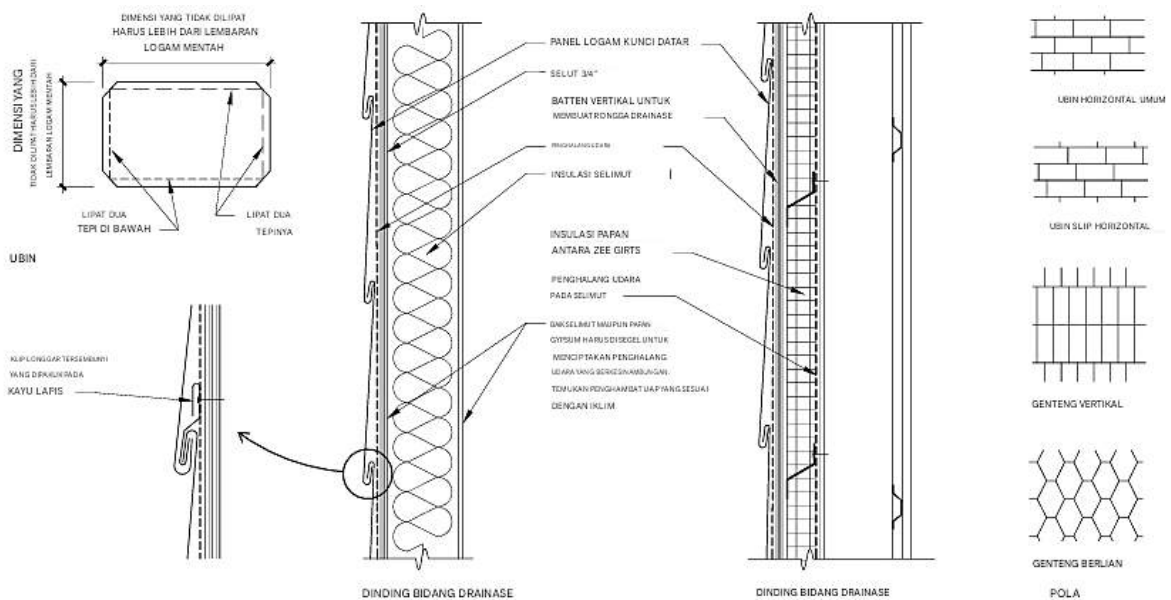
- ❖ Lembaran logam yang dibentuk: Terbuat dari aluminium, baja galvanis, dan, yang lebih jarang, baja tahan karat, seng, atau tembaga, panel ini dibentuk menjadi bentuk bergelombang, jahitan berdiri, reng, atau kotak dengan pengencang yang terbuka atau tersembunyi.
- ❖ Material komposit aluminium (ACM): Jenis panel ini terdiri dari dua lapisan logam

aluminium yang diikat ke inti plastik yang kaku. Panel ini sangat datar dan mudah dibuat menjadi berbagai konfigurasi dan metode pemasangan.

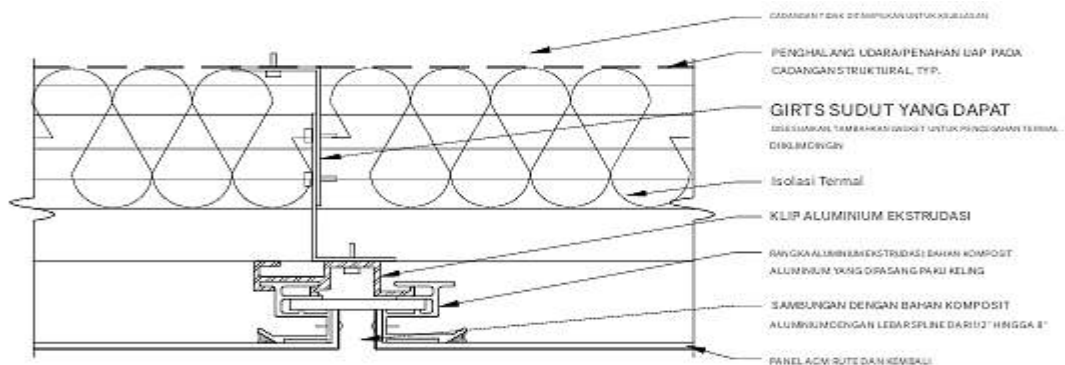
- ❖ Plat: Biasanya terbuat dari aluminium padat setebal 1/8 inci atau baja antikorosi, panel ini diratakan dan dibuat dengan rangka perimeter terlipat ke belakang.
- ❖ Ubin jahitan datar yang saling mengunci: Panel ini terbuat dari tembaga pengukur ringan, seng, tembaga berlapis timah, titanium, dan baja antikorosi; panel ini dibentuk di toko menjadi ubin kecil yang saling mengunci untuk pemasangan di atas substrat yang berkesinambungan.
- ❖ Sistem ACM dan pelat: Berbagai macam metode pemasangan khusus untuk panel arsitektur skala besar tersedia, dengan pro dan kontra terkait.
- ❖ Pemasangan klip yang terhuyung-huyung: Klip di sekeliling perimeter panel diberi jarak sehingga klip panel yang berdekatan tidak tumpang tindih. Sistem ACM dan pelat dapat dibentuk untuk sistem pemasangan ini, dengan sambungan sealant basah atau gasket kering. Keuntungan utama sistem ini adalah memungkinkan pemasangan dan perbaikan panel yang terisolasi tanpa mengganggu bagian lapangan lainnya.
- ❖ Pemasangan klip lidah dan alur: Ekstrusi panel perimeter didukung oleh klip tipe lidah dan alur yang diberi jarak. Setiap klip hanya mendukung beban gravitasi satu panel sambil menahan panel lainnya dari angin dan memungkinkan pergerakan. Sambungan dapat disegel basah atau diberi gasket kering tetapi lebih umum disambung dengan splin kering dengan bahan yang sama dengan panel yang dipasang ke ekstrusi perimeter, meskipun splin dapat berupa lapisan akhir yang sama atau kontras. Meskipun memerlukan pemasangan berurutan, sistem ini menyediakan lebih sedikit pengalangan minyak pada panel dan penyelarasan sambungan yang lebih baik.
- ❖ Pemasangan kait dan pin: Ini adalah sistem pelat yang paling umum; setiap panel memiliki kait di tepi vertikal yang menahan pin di saluran vertikal yang dipasang ke kisi penyangga. Sambungan horizontal mencakup sambungan tumpang tindih sirap yang mengarahkan air ke saluran vertikal. Biaya fabrikasi cenderung membuat sistem ini lebih mahal, tetapi pergerakan bebas untuk kerataan dan pemasangan yang tidak berurutan merupakan hal yang positif.
- ❖ Rute dan pengembalian: Rute dan pengembalian adalah metode untuk melipat ACM, dan terkadang pelat, ke sudut yang sangat rapat. Alur berbentuk V dibuat dari bagian belakang panel, hanya menyisakan kulit luar tipis yang utuh, lalu tepinya dilipat (atau dikembalikan). Bingkai perimeter dapat ditambahkan atau tidak.
- ❖ Pegangan tepi kontinu: Panel ACM memiliki alur yang sangat kecil yang dibuat di lapisan plastik di sekeliling seluruh perimeter panel. Ekstrusi aluminium dengan lidah kecil direkatkan ke dalam alur ini untuk menahan panel. Tepi yang sangat kecil dari ekstrusi perimeter terlihat.
- ❖ Segel basah: Sealant sambungan dan batang penyangga di sambungan mungkin merupakan opsi yang paling murah untuk menyelesaikan sambungan, tetapi biasanya, keduanya tidak diperlukan untuk kedap cuaca dan dapat mengakibatkan hilangnya garis bayangan yang tajam. Sealant sambungan dapat menarik kotoran dan

menyebabkan noda pada panel.

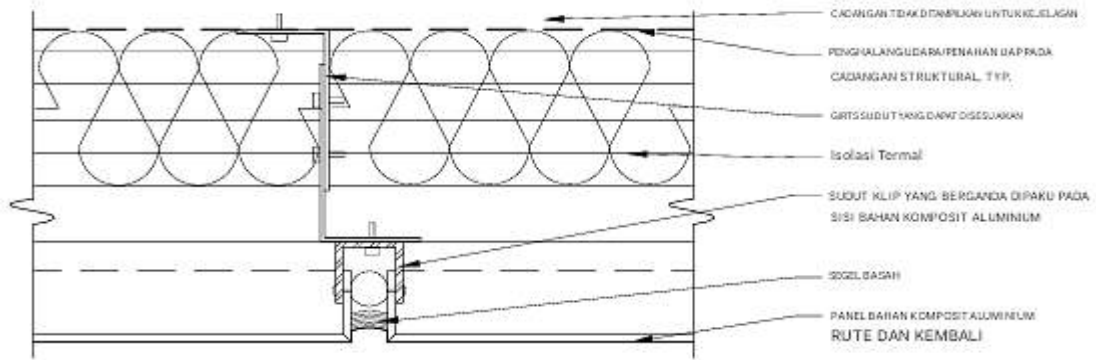
- ❖ Sambungan gasket kering: Gasket silikon lembut, EPDM, atau neoprena yang diekstrusi menghasilkan sambungan yang lebih rapi, akses yang lebih mudah ke pengencang di bawah sambungan, dan kinerja cuaca yang baik.
- ❖ Sambungan splined kering: Sambungan yang displined dengan ACM atau pelat dapat menghasilkan sudut yang paling tajam dan tepi yang paling bersih.
- ❖ Sistem sambungan terbuka: Sistem panel ini terdiri dari sekat dan flashing sirap untuk sistem rainscreen dengan tekanan yang sama.
- ❖ Lapisan akhir: Beberapa logam memiliki lapisan akhir yang melekat seperti seng, tembaga, dan baja galvanis. Sebagian besar logam memerlukan lapisan akhir yang diaplikasikan yang mencakup anodisasi, anodisasi warna, polivinilidena fluorida (PVDF), enamel panggang, pelapis bubuk, dan banyak lainnya. Pelapis PVDF telah menjadi sangat umum karena berbagai macam warna dan lapisan akhir metalik, daya tahan yang ekstrem, dan konsistensi warna.



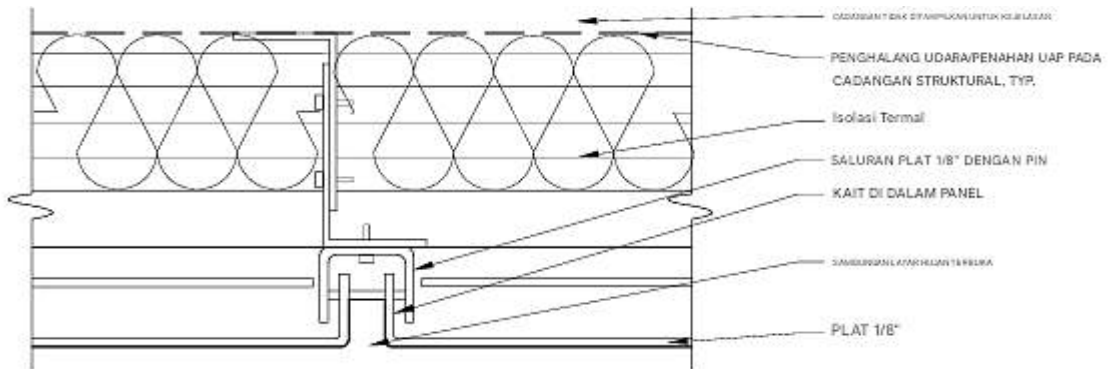
Gambar 2.307 Perakitan dinding panel logam flatlock



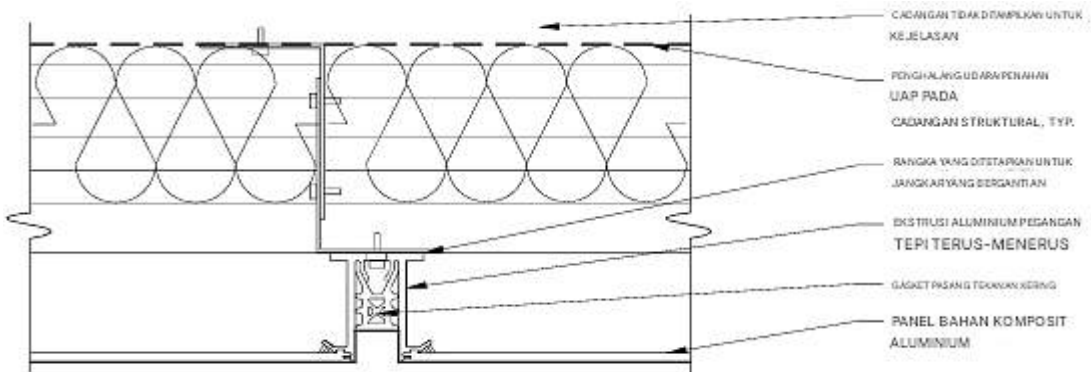
Gambar 2.308 Panel dinding logam – sambungan spline kering



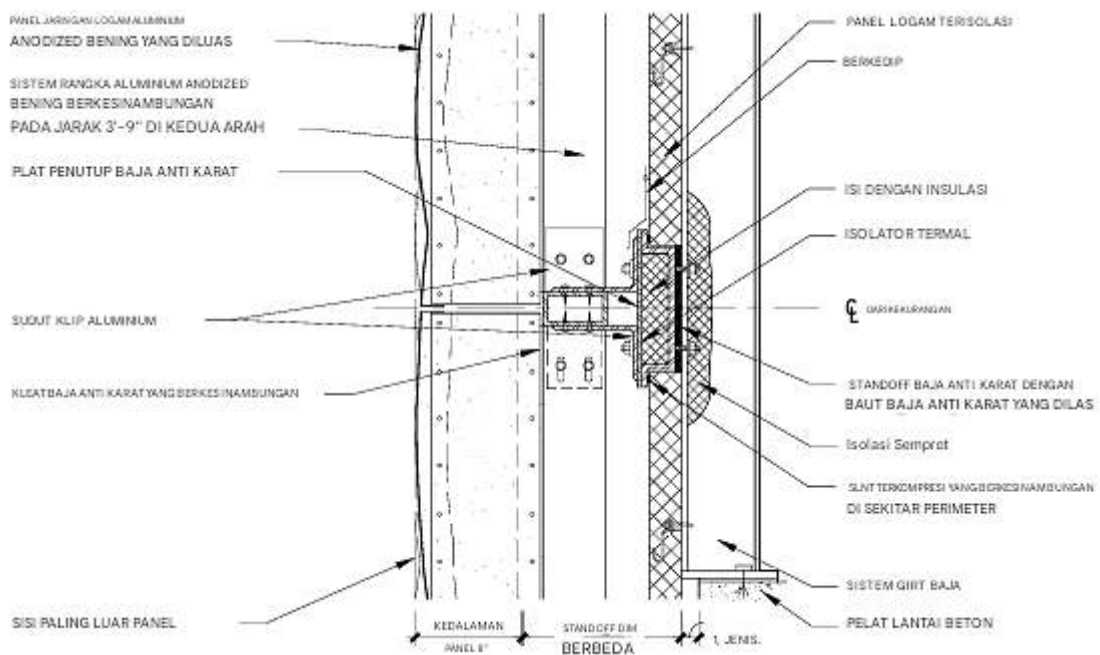
Gambar 2.309 Panel dinding logam – segel basah



Gambar 2.310 Panel dinding logam – pengait dan penahan



Gambar 2.311 Panel dinding logam – gasket kering



Gambar 2.312 Dinding rongga drainase

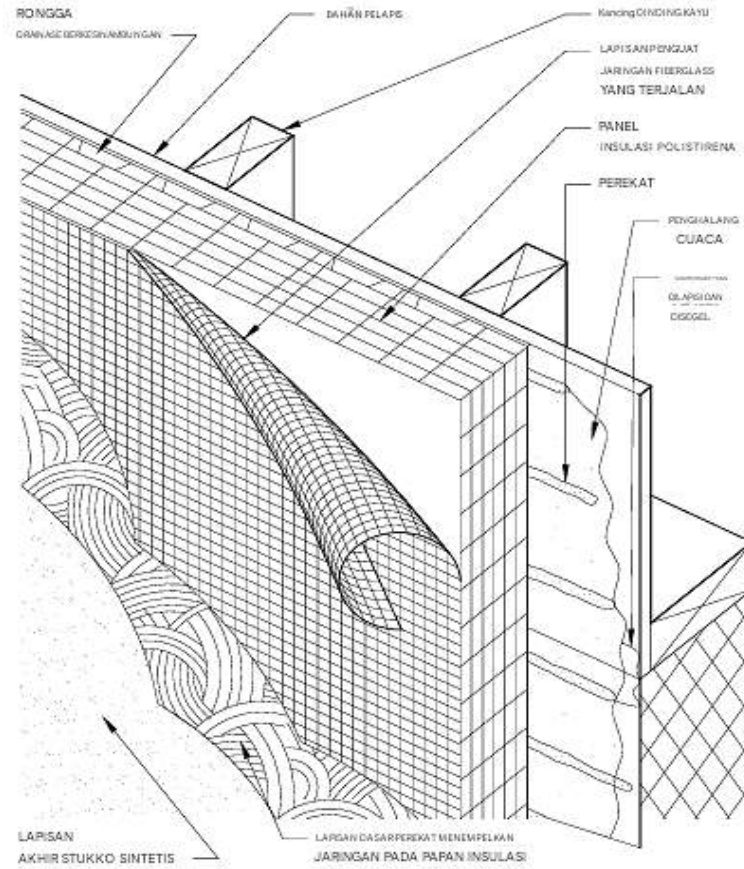
Panas, Udara, dan Kelembapan

Tidak ada panel pelapis logam yang dapat menyediakan sistem kedap air dengan sendirinya. Faktanya, banyak sistem ACM dan pelat memerlukan penghalang udara agar berfungsi sepenuhnya. Perhatikan bahwa standar umum untuk menguji kinerja panel belum ada. Panel harus selalu dipasang di atas substrat kedap air yang memungkinkan drainase dan rembesan air yang dapat menembus sambungan.

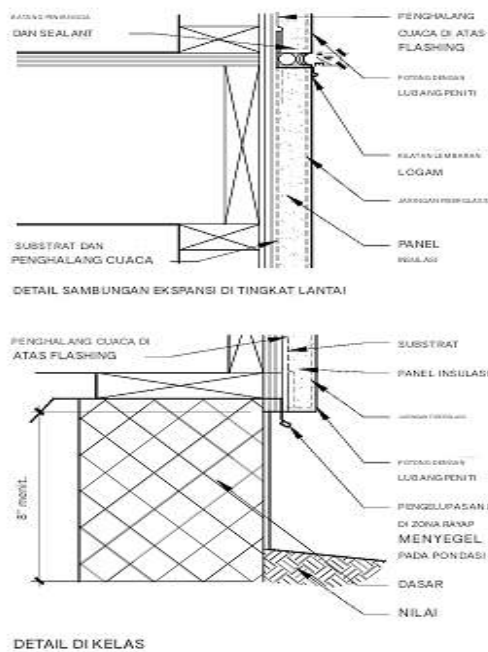
Metode yang paling dapat diandalkan adalah memasang panel sebagai rakitan rongga drainase dengan memasang panel pada kisi penyangga yang berjarak dari garis selubung dengan penghalang udara/penghambat uap yang diaplikasikan dan insulasi di antara penyangga. Sistem alternatif dapat menempatkan sebagian atau semua insulasi di dalam rongga tiang jika evaluasi yang tepat terhadap kehilangan panas, aliran uap, dan pembasahan dan pengeringan dipertimbangkan.

Ubin jahitan datar yang saling mengunci memerlukan substrat yang dapat dipaku secara terus-menerus, dan, oleh karena itu, penyediaan rongga drainase yang tepat dapat memerlukan beberapa lapisan. Untuk aplikasi di gedung tinggi atau berangin kencang, sistem dapat ditingkatkan ke sistem yang benar-benar menyamakan tekanan dengan membagi rongga drainase di belakang panel logam. Sistem sambungan harus dapat mengalirkan udara (seperti spline kering atau kait dan pin) atau ventilasi akan diperlukan sebagai tambahan pada weeps. Sambungan harus dirancang untuk menahan energi kinetik dengan bendungan miring atau vertikal, memecah tegangan permukaan dengan tetesan, dan menghilangkan tarikan kapiler dengan sambungan selebar minimal 3/8 inci.

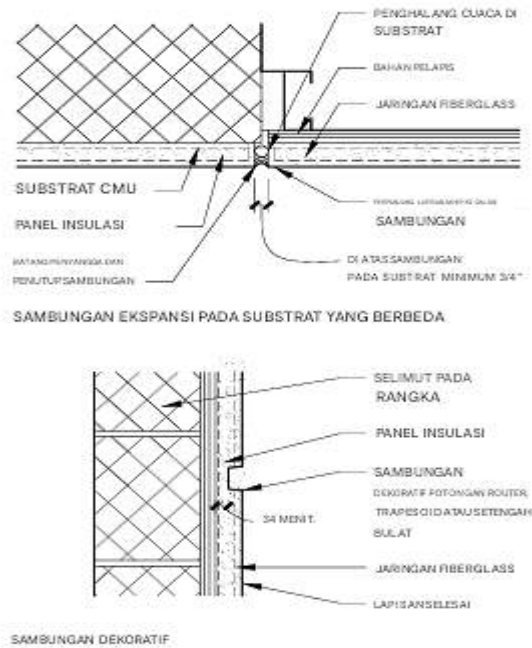
Sistem Insulasi dan Finish Eksterior (EIFS)



Gambar 2.313 Sistem insulasi dan finish eksterior (dinding bidang drainase berbasis polimer)



Gambar 2.314 Eifs di atas rincian rangka kayu



Gambar 2.315 Eifs di atas rincian batu bata

Sistem insulasi dan pelapis eksterior (EIFS) menyediakan lapisan insulasi papan yang tidak terputus, diikat secara mekanis tetapi lebih sering direkatkan di atas membran tahan air ke dinding eksterior bangunan dan kemudian ditutup dengan lapisan yang sangat tipis dari membran semen yang dimodifikasi polimer yang diperkuat (lamina).

Lamina

Lamina terdiri dari lapisan dasar, penguat, dan lapisan pelapis. EIFS dikategorikan berdasarkan lamina, baik yang dimodifikasi polimer (PM) atau berbasis polimer (PB). Sistem PM lebih tebal (3/16 inci atau lebih) dan memiliki kandungan semen yang lebih tinggi sehingga menghasilkan lapisan yang lebih keras. Sistem PB memiliki proporsi polimer terhadap semen yang jauh lebih tinggi dan memiliki ketebalan total kurang dari 1/8 inci.

- **Penguatan:** Penguatan biasanya berupa jaring fiberglass dan tersedia dalam beberapa bobot. Bobot yang lebih berat digunakan jika ketahanan benturan diperlukan tetapi tusukan masih mungkin terjadi di trotoar atau zona lalu lintas tinggi lainnya. Mungkin lebih baik menggunakan material yang lebih tahan lama untuk lantai pertama atau menyediakan wainscot.
- **Finishing:** Banyak warna tersedia dalam tekstur mulai dari sangat halus hingga agak kasar. Finishing yang paling halus cenderung menunjukkan lebih banyak ketidaksempurnaan pada lapisan dasar. Beberapa lapisan dasar kini mengandung silikon atau bahan tambahan lain untuk membantu menjaga permukaan tetap bersih.

Insulasi

Biasanya polistirena yang mengembang digunakan tetapi polistirena yang diekstrusi atau jenis yang tidak mudah terbakar lainnya dapat disertakan tergantung pada klasifikasi konstruksi. Ketebalan insulasi berkisar antara 1 hingga 6 inci. Insulasi harus diberi alur atau diberi jarak dari substrat untuk menciptakan bidang drainase. Pengencang mekanis umumnya terbatas pada sistem yang dimodifikasi polimer (PM). Sistem berbasis polimer (PB), terutama dengan penghalang cuaca, biasanya diaplikasikan dengan perekat. Perhatikan bahwa meskipun pengencang mekanis mungkin tampak sebagai perlindungan yang baik, pengencang tersebut dapat membatasi fleksibilitas lamina PB atau menyebabkan bayangan.

Penghalang Tahan Air

Substrat harus disiapkan dengan sealant, selotip, dan primer untuk menerima membran penghalang tahan air. Substrat dan membran bersama-sama akan menyediakan penghalang udara.

Sambungan

Sambungan di EIFS harus ditempatkan dengan hati-hati dan diberi detail sesuai tujuan yang dimaksudkan. Sambungan yang tampak estetik memungkinkan pergerakan lamina dan harus berbentuk trapesium atau setengah lingkaran. Sambungan berbentuk V atau persegi

dapat melenturkan dan meretakkan lamina. Sambungan kontrol harus diberi detail agar memanjang sepenuhnya melalui sistem dan cukup lebar untuk memungkinkan pergerakan yang diantisipasi.

Perhatikan bahwa ikatan sealant mungkin lebih kuat daripada ikatan lapisan akhir ke lapisan dasar, jadi pilihlah sealant modulus rendah yang dipasangkan dengan lebar sambungan yang tepat dan detail sambungan untuk daya rekat ke lapisan dasar, bukan lapisan akhir. Perhatikan juga bahwa hampir tidak mungkin untuk menyegel ulang EIFS dengan benar karena sangat sulit untuk menghilangkan sealant sambungan dari lamina. Oleh karena itu, sangat penting untuk memilih sealant sambungan dan merinci sambungan.

Panas, Udara, dan Kelembapan

EIFS didasarkan pada sistem penghalang tipis yang disegel di bagian muka untuk menahan kelembapan. Kecuali untuk EIFS yang diaplikasikan di atas CMU atau beton dalam struktur yang tidak memerlukan pengendalian kelembapan interior, sistem yang menggunakan bidang drainase internal untuk menambah perlindungan terhadap kelembapan sangat direkomendasikan. Lokasi lapisan insulasi sepenuhnya di luar struktur dan dinding pendukung menyediakan penghalang yang berkelanjutan dan dapat diandalkan terhadap kehilangan/perolehan panas. EIFS tidak dapat bernapas dengan baik; akibatnya, sangat penting untuk tidak menjebak uap di dalam rakitan dinding.

Sebagian besar produsen EIFS menyediakan analisis rakitan dinding lengkap untuk memutuskan apakah penghalang uap terpisah diperlukan dan jika ya, lokasinya yang tepat. Selubung sistem dinding cadangan yang umum perlu menyediakan penghalang udara, sehingga harus dirancang secara berkelanjutan dan terperinci untuk memenuhi jendela, pintu, penetrasi, dan transisi ke sistem lain. Membran penghalang air yang disertakan dengan EIFS bidang drainase biasanya mengharuskan sambungan pada selubung direkatkan atau disegel.

Rekomendasi untuk EIFS yang Berhasil

EIFS yang dipasang dengan benar tidak memungkinkan air menembus sistem. Namun, banyak bangunan yang dilapisi EIFS mengalami masalah. Dari sudut pandang profesional desain (dan, yang lebih penting, pemilik), tidak ada artinya apakah masalah tersebut disebabkan oleh EIFS itu sendiri atau merupakan hasil dari konstruksi yang buruk pada penetrasi dan transisi. Oleh karena itu, rekomendasi berikut harus diikuti untuk meningkatkan kemungkinan pemasangan yang berhasil:

- Gunakan produsen yang memiliki reputasi baik.
- Mintalah bantuan produsen selama proses desain dan perincian
- Jangan izinkan pemasangan penghambat uap "tidak disengaja" seperti penutup dinding vinil.
- Pastikan bahwa semua produk dalam sistem berasal dari satu produsen dan bahwa produsen mengonfirmasi kompatibilitas dan merekomendasikan penggunaan produk dalam konfigurasi yang tepat yang ditujukan untuk proyek tersebut.
- Pastikan bahwa produsen telah melatih dan mensertifikasi pemasang dengan

- memadai.
- Atur agar perwakilan teknis produsen mengunjungi lokasi secara berkala selama pemasangan.
 - Gunakan bidang drainase internal, dan hindari dinding penghalang yang tertutup rapat. Beri detail drainase yang menunjukkan flashing dan weephole.
 - Manfaatkan substrat yang tahan lembap. Jangan gunakan selubung gipsum berlapis kertas atau OSB.
 - Sediakan penghalang cuaca yang berkelanjutan di belakang EIFS.
 - Jangan memaparkan bagian mana pun dari EIFS di area horizontal. Flash kusen jendela, coping, dan tonjolan dengan lembaran logam.
 - Untuk sambungan:
 - Pahami batasan dan profil terbaik sambungan estetika dalam sistem.
 - Hargai sambungan bergerak di substrat melalui EIFS.
 - Sambungan antara EIFS harus menggunakan dua baris sealant sambungan silikon modulus rendah dengan batang penopang sel tertutup.
 - Kinerja EIFS bergantung sepenuhnya pada kepatuhan terhadap instruksi pabrik. Ukuran kualitas di luar persyaratan sistem lain adalah wajar.
 - Memerlukan contoh skala besar, termasuk sambungan umum, ditambah jendela dan penetrasi umum lainnya.
 - Memerlukan pemeriksaan penghalang cuaca sebelum ditutup dengan insulasi.
 - Memerlukan pemeriksaan pihak ketiga secara berkala atau berkelanjutan yang sesuai dengan kompleksitas proyek.

Penahan Air

Berbagai membran tipis tersedia, yang, dalam kondisi laboratorium, mungkin kedap air, tetapi sebenarnya hanya memperlambat penyerapan air karena ketidakmampuannya untuk menjembatani retakan besar, pelapukan yang dipercepat, dan aplikasi yang tipis. Karena kebocoran yang tak terelakkan ini, penolak air tidak dapat menggantikan perincian dan konstruksi yang tepat dari rakitan dinding yang benar-benar kedap air. Penolak air dapat memberikan kinerja yang lumayan pada struktur yang ada di mana pemasangan kembali flashing, bidang drainase, dan penghalang cuaca tidak memungkinkan.

Repellant Bening

Repellant bening biasanya digunakan untuk beton, CMU, bata, batu, dan terkadang kayu. Repellant bening tersedia dalam dua jenis dasar: sealer tembus dan sealer pembentuk film.

- ❖ Sealer tembus biasanya meliputi siloksana, silana, atau kombinasi keduanya. Keunggulannya meliputi ketahanan terhadap degradasi UV, permeabilitas uap, perubahan warna rendah, dan kegunaan pada permukaan yang dapat dilalui pejalan kaki.
- ❖ Permukaan pembentuk film meliputi akrilik dan uretan. Ada risiko kegagalan yang tidak

sedap dipandang yang relatif tinggi jika tekanan uap hadir di bawah film. Namun, mereka dapat mengisi retakan yang lebih besar dan bekerja pada beton dan kayu yang lebih kasar.

- ❖ Repelant bening biasanya diaplikasikan dengan menyemprotkan lapisan banjir dalam satu atau dua lapisan.

Perbandingan produsen yang memasarkan klaim berbagai jenis dan konsentrasi repelant air bening bisa jadi sulit. Tinjau evaluasi generik yang berkaitan dengan jenis produk tertentu dan periksa kinerja yang terbukti pada substrat serupa dalam situasi serupa. Uji panel sampel yang tidak mencolok untuk kinerja dan tampilan sebelum menyelesaikan pemilihan material.

Pelapis Semen

Pelapis semen biasanya berbahan dasar semen portland dengan agregat halus dan aditif untuk meningkatkan daya rekat, ketahanan terhadap air dan beku-cair, serta warna. Pelapis semen umumnya getas dan tidak dapat menutup retakan. Pelapis ini dapat menyerap udara, dan memiliki daya rekat dan kemampuan pelapukan yang sangat baik, tetapi dapat menyebabkan perubahan besar pada tampilan bangunan. Pelapis kedap air kristal juga tersedia, yang mengisi pori-pori mikroskopis beton dan CMU. Pelapis semen biasanya diaplikasikan dengan cara disemprot, tetapi dapat juga disikat atau disekop. Untuk mortar di antara bata, bata harus ditutup satu per satu atau dibersihkan setelah disemprot (disebut dikantongi karena karung goni yang digunakan).

Pelapis Elastomer

Pelapis elastomer pada dasarnya adalah cat elastomer yang kuat, baik yang berbahan dasar air maupun pelarut. Beberapa produk dapat menyerap udara. Pelapis elastomerik memiliki kemampuan menjembatani retakan tertinggi, dan dapat diaplikasikan pada sebagian besar substrat, tetapi memiliki efek drastis pada tampilan bangunan, dapat memudar, dan mungkin memerlukan aplikasi ulang yang relatif sering.

Penutup Sambungan

Penutup sambungan sangat penting untuk kedap air bangunan. Sambungan antara berbagai rakitan penutup, serta sambungan untuk mengakomodasi pergerakan, penetrasi, dan transisi, memerlukan penutup sambungan.

Jenis Penutup

Secara bersamaan, penutup sambungan poliuretan dan silikon merupakan persentase terbesar penutup sambungan eksterior dalam konstruksi komersial. Butil, epoksi, dan polisulfida lebih jarang digunakan. Penutup akrilik atau lateks umumnya tidak digunakan pada bagian luar konstruksi komersial, tetapi mungkin cocok untuk proyek perumahan berskala kecil.

- ✚ Poliuretan: Tersedia sebagai jenis tunggal atau multikomponen dalam berbagai warna,

penutup poliuretan memiliki kemampuan pergerakan yang sangat baik dan daya rekat yang sangat baik. Poliuretana, meskipun masih memerlukan pelapisan dasar pada permukaan, lebih tahan terhadap persiapan permukaan yang kurang sempurna daripada silikon. Poliuretana sangat cocok untuk permukaan horizontal, permukaan yang dilalui lalu lintas, dan di bawah permukaan tanah.

- ✚ Silikon: Tersedia dalam bentuk satu atau beberapa komponen dalam berbagai warna, sealant sambungan silikon memiliki kemampuan pergerakan dan daya rekat yang sangat baik. Silikon modulus sangat rendah memiliki kapasitas pergerakan tertinggi. Silikon modulus sedang dan tinggi memiliki kapasitas pergerakan yang semakin sedikit, tetapi kekerasan dan kekuatan tekannya lebih tinggi. Sealant sambungan silikon memerlukan pembersihan permukaan yang teliti, dan, sering kali, juga memerlukan pelapisan dasar. Silikon dapat digunakan pada permukaan horizontal, tetapi tidak di bawah permukaan tanah.
- ✚ Strip silikon yang diawetkan dengan ekstrusi: Silikon diekstrusi di pabrik menjadi berbagai lebar, sekitar 1/8 inci tebal. Strip direkatkan di lapangan dengan sealant silikon. Strip yang diawetkan dengan precure sering digunakan untuk memperbaiki sambungan yang rusak.
- ✚ Butil: Sealant butil memiliki kemampuan bergerak yang relatif rendah, tetapi memiliki daya rekat yang sangat baik, dan memerlukan persiapan permukaan yang minimal serta tidak memerlukan pelapisan dasar. Butil bekerja dalam lapisan yang relatif tipis dan tetap fleksibel, menjadikannya pilihan yang baik untuk sambungan tumpang tindih pada logam seperti pelat logam dan dinding gorden. Butil tidak dapat terkena cahaya matahari pada hasil akhir.
- ✚ Epoksi: Sealant epoksi digunakan untuk aplikasi yang sangat khusus seperti di mana sealant tidak boleh "dapat dipetik", seperti di fasilitas penahanan atau kebun binatang. Namun, sealant epoksi umumnya memiliki kapasitas gerakan yang terbatas, ketahanan UV, dan kemampuan pelapukan, dan, oleh karena itu, harus dipilih dengan cermat untuk pekerjaan eksterior.
- ✚ Akrilik/lateks: Sealant akrilik, lateks, dan lateks silikon memiliki kemampuan bergerak yang sangat rendah dan kemampuan pelapukan yang terbatas, oleh karena itu harus digunakan hanya di area dengan gerakan terbatas yang memerlukan pengecatan.
- ✚ Polisulfida: Sealant polisulfida memiliki kemampuan bergerak yang terbatas dan, oleh karena itu, tidak dipilih sesering silikon atau poliuretan. Namun, sealant ini sangat baik untuk situasi perendaman dan di bawah permukaan tanah. Diperlukan primer.
- ✚ Sealant berbusa di tempat (FIP): Tersedia dalam komponen tunggal atau multikomponen, sel terbuka dan sel tertutup, laju ekspansi tinggi dan rendah, dan dengan peringkat penyebaran api dan pengembangan asap, sealant FIP berguna untuk mengisi rongga besar yang rumit yang tidak akan terekspos dalam pekerjaan yang telah selesai. Priming dan backer tidak diperlukan. Sealant FIP juga dapat digunakan sebagai segel udara sekunder di sekitar jendela, dan sebagai saluran dalam dalam sistem sealant ganda; tetapi sealant ini sulit diperiksa untuk segel yang berkelanjutan.

- ✚ Busa prakompresi: Busa fleksibel diresapi dengan sealant dan perekat di satu sisi. Busa ditahan dalam keadaan terkompresi, baik dalam bentuk gulungan atau panjang lurus, dan dipasang dengan cepat pada sambungan sebelum busa yang mengembang perlahan membengkak dan terikat pada substrat. Sambungan antar panjang biasanya dibuat dengan sambungan ujung miring. Busa prakompresi biasanya dilapisi oleh sealant atau pelapis kedap air lainnya, atau sudah dilapisi silikon pra-keras di pabrik. Lebar sambungan hingga 6 inci adalah hal yang umum.

Desain Sambungan

- ✓ Bentuk sambungan: Profil penampang sambungan sangat penting untuk fungsi sealant sambungan yang tepat. Profil sambungan klasik berbentuk jam pasir, dengan kedalaman setengah lebarnya. Profil fillet dan pita juga dimungkinkan dengan pemutus ikatan yang tepat.
- ✓ Penopang: Batang penopang dan pita pemutus ikatan mencegah adhesi tiga sisi yang tidak tepat. Batang penyangga tersedia dalam bahan sel tertutup dan terbuka, dan produsen sealant merekomendasikan penggunaan masing-masing. Umumnya, sel terbuka tidak digunakan pada sambungan horizontal atau terendam, dan sel tertutup tidak digunakan dengan sealant yang diawetkan dengan kelembapan. Pita pemutus ikatan digunakan jika kedalaman batang tidak mencukupi.
- ✓ Ukuran sambungan: Secara konservatif, lebar sambungan harus empat kali lipat dari pergerakan yang diantisipasi, berdasarkan perubahan suhu minimal 150°F (hingga 200 untuk bahan gelap), ditambah pergerakan struktural yang diantisipasi. Jika lebar sambungan menjadi tidak menyenangkan secara estetika, jarak antara sambungan dapat dikurangi, seperti halnya pergerakan struktural; dan, mungkin, sealant dengan kinerja lebih tinggi dapat dipilih; atau kombinasi dari ketiganya.

Sambungan horizontal pada permukaan lalu lintas menghadirkan masalah khusus, terutama jika sambungannya lebar. Sealant sambungan yang dipilih harus memiliki kekerasan pantai yang tinggi, dan penyangga sambungan harus secara struktural mendukung sealant sambungan dan memiliki pita pemutus ikatan untuk mendukung sealant dengan lebih kuat. Hindari batang penyangga busa, yang terlalu lunak untuk memberikan dukungan struktural pada sambungan.

Penerapan

Penerapan sealant sambungan yang tepat sangat bergantung pada sejumlah besar keterampilan dan keputusan pemasang. Toleransi dimensi sangat ketat, sering kali dalam jarak 1/8 inci dari lokasi ideal, dan kesalahan yang tampak kecil dapat mengakibatkan kegagalan sistemik. Faktor yang perlu dipertimbangkan meliputi:

- Kondisi lingkungan: Penerapan harus dilakukan antara 50°F dan 80°F, tanpa hujan sebelum, selama, dan setelah pemasangan, hingga pengeringan selesai, seperti yang direkomendasikan oleh produsen.
- Persiapan sambungan: Sambungan mungkin perlu digiling secara mekanis untuk

menghilangkan material lepas, kontaminan seperti minyak pelepas bentuk, dan sealant sambungan lama. Setelah penggilingan mekanis, semua debu harus dihilangkan, dan kemudian permukaan ikatan harus dibersihkan dengan hati-hati dengan pelarut.

- Pelapisan dasar: Pelapisan dasar meningkatkan daya rekat, dan harus digunakan kecuali terbukti tidak diperlukan oleh pengujian proyek. Perhatikan bahwa dua sisi sambungan yang berbeda mungkin memerlukan pelapisan dasar yang berbeda.
- Penyangga: Lebar penyangga, baik batang penyangga atau pita pemutus ikatan, harus dipilih dengan cermat agar sesuai dengan lebar sambungan, lalu ditempatkan dengan cermat pada kedalaman yang tepat. Alat rol direkomendasikan untuk mengontrol kedalaman batang.
- Sealant sambungan: Saat sambungan masih bersih, dan saat primer masih dalam periode pelapisan ulang, sealant yang cukup harus dipaksa masuk ke dalam sambungan lalu dibentuk untuk membentuk profil yang tepat, mendorong sealant sambungan ke substrat, dan menghilangkan gelembung. Sealant multikomponen perlu dicampur dalam jumlah yang dikontrol dengan cermat.

Sealant Sambungan Ganda

Mempertimbangkan tingkat kualitas dan perhatian terhadap detail yang tinggi yang diperlukan pada setiap langkah proses untuk memilih dan memasang sealant sambungan, tidaklah bijaksana untuk menyimpulkan bahwa sealant sambungan akan dipasang dengan sempurna di lokasi kerja. Oleh karena itu, sebaiknya berikan sealant dua baris pada sambungan yang memanjang sepenuhnya melalui penutup eksterior, untuk memberikan redundansi dan kinerja jangka panjang. Perhatikan bahwa sambungan pada lapisan luar dinding rongga yang dikeringkan atau rakitan layar hujan yang tekanannya disamakan tidak memerlukan saluran ganda—dengan asumsi penghalang cuaca bagian dalam disegel dengan benar.

Persyaratannya adalah sebagai berikut:

- Batang penyangga yang dipilih untuk saluran ganda sealant sambungan harus mengakomodasi gas yang dikeluarkan selama proses pengeringan.
- Ruang antara saluran sealant bagian dalam dan luar harus disiangi secara berkala.
- Sealant sambungan busa prakompresi atau sealant sambungan berbuisa di tempat dapat digunakan untuk segel sekunder bagian dalam, tetapi karena sealant utama bersentuhan langsung dengan segel bagian dalam, tidak ada rongga yang terbentuk tanpa penyediaan drainase. Busa prakompresi umumnya untuk sambungan berukuran 1 inci dan lebih besar.

Pengujian Proyek

Sealant sambungan modern merupakan hasil rekayasa kimia yang canggih. Sayangnya, banyak bahan kimia lain yang tidak terkontrol dan sulit diprediksi ada pada setiap proyek konstruksi, dan interaksi kimia mungkin terjadi dan sulit diprediksi, produsen harus menguji semua kemungkinan kombinasi sealant sambungan dan substrat khusus proyek untuk menghilangkan potensi ketidakcocokan dan untuk memilih primer terbaik. Sangat penting

bahwa substrat menjadi replika persis dari yang dimaksudkan untuk digunakan pada proyek.

Misalnya, jika beton pracetak akan memiliki sealer pengawet yang diterapkan pada pekerjaan akhir, maka sampel harus memiliki sealer yang sama. Demikian pula, salinan persis ekstrusi aluminium, lengkap dengan lapisan akhir yang sama yang diterapkan dengan cara yang sama, harus diuji, bukan sampel lembaran aluminium. Setelah pengujian khusus proyek selesai, pengujian berkala di lapangan harus diselesaikan untuk memverifikasi pemasangan yang tepat. Uji tarik sederhana dapat membantu memastikan kontrol kualitas yang cermat

Penggantian dan Perbaikan Sealant Sambungan

Kunci keberhasilan perbaikan atau penggantian sealant sambungan sangat bergantung pada persiapan yang cermat dari kondisi yang ada dan pemilihan sealant sambungan pengganti yang benar. Sebagian besar sealant tidak akan menempel pada sealant lain, jadi sebaiknya sealant pengganti cocok dengan sealant yang sudah ada, karena hampir tidak mungkin untuk menghilangkan semua jejak dari substrat. Pembersihan substrat biasanya memerlukan penghilangan sealant sambungan lama dan lapisan tipis substrat secara abrasif. Untuk substrat lunak seperti EIFS, penghilangan sealant sambungan yang ada dengan benar hampir tidak mungkin. Untuk sistem ini, perbaikan "perban" biasanya diperlukan.

2.12 KONSTRUKSI DINDING EKSTERIOR

Bagian ini membahas jenis-jenis rangka yang umum digunakan untuk sistem dinding eksterior.

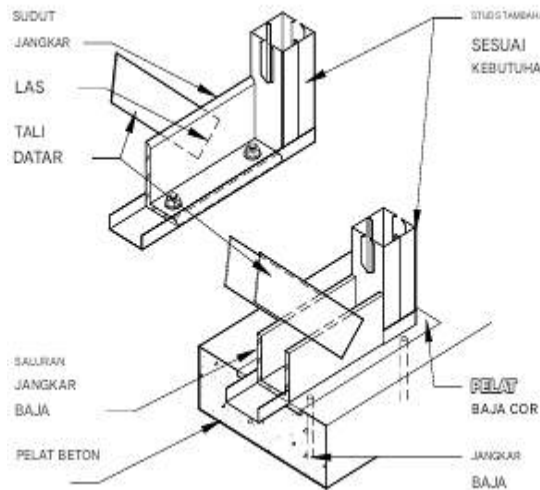
Rangka dan Penguat Logam yang Dibentuk Dingin

Rangka baja ringan dibentuk dingin, yang berarti komponen-komponennya diproduksi dengan cara membentuk rem dan melubangi gulungan galvanis dan stok lembaran. Anggota rangka yang dibentuk dingin terdiri dari dua jenis komponen dasar yang berbentuk C pada bagian penampang: satu jenis memiliki flensa 1/4 inci yang dilipat ke dalam; yang lain tidak memiliki flensa. Kancing, balok, dan kasau dibuat dengan flensa untuk membuatnya lebih kuat sehingga lebih mudah berdiri tegak. Komponen tanpa flensa (disebut rel) memiliki jaringan padat yang tidak dilubangi. Untuk menambah kekuatan, rel berukuran sedikit lebih besar dari anggota yang berflensa sehingga rel akan pas di dalamnya sebagai ambang atau pelat atas atau sebagai bagian dari tiang atau tajuk.

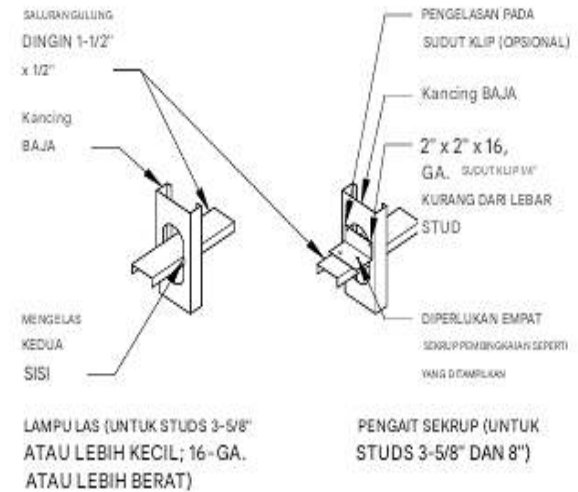
Rangka logam yang dibentuk dingin kuat dan serbaguna. Kekuatan dan kapasitas menahan beban suatu anggota dapat ditingkatkan hanya dengan menambah ketebalan, atau ukuran, logam; dimensi anggota, atau jarak, tidak harus selalu ditingkatkan. Ada sedikit batasan pada panjang anggota rangka baja; balok atau tiang dapat dibuat dengan panjang hingga 40 ft. Jika ditangani dengan hati-hati, rangka baja lurus dan konsisten; juga, tidak terpengaruh oleh kadar air. Kerugian rangka logam yang dibentuk dingin meliputi kurangnya kualitas isolasi; kesulitan dalam pemotongan, dibandingkan dengan kayu; dan tepi yang sangat tajam. Konsultasikan dengan *American Iron and Steel Institute (AISI)* untuk informasi lebih lanjut.

Penguat

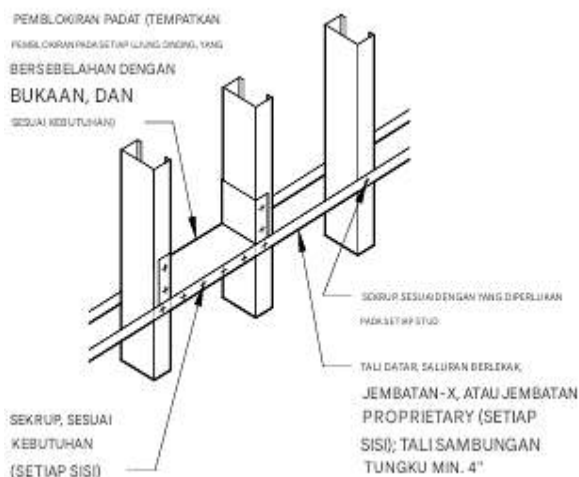
Bangunan harus diberi penguat yang tepat untuk menahan guncangan akibat beban angin dan seismik. Penguat tali diagonal dibuat miring untuk menahan gaya tarik, dan diikat dengan sekrup atau las ke tiang dan pelat. Penguat baja lateral yang diberi jarak yang tepat menahan rotasi tiang dan pembengkokan sumbu kecil akibat beban angin, seismik, dan aksial; hal ini sangat penting selama konstruksi, sebelum selubung atau pelapis dipasang.



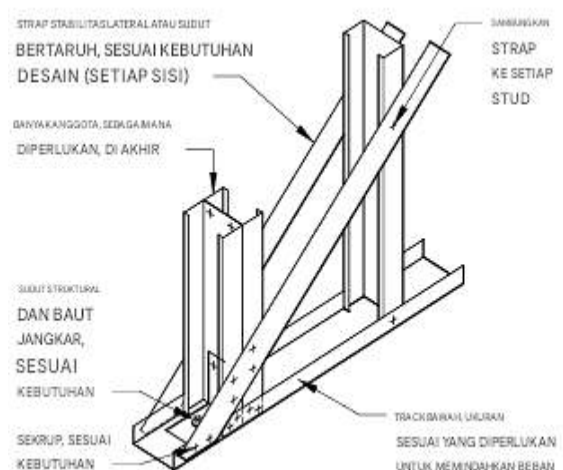
Gambar 2.316 Detail penahan stabilitas diagonal



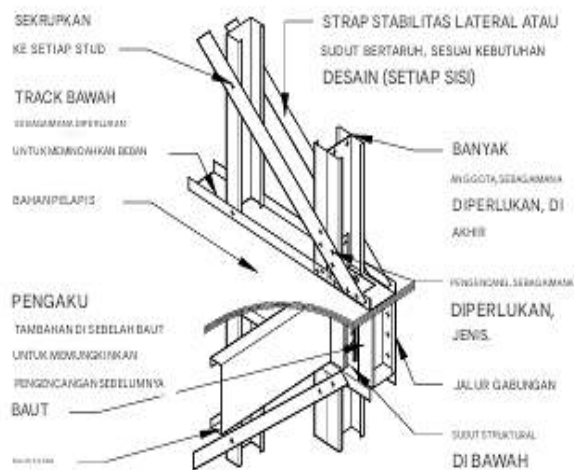
Gambar 2.317 Pengaman penguat lateral



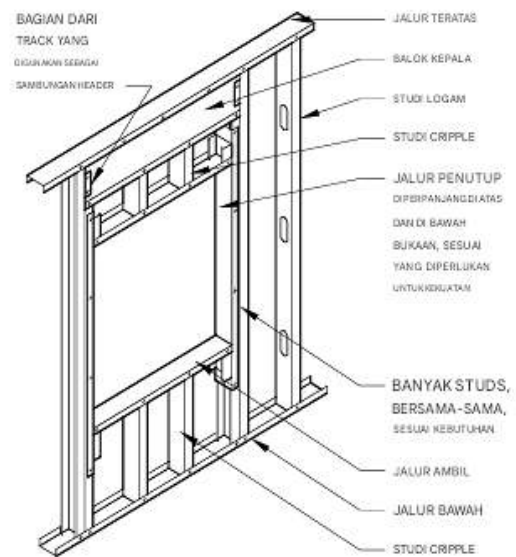
Gambar 2.318 Penguat dinding



Gambar 2.319 Penahan stabilitas diagonal

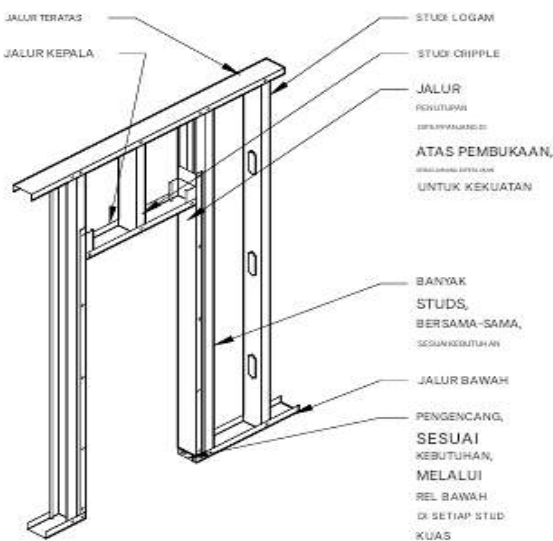


Gambar 2.320 Penahan stabilitas diagonal di lantai menengah

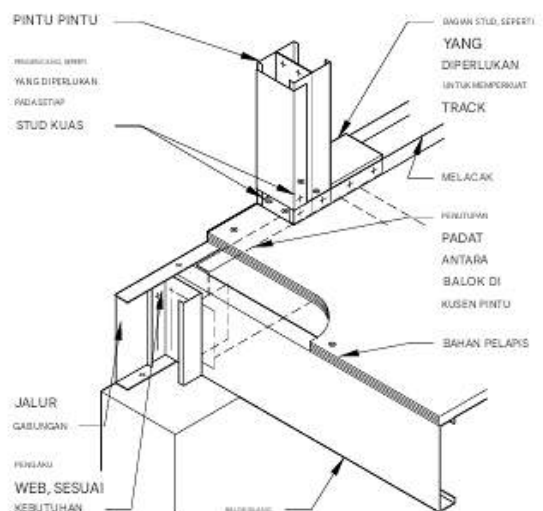


Gambar 2.321 Bukaian jendela

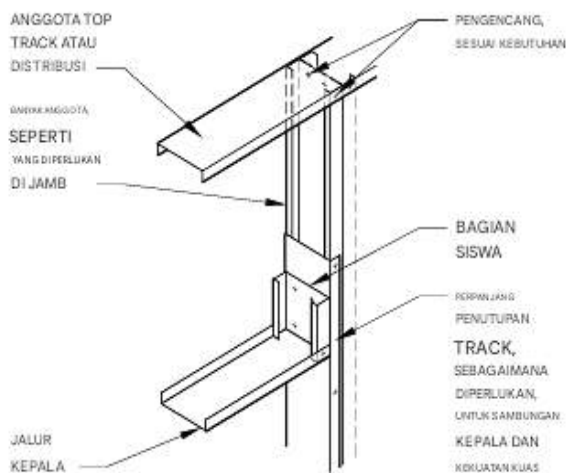
Pembentukan Rangka Logam Dingin – Detail Pembukaan



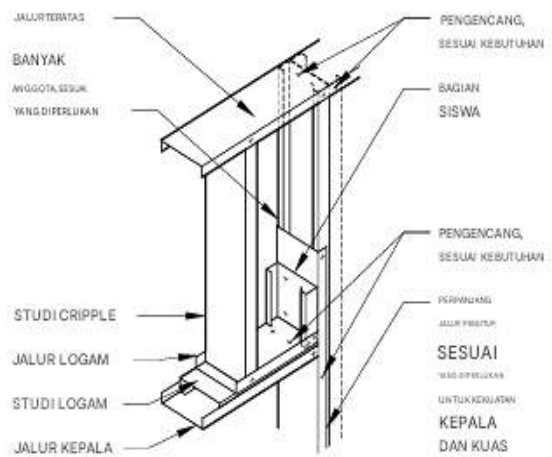
Gambar 2.322 Bukaian pintu



Gambar 2.323 Dasar jam pintu pada rangka lantai

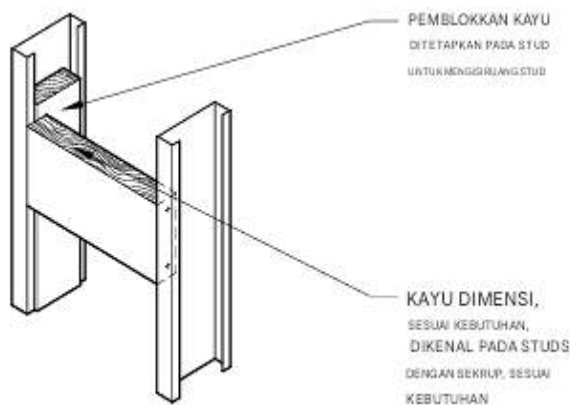


Gambar 2.324 Kepala pada bukaan lebar kurang dari 4 ft pada kondisi dinding yang mendukung beban

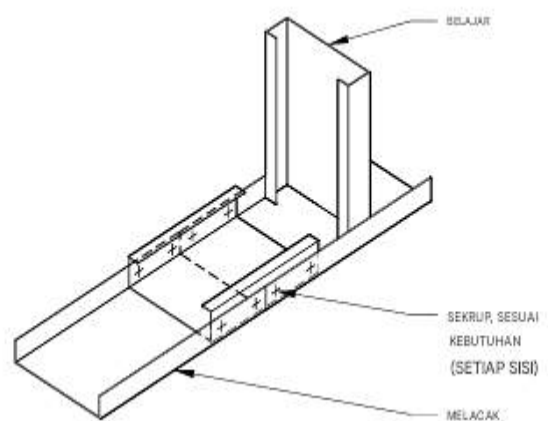


Gambar 2.325 Kepala pada pembukaan lebar 4 ft atau lebih lebar pada kondisi dinding yang mendukung beban

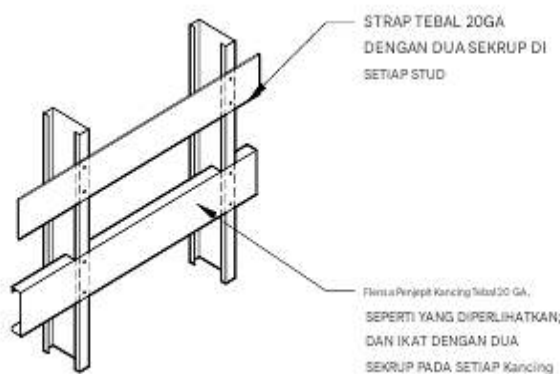
Detail untuk Rangka Logam yang Dibentuk Dingin



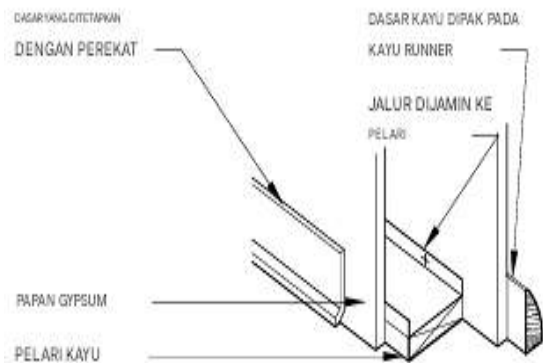
Gambar 2.326 Pasangan peralatan berat



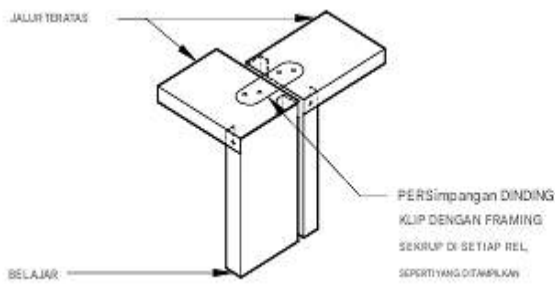
Gambar 2.327 Sambungan rel



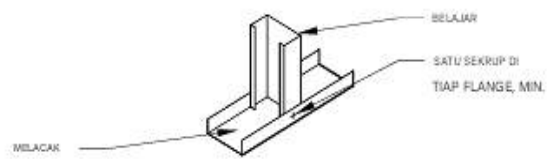
Gambar 2.328 Backing untuk lemari



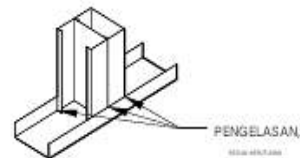
Gambar 2.329 Baseplate yang dapat dipaku



Gambar 2.330 Persempatan plat atas

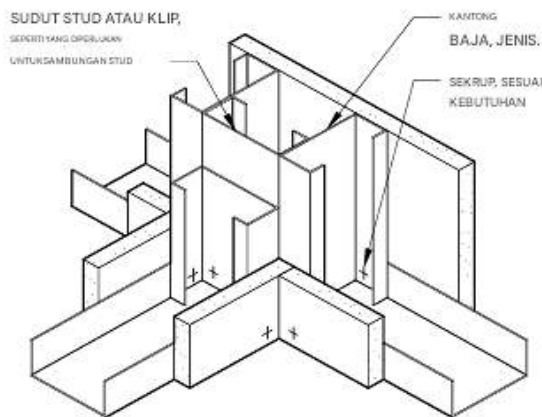


PENGIKAT MEKANIK

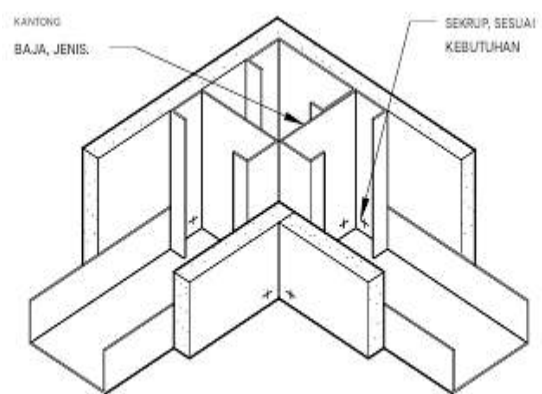


SAMBUNGAN LAS

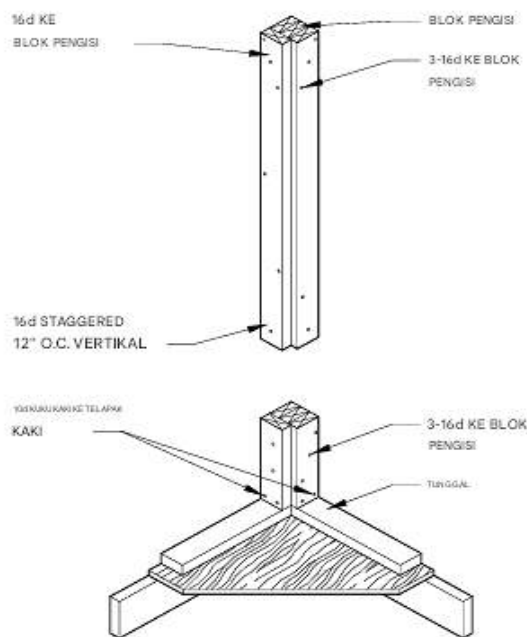
Gambar 2.331 Sambungan stud-ke-rel



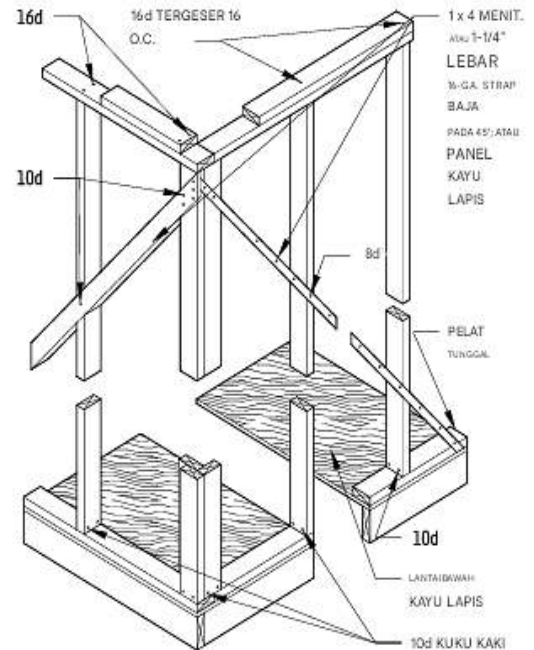
Gambar 2.332 Rangka persimpangan dinding



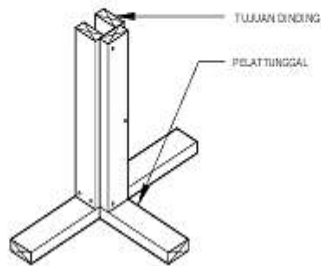
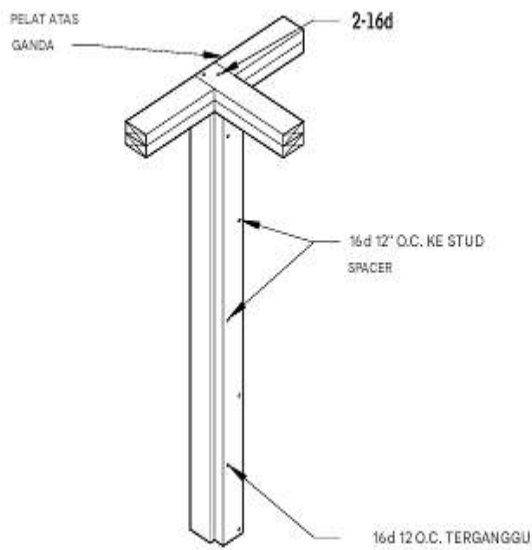
Gambar 2.333 Peningkatan sudut



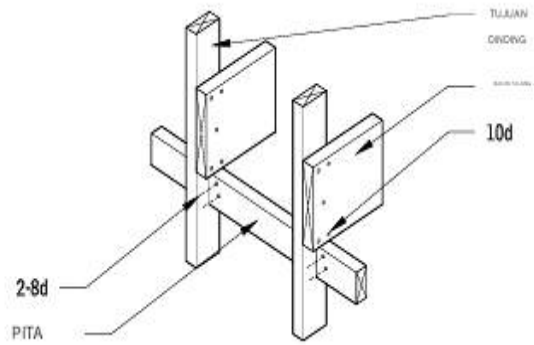
Gambar 2.334 Tiang sudut



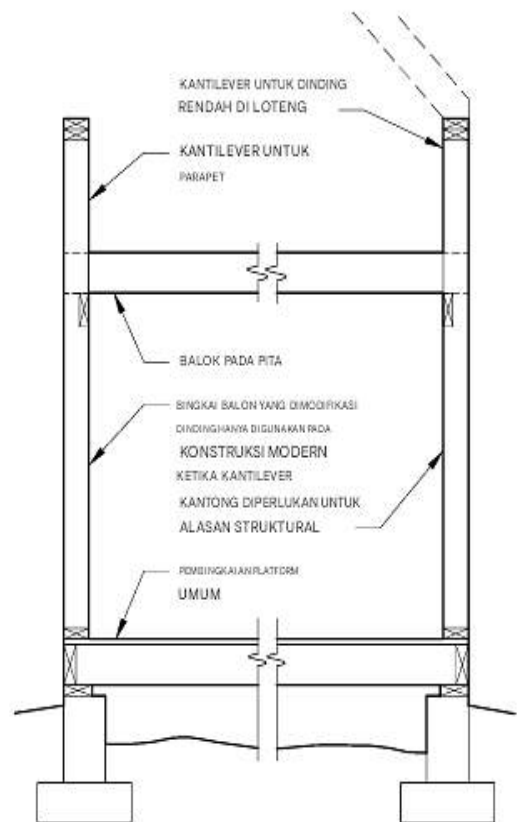
Gambar 2.335 Pelat atas dan penguat



Gambar 2.336 Sambungan partisi dengan dinding



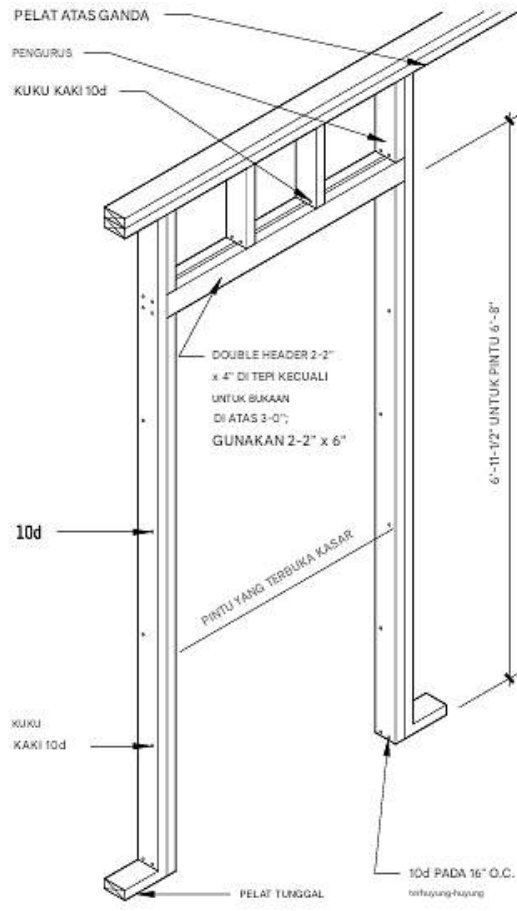
Gambar 2.337 Balang yang berbantal pita



Gambar 2.338 Rangka balon

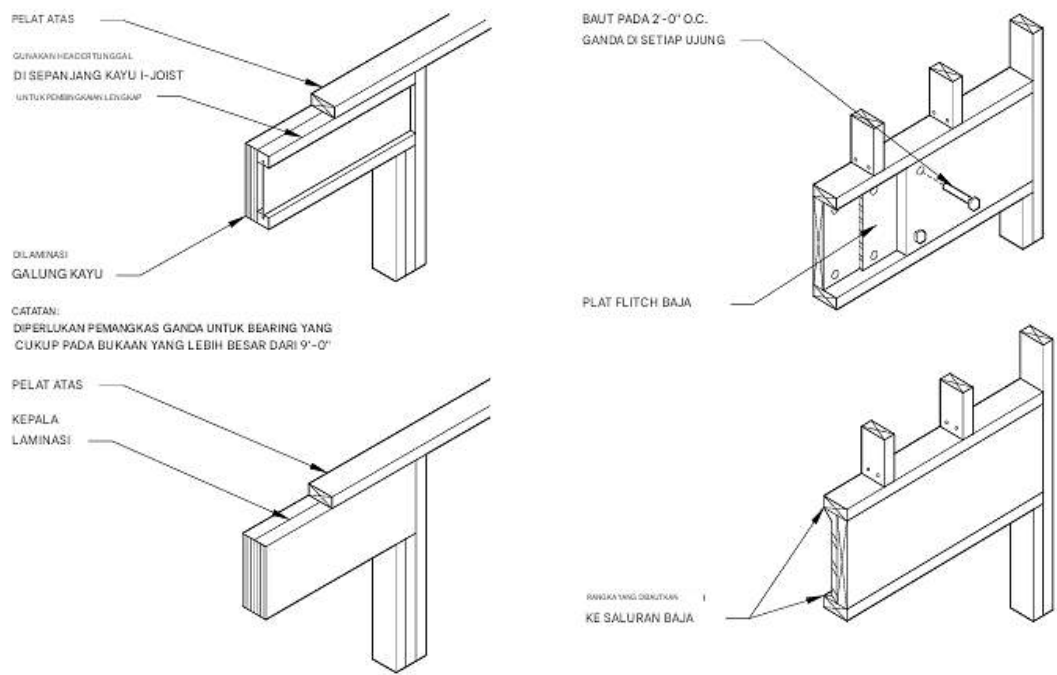
Detail Pembangkaan untuk Bukaannya

Lintel baja dipilih dari tabel desain balok baja berdasarkan bukaan lantai, dinding, dan atap. Lintel kayu di atas bukaan di dinding penahan beban dapat direkayasa sebagai balok. Balok komposit, seperti balok laminasi yang direkatkan, juga sesuai untuk beberapa aplikasi. Balok kotak kayu lapis digunakan untuk pintu garasi. Pelat flitch baja dapat menambah kekuatan tanpa menambah lebar balok komposit.

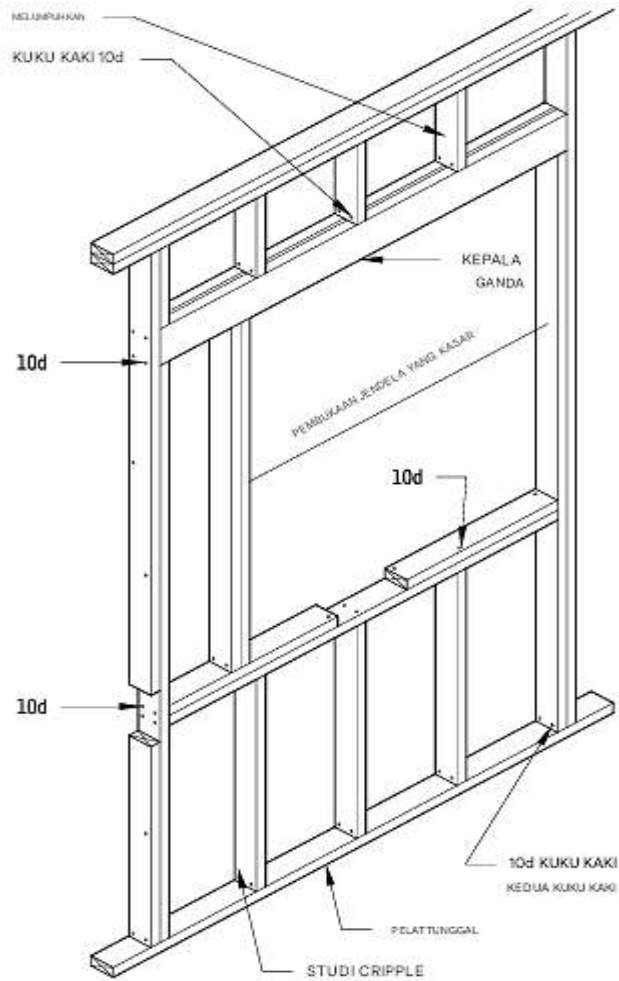


Gambar 2.339 Bukaan pintu

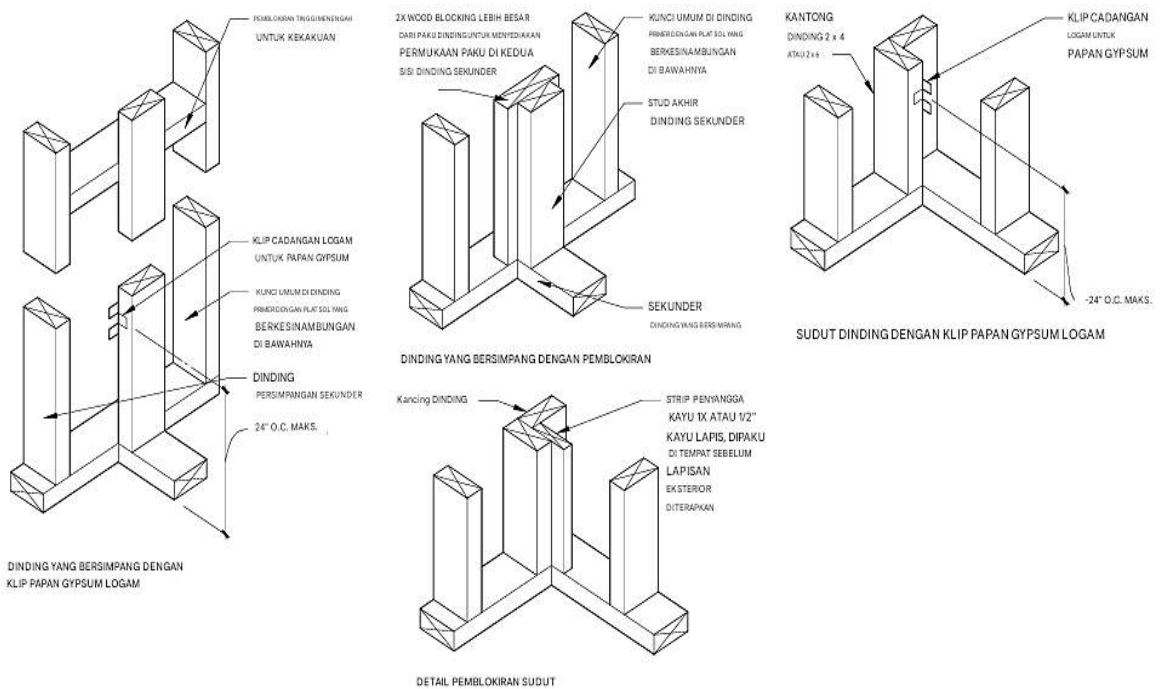
Periksa kode dan standar setempat untuk persyaratan ketahanan api.



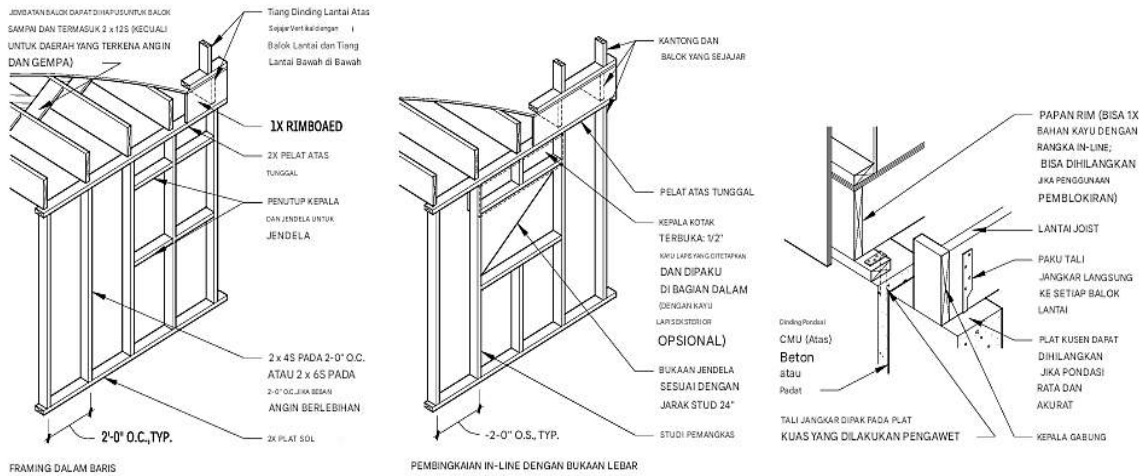
Gambar 2.340 Jendela untuk bukaan lebar



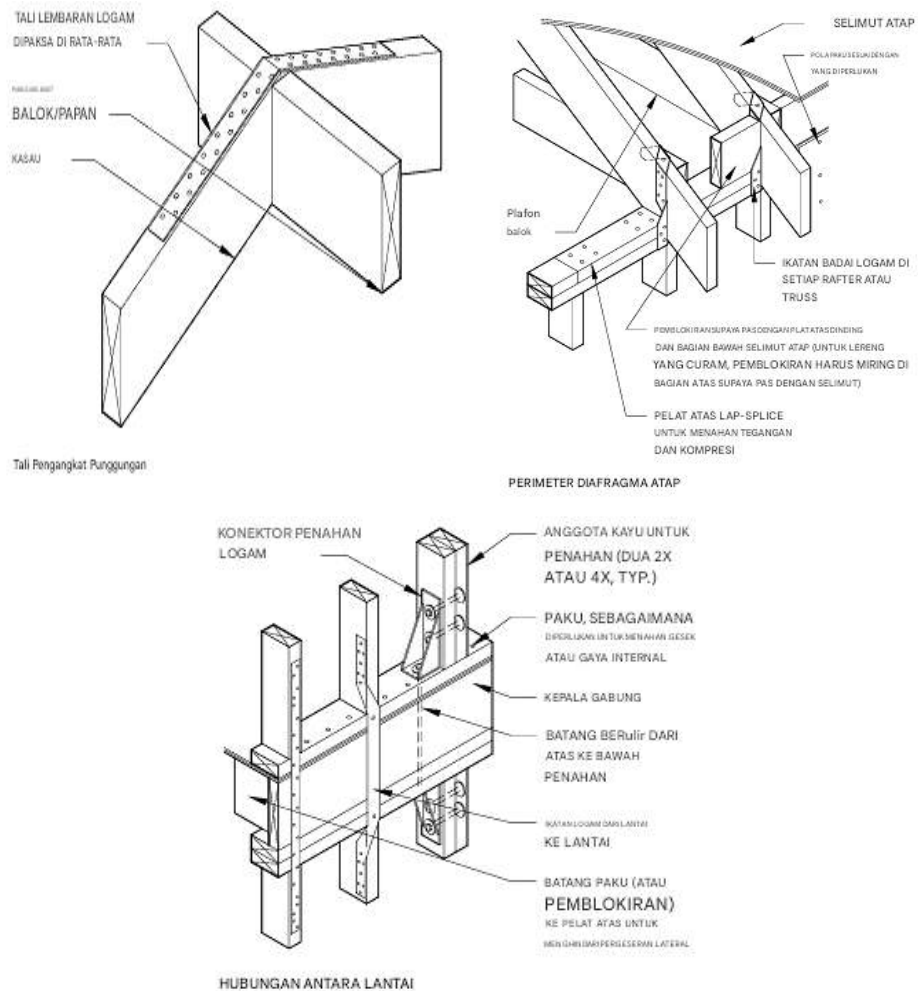
Gambar 2.341 Bukan jendela



Gambar 2.342 Detail dinding yang berpotongan



Gambar 2.343 Detail rangka kayu yang diurangi



Gambar 2.344 Rangka konektor angin dan gempa

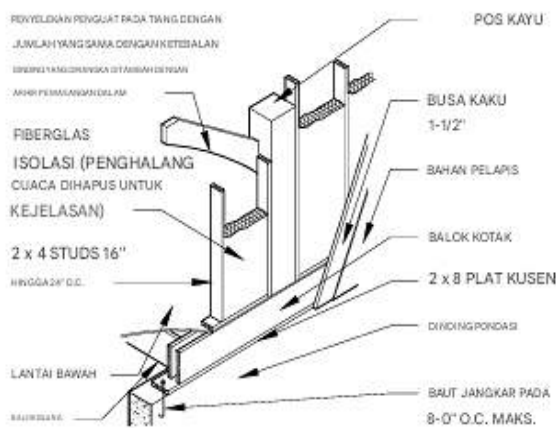
Sambungan Angin dan Gempa

Sangat penting untuk menyediakan jalur resistansi yang berkesinambungan dari atap

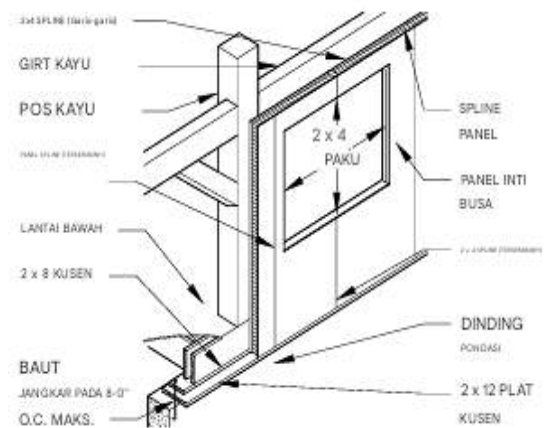
ke fondasi untuk menghilangkan gaya lateral dan gaya angkat. Sambungan di sepanjang jalur beban ini akan menjamin resistansi yang tidak terputus. Gaya seismik dan angin ditransfer dari diafragma atap ke dinding geser dan melalui dinding ke tanah di fondasi.

Dinding geser menahan gaya horizontal di diafragma atap dan lantai dan karenanya harus dihubungkan ke keduanya. Penting untuk menerapkan selubung dinding ke seluruh tinggi dinding, memakukannya ke pelat atas, balok, atau balok tepi, serta ke ambang lumpur atau pelat bawah. Rasio tinggi/lebar dinding geser merupakan pertimbangan penting; konsultasikan dengan insinyur struktur untuk desain mereka. Rincian yang diilustrasikan menunjukkan beberapa jalur sambungan; untuk setiap desain tertentu, seorang insinyur struktur yang memahami konstruksi tahan seismik dan angin harus dikonsultasikan. Banyak persyaratan untuk situasi angin kencang juga berlaku untuk beban seismik, kecuali dalam desain dinding geser.

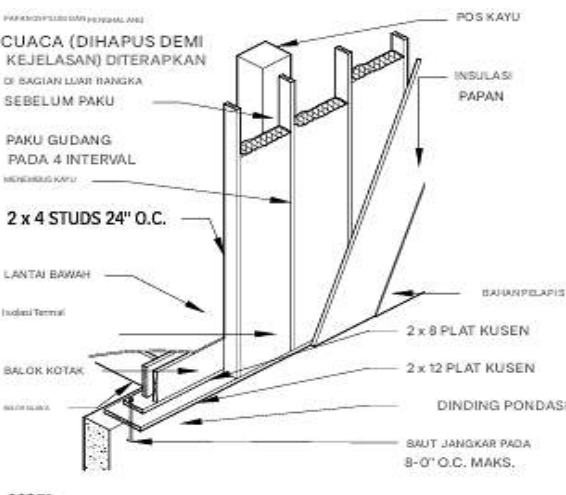
Konstruksi Dinding Kayu Berat



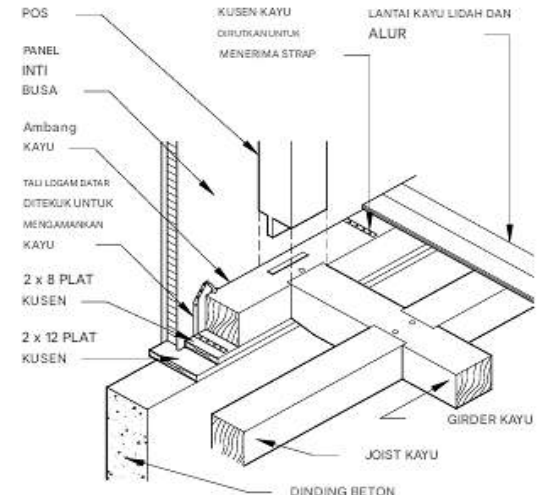
Gambar 2.345 Perakitan stud kayu pengisi



Gambar 2.346 Sistem dinding panel inti busa

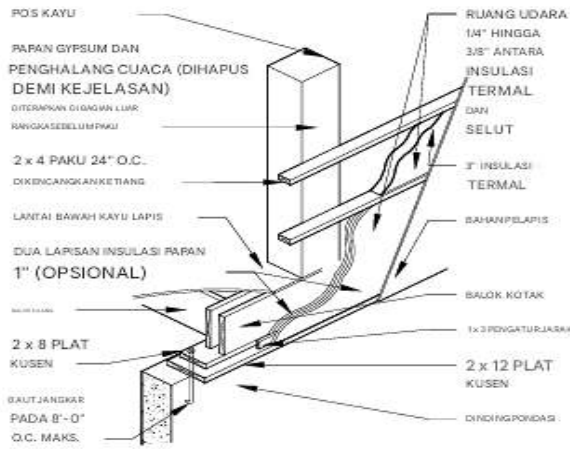


Gambar 2.347 Sistem stud kayu eksterior

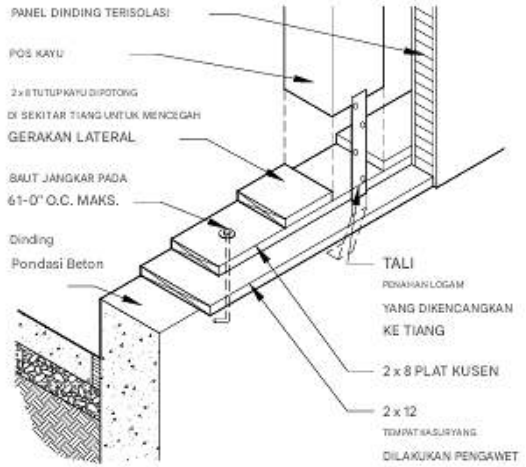


Gambar 2.348 Perakitan kursi kayu besar

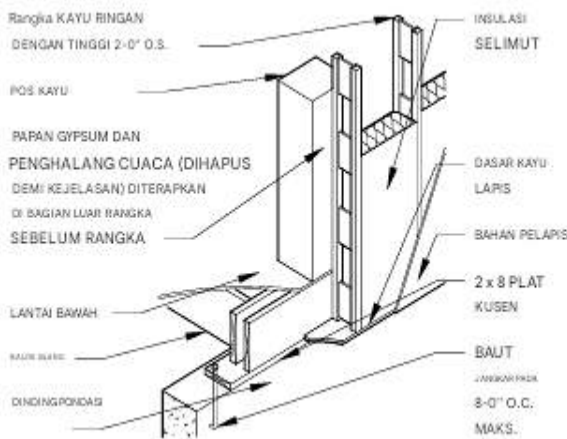
dan balok



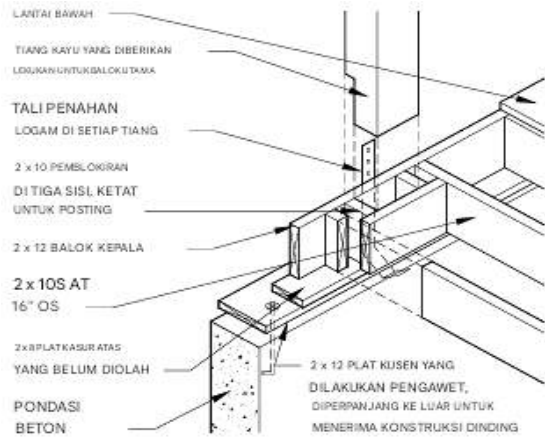
Gambar 2.349 Perakitan dinding paku horizontal



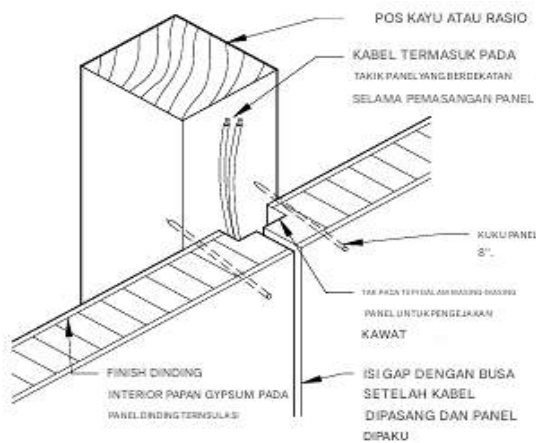
Gambar 2.350 Kusen kayu standar 2x



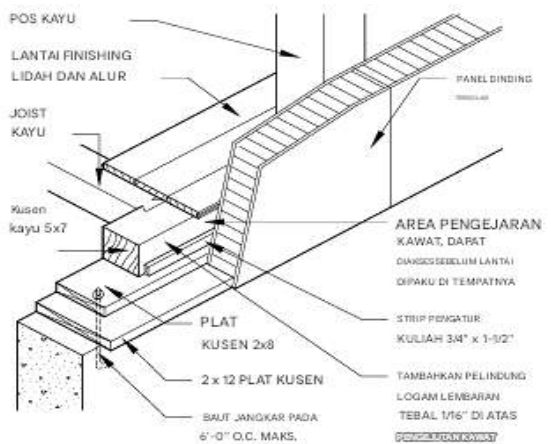
Gambar 2.351 Rakitan dinding kayu ringan eksterior



Gambar 2.352 Kusen rangka stick dan lantai dek

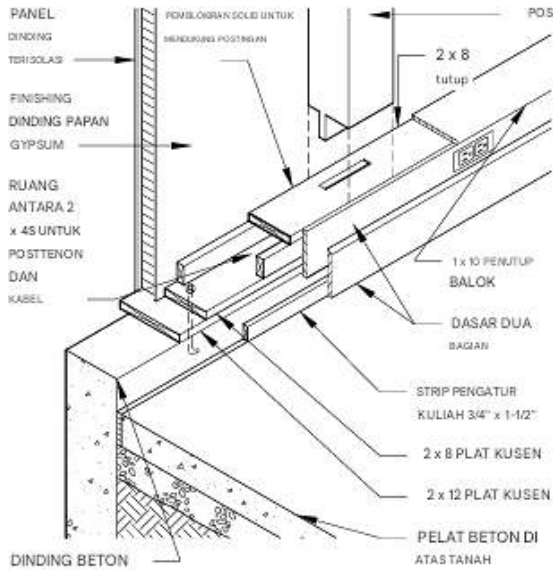


Gambar 2.353 Tiang kayu berat atau rafter



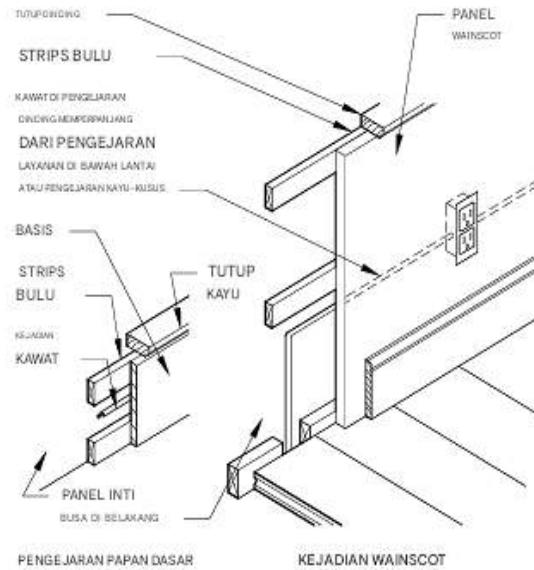
Gambar 2.354 Kusen kayu berat—detail

pada panel foam-core—detail wire chase



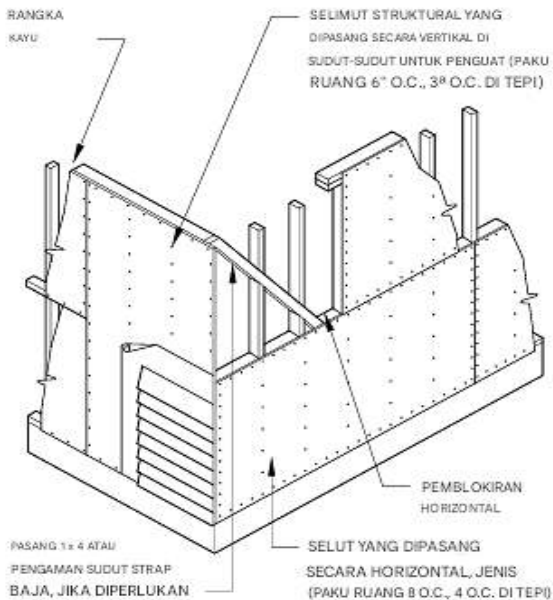
Gambar 2.355 Kusen balok kotak—detail pengejaran kawat

pengejaran kawat

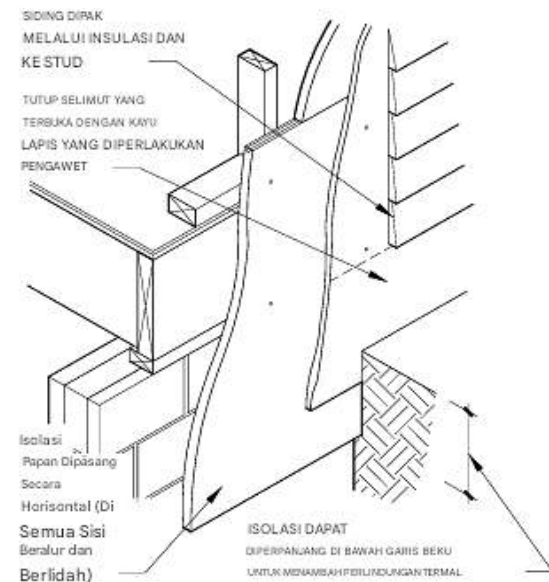


Gambar 2.356 Permukaan panel foam-core dengan kawat yang dipasang di permukaan

Selimut Dinding



Gambar 2.357 Selimut

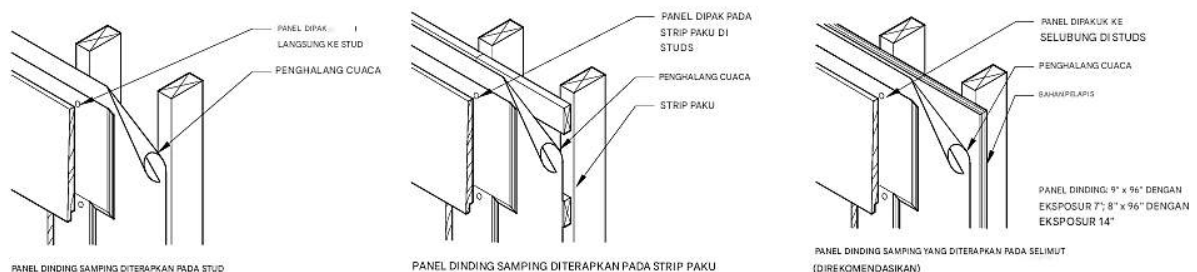


Gambar 2.358 Selimut insulasi papan

Tabel 2.359 Bahan selut

KARAKTERISTIK	SELUT STRUKTURAL	GIPS	PAPAN SERAT	PLASTIK
Basis yang dapat dipaku	Ya	Tidak	Hanya kepadatan tinggi	Tidak
Penghambat uap	Tidak	Tidak	Jika diolah dengan aspal	Ya
Nilai R Isolasi (ketebalan 1/2")	1.2	0,7	2.6	Bervariasi menurut produsen
Penyangga sudut disediakan	Ya	Ya (Lihat rekomendasi produsen.)	Hanya kepadatan tinggi	Tidak
Ukuran panel (kaki; kecuali plastik, dalam inci)	Ukuran 4x8, 4x, 4x10	Ukuran 2x8, 4x8, 4x10, 4x12, 4x14	Ukuran 4x8, 4x9, 4x10, 4x12	Ukuran: 16x96, 24x48, 224x96, 48x96, 48x108
Ketebalan panel (dalam)	5/16, 3/8, 7/16, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4, 7/8, 1, 1-1/8	1/4, 3/8, 1/2, 5/8	1/2, 25/32	1/2 sampai 6 (untuk atap)
Catatan lainnya	Mutu kayu lapis yang umum digunakan untuk pelapis atap dan dinding memiliki peringkat bentang 12/0, 16/0, 20/0, 24/0, 24/16, 32/16, 40/20, dan 48/24; klasifikasi ketahanan paparan adalah Paparan 1 dan Eksterior. Untuk tepi yang tidak ditopang, rujuk rekomendasi produsen. Papan untai berorientasi dapat digunakan sebagai pengganti kayu lapis, dengan peringkat bentang yang sesuai.	Panel tahan api tersedia dalam ketebalan 1/2" dan 5/8". Panel tidak mudah terbakar dan tidak rusak akibat paparan cuaca sesekali. Hindari pelapis gipsum berlapis kertas tradisional.	Juga disebut papan isolasi. Dapat diolah atau diresapi dengan aspal. Tersedia dalam panel reguler dan kepadatan tinggi.	Dianggap sebagai penghalang uap yang efektif, jadi dinding harus memiliki ventilasi yang baik. Beberapa produk mengeluarkan asap beracun saat dibakar; lihat spesifikasi pabrik pembuatnya.

Sirng dan Genteng Kayu



Gambar 2.360 Sistem panel

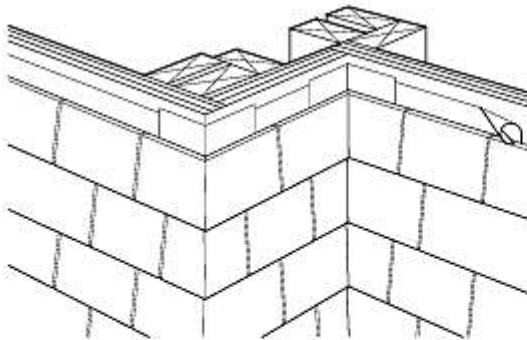
Tabel 2.361 Paparan untuk sirap dan genteng yang digunakan untuk pelapis

Panjang Strap (Inci)	Paparan Herpes Zoster (In)	
	Single	Double

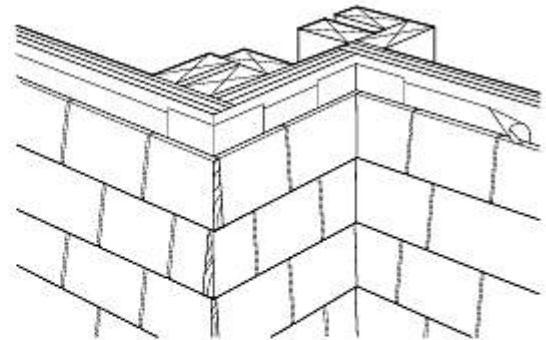
16	6' – 7½'	8' – 12'
18	6' – 8½'	9' – 14'
24	8' – 11½'	12' – 20'

Catatan Pelapis

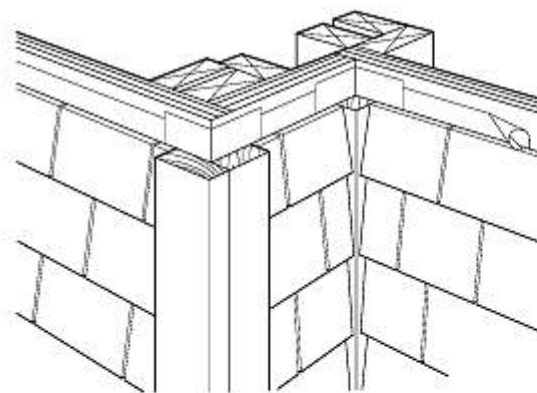
- Selubung dapat berupa jenis strip, padat 1 x 6 inci, dan jenis diagonal, pada tripleks, papan serat, atau papan gipsum. Strip paku kayu horizontal (1 x 2 inci) harus digunakan di atas papan serat dan selubung gipsum. Jarak strip sama dengan paparan sirap.
- Banyak pelapis akhir yang dapat digunakan pada sirap dan sirap cedar merah: warna solid atau noda semitransparan ("pelapukan"), cat lateks eksterior dengan primer, pengawet kayu, dan pemutih.
- Alas bernapas, agar sirap dapat diberi jarak dari penghalang cuaca, menyediakan rongga drainase dan ventilasi di belakang sirap. Alas memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap cuaca dan masa pakai sirap yang lebih lama.
- Metode yang disukai: selubung detail atau penghalang cuaca berfungsi sebagai penghalang udara.



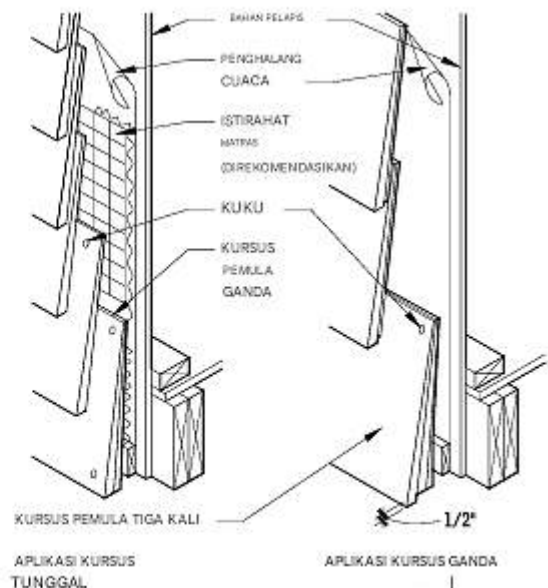
SUDUT LUAR DAN DALAM YANG DIMITER
(DIREKOMENDASIKAN)



TENJINAN SUDUT LUAR DAN DALAM
(LEBIH EKONOMIS)



PAPAN SUDUT DI SUDUT LUAR DAN DALAM



Gambar 2.362 Shingle dan shakes kayu untuk sisi

2.13 PENAHAN UAP DINDING EKSTERIOR, PENGHALANG UDARA DAN INSULASI Analisis Bagian Bangunan untuk Kemungkinan Kondensasi

Setiap bagian bangunan dapat dianalisis menggunakan perhitungan sederhana untuk menentukan di mana kondensasi dapat terjadi dan apa yang dapat dilakukan dalam memilih bahan atau metode perakitannya untuk menghilangkan kemungkinan tersebut.

Tabel 2.363 Permeansi dan permeabilitas bahan terhadap uap air

BAHAN	Perm (Inc)
BAHAN YANG DIGUNAKAN DALAM KONSTRUKSI	
Beton (campuran 1:2:4)	3.2 ^e
Batu bata (tebal 4")	0.8 to 1.1
Pasangan bata beton (agregat batu kapur inti 8")	2.4
Plester pada bilah logam (3/4")	15
Plester pada bilah gipsum polos (dengan kancing)	20
Papan gipsum (polos 3/8")	50
Papan isolasi struktural (kualitas selubung)	20 to 50 ^e
Papan isolasi struktural (interior, tidak dilapisi, 1/2")	50 to 90
Papan keras (standar 1/8")	11
Papan keras (1/8" tempered)	5
Atap yang dibangun (dipel panas)	0
Kayu, selubung cemara, 3/4"	2.9
Kayu lapis (cemara Douglas, lem eksterior, 1/4")	0.7
Kayu lapis (cemara Douglas, lem interior, 1/4")	1.9
Lembaran akrilik yang diperkuat serat kaca, 56 mil	0.12
Lembaran poliester, diperkuat serat kaca, 48 mil	0.05
ISOLASI TERMAL	
Kaca seluler	0.0e
Wol mineral, tidak terlindungi	29
Poliuretana yang mengembang (R-11 yang ditiup)	0.4 to 1.65
Polistirena yang diperluas-diekstrusi	1.2e
Manik-manik polistirena yang diperluas	2.0 to 5.8 ^e
FOIL DAN FILM PLASTIK DAN LOGAM	
Aluminium foil (1 juta)	0
Polietylen (4 juta)	0.08
Polietylen (6 juta)	0.06
Polietylen (8 juta)	0.04
Poliester (1 juta)	0.7
Polivinilklorida, tidak diplastisasi (2 mil)	0.68
Polivinilklorida, diplastisasi (4 mil)	0.8 to 1.4

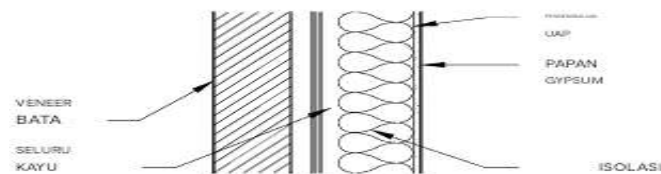
BAHAN	Perm (Inc)
KERTAS BANGUNAN, KAIN FELT, KERTAS ATAP C	
Lembaran dupleks, laminasi aspal, aluminium foil satu sisi (43)d	0.176
Atap gulung jenuh dan berlapis (326)	0.24
Kertas kraft dan aspal-laminasi, diperkuat 30-120-30 (34)hari	1.8
Kertas penghalang uap berlapis jenuh aspal (43)d	0.6
Kertas pelapis jenuh aspal, tidak dilapisi (22)d	20.2
aspal felt seberat 15 pon (70)d	5.6
15-lb tar felt (70)d	18.2
Kraft tunggal, infus ganda (16)d	42
BAHAN PELAPIS YANG DITERAPKAN DALAM BENTUK CAIR	
Cat-dua lapis	
Pernis aluminium pada kayu	0.3 to 0.5
Enamel pada plester halus	0.5 to 1.5
Primer dan sealer pada papan insulasi interior	0.9 to 2.1
Primer lain-lain, ditambah satu lapis minyak datar cat di atas plastik	1.6 to 3.0
Cat datar pada papan isolasi interior	4
Emulsi air pada papan insulasi interior	
Cat-tiga lapis	30 to 85
Pelapis lateks stirena-butadiena, 2 ons/kaki persegi	11
Pelapis lateks polivinil asetat, 4 ons/kaki persegi	5.5
Mastic aspal cutback	
1/16" kering	0.14
3/16" kering	0
Aspal leleh panas	
2 ons/kaki persegi	0.5
3,5 ons/kaki persegi	0.1

Bagian tersebut mungkin atau mungkin tidak mengandung penghalang uap, atau mungkin mengandung penghalang yang tidak memadai; bagian bangunan dapat mencakup bahan sisi dingin dengan ketahanan yang relatif tinggi terhadap masuknya uap (yang sangat tidak diinginkan). Dengan beberapa pengecualian, ketahanan uap di atau dekat permukaan yang hangat harus lima kali lipat dari komponen apa pun. Tabel 2.414 menyediakan permeansi dan permeabilitas bahan bangunan dan penghambat uap yang umum. Nilai-nilai ini dapat digunakan dalam menganalisis bagian bangunan dengan metode sederhana berikut:

1. Daftarkan material, tanpa lapisan permukaan atau rongga udara, sesuai urutan kemunculannya di bagian bangunan, dimulai dari material permukaan bagian dalam dan berlanjut ke bagian luar.
2. Pada setiap material, daftarkan nilai permeansi (atau permeabilitas) dari tabel, atau nilai yang lebih akurat jika tersedia dari pengujian atau data produsen. Jika rentang diberikan, pilih nilai rata-rata atau gunakan pertimbangan dalam menetapkan nilai

berdasarkan karakter dan metode pemasangan potensial material yang diusulkan untuk digunakan.

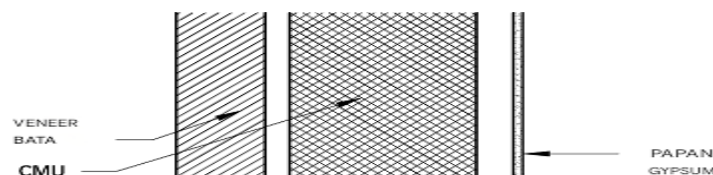
- Mulailah dari bagian atas daftar dan catat material yang memiliki permeabilitas lebih rendah daripada material di atasnya pada daftar. Pada titik tersebut, ada kemungkinan uap yang bocor melalui material pertama dapat mengembun pada material kedua, asalkan titik embun (titik kondensasi) tercapai dan pergerakannya cukup besar. Dalam hal tersebut, sediakan ventilasi melalui material sisi dingin atau modifikasi desain untuk menghilangkan atau mengganti material dengan material yang permeabilitasnya lebih besar.



Papan Gypsum (3/8 in.)	50.0
Penghambat uap	0,06 (permeabilitas terendah)
Isolasi	29.0
Selubung kayu	2.9
Pelapis bata 4 inci	1.1 (permeabilitas terendah berikutnya)

Gambar 2.364 Perkiraan permeans—kayu

Dalam contoh ini, penghalang uap menyalurkan satu butir uap air per kaki persegi per jam untuk setiap unit perbedaan tekanan uap, atau satu perm; dan tidak ada yang menyalurkan lebih sedikit. Namun, karena lapisan bata dingin memiliki permeansi yang hampir sama rendahnya, sebaiknya pastikan penghalang uap dipasang oleh ahli, dengan semua lubang pada pipa dan dengan kotak atau sambungan saluran keluar yang dipasang atau disegel dengan hati-hati. Atau, lapisan bata mungkin memiliki sambungan mortar terbuka di dekat bagian atas dan bawah untuk berfungsi sebagai lubang rembesan dan sebagai bukaan pelepasan uap. Sambungan ini juga akan memberi ventilasi pada dinding dan membantu mengurangi kenaikan panas di musim panas.



Papan Gypsum (3/8 in.)	50.0
Ruang berbulu	2.4
CMU 8 inci	2.4
Pelapis bata 4 inci	1.1 (permeabilitas terendah)

Gambar 2.365 Perkiraan permeansi—cmu

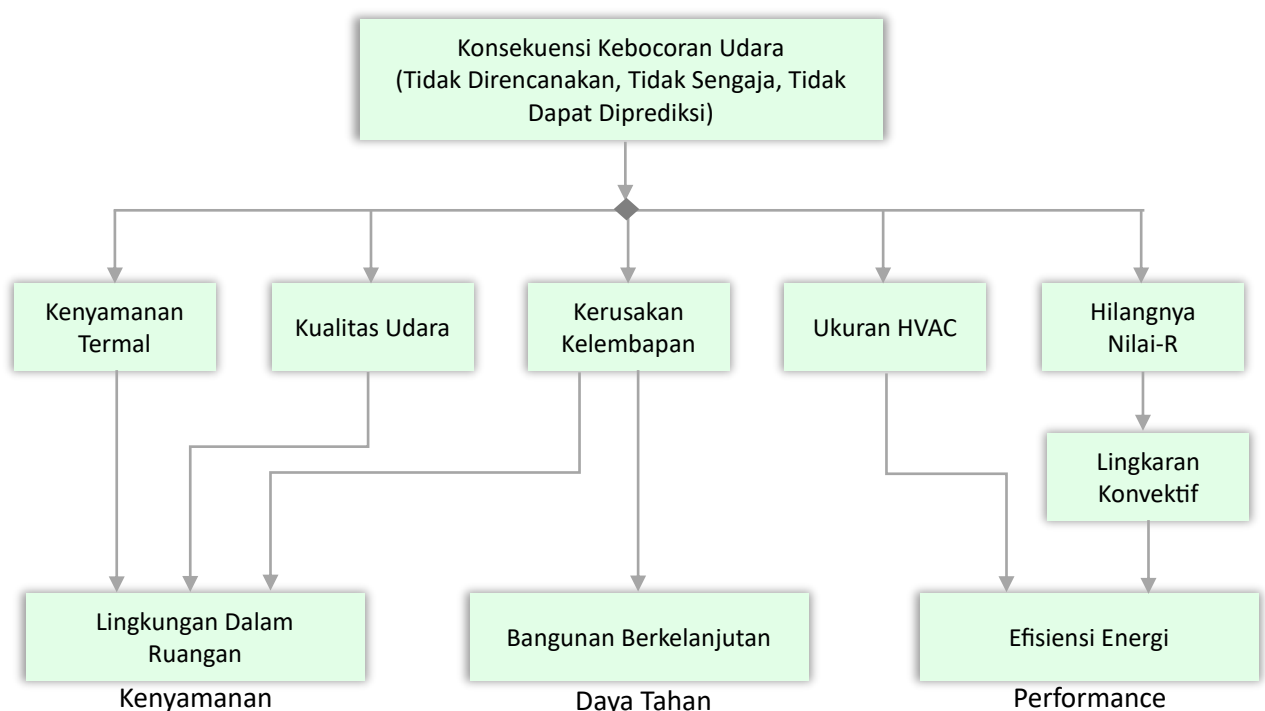
Uap (di bawah tekanan) akan mudah melewati lapisan papan gipsum bagian dalam, diperlambat oleh unit pasangan bata beton, dan hampir terhenti oleh lapisan bata dingin. Kecuali jika desain ini ditingkatkan secara radikal, pasangan bata akan menjadi jenuh dan, dalam cuaca dingin, dapat menyebabkan noda air yang serius atau "kebocoran" yang nyata. Selain itu, pembekuan dan pencairan kondensasi secara bergantian di dalam dinding pasangan bata dapat merusak konstruksi secara fisik.

Jenis analisis ini tidak sesuai untuk bangunan di daerah beriklim campuran. Untuk petunjuk tambahan, lihat Bab 11, "Alat Desain," oleh Anton TenWolde, dalam Pengendalian Kelembapan di Bangunan, (Manual ASTM, No. 18) Heinz R. Trechsel (ed.), diterbitkan oleh ASTM, 1984.

Analisis Terkomputerisasi

Gambar 2.415 dan 2.416 adalah analisis penampang grafis sederhana yang keandalannya terbatas. Keduanya bersifat dua dimensi, dan tidak mencakup masalah seperti penjembutan termal pada isolasi di rongga tiang. Pemodelan terkomputerisasi direkomendasikan untuk proyek besar, perakitan yang memerlukan pengeringan musiman, dan untuk proyek yang berlokasi di iklim campuran. WUFI, oleh *Oak Ridge National Laboratory* (www.ornl.gov), adalah salah satu alat pemodelan yang kuat dan dikenal luas.

Bagan 2.366 Konsekuensi kebocoran udara



Penghalang Udara

Penghalang udara adalah kombinasi dari material yang saling terhubung, sambungan tertutup yang fleksibel, dan komponen selubung bangunan yang memberikan kedap udara pada selubung bangunan. Fungsi utama penghalang udara adalah untuk mencegah aliran udara dan kelembapan yang tidak disengaja melalui penutup bangunan. Kebocoran

dapat memengaruhi kenyamanan penghuni, serta kinerja termal dan daya tahan bangunan.

Penyegelapan Penutup Bangunan

Seluruh selubung bangunan harus dirancang dan dibangun dengan penghalang udara yang berkesinambungan untuk mengendalikan kebocoran udara dan kelembapan ke dalam atau ke luar ruang yang dikondisikan. Ini termasuk permukaan pelat lantai atau ruang bawah tanah terendah, dinding pondasi, dinding eksterior, dan atap. Kinerja penghalang udara untuk selubung buram dapat ditunjukkan dengan:

- Menggunakan material individual yang memiliki permeabilitas udara tidak melebihi 0,004 cfm/ft² di bawah perbedaan tekanan 0,3 in. pengukur air (w.g.) (1,57 psf) saat diuji sesuai dengan ASTM E 2178.
- Menggunakan rakitan material dan komponen yang memiliki kebocoran udara rata-rata tidak melebihi 0,04 cfm/ft² di bawah perbedaan tekanan 0,3 in. w.g. (1,57 psf) saat diuji sesuai dengan ASTM E 1677.
- Menguji bangunan yang telah selesai dan menunjukkan bahwa tingkat kebocoran udara selubung bangunan tidak melebihi 0,40 cfm/sf pada perbedaan tekanan 0,3 in. w.g. (1,57 psf) (2,0 L/s perm² pada 75 Pa) sesuai dengan ASTM E 779 atau metode setara yang disetujui.

Karakteristik

Penghalang udara harus memiliki karakteristik berikut:

- Terus menerus di seluruh selubung (di lantai terendah, dinding luar, dan langit-langit atau atap), dengan sambungan tertutup antara semua transisi dalam bidang dan perubahan material, di semua sambungan dan jahitan, dan di semua penetrasi.
- Disambung dan disegel secara fleksibel ke komponen penghalang udara dari rakitan yang berdekatan, yang memungkinkan pergerakan relatif dari rakitan dan komponen ini.
- Mampu menahan tekanan angin, kipas, dan cerobong gabungan positif dan negatif pada penghalang udara tanpa kerusakan atau perpindahan, dan mentransfer beban ke struktur. Penghalang udara tidak boleh memindahkan material yang berdekatan di bawah beban penuh.
- Jika perlengkapan penerangan atau perangkat serupa lainnya akan dipasang sedemikian rupa sehingga dapat menembus penghalang udara, ketentuan harus dibuat untuk menjaga integritas penghalang.

Sistem Penghalang Udara

Banyak bahan bangunan umum (beton, kayu lapis, membran atap, insulasi kaku, dan papan gips) mampu berfungsi sebagai penghalang cuaca. Untuk konstruksi skala kecil dan perumahan, umumnya digunakan selubung atau dinding kering interior sebagai penghalang cuaca. Penyegelan khusus untuk bahan-bahan ini diperlukan, tetapi konstruksi lainnya tidak jauh berbeda dari konstruksi rangka tradisional. Dalam konstruksi komersial, penggunaan penghalang udara, yang diaplikasikan di atas selubung yang memenuhi persyaratan struktural,

merupakan hal yang umum. Bahan bangunan umum yang bukan penghalang udara meliputi CMU, papan dan insulasi selimut (bahkan jika dikompresi), dan lembaran polietilena.

Membran Penghalang Udara

Membran penghalang udara adalah bahan kedap udara yang secara khusus dirancang untuk mengendalikan aliran udara melalui penutup bangunan. Jenis utama membran penghalang udara dirangkum di sini. Selain membran primer, sistem penghalang udara harus mencakup aksesoris pemasangan dan kontinuitas seperti primer, pengencang mekanis, pita perekat, sealant sambungan, flashing, dan membran transisi.

Berdasarkan metode aplikasi, membran penghalang udara diklasifikasikan menjadi lima kategori:

- Membran yang merekat sendiri (atau kupas dan tempel) adalah lembaran fabrikasi yang terdiri dari aspal yang dimodifikasi karet yang diikat ke lapisan film pembawa, dan dilindungi oleh kertas pelepas di sisi membran. Membran ini diaplikasikan dengan cara merekat sendiri ke substrat yang kering, bersih, dan telah diberi lapisan dasar. Membran yang merekat sendiri tidak dapat ditembus uap.
- Membran yang diaplikasikan dengan cairan adalah formulasi satu atau dua komponen dalam pelarut organik atau dispersi air, yang disemprotkan atau disekop ke substrat yang kering, bersih, dan telah diberi lapisan dasar. Sebagian besar membran yang diaplikasikan dengan cairan tidak dapat ditembus uap. Beberapa membran yang diaplikasikan dengan cairan bersifat permeabel terhadap uap, meskipun permeabilitasnya cukup rendah (<6 hingga 7 perm) dan bergantung pada ketebalan lapisan film kering.
- Membran yang diikat secara mekanis adalah lembaran ringan yang biasanya dipasang dengan pengencang mekanis. Pemasangannya tidak memerlukan persiapan permukaan khusus seperti pengeringan, pelapisan dasar, atau perekatan sambungan selubung. Bungkus bangunan adalah membran permeabel terhadap uap, meskipun permeabilitas uapnya sangat bervariasi tergantung pada jenis membran dan pabrik pembuatnya. Jenis utama bungkus bangunan adalah: (1) poliolefin spunbonded, (2) film mikropori, (3) film berlubang, dan (4) kertas dan kain felt yang diresapi aspal. Jahitan dan pengencang biasanya perlu direkatkan atau disegel dengan cara lain.
- Membran yang diaplikasikan dengan obor adalah aspal yang dimodifikasi dengan karet, dilaminasi pada substrat nonwoven. Membran dirancang untuk menyatu dengan substrat yang kering, bersih, dan telah disiapkan dengan memanaskan sisi aspal dengan obor propana. Membran yang diaplikasikan dengan obor tidak dapat ditembus uap.
- Busa poliuretana semprot (SPF) adalah membran busa dua komponen yang menggabungkan sifat insulasi termal dan penghalang cuaca. Hanya beberapa busa insulasi SPF sel tertutup yang memiliki ketahanan infiltrasi udara yang diperlukan untuk memenuhi syarat sebagai penghalang udara.

Berdasarkan permeabilitas uap, membran penghalang udara diklasifikasikan menjadi membran permeabel uap dan membran tidak permeabel uap (penghalang udara dan

penghambat uap). Bungkus bangunan dan beberapa membran yang diaplikasikan dengan cairan bersifat permeabel uap meskipun permeabilitas sangat bervariasi di antara berbagai jenis. Semua membran penghalang udara lainnya yang dijelaskan sebelumnya bersifat tidak permeabel uap.

Permeabilitas uap penghalang udara harus dipertimbangkan dengan cermat saat memilih penghalang udara untuk penutup bangunan.

- ❖ Membran penghalang udara permeabel uap dapat ditempatkan di mana saja di rakitan dinding, berdasarkan kemudahan perincian. Membran sering dipasang di sisi luar selubung eksterior. Selain itu, tidak ada batasan iklim untuk penghalang udara permeabel uap. Penghalang udara dapat dan harus digunakan di semua iklim.
- ❖ Membran penghalang udara yang tidak tembus uap umumnya harus ditempatkan di sisi hangat dari rakitan dinding untuk menghindari akumulasi kelembapan. "Sisi hangat dari rakitan dinding" bersifat khusus untuk iklim tertentu. Di Amerika Serikat, dengan iklim yang sangat bervariasi, penghalang udara dapat berada di sisi dinding yang berbeda selama musim yang berbeda. Akibatnya, penghalang udara dapat berakhir di sisi dingin penutup selama sebagian tahun, yang menyebabkan akumulasi kelembapan.

Singkatnya, pertimbangkan pertimbangan yang tercantum dalam Tabel 2.367 saat memilih membran penghalang udara.

Tabel 2.367 Pertimbangan penghalang udara

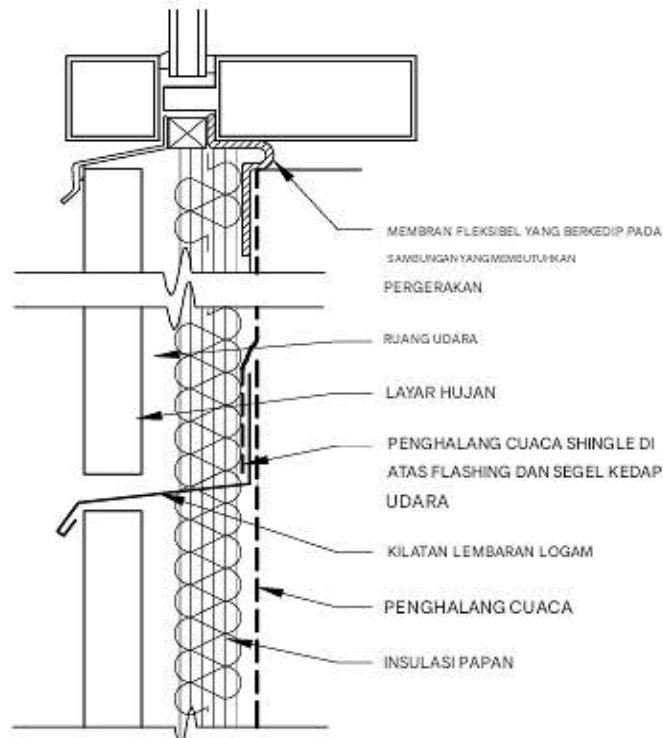
JENIS PENGHALANG UDARA	LOKASI DI DALAM LINGKUNGAN BANGUNAN	PERTIMBANGAN DAN KETERBATASAN IKLIM
Permeabel terhadap uap	Dimanapun	Tidak ada batasan iklim; gunakan di semua iklim
Vapor-nonpermeable (air barrier and vapor retarder)	Sisi hangat	Pertimbangkan iklim untuk menghindari kondensasi dan akumulasi kelembapan

Jika menjadi bagian dari rakitan dinding drainase atau dinding bertekanan seimbang, penghalang udara juga harus tahan terhadap aliran air. Penghalang udara sangat penting untuk berfungsinya rakitan dinding bertekanan seimbang. Lihat Gambar 2.368 untuk integrasi flashing ke dalam jenis dinding ini.

Penerapan flashing terbagi menjadi dua kategori: flashing tembus dinding dan flashing membran fleksibel.

- Flashing tembus dinding biasanya harus menjembatani ruang udara terbuka dan, oleh karena itu, biasanya terbuat dari lembaran logam. Baja tahan karat, aluminium, baja galvanis, dan tembaga adalah yang paling umum.
- Flashing membran fleksibel digunakan untuk menjembatani celah, sekaligus memungkinkan pergerakan, dan sebagai transisi ke material, rakitan, dan sistem lain. Flashing fleksibel dapat berupa membran kupas-dan-tempel yang dapat direkatkan sendiri, tetapi penggunaannya terbatas pada aplikasi yang tidak memerlukan

penjembatani celah yang lebih besar dari 1/2 in. Untuk celah yang lebih besar, dan jika pergerakan yang lebih besar diantisipasi, lembaran neoprena atau lembaran silikon yang diawetkan dengan ekstrusi adalah umum. Perhatikan bahwa lembaran flashing membran harus kompatibel dengan semua bahan yang berdekatan yang bersentuhan dengannya.



Gambar 2.368 Layar hujan berkedip

Penghambat Uap Migrasi Uap Air

Air hadir sebagai uap di udara dalam dan luar ruangan dan sebagai uap air yang terserap dalam banyak bahan bangunan. Dalam kisaran suhu yang ditemukan di dalam bangunan, air dapat berada dalam keadaan cair, uap, atau padat. Masalah yang berhubungan dengan kelembapan dapat timbul dari perubahan kadar air, dari keberadaan uap air yang berlebihan, atau dari efek perubahan keadaan (seperti pembekuan di dalam dinding, atau kerusakan bahan karena pembusukan atau korosi).

Dalam desain dan konstruksi selubung termal bangunan (penutup suhu dan kelembapan yang diinginkan), perilaku kelembapan harus dipertimbangkan, khususnya perubahan wujud dari uap menjadi cair (kondensasi). Masalah muncul saat kelembapan bersentuhan dengan permukaan yang relatif dingin (suhu di bawah titik embun), seperti jendela, atau di dalam dinding luar atau di bawah atap/langit-langit. Kondensasi berlebihan di dalam dinding dalam yang menutupi ruang dingin harus dipertimbangkan.

Meskipun uap bergerak karena perbedaan tekanan uap, penting untuk menyadari bahwa kelembapan yang bergerak di udara akan memindahkan air dalam jumlah yang jauh lebih besar. Akibatnya, penyebab pergerakan udara harus dipertimbangkan, khususnya

infiltrasi/eksfiltrasi pada tingkat kebocoran yang tidak diinginkan di jendela, pintu, dan penetrasi lain melalui selubung termal bangunan.

Masalah kelembapan umumnya terjadi pada musim saat suhu luar dan tekanan uap rendah dan terdapat banyak sumber uap dalam ruangan. Sumber-sumber ini dapat disebabkan oleh penghuni, seperti memasak, mencuci, mandi, bernapas, dan berkeringat, atau disebabkan oleh mesin, termasuk mesin cuci dan pengering otomatis, mesin pencuci piring, dan pelembap udara. Semua sumber ini berpadu untuk menyebabkan tekanan uap di dalam ruangan menjadi jauh lebih tinggi daripada di luar ruangan, sehingga uap cenderung bermigrasi keluar melalui selubung bangunan. Uap tidak dapat menembus jendela kaca atau pintu logam, tetapi banyak bahan bangunan lainnya yang permeabel sampai batas tertentu. Dinding sangat rentan terhadap fenomena ini dan migrasi tersebut harus dicegah, atau setidaknya diminimalkan, dengan penggunaan membran permeabilitas rendah, yang disebut penghambat uap.

Penghambat uap adalah bahan yang memiliki peringkat aliran satu perm atau kurang (1 perm = 1 butir/jam perbedaan tekanan uap ft–in. Hg). Penghalang uap, jika dipasang bersama dengan sambungan dan penetrasi yang dirawat dengan benar, membentuk rakitan penghambat uap, meskipun tidak menghentikan semua transmisi uap. Rakitan penghambat uap harus dipasang sedekat mungkin dengan sisi dinding tempat masuknya uap air. Oleh karena itu, penting untuk menetapkan sisi masuknya uap air di dinding ruangan terkendali di dalam bangunan. Perhatikan juga bahwa manfaat penghambat uap yang baik akan hilang tanpa penghalang cuaca yang memadai.

Uap air dalam bahan bangunan biasanya meningkatkan konduktansi termalnya secara signifikan dan tidak terduga. Bahan berpori yang menjadi jenuh dengan uap air kehilangan sebagian besar kemampuan isolasinya dan mungkin tidak mendapatkannya kembali saat mengering. Debu, yang biasanya mengendap di ruang udara, dapat menempel secara permanen pada permukaan yang awalnya memantulkannya. Migrasi uap air melalui penguapan, aliran uap, dan kondensasi dapat mengangkut sejumlah besar panas laten, terutama melalui bahan isolasi berserat.

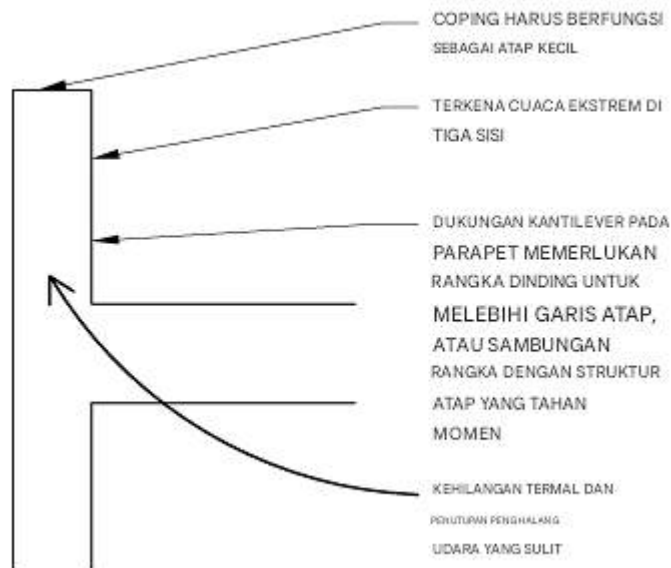
Langkah-langkah positif harus diambil untuk mencegah migrasi kelembapan dalam bentuk uap, dan akumulasi dalam bentuk air atau es di dalam komponen bangunan. Penghambat uap, yang ditempatkan dengan benar di dekat sumber kelembapan, merupakan cara yang efektif untuk mencegah migrasi tersebut. Pembuangan udara yang mengandung kelembapan dari kamar mandi, ruang cuci, dan dapur akan mengurangi tekanan uap dalam ruangan, seperti halnya masuknya udara luar dengan kadar kelembapan rendah.

Parapets, Coping, dan Gravel Stops

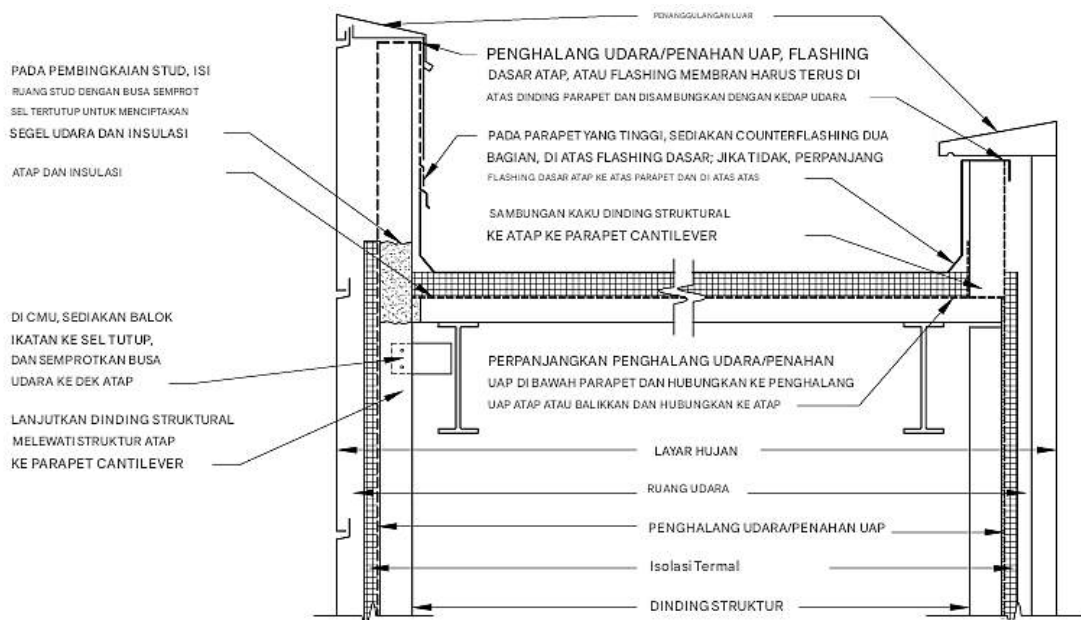
Parapet, coping, dan gravel stop adalah area yang bermasalah. Rakitan atap dan dinding bertemu di area yang juga mengalami sejumlah besar pergerakan termal dan struktural. Perincian untuk kinerja jangka panjang harus dipertimbangkan dengan cermat untuk mengatasi setiap masalah.

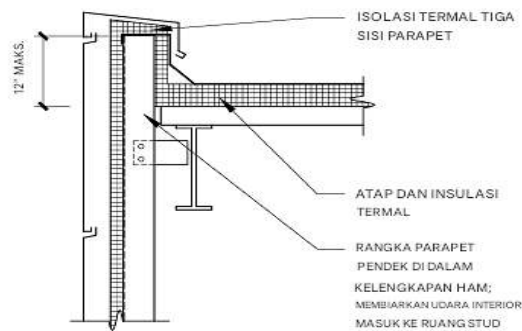
Parapets

Parapet mengalami banyak masalah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.420. Namun, tembok pembatas memberikan keamanan bagi personel pemeliharaan atap, memungkinkan struktur atap miring tanpa memperlihatkan kemiringan pada elevasi, dan memungkinkan perincian antarmuka dengan sistem atap yang paling dapat diandalkan. Penghalang cuaca rakitan dinding harus terhubung ke rakitan atap.



Gambar 2.369 Masalah parapet

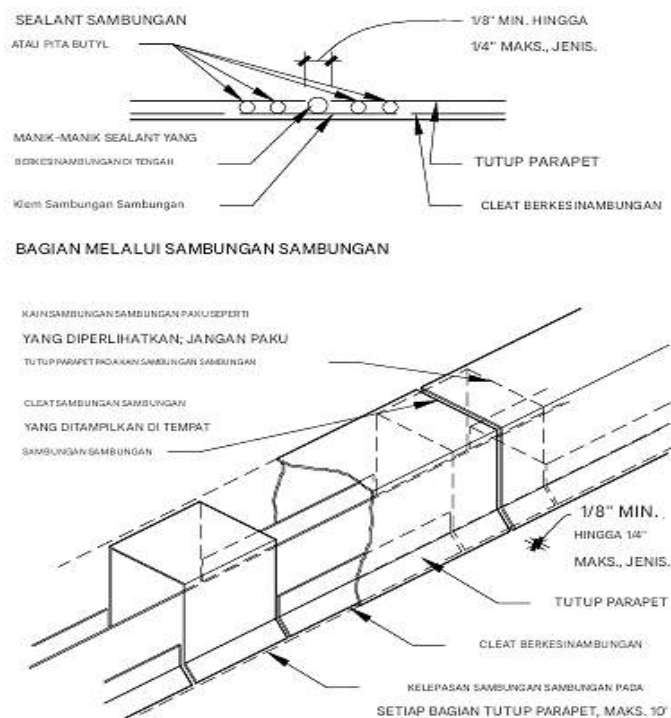




Gambar 2.370 Parapet generik

Sistem struktur dinding (biasanya CMU atau rangka stud) harus menjorok melewati atap untuk menyangga tembok pembatas terhadap beban angin kencang. Dua opsi umum meliputi membiarkan struktur dinding berlanjut dari tingkat yang lebih rendah melewati rangka atap (rangka balon), atau, menjorok dari rangka atap dengan sambungan penahan momen yang kaku. Bila tembok pembatas tinggi diperlukan dalam konstruksi kayu atau CFS, sebaiknya gunakan metode rangka balon.

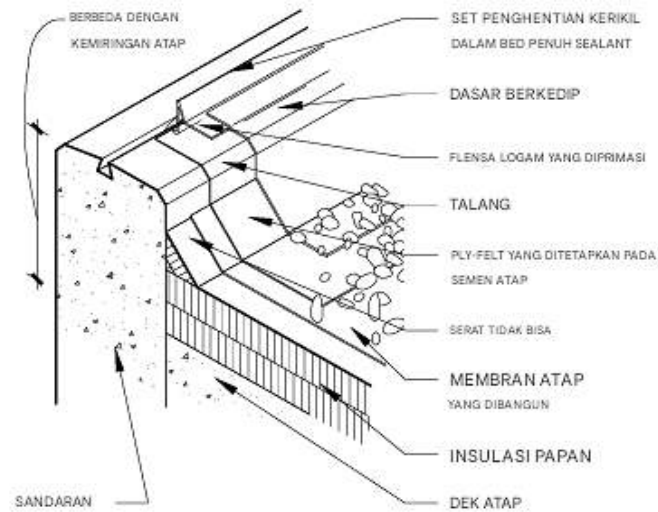
Membran detail dan busa semprot sel tertutup untuk mengendalikan kebocoran udara dan jembatan termal melalui tembok pembatas. Pastikan bahwa anggota baja yang menembus tembok pembatas tidak akan mencapai titik embun di lingkungan interior. Struktur untuk tembok pembatas yang sangat pendek dapat disertakan dalam penutup HAM, tetapi karena sirkulasi udara terbatas, anggota rangka lebih dari 12 inci di atas atap di iklim dingin akan jatuh di bawah titik embun karena paparan ke bagian luar di tiga sisi.



Gambar 2.371 Sambungan tutup parapet

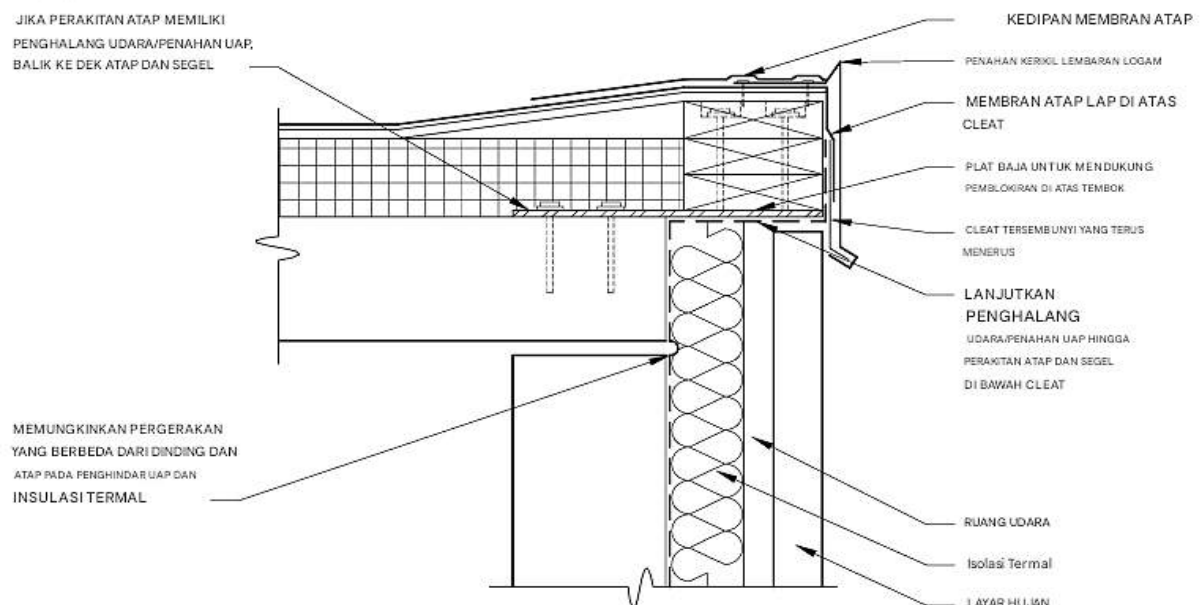
Penutup

Penutup adalah area atap yang kecil dan, dengan demikian, sambungan pada lembaran logam atau penutup batu bata tidak cukup andal. Sediakan lapisan kedap air untuk penghalang udara/uap, lapisan dasar atap, atau lapisan lapisan membran.



Gambar 2.372 Detail tepi

Material penutup biasanya berupa lembaran logam, batu cor, dan batu potong. Logam dapat memiliki lapisan akhir yang melekat seperti seng, tembaga, dan baja galvanis atau aluminium; atau baja dengan lapisan akhir yang diaplikasikan yang mencakup polivinilidena fluorida (Kynar) yang dianodisasi, diwarnai, enamel panggung, pelapis bubuk, dan banyak lagi. Pelapis PVDF telah menjadi sangat umum karena berbagai macam warna dan lapisan akhir metalik, daya tahan yang ekstrem, dan konsistensi warna.



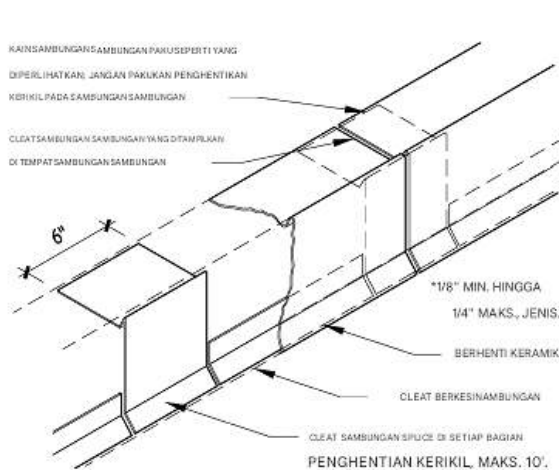
Gambar 2.373 Penahan kerikil

Pelapis logam lembaran dapat dibentuk di bengkel lokal atau menjadi sistem standar yang diproduksi. Pelapis yang diproduksi memberikan tampilan yang lebih baik dan kinerja angin yang direkayasa, sedangkan pelapis yang dibuat di bengkel lebih mudah diperoleh untuk pekerjaan kecil atau untuk disesuaikan.

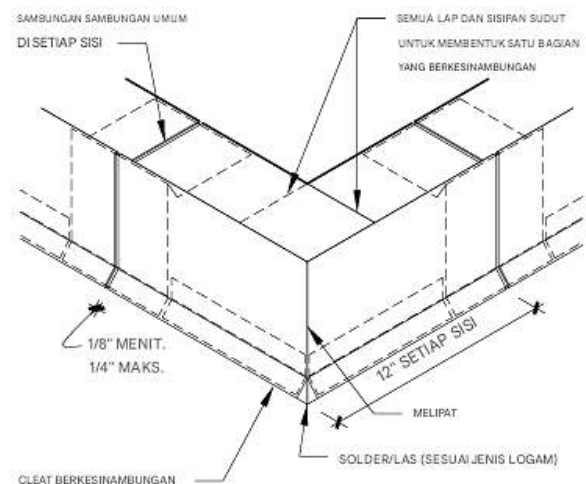
Penahan Kerikil

Pelapis kerikil mengakhiri tepi atap dan menutupi bagian atas dinding. Pada dinding pelindung hujan, pelapis kerikil menutupi bagian atas ruang udara dan menyediakan ventilasi. Membran penghalang udara/penghambat uap harus disegel ke rakitan atap di bawah pelapis kerikil.

Pelapis kerikil tersedia dalam bentuk buatan bengkel atau diproduksi dengan bahan yang sama dengan pelapis logam. Pelapis harus disegel ke dalam membran atap, tetapi kedua sistem memiliki koefisien ekspansi termal yang berbeda. Pelapis kerikil yang dibuat di bengkel dipaku dalam dua baris pada 3 in. o.c untuk membatasi pergerakan logam. Sistem yang diproduksi baik menjangkarkan sistem dengan metode yang sama atau menggunakan sistem logam pegas untuk memungkinkan pergerakan diferensial.



Gambar 2.374 Sambungan penghentian kerikil



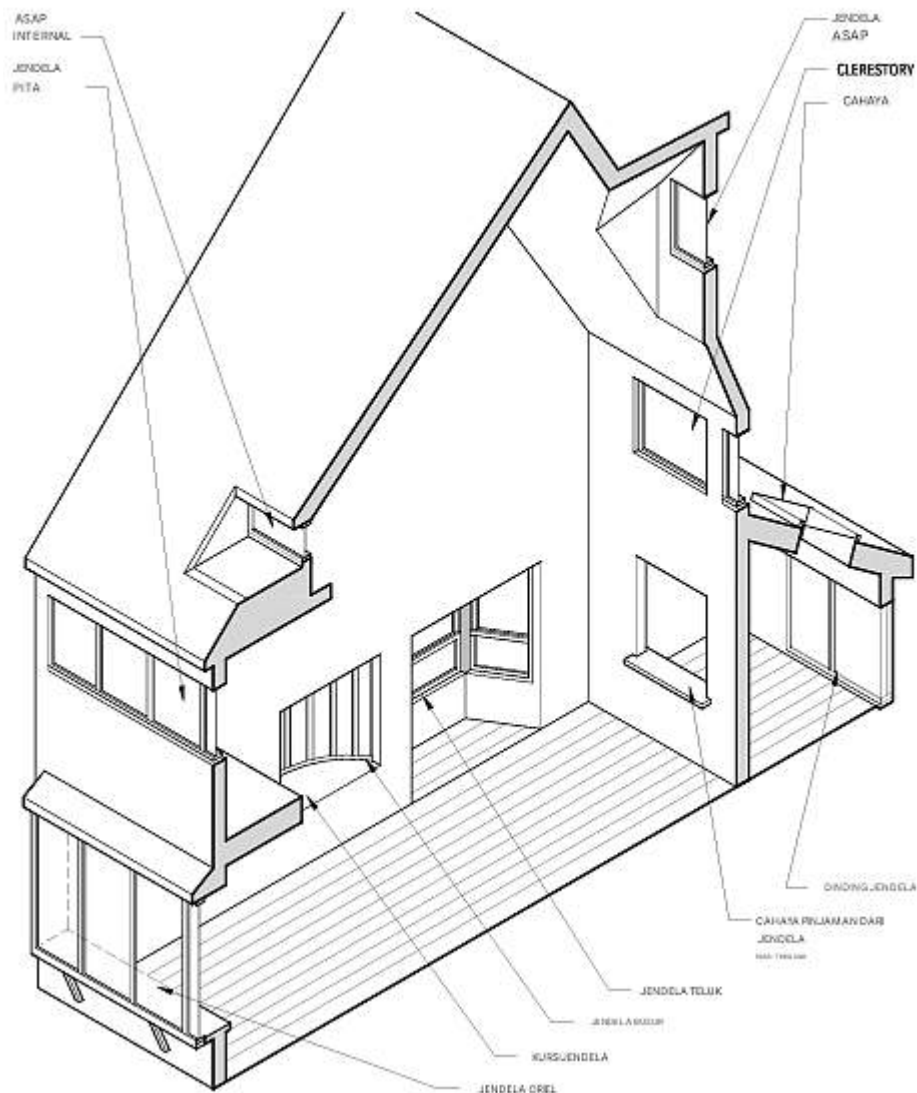
Gambar 2.375 Pabrikasi sudut luar penghentian kerikil

2.14 JENDELA EKSTERIOR

Meskipun arsitek memilih produk jendela berdasarkan banyak prioritas dan keadaan yang unik, sejumlah pertimbangan umum berlaku untuk sebagian besar situasi. Berikut adalah faktor-faktor yang memengaruhi pilihan jendela:

- ✓ Penampilan: Ukuran dan bentuk, jenis dan gaya pengoperasian, bahan rangka, warna dan kejernihan kaca
- ✓ Fungsi: Transmisi cahaya tampak (memberikan cahaya matahari), pengendalian silau, pengurangan pemudaran akibat radiasi ultraviolet, kenyamanan termal, ketahanan terhadap kondensasi, ventilasi, pengendalian suara, pemeliharaan, dan daya tahan

- ✓ Kinerja energi: Nilai-U, koefisien perolehan panas matahari (SHGC) (yang menggantikan koefisien naungan), kebocoran udara, kinerja musim pemanasan dan pendinginan tahunan, dan dampak beban puncak
- ✓ Biaya: Biaya awal unit jendela dan pemasangan, biaya pemeliharaan dan penggantian, dampak pada biaya pabrik pemanas dan pendingin, dan biaya energi pemanas dan pendingin tahunan



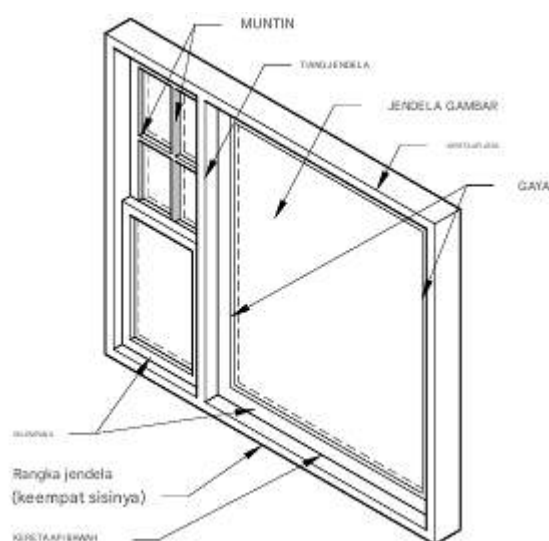
Gambar 2.376 Konfigurasi jendela

Banyak desainer dan pemilik rumah merasa sulit untuk menilai nilai dari memilih jendela yang lebih hemat energi. Meskipun beberapa sifat termal dan optik dasar (misalnya, faktor-U, koefisien perolehan panas matahari, dan tingkat kebocoran udara) dapat diidentifikasi jika jendela diberi label dengan benar, informasi ini tidak memberi tahu bagaimana sifat-sifat ini memengaruhi penggunaan energi tahunan untuk pemanasan dan pendinginan. Ini harus ditentukan dengan menggunakan sistem peringkat energi tahunan atau dengan simulasi komputer.

Dasar-Dasar Jendela

Setiap pembahasan tentang jendela eksterior harus dimulai dengan mendefinisikan istilah-istilah kunci berikut:

- Cahaya pinjaman: Bukan dinding interior atau jendela yang memungkinkan cahaya dipindahkan ke ruang lain.
- Klerestori: Bagian dinding di atas tingkat atap yang berdekatan; juga, jendela tetap atau yang dapat dioperasikan yang terletak di bagian dinding ini.
- Jendela atap: Jendela vertikal yang dipasang di atas garis atap miring di ruang kecil yang menjorok dengan dinding samping berbentuk segitiga.
- Jendela atap internal: Jendela vertikal yang dipasang di bawah garis atap miring.
- Jendela oriel: Jendela ceruk yang ditopang oleh braket, rangka penyangga, atau kantilever.
- Dinding jendela: Serangkaian jendela tetap atau yang dapat dioperasikan yang berkesinambungan, dipisahkan oleh kusen yang membentuk seluruh permukaan dinding yang tidak menahan beban.
- Jendela pita: Pita horizontal jendela tetap atau yang dapat dioperasikan yang membentang di sebagian besar fasad.
- Mullion: Anggota vertikal ramping yang memisahkan lampu, rangka jendela, atau pintu.
- Muntin: Anggota nonstruktural yang memisahkan panel di dalam rangka jendela; juga disebut palang kaca atau palang rangka.
- Rangka jendela: Unit dasar jendela, yang terdiri dari rangka, kaca, dan gasket; dapat diam atau dapat dioperasikan.



Gambar 2.377 Bagian jendela

Kinerja

Standar kinerja dapat dibagi dalam tiga kategori:

- Struktural, penyaringan udara, dan kebocoran air
- Termal dan kondensasi
- Khusus

Kinerja Struktural, Insiltrasi Udara, dan Kebocoran Air

Elemen-elemen ini distandarkan melalui ANSI/AAMA/WDMA 101/I.S. 2-97, "Spesifikasi Kinerja Sukarela untuk Jendela, Skylight, dan Pintu Kaca." Spesifikasi 101 menetapkan lima kelas untuk jendela dan pintu: R, LC, C, HC, dan AW (yaitu, perumahan, komersial ringan, komersial, komersial berat, dan arsitektur). Spesifikasi ini diperbarui pada tahun 2002 dan 2005. Secara singkat, spesifikasi tersebut mengatakan:

- ❖ Pilih kelas berdasarkan proyek. Judul kelas agak jelas, tetapi tidak membatasi. Jendela kelas AW biasanya digunakan untuk proyek-proyek tipe institusional, tetapi dapat juga digunakan pada rumah dengan kualitas sangat tinggi, misalnya.
- ❖ Kinerja ditetapkan dengan angka yang mengikuti tipe dan kelas. Misalnya, "DH-AW 40" menunjukkan jendela arsitektur gantung ganda dengan tekanan desain 40 psf.
- ❖ Angka tersebut didasarkan pada beban angin struktural yang diantisipasi yang bekerja pada jendela, sebagaimana ditentukan dari ASCE 7 dan sebagaimana diwajibkan oleh kode bangunan. Setiap tipe dan kelas memiliki tingkat kinerja minimum; tingkat opsional meningkat dalam kelipatan 5 psf.
- ❖ Penetapan ini didasarkan pada pengujian sampel untuk kinerja struktural, infiltrasi udara, dan kebocoran air menurut metode standar. Semakin tinggi kelasnya, semakin sulit pengujiannya.
- ❖ Jendela dapat dipilih dari berbagai tingkatan agar sesuai dengan tekanan lapangan dan tekanan angin yang lebih tinggi di sudut-sudut dan elevasi yang lebih tinggi, atau jendela untuk seluruh bangunan dapat didasarkan pada tekanan angin tertinggi.

Spesifikasi 101 juga memberikan standar untuk daya tahan, gaya pengoperasian, keselamatan, bahan, perangkat keras, dan kualitas keseluruhan.

Perlu dicatat bahwa peringkat didasarkan pada ukuran uji tertentu, jadi perlu untuk memverifikasi bahwa ukuran yang diuji setidaknya sama besar dengan jendela yang diperlukan untuk proyek tersebut. Perhatikan juga bahwa jendela yang diuji jarang menyertakan perimeter pan flashing, receiver, mulled assembly, atau konfigurasi nonstandar lainnya, jadi penting untuk bertanya kepada produsen bagaimana kondisi ini memengaruhi kinerja.

Kinerja Termal dan Kondensasi

Iklim eksterior tertentu dan kondisi interior yang diinginkan paling memengaruhi kinerja termal jendela. Evaluasi kondisi ini dengan saksama untuk menentukan kriteria kinerja yang dapat diterima, lalu pilih jendela yang memenuhi kriteria tersebut.

- Kinerja termal jendela dinilai menurut NFRC 100, melalui pengujian jendela yang terstandarisasi. Perhatikan bahwa kaca dapat memengaruhi kinerja termal secara drastis, jadi verifikasi kaca yang digunakan dalam pengujian dibandingkan dengan

persyaratan proyek.

- Ketahanan terhadap kondensasi ditentukan oleh uji AAMA 1503.1; semakin tinggi angkanya, semakin baik kinerjanya. Pengujian CRF (faktor ketahanan terhadap kondensasi) dilakukan pada sampel berukuran standar dan mencakup kaca, yang dapat memengaruhi hasil. Perhatikan bahwa uji CRF merata-ratakan sejumlah besar pembacaan suhu, yang berarti bahwa nilai yang dilaporkan tinggi mungkin masih mencakup area yang kinerjanya relatif buruk. Jika sama sekali tidak ada kondensasi yang dapat diterima, maka pemeriksaan yang lebih cermat terhadap data uji aktual dibandingkan dengan nilai CRF akhir direkomendasikan.
- Dengan asumsi rangka memiliki bahan yang tahan panas atau memiliki penahan panas, kaca mungkin menjadi penentu utama CRF dan kinerja termal secara keseluruhan. Lihat bagan “Potensi Kondensasi”, Gambar 2.398.
- Kinerja termal dan CRF tidak hanya memengaruhi penggunaan energi tetapi juga kenyamanan penghuni. Analisis area kaca, lokasi dan aktivitas penghuni, dan penggunaan pemanas tambahan untuk perlindungan yang memadai.

Kinerja Khusus

Prosedur uji standar tersedia untuk mengevaluasi banyak kriteria kinerja khusus, termasuk isolasi akustik, ketahanan ledakan, ketahanan masuk paksa, dan dampak keselamatan. Lihat AAMA.

Perincian

Produsen jendela hanya memberikan rincian umum untuk pemasangan. Konstruksi yang berdekatan sering ditampilkan sebagai garis tunggal yang diarsir. Oleh karena itu, perlu untuk merinci rangka jendela dalam rakitan khusus proyek.

Perakitan Dinding

Pemasangan jendela harus dijelaskan secara rinci sesuai dengan jenis perakitan dinding umum, seperti yang dijelaskan di bawah ini.

- ✪ Dinding penghalang: Tutup rapat jendela dengan penghalang. Gunakan flashing subsill untuk menghindari masuknya air ke dalam dinding. Untuk dinding penghalang besar seperti beton pracetak, flashing kepala mungkin diperlukan untuk memastikan bahwa rembesan air tidak masuk ke belakang jendela.
- ✪ Dinding bidang drainase: Sediakan segel utama jendela dengan bidang drainase kecap air, dan segel luar sejajar dengan penutup dinding. Flashing subsill harus memanjang melewati penutup dinding luar.
- ✪ Dinding rongga drainase: Sediakan segel utama jendela dengan garis perlindungan dalam kecap air dan segel luar dengan penutup dinding luar. Flashing subsill dapat dijelaskan secara rinci agar meresap ke dalam rongga drainase karena hanya air insidental yang boleh bocor di sekitar jendela.
- ✪ Dinding layar hujan bertekanan seimbang (PE): Gunakan jendela yang menggabungkan

teknologi layar hujan PE. Tutup rapat penghalang udara jendela dengan penghalang udara dinding; sama halnya dengan layar hujan. Lapisan bawah ambang jendela dapat diperinci untuk menutup penghalang udara.

Penghalang Udara dan Uap

Perinci pemasangan jendela sehingga garis penghalang udara dan/atau penghalang uap (jika diperlukan) memanjang tanpa terputus melintasi celah di sekeliling jendela. Pada jendela dengan kaca yang dipasang menggunakan kaca goyang, atau jika penghenti interior yang dapat dilepas digunakan, mungkin diperlukan heel bead untuk menjaga kontinuitas penghalang udara antara rangka dan kaca.

Pergerakan

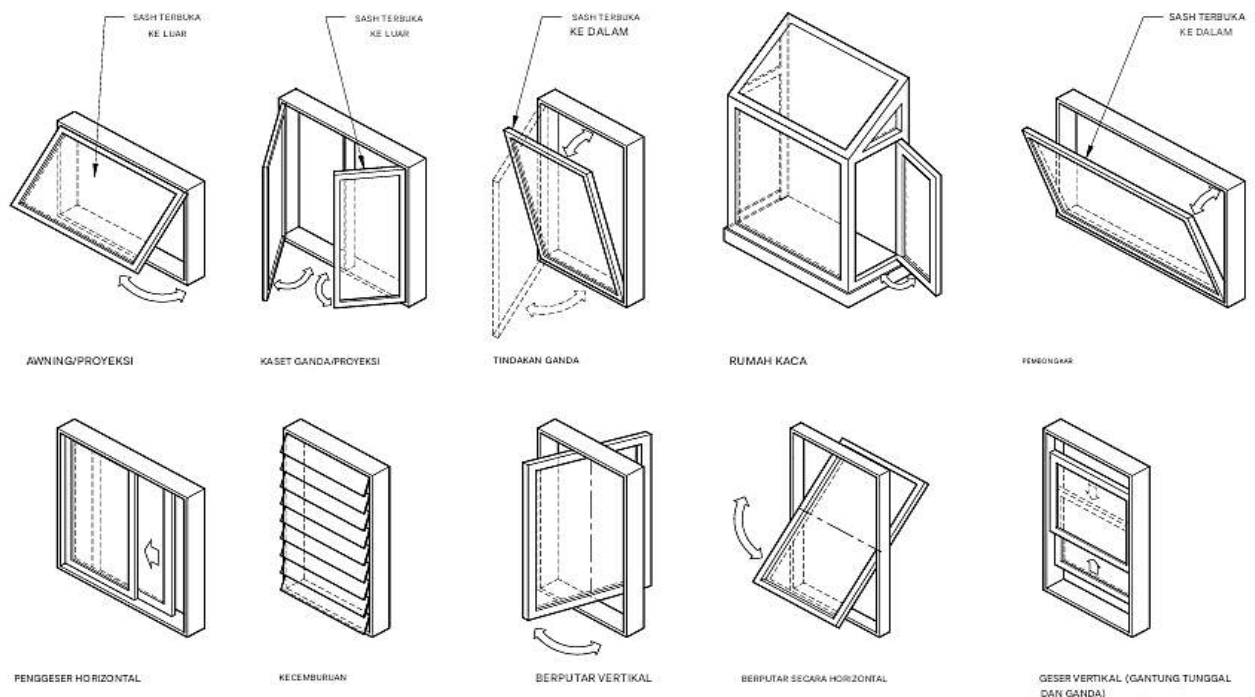
Perincian pemasangan jendela harus mengakomodasi pergerakan struktur di sekitarnya. Kepala jendela (terutama pada jendela strip) sering kali terletak pada sudut rak, dan harus mengakomodasi pergerakan biasanya dalam kisaran 1/2 in. dari atas.

Kelanjutan Termal

Perinci jendela untuk mempertahankan garis insulasi termal pada bidang yang sama seperti pada konfigurasi yang diuji dan sebagaimana dimaksudkan oleh produsen jendela. Jendela yang dipasang di atas ruang udara di dinding rongga drainase dapat terkena dingin di sisi yang tidak dilengkapi penahan panas yang memadai.

Jenis Pengoperasian Jendela

Masalah aksesibilitas untuk jendela penting bagi penghuni saat ini dan di masa mendatang. Lihat Beautiful Universal Design: A Visual Guide (John Wiley & Sons, Hoboken, NJ), oleh Cynthia Leibrock dan James Evan Terry untuk pembahasan lengkap.



Gambar 2.378 Jenis pengoperasian jendela

Tabel 2.379 Ciri-ciri jenis pengoperasian jendela

JENIS OPERASI	ARAH	LOKASI LAYAR	PEMBUKAAN MAKSIMUM (%)	PERLINDUNGAN CUACA (KETIKA DIBUKA)	KELUAR (UKURAN BUKAAN YANG JELAS MENGATUR)	KEMUDAHAN DIBERSIHKAN (EKSTERIOR DARI DALAM)	OPERASI UNIVERSAL	CATATAN
Tenda/proyeksi	Berayun keluar dari engsel atau poros di bagian atas	Pedalaman	100	Terbatas	Tidak mungkin tanpa perangkat keras khusus	Sulit	Dapat diterima	Tidak untuk digunakan di dekat trotoar.
Tingkap/proyeksi	Berayun keluar atau ke dalam dari engsel atau poros di samping	Interior atau eksterior	100	Sedikit (Menolak Angin)	Bagus	Unit tunggal sulit; jendela berpasangan lebih mudah	Dapat diterima	Saat berayun keluar, tidak cocok untuk digunakan di dekat trotoar
Aksi ganda	Berayun ke dalam dari engsel atau poros di bagian bawah (hopper untuk ventilasi, jendela untuk pembersihan)	Luar	10, biasanya; 100, saat jendela ditutup	Bagus	Bagus	Mudah	Dapat diterima	
Rumah kaca (dapat dikombinasikan dengan jenis operasi lainnya)	Mungkin berayun keluar tetapi mungkin tidak dapat dioperasikan	Tergantung pada jenis operasi jendela	50, untuk selempang berukuran sama	Bagus	Sedikit	Sulit	Sulit	Proyek unit dari bangunan; terutama penggunaan perumahan
Hopper/ diproyeksikan	Berayun ke dalam dengan engsel atau poros di bagian bawah	Luar	100	Bagus, dengan ventilasi samping	Bukan tanpa perangkat keras khusus	Mudah	Dapat diterima	
Geser horizontal	Meluncur ke samping dengan panduan di bagian atas dan bawah	Luar	Bagus	Sedikit	Bagus	Sulit (mudah dengan fitur tilt-in)	Dapat diterima	Unit horizontal atau persegi beroperasi lebih mudah dibandingkan unit tinggi
Jalusi	Berayun keluar dari poros di samping	Pedalaman	100	Terbatas (jendela badai interior tersedia)	Sedikit	Membosankan	Dapat diterima	Kaca bening/buram memberikan perlindungan matahari tambahan; kebocoran udara tinggi
Berputar/dapat dibalik (berputar horizontal dan vertikal)	Berayun di sekitar sumbu vertikal atau horizontal	Layar langka, tapi berbentuk khusus	100	Sedikit (Menolak Angin)	Buruk (ukuran batasan pembukaan yang jelas)	Mudah	Sulit	
Geser vertikal (gantungan tunggal dan ganda)	Meluncur ke atas dan ke bawah sepanjang panduan di samping	Luar	50, untuk selempang berukuran sama	Buruk (tapi bagus dengan kusen rumah sakit)	Bagus	Sulit (mudah dengan fitur tilt-in)	Sulit	

Produk Kaca

Kaca adalah zat keras, rapuh, dan amorf yang dibuat dengan melelehkan silika (kadang-kadang dikombinasikan dengan oksida boron atau fosfor) dengan oksida basa tertentu (terutama natrium, kalium, kalsium, magnesium, dan timbal) untuk menghasilkan kaca datar yang dianil melalui proses pendinginan yang terkendali. Sebagian besar kaca melunak pada

suhu 932°F hingga 2012°F (500°C hingga 1100°C). Kerapuhan kaca sedemikian rupa sehingga goresan permukaan yang sangat kecil dalam proses pembuatannya sangat mengurangi kekuatannya.

Standar Mutu Industri

Sejumlah standar mutu industri berlaku untuk produk kaca:

- Manual Kaca Asosiasi Kaca Amerika Utara (GANA)
- ASTM C 1036: “Spesifikasi untuk Kaca Lembaran”
- ASTM C 1048: “Spesifikasi untuk Kaca Lembaran yang Diperlakukan dengan Panas—Jenis HS, Jenis FT yang Dilapisi dan Tidak Dilapisi”
- Standar UL 752: Peralatan Antipeluru
- Standar UL 752: Material Kaca Antipeluru
- Publikasi Dinding Tirai dan Storefront AAMA: Kaca dan Kaca
- ASTM E 1300: “Praktik untuk Menentukan Ketahanan Beban Kaca pada Bangunan”
- Standar CPSC 16CFR 1201: Standar Keamanan untuk Material Kaca Arsitektur
- ANSI Z97.1: Material Kaca Keamanan yang Digunakan pada Bangunan—Keamanan Spesifikasi Kinerja dan Metode Pengujian
- ASTM C 1172: “Spesifikasi untuk Kaca Datar Arsitektur Laminasi”

Informasi lebih lanjut juga dapat ditemukan dalam dua buku ini: *Glass in Building* karya David Button dan Brian Pye (Pilkington, dengan Butterworth Architecture, 1993) dan *Glass in Architecture* karya Michael Wigginton (Phaidon Press Ltd., 1996). Pastikan juga untuk berkonsultasi dengan produsen kaca untuk mendapatkan informasi terkini karena proses, kualitas, lapisan akhir, warna, ukuran, ketebalan, dan batasan terus direvisi. Informasi yang disajikan di sini merupakan satu atau beberapa panduan produsen.

Jenis Dasar Kaca Bening

Berikut ini adalah jenis dasar kaca bening:

- Kaca lembaran: Kaca lembaran diproduksi melalui proses penarikan datar horizontal atau vertikal, lalu dianil secara perlahan untuk menghasilkan permukaan datar alami yang mengilap. Kaca ini umumnya digunakan dalam aplikasi perumahan dan industri. Karena tidak dipoles secara mekanis, gelombang permukaan yang melekat terlihat pada ukuran yang lebih besar dari 4 ft persegi. Untuk distorsi minimum, ukuran yang lebih besar dipasang dengan gelombang yang berjalan secara horizontal. Lebar dicantumkan terlebih dahulu saat menentukan. Untuk aplikasi arsitektur, kaca lembaran memiliki kekuatan tunggal (ketebalan 0,101 inci) atau kekuatan ganda (ketebalan 0,134 inci). Sangat sedikit kaca yang diproduksi di Amerika Serikat melalui proses ini; hampir semua kaca lembaran diproduksi melalui proses apung.
- Kaca apung: Secara umum diterima sebagai penerus kaca pelat yang dipoles, kaca apung telah menjadi standar kualitas industri kaca. Kaca ini diproduksi dengan cara mengapungkan kaca cair pada permukaan timah cair, kemudian memanaskannya secara perlahan untuk menghasilkan kaca datar yang transparan, sehingga menghilangkan penggilangan dan pemolesan. Proses ini menghasilkan kaca dengan

ketebalan dan kerataan yang sangat seragam, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan sifat optik yang sangat baik, seperti jendela arsitektur, cermin, dan aplikasi khusus. Tersedia dalam ketebalan mulai dari 1/8 hingga 7/8 inci. Kaca apung dibuat sesuai persyaratan spesifikasi ASTM C 1036, dan ketebalan minimumnya untuk menahan beban angin ditetapkan menggunakan ASTM E 1300.

- Kaca pelat: Kaca datar transparan digiling dan dipoles setelah digulung untuk membuat kaca pelat. Bentuk silinder dan kerucut dapat ditekuk hingga kelengkungan yang diinginkan (dalam batas tertentu). Hanya kaca untuk aplikasi khusus yang diproduksi dengan metode ini; kaca ini tidak diproduksi untuk penggunaan luas dalam aplikasi arsitektur.

Variasi Jenis Kaca Dasar

Beberapa variasi jenis kaca dasar digunakan saat ini.

- ❖ Kaca berpola: Kaca berpola juga dikenal sebagai kaca gulung atau kaca berpola. Kaca ini dibuat dengan melewati kaca cair melalui rol yang diukir untuk menghasilkan desain. Desainnya meliputi alur, rusuk, kisi, dan pola teratur dan acak lainnya, yang memberikan sifat tembus cahaya dan tingkat ketidakjelasan. Biasanya, hanya satu sisi kaca yang dicetak dengan pola. Kaca berpola tersedia dalam ketebalan 1/8, 3/16, dan 7/32 in.
- ❖ Kaca kawat: Kaca kawat tersedia sebagai kaca poles bening atau dalam berbagai pola seperti jaring las persegi, jaring las berlian, dan kawat paralel linier. Beberapa distorsi, perubahan warna kawat, dan ketidaksejajaran merupakan hal yang melekat. Beberapa kaca setebal 1/4 in. Produk kaca kawat diakui sebagai bahan kaca pengaman bersertifikat untuk digunakan di lokasi berbahaya (misalnya, jendela, pintu, dan skylight tahan api). Untuk kode keselamatan dan kebakaran yang berlaku yang mengatur penggunaannya, lihat ANSI Z97.1. Perhatikan bahwa kaca kawat tidak lagi dikecualikan dari peraturan untuk lokasi yang memerlukan kaca pengaman (misalnya, pintu dan sidelight). Oleh karena itu, lebih baik untuk menghindari kaca kawat sepenuhnya. Pertimbangkan untuk menggunakan produk laminasi dan khusus lainnya yang tahan api dan aman. Jika kaca kawat harus digunakan, pastikan bahwa produk yang diajukan mematuhi persyaratan yang ditunjukkan untuk kaca kawat khusus yang mematuhi peraturan keselamatan. Verifikasi penerapan kaca kawat berpola untuk menghindari aplikasi yang memerlukan kaca pengaman.
- ❖ Kaca katedral: Kaca katedral juga dikenal sebagai kaca seni, kaca patri, atau kaca opalescent. Kaca ini diproduksi dalam berbagai warna, tekstur, dan pola. Kaca katedral biasanya setebal 1/8 inci, dan digunakan terutama untuk menghias jendela kaca bertimbal. Perusahaan khusus biasanya mengontrak jenis kaca ini.
- ❖ Kaca buram: Kaca buram digunakan untuk mengaburkan pandangan atau membuat desain. Seluruh permukaan pada satu atau kedua sisi kaca dapat diledakkan dengan pasir, terukir asam, atau keduanya. Ketika permukaan kaca diubah dengan salah satu metode ini, kaca akan melemah, dan mungkin sulit dibersihkan.

Kaca yang Diperkuat

Kaca dapat diperkuat baik dengan proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol, atau dengan perendaman dalam bak kimia. Kedua proses tersebut memiliki batasan ketebalan, ukuran, dan penggunaan kaca yang harus diverifikasi.

Kaca yang Diperlakukan dengan Panas

Kaca yang diperkuat dengan panas (Jenis HS) dan kaca temper (Jenis FT) diproduksi dengan memanaskan ulang kaca apung yang dianil mendekati titik pelunakannya dan kemudian mendinginkannya dengan cepat (mendinginkannya) dengan semburan udara berkecepatan tinggi. Kedua jenis tersebut memiliki kekuatan mekanis dan ketahanan yang jauh lebih tinggi terhadap tekanan termal. Sebelum diberi perlakuan panas, kaca harus dibuat sesuai ukuran dan bentuknya (termasuk lubang), karena tidak ada jenis kaca yang dapat diubah setelah perlakuan panas.

Sebagian besar produsen melakukan perlakuan panas pada kaca menggunakan proses horizontal yang dapat menyebabkan lengkungan, kekusutan, dan lengkungan pada produk akhir, yang dapat menimbulkan masalah estetika atau teknis. Proses vertikal mungkin masih tersedia yang menghasilkan tanda penjepit atau cekungan pada permukaan kaca di dekat tepi yang digantung. Pemrosesan vertikal dapat menghasilkan lengkungan dan distorsi dalam jumlah besar. Pola pendinginan perlakuan panas pada permukaan kaca dapat terlihat sebagai pola area terang dan gelap pada sudut pandang miring tertentu dan dengan cahaya terpolarisasi. Efek ini dapat lebih jelas dengan kaca yang lebih tebal dan mungkin menjadi pertimbangan estetika. Lihat ASTM C 1048 untuk toleransi yang diizinkan dan sifat-sifat lainnya.

Kaca yang diperkuat panas umumnya dua hingga tiga kali lebih kuat daripada kaca anil. Kaca tidak dapat dipotong, dibor, atau diubah setelah dibuat. Tidak seperti kaca temper, kaca ini pecah menjadi pecahan besar dan tajam seperti kaca anil yang pecah. Kaca yang diperkuat panas tidak cocok untuk aplikasi kaca pengaman.

Kaca Tempered

Kaca tempered umumnya empat hingga lima kali lebih kuat daripada kaca anil. Kaca ini pecah menjadi pecahan-pecahan kecil berbentuk kubus yang tak terhitung jumlahnya. Kaca ini tidak dapat dipotong, dibor, atau diubah setelah dibuat; ukuran presisi yang dibutuhkan dan fitur-fitur khusus (seperti takik, lubang, perlakuan tepi, dan sebagainya) harus ditentukan saat memesan. Kaca tempered dapat digunakan sebagai bahan kaca pengaman asalkan mematuhi referensi ANSI dan CPSC yang tercantum di bagian “Kaca Laminasi”, di bawah ini. Kaca tempered dapat digunakan dalam rakitan isolasi dan laminasi dan dalam proses pemasangan kawat, pola, dan pelapisan. Semua kaca apung dan kaca lembaran setebal 1/8 inci atau lebih dapat ditempa.

Kaca yang Diperlakukan Secara Kimia

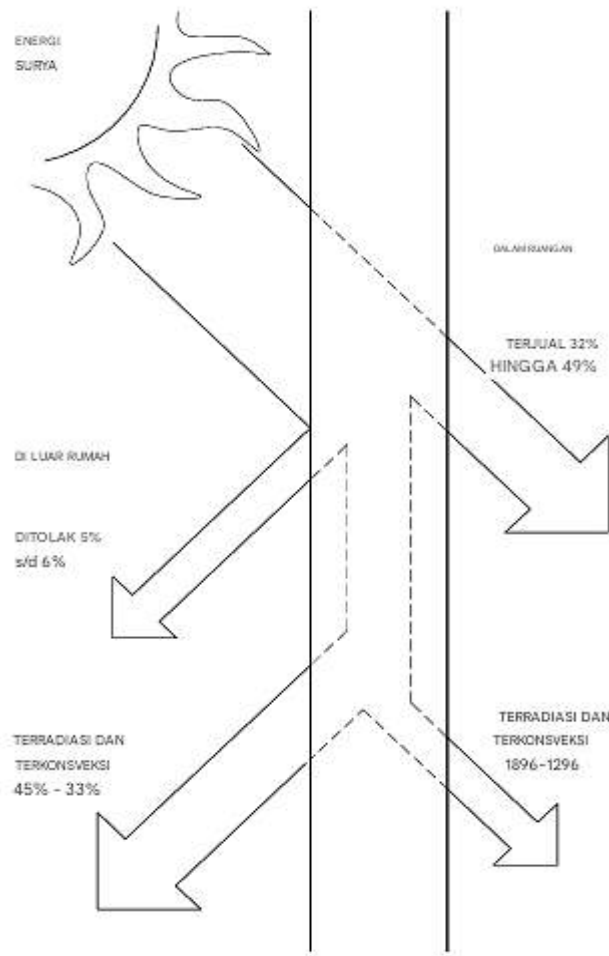
Kaca yang diolah secara kimia diproduksi dengan merendam kaca apung anil dalam bak garam kalium cair. Ion kalium yang lebih besar dalam bak bertukar tempat dengan ion natrium yang lebih kecil di permukaan kaca, menciptakan lapisan kompresi permukaan yang memperkuat kaca. Kaca yang diolah secara kimia pecah menjadi pecahan besar dan tajam yang mirip dengan kaca anil yang pecah. Kaca ini tidak memiliki distorsi visual yang dapat disebabkan oleh proses penguatan yang diolah dengan panas. Saat ini, penguatan kimia terutama terbatas pada lampu kaca dari kaca pengaman laminasi.

Kaca Ultrabening

Kejernihan tinggi dan transmisi cahaya tampak tinggi yang menjadi ciri kaca ultrabening berasal dari campuran soda kapur khusus yang digunakan untuk membuatnya, yang meminimalkan kandungan besi yang biasanya memberikan warna agak kehijauan pada kaca datar yang bening. Kaca ultrabening umumnya tersedia dalam ketebalan dari 1/8 hingga 3/4 inci. Kaca ini dapat diperkuat dengan panas, ditempa, di-sandblast, diukir, atau dirakit menjadi kaca laminasi. Kaca ultrabening digunakan untuk etalase komersial, etalase museum, jendela pajangan, kaca spandrel berlapis frit, akuarium, cermin, rak, kaca pengaman, dan penggunaan lain yang membutuhkan kejernihan dan transmisi warna yang lebih baik.

Kaca Penyerap Panas atau Kaca Berwarna

Jenis kaca apung ini dikembangkan untuk membantu mengendalikan panas matahari dan silau di area kaca yang luas. Kaca ini tersedia dalam warna biru, perunggu, abu-abu, atau hijau, dan dengan ketebalan mulai dari 1/8 hingga 1/2 inci. Kaca menyerap sebagian energi matahari karena kandungan dan ketebalan campurannya; kemudian kaca tersebut menghilangkan panas ke bagian luar dan dalam. Permukaan kaca bagian luar menolak sebagian panas, tergantung pada posisi matahari. Kaca penyerap panas memiliki suhu yang lebih tinggi daripada kaca bening saat terkena sinar matahari; dengan demikian, area tengah mengembang lebih banyak daripada tepi yang lebih dingin dan teduh, yang menyebabkan penumpukan tegangan tarik tepi. Saat mendesain jendela kaca penyerap panas atau kaca berwarna, pertimbangkan hal berikut:



Gambar 2.380 Kinerja kaca penyerap panas atau kaca berwarna terhadap matahari

- Untuk meminimalkan masalah naungan dan penumpukan tegangan tarik di tepi, sediakan kondisi di mana tepi kaca memanans secepat kaca yang terbuka.
- Semakin tebal kaca, semakin besar penyerapan energi matahari.
- Perangkat naungan dalam ruangan seperti tirai dan gorden memantulkan energi kembali melalui kaca, sehingga meningkatkan suhu kaca. Ruang antara perangkat naungan dalam ruangan dan kaca, termasuk kantong langit-langit, harus diberi ventilasi yang memadai. Elemen pemanas harus selalu ditempatkan di sisi dalam perangkat naungan, mengarahkan udara hangat menjauh dari kaca.
- Kaca dapat diberi perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanannya terhadap penumpukan tegangan tarik tepi.

Kaca Isolasi

Kaca terisolasi dibuat dari dua atau lebih panel kaca yang dipisahkan oleh batang pengatur jarak untuk membentuk rongga tertutup rapat di antara panel. Pengaturan ini sangat meningkatkan sifat termal dan akustik isolasi unit kaca. Unit berinsulasi yang paling umum diisi dengan udara, dan menggunakan bilah pemisah berongga yang berisi bahan penyerap untuk menyerap uap air di dalam unit. Rongga tersebut dapat diisi dengan gas inert seperti argon, dan pemisah tersebut dapat diubah menjadi jenis "tepi hangat" untuk lebih meningkatkan nilai isolasi unit tersebut. Bilah pemisah tersebut disegel ke kaca dengan sealant sambungan kontinu (biasanya, butil atau silikon) yang membentuk segel kedap udara. Sealant sambungan struktural, biasanya silikon atau poliuretan, diaplikasikan di bagian luar bilah pemisah untuk menahan panel kaca agar tetap menyatu, terutama selama pengangkutan dan penanganan.

Untuk lingkungan pesisir, dalam sistem kaca silikon struktural dan jika direkomendasikan oleh produsen, arsitek dapat membatasi kedua sealant tersebut pada jenis silikon. Dengan memvariasikan susunan panel kaca individual dalam unit insulasi, karakteristik insulasi, naungan, dan visualnya dapat ditingkatkan secara signifikan. Ketahanan kaca isolasi ditetapkan melalui ASTM E 774, "Spesifikasi Standar untuk Ketahanan Unit Kaca Terisolasi Tertutup," untuk Kelas C, CB, atau CBA. Kelas CBA adalah yang paling tahan lama dan biasanya dipilih untuk sebagian besar pekerjaan komersial dan institusional.

Kaca Pengendali Suara

Produk kaca laminasi, isolasi, isolasi laminasi, dan isolasi laminasi ganda umumnya digunakan untuk pengendalian suara. Peringkat STC dari 31 hingga 51 tersedia, tergantung pada ketebalan kaca, ukuran ruang udara, ketebalan film polivinil butiral, dan jumlah unit laminasi yang digunakan dalam produk isolasi.

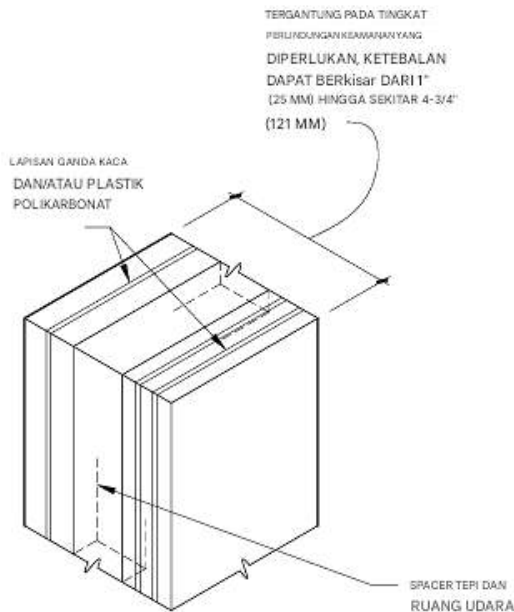
Kaca Spandrel

Kaca spandrel tersedia dalam warna atau dengan berbagai lapisan, termasuk lapisan reflektif, frit keramik (berpola dan warna solid), dan lapisan polivinilidena fluorida (PVDF) yang langsung menempel pada kaca. Kaca ini dapat diberi perlakuan panas atau dilaminasi, dan tersedia sebagai unit kaca isolasi. Isolasi dan penghambat uap dapat ditambahkan ke kaca spandrel. Konsultasikan dengan produsen kaca spandrel untuk mendapatkan panduan.

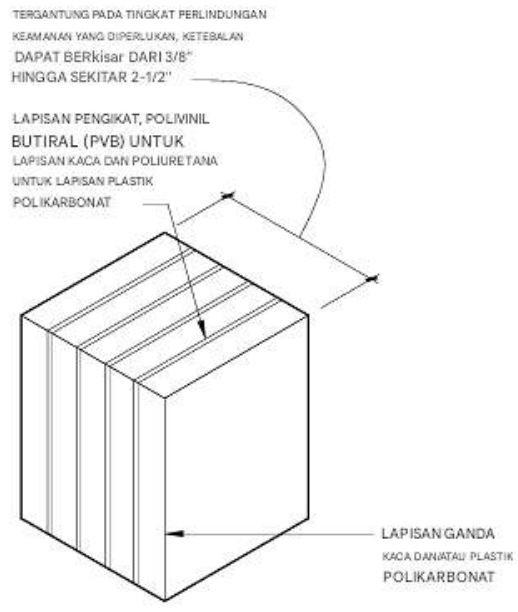
Kaca Pengaman

Kaca pengaman terdiri dari beberapa lapisan kaca dan/atau plastik polikarbonat yang dilaminasi bersama di bawah panas dan tekanan dengan film polivinil butiral (untuk kaca) atau plastik poliuretan (untuk polikarbonat). Kaca ini tersedia dalam bentuk kaca laminasi berlapis-lapis, kaca isolasi, kaca laminasi isolasi, dan kaca laminasi ganda atau kaca dengan konfigurasi jarak, umumnya dengan ketebalan mulai dari 3/8 inci hingga 2-1/2 inci sebagai produk laminasi dan hingga sekitar 4-3/4 inci untuk produk konstruksi dengan isolasi dan jarak. Kaca antipeluru harus diuji menurut UL 752, dan kaca antipencurian menurut UL 972. Konsultasikan dengan produsen untuk kaca antiledakan. Produk kaca pengaman, tergantung pada jenisnya, memiliki

batasan ukuran, dan beberapa tidak direkomendasikan untuk aplikasi eksterior. Konsultasikan dengan produsen untuk persyaratan pelapisan kaca dan batasan penggunaan.



Gambar 2.381 Profil kaca pengaman konstruksi berisolasi atau berjarak umum



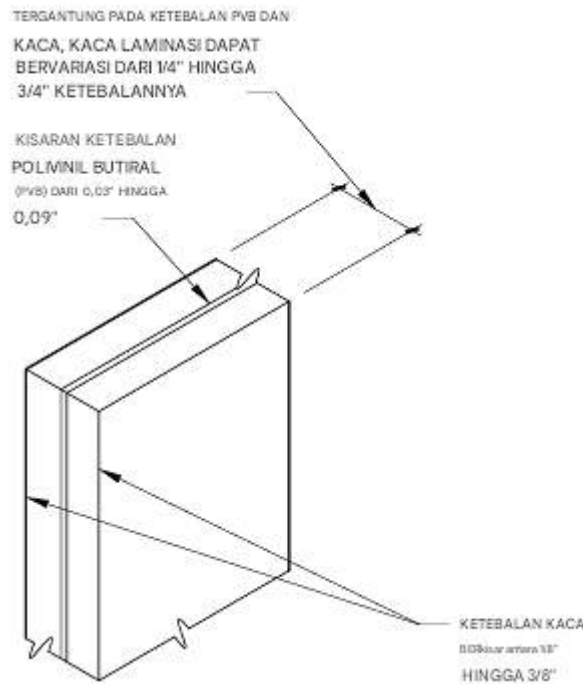
Gambar 2.382 Profil kaca pengaman multilayer umum

Kaca Berlapis

Pelapis reflektif atau emisivitas rendah dapat diaplikasikan pada permukaan kaca monolitik. Umumnya, hanya pelapis "keras" yang diaplikasikan secara pirolitik (yang memiliki ketahanan gores) yang digunakan pada permukaan kaca yang terbuka. Selama pembuatan kaca, pelapis pirolitik disemprotkan ke kaca sebelum mendingin, yang menyatukannya dengan permukaan kaca. Pelapis yang disemprotkan secara magnetis atau "lunak" juga dapat diaplikasikan pada permukaan kaca, tetapi harus dilindungi dari unsur-unsur sebagai bagian dari produk kaca isolasi atau laminasi. Kisaran jenis pelapis, tampilan estetika, dan kinerja termal yang tersedia untuk pelapis pirolitik umumnya lebih sedikit daripada pelapis yang disemprotkan.

Kaca Laminasi

Untuk menghasilkan kaca laminasi, lembaran polivinil butiral (PVB) plastik bening dan kuat (berlapis-lapis), dengan ketebalan mulai dari 0,015 hingga 0,090 inci, diapit, di bawah panas dan tekanan, di antara lembaran, pelat, kaca pelampung, kaca berkawat, kaca penyerap panas, kaca berwarna, kaca reflektif, kaca emisivitas rendah, atau kaca yang telah melalui perlakuan panas, atau kombinasi dari masing-masing. Ketika kaca laminasi pecah, partikel-partikel tersebut cenderung menempel pada lapisan plastik. Kaca laminasi diproduksi sesuai dengan persyaratan spesifikasi ASTM C 1172. Kaca pengaman laminasi harus diproduksi sesuai dengan ANSI Z97.1 dan CPSC 16CFR 1201.



Gambar 2.383 Profil kaca laminasi

Kaca Bengkok

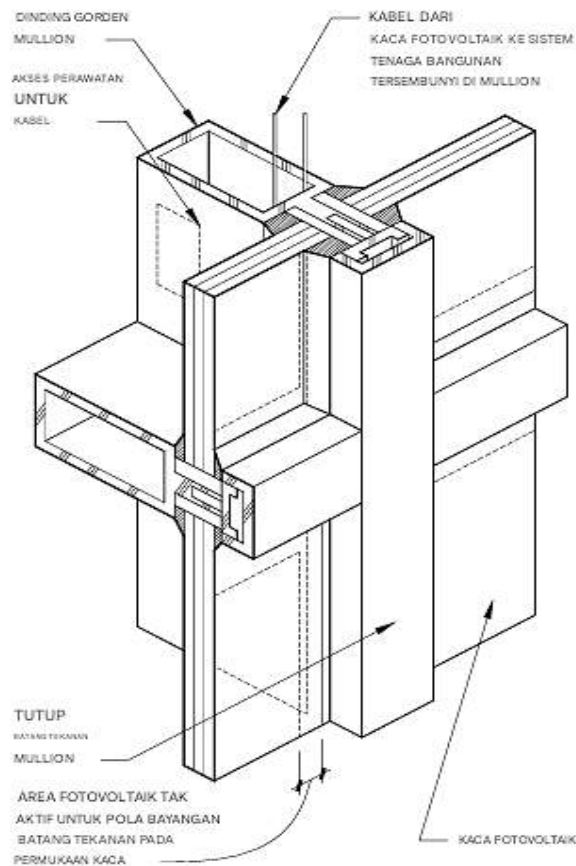
Kaca bening, berwarna, berlapis keramik frit, berlapis pirolitik, berpola, berlaminasi, dan kawat termasuk jenis kaca yang dapat dibengkokkan dengan ketebalan hingga sekitar 1 inci dan radius minimum sekitar 4 inci. Tekukan sudut tajam hingga 90°, pengerjaan tepi, pemotongan pola, dan tempering (memenuhi standar kaca pengaman), dan penguatan panas juga tersedia. Kaca bengkok dapat dibuat menjadi unit kaca isolasi. Toleransi kaca bengkok harus sesuai dengan sistem kaca. Ukuran, konfigurasi, dan ketersediaan produk bervariasi menurut pabrik pembuat.

Kaca Fotovoltaik (PV)

Ada dua jenis kaca fotovoltaik (PV): silikon kristal (diapit di antara dua lembar kaca) dan silikon amorf lapisan tipis (diaplikasikan pada permukaan kaca yang menghadap ke dalam). Bila pengaturan ini terkena sinar matahari, maka akan menghasilkan daya DC atau AC, yang ditransfer melalui kabel tersembunyi ke sistem daya bangunan. Dinding gorden dan skylight berlapis kaca silikon struktural atau batang bertekanan, tenda, pelindung sinar matahari, rak lampu, dan panel atap adalah beberapa sistem yang dapat menggunakan kaca PV. Untuk dinding gorden dan skylight, jenis batang bertekanan memungkinkan penyembunyian kabel dengan mudah.

Pola bayangan dari tutup pada permukaan kaca PV harus dipertimbangkan dalam desain sistem. Sistem berlapis kaca tidak memiliki pola bayangan, tetapi penyembunyian kabel lebih sulit, dan modul PV pada kaca harus dijaga agar tidak bereaksi dengan sealant silikon struktural. Kedua jenis kaca PV digunakan untuk panel spandrel dinding gorden buram dan dapat digunakan untuk dinding gorden atau kaca penglihatan skylight jika kualitas cahaya siang

dan visibilitas dapat diterima. Konsultasikan dengan produsen kaca PV dan sistem rangka logam untuk menentukan ketersediaan, kesesuaian, dan biaya untuk aplikasi tertentu.



Gambar 2.384 Kaca fotovoltaik (pada sistem pembingkaihan batang tekanan)

Kaca Layar Sutra Dekoratif (atau Frit)

Kaca bening atau berwarna yang dianil dicuci dan cat frit keramik (dalam warna standar atau khusus) disablon pada permukaannya dalam pola atau desain standar atau khusus (seperti titik, lubang, garis, atau logo) lalu dikeringkan dalam oven. Kaca berlapis frit kemudian mengalami suhu yang sangat tinggi dalam tungku tempering untuk membakar frit keramik secara permanen ke permukaan kaca. Hasilnya, kaca sablon sutra akan diperkuat dengan panas atau ditempa setelah pembakaran. Pelapis reflektif dan emisivitas rendah juga dapat diaplikasikan pada permukaan kaca. Kaca sablon sutra dapat digunakan secara monolitik atau untuk produk kaca isolasi atau laminasi.

Kaca Patri Timbal

Kaca patri dekoratif ditandai dengan potongan-potongan kaca yang disambung dengan comes (strip berbentuk H) dengan berbagai lebar. Memvariasikan lebar akan menambah efek dekoratif jendela. Sambungan disolder pada kedua sisi panel. Untuk mencegah kebocoran, bahan kedap air mastik disisipkan di antara kaca dan flens cam. Metode lain untuk menyambung potongan-potongan kaca adalah dengan mengikat tepi kaca dengan pita foil

tembaga, memolesnya ke kaca, lalu menyoldernya dengan manik solder yang terus menerus di kedua sisi.

Batang penyangga diikat ke bingkai jendela secara berkala untuk memperkuat dan menyangga kaca patri. Batang bundar yang diikat ke kaca patri dengan kawat tembaga yang dipilin adalah yang paling fleksibel dan kuat, yang memungkinkan pergerakan termal dalam jumlah besar. Jika sistem ini tidak sesuai, batang datar baja galvanis dapat disolder ke permukaan kaca patri. Bila kaca memerlukan pengecatan, pewarnaan, atau tekstur yang mendetail, hal itu harus dilakukan dengan pigmen mineral khusus dan dibakar pada suhu 1000°F hingga 1200°F atau lebih tinggi untuk memastikan ketahanan yang mutlak.

Kaca Pelindung Luar

Kaca dekoratif yang dibuat dengan benar tidak selalu memerlukan pelapisan tambahan untuk membuatnya kedap air, tetapi kaca tersebut berharga untuk tujuan isolasi dan memberikan perlindungan dari kerusakan eksternal. Rangka harus dirancang dengan ruang berventilasi 3/4 inci di antara kaca, dan harus diatur agar kaca pelindung dapat dipasang dari luar, dan kaca dekoratif dari dalam. Kaca bening atau kaca bertekstur setebal 3/16 hingga 1/4 inci adalah yang paling berhasil.

Pembekat Kaca

Kaca dekoratif eksterior harus ditekan ke dalam lapisan belakang yang dalam dari senyawa damar wangi atau pita pelapis kaca. Bila kaca pelindung luar digunakan, segel kedap air tidak diperlukan, dan pita busa yang dipadatkan di antara manik kaca dan kaca mungkin sudah cukup.

Batasan Ukuran

Panel kaca dekoratif tidak boleh melebihi 12 ft persegi, sehingga perlu untuk membagi bukaan yang lebih besar dengan palang pemisah logam: palang T untuk jendela kaca tunggal, dan palang saluran khusus untuk jendela dengan kaca pelindung luar.

Warna Kaca

Kaca buatan mesin dan kaca tiup dari Amerika Serikat, Inggris, Prancis, dan Jerman tersedia dalam sebagian besar warna solid, serta warna dan tekstur campuran. Keceragaman warna akan bervariasi dari kaca dari kelompok yang berbeda. Warna khusus diperoleh dengan "sumping," atau pembakaran di tungku.

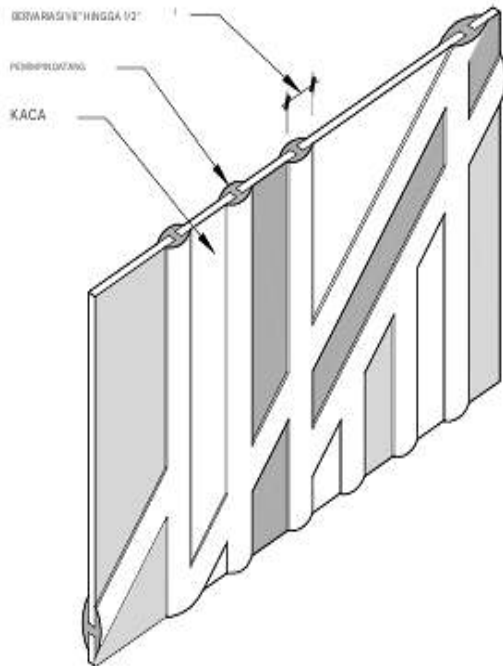
Kaca Patri Segi

Perkembangan seni kaca patri abad kedua puluh memperkenalkan penggunaan dalles kaca, berukuran 8 x 12 x 1 inci, yang dicetak dalam ratusan warna berbeda. Kaca ini dapat dipotong sesuai bentuk apa pun dan digunakan dalam kombinasi dengan matriks buram dari resin epoksi atau beton bertulang setebal 5/8 hingga 1 inci, untuk menciptakan jendela dan dinding tembus pandang yang sangat indah. Ukurannya terbatas, dan diperlukan kaca

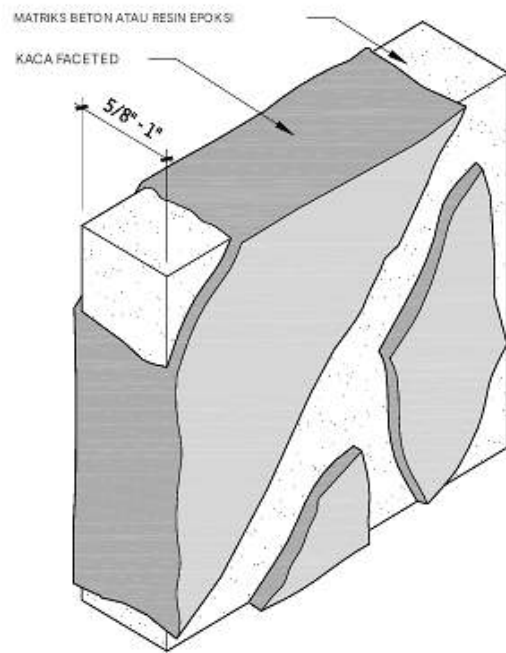
pelindung luar.

Tabel 2.385 Nilai kinerja rata-rata kaca tanpa pelapis 1/4 inci

JENIS KACA	PERSENSI TRANSMITANSI				
	Rata-Rata Siang Hari	Jumlah Surya	Ultraungu	Persen Reflektan Cahaya Siang Rata-Rata	Koefisiensi Bayangan
Sangat jernih	91	89	85	8	1.04
Jernih	89-88	78-76	71-62	9-8	0.95-0.94
Jelas dilaminasi	86-84	67-64	<1	8-7	0.86-0.83
Hijau	77-75	42-47	42-30	8-7	0.70-0.67
Biru-hijau	75-71	49-35	32-28	7	0.72-0.60
Biru	55	47	41	6	0.7
Perunggu	55-51	51-48	23-31	6	0.74-0.71
Abu-abu	46-43	49-42	25-32	5-6	0.72-0.66



Gambar 2.386 Panel kaca dekoratif



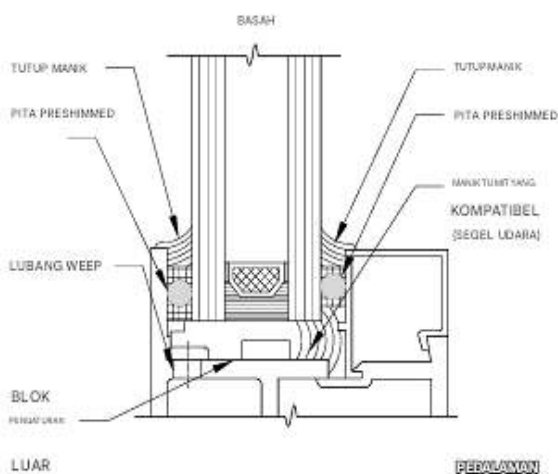
Gambar 2.387 Kaca patri berwarna

Kaca Jendela

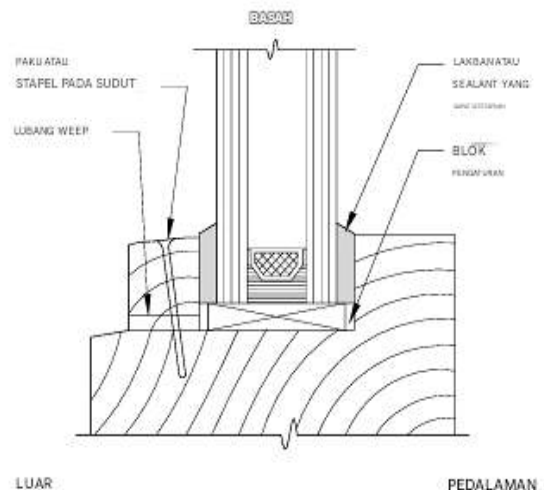
Pertimbangan penting untuk kaca jendela adalah sebagai berikut:

- ❖ Metode kaca kering umumnya lebih murah daripada metode basah.
- ❖ Butiran penutup membuat kaca kedap air dan kedap cuaca dan diperlukan untuk sistem kaca tertutup rapat. Butiran penutup juga dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja jendela yang sudah ada.
- ❖ Sistem kaca pelat bertekanan umum digunakan untuk banyak sistem dinding gorden yang dibuat di lokasi.
- ❖ Pekerjaan silikon struktural empat sisi umumnya harus dibuat di bengkel.

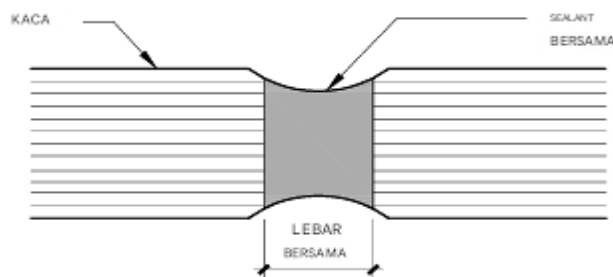
- ❖ Kaca silikon struktural dua sisi biasanya memiliki dua sisi lainnya yang dilapisi pelat bertekanan atau dilapisi basah/kering.
- ❖ Butiran tumit dapat ditambahkan di tepi bawah dan dinaikkan 6 hingga 8 inci untuk melindungi dari kebocoran air yang disebabkan oleh tekanan diferensial antara bagian dalam dan luar.
- ❖ Manik-manik tumit di seluruh perimeter mungkin diperlukan untuk menyediakan penghalang udara berkelanjutan dalam sistem dinding gorden pelindung hujan dengan tekanan yang sama.
- ❖ Skylight umumnya menggunakan metode pelapisan kaca basah, cap beads, atau pelapisan kaca silikon struktural.
- ❖ Sistem pelapisan kaca “Wiggle” atau “jiggle” menggunakan pelapisan kaca kering dengan penghenti yang dapat dilepas hanya di sepanjang satu sisi rangka atau bingkai jendela. Setelah memasang lapisan luar gasket, panel kaca digoyangkan ke dalam kantong pelapisan kaca yang berukuran besar, penghenti yang dapat dilepas dipasang, dan gasket bagian dalam dipasang.



Gambar 2.388 Pelapisan kaca basah

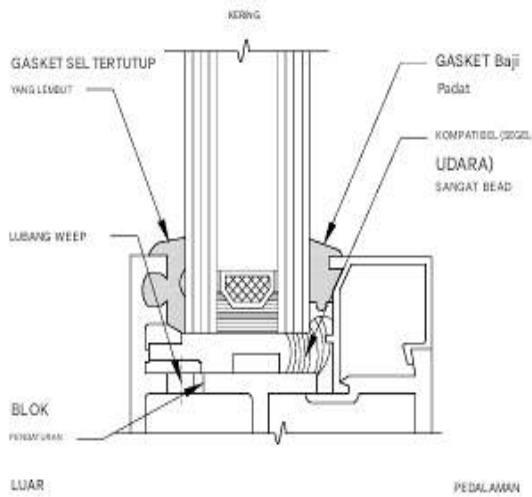


Gambar 2.389 Kaca isolasi di sash kayu

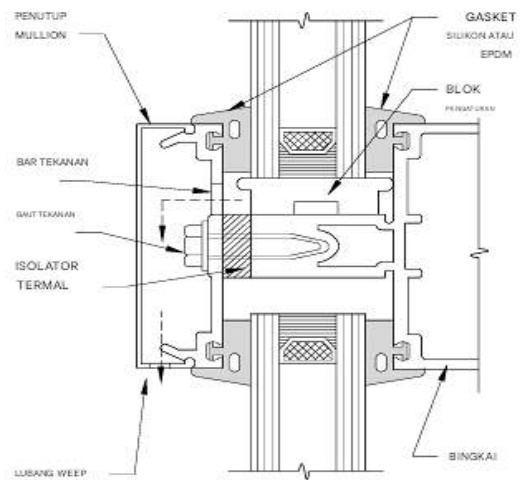


Gambar 2.390 Pengelapan sambungan punggung

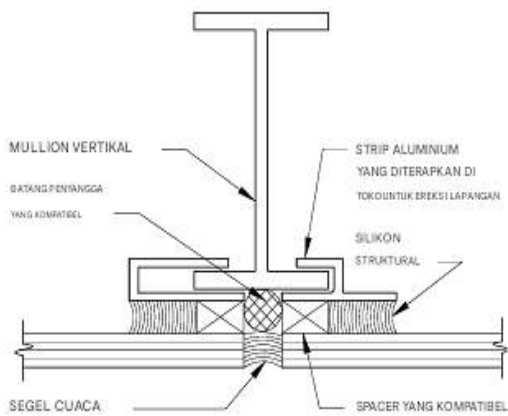
Kaca sambungan pantat pada umumnya tidak dapat diterima untuk kaca isolasi kecuali peninjauan yang saksama telah dilakukan bersama dengan produsen unit isolasi, karena defleksi yang berlebihan pada tepi yang tidak ditopang dapat menyebabkan kegagalan dini.



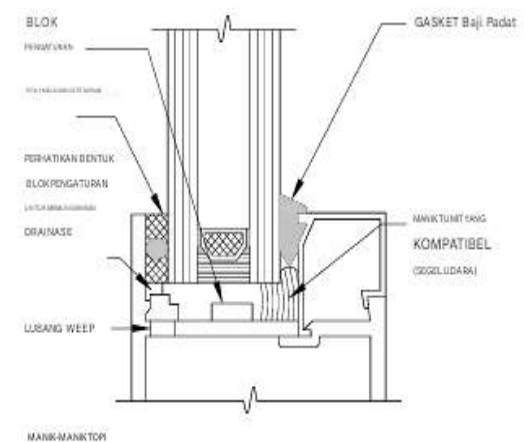
Gambar 2.391 Pengelapan kaca kering



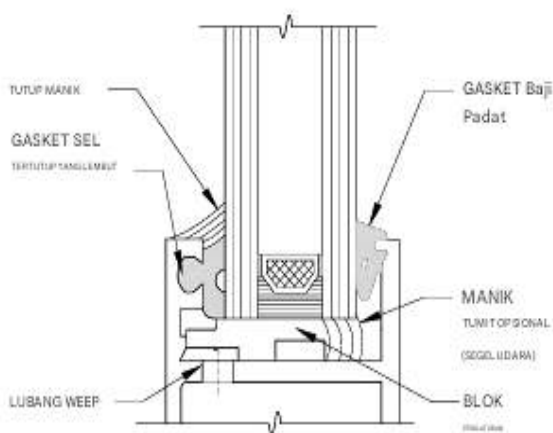
Gambar 2.392 Sistem pengelapan kaca bertekanan



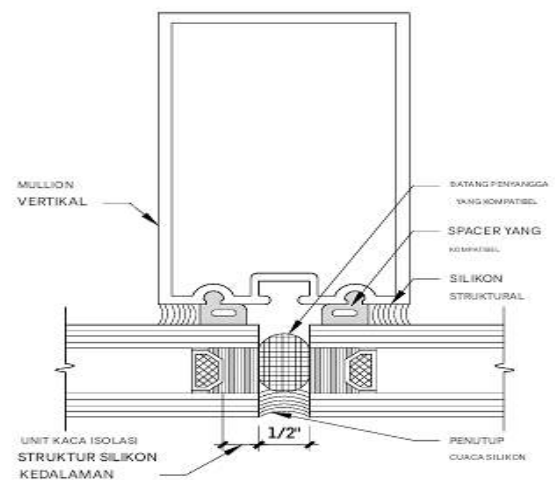
Gambar 2.393 Kaca silikon struktural



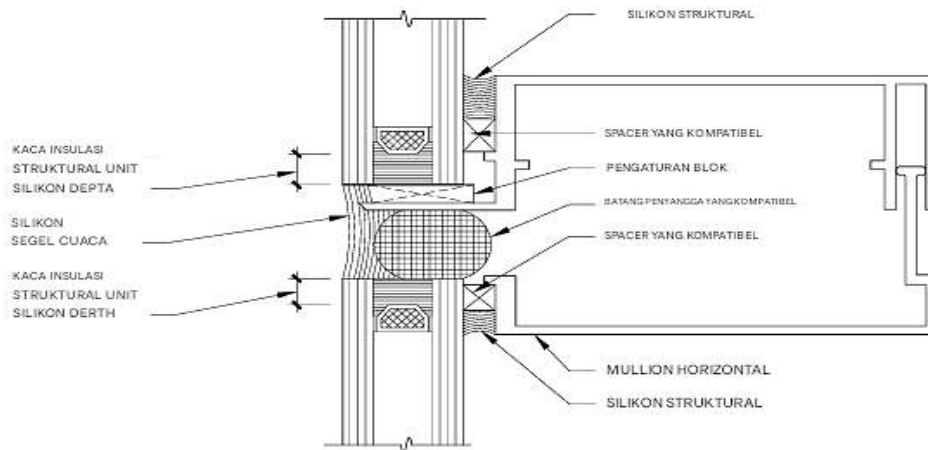
gambar 2.394 sistem kaca basah/kering



Gambar 2.395 Kaca basah/kering dengan cap bead



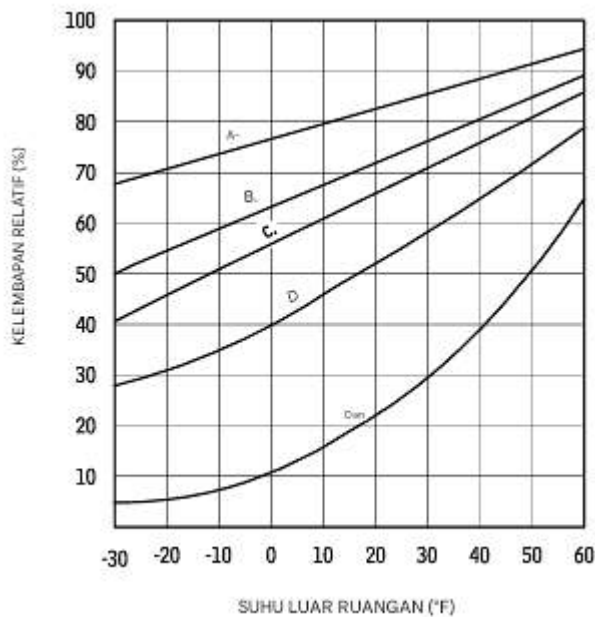
Gambar 2.396 Kaca silikon struktural—kuncang vertikal umum untuk sistem dua sisi



Gambar 2.397 Kaca silikon struktural—mullion horizontal umum untuk sistem empat sisi

Potensi Kondensasi

Gambar 2.484 menunjukkan potensi kondensasi pada kaca (di bagian tengah kaca) pada berbagai suhu luar ruangan dan kondisi kelembapan relatif dalam ruangan. Kondensasi dapat terjadi di titik mana pun pada atau di atas lengkungan. (Catatan: Semua ruang udara berukuran 1/2 inci; semua lapisan adalah E = 0,10.) Misalnya, pada suhu luar 20F, kondensasi akan terbentuk pada permukaan bagian dalam kaca ganda saat kelembapan relatif dalam ruangan 52 persen atau lebih tinggi. Kondensasi akan terbentuk pada kelembapan relatif dalam ruangan 70 persen atau lebih tinggi jika jendela berlapis ganda dengan lapisan E rendah dan pengisi argon digunakan.



- Jendela berlapis tiga dengan dua lapisan low-E dan pengisian gas argon.
- Jendela berlapis dua dengan lapisan low-E dan pengisian gas argon.
- Jendela berlapis dua dengan lapisan low-E.
- Jendela berlapis dua.
- Jendela berlapis satu.

Gambar 2.398 Kondisi yang menyebabkan kondensasi pada jendela.

Nilai Resistansi Termal Bahan Kaca

Konduktivitas termal kaca relatif tinggi ($k = 7,5$); dan untuk kaca tunggal, sebagian besar resistansi termal dikenakan pada permukaan dalam dan luar ruangan. Di dalam ruangan, sekitar dua pertiga panas mengalir melalui radiasi ke permukaan ruangan; hanya sepertiga yang mengalir melalui konveksi. Hal ini dapat dipengaruhi secara material oleh penggunaan aliran udara paksa dari unit induksi, misalnya. Koefisien perpindahan panas permukaan bagian dalam, h_i , dapat dikurangi secara substansial dengan menerapkan film metalik dengan emisivitas rendah pada kaca.

Untuk kaca dengan rongga udara, nilai U dapat dikurangi hingga tingkat yang nyata dengan penggunaan film dengan emisivitas rendah. Proses ini memberikan tingkat reflektansi yang bervariasi pada kaca, sehingga mengurangi koefisien bayangannya. Literatur produsen harus dikonsultasikan untuk detail lebih lanjut tentang subjek penting ini. Lihat juga Buku Pegangan ASHRAE.

Pencahayaan Matahari Melalui Sistem Fenestrasi

Pencairan panas melalui jendela yang disinari matahari merupakan sumber utama beban pendinginan di musim panas. Di musim dingin, ketidaknyamanan sering kali disebabkan oleh radiasi matahari yang berlebihan yang masuk melalui jendela yang menghadap ke selatan. Sebaliknya, desain surya pasif sangat bergantung pada penerimaan dan penyimpanan energi radiasi yang jatuh pada permukaan yang menghadap ke selatan dan horizontal. Penerimaan terjadi baik melalui transmisi melalui kaca maupun aliran masuk energi yang diserap. Dengan atau tanpa matahari, panas mengalir melalui kaca, baik ke dalam maupun ke luar, setiap kali ada perbedaan suhu antara udara dalam dan luar. Aliran panas ini dapat dihitung dengan cara berikut.

Pencairan panas matahari diperkirakan melalui proses dua langkah. Langkah pertama adalah menemukan, baik dari data yang ditabulasikan atau dengan perhitungan, laju masuknya panas matahari dalam kondisi yang ditentukan melalui satu kaki persegi kaca lembaran bening berkekuatan ganda (1/8 inci). Kuantitas ini, yang disebut faktor perolehan panas matahari (SHGF), ditetapkan oleh (a) lintang lokal; (b) tanggal, oleh karena itu deklinasi; (c) waktu (waktu matahari harus digunakan); (d) orientasi jendela. Nilai SHGF yang ditabulasikan diberikan dalam Buku Pegangan ASHRAE, untuk lintang dari 0° (khatulistiwa) hingga 64° LU dengan kenaikan 8° dan untuk orientasi di sekitar kompas dari LU hingga NNW, dengan kenaikan $22,5^\circ$. Nilai-nilai terpilih dari tabel 40° diberikan dalam kolom yang berdekatan.

Setiap sistem fenestrasi individual, yang terdiri dari perangkat kaca dan peneduh, memiliki kemampuan unik untuk menerima panas matahari. Properti ini dievaluasi dalam hal koefisien peneduh (SC), yang merupakan rasio jumlah panas matahari yang diterima oleh sistem yang dipertimbangkan terhadap faktor perolehan panas matahari untuk kondisi yang sama. Dalam bentuk persamaan, persamaan ini menjadi:

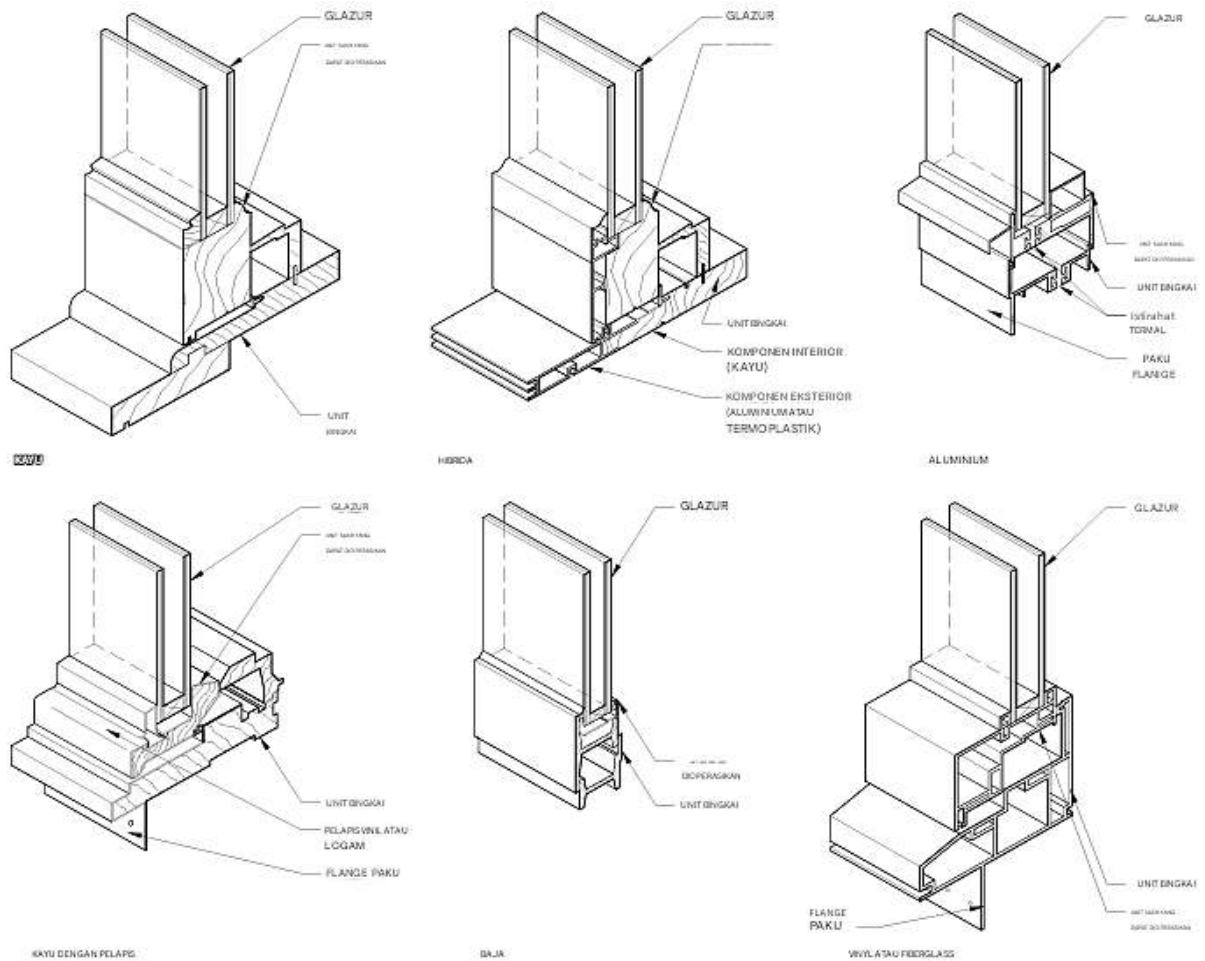
$$\text{Peningkatan panas matahari (Btu/kaki persegi} \cdot \text{jam)} = SC \times SHGF$$

Nilai koefisien naungan juga diberikan dalam Buku Pegangan ASHRAE untuk bahan kaca yang paling banyak digunakan sendiri dan dalam kombinasi dengan perangkat naungan internal dan eksternal.

Tabel 2.399 Nilai resistansi termal kaca

BAHAN DAN DESKRIPSI	KOEFISIEN TRANSMISI PANAS KESELURUHAN (U)	MUSIM	RESISTANSI (R)
PANEL VERTIKAL-EKSTERIOR			
Kaca Datar:			
Gelas tunggal	1.1	Musim Dingin	0.91
	1.04	Musim Panas	0.96
Kaca isolasi: dua lampu kaca, ruang udara 3/16"	0.62	Musim Dingin	1.61
	0.65	Musim Panas	1.54
Ruang udara 1/4"	0.58	Musim Dingin	1.72
	0.61	Musim Panas	1.64
Ruang udara 1/2"	0.49	Musim Dingin	2.04
	0.56	Musim Panas	1.79
Kaca isolasi: tiga lampu kaca, ruang udara 1/4"	0.39	Musim Dingin	2.56
	0.44	Musim Panas	2.22
Ruang udara 1/2"	0.31	Musim Dingin	3.23
	0.39	Musim Panas	2.56
Ruang udara 1/2"; lapisan emisi rendah e = 0,20	0.32	Musim Dingin	3.13
	0.38	Musim Panas	2.63
e = 0,40	0.38	Musim Dingin	2.63
	0.45	Musim Panas	2.22
e = 0,60	0.43	Musim Dingin	2.33
	0.51	Musim Panas	1.96
Jendela anti badai: ruang udara 1/4"	0.5	Musim Dingin	2
	0.5	Musim Panas	2
Lembaran Plastik Tunggal:			
Tebal 1/8" (nominal)	1.06	Musim Dingin	0.94
	0.98	Musim Panas	1.02
Tebal 1/4" (nominal)	0.96	Musim Dingin	1.04
	0.89	Musim Panas	1.12
PANEL HORIZONTAL-EKSTERIOR			
Gelas tunggal kaca datar	1.23	Musim Dingin	0.81
	0.83	Musim Panas	1.2
Kaca isolasi: dua lampu kaca, ruang udara 3/16"	0.7	Musim Dingin	1.43
	0.57	Musim Panas	1.75
Ruang udara 1/4"	0.65	Musim Dingin	1.54
	0.54	Musim Panas	1.85
Ruang udara 1/2"	0.59	Musim Dingin	1.69
	0.49	Musim Panas	2.04

Jenis Rangka Jendela



Gambar 2.400 Detail rangka jendela

Jenis 2.401 Rangka jendela

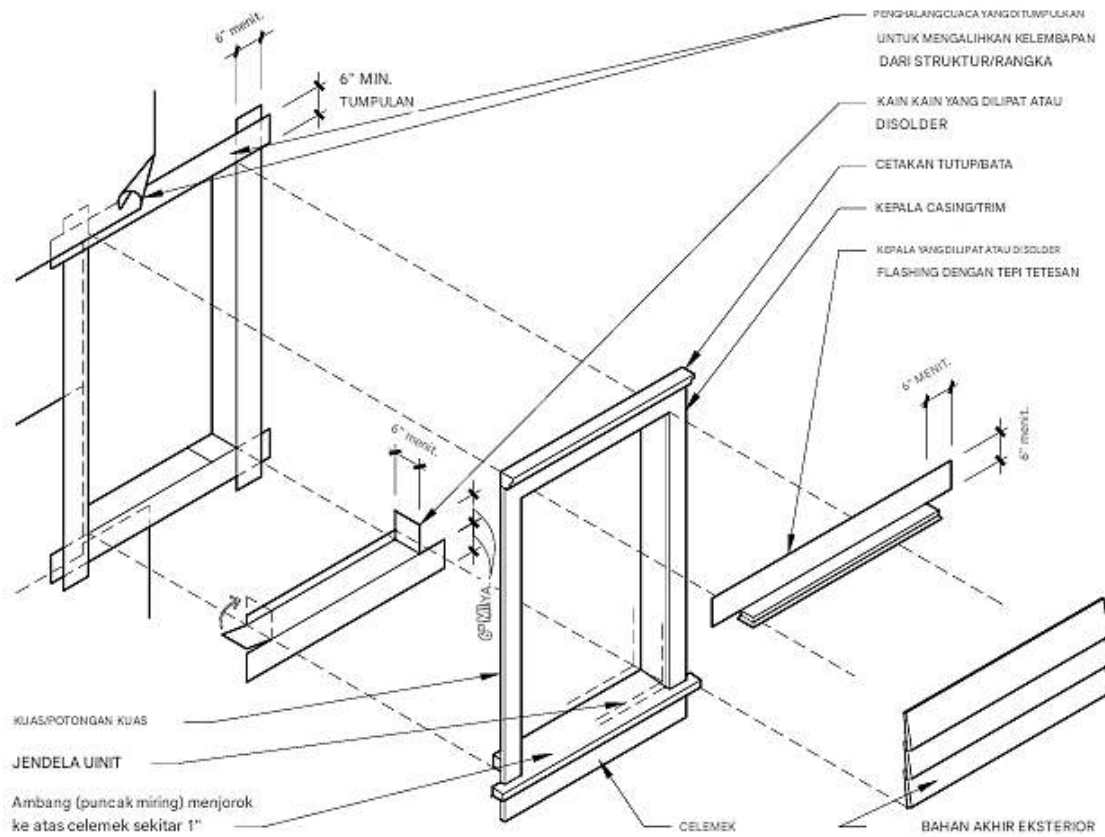
JENIS BINGKAI	KARAKTERISTIK	PEMELIHARAAN	SELESAI	TRANSFERENSI PANAS	KEBERLANJUTAN	CATATAN
Kayu	Anggota padat; mudah digiling menjadi bentuk yang rumit; penampilan yang menarik dan tradisional Faktor U: 0,3-0,5	Pencegahan pembusukan: lakukan pemolesan ulang dalam siklus 5 hingga 10 tahun, atau gunakan pelapis permanen	Cat minyak atau lateks, noda, minyak, atau pernis; bahan pengawet; pelapis resin poliuretan; cat yang sudah jadi atau yang sudah jadi di tempat	Rendah	Sumber daya terbarukan; membutuhkan stok padat berkualitas tinggi	Bahan tradisional dan khas; berbagai spesies tersedia; perbaikan mudah
Kayu dengan kelongsong	Faktor U untuk kayu berlapis logam atau plastik untuk pelapis vinil: 0,3-0,5; untuk pelapis logam, 0,4-0,6	Minimal	Lihat bingkai logam dan plastik.	Rendah dengan pelapis vinil, sedikit lebih tinggi dengan logam	Penggunaan material kayu yang kurang diinginkan; pelapis yang dapat diselamatkan	Kayu untuk stabilitas/kekuatan, pelapis untuk pemeliharaan
Hibrida	Interior kayu, eksterior logam atau plastik Faktor U untuk vinil/kayu:	Lihat kategori kayu, logam, dan plastik.	Lihat kategori lainnya.	Rendah dengan hibrida vinil/kayu, sedikit lebih tinggi dengan	Penggunaan bahan apa pun dalam jumlah yang lebih sedikit	Tampilan interior yang bagus dengan kinerja eksterior yang baik dan

	0,3-0,5; untuk logam/kayu, 0,4-0,6			hibrida logam/kayu		perawatan yang rendah
Baja	Profil baja batang/sudut tipis; cor, ekstrusi, tempa Faktor U: mirip dengan aluminium	Pencegahan karat: lakukan pemolesan ulang dalam siklus 5 hingga 10 tahun atau gunakan pelapis permanen	Pelapisan galvanis, seng-fosfat; diberi cat dasar; dicat; lapisan akhir pabrik: enamel panggang, fluoropolymer, pelapis poliuretan	Sedang, kecuali pemutus termal dipasang	Tidak dapat diperbarui, dapat diselamatkan	Profil rangka berkekuatan tinggi/terkecil dari semua jenis; baja tahan karat tersedia tetapi mahal
Aluminium	Profil kotak; ekstrusi; faktor U ringan: 1.0 dengan pemutus termal; 1.9-2.2 tanpa pemutus termal	Minimal	Alami; diaplikasikan di pabrik: enamel panggang, epoksi, anodisasi, elektrostatik (bubuk), pelapis fluoropolymer	Tinggi, kecuali pemutus termal dipasang	Tidak dapat diperbarui, dapat diselamatkan	Kekuatan tinggi, tidak ada perawatan
vinil (PVC)	Tahan benturan tinggi; profil kotak; ekstrusi multibilik Faktor U untuk berongga: 0,3-0,5; untuk terisolasi, 0,2-0,4	Minimal	Integral saat dibuat (warna terbatas)	Rendah	Tidak terbarukan, berbasis minyak bumi	Perlindungan UV/matahari dari perubahan warna mungkin diperlukan; tahan terhadap udara asam dan garam
fiberglass	Profil kotak, termoplastik berbasis polimer; faktor U yang stabil secara dimensi untuk berongga: 0,3-0,5; untuk terisolasi, 0,2-0,4	Minimal	Integral saat dibuat	Rendah	Kaca pintal dalam pengikat resin	Lebih mahal tetapi lebih stabil secara struktural daripada vinil

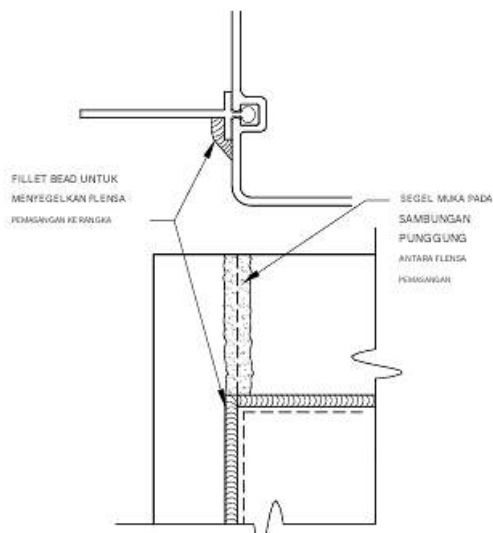
Pemasangan Jendela

Terlepas dari kualitas unit jendela, kinerja akhir bergantung pada pemasangan yang tepat. Perpotongan rangka jendela dengan dinding di sekitarnya selalu menjadi detail yang sulit, dan material modern yang ringan telah memperburuk masalah tersebut. AAMA 2400, "Praktik Standar untuk Pemasangan Jendela dengan Flensa Pemasangan pada Konstruksi Rangka Stud," dan ASTM E 2112-01, "Praktik Standar untuk Pemasangan Jendela, Pintu, dan Skylight Eksterior," keduanya menetapkan berbagai metode untuk pemasangan yang berkualitas.

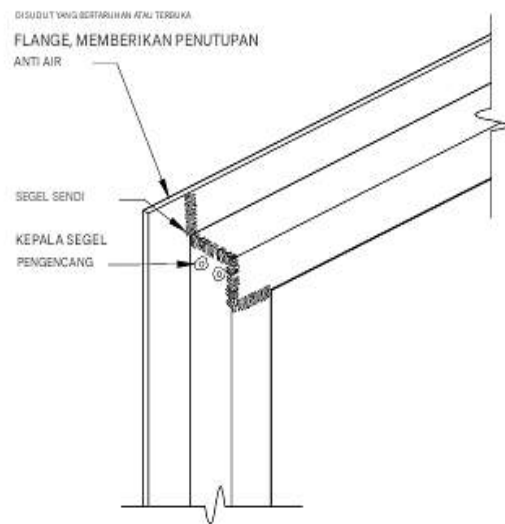
Arsitek mungkin ingin melampaui praktik pemasangan standar untuk layanan yang lebih tahan lama dan dapat diandalkan. Secara khusus, disarankan agar Anda selalu menyediakan subsill dari lembaran logam atau material kedap air lainnya, dengan bendungan ujung kedap air dan kemiringan ke bagian luar, dan menghindari penetrasi di bagian horizontal ambang jendela. Pemasang yang berkualifikasi yang memahami pentingnya banyak tugas terperinci terhadap tingkat kualitas keseluruhan sangatlah penting. Pertimbangkan "Ahli Instalasi" Bersertifikat AAMA atau pemasang yang terlatih dan tersertifikasi secara independen. Untuk informasi lebih lanjut, lihat Panduan Pemilihan Jendela AAMA.



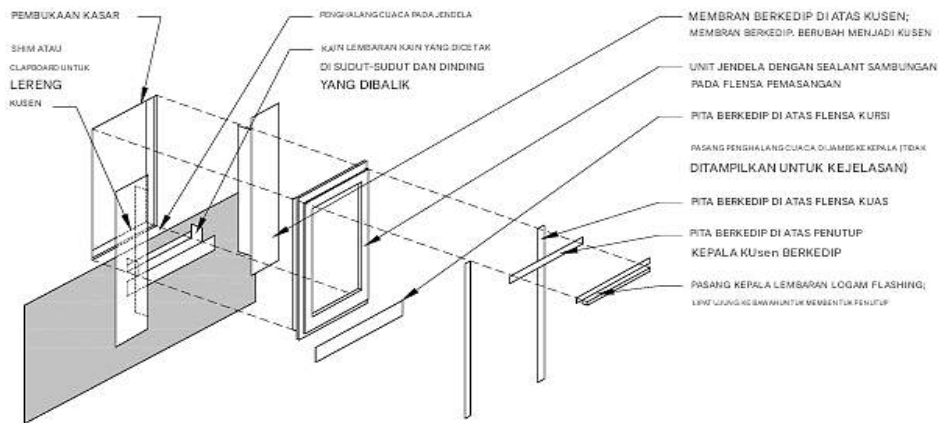
Gambar 2.402 Detail penahan cuaca jendela kayu



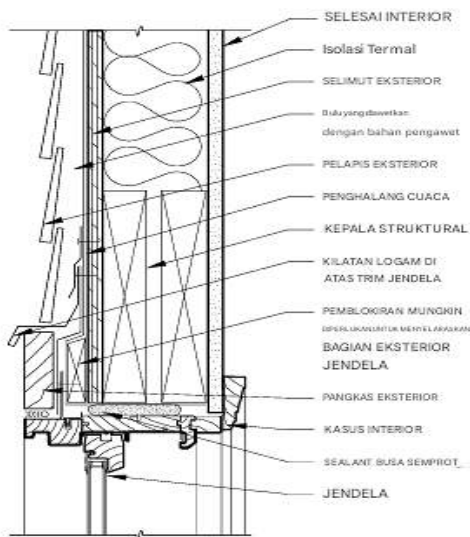
Gambar 2.403 Flensa pemasangan penyeigel



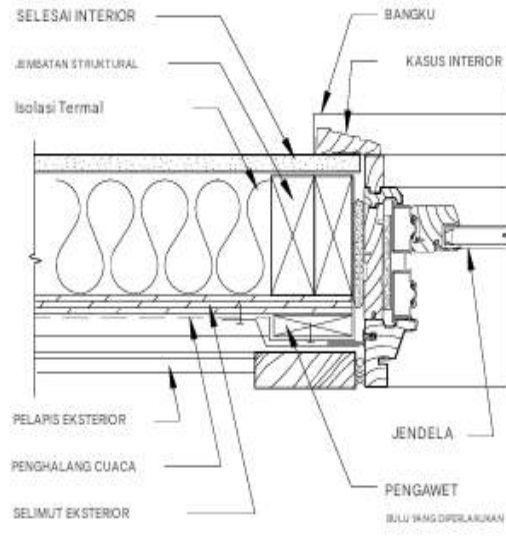
Gambar 2.404 Sudut bingkai penyeigel



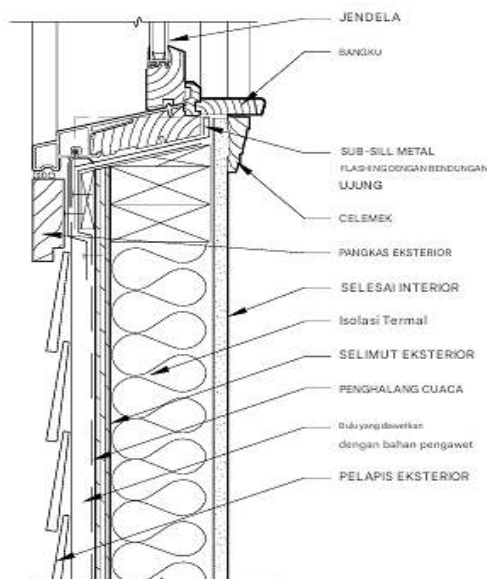
Gambar 2.405 Jendela rumah berflang anti cuaca



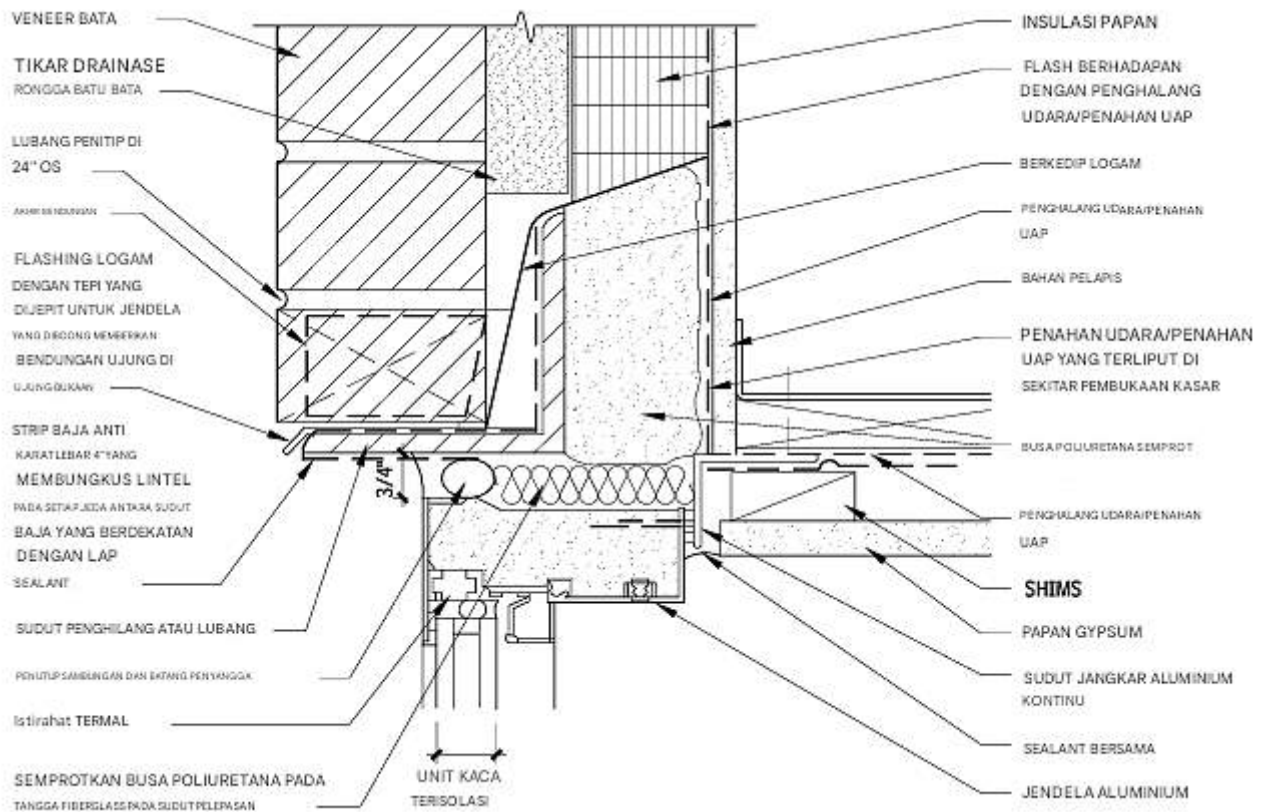
Gambar 2.406 Detail kepala jendela kayu rumah tangga



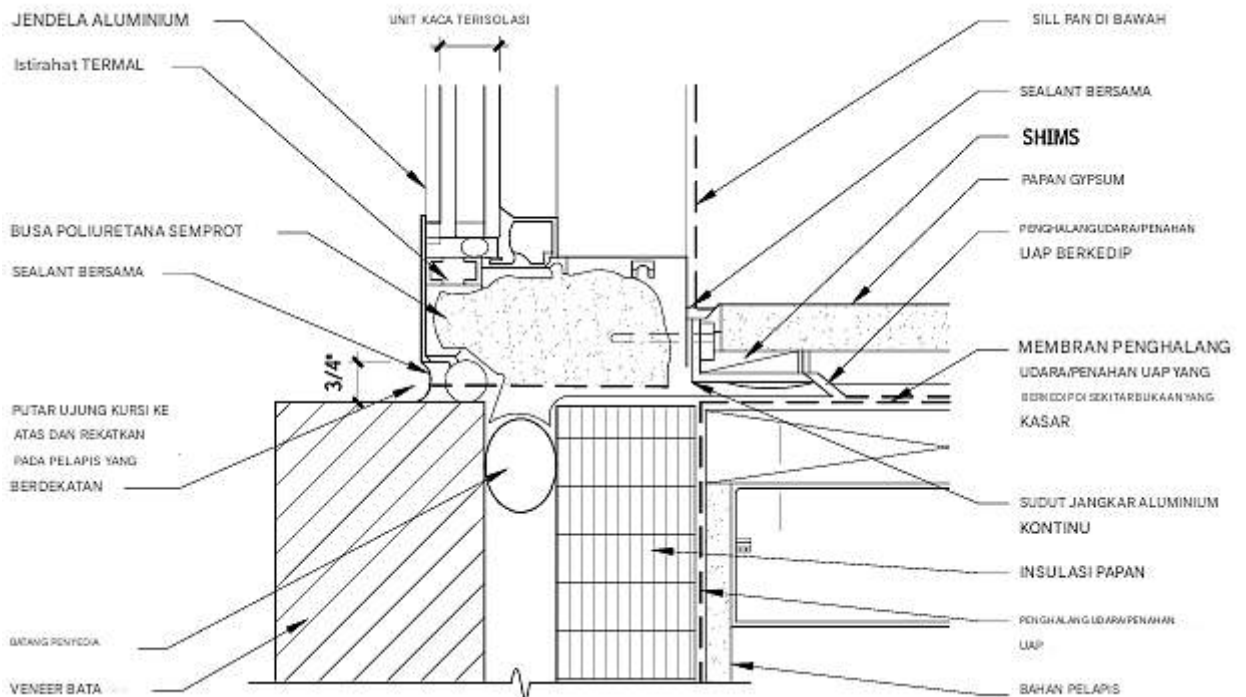
Gambar 2.407 Detail jendela kayu rumah tangga



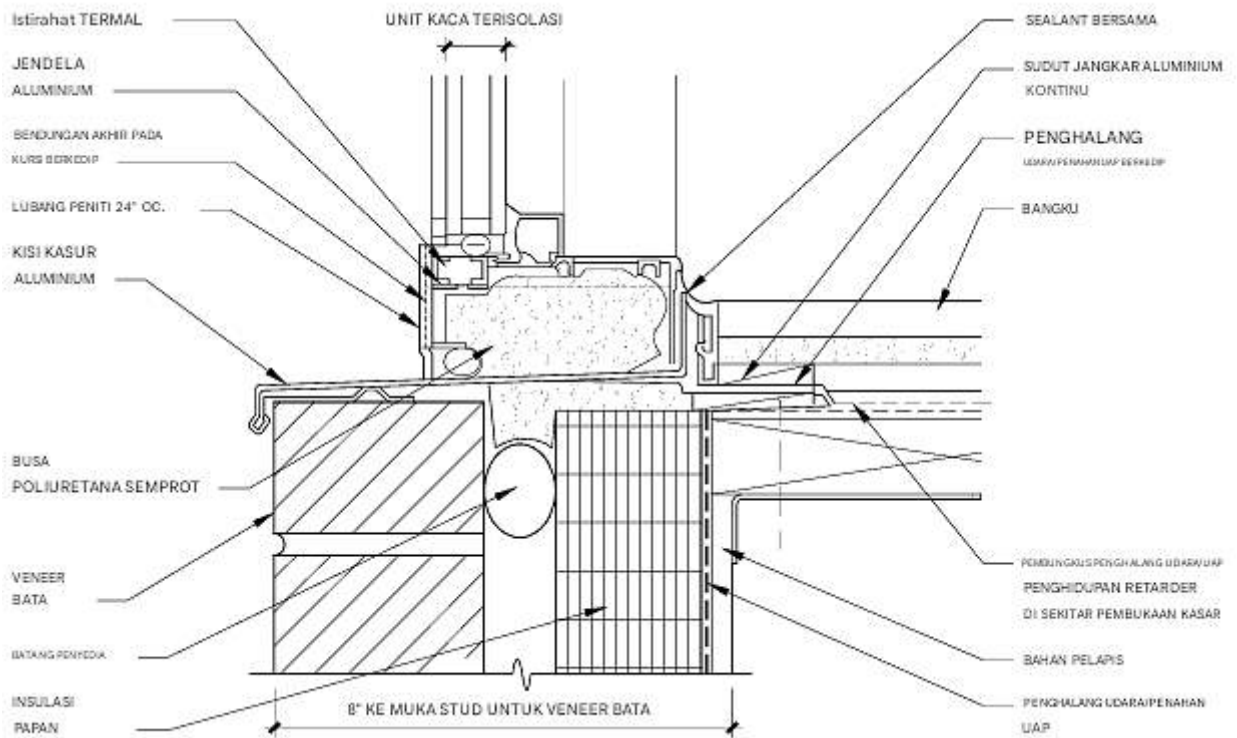
Gambar 2.408 Detail kusen jendela kayu rumah tangga



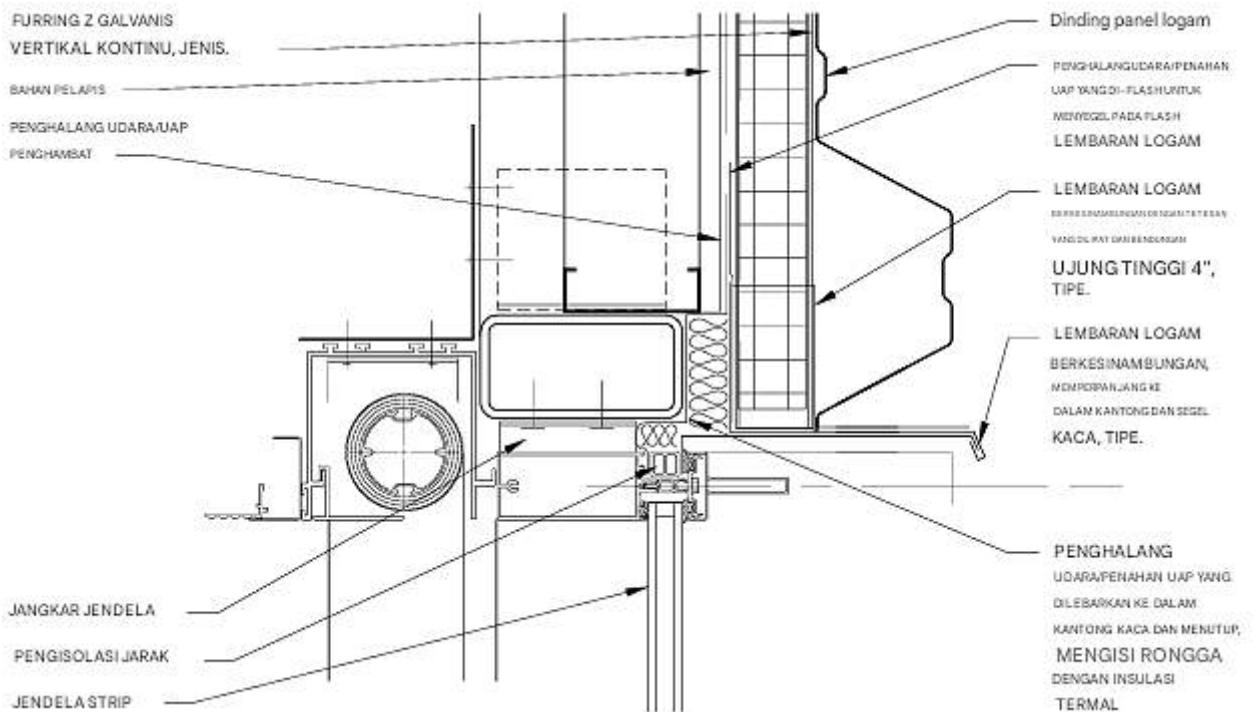
Gambar 2.409 Kepala umum pada dinding rongga



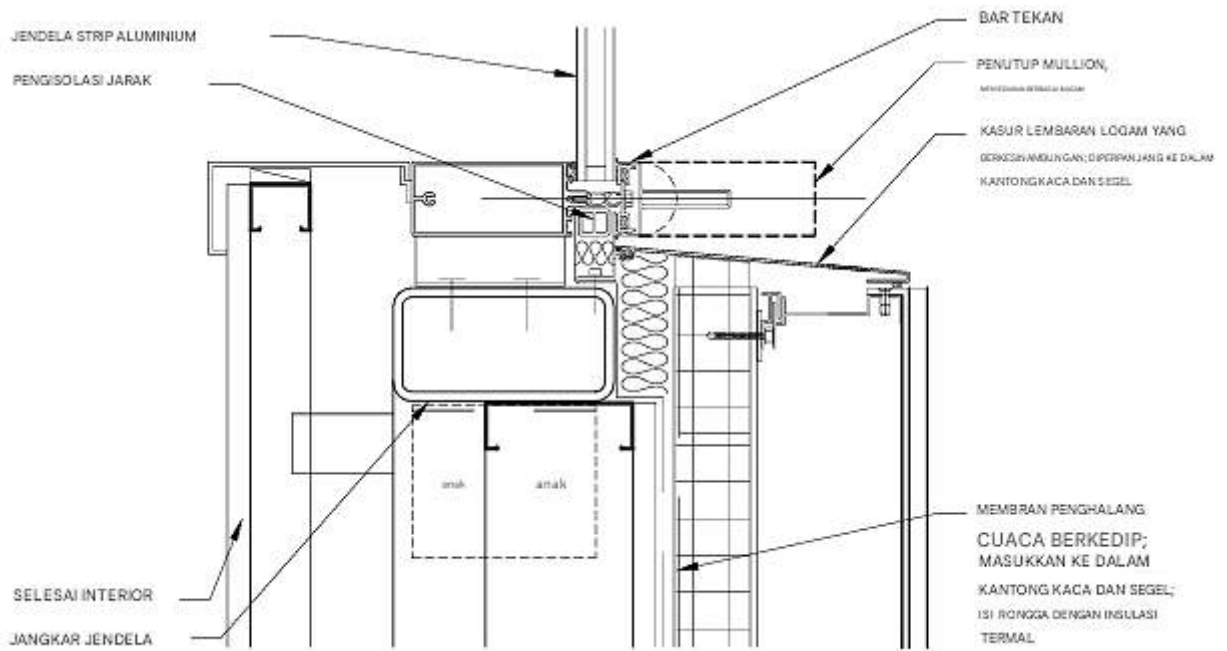
Gambar 2.410 Kusen jendela tipikal pada dinding rongga



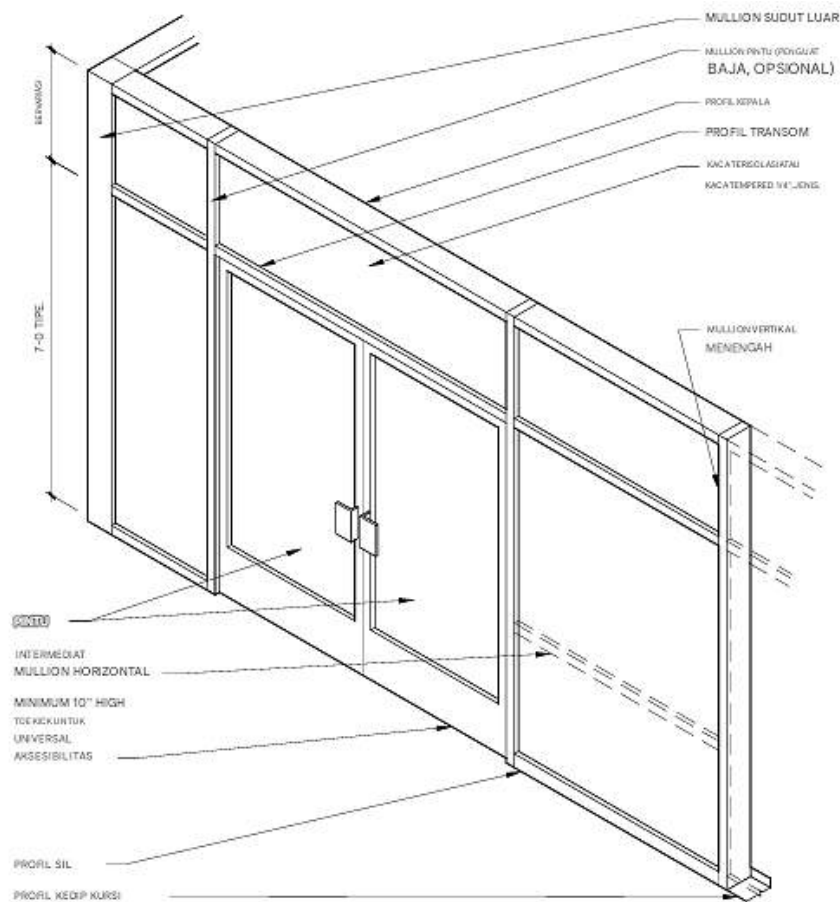
Gambar 2.411 Kusen umum pada dinding rongga



Gambar 2.412 Detail kepala aluminium



Gambar 2.413 Detail kusen aluminium



Gambar 2.414 Etalase toko umum

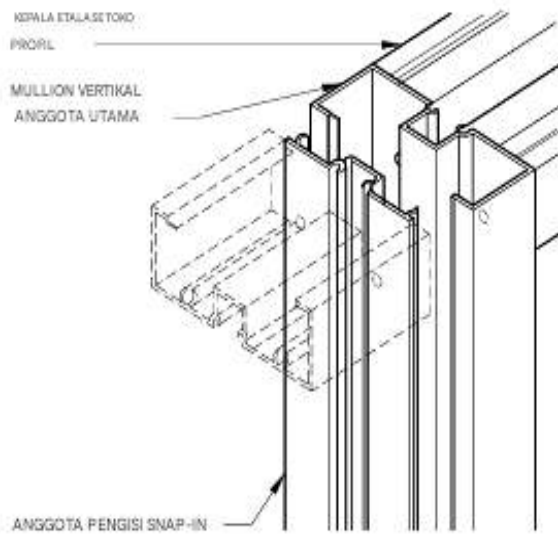
2.15 DESAIN DAN DETAIL ETALASE

Sistem etalase berbingkai kaca dan logam biasanya dirancang untuk memungkinkan pandangan yang baik ke dalam dan ke luar ruang komersial di permukaan tanah. Elemen logam dan bagian kaca dirakit di lokasi untuk membentuk sistem dinding dan pintu masuk, yang biasanya dipasang ke struktur lantai di bawah dan bagian bawah struktur di atas, atau ke rangka struktural yang digantung di atas langit-langit.

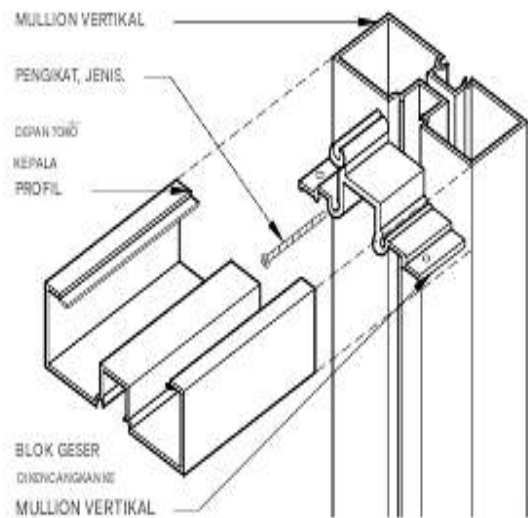
Sistem etalase biasanya memiliki ketahanan yang lebih rendah terhadap infiltrasi udara dan air, dan kinerja struktural yang lebih rendah. Sebagian besar sistem etalase tidak memiliki tekanan yang sama, tetapi dapat mengatur air yang menembus ke dalam kantong kaca. Diperlukan ambang bawah kedap air dengan bendungan ujung.

Desain sistem etalase melibatkan pertimbangan berikut:

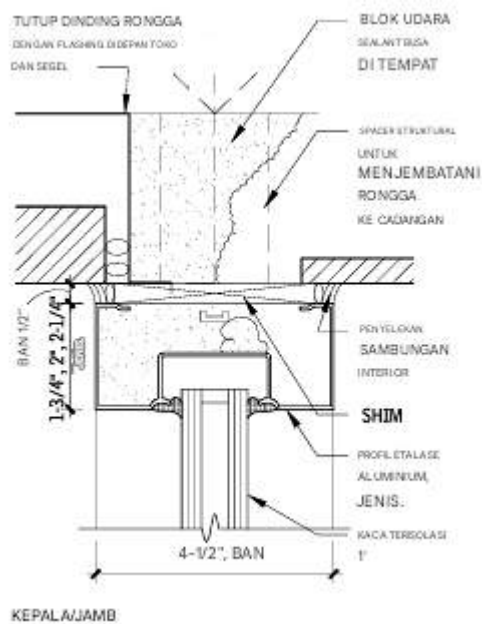
- Sistem etalase tersedia dalam berbagai jenis pemasangan/perakitan, tergantung pada desain struktural atau estetika dan pada produsen. Material kaca dan logam tersedia dalam berbagai bentuk, warna, profil, dan kemampuan struktural.
- Kode yang berlaku harus dikonsultasikan untuk persyaratan keselamatan, ukuran kaca, ketebalan, dan tempering. Konsultasikan semua kode, standar, dan peraturan yang berlaku untuk persyaratan aksesibilitas. Ini dapat mencakup persyaratan untuk perangkat keras, ambang, gaya pembukaan, dan kecepatan penutupan.
- Data produsen tentang kecukupan struktural harus dikonsultasikan untuk beban yang diperlukan, dan untuk tulangan rangka dan batang transom. Perhitungan untuk lendutan dan tegangan beban angin harus dipertimbangkan dalam desain sistem etalase. Tulangan untuk beban yang diperlukan dapat disediakan oleh sisipan tulangan baja atau dengan penggunaan profil kusen logam yang lebih berat. Konsultasikan dengan insinyur struktur untuk analisis dan desain.
- Tinggi pintu masuk biasanya 7 ft 0 inci. Lebar pintu yang umum adalah 3 ft 0 inci, 3 ft 6 inci, sepasang 2 ft 6 inci, sepasang 3 ft 0 inci. Untuk pintu yang dapat diakses, setidaknya satu daun dari sepasang harus memiliki lebar bersih minimum 32 inci.
- Perimeter sistem etalase sulit untuk dijelaskan secara rinci baik untuk segel luar maupun tempat duduk penghalang udara/uap bagian dalam. Oleh karena itu, batasi penggunaan pada konstruksi bertingkat rendah, sebaiknya di bawah kanopi atau atap yang menjorok di area dengan curah hujan tinggi.
- Pilih sistem dengan penahan termal dan faktor ketahanan kondensasi (CRF) yang sesuai dengan kondisi interior dan eksterior.



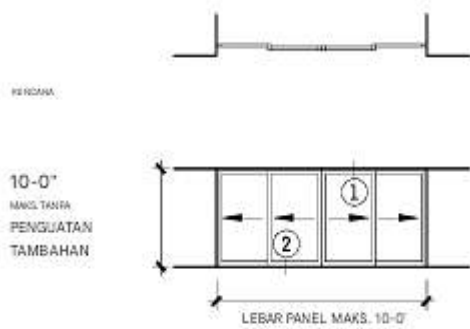
Gambar 2.415 Perakitan etalase tempat tinggal dengan spline yang dapat dipasang/diseputar



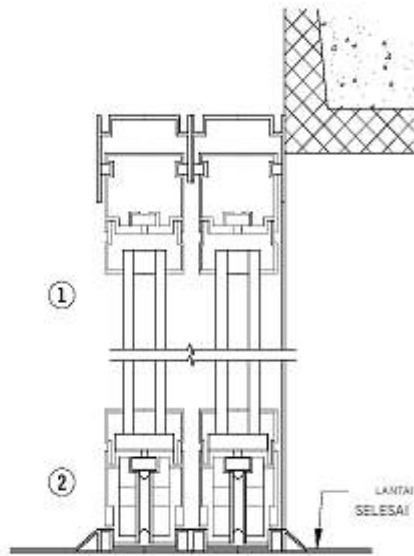
Gambar 2.416 Perakitan etalase blok geser



Gambar 2.417 Bagian dinding di etalase

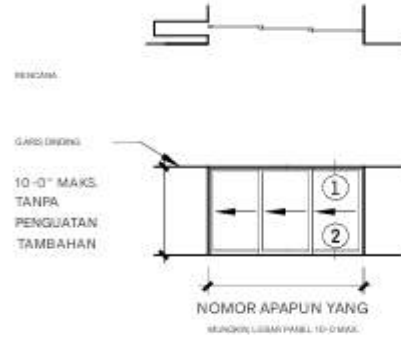


KETINGGIAN

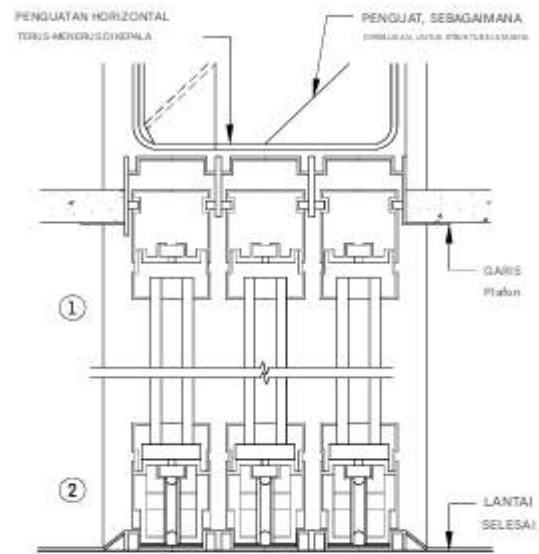


BAGIAN

Gambar 2.418 Rincian pintu bypass



KETINGGIAN



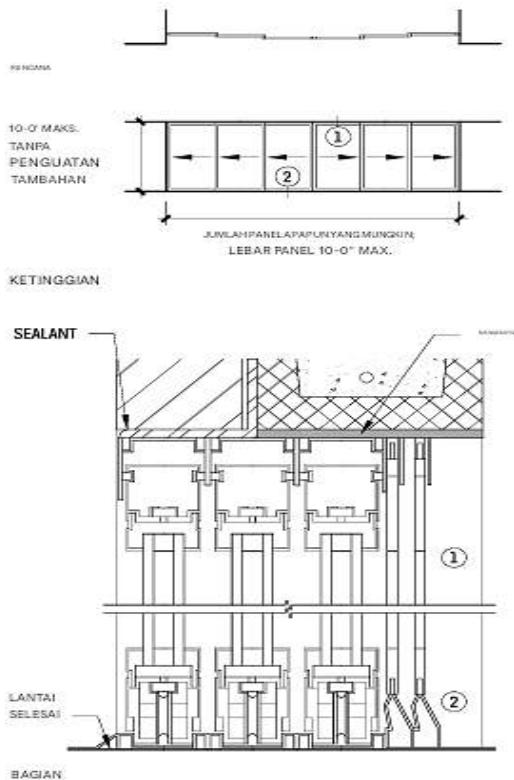
BAGIAN

Gambar 2.419 Rincian pintu saku

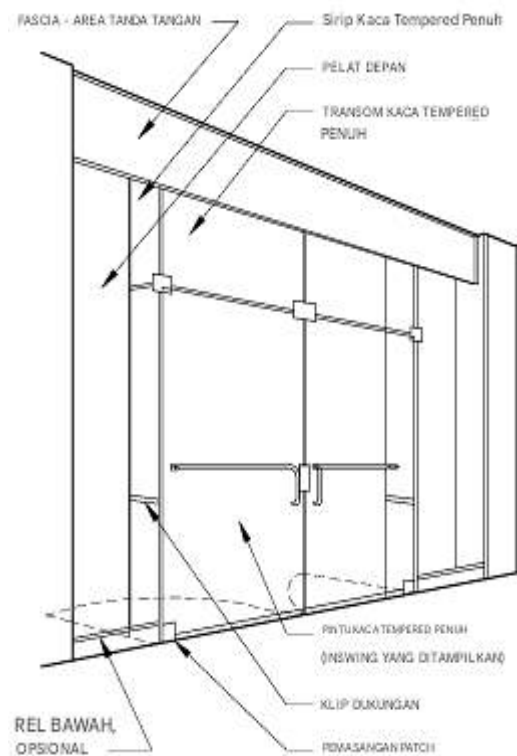
Etalase Geser dan Beberapa Pintu Geser

Saat bekerja dengan etalase geser dan beberapa pintu geser, pertimbangan berikut berlaku:

- Pelapis kayu pintu kaca geser tersedia dalam pinus bening dengan pernis alami, pelapis dasar, atau pelapis cat.
- Pelapis untuk pintu kayu tersedia dalam vinil atau aluminium dengan cat elektrostatik atau aluminium anodized.
- Rangka aluminium tersedia dalam pelapis anodized atau dengan cat elektrostatik.
- Periksa literatur produsen untuk bahan, pelapis, dan pilihan warna.
- Untuk pintu saku yang harus dapat diakses, lihat semua kode, standar, dan peraturan yang berlaku untuk persyaratan khusus.
- Lihat semua kode, standar, dan peraturan yang berlaku untuk persyaratan khusus untuk pintu yang harus dapat diakses.



Gambar 2.420 Detail pintu geser ganda

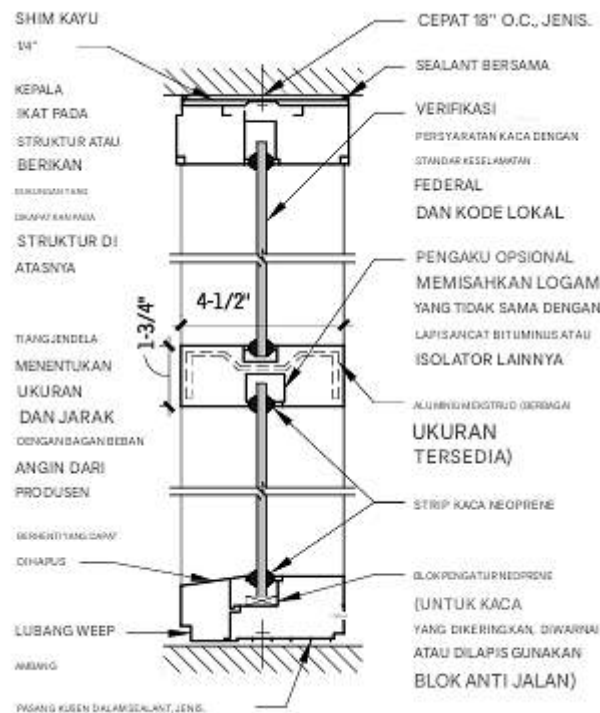


Gambar 2.421 Etalase kaca serba guna

Sistem Etalase

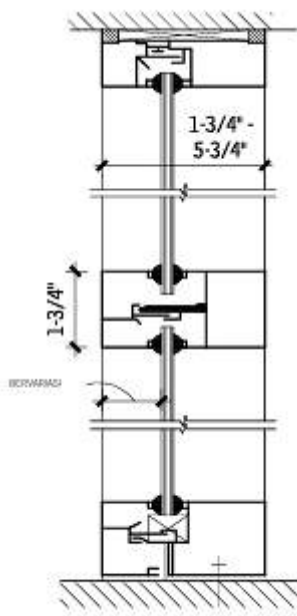
Perhatikan hal-hal berikut saat bekerja dengan sistem etalase:

- Sistem etalase biasanya memerlukan ambang kedap air atau ambang bawah untuk mengarahkan air di dalam sistem ke bagian luar, kecuali bagian dalam atau dilindungi oleh tonjolan besar. Verifikasikan detail pabrikan dan sesuaikan sistem agar sesuai dengan proyek.
- Tinjau aplikasi dan detail kaca berwarna dan berlapis untuk menghilangkan kemungkinan kerusakan termal yang disebabkan oleh perangkat peneduh dan pola bayangan.
- Tinjau jarak, ukuran, dan kekerasan blok pengaturan untuk mencegah kaca tergelincir dan pecah.
- Lubang rembesan diperlukan di ambang untuk kaca ganda.
- Material lain seperti logam berongga atau kayu dapat digunakan untuk pekerjaan khusus dan di atmosfer air asin tempat aluminium akan terkorosi.
- Tersedia berbagai lapisan warna anodisasi aluminium. Kelas I (0,7 mil) dan Kelas II (0,4 mil) dalam warna hitam, perunggu, atau bening, merupakan standar bagi sebagian besar produsen. Kelas I direkomendasikan untuk sebagian besar aplikasi eksterior.

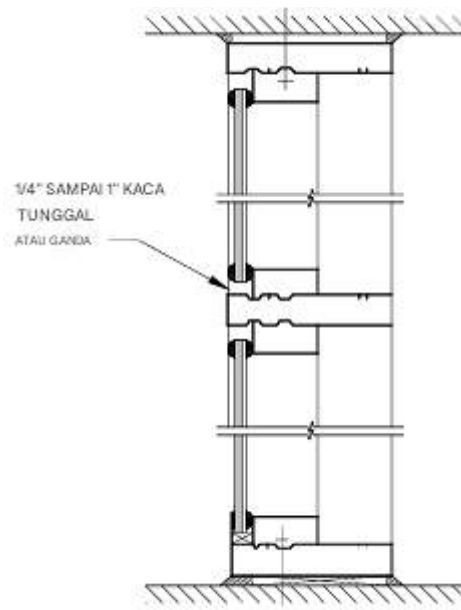


Gambar 2.422 Center glazed

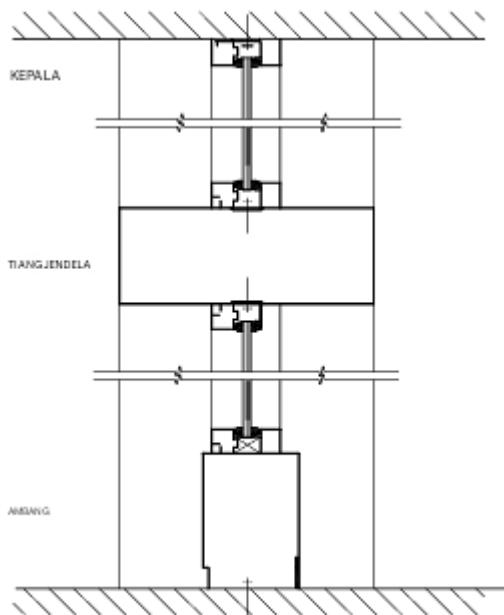
- Untuk memperpanjang umur aluminium dan mengurangi kecenderungan permukaan berlubang, cuci aluminium secara berkala dengan air dan deterjen ringan.
 - Tepi kaca yang dipotong miring di sudut tidak direkomendasikan. Rentang vertikal maksimum untuk kaca ujung adalah 10 ft kali 8 ft lebar.
 - Kusen jendela terbuat dari kaca bening. Kaca berwarna atau berlapis dapat dipertimbangkan untuk area kecil. Rentang vertikal maksimum adalah 30 ft.
 - Perhatian harus diberikan untuk melindungi masyarakat dari kemungkinan pecahnya kaca di atas. Kaca laminasi memberikan tingkat perlindungan tertinggi, tetapi kaca temper penuh mungkin dapat diterima.
 - Sekat yang lebih tinggi dapat dibangun dengan pipa aluminium dan penghenti yang diterapkan. Tempatkan kusen jendela ekspansi 20 ft dari permukaan tanah.
 - Gunakan reseptor untuk defleksi atau toleransi dimensi.
- Lihat rekomendasi terkini dari produsen untuk aplikasi tertentu.



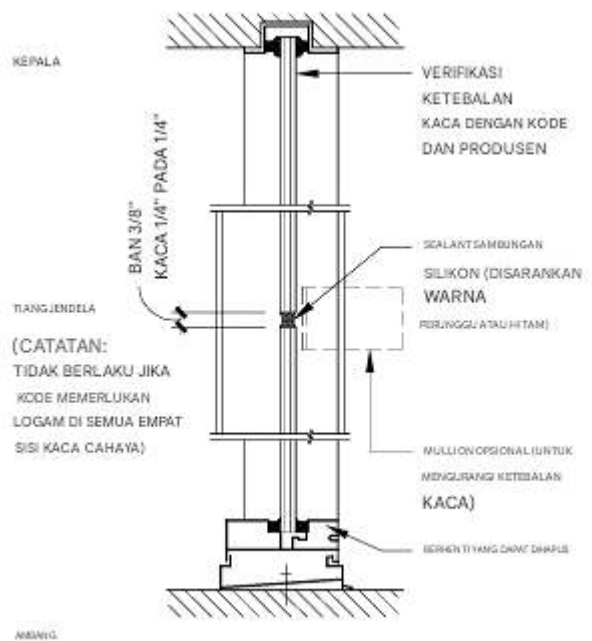
Gambar 2.423 Kaca di luar pusat



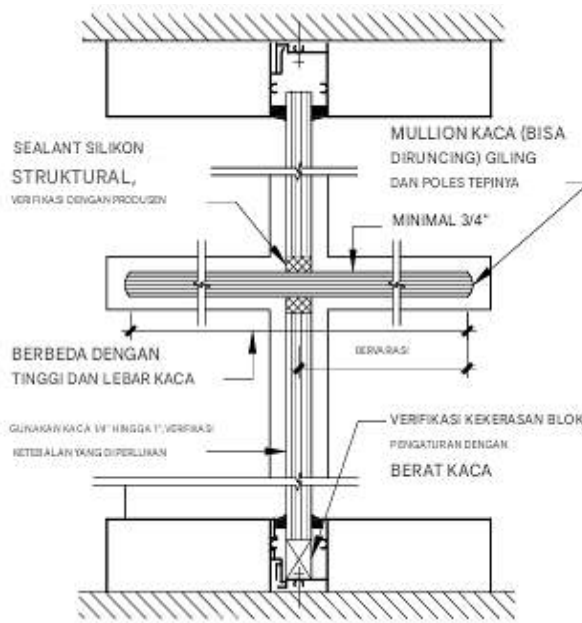
Gambar 2.424 Kaca di muka



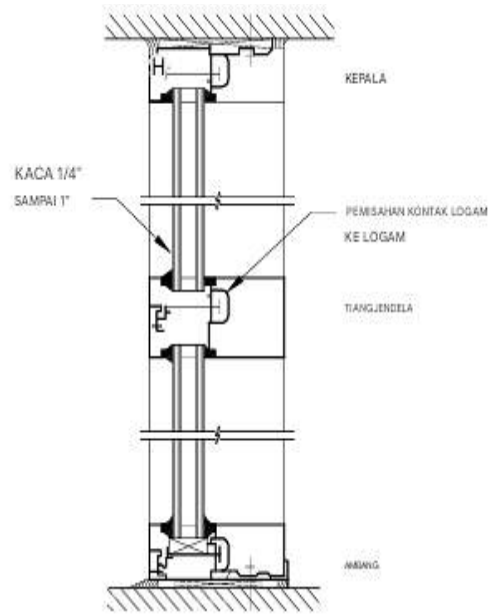
Gambar 2.425 Penahan yang diterapkan



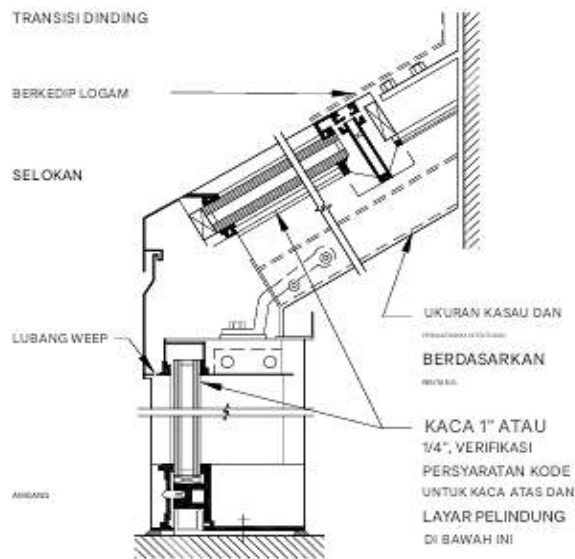
Gambar 2.426 Dipasang dengan kepala dan jambatan



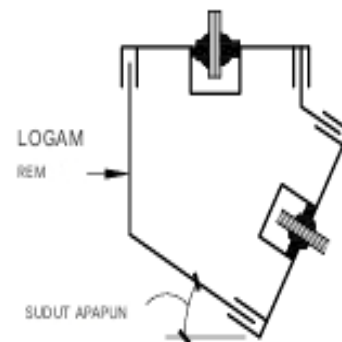
Gambar 2.427 Mullion kaca



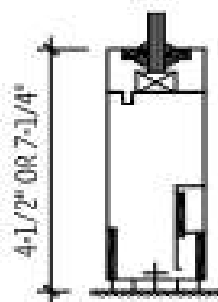
Gambar 2.428 Kaca termal



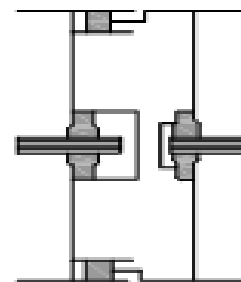
Gambar 2.429 Kaca miring



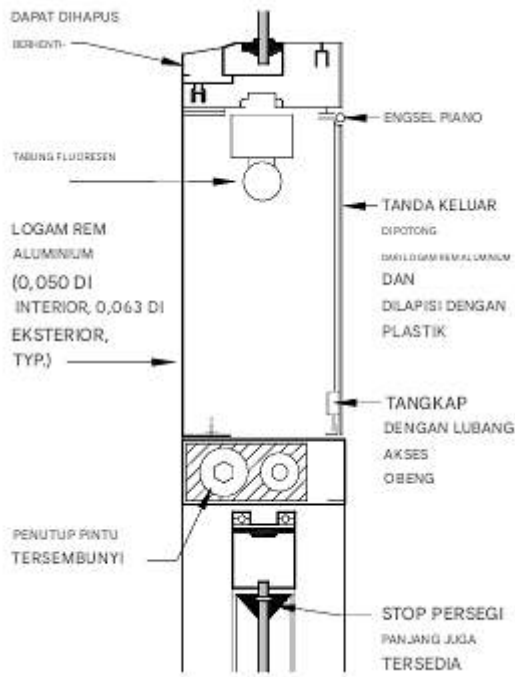
Gambar 2.430 Sudut sudut



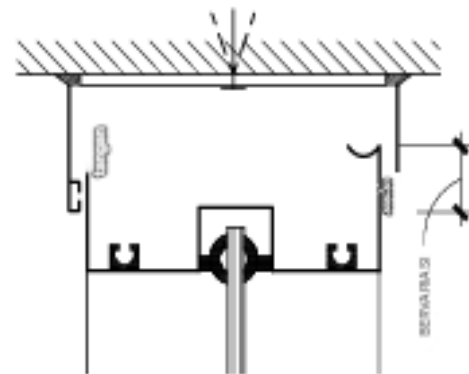
Gambar 2.431 Kuas sekat



Gambar 2.432 Mullion ekspansi



Gambar 2.433 Pintu transom dengan tanda keluar yang lebih tertutup dan berlampu



Gambar 2.434 Kepala dengan reseptor

Dinding Gorden Berkaca

Istilah dinding gorden digunakan pada masa awal arsitektur modern untuk menggambarkan hampir semua sistem penutup yang ditopang oleh rangka bangunan, sebagai lawan dari batu bata atau dinding penahan beban lainnya. Dinding gorden modern biasanya dianggap sebagai rangka logam, biasanya aluminium, dengan area kaca yang luas. Bahan logam atau batu lainnya dapat digunakan untuk mengisi rangka di area yang tidak tembus cahaya (seperti spandrel pada rangka lantai). Rangka membentang melewati, dan ditopang oleh, tepi lantai, sebagai lawan dari beban pada lantai atau balok spandrel. Beban gravitasi sering ditopang di setiap lantai lainnya, dengan penopang lateral untuk beban lateral hanya di lantai di antaranya.

Karakteristik

Dinding gorden biasanya diproduksi menggunakan salah satu metode berikut:

- Sistem komersial standar menggunakan kumpulan bagian kusen dan aksesoris khas, yang dipilih, dibuat, diperkuat, dan dirakit menjadi dinding berukuran khusus agar sesuai dengan proyek.
- Sistem khusus dirancang khusus untuk proyek, menggunakan kusen, suku cadang, dan aksesoris yang dirancang khusus. Biaya desain dan rekayasa khusus diimbangi oleh efisiensi skala yang melekat pada proyek besar.

Metode manajemen penetrasi air dinding gorden:

- Sistem dengan kinerja tertinggi adalah sistem layar hujan yang sepenuhnya bertekanan, dengan kantong kaca di sekitar setiap lampu individual sebagai ruang

penyeimbang tekanan yang terpisah dari lampu lain dialiri air, dan diberi ventilasi.

- Sistem tanpa tekanan cenderung mengarahkan air yang menembus segel luar ke kusen vertikal, lalu mengalir di dasar dinding.

Metode pemasangan dinding gordena:

- Sistem tempel merakit tiang vertikal dan horizontal individual di lokasi, dan mengisinya dengan kaca, logam, batu, atau panel lainnya. Sistem tempel memerlukan perhatian cermat untuk menyegel anggota yang berpotongan.
- Sistem terpadu sebagian besar dirakit di pabrik di luar lokasi, lengkap dengan rangka, kaca, dan sebanyak mungkin trim atau aksesori yang wajar. Panel biasanya berukuran lebar antara 5 dan 10 ft, dan tinggi satu atau dua lantai. Panel terpadu diangkat ke dinding dan ditambatkan di tempatnya. Panel terpadu lebih sering berupa sistem khusus daripada sistem tempel, dan lebih sering digunakan pada proyek besar atau bertingkat tinggi. Karena penyegelan anggota yang berpotongan dilakukan di bengkel atau pabrik, kemungkinan besar dibuat dengan baik. Namun, sambungan antara unit bersifat buta dan, oleh karena itu, harus direkayasa dan diverifikasi dengan hati-hati melalui pengujian tiruan.

Jenis kaca dinding gordena:

- ❖ Kaca pelat bertekanan: Dalam sistem ini, kaca dan panel pengisi dipasang dari bagian luar bangunan. Kaca pelat bertekanan memungkinkan penyegelan semua sambungan pada rangka dan integrasi yang mudah dengan penghalang udara/uap. Manik-manik ujung, manik-manik tutup, atau kaca basah lengkap dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja. Namun, semua kaca harus ditangani dari perancah atau lift.
- ❖ Kaca kering: Dalam sistem ini, kaca dan panel pengisi dipasang dari bagian dalam. Rangka eksterior dipasang dan gasket kaca dipasang. Biasanya, hanya kusen atas yang memiliki penghenti interior yang dapat dilepas. Unit kaca digeser ke dalam kantong kaca yang dalam pada satu kusen cukup jauh untuk memungkinkan kusen yang berlawanan terbuka, lalu digeser kembali dan dijatuhkan ke dalam kantong kaca ambang. Penghenti interior yang dapat dilepas diterapkan dan, akhirnya, gasket baji interior dipasang. Terkadang metode ini disebut pelapisan kaca "jiggle" atau "wiggle" karena manipulasi yang diperlukan untuk memasang kaca pada tempatnya. Pemasangan unit kaca dari dalam bangunan diinginkan dari sudut pandang konstruksi, tetapi kinerjanya sedikit berkurang karena sambungan logam-ke-logam yang kering terjadi pada pemberhentian yang dapat dilepas pada titik yang seharusnya kedap udara dan kedap air. Manik-manik tumit akan meningkatkan kinerja, dan beberapa sistem menggabungkan paking tambahan untuk membentuk segel udara antara rangka dan kaca. Pemasangan area spandrel mungkin harus dilakukan dari luar karena ruang akses terbatas di sisi dalam.
- ❖ Pelapisan kaca silikon struktural (SSG): Sistem ini bergantung pada perekatan kaca ke rangka atau pelapisan kaca lainnya dengan manik-manik silikon. Segel cuaca silikon luar melengkapi segel struktural. Sistem yang disatukan sering kali dilapisi kaca silikon struktural karena ini memungkinkan pekerjaan dari satu sisi saja, dan sangat andal. SSG

dua sisi dapat diselesaikan di lapangan dengan pelat tekanan atau rangka berlapis kaca jiggle di arah lain. SSG empat sisi hanya boleh dilakukan dalam kondisi terkendali di pabrik. Jika rangka dibuat dengan metode stick-build, maka rangka aluminium direkatkan ke kaca di pabrik, dan rakitan yang dihasilkan diikat secara mekanis ke rangka utama di lapangan.

Pengelolaan air untuk hampir semua dinding gorden menggunakan teknologi rainscreen dengan tekanan yang sama.

Kinerja

Tingkat kinerja standar untuk dinding gorden tidak umum tersedia di industri, tetapi prosedur uji standar dan rentang nilai tipikal relatif dikenal baik.

- ✪ Kapasitas struktural dinding gorden diuji menurut ASTM E 330, “Metode Uji Standar untuk Kinerja Struktural Jendela Eksterior, Dinding Gorden, dan Pintu dengan Perbedaan Tekanan Udara Statis yang Seragam.” Beban yang diperlukan untuk proyek ditentukan oleh kode, biasanya ASCE-7. Untuk proyek besar, pengujian terowongan angin kondisi batas dapat dilakukan untuk menetapkan beban angin yang lebih akurat. Pengujian terowongan angin dapat menurunkan beban lapangan rata-rata dan juga dapat membantu mengidentifikasi titik panas dengan beban yang lebih tinggi.
- ✪ Infiltrasi udara diuji menurut ASTM E 283, “Metode Uji Standar untuk Laju Kebocoran Udara Melalui Jendela Eksterior, Dinding Gorden, dan Pintu,” dengan nilai kebocoran diuji pada tekanan diferensial tertentu. Nilai kebocoran umum adalah 0,06 cfm per kaki persegi luas dinding. Tekanan uji umum adalah 1,56 psf (kecepatan angin 25 mph) untuk bangunan rendah, 6,24 psf (50 mph) atau 10 psf (63 mph) untuk konstruksi bangunan menengah, dan 12 psf (70 mph) ke atas untuk bangunan tinggi atau monumental. Tekanan juga dipilih pada sekitar 20 persen dari beban struktural.
- ✪ Kebocoran air diuji menurut ASTM E 331, “Metode Uji Standar untuk Penetrasi Air pada Jendela Eksterior, Dinding Tirai, dan Pintu dengan Perbedaan Tekanan Udara Statis yang Seragam,” dan AAMA 501.1, “Metode Uji Standar untuk Dinding Tirai Logam untuk Penetrasi Air Menggunakan Tekanan Dinamis.” Tekanan uji biasanya sesuai dengan tekanan untuk infiltrasi udara. Arsitek harus menetapkan kriteria kebocoran—yang sering kali dapat diterima adalah jumlah air yang muncul di ambang bagian dalam yang cukup kecil agar tidak mengalir dari kusen jendela. Uji tekanan statis lebih umum, tetapi mungkin memberikan hasil yang optimis karena prosedur pengujian dapat menyedot kaca ke gasket, sehingga menghasilkan segel yang lebih baik dari yang diharapkan. Pengujian dinamis, yang dapat membantu mengungkap kebocoran yang akan terjadi di bawah kondisi hembusan angin yang berubah-ubah, sangat efektif pada rangka jendela yang dapat dioperasikan.
- ✪ Kinerja termal diuji menurut AAMA 501.5, “Metode Uji untuk Siklus Termal Dinding Eksterior.” Nilai-U harus ditentukan oleh tim desain. Kinerja kondensasi diekstrapolasi dari kinerja termal.

Prosedur uji standar juga tersedia untuk mengevaluasi berbagai kriteria kinerja khusus,

termasuk isolasi akustik, ketahanan ledakan, ketahanan masuk paksa, perangkat keras, dan dampak keselamatan. Lihat AAMA. Uji standar seperti beban struktural siklus, pemasangan rangka, dan siklus termal tersedia untuk mensimulasikan penuaan sampel dengan cepat. Pengujian untuk infiltrasi udara dan air diulang setelah penuaan yang dipercepat untuk menentukan kemungkinan kinerja jangka panjang dinding. Sistem standar pabrikan diuji kinerjanya dalam berbagai ukuran. Profesional desain harus menentukan penerapan pengujian pada kondisi proyek tertentu. Pengujian khusus mungkin diperlukan untuk memprediksi kinerja yang dapat diterima secara akurat. Sistem khusus atau konfigurasi sistem standar yang tidak biasa memerlukan pengujian model khusus pekerjaan. Protokol pengujian untuk markup khusus ditentukan oleh profesional desain dan harus mencakup konfirmasi semua kriteria.

Perincian

Produsen dinding gorden biasanya menyediakan detail umum untuk pemasangan. Konstruksi yang berdekatan sering ditampilkan sebagai garis tunggal yang diarsir. Detailkan rangka dinding gorden dalam rakitan khusus proyek.

- ☞ Kusén dan penutup: Kusén persegi panjang komersial standar tersedia dari produsen dengan lebar 2 hingga 3 inci (2-1/2 inci adalah yang paling umum), dengan kedalaman 1 hingga 12 inci dari permukaan kaca bagian dalam. Penutup kusén yang dapat dipasang dengan kancing tersedia dalam berbagai bentuk, dan dapat dengan mudah disesuaikan karena dampaknya terbatas pada kinerja dinding gorden. Namun, penutup kusén eksternal yang besar dapat memengaruhi kinerja termal sistem secara serius tanpa pemutusan termal yang lengkap.
- ☞ Antarmuka dengan rakitan yang berdekatan: Segel penghalang udara dinding gorden ke penghalang udara dinding; begitu juga dengan layar hujan. Manfaatkan flashing subsill di dasar dinding, yang diperinci untuk menyegel penghalang udara. Pada antarmuka dengan dinding penghalang, sediakan dua garis sealant.
- ☞ Penghalang udara: Detailkan pemasangan dinding gorden sehingga garis penghalang udara (jika diperlukan) memanjang tanpa terputus melintasi celah di sekeliling dinding gorden dengan menghubungkannya ke bahu bagian dalam kantong kaca.
- ☞ Penjangkaran: Dinding gorden biasanya dijangkarkan ke setiap pelat lantai atau balok spandrel. Setiap lantai lainnya adalah jangkar gravitasi dan angin, dengan jangkar selip khusus angin di antaranya. Skema penjangkaran harus ditentukan oleh arsitek dan insinyur struktur, dan ditunjukkan pada gambar. Panel yang disatukan biasanya memiliki jangkar angin dan gravitasi di setiap lantai, dengan sambungan selip yang menyediakan ketahanan beban angin pada sambungan tumpukan. Jangkar untuk sistem tongkat biasanya dipasang di sisi balok atau tepi pelat. Jangkar untuk panel yang disatukan biasanya dipasang di kantong di bagian atas pelat. Produsen memiliki berbagai jangkar milik sendiri yang memungkinkan penyesuaian tiga dimensi dan sambungan tetap atau selip.
- ☞ Pergerakan: Karena dinding gorden membentang dari lantai ke lantai dari pelat atau

balok spandrel, dinding ini harus mengakomodasi pergerakan diferensial balok spandrel dan pergeseran lateral struktur beserta pergerakan termal besar yang melekat pada aluminium. Kepala dinding gorden (terutama pada dinding gorden strip) sering kali terletak pada sudut rak dan harus mengakomodasi pergerakan yang biasanya berkisar 1/2 inci dari atas.

- ☞ Kontinuitas termal: Detail dinding gorden untuk mempertahankan garis insulasi termal pada bidang yang sama seperti pada konfigurasi yang diuji, dan seperti yang dimaksudkan oleh produsen dinding gorden.
- ☞ Penghenti api: Perpotongan pelat lantai dengan dinding gorden memerlukan penghenti api.
- ☞ Spandrel/kotak bayangan: Jika dinding gorden berada di depan struktur atau area yang seharusnya buram, kaca spandrel atau kotak bayangan digunakan. Kaca spandrel terdiri dari unit kaca tunggal atau terisolasi, dengan lapisan dalam yang diburamkan oleh film atau frit keramik yang dibakar. Lapisan reflektif dapat digunakan. Jika unit kaca terisolasi digunakan, permukaan kedua atau ketiga dapat dilapisi dengan frit keramik berpola. Shadowbox lebih efektif dalam memadukan area spandrel dengan area penglihatan, terutama jika panel belakang bersifat reflektif. Berbeda dengan area spandrel, rongga di dalam shadowbox biasanya diberi ventilasi dan dilubangi, tetapi ada perbedaan pendapat di antara para ahli dan produsen mengenai ventilasi rongga. Ruang udara berventilasi menggeser penutup termal ke bagian belakang dinding tirai dan dapat mengakibatkan korsleting termal dan kondensasi yang tidak terkendali; dan, seiring waktu, permukaan bagian dalam dapat menjadi kotor. Shadowbox yang tidak berventilasi dapat menjadi terlalu panas, terutama dengan kaca bening. Perhatikan bahwa penumpukan panas di dalam rongga shadowbox dapat menyebabkan keluarnya gas dari sealant dan plastik dari beberapa bahan dan dapat merusak bahan komposit dan isolasi. Produsen dapat membantu dengan analisis.
- ☞ Parapet dan coping: Bila dinding gorden memanjang melewati tepi atap, dinding gorden menjadi parapet. Perhatian khusus harus diberikan untuk menghentikan pergerakan udara melalui kusen berongga dan untuk mengendalikan konduksi termal ke bagian luar. Sebagian besar sistem dinding gorden tidak dirancang untuk terpapar cuaca dari sisi belakang, tetapi dapat dimodifikasi agar berfungsi dengan baik. Jika spandrel atau shadowbox digunakan untuk parapet buram, bagian belakang dinding gorden dapat diberi bulu, selubung, dan kedap air dengan flashing dasar atap. Parapet transparan atau tembus cahaya dapat disediakan dengan mengakhiri flashing dasar atap pada kusen kira-kira 8 inci di atas atap. Tindakan pencegahan khusus harus dilakukan karena permukaan belakang dinding gorden biasanya tidak kedap air. Dinding gorden yang memanjang melewati ruang ber-AC ke dalam parapet dapat menciptakan hubungan arus pendek termal dan kondensasi yang tidak terkendali. Sediakan segel udara untuk mencegah udara yang mengandung uap air bersentuhan dengan permukaan dingin, baik di dalam kusen maupun di antara kusen dan struktur atap. Sealant busa di tempat bekerja dengan baik. Karena pemutusan termal yang

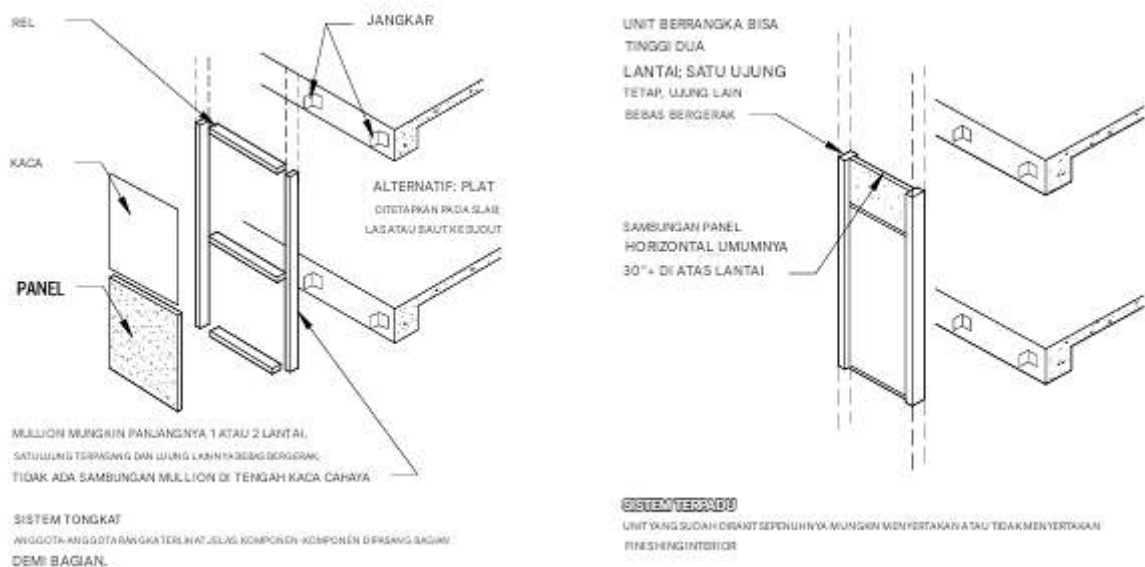
melekat saat memperpanjang dinding gorden untuk membentuk tembok pembatas, sebaiknya dihindari di daerah beriklim dingin. Analisis termal dapat memeriksa isolasi dan desain penghalang udara/uap untuk memastikan bahwa suhu tidak pernah mencapai titik embun. Perpanjang flashing dasar atap atau flashing membran di bagian atas tembok pembatas dan segel ke dalam kantong kaca. Tutup dengan pelapis logam rem, yang juga disegel ke dalam kantong kaca.

Pemasangan

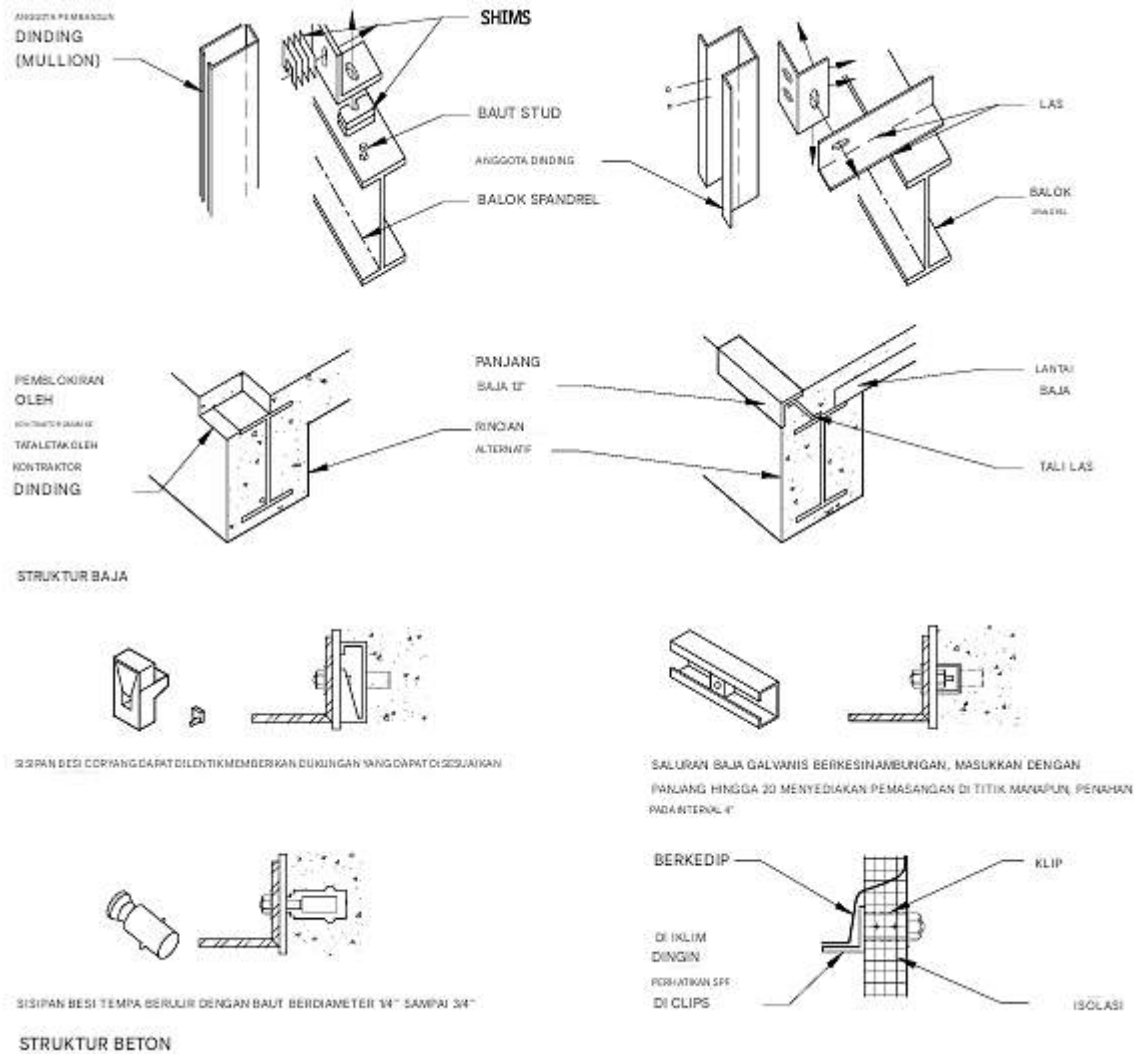
Apa pun kualitas dinding gorden, kinerja akhir bergantung pada pemasangan yang tepat. Perpotongan rangka dinding gorden dengan dinding di sekitarnya selalu menjadi detail yang sulit, dan material modern yang ringan telah memperburuk masalah tersebut. Sistem tempel memerlukan kontrol kualitas tingkat tinggi di lapangan, karena ada banyak langkah yang sangat penting dan terperinci dalam perakitan dinding gorden.

- Jangkar dan kusen harus dipasang untuk memungkinkan pergerakan.
- Sambungan pada persimpangan tiang harus dibuat kedap udara dan dikompartementalisasi dengan benar untuk sistem yang tekanannya disamakan.
- Gasket kaca harus dipotong dengan tepat dan sudut-sudutnya disegel.
- Pelat tekanan harus dikencangkan dengan torsi ke nilai yang ditentukan untuk memampatkan gasket secara memadai agar kinerjanya kedap air.

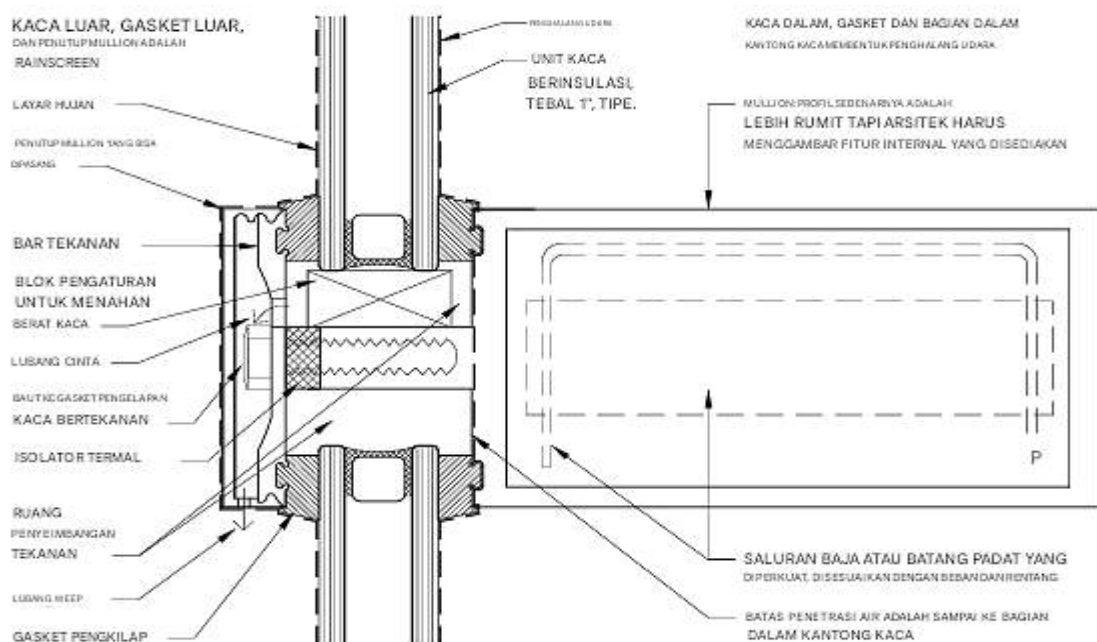
Bahkan sistem yang disatukan memerlukan perhatian terhadap detail selama pemasangan di lapangan, tetapi karena lebih banyak perakitan dilakukan di pabrik, maka persyaratan krusialnya lebih sedikit. Hal terpenting adalah pemasangan flashing pada persimpangan empat arah.



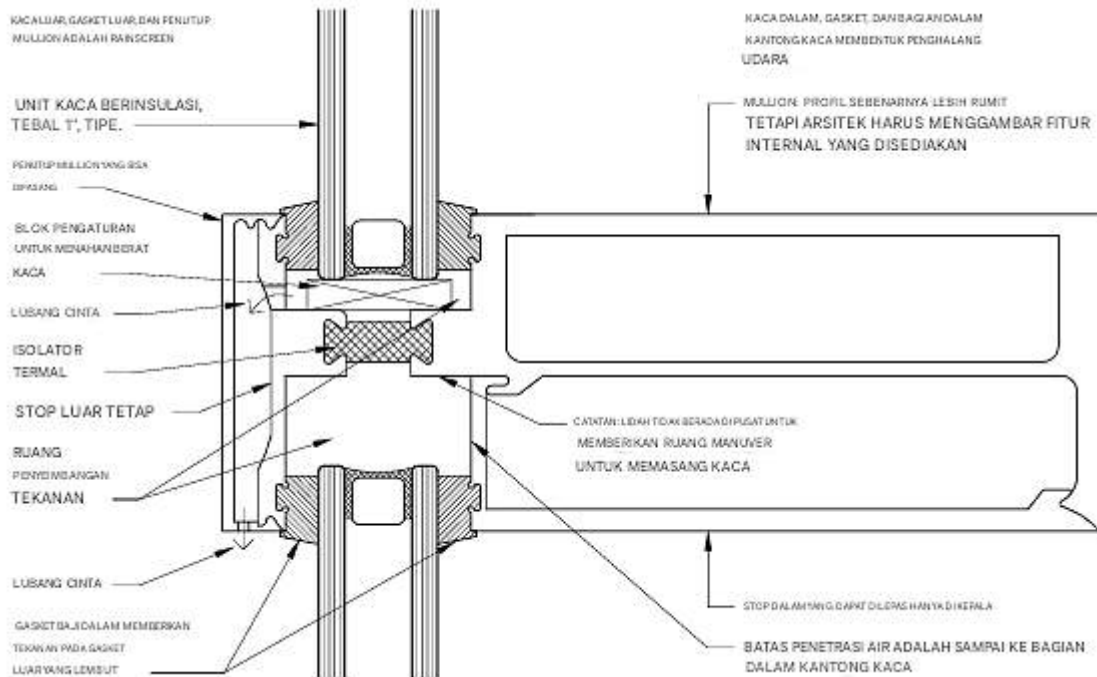
Gambar 2.435 Konstruksi dinding gorden stick dan unit



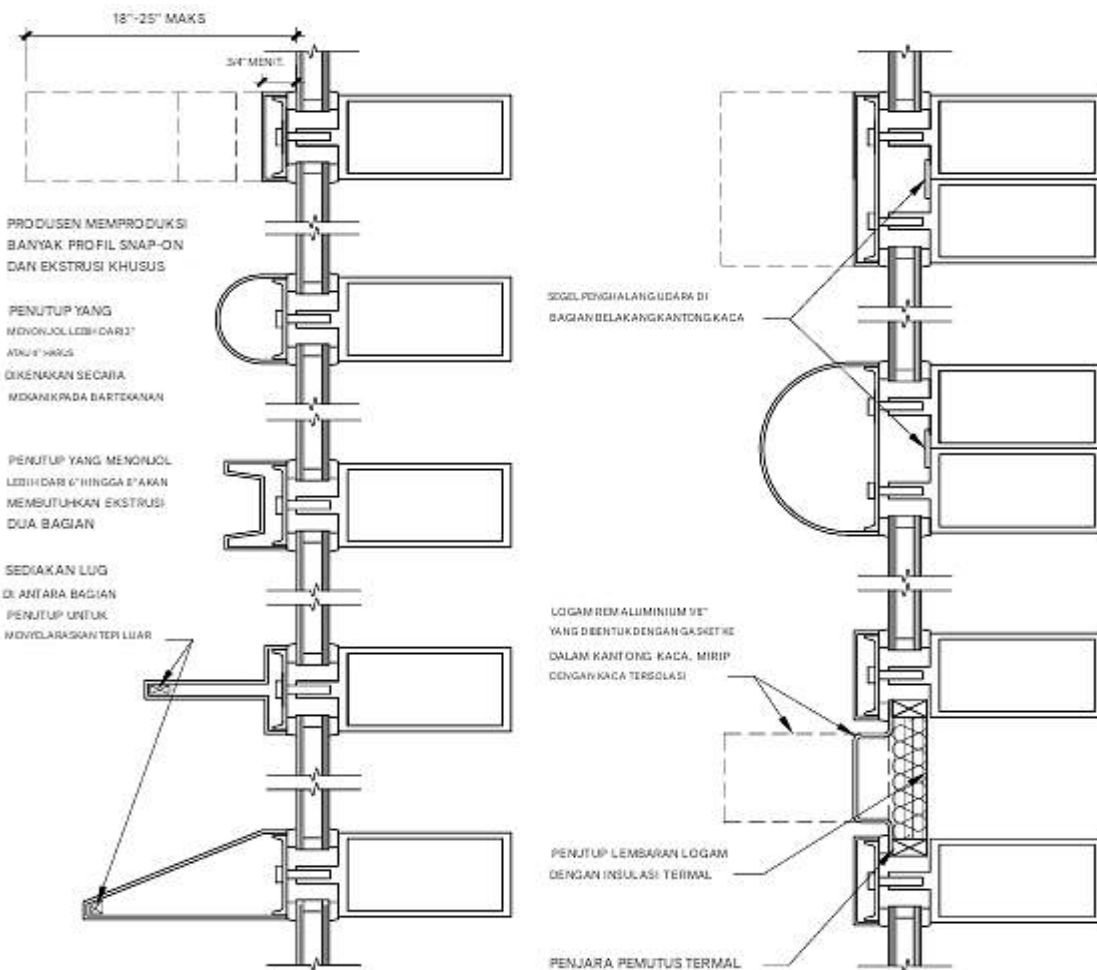
Gambar 2.436 Detail lampiran dan jangkar



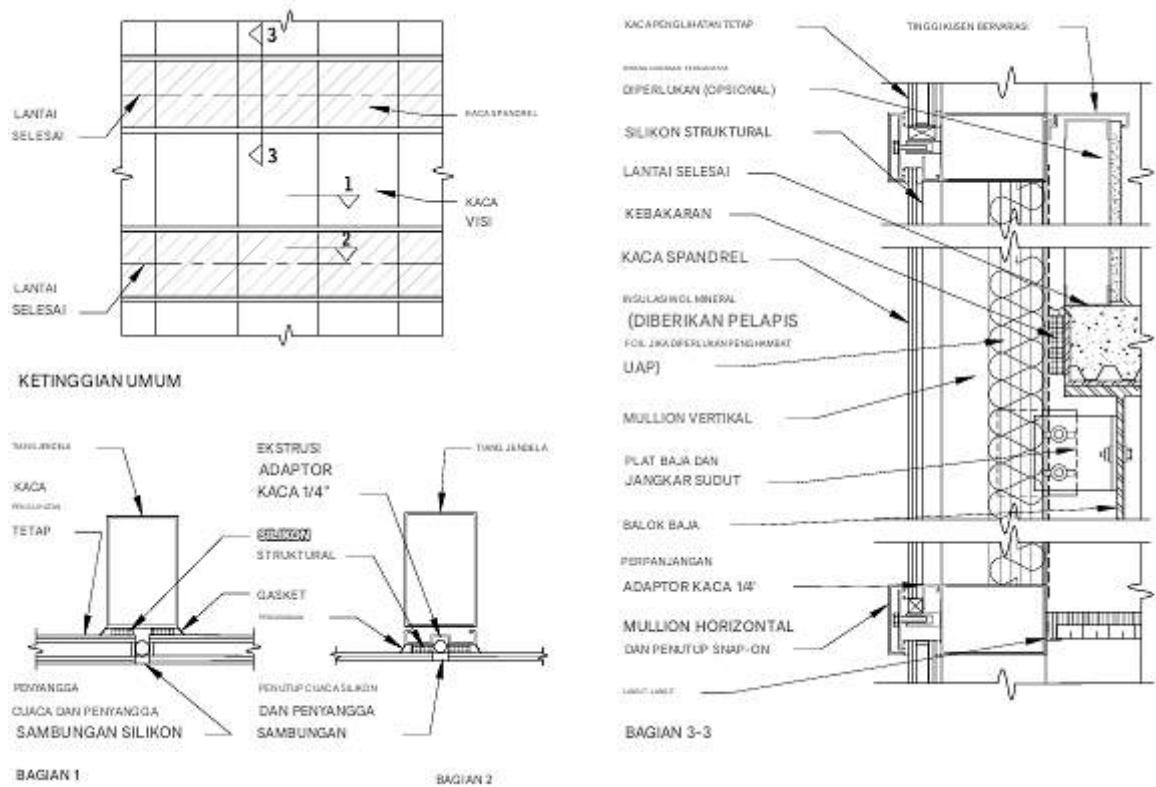
Gambar 2.437 Mullion plat tekanan umum



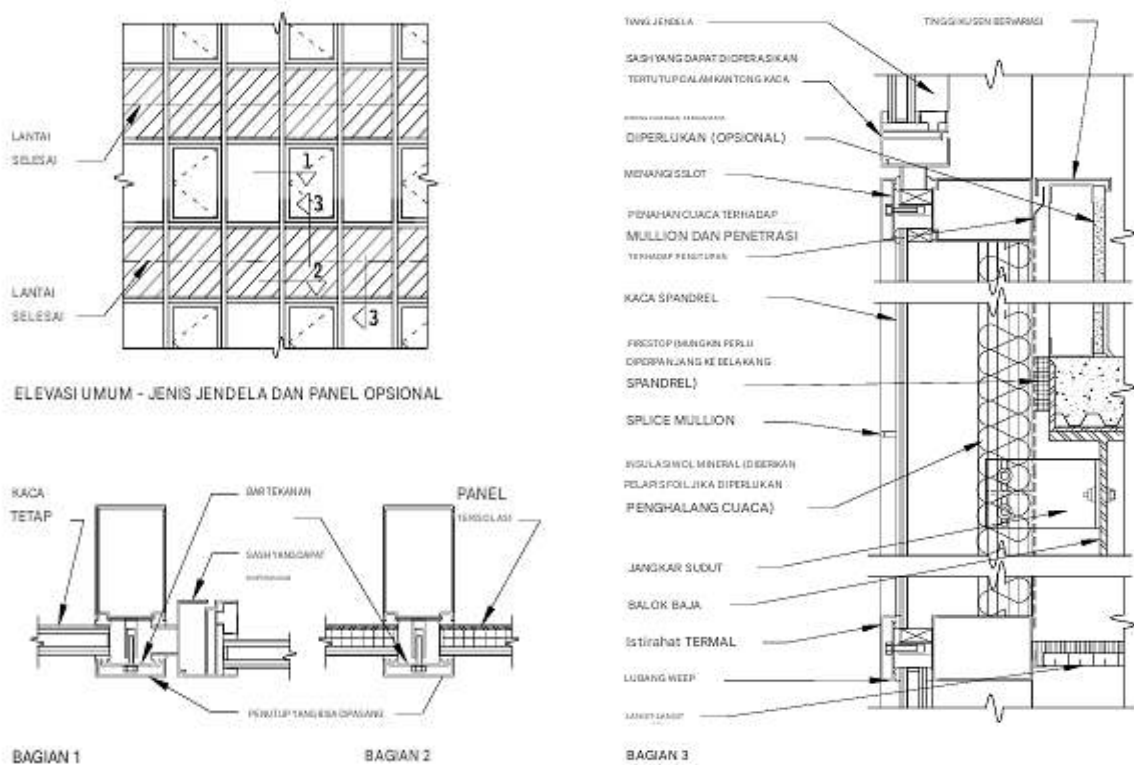
Gambar 2.438 Mullion kaca kering umum



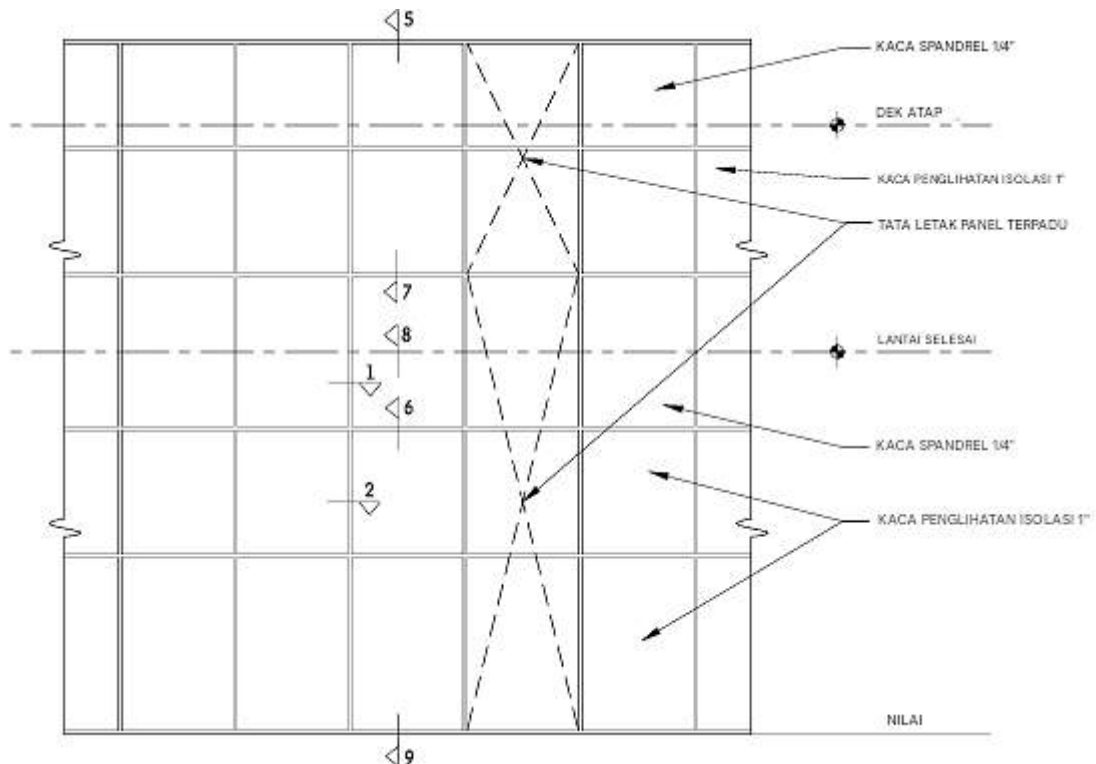
Gambar 2.439 Pilihan penutup mullion snap-on



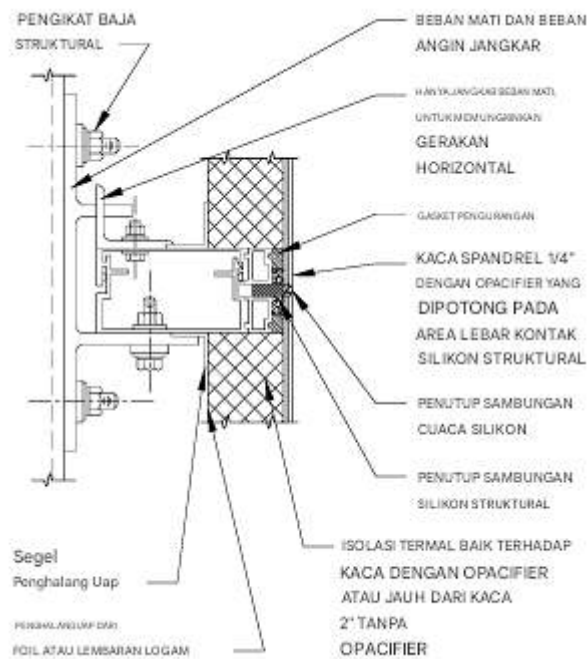
Gambar 2.440 Sistem pengelapan struktural dua sisi dengan sealant sambungan silikon struktural



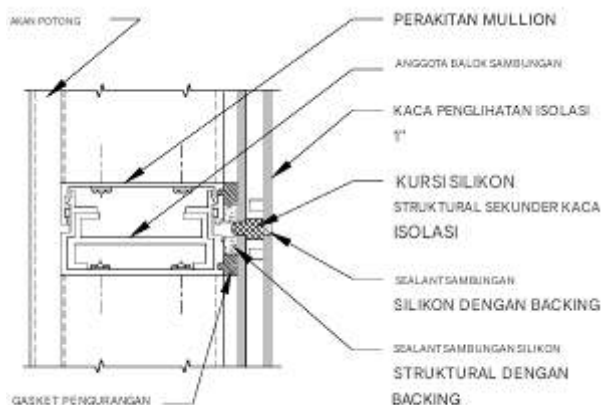
Gambar 2.441 Sistem kisi-kisi (stick atau stud), batang tekanan aluminium



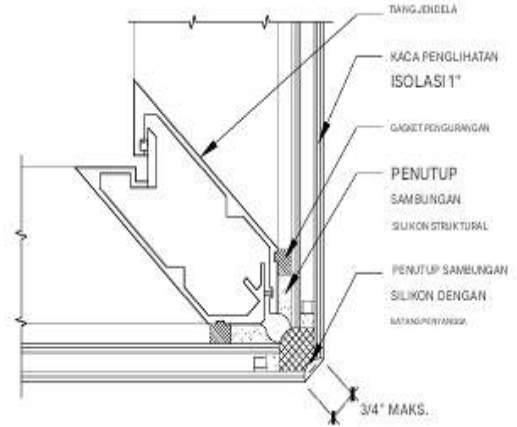
Gambar 2.442 Kaca silikon struktural empat sisi umum, sistem yang disatukan secara khusus



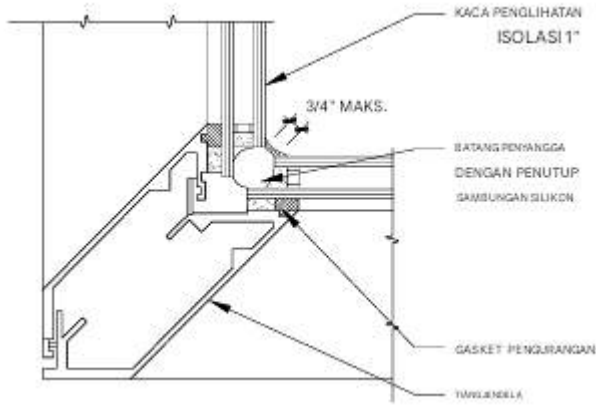
Gambar 2.443 Detail mullion 1 pada kaca spandrel—sambungan panel vertikal



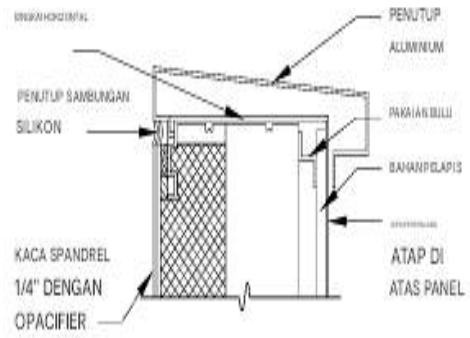
Gambar 2.444 Detail mullion 2 pada kaca vision—sambungan panel vertikal



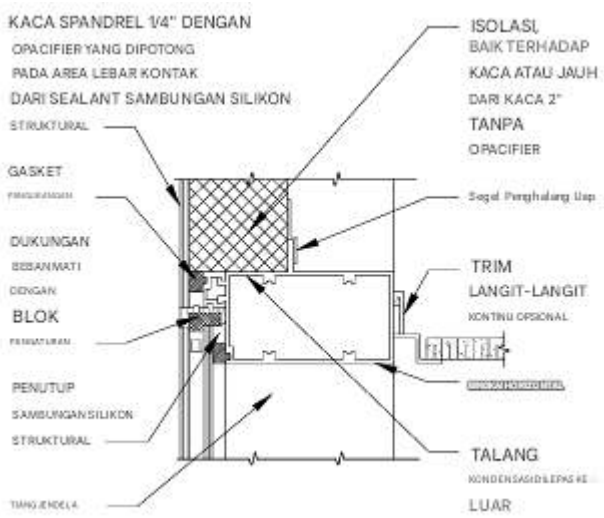
Gambar 2.445 Detail mullion 3 pada sudut luar—sambungan panel vertikal



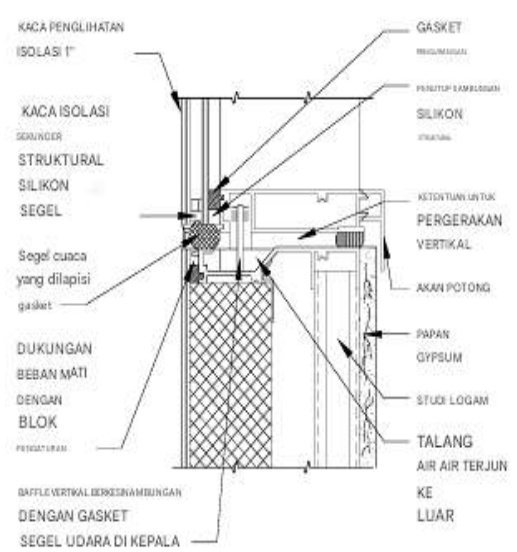
Gambar 2.446 Detail mullion 4 di sudut dalam—sambungan panel vertikal



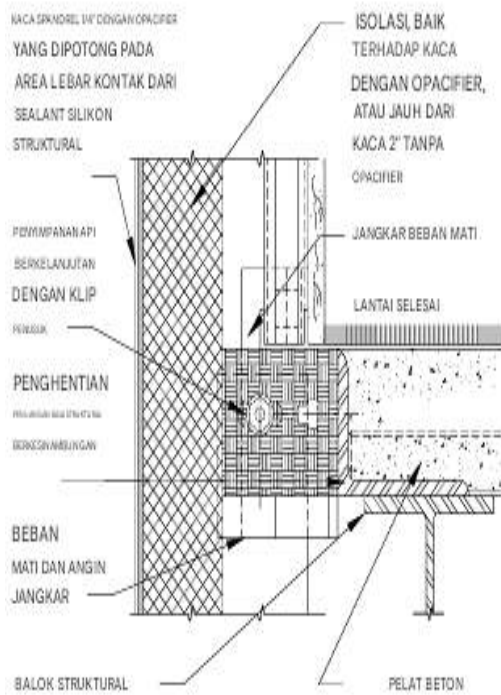
Gambar 2.447 Detail penanganan 5



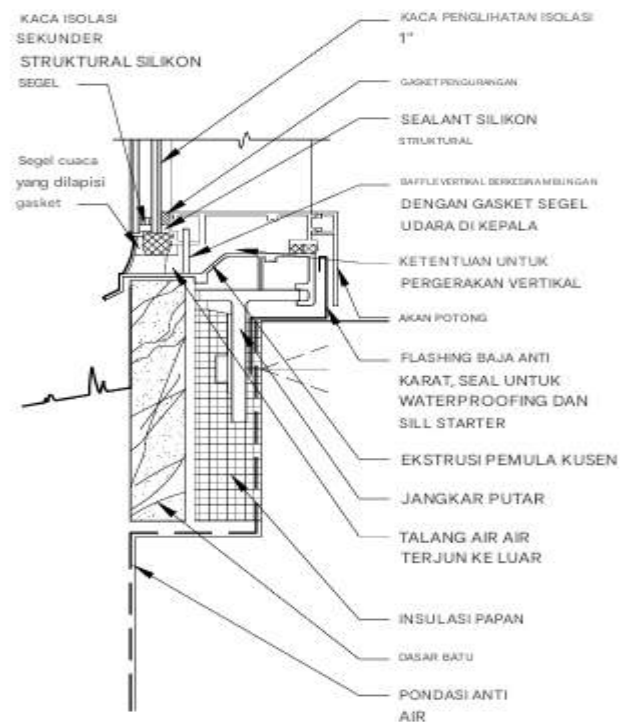
Gambar 2.448 Detail ead 6



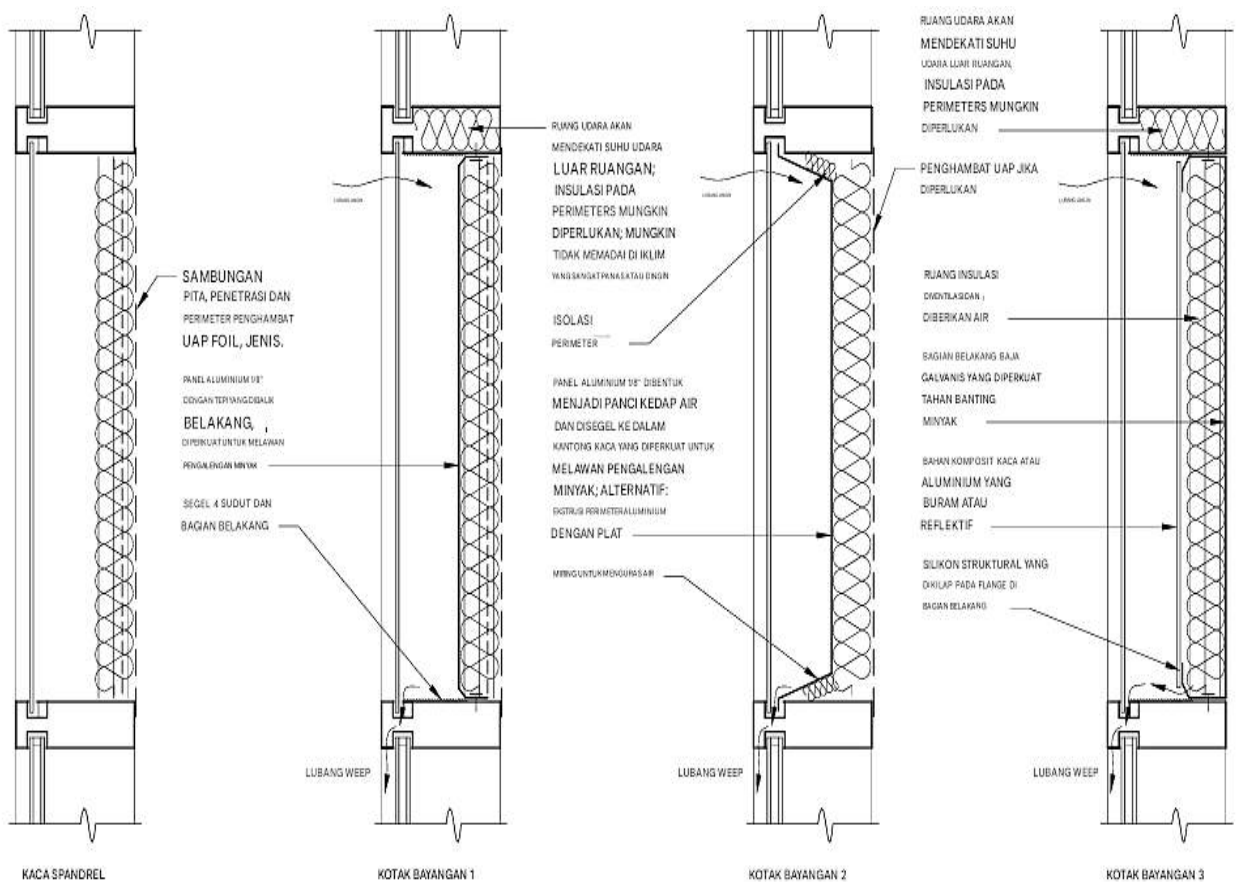
Gambar 2.449 Detail kusen 7, pada horizontal



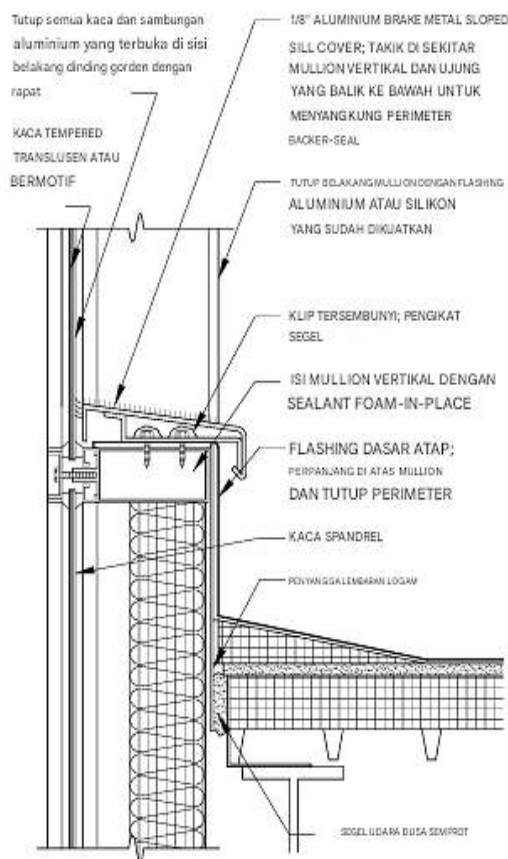
Gambar 2.450 Detail pelat lantai 8



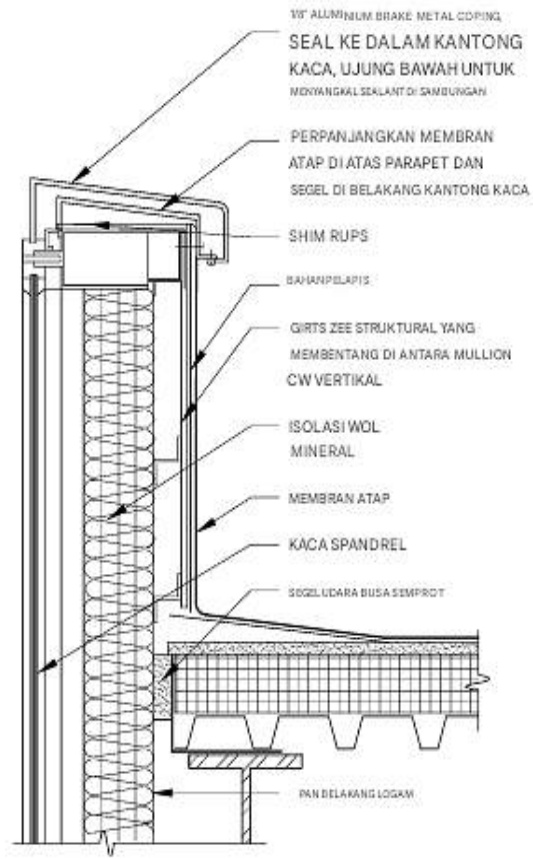
Gambar 2.451 Detail ketinggian 9



Gambar 2.452 Perakitan shadowbox dan spandrel



Gambar 2.453 Kusus pada parapet berkaca



Gambar 2.454 Parapet dinding gorden

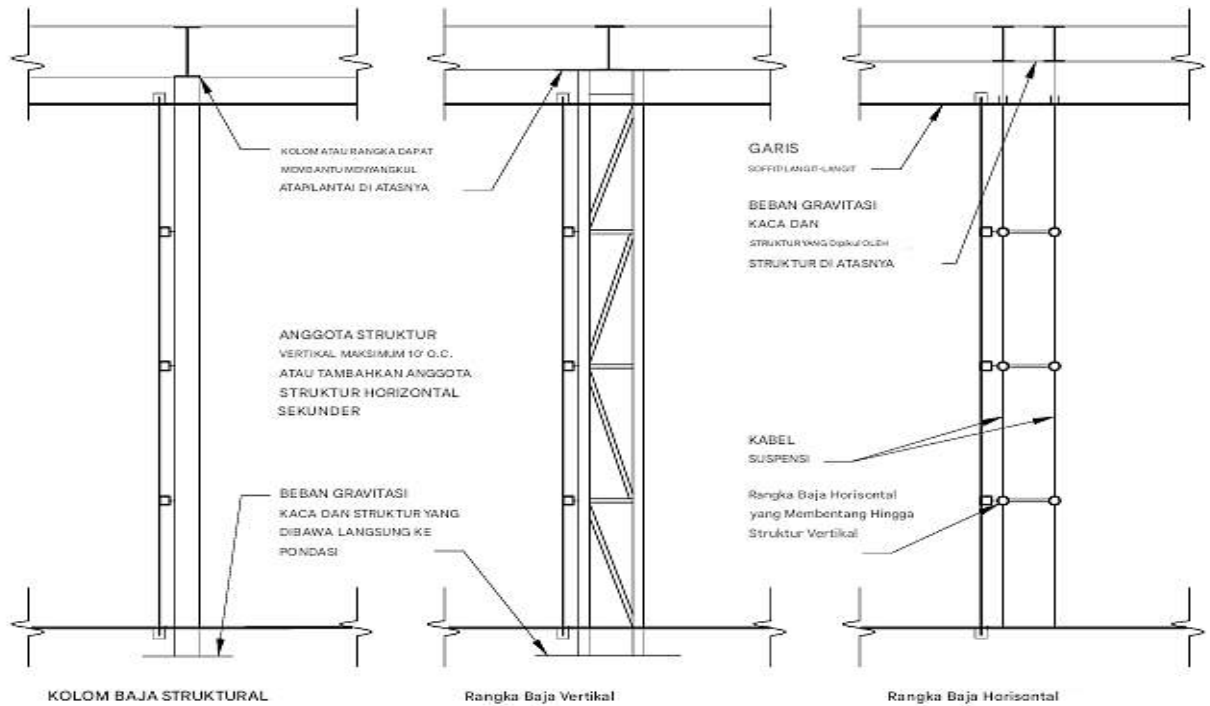
Dinding Gorden Khusus

Para profesional desain telah menantang asumsi tradisional mengenai dukungan dan pelapisan dinding gorden. Dinding ini sering digunakan di lobi besar, atrium, dan ruang berskala monumental lainnya, tetapi juga telah digunakan untuk menutup seluruh bangunan. Struktur pendukung dinding yang lebih canggih, ringan, dan transparan secara visual telah dikembangkan, termasuk rangka baja struktural yang terbuka secara arsitektural, rangka dengan anggota tegangan kabel dan batang, penyangga kisi tegangan, kusen kaca dan sirip pendukung, penggunaan kaca itu sendiri sebagai bagian dari komponen penahan beban, dan solusi inovatif lainnya. Pelapisan kaca sistem ini sering kali bergantung pada perangkat pendukung titik atau sambungan tempel di sudut, dan pelapisan kaca silikon, yang menghasilkan permukaan tanpa bingkai dan tidak terputus secara visual.

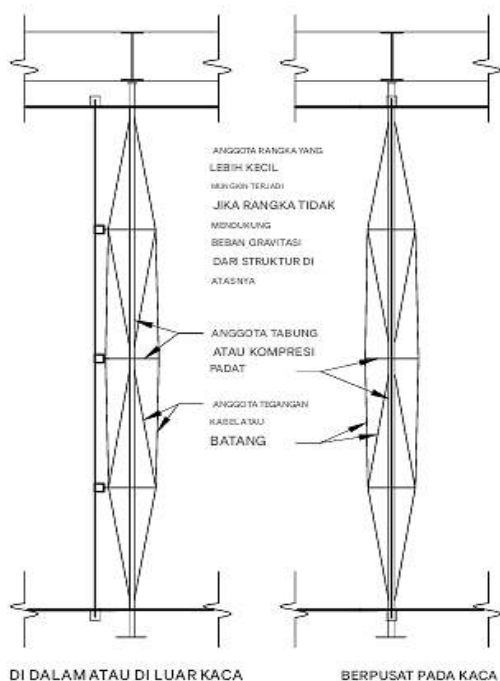
Dinding gorden khusus memerlukan koordinasi yang sangat erat antara arsitek, insinyur struktur, pabrikan, pemasang, dan kontraktor lainnya. Khususnya, jika kaca digunakan secara struktural, hanya sedikit insinyur yang memenuhi syarat untuk melakukan analisis dan sedikit pemasang yang memahami urutan yang sulit yang diperlukan untuk menahan dinding di tempatnya sementara hingga semua komponen dapat dikencangkan sesuai nilai desain. Berikut ini adalah beberapa masalah:

- ❖ Perolehan/kehilangan panas dan pengendalian silau dapat menjadi masalah yang cukup besar pada area kaca yang luas. Diperlukan penebus dan kaca khusus.

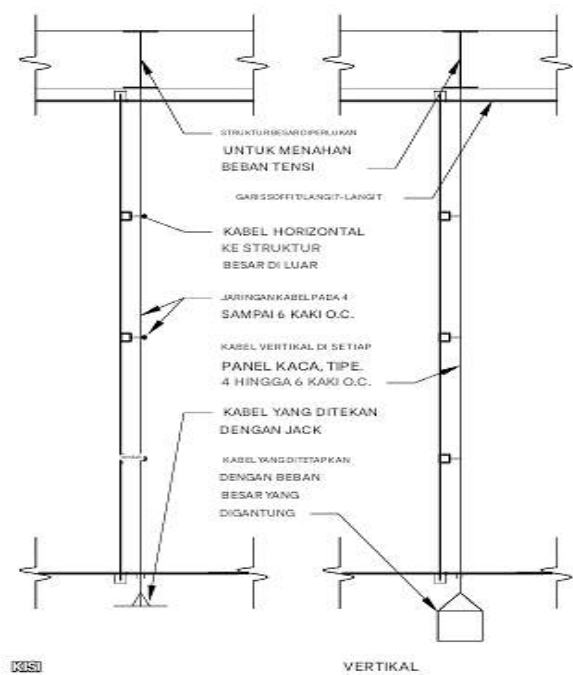
- ❖ Struktur bangunan yang berdekatan mungkin perlu menampung beban besar yang diakibatkan oleh dinding yang menggantung yang mungkin akan dibebani gravitasi ke fondasi atau menahan beban tarik yang besar.
- ❖ Antarmuka dengan dinding, rangka, dan atap di sekitarnya mungkin perlu menampung pergerakan yang signifikan di dalam dan di antara sistem.



Gambar 2.455 Dukungan baja struktural—dinding gorden bentang panjang

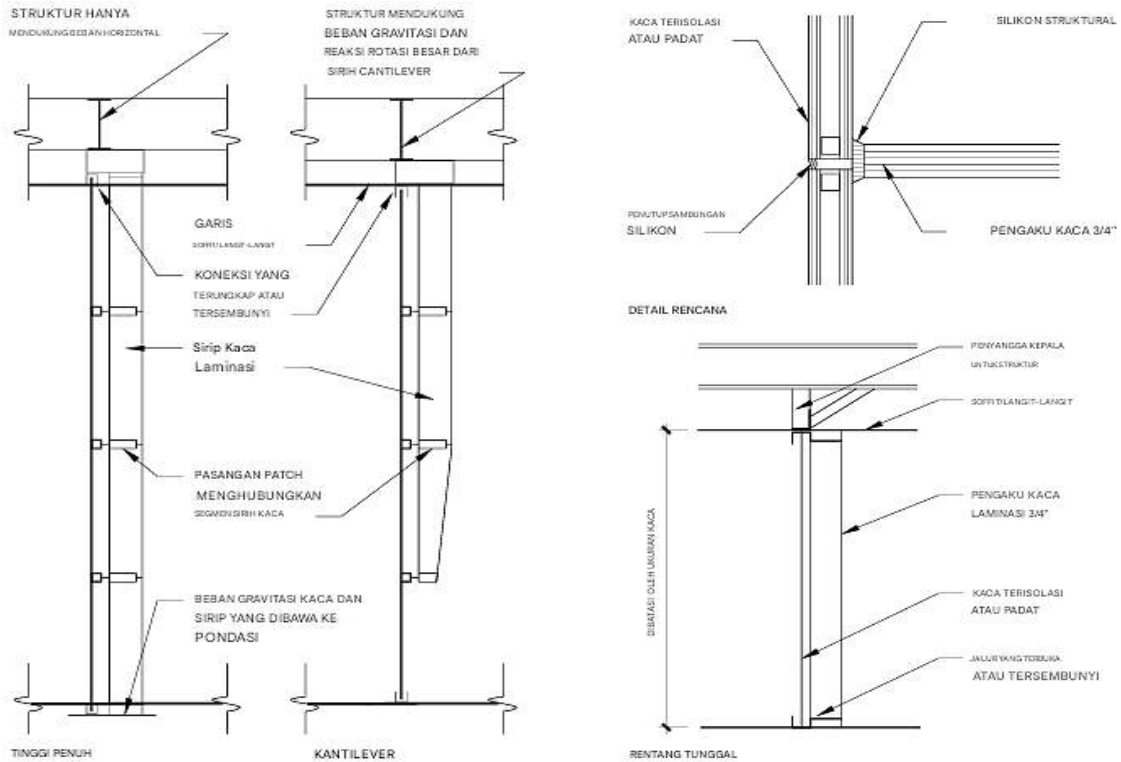


Gambar 2.456 Rangka kabel tegangan—dinding gorden bentang panjang

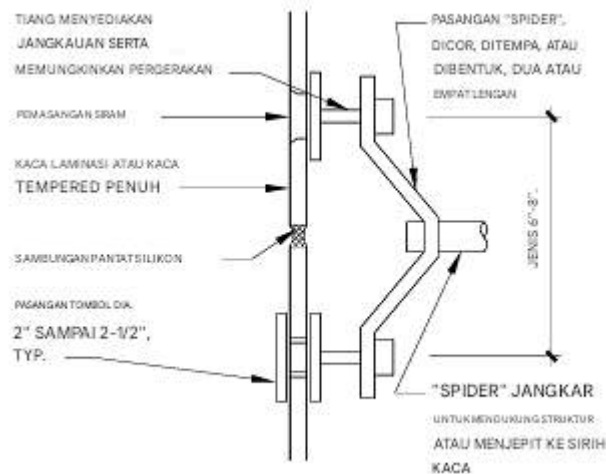


Gambar 2.457 Kabel tegangan—dinding

gorden bentang panjang



Gambar 2.458 Dukungan kaca—dinding gorden bentang panjang



Gambar 2.459 Dukungan poin

Dinding Gorden Fasad Ganda

Dinding gorden fasad ganda, seperti namanya, menggunakan dua lapisan sistem dinding terpisah dengan rongga di antaranya. Rongga tersebut menciptakan lingkungan perantara antara interior dan eksterior, sehingga menghasilkan suhu permukaan kaca interior yang lebih hangat, untuk meningkatkan kenyamanan penghuni dan kinerja akustik yang lebih baik. Rongga tersebut juga dapat digunakan untuk menyediakan ventilasi alami atau yang diinduksi secara mekanis, terutama pada bangunan bertingkat tinggi di mana ventilasi alami

mungkin tidak memungkinkan.

Perangkat peneduh dapat dipasang di rongga tersebut. Ukuran rongga bervariasi, dengan dua pendekatan utama. Pendekatan pertama adalah dengan rongga kecil sekitar 6 inci dengan salah satu lapisan dinding memiliki selempang yang dapat dioperasikan untuk mengakses rongga tersebut. Pendekatan kedua adalah dengan rongga yang cukup lebar, umumnya sekitar 3 ft, untuk akses pemeliharaan.

Nilai dinding gorden fasad ganda di luar Eropa belum terbukti dengan jelas, karena harganya sangat mahal dan periode pengembalian untuk penghematan energi mungkin lama. Ada cara lain yang lebih hemat biaya untuk mendapatkan sebagian besar peningkatan kinerja yang ditawarkan oleh fasad ganda—fasad ganda sebagai perbaikan dinding gorden yang ada mungkin merupakan pilihan yang baik.

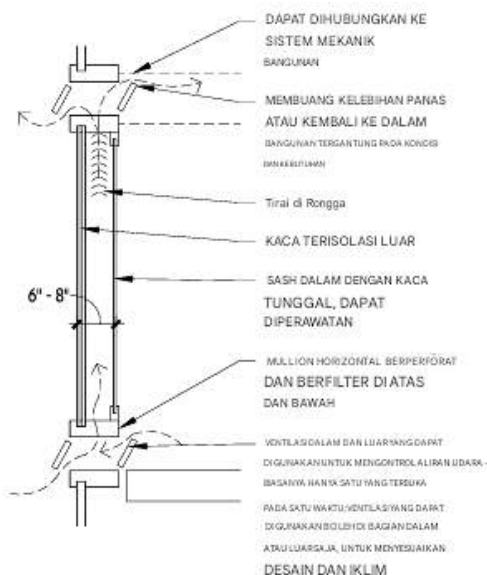
Dinding gorden yang lama sering kali hanya dilapisi kaca tunggal, dan gasketnya dapat dikeringkan. Namun, pelepasan dinding gorden yang ada dapat menyebabkan gangguan yang tidak dapat diterima pada aktivitas yang ada. Menambahkan lapisan dinding baru di luar yang sudah ada mungkin merupakan solusi yang hemat biaya dan minimal invasif.

Dinding Gorden Kaca Saluran

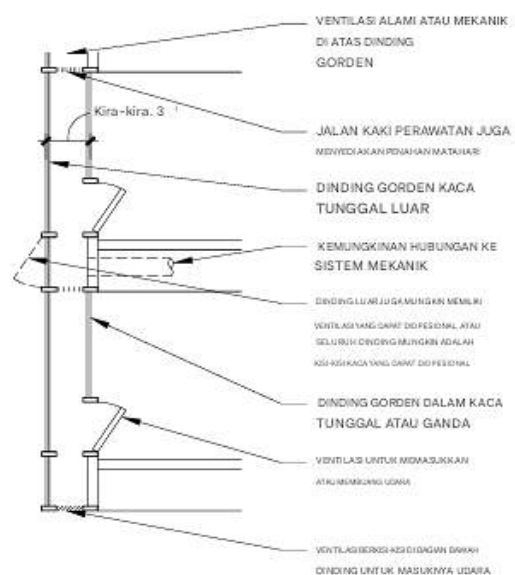
Dinding kaca saluran terdiri dari satu atau dua lapisan saluran kaca yang diekstrusi, disegel silikon bersama-sama dan ditahan di bagian kepala dan ambang jendela dalam jalur yang diekstrusi. Dindingnya tembus cahaya, bukan transparan. Dinding dua lapis efisien secara termal jika rangka juga rusak secara termal.

Lihat referensi berikut:

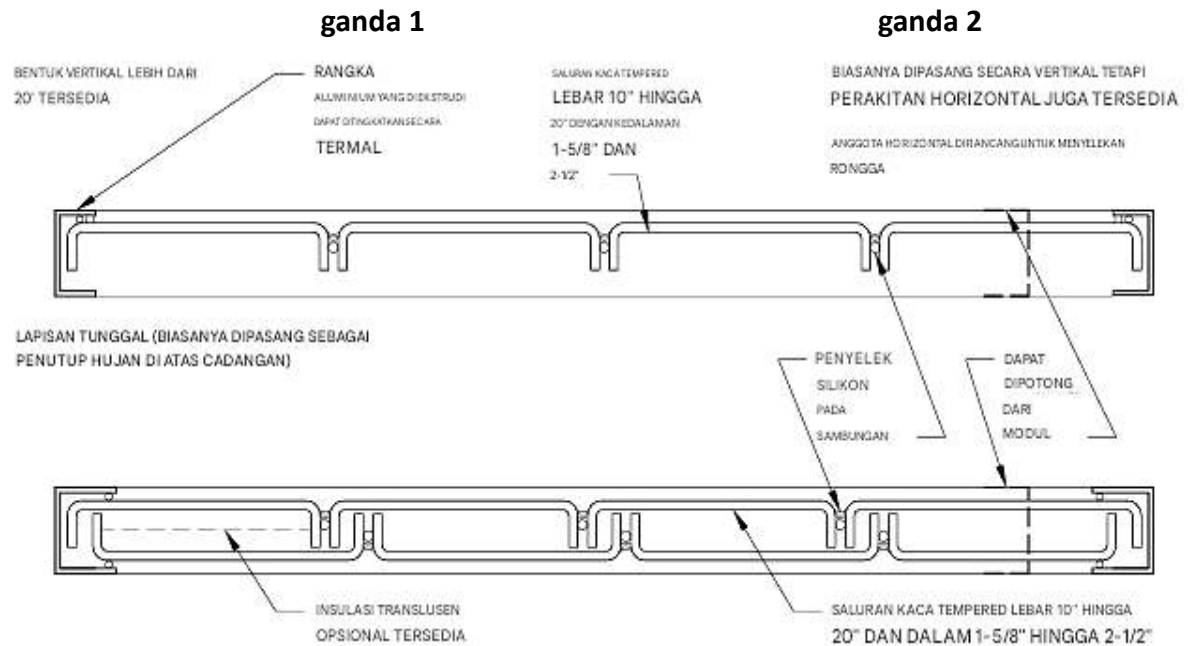
- *Double-Skin Façades* oleh Eberhard Oesterle, Rolf-dieter Lieb, Martin Lutz, dan Winfried Heusler (Munich, Jerman: Prestel Verlag, 2001)
- *Glass in Architecture* oleh Michael Wigginton (New York City, NY: Phaidon Press Ltd, 1996)



Gambar 2.460 Dinding gorden fasad



Gambar 2.461 Dinding gorden fasad



Gambar 2.462 Dinding gorden kaca saluran

2.16 PINTU EKSTERIOR

Pertimbangan Desain

Pintu eksterior memungkinkan akses masuk dan keluar, sekaligus menjaga pemisahan antara lingkungan interior dan eksterior. Pintu juga harus memberikan keamanan dari penyusupan, dan mungkin perlu diberi peringkat tahan api.

Jenis pintu dan rangka meliputi:

- Pintu dan rangka logam berongga: Ini mematuhi standar kinerja dalam Hollow Metal Manual, oleh *Hollow Metal Manufacturers Association* (HMMA) dan NAAMM serta *Steel Door Institute* (SDI).
- Pintu pragantung perumahan: Ini termasuk pintu berinsulasi, berlapis logam, berlapis fiberglass, dan pintu kayu dalam rangka kayu atau logam. Lihat AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440, "Standar/Spesifikasi untuk Jendela, Pintu, dan Skylight Unit." Angin dan kehilangan panas dari pintu perumahan menghadirkan masalah yang lebih besar daripada bangunan komersial. Kemungkinan besar kenyamanan penghuni akan terpengaruh lebih besar, dan bahwa kehilangan energi akan mengakibatkan dampak yang lebih besar pada penggunaan energi secara keseluruhan.
- Pintu masuk aluminium dan kaca: Jenis ini mencakup rangka pintu dari aluminium ekstrusi dengan panel pengisi kaca atau aluminium berinsulasi. Prosedur uji standar tersedia untuk mengevaluasi banyak kriteria kinerja khusus, termasuk isolasi akustik, ketahanan ledakan, ketahanan masuk paksa, dan dampak keselamatan. Lihat AAMA.
- Pintu masuk khusus: Pintu kaca pengaman temper, tanpa rangka dengan sambungan tempel, dengan rel atas dan bawah atau dengan rangka logam padat, tersedia secara khusus untuk pintu masuk monumental. Lihat GANA.

Aksesibilitas

Pintu masuk tidak dibatasi oleh IBC atau ADAAG untuk gaya pengoperasian aksesibilitas, terutama karena gaya rendah tidak cukup untuk menjaga pintu tetap tertutup terhadap tekanan angin. Namun, hal ini harus diverifikasi, karena beberapa kode lokal memiliki gaya pengoperasian maksimum. Merupakan praktik yang baik untuk menyediakan pintu otomatis di pintu masuk gedung publik untuk memungkinkan akses universal. Operator yang tersembunyi dan terbuka di atas kepala, serta operator yang tersembunyi di lantai, tersedia. Tombol tekan, kunci kartu, atau aktivator sensor gerak dapat digunakan.

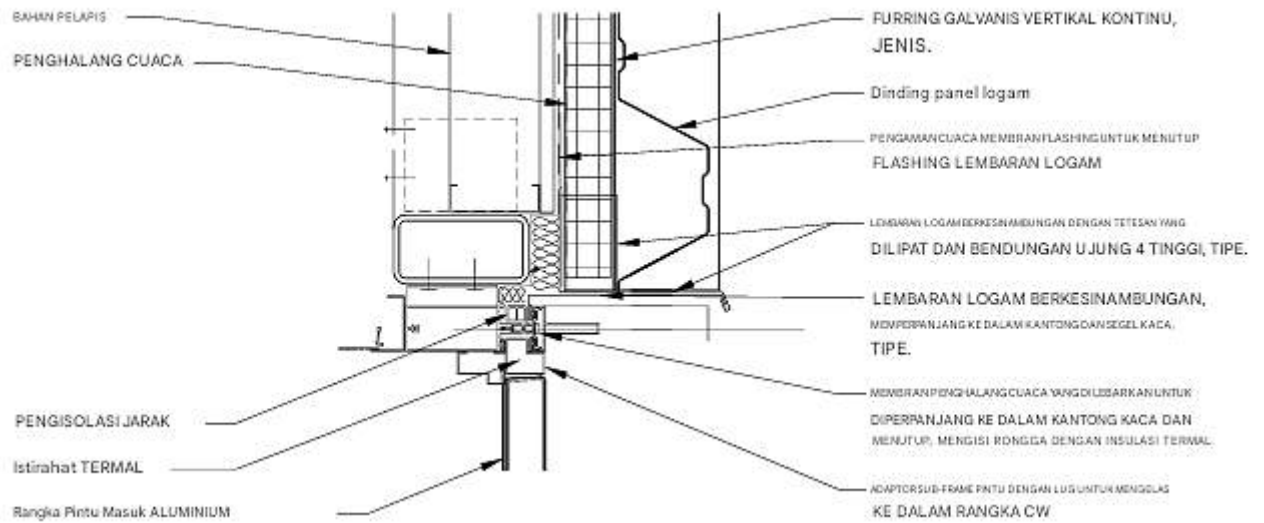
Ambang batas harus menyediakan permukaan yang dapat dilalui dengan berjalan kaki secara terus-menerus, dengan kemiringan vertikal minimal untuk memungkinkan akses universal yang bebas dari bahaya tersandung dan hambatan bagi lalu lintas beroda. Kurangnya kemiringan vertikal dapat menciptakan peluang bagi air untuk didorong ke bawah pintu oleh tekanan angin, jadi kompensasikan dengan kanopi atau atap yang besar dan pastikan bahwa kemiringan paving menjauh. Saluran pembuangan parit dengan kisi-kisi yang berjarak dekat tepat di depan pintu juga akan menghentikan air.

Pemasangan

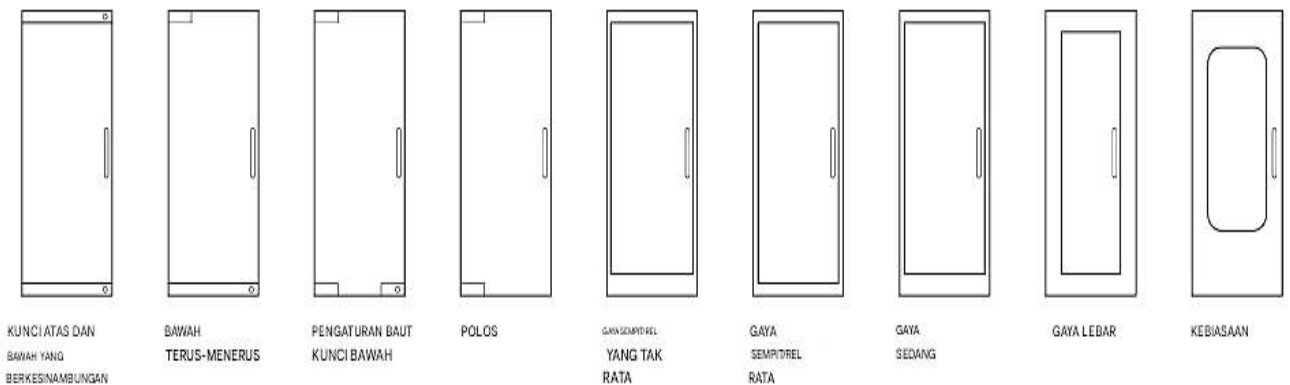
Terlepas dari kualitas pintu dan rangka, kinerja akhir bergantung pada pemasangan yang tepat. Perpotongan rangka pintu dengan dinding di sekitarnya selalu menjadi detail yang sulit, dan material modern yang ringan telah memperburuk masalah tersebut. ASTM E 2112, "Praktik Standar untuk Pemasangan Jendela, Pintu, dan Skylight Eksterior," menetapkan berbagai metode untuk pemasangan pintu hunian yang digantung sebelumnya dengan kualitas baik. Arsitek dapat melampaui praktik pemasangan standar untuk layanan yang lebih tahan lama dan dapat diandalkan. Secara khusus, Anda disarankan untuk mengoordinasikan pelapisan kedap air, pelapisan kedap lembap, dan pelapisan di bawah permukaan tanah dengan ambang pintu.



Gambar 2.463 Detail kusen logam berongga



Gambar 2.464 Detail jam masuk aluminium



Gambar 2.465 Jenis pintu kaca

Pemasangan pintu harus dijelaskan secara rinci sesuai dengan jenis rakitan dinding umum, yang meliputi:

- Dinding penghalang: Tutup rapat rangka pintu dengan penghalang. Gunakan lapisan bawah ambang untuk menghindari masuknya air ke dalam dinding. Untuk dinding penghalang besar seperti beton pracetak, lapisan atas mungkin diperlukan untuk memastikan rembesan air tidak masuk ke balik jendela.
- Dinding bidang drainase: Sediakan lapisan utama rangka pintu dengan bidang drainase kedap air, dan lapisan luar sejajar dengan penutup dinding. Lapisan bawah di bawah ambang pintu harus memanjang melewati rangka pintu dan dilapis oleh bidang drainase kedap air di dinding. Pastikan kontinuitas penghalang udara, di mana pun letaknya di rakitan dinding.
- Dinding rongga drainase: Sediakan lapisan utama rangka pintu dengan garis perlindungan bagian dalam kedap air, dan lapisan luar pada penutup dinding luar. Lapisan bawah di bawah ambang pintu harus memanjang melewati rangka pintu dan

dilapis oleh penghalang kedap air di dinding. Pastikan kontinuitas penghalang udara jika tidak terletak di garis perlindungan bagian dalam.

- Dinding pelindung hujan dengan tekanan yang sama (PE): Gunakan rangka pintu yang menggabungkan teknologi pelindung hujan PE. Tutup rapat penghalang udara rangka pintu dengan penghalang udara dinding; sama halnya dengan pelindung hujan. Lapisan di bawah ambang pintu harus memanjang melewati rangka pintu dan dililit oleh penghalang udara/uap di dinding.
- Penghalang udara dan uap: Jelaskan pemasangan pintu secara terperinci sehingga garis penghalang udara dan/atau penghalang uap (jika diperlukan) memanjang tanpa terputus melintasi celah di sekeliling rangka pintu.

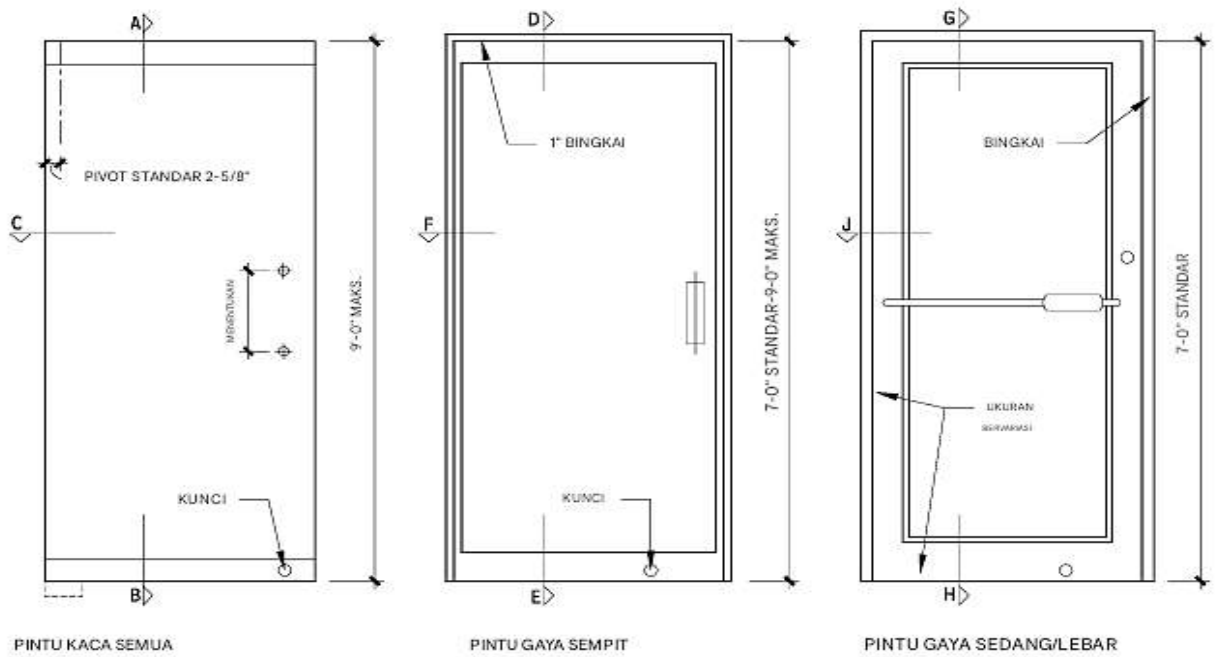
Organisasi-organisasi ini dapat dihubungi untuk informasi lebih lanjut:

- *Hollow Metal Manufacturers Association (HMMA)*
- *Steel Door Institute (SDI)*
- *American Architectural Manufacturers Association (AAMA)*
- *Window and Door Manufacturers Association (WDMA)*

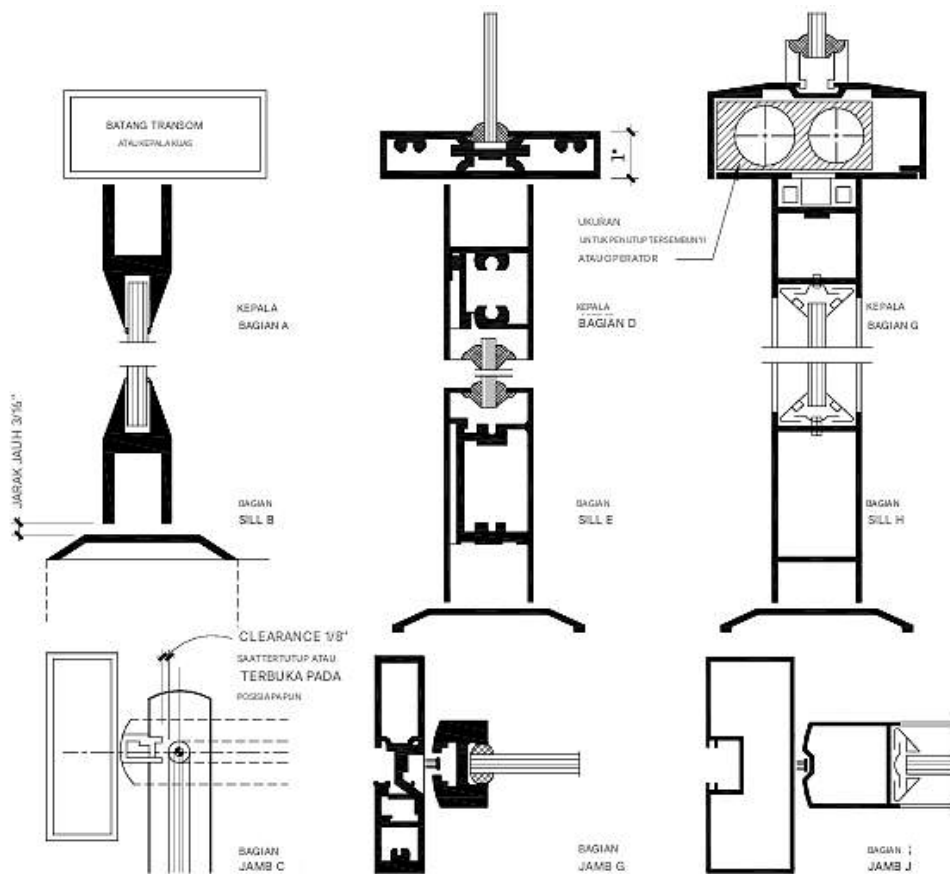
Pintu Masuk Kaca

Ingatlah hal-hal berikut saat bekerja dengan pintu masuk kaca:

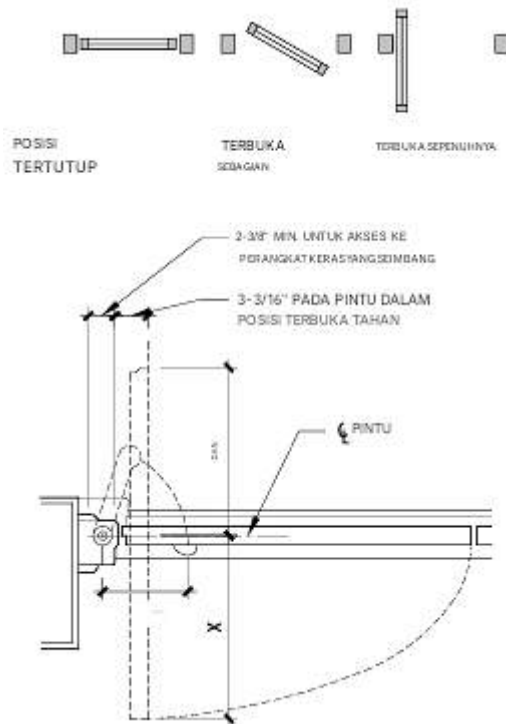
- Konsultasikan kode yang berlaku untuk persyaratan keselamatan, ukuran kaca, ketebalan, dan tempering.
- Pintu kaca tanpa bingkai 1/2 inci tersedia dalam warna bening, abu-abu, atau perunggu, dalam ukuran hingga 60 x 108 inci. Pintu kaca tanpa bingkai 3/4 inci hanya tersedia dalam warna bening dalam ukuran hingga 48 x 108 inci.
- Konsultasikan data produsen tentang kecukupan struktural untuk beban yang dibutuhkan dan untuk rangka dan tulangan palang transom.
- Pintu dan rangka aluminium tersedia dalam semua lapisan aluminium standar dalam ukuran hingga 6 x 7 ft.
- Pintu tanpa rangka mungkin tidak memungkinkan penahan cuaca yang memadai. Penggunaan pintu tanpa rangka di dinding eksterior di iklim utara harus dievaluasi untuk efisiensi energi dan kenyamanan.
- Lihat semua kode, standar, dan peraturan yang berlaku untuk persyaratan khusus untuk pintu yang harus dapat diakses.



Gambar 2.466 Elevasi—pintu masuk kaca umum



Gambar 2.467 Detail—pintu kaca umum



PERSYARATAN RUANG—BERBAGAI LEBAR PINTU (IN.)						
	34	36	38	40	42	44
X	21 $\frac{1}{4}$	23 $\frac{1}{4}$	25 $\frac{1}{4}$	23 $\frac{3}{4}$	25 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{4}$
Y	12 $\frac{3}{4}$			16 $\frac{1}{4}$		
Z	7 $\frac{1}{8}$			8 $\frac{7}{8}$		

Gambar 2.468 Pintu seimbang

Pintu Masuk Pintu Putar

Berikut ini beberapa hal yang perlu dipertimbangkan saat bekerja dengan pintu putar:

- Dinding penutup kaca melingkar dapat dilapisi kaca setebal 1/4 inci. Namun, hal ini berbeda-beda di setiap badan pemerintah. Beberapa yurisdiksi mengharuskan kaca laminasi. Kaca tempered tidak tersedia untuk penggunaan ini. Lihat standar Komisi Keamanan Produk Konsumen untuk pelapisan kaca.
- Kapasitas praktis setara dengan 25 hingga 35 orang per menit.
- Pintu yang dibuat dari baja tahan karat, aluminium, atau perunggu tersedia. Baja tahan karat adalah yang paling tahan lama; waktu pengerjaan bervariasi tergantung pada teknik konstruksi. Baja tahan karat tersedia dalam sejumlah lapisan satin dan polesan. Aluminium adalah yang paling umum dan ekonomis. Baja tahan karat tersedia dalam lapisan anodisasi atau cat. Perunggu adalah yang paling sulit dirawat; lapisan satin, polesan, atau patung harus memiliki lapisan pernis pelindung. Pintu tersedia, dengan hanya tiang atas dan bawah yang digunakan dengan pintu etalase kaca. Penutup dinding dapat seluruhnya terbuat dari logam, seluruhnya kaca, sebagian kaca, atau konstruksi yang terpasang di dalam.
- Sumber pemanas dan pendingin opsional harus ditempatkan tepat di samping

penutup.

- Untuk perencanaan umum, gunakan diameter 6 ft 6 inci. Untuk hotel, pertokoan, bandara, atau area lalu lintas besar lainnya, gunakan diameter 7 ft atau lebih.
- Kode dapat memperbolehkan 50 persen dari persyaratan keluar yang sah melalui pintu putar. Beberapa tidak memperhitungkan apa pun, dan mengharuskan pintu berengsel di sebelahnya. Verifikasi dengan otoritas setempat.

Jenis Dan Aplikasi

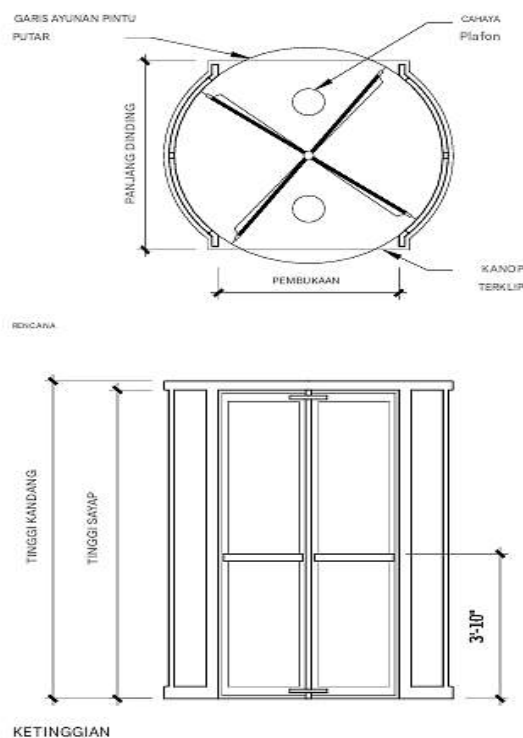
Jenis dan aplikasi pintu putar meliputi:

- ❖ Pintu putar otomatis untuk pintu berukuran besar
- ❖ Pintu oval bermotor untuk kelompok kecil atau kereta belanja
- ❖ Pintu putar pengaman yang tidak dapat dilipat hingga kunci geser magnetik dilepaskan secara otomatis dalam keadaan darurat
- ❖ Pintu geser malam dari konstruksi logam padat untuk menutup kuadran terbuka di bukaan eksterior
- ❖ Dioperasikan secara manual

Pertimbangan Desain

Pedoman desain pintu putar meliputi hal berikut:

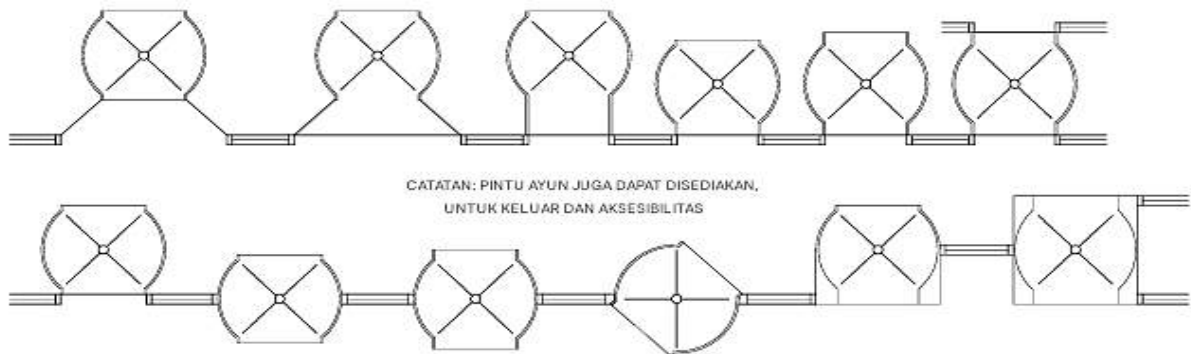
- ★ Dipasang sepenuhnya pada satu pelat.
- ★ Jangan menempel pada dinding yang berdekatan.
- ★ Lantai harus rata.



Gambar 2.469 Pintu putar umum

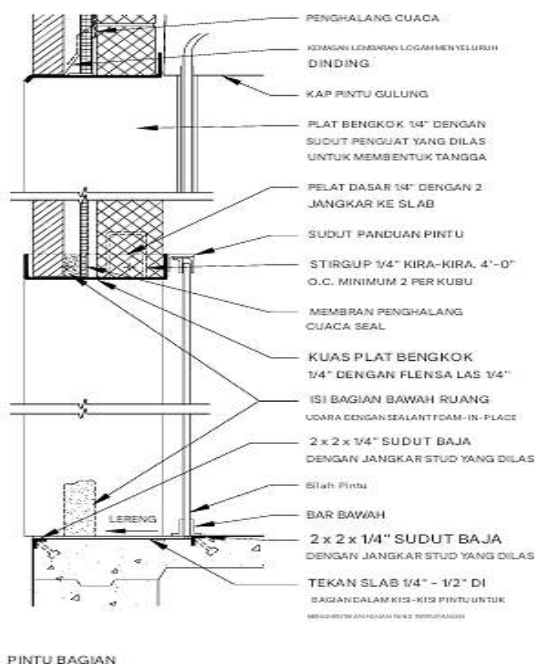
Tabel 2.470 Dimensi ruang pintu putar

DIAMETER	PEMBUKAAN		PANJANG DINDING		DIREKOMENDASIKAN
	EMPAT SAYAP	TIGA SAYAP	EMPAT SAYAP	TIGA SAYAP	
6'-0 inches	4'-1"		4'-7-5/8"		10'-0"
6'-2"	4'-2-1/2"		4'-9-1/8"		9'-10"
6'-4"	4'-3-7/8"		4'-10-1/2"		9'-8"
*6'-6"	*4'-5-1/4"	3'-1/4"	*4'-11-7/8"	6'-1/4"	9'-6"
6'-8"	4'-6-5/8"	3'-1-1/4"	5'-1-1/4"	6'-2-1/32"	9'-4"
6'-10"	4'-8-1/8"	3'-2-1/4"	5'-1-1/4"	6'-3-3/4"	9'-2"
7'-0"	4'-9-1/2"	*3'-3-1/4"	5'-4-1/8"	*6'-5-1/2"	9'-0"
7'-6"	5'-1-3/4"	3'-6-1/4"	5'-8-3/4"	6'-10-11/16"	8'-6"
8'-0"	5'-6"	3'-9-1/4"	6'-5/8"	7'-3-7/8"	8'-0"
9'-0"		4'-3/4"		8'-2-1/8"	8'-0"
10'-0"		4'-9-1/4"		9'-9/16"	8'-0"
14'-0"	9'-8-7/8"	6'-9-1/4"	10'-3-1/4"	12'-6-1/8"	8'-0"
16'-0"	11'-1-7/8"	7'-9-1/4"	11'-8-1/4"	14'-2-7/8"	8'-0"



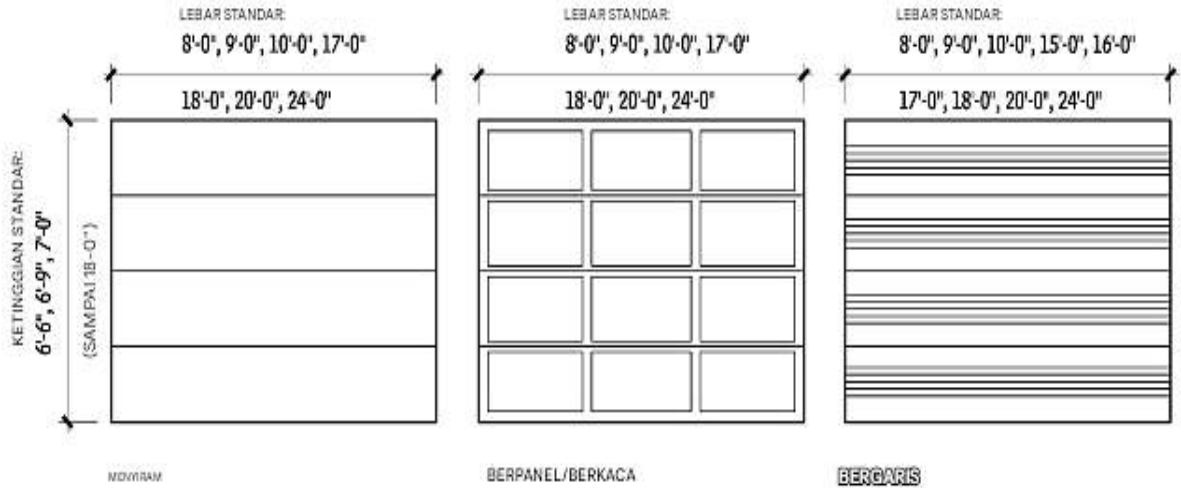
Gambar 2.471 Jenis tata letak

Pintu Khusus



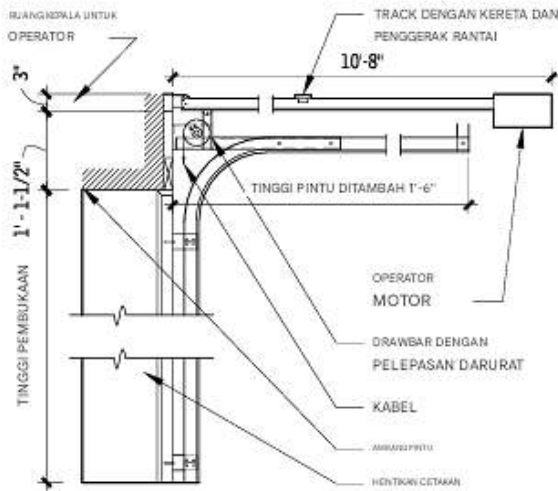
Gambar 2.472 Pintu overhead bergulung bagian

Pintu ayun mungkin diperlukan sebagai tambahan pintu putar berdasarkan kode atau sebagai praktik yang baik untuk menyediakan jalan keluar, untuk memenuhi persyaratan aksesibilitas, atau untuk operasi keamanan di luar jam kerja.

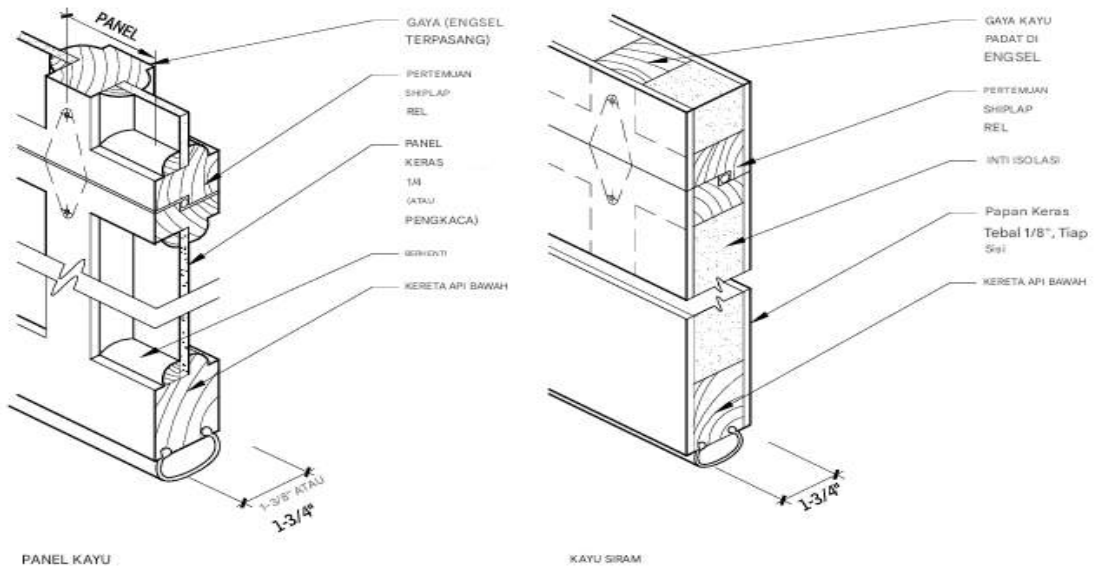


Gambar 2.473 Pintu bagian yang berfungsi ke atas

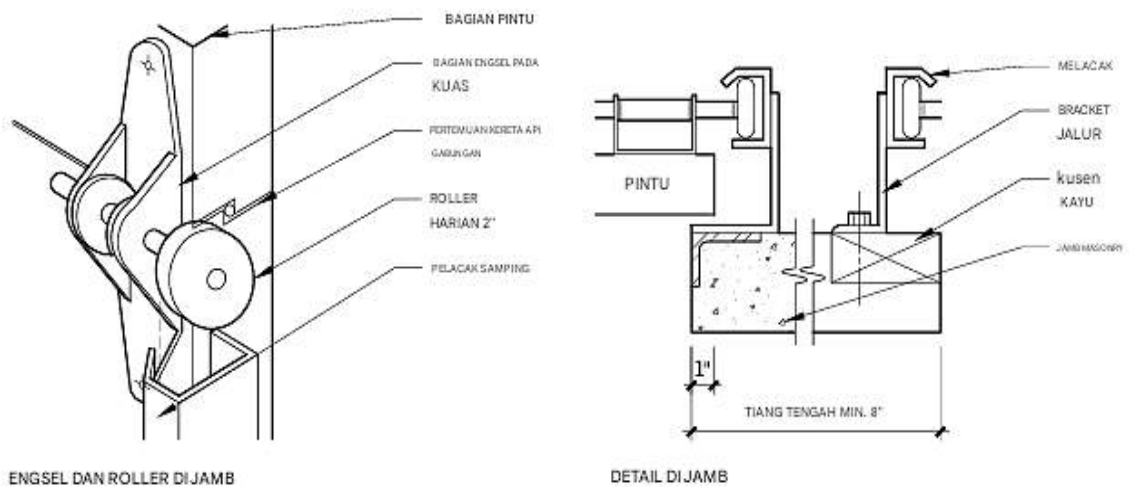
Pintu Bagian



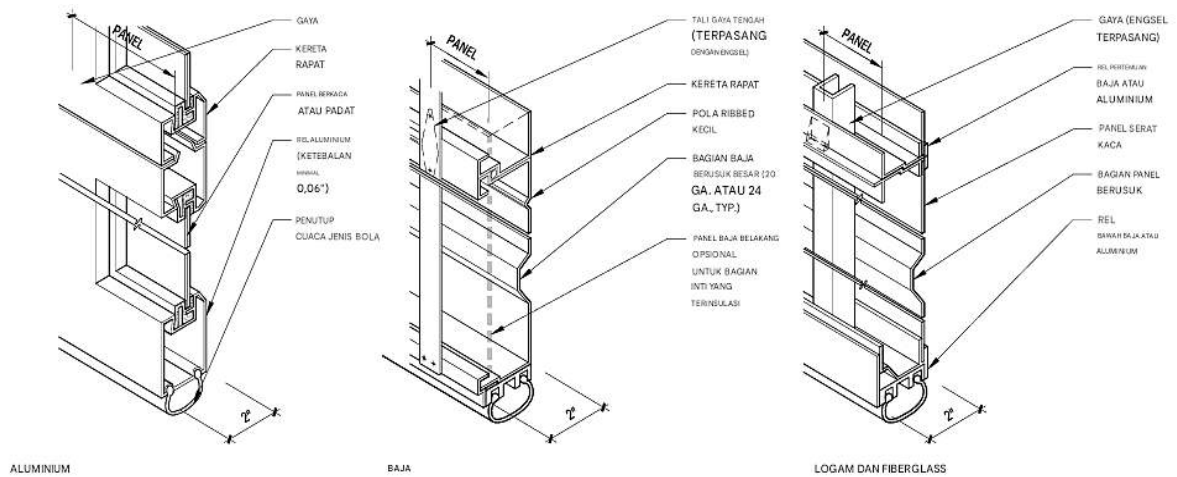
Gambar 2.474 Detail pemasangan



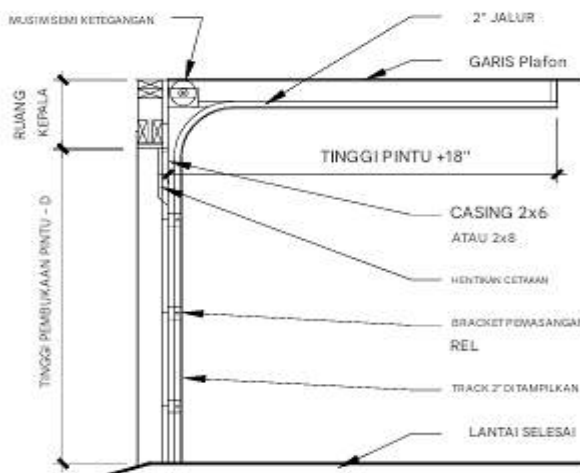
Gambar 2.475 Pintu bagian kayu



Gambar 2.476 Detail pintu bagian

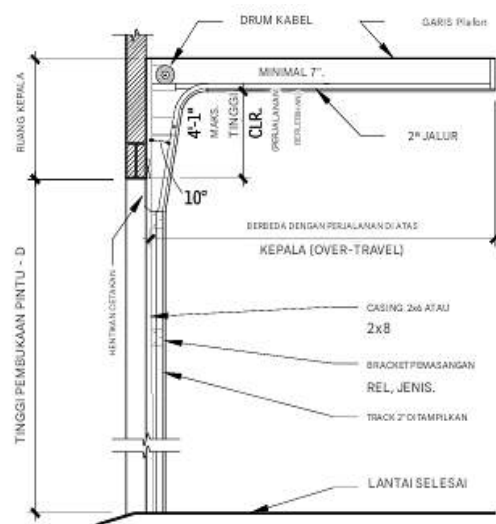
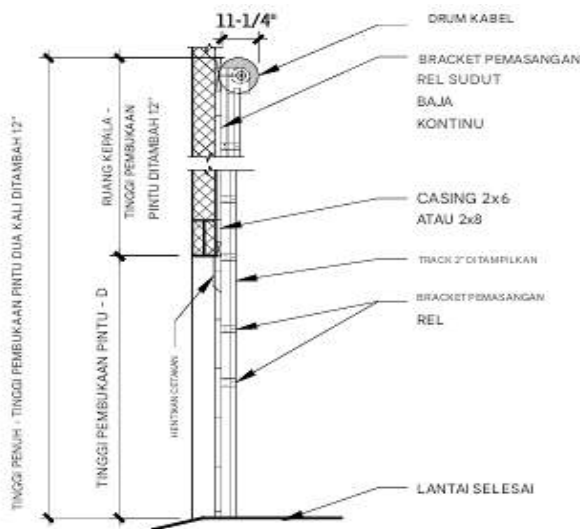


Gambar 2.477 Pintu bagian logam



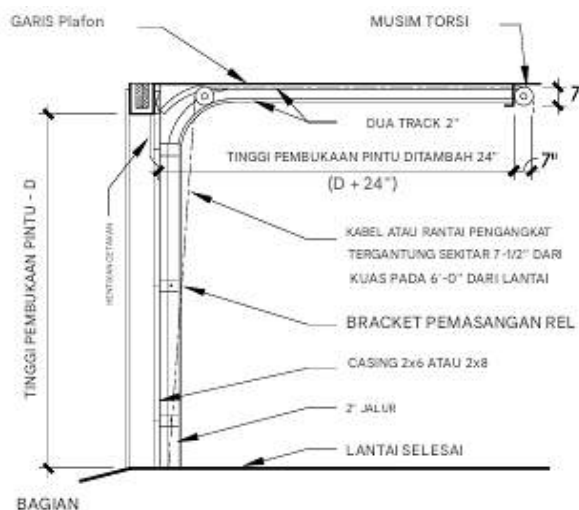
RUANG KEPALA		
MELACAK	TORSI	PERPANJANGAN
Ukuran	Mata air	Mata air
2"	16-1/2"	18"
3"	18-1/2"	22"

Gambar 2.478 Kepala standar — track 2" atau 3"



Gambar 2.479 Track vertikal penuh

Gambar 2.480 Track dengan jarak tinggi—2 atau 3 in.



Gambar 2.481 Track dengan ruang kepala rendah—2 in.

ATAP

Pertimbangan Desain

Atap umumnya terbagi dalam dua kategori besar, lereng curam dan lereng rendah. Pemilihan rakitan atap yang tepat bergantung pada banyak faktor, termasuk:

- Biaya awal dan siklus hidup
- Keandalan
- Material substrat
- Kapasitas struktural dek
- Tahan api
- Kondisi lingkungan termasuk kecepatan angin, cuaca musiman (hujan es, salju, dan hujan)
- Ketinggian bangunan
- Akses di masa mendatang
- Peralatan yang dipasang di atap
- Kompleksitas geometri bangunan
- Jumlah penetrasi
- Kinerja termal
- Urutan konstruksi
- Kode bangunan

Atap Lereng Curam

Atap lereng curam umumnya ditetapkan sebagai atap dengan lereng lebih dari 3 banding 12. Atap lereng curam adalah atap yang menahan air, biasanya terdiri dari banyak unit kecil yang saling tumpang tindih; dengan demikian, ini bukanlah membran kedap air yang terus menerus. Kemiringan harus cukup curam sehingga air mengalir karena gravitasi dan tidak dapat didorong ke atas oleh angin atau aksi kapiler. Beberapa rakitan atap lereng curam dapat dipasang pada lereng kurang dari 3 dalam 12 sesuai dengan rekomendasi pabrikan.

Karakteristik dan Pertimbangan

Atap lereng curam biasanya merupakan desain atap berventilasi atau "dingin", dengan insulasi di bawah dek atap dan suhu permukaan sistem atap di dekat kondisi luar ruangan. Insulasi dan penghalang cuaca biasanya terletak di langit-langit di bawah rongga loteng. Rangkaian atap lereng curam dapat dirancang sebagai desain atap "hangat" atau "tanpa ventilasi" yang kompak dengan insulasi antara sirap atau penutup dan dek struktural. Evaluasi rekomendasi pabrikan untuk desain atap yang kompak, karena mungkin ada kekhawatiran tentang kemungkinan suhu permukaan yang tinggi yang menyebabkan kegagalan prematur pada rakitan. Investigasi forensik telah menunjukkan bahwa orientasi atap (lereng selatan versus utara) dan warna material memiliki dampak besar pada suhu permukaan.

Atap lereng curam paling umum digunakan untuk konstruksi perumahan dan komersial ringan. Meskipun memberikan kinerja jangka panjang dengan biaya yang kompetitif, secara umum hemat biaya untuk digunakan pada bangunan komersial besar karena tidak

menyediakan platform untuk peralatan HVAC atau pembersih jendela yang dipasang di atap, juga tidak mudah dirawat atau diganti pada bangunan tinggi. Untuk bangunan dengan tapak yang besar, atap lereng curam dapat mengakibatkan volume internal yang berlebihan yang tidak dapat digunakan.

Garansi atap ditawarkan oleh sebagian besar produsen bahan sirap atap sintetis, tetapi tidak untuk produk alami seperti batu tulis dan kayu. Namun, garansi ini terutama merupakan sarana bagi produsen untuk membatasi tanggung jawab mereka, bukan untuk melindungi pemilik. Lebih jauh, beberapa produk dipromosikan memiliki masa garansi yang sangat panjang, tetapi ketentuan yang lebih rinci membatasi cakupan untuk penggantian bahan yang rusak dengan biaya prorata kepada pemilik asli.

Pemasangan yang rusak tidak dicakup, juga tidak ada nilai yang tersedia untuk biaya tenaga kerja untuk melakukan perbaikan. Oleh karena itu, profesional desain harus membaca garansi dengan saksama, dan tidak mengandalkannya sebagai dasar pemilihan produk. Pada akhirnya, perlu diingat bahwa tidak ada selembar kertas pun yang dapat mencegah air masuk ke dalam bangunan, dan garansi hanya menyediakan peta jalan untuk memperbaiki kebocoran setelah terjadi.

Pemilihan sistem atap lereng curam bergantung pada banyak faktor, termasuk biaya awal dan biaya siklus hidup, tampilan, keandalan, akurasi historis, kapasitas struktural dek, ketahanan api, kecepatan angin, ketahanan terhadap kondisi cuaca termasuk hujan es, hujan, dan salju, serta kode bangunan.

Rekomendasi pemilihan meliputi:

- Pertimbangkan atap berwarna terang dan sangat reflektif untuk mengurangi efek pulau panas di kota-kota dan, di iklim hangat, biaya energi untuk bangunan.
- Di daerah yang rentan terhadap kebakaran hutan, pilih atap yang tidak mudah terbakar seperti beton atau genteng tanah liat, atau batu tulis.
- Pertimbangkan kandungan bahan daur ulang, masa pakai, penggunaan kembali, energi yang terkandung, jarak ke sumber, dan kriteria berkelanjutan lainnya.

Atap lereng curam terdiri dari empat komponen utama: penutup atap; penghalang cuaca; dek atap struktural; dan flashing di tepi, transisi, dan penetrasi.

Penghalang Cuaca

Atap lereng curam hampir selalu dipasang di atas penghalang cuaca yang memberikan perlindungan sementara hingga atap dipasang dan berfungsi sebagai lapisan pertahanan kedua terhadap penetrasi air. Bahan tradisional untuk penghalang cuaca adalah kain felt bangunan. Mengingat biaya bahan kain felt yang relatif rendah, disarankan untuk berinvestasi pada mutu yang lebih berat, cakupan ganda, atau keduanya, untuk memberikan kinerja yang lebih kuat, terutama pada lereng yang lebih dangkal.

Penghalang cuaca bitumen yang dimodifikasi dengan perekat diri (kupas dan tempel) memberikan tingkat perlindungan kelembaban yang lebih tinggi. Mereka sering digunakan untuk menutup jahitan dan cukup fleksibel untuk membentuk konfigurasi yang rumit.

Membran yang melekat sendiri biasanya direkomendasikan untuk digunakan di tepi, atap, garu, lembah, pinggul, punggung, jangkrik, dan area sulit lainnya. Penting untuk mempertimbangkan bahwa membran bitumen yang dimodifikasi merupakan penghalang uap, dan di iklim dingin atau campuran, penempatannya harus dirancang dengan hati-hati untuk menghindari terperangkapnya kelembapan di rakitan atap.

Lembaran antiselip diperlukan di bawah atap logam agar tidak menempel pada penghalang cuaca yang terbuat dari kain felt. Beberapa membran bitumen yang dimodifikasi mungkin dilengkapi dengan permukaan yang dapat digunakan di bawah atap logam. Bendungan es merupakan masalah bagi banyak atap sirap di iklim dingin. Pertahanan pertama terhadap bendungan es adalah dengan merinci rangka atap agar memungkinkan ketebalan penuh insulasi ke tepi atap, dan ventilasi yang tepat untuk memastikan bahwa dek atap tetap dingin. Perlindungan tambahan dapat diberikan dengan memasang membran bitumen yang dimodifikasi di atap dan di atas permukaan atap melewati lokasi dinding bangunan.

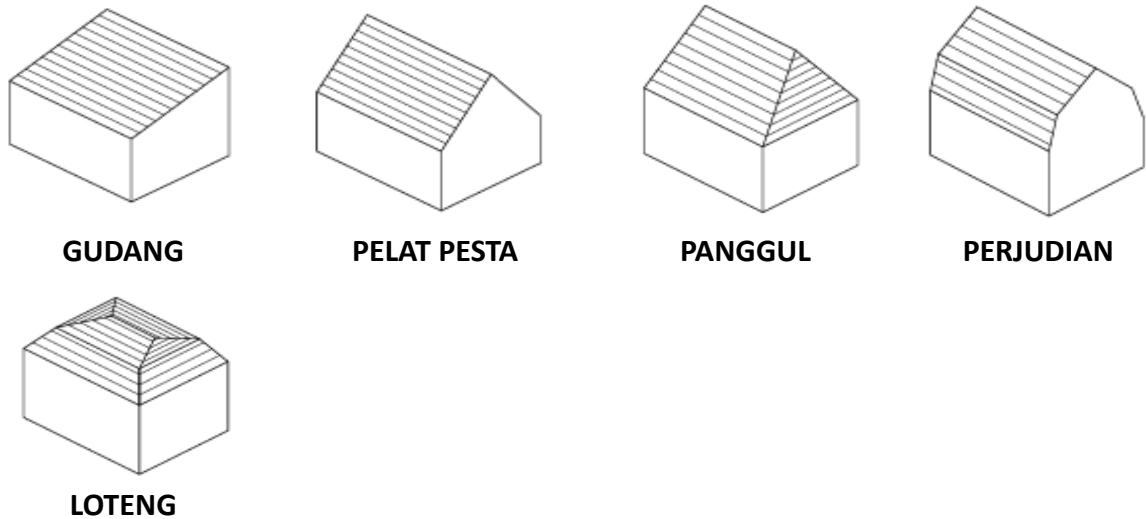
Dek Atap

Dek atap di bawah atap lereng curam hampir selalu berupa panel tripleks atau papan unta berorientasi (OSB). Pemasangan panel yang tepat, terutama jarak antar panel untuk memungkinkan ekspansi tanpa terlihat melalui sirap, adalah penting. Pada beberapa konstruksi komersial, atap lereng curam dapat dipasang di atas dek logam atau, terkadang, papan beton. Dalam kasus ini, insulasi papan biasanya dipasang di atas dek logam atau beton, dan panel yang dapat dipaku ditambahkan di atas insulasi. Hingga lereng 6 dari 12, panel dapat disekrup melalui lapisan insulasi. Dengan lereng yang lebih curam, mungkin perlu memasang bantalan kayu untuk menghindari menarik pengencang ke bawah lereng, tergantung pada berat penutup atap dan ketebalan insulasi.

Flashing

Flashing adalah komponen tambahan dari rakitan atap lereng curam yang digunakan di tepi, transisi, dan penetrasi, untuk menyediakan rakitan kedap air. Flashing secara tradisional adalah lembaran logam, tetapi lembaran elastomerik menggantikan beberapa lembaran logam untuk tujuan flashing, terutama pada penetrasi.

Lembaran logam, terutama ketika dipasang dalam panjang yang panjang, harus dibiarkan memuai dan menyusut terlepas dari dek atap dan penutup atap. Lembaran logam yang panjang harus dipasang dengan klip dan tidak dipaku secara langsung. Jika flashing dipasang di titik-titik yang mengganggu aliran air, flashing tersebut harus dibuat dengan detail yang cermat untuk mengendalikan dan mengalihkan air. Bendungan berkerut di lembah dan jangkrik terlipat adalah dua contohnya.



Gambar 2.482 Bentuk atap lereng curam umum

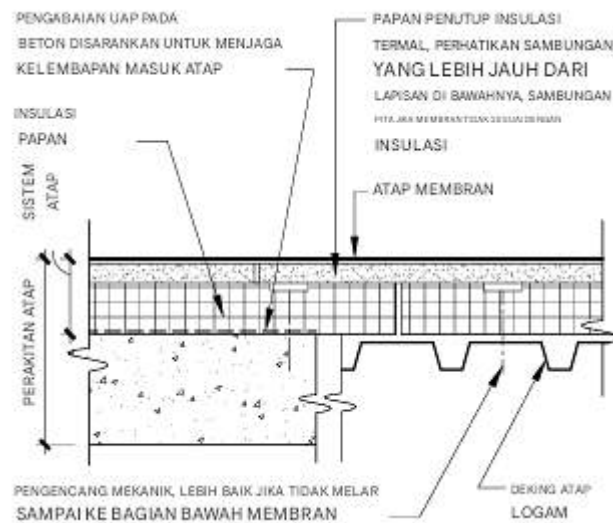
Atap Lereng Rendah

Atap lereng rendah umumnya ditetapkan sebagai atap dengan kemiringan 3 in 12 atau kurang. Atap lereng rendah biasanya terdiri dari membran kedap air yang berkesinambungan. Atap lereng rendah tidak datar; sebagian besar memiliki kemiringan minimal 1/4 in. in 12. Banyak rakitan atap lereng rendah dapat dipasang pada kemiringan 3 in 12 hingga vertikal sesuai dengan rekomendasi produsen. Atap lereng rendah biasanya dirancang sebagai desain atap "hangat" yang kompak, dengan insulasi antara penutup atap dan dek struktural dan tanpa ventilasi.

Karakteristik dan Pertimbangan

Atap lereng rendah memberikan kinerja jangka panjang dengan biaya yang kompetitif dan platform untuk peralatan HVAC dan pembersih jendela yang dipasang di atap. Atap lereng rendah relatif mudah dirawat dan diganti pada bangunan tinggi. Namun, ini bukan obat mujarab, karena atap logam akan mengalami hal yang sama akibat desain dan pemasangan yang buruk. Dengan perincian dan pemasangan yang tepat, rakitan atap lereng rendah dapat memberikan layanan selama 20 tahun atau lebih dengan perawatan minimal.

Atap lereng rendah terdiri dari lima komponen utama: penutup atap, insulasi dengan papan penutup, penghalang uap (jika ada) dan selubung untuk menyangga penghalang uap di atas dek logam; dek atap struktural, dan flashing di tepi, transisi, dan penetrasi: Segala sesuatu di atas dek atap merupakan sistem atap.



Gambar 2.483 Perakitan atap lereng rendah umum

insulasi

Insulasi atap tidak hanya mengurangi energi yang dibutuhkan untuk mengondisikan bangunan, tetapi juga membantu mengendalikan kondensasi, menyediakan substrat yang halus untuk membran atap, dan dapat digunakan untuk membuat permukaan miring untuk drainase. Insulasi atap dengan kemiringan rendah yang ideal akan kompatibel dengan membran, perekat, dan substrat; memiliki dimensi yang stabil dan cukup kuat untuk menahan, pengangkatan, lalu lintas, dan benturan; tahan api; memiliki nilai termal yang tinggi dan stabil; dan tidak terpengaruh oleh kelembapan. Namun, tidak ada satu pun material yang memiliki semua atribut ini, jadi disarankan untuk menggunakan dua atau lebih lapisan dengan sifat yang saling melengkapi.

- ☑ Busa poliisocyanurat: Ini adalah salah satu papan insulasi atap komersial yang paling umum. Busa ini tahan api dan lembap, kompatibel dengan hampir semua membran dan perekat, dan memiliki sifat termal yang sangat baik. Papan penutup yang lebih kaku direkomendasikan. Gunakan nilai-R yang lebih konservatif dan sudah tua untuk mengevaluasi kinerja termal jangka panjang.
- ☑ Busa polistirena: Tersedia jenis yang diekstrusi dan yang diekstrusi. Polistirena memiliki nilai-R yang sangat tinggi dan tidak terpengaruh oleh pembasahan; namun, busa ini mudah terbakar dan mungkin memerlukan penghalang cuaca berupa papan gipsum agar sesuai dengan peraturan bangunan. Selain itu, polistirena sulit dipasang dengan perekat aspal panas dan mungkin tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk pengencang mekanis. Meskipun demikian, busa ini sangat umum digunakan dalam sistem pemberat dan rakitan membran atap terbalik (jenis yang diekstrusi). Papan penutup direkomendasikan untuk mengisolasi membran berbasis aspal. Busa polistirena dapat didaur ulang.
- ☑ Perlit: Diproduksi dari mineral dan pengikat yang diekstrusi, insulasi perlit tidak mudah terbakar dan memiliki ketahanan termal sedang, kekuatan yang baik, dan kompatibilitas yang sangat baik dengan sebagian besar bahan atap. Perlit akan

menyerap kelembapan.

- ☑ Papan serat kayu: Diproduksi dari serat kayu atau tebu dan pengikat, papan serat kayu memiliki banyak kesamaan dengan perlit. Kerugiannya adalah dapat terbakar dan rusak saat basah.
- ☑ Beton isolasi: Semen Portland atau gipsum dengan agregat ringan (mungkin dengan bahan pembuat busa), dan biasanya dilengkapi dengan polistirena yang diperluas, memberikan kekuatan, ketahanan termal, dan tidak ada celah, serta mudah menghasilkan permukaan yang miring dan selesai. Kepadatannya biasanya antara 20 dan 40 psf. Sistem ini secara inheren memasukkan uap air ke dalam rakitan yang seharusnya kering, sehingga menciptakan peluang untuk terperangkapnya uap air dan mengakibatkan kegagalan. Disarankan untuk mengeluarkan udara dari rakitan yang sudah selesai, yang dapat memengaruhi plenum langit-langit interior dan menyebabkan kebocoran. Kontrol yang cermat terhadap waktu pengeringan sebelum pemasangan harus dijaga sambil juga melindungi beton isolasi dari presipitasi.
- ☑ Selubung gipsum: Meskipun secara teknis bukan isolasi, selubung gipsum adalah penutup berkualitas tinggi, yang menyediakan substrat yang kuat untuk memasang membran atap, yang tahan api dan tahan terhadap uap air. Papan pra-prima tersedia untuk aplikasi aspal panas.
- ☑ Papan lain-lain: Jenis insulasi lainnya meliputi kaca seluler, kaca berserat, serat mineral, dan lainnya yang digunakan untuk aplikasi khusus.
- ☑ Papan Komposit: Tersedia papan komposit yang menggabungkan dua bahan insulasi yang dilaminasi menjadi satu papan; umumnya busa poliisocyanurat atau polistirena yang diikatkan pada kayu lapis, OSB, atau selubung gipsum.

Insulasi harus dipasang setidaknya dalam dua lapisan, dengan sambungan yang tidak sejajar di antara keduanya. Sambungan yang tidak sejajar mengurangi kebocoran udara yang membuang-buang energi dan dapat mengakibatkan kondensasi pada bagian bawah membran yang dingin.

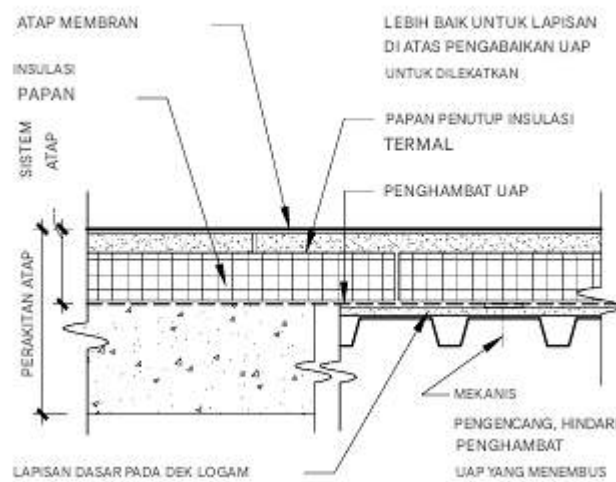
Insulasi diikat secara mekanis, dipasang pada perekat atau aspal panas, atau diberi pemberat. Sebaiknya pengencang mekanis tidak memanjang melalui seluruh rakitan hingga ke bagian bawah membran atap karena jangkar dapat menusuk atau mengikis membran. Oleh karena itu, batasi pengencang mekanis pada lapisan bawah insulasi dan pasang lapisan berikutnya dengan perekat. Selain itu, sebaiknya batasi ukuran papan insulasi hingga 4 ft kali 4 ft untuk mengurangi ukuran retakan yang mungkin terjadi akibat penyusutan. Insulasi yang meruncing dapat digunakan untuk membangun kemiringan atap dan jangkrik.

Sediakan papan penutup di atas insulasi jika lapisan atas bukan papan komposit atau beton ringan. Papan penutup biasanya berupa selubung gipsum, perlit, atau papan serat kayu, untuk memberikan kekakuan dan kekuatan fisik yang tidak dimiliki sebagian besar insulasi. Papan penutup dapat dihitung sebagai lapisan insulasi kedua.

Pengenalan Uap Air

Uap air bergerak melalui rakitan atap dengan kemiringan rendah melalui dua metode:

kebocoran udara dan difusi uap air. Sama seperti di dinding, kebocoran udara dapat membawa lebih banyak uap air daripada difusi. Gunakan sambungan offset di beberapa lapisan insulasi busa dan segel udara di tepi dan penetrasi untuk membatasi aliran udara dingin interior ke bagian bawah membran, tempat udara tersebut kemungkinan akan mengembun. Untuk bangunan di daerah beriklim dingin dengan kelembapan musim dingin yang tinggi di bagian dalam, penggerak uap mungkin cukup kuat sehingga diperlukan penghambat uap di bagian bawah insulasi yang hangat, selain penyegelan udara.



Gambar 2.484 Rakitan atap lereng rendah dengan penghambat uap

Rekomendasi pengendalian uap air tambahan meliputi:

- Sebagian besar membran atap juga merupakan penghambat uap, jadi menambahkan penghambat uap terpisah di bagian dalam dapat memerangkap kelembapan di dalam insulasi. Oleh karena itu, hindari penghambat uap terpisah, kecuali jika benar-benar diperlukan.
- NRCA merekomendasikan penghambat uap di atas dek beton untuk melindungi sistem atap dari efek kelembapan laten.
- Rakitan membran atap terbalik menempatkan membran atap di sisi insulasi yang hangat dan, oleh karena itu, merupakan sistem yang ideal untuk pengendalian uap air di daerah beriklim dingin.
- Membran penghambat uap dapat berupa atap dua atau tiga lapis, membran bitumen yang dimodifikasi, membran kupas dan tempel yang dapat menempel sendiri, lembaran polietilen, atau aluminium foil. Sebaiknya pilih membran yang akan menutup sekitar jangkar mekanis, atau lebih baik lagi, pilih membran yang di atasnya semua lapisan rakitan berikutnya dapat dipasang dengan aspal panas atau perekat lainnya.
- Pada dek logam, papan penghalang cuaca dari selubung gipsium atau lapisan tipis insulasi mungkin diperlukan untuk menyediakan substrat yang halus untuk pemasangan penghambat uap, meskipun beberapa membran dapat dipasang langsung pada dek logam.

- Pada sekeliling penghambat uap atap, sebaiknya sambungkan ke dinding udara dan penghambat uap. Jika tidak, pastikan bahwa penghambat uap di sekeliling mencegah masuknya uap air ke rakitan atap. Detail penetrasi harus kedap uap, mirip dengan detail untuk membran atap.

Dek Atap

Dek atap untuk rakitan atap lereng rendah harus menahan beban gravitasi dari salju, hujan, dan peralatan atap, dan harus menahan beban angkat angin yang mungkin lebih besar dari beban gravitasi. Dek juga sering dibuat miring untuk menyediakan drainase, dan harus cukup kaku untuk memastikan bahwa defleksi tidak mengakibatkan genangan air lokal. Dek logam, beton, dan kayu lapis adalah tiga bahan dek atap yang paling umum, tetapi bahan lain juga tersedia. Dek beton dan gipsum cor harus diawetkan sebelum memasang penutup atap.

Flashing

Mirip dengan flashing untuk atap lereng curam, flashing mencakup komponen tambahan untuk sistem atap lereng rendah dan digunakan di tepi, transisi, dan penetrasi untuk menyediakan rakitan kedap air. Khususnya pada penetrasi, lembaran logam tradisional telah diganti dengan lembaran elastomer dan kerucut yang telah dibentuk sebelumnya. Lembaran logam bergerak lebih banyak dengan perubahan suhu daripada atap. Oleh karena itu, lebih baik untuk menghindari menanamkan lembaran logam panjang langsung ke membran atap. Pada pemberhentian kerikil dan kondisi serupa lainnya, batasi pergerakan logam dengan memaku dalam dua baris, dengan paku berjarak 3 inci.

Desain Perakitan Atap Lereng Rendah

Produsen membran atap membuat standar dan rekomendasi untuk perakitan atap mereka. Standar ini biasanya mencakup detail untuk kondisi standar, seperti penetrasi, tepi, dan terminasi. Modifikasi pada detail ini, seperti peningkatan kemiringan atap dan penggunaan strip tepi meruncing pada flashing dasar dapat memperpanjang masa pakai atap dan harus dipertimbangkan oleh profesional desain.

Banyak perakitan memiliki perincian khusus, dan prosedur pemasangan yang diperlukan untuk mendapatkan garansi 20 tahun. Rincian ini harus dipatuhi meskipun garansi tidak diperlukan. Tidak ada solusi perakitan atap lereng rendah tunggal yang sesuai untuk setiap kondisi atap.

Pedoman dan rekomendasi desain meliputi:

- Pertimbangkan atap berwarna terang dan sangat reflektif, untuk mengurangi efek pulau panas di kota-kota dan, di iklim hangat, biaya energi untuk bangunan.
- Hindari sistem berlapis kerikil atau pemberat pada bangunan di daerah berangin kencang di mana batu dapat menjadi proyektil, yang menyebabkan kerusakan tambahan dengan memecahkan jendela.
- Pertimbangkan kandungan bahan daur ulang, masa pakai, penggunaan kembali, energi yang terkandung, jarak ke sumber, dan kriteria berkelanjutan lainnya.

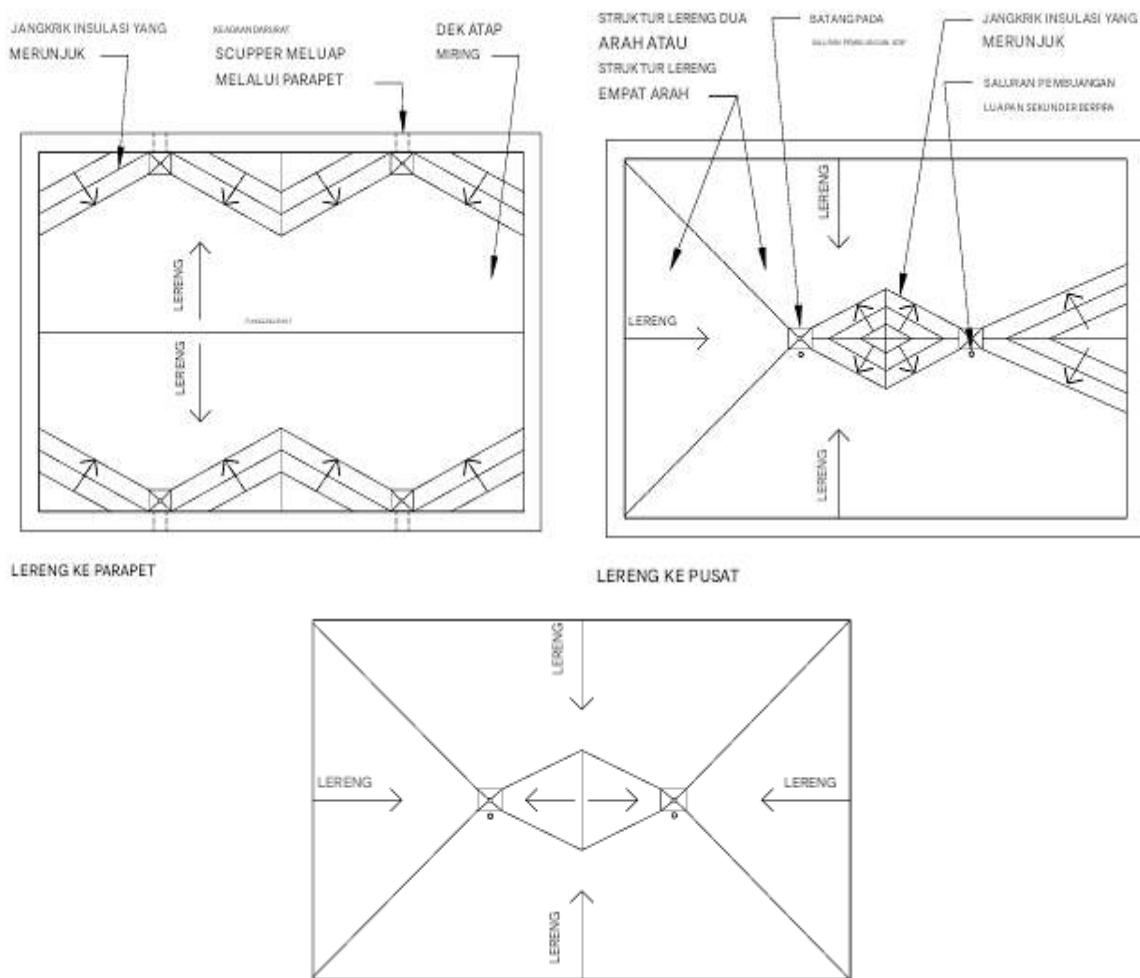
- Pertimbangkan atap hijau yang ditanam untuk memperlambat limpasan air, mengurangi efek pulau panas, dan meningkatkan kinerja termal.

Kelendungan Atap dan Drainase

Drainase positif meningkatkan umur atap dan diamanatkan pada 1/4 in. in 12 di sebagian besar kode, meskipun beberapa pemilik pemerintah dan perusahaan besar memerlukan 1/2 in. in 12. Semua permukaan atap yang sudah jadi harus cukup miring sehingga tidak terjadi genangan air 48 jam setelah hujan.

Pedoman desain meliputi:

- Pertimbangkan defleksi dek, terutama pada bentang yang panjang. Defleksi mungkin cukup untuk meniadakan kemiringan atap. Jika lendutan menciptakan titik rendah, genangan air dapat meningkatkan lendutan, yang secara progresif meningkat hingga terjadi kegagalan. Insinyur struktur harus memeriksa mode kegagalan ini.



Gambar 2.485 Skema lereng atap

- Biasanya lebih murah untuk membuat atap miring dan menggunakan insulasi yang meruncing untuk menciptakan jangkrik di area kecil. Jika atap direncanakan sebagai

lantai masa depan dan datar, maka insulasi yang meruncing harus digunakan untuk membangun lereng.

- Selain saluran pembuangan utama, atap harus memiliki ketentuan untuk drainase sekunder. Saluran pembuangan limbah adalah yang paling andal, tetapi saluran pembuangan sekunder yang disalurkan melalui pipa adalah pilihan di sebagian besar wilayah hukum. Persyaratan untuk saluran pembuangan sekunder yang disalurkan melalui pipa mungkin termasuk ukuran dua kali lebih besar dari saluran utama untuk menghindari penyumbatan, atau bahwa konduktor air hujan dibuang di dekat pintu masuk sehingga personel bangunan akan diberitahu tentang fakta bahwa atap tidak mengalir dengan benar. Ketinggian saluran pembuangan dan air yang tertahan yang dihasilkan harus diperiksa terhadap kapasitas struktural dek.

Penghalang Cuaca

Sistem atap sering kali juga berfungsi sebagai penghalang cuaca di bagian atas bangunan. Atap di atas dek atap beton dapat berfungsi sebagai penghalang cuaca, tetapi membran atap atau penghalang uap lebih sering dipilih sebagai penghalang udara. Beberapa produsen tidak akan menjamin membran mereka jika akan digunakan sebagai penghalang udara, khususnya membran satu lapis yang diikat secara mekanis.

Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah penentu utama gaya angkat yang bekerja pada atap, ASCE 7, "Beban Desain Minimum untuk Bangunan dan Struktur Lainnya," dan Lembar Data Pencegahan Kerugian *Factory Mutual Global* (FMG), "Beban Angin pada Sistem Atap dan Pengaman Dek Atap" keduanya menyediakan peta lokasi dengan hembusan angin historis. Penyesuaian untuk medan, tinggi bangunan, tembok pembatas, bukaan dinding, dan paparan badai akan menghasilkan klasifikasi gaya angkat. Perhatikan bahwa kecepatan angin dalam mil per jam (mph) dan nilai daya angkat dalam pon per kaki persegi (psf) sering kali sangat mirip, tetapi jangan sampai tertukar. Nilai daya angkat berlaku untuk bidang atap. Zona perimeter dan zona sudut mengalami peningkatan daya angkat, biasanya masing-masing sebesar 1,5 dan 2 kali lipat dari nilai bidang.

Atap Dingin

Sistem atap berwarna terang, reflektif, dan emisivitas tinggi mengurangi beban pendinginan dan efek pulau panas di daerah perkotaan. Lihat daftar ENERGY STAR di www.energystar.gov.

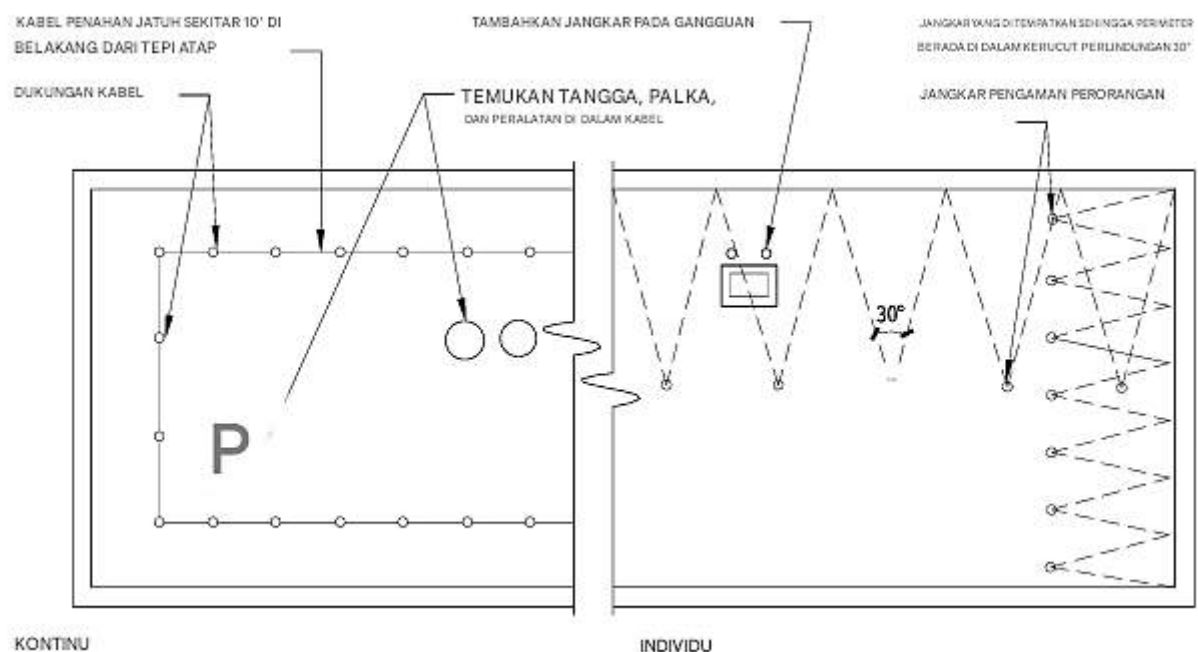
Cakupan Asuransi

Beberapa cakupan asuransi pemilik (Factory Mutual Global adalah yang paling umum) akan menetapkan persyaratan yang lebih ketat pada desain rakitan atap daripada kode bangunan atau produsen membran. Verifikasi persyaratan dengan pemilik di awal proses desain atap dan untuk kepatuhan pada setiap langkah berikutnya. Dampak utama FMG adalah

penggunaan kecepatan angin desain yang lebih tinggi, yang menghasilkan beban angkat yang lebih tinggi pada rakitan atap, termasuk dek dan perimeter atap, dan keterbatasan pada pilihan bahan dan rakitan yang terdaftar.

Rakitan Atap Berperingkat Kebakaran

Untuk sebagian besar rakitan atap berperingkat kebakaran, penutup atap Kelas A dan insulasi yang terdaftar dapat diterima, tetapi verifikasi dengan produsen atap dan otoritas yang memiliki yurisdiksi. Perhatikan bahwa tidak seperti rakitan lantai, penetrasi melalui atap tidak perlu ditutup dengan penutup api, kecuali di bagian atap yang tidak diizinkan untuk dibuka (seperti di dekat dinding api).



Gambar 2.486 Perlindungan atap terhadap jatuh darurat

Perlindungan Terjatuh

Keuntungan atap dengan kemiringan rendah adalah penggunaannya sebagai platform untuk pemeliharaan fasilitas, yang dapat mencakup peralatan yang dipasang di atap atau peralatan yang digunakan untuk pemeliharaan jendela dan dinding di bawah atap. Verifikasi persyaratan kode dan persyaratan peralatan terkait. Rekomendasi perlindungan lainnya meliputi

- ☞ Penggunaan tanda peringatan dan kunci di titik akses atap.
- ☞ Penggunaan jangkar penahan jatuh darurat. Seorang pekerja harus dapat mengikatkan tali ke sabuk pengaman dan dapat mengakses seluruh tepi atap tanpa terpapar jatuh yang berlebihan. Konsultan dan produsen tersedia untuk membantu dalam desain. Lihat OSHA dan peraturan setempat untuk persyaratan keselamatan pekerja dan pembersih jendela.
- ☞ Sediakan kabel kontinu pada penyangga tiang struktural di sekeliling atap dan sekitar

10 ft dari tepi. Kabel memungkinkan pekerja untuk mengikat sabuk pengaman mereka di titik mana pun. Kabel juga berfungsi sebagai peringatan fisik bahwa seorang pekerja mendekati tepi atap; tanda dapat ditambahkan dengan instruksi lebih lanjut.

- ☞ Sediakan jangkar penahan jatuh, yang dapat berupa tiang yang dipasang di atap atau "mata" yang dipasang di dinding penthouse. Jarak jangkar harus ditentukan dengan memproyeksikan kerucut 30° dan memastikan cakupan total perimeter. Sediakan jangkar tambahan di sekitar penghalang.
- ☞ Perhatikan bahwa pengikat darurat juga diperlukan untuk pekerja yang sedang membersihkan jendela.

Garansi

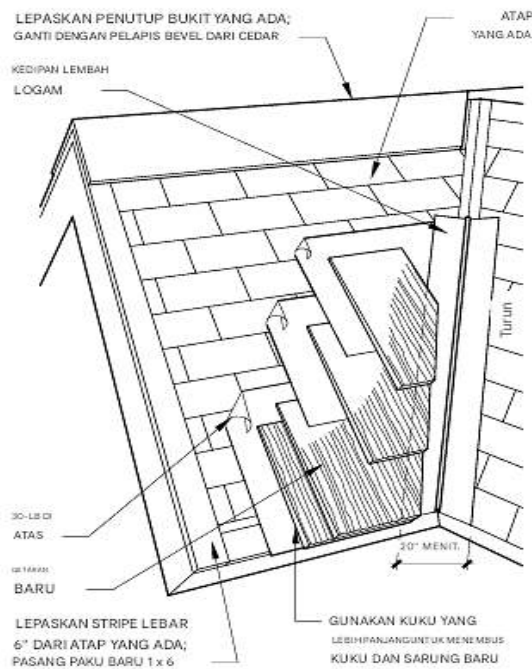
Produsen atap menawarkan garansi, mulai dari cakupan cacat material selama dua tahun hingga tanpa batasan dolar (NDL), penggantian sistem penuh selama 20 tahun. Beberapa produk dipromosikan memiliki masa garansi yang sangat panjang, tetapi tidak memiliki kinerja yang terbukti di tempat untuk mendukung klaim ini. Profesional desain harus membaca ketentuan garansi dengan saksama dan tidak terlalu bergantung pada garansi sebagai dasar pemilihan produk.

Perhatikan bahwa rakitan dan detail atap yang dapat dijamin mencerminkan kompromi yang dipilih oleh produsen antara layanan yang dapat diandalkan dan biaya awal yang rendah, agar tetap kompetitif di pasar terbuka. Oleh karena itu, jangan berasumsi secara otomatis bahwa penawaran garansi menyiratkan kualitas tertinggi.

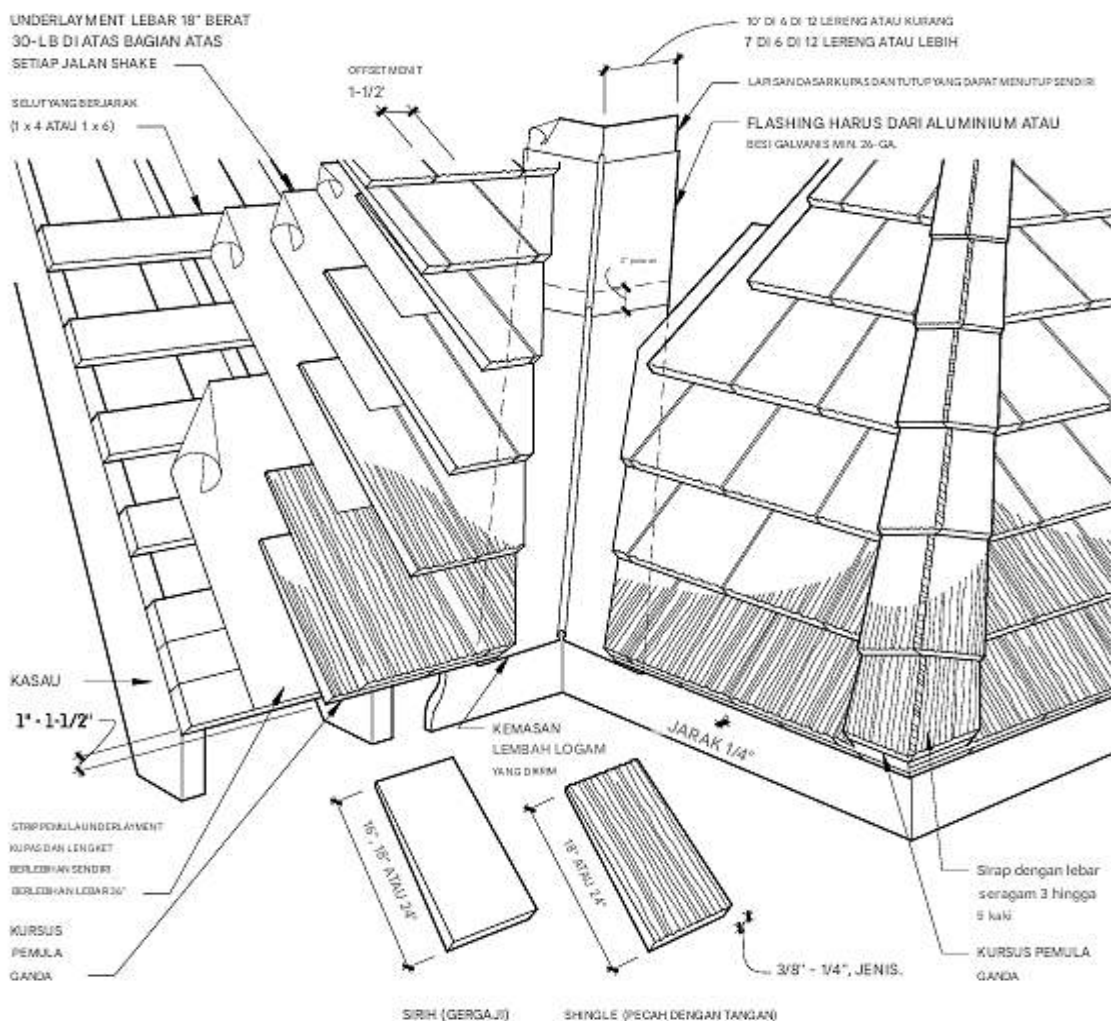
2.17 PENUTUP ATAP

Penutup Atap Lereng Curam - Sirap dan Genteng Kayu

Sirap dan genteng kayu dipotong dari spesies kayu yang secara alami tahan terhadap air, sinar matahari, pembusukan, dan hujan es (misalnya, cedar merah, kayu merah, dan cemara merah pasang surut). Biasanya dipasang dalam keadaan alami, meskipun pewarna, cat dasar, dan cat dapat diaplikasikan. Paku harus dicelupkan panas ke dalam seng atau aluminium. Kepala paku harus ditancapkan rata dengan permukaan sirap atau genteng tetapi jangan sampai masuk ke dalam kayu.



Gambar 2.487 Wood shakes yang diterapkan pada atap yang ada



Gambar 2.488 Red cedar hand-split shakes

Penghalang cuaca dan selubung harus dirancang untuk menambah perlindungan yang diberikan oleh sirap atau genteng, tergantung pada kemiringan atap dan iklim. Atap dengan kemiringan rendah yang rentan terhadap salju yang tertiuip angin harus memiliki selubung yang kokoh dan penghalang cuaca tambahan.

Gunakan penghalang cuaca membran bitumen yang dimodifikasi dengan perekat dan dapat dikupas dan ditempel di lembah atap, garu, dan area detail lainnya. Penghalang cuaca bitumen yang dimodifikasi merupakan penghambat uap, jadi tidak direkomendasikan untuk aplikasi berkelanjutan di mana penghalang cuaca perlu bernapas.

Tabel 2.489 Shakes handsplit dari red cedar

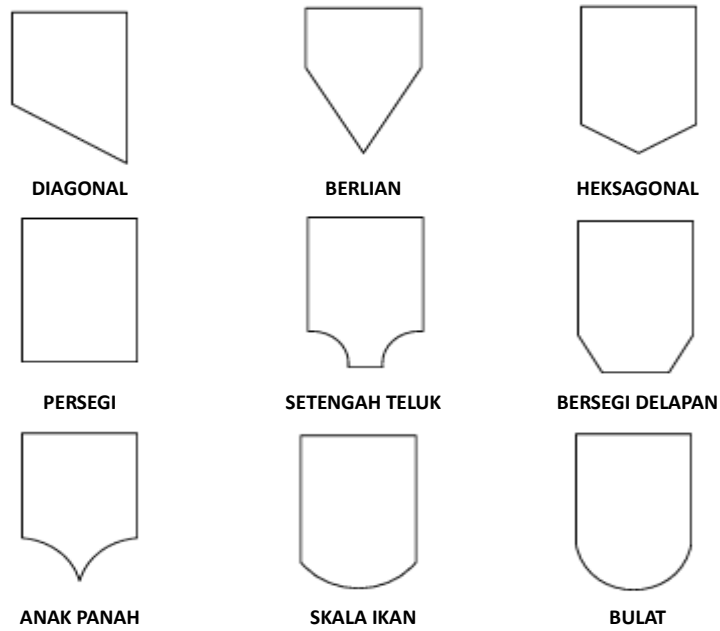
NILAI	PANJANG DAN KETEBALAN	KETERANGAN
No. 1 dibelah dan digergaji ulang dengan tangan	15" permulaan-selesai	Goyangan ini memiliki permukaan yang terbelah dan bagian belakang yang digergaji. Kayu cedar dipotong terlebih dahulu sesuai panjang yang diinginkan. Papan kosong atau papan dengan ketebalan yang tepat dibelah lalu dijalankan secara diagonal melalui gergaji pita untuk menghasilkan dua goyangan meruncing dari setiap papan kosong.
	18" x 1/2" sedang	
	18" x 3/4" berat	
	24" x 3/8"	
	24" x 1/2" sedang	
No. 1 taper-split	24" x 3/4" berat	Diproduksi sebagian besar dengan tangan, menggunakan baja tajam dan palu kayu. Bentuk lancip seperti sirap alami dicapai dengan membalik balok, ujung demi ujung, pada setiap belahan.
	Ukuran 24" X 1/2"	
No 1 lurus	Dinding samping 18" x 3/8"	Diproduksi dengan cara yang sama seperti goncangan taper-split, kecuali bahwa dengan membelah dari ujung blok yang sama, goncangan memperoleh ketebalan yang sama secara menyeluruh.
	Ukuran 18" x 3/8"	
	Ukuran 24" x 3/8"	

Tabel 2.490 Sirap red cedar

	NO. 1 LABEL BIRU			NO. 2 LABEL MERAH			NO. 3 LABEL HITAM		
	PAPARAN MAKSIMUM YANG DIREKOMENDASIKAN UNTUK ATAP (IN.)								
Kemiringan Atap	16	18	24	16	18	24	16	18	24
3 dari 12 menjadi 4 dari 12	3-3/4	4-1/4	5-3/4	3-1/2	4	5-1/2	3	3-1/2	5
4 dari 12 dan lebih curam	5	5-1/2	7-1/2	4	4-1/2	6-1/2	3-1/2	4	5-1/2

Tabel 2.491 Pelapisan dasar dan pelapis atap

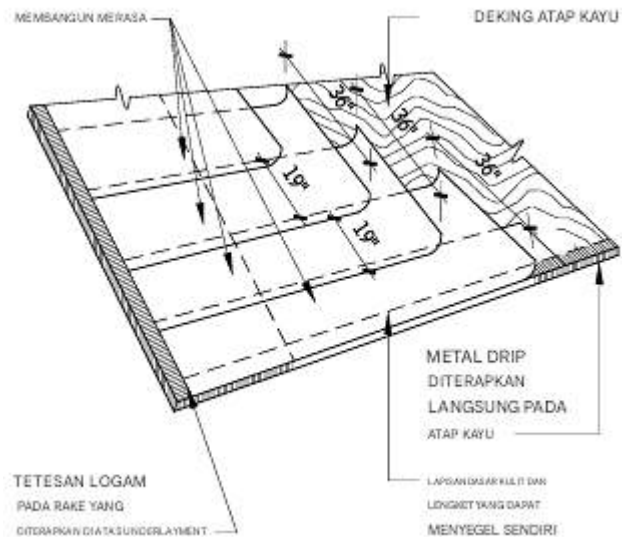
JENIS ATAP	BAHAN PELAPIS	PELAYANAN BAWAH	LERENG NORMAL		LERENG RENDAH	
Goyangan kayu dan sirap	Padat atau spasi	No. 30 aspal jenuh felt (interlayment)	4 dari 12 tahun ke atas	Lapisan dasar permulaan; lapisan tengah di atas seluruh atap	3 dari 12 menjadi 4 dari 12	Unlayment satu lapis di atas seluruh atap; interlayment di atas seluruh atap



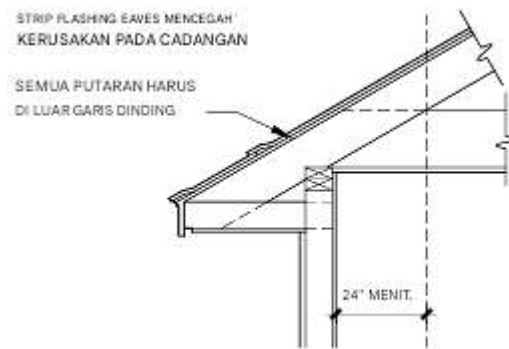
Gambar 2.492 Bentuk sirap kayu cedar merah fancy butt

Tabel 2.493 Jadwal underlayment

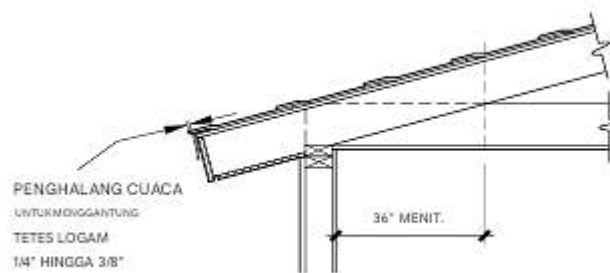
LERENG	JENIS UNDERLAYMENT
Kemiringan normal: 4 in 12 ke atas	Lapisan tunggal aspal jenuh seberat 15 lb. menutupi seluruh atap
Kemiringan rendah: 3 in 12 hingga 4 in 12	Dua lapisan aspal jenuh seberat 15 lb. menutupi seluruh atap



Gambar 2.494 Penerapan underlayment pada atap lereng curam



LERENG NORMAL

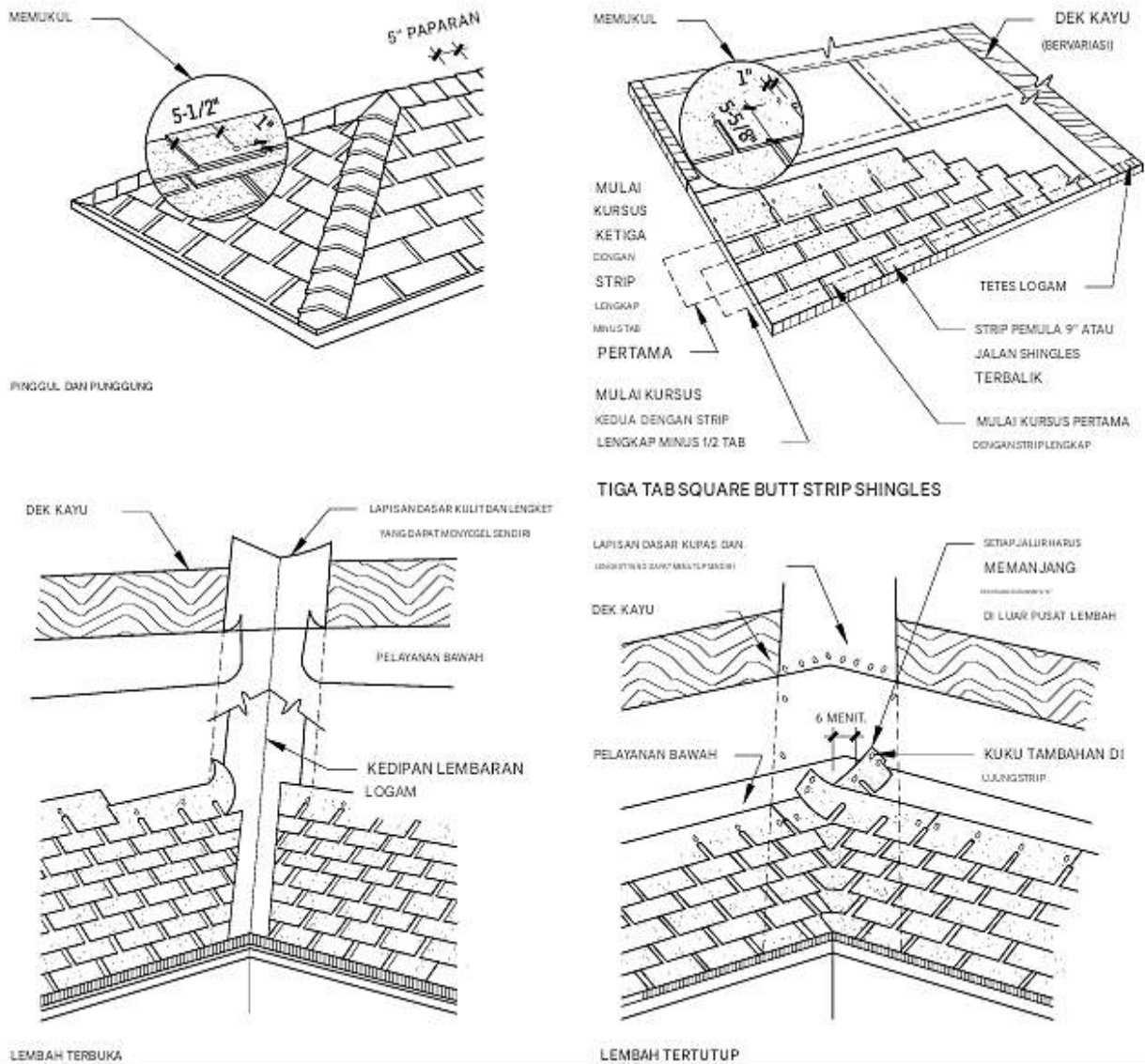


LERENG RENDAH

Gambar 2.495 Flashing eave

Tabel 2.496 Jadwal jenis aspal dan komposisi shingle

KETERANGAN	DESAIN	BAHAN	PERINGKAT UL	BERAT	UKURAN
Pantat persegi tiga tab		Fiberglass	A ^d	205-225 lb/sq	36'' x 12''
		Kain kempa organik	C ^d	235-300 lb/sq	36'' x 12''
Pantat persegi dua tab		Fiberglass	A ^d	260-325 lb/sq	36'' x 12''
		Kain kempa organik	C ^d	300 lb/sq	36'' x 12''
Lapisan laminasi b		Fiberglass	A ^c	300 lb/sq	36'' x 14''
		Kain kempa organik	C ^c	330-380 lb/sq	36'' x 14''
Potongan tepi acak		Fiberglass	A ^c	225-260 lb/sq	36'' x 12''
		Kain kempa organik	C ^c	250 lb/sq	36'' x 12''



Gambar 2.497 Diagram aplikasi shingle



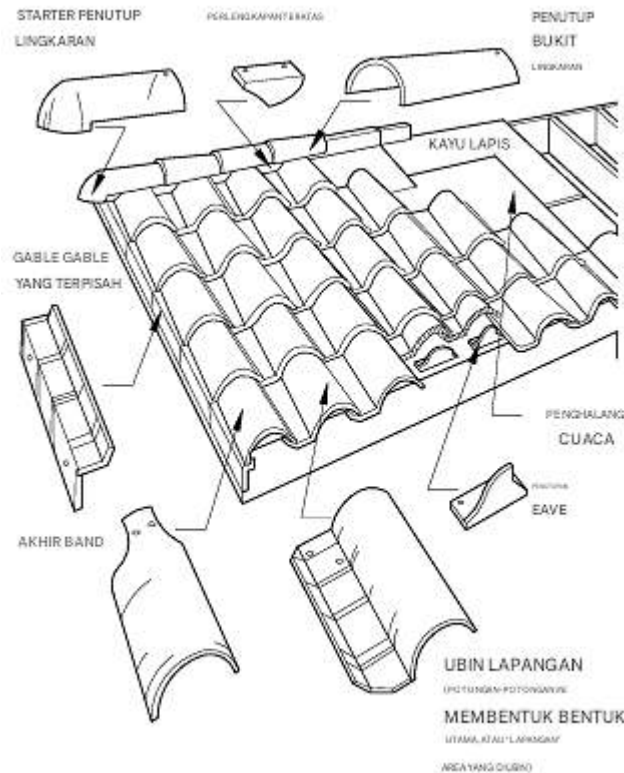
Gambar 2.498 Jenis paku

Tabel 2.499 Rekomendasi pakuan sirpas

JENIS DEK	PANJANG KUKU
Selubung Kayu 1"	1-1/4"
Kayu Lapis 3/8".	7/8"
Kayu Lapis 1/2".	1"
Pemasangan Atap Baru Di Atas Sirap Aspal	1-3/4"

Atap Genteng

Atap genteng dapat menjadi atap yang tahan lama dan awet jika dibuat dengan detail dan konstruksi yang baik. Genteng tersedia dalam bentuk tanah liat atau beton dan dalam berbagai profil, ukuran, warna, dan tekstur. Semua genteng menyerap kelembapan dan, secara umum, semakin berpori, genteng tersebut semakin tidak kuat dan awet. Genteng beton secara umum lebih berpori daripada tanah liat, dan mungkin memerlukan pelapis. Pelapis mungkin memerlukan aplikasi ulang yang tidak sesuai dengan kualitas genteng yang tahan lama. Genteng setebal 1/2 inci biasanya memiliki berat sekitar 10 psf, dengan peningkatan proporsional untuk genteng yang lebih tebal.



Gambar 2.500 Ubin spanyol

Ubin terbuat dari dua bahan dasar, tanah liat dan beton:

- Tanah liat: Ubin tanah liat dibentuk dari bahan alami, jadi keseragaman warna bergantung pada keseragaman tanah liat mentah—kecuali jika diglasir. Ubin yang tidak diglasir hanya sedikit mengalami pelapukan seiring waktu. Ubin yang diglasir tersedia dalam lebih banyak warna, termasuk biru cerah, hijau, merah, dan jingga.

- Beton: Ubin beton ditekan dalam cetakan di bawah tekanan tinggi. Senyawa oksida sintetis mewarnai permukaan. Ubin terkadang dicat, yang dapat memudar seiring waktu.

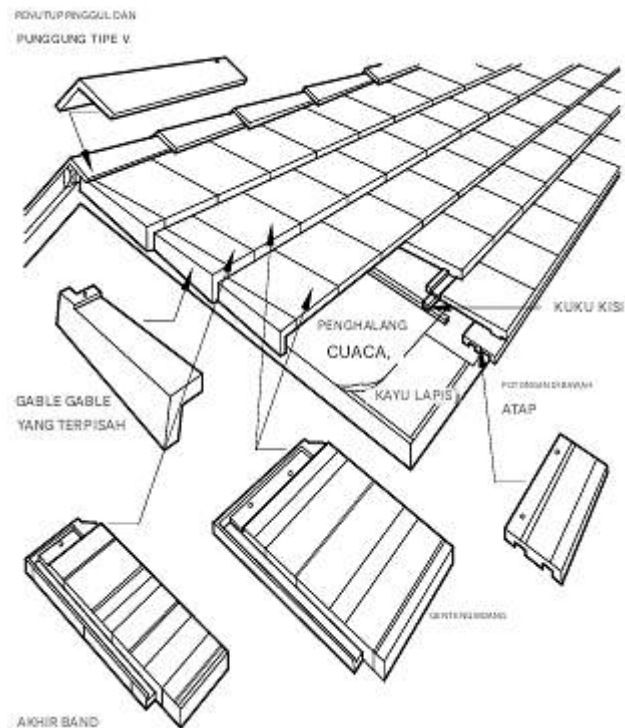
Profil

Ubin biasanya tersedia dalam tiga profil, datar, tong, dan berbentuk S. Tong dan berbentuk S juga disebut ubin misi.

- Datar: Ubin ini berukuran sekitar 10 kali 13 hingga 13 kali 20 inci. Ubin datar mungkin sangat sederhana, memerlukan tumpang tindih sirap ganda, atau mungkin saling terkait, dengan tumpang tindih kepala sekitar 3 inci. Genteng dapat dibuat beralur di bagian belakang untuk mengurangi berat, atau diseret untuk digantung pada reng.
- Genteng barel: Ukuran genteng barel biasanya 16 x 8, 19 x 10, atau 18 x 12 inci, dilubangi untuk satu lubang.
- Berbentuk S: Genteng ini berukuran sekitar 10 x 13 hingga 13 x 20 inci. Genteng berbentuk S pada dasarnya adalah bagian panci dan penutup genteng barel dalam satu bagian.

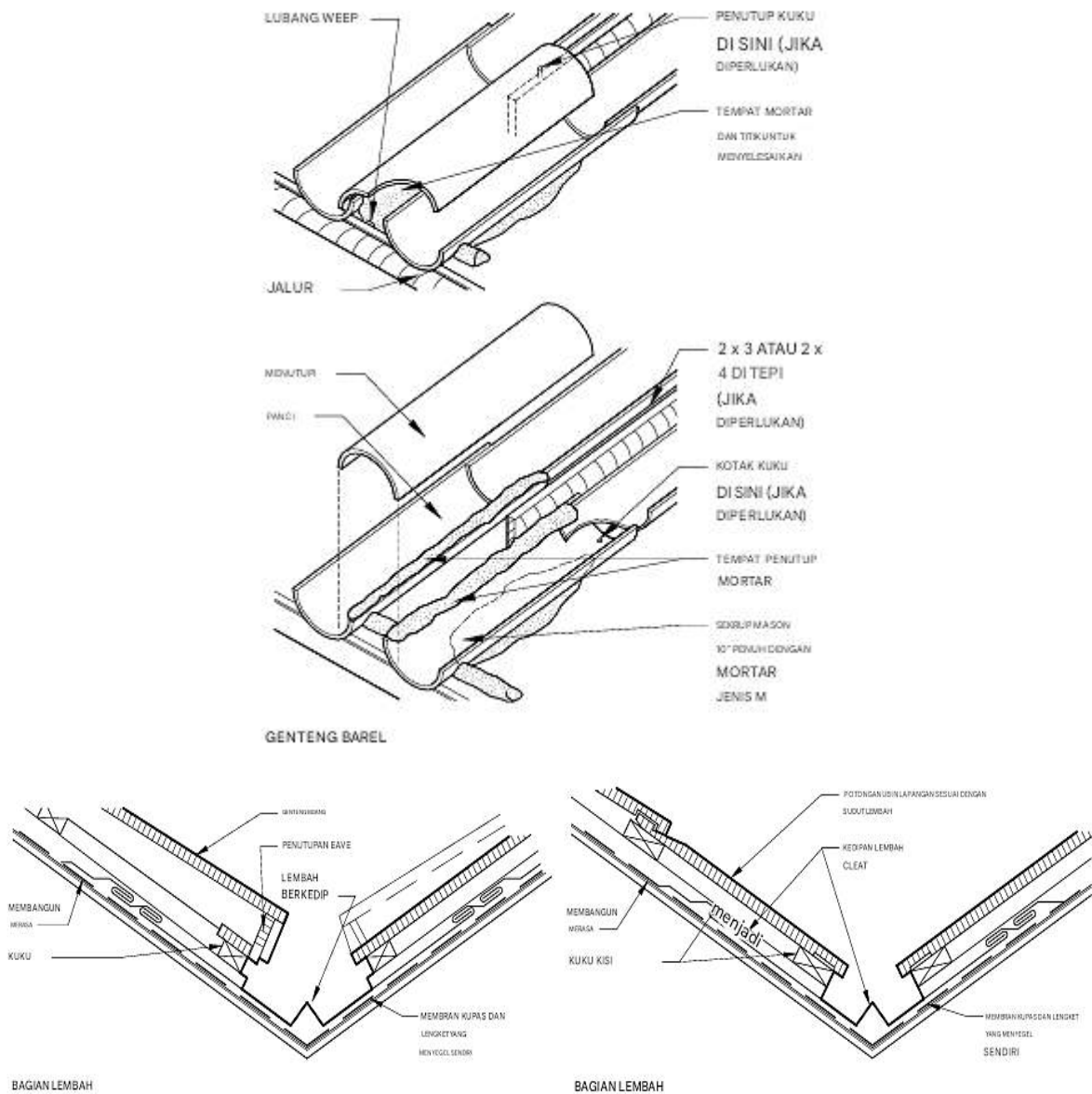
Pemasangan

- Lapisan bawah: Atap genteng di daerah dengan curah hujan tinggi atau hujan yang disebabkan angin cenderung memungkinkan air masuk ke bawah genteng dan lapisan bawah menyediakan pertahanan terakhir terhadap intrusi air. Oleh karena itu, lapisan bawah harus lebih kuat dan lebih rinci daripada di beberapa sistem atap curam lainnya. Lapisan bawah minimum adalah lapisan ganda aspal No. 30 yang tidak berlubang yang dijenuhi dengan felt kecuali lapisan tunggal yang diizinkan pada lereng lebih dari 20:12. Dibandingkan dengan biaya ubin, felt murah; pertimbangkan untuk menggunakan felt No. 45 atau 60 yang lebih berat. Untuk semua tepi dan area detail, seperti atap, lembah, garu, jangkrik, disarankan agar Anda memasang lapisan bawah bitumen yang dimodifikasi dengan cara mengelupas dan menempel. Membran bitumen yang dimodifikasi memberikan tingkat perlindungan tambahan dengan menyegel di sekitar paku dan menghentikan migrasi air di bawah felt yang longgar. Membran yang menyegel sendiri sangat penting untuk perlindungan terhadap bendungan es di iklim dingin. Membran bitumen yang dimodifikasi adalah penghambat uap dan tidak boleh digunakan di seluruh substrat atap jika penghambat uap kontinu tidak diinginkan.



Gambar 2.501 Ubin yang saling mengunci datar

- Flashing: Flashing lembaran logam yang tertanam di ubin harus minimal 24 ons tembaga atau tembaga berlapis timah atau baja antikorosi ukuran 26, dibuat untuk memungkinkan pergerakan termal diferensial.
- Paku kayu: Meskipun metode paling sederhana dan paling murah untuk memasang ubin adalah dengan memakukannya langsung ke dek kayu, paku dapat membantu mengamankan ubin dan menyediakan drainase. Untuk ubin dengan lug, reng horizontal dengan jarak 1/2 inci setiap 48 inci direkomendasikan. Ubin Mission mungkin memerlukan paku vertikal berukuran 2 x 3 atau 2 x 4, dengan jarak yang sesuai dengan ubin ditambah paku di punggungan dan pinggul. Untuk keandalan maksimum dan kinerja jangka panjang, disarankan agar Anda memasang paku vertikal pada 24 inci di tengah dengan paku horizontal yang sesuai dengan ubin. Susunan kisi ini memungkinkan drainase dan pengeringan maksimum di bawah ubin. Paku harus diperlakukan dengan pengawet.
- Ubin: Ubin barel biasanya diamankan dengan satu paku masing-masing. Genteng datar dan berbentuk S biasanya dipasang dengan dua paku. Pemakuan dapat dikurangi di area atap tergantung pada kemiringan dan kondisi angin; periksa dengan peraturan setempat. Beberapa genteng, terutama genteng barel, dipasang di semen.



Gambar 2.502 Detail atap genteng

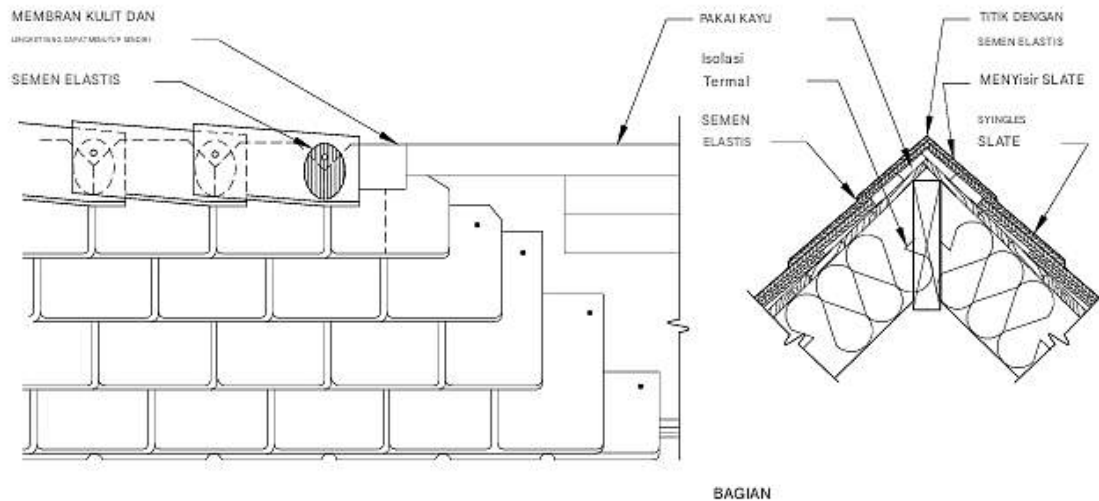
- Atap genteng dengan kemiringan rendah: Atap genteng dapat digunakan di beberapa area dengan hujan dan angin terbatas pada lereng lebih rendah dari 4 dari 12, jika sistem paku kisi dipasang di atas membran kedap air kontinu dari atap bitumen modifikasi dua lapis. Genteng pada dasarnya melindungi atap membran (yang menyediakan kedap air sebenarnya) dari paparan sinar UV.
- Area dengan angin kencang: Untuk area dengan angin kencang, lihat Manual Pemasangan Genteng Beton dan Tanah Liat, yang diterbitkan oleh Florida Roofing, Sheet Metal, and Air Conditioning Contractors Association dan Roof Tile Institute.

Atap Batu Kaki

Atap batu tulis sangat tahan lama, terkadang bertahan hingga 75 atau 100 tahun. Karena mahalnya dan tahan lamanya batu tulis, penting untuk memilih semua bahan

pendukung dan aksesoris untuk masa pakai yang sama. Gunakan yang berikut ini sebagai panduan pemilihan:

- ☞ Standar komersial: Ketebalan tambang 3/16 inci; termasuk variasi yang dapat ditoleransi di atas dan di bawah 3/16 inci.

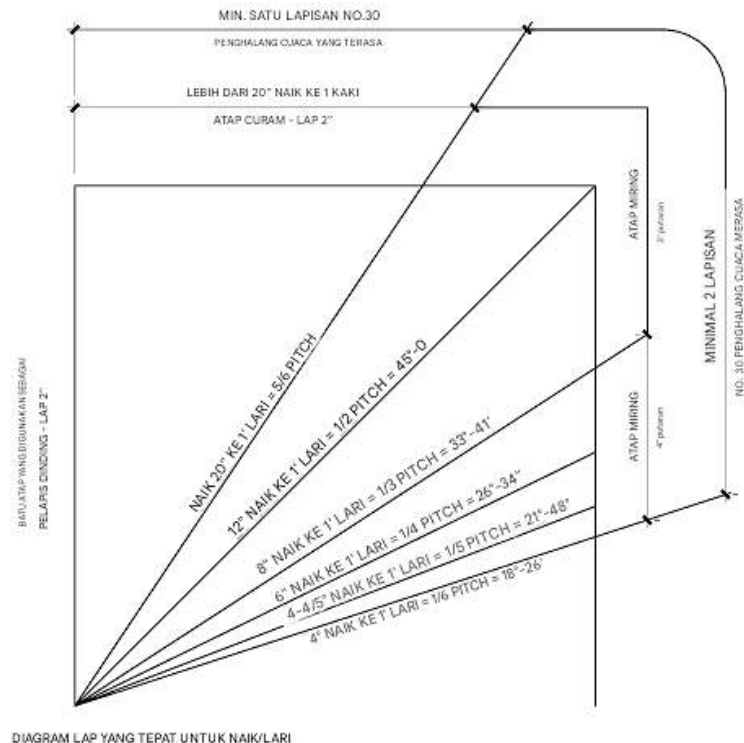


Gambar 2.503 Punggung pelana

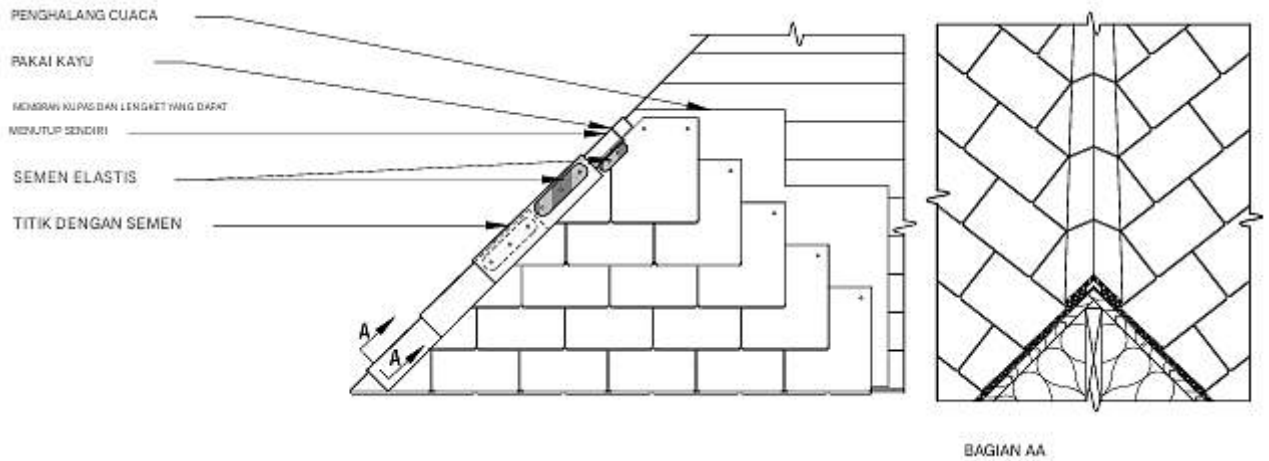
- ☞ Tekstur: Atap batu tulis bertekstur kasar dengan bagian yang tidak rata. Batu tulis bervariasi dalam ketebalan dan ukuran, yang umumnya tidak berlaku untuk batu tulis dengan ketebalan lebih dari 3/8 inci.
- ☞ Bertingkat: Atap bertekstur dari batu tulis besar. Variasi yang lebih besar dalam ketebalan, ukuran, dan warna.
- ☞ Batu tulis persegi untuk atap: Sejumlah batu tulis dengan ukuran apa pun yang cukup untuk menutupi 100 kaki persegi dengan tumpang tindih 3 inci. Berat per persegi: 3/16 inci, 800 pon; 1/4 inci, 900 pon; 3/8 inci, 1100 pon; 1/2 inci, 1700 pon; 3/4 inci, 2500 pon.
- ☞ Tata nama standar untuk warna batu tulis: Hitam, biru-hitam, abu-abu belang-belang, ungu, hijau, ungu dan hijau belang-belang, ungu beraneka warna, dan merah. Ini harus didahului dengan kata "Tidak Memudar" atau "Terkena Cuaca". Warna dan kombinasi lain tersedia.
- ☞ Daya Tahan: Daya tahan batu tulis dinilai berdasarkan masa pakai yang diharapkan menurut ASTM C 406 sebagai: S1 selama lebih dari 75 tahun, S2 selama 40 hingga 75 tahun, atau S3 selama 20 hingga 40 tahun.
- ☞ Penghalang cuaca: Penghalang cuaca minimum adalah satu lapisan aspal No. 30 yang tidak berlubang, lapisan felt jenuh dengan cakupan ganda hingga 20 di 12 lereng. Gunakan lapisan felt No. 45, 50 atau 60 di bawah batu tulis bertekstur atau bertingkat. Dibandingkan dengan biaya batu tulis, lapisan felt tidak mahal; pertimbangkan untuk menggunakan lapisan felt No. 45 atau 60 yang lebih berat. Untuk semua tepi dan area detail, seperti atap, lembah, garu, jangkrik, disarankan agar Anda memasang lapisan

bawah bitumen yang dimodifikasi dengan penyegelan sendiri, kupas dan tempel. Membran bitumen yang dimodifikasi memberikan tingkat perlindungan tambahan dengan menyegel di sekitar paku, menghentikan migrasi air di bawah kain felt yang longgar, dan sangat penting untuk perlindungan terhadap bendungan es di iklim dingin. Perhatikan bahwa membran bitumen yang dimodifikasi adalah penghambat uap, dan tidak boleh digunakan di seluruh substrat atap jika penghambat uap kontinu tidak diinginkan.

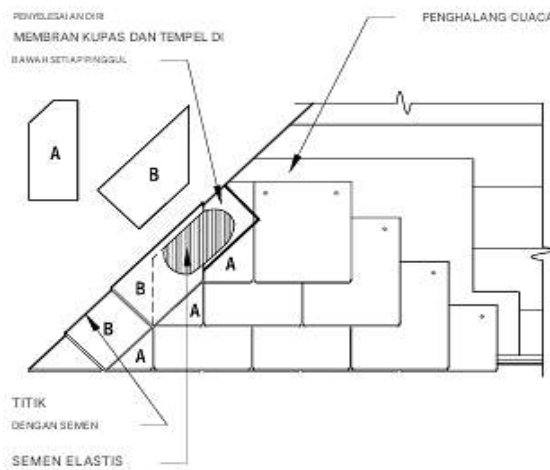
- ☞ Pengikat paku: Gunakan paku kawat tembaga keras berkepala besar, paku tembaga potong, paku kuningan potong, atau paku papan logam kuning potong. Setiap papan tulis dilubangi dengan dua lubang paku. Gunakan paku yang lebih panjang 1 inci dari ketebalan papan tulis. Tutupi semua kepala yang terbuka dengan semen elastis. Di iklim kering, paku galvanis celup panas dapat digunakan.
- ☞ Flashing: Flashing lembaran logam yang tertanam di papan tulis harus minimal 20 ons. tembaga atau tembaga berlapis timah, dibuat untuk memungkinkan pergerakan termal diferensial.
- ☞ Batu tulis imitasi: Batu tulis yang dibuat dari ban daur ulang, serat mineral, semen portland, dan berbagai bahan hak milik lainnya tersedia, umumnya dengan biaya lebih rendah daripada batu tulis asli. Namun, tampilannya sangat bervariasi dan jarang sama dengan batu tulis asli, dan masa pakai yang diharapkan tidak sepanjang itu.



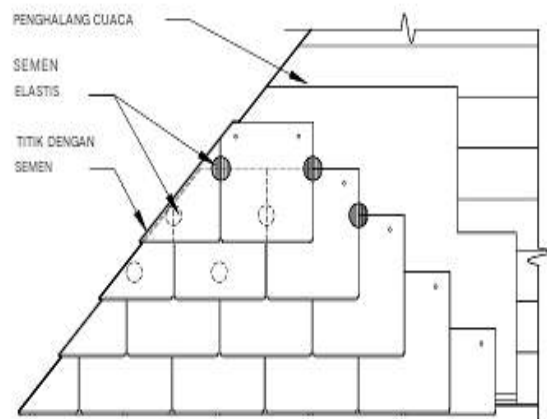
Gambar 2.504 Diagram lap yang tepat untuk naik/lari



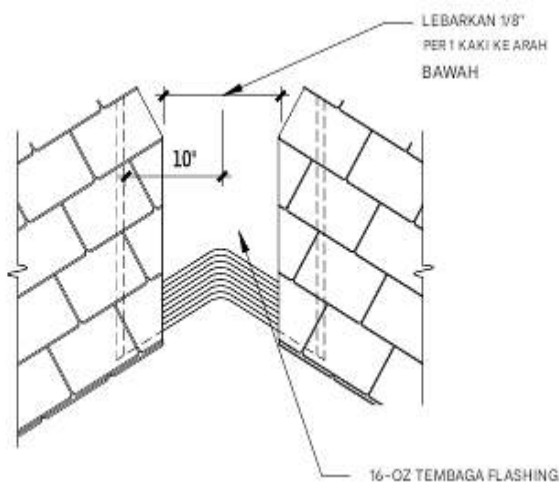
Gambar 2.505 Pelana pinggul



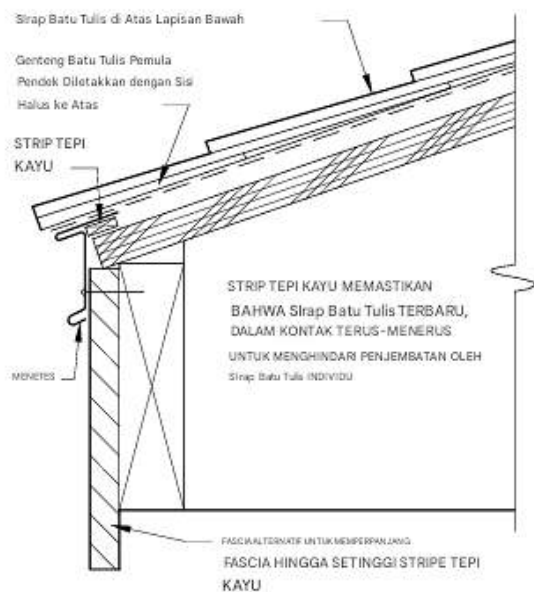
Gambar 2.506 Pinggul boston



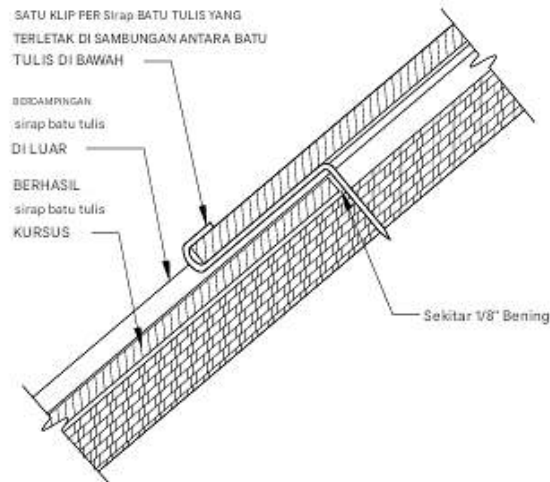
Gambar 2.507 Hip miter



Gambar 2.508 Lembah terbuka



Gambar 2.509 Eave

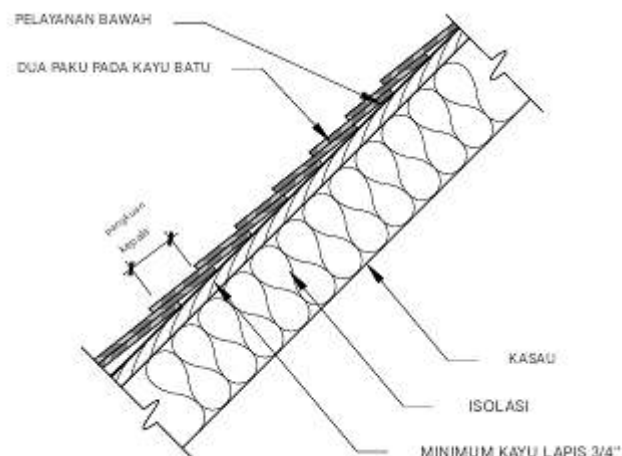


Gambar 2.510 Klip slating

Genteng Atap Komposit

Semen serat, kayu semen, baja galvanis dengan lapisan akrilik, dan genteng keramik slate merupakan alternatif populer untuk genteng tanah liat atau beton. Genteng komposit ini telah dirancang agar lebih ringan, lebih kuat, dan lebih mudah dipasang daripada genteng "alami" tradisional. Kekuatan dan kombinasi materialnya membuatnya lebih tahan api dan tahan angin daripada genteng konvensional.

Pelapis bawah serupa dengan yang dibutuhkan untuk sirap aspal.

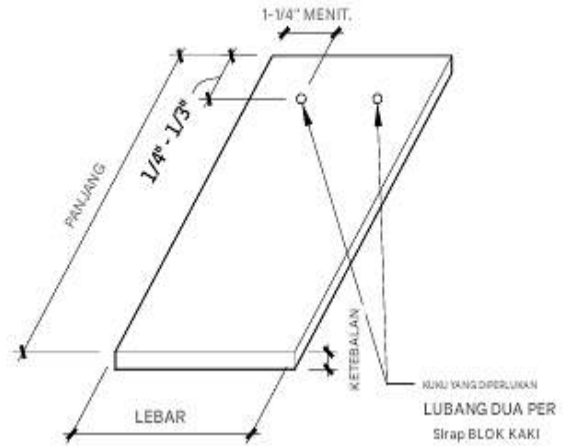
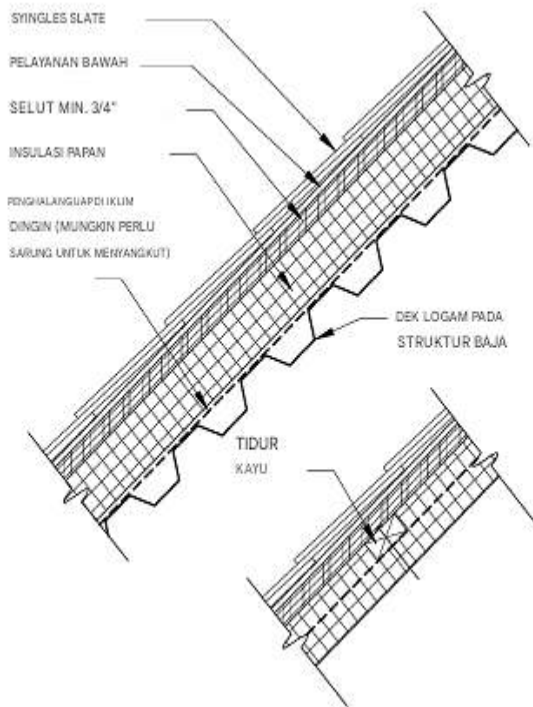


Gambar 2.6511 Kayu rata untuk menerima slate

Semen Mineral-Serat

Genteng semen mineral-serat menggabungkan serat organik dengan semen, silika, air, dan bahan tambahan lainnya. Produk yang dihasilkan adalah atap slate yang ringan, kuat, serbaguna, dan mudah dipasang. Genteng dapat dibuat dalam berbagai bentuk, warna, dan tekstur khas yang menyerupai bahan alami seperti batu tulis dan sirap kayu berpola. Genteng

semen serat mineral tahan terhadap kerusakan dan penetrasi kelembapan, serta kebal terhadap hama dan pertumbuhan jamur. Genteng ini sangat cocok untuk daerah pesisir dan daerah lain dengan kelembapan tinggi.

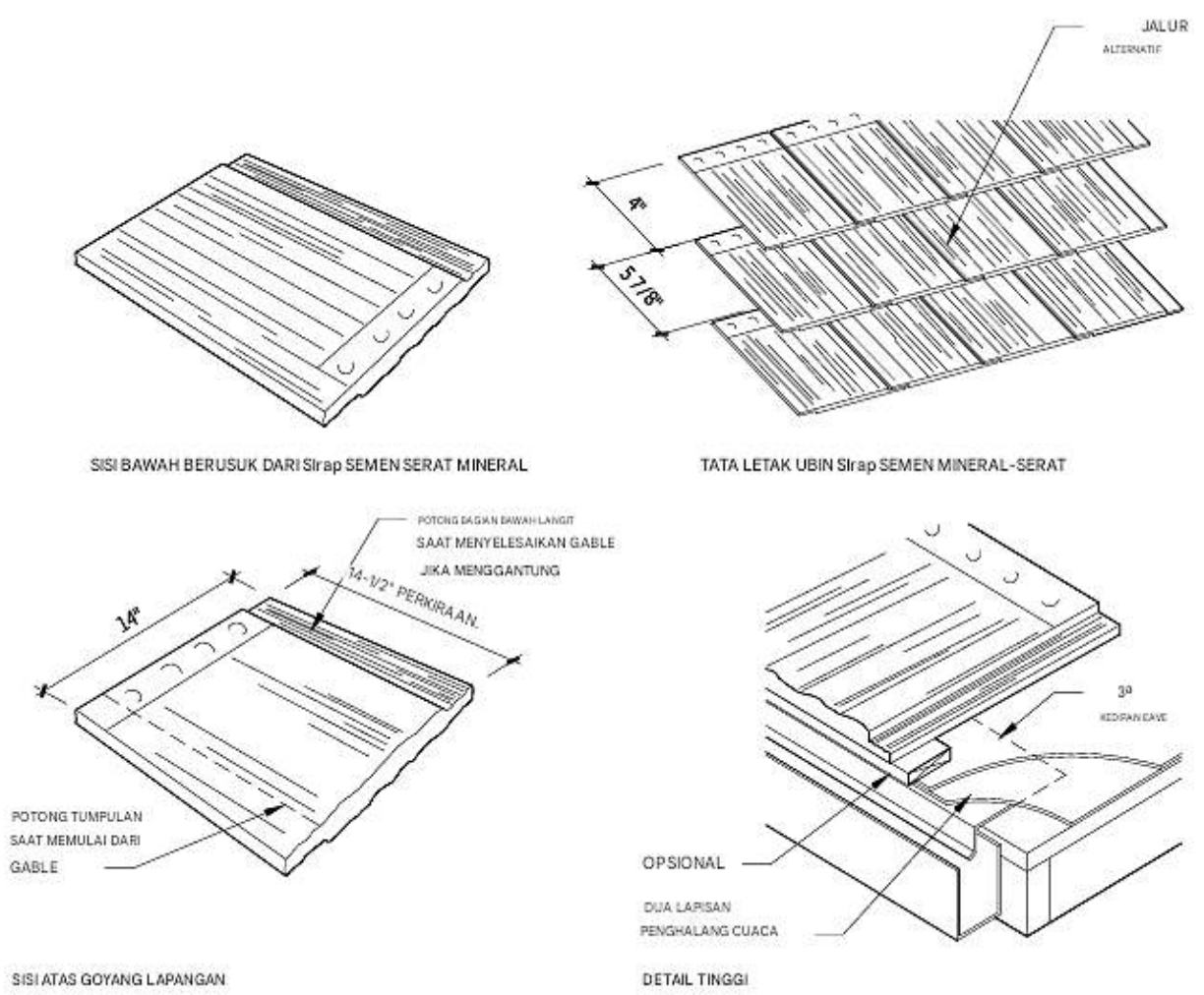


Gambar 2.513 Slate atap

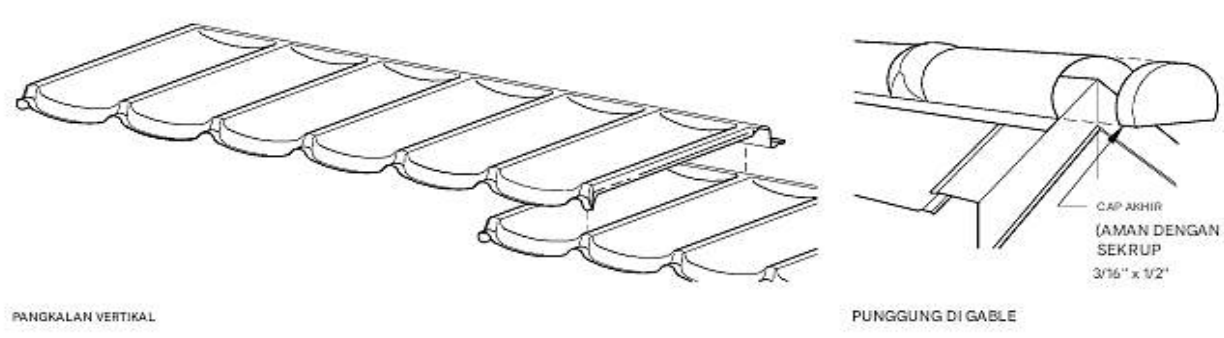
Gambar 2.512 Dek logam untuk menerima slate

Genteng semen serat mineral harus diaplikasikan pada dek yang dapat dipaku saja. Untuk dek kayu lapis dengan kasau yang berjarak 20 inci atau kurang, kayu lapis harus setebal setidaknya 1/2 inci. Jika kasau berjarak lebih dari 20 inci, disarankan menggunakan kayu lapis setebal 5/8 inci. Untuk mengencangkan, gunakan paku atap datar galvanis standar 1-1/2 inci dengan kepala 3/8 inci. Flashing harus terbuat dari logam antikorosi yang tidak lebih ringan dari 28 gauge.

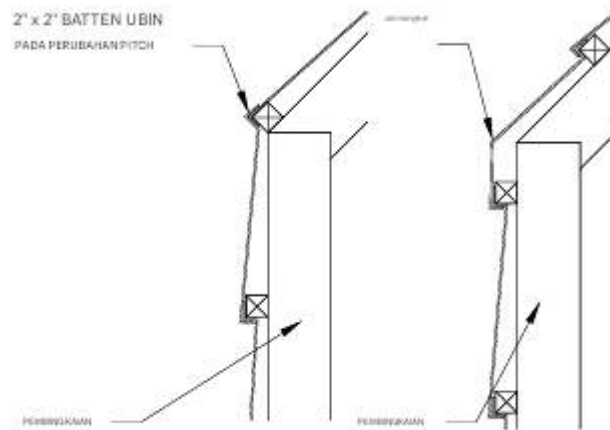
Jika serat kayu digunakan, genteng tersebut ringan dan dapat digunakan untuk atap baru maupun untuk konstruksi baru. Genteng ini memiliki ketahanan benturan yang sangat baik dan mudah digergaji dan dipaku. Sebagai produk komposit bertekstur kaya, ubin serat mineral menciptakan estetika yang mirip dengan sirap cedar berat, namun memberikan proteksi kebakaran yang sama dengan produk semen. Semen portland tidak mudah terbakar dan memiliki peringkat api Kelas A, dan serat kayu memberikan kekuatan tarik yang sangat baik dan bobot yang ringan jika dibandingkan dengan ubin beton standar.



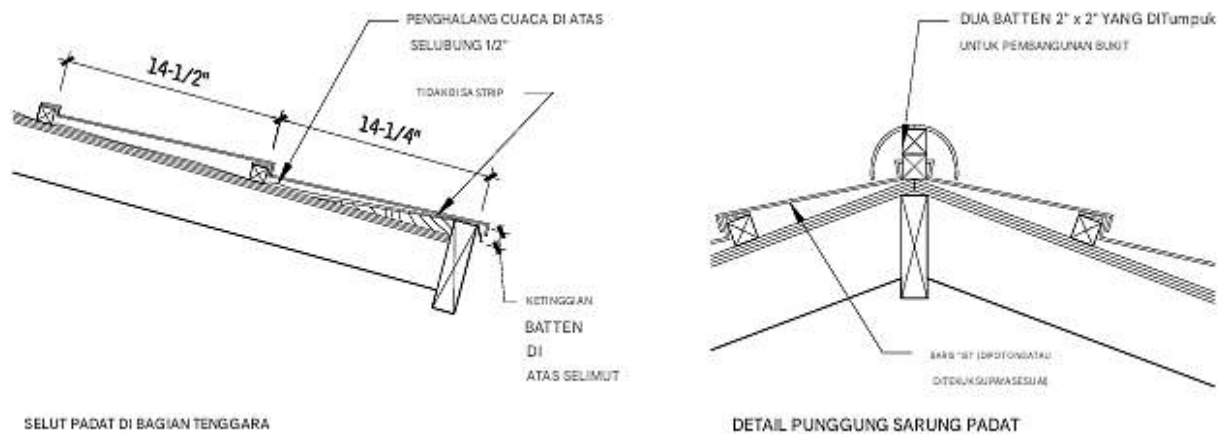
Gambar 2.514 Ubin kayu semen



Gambar 2.515 Genteng logam



Gambar 2.516 Genteng logam pada perubahan pitch



Gambar 2.517 Detail genteng atap metal di eave dan ridge

Tempat Tulis Keramik

Genteng keramik menggabungkan tampilan batu tulis alami dengan kekuatan dan daya tahan genteng keramik yang dibakar. Genteng ini memiliki ketebalan, tekstur, dan tampilan seperti batu tulis lama tetapi dengan berat dan biaya yang jauh lebih murah. Genteng ini tahan terhadap siklus beku-cair, api, kelembapan, dan pembungaan.

Genting Atap Logam

Keunggulan genteng logam dibandingkan genteng tanah liat atau beton tradisional adalah ringan, lebih mudah ditangani, dan lebih cepat dipasang, dan karena membutuhkan lebih sedikit komponen bangunan, harganya lebih murah. Kemiringan atap minimum yang direkomendasikan untuk penggunaan genteng logam adalah 3 in 12. Atap dengan kemiringan yang lebih landai memerlukan sealant di semua sisi tumpang tindih.

Genting logam biasanya tersedia dalam bentuk lembaran dan memiliki bahan dasar baja galvanis atau Galvalume yang dibentuk dengan gulungan dengan ukuran 24 hingga 26. Pertama, lapisan butiran batu yang dihancurkan dan digradasi direkatkan ke panel baja dengan formula resin akrilik, lalu glasir akrilik bening diaplikasikan. Proses pengeringan oven yang

lambat melengkapi proses ini, dan bagian bawah ubin dilindungi dengan lapisan akhir cat poliester.

Panel dapat dipasang dengan cepat dan diamankan ke reng kayu atau baja, sehingga menghasilkan konstruksi yang kuat dan tahan cuaca. Panel dapat dipasang langsung di atas atap yang sudah ada, tidak seperti ubin tanah liat atau beton, dan karenanya sangat cocok untuk atap yang sudah direnovasi.

Atap Bituminus Built-Up

Rangkaian atap bituminus built-up terdiri dari lembaran dasar yang melekat pada substrat atap, dua atau lebih lembar lapis penguat, dan lembaran penutup yang dipermukaan. Aspal dan tar batubara merupakan material bituminus utama yang digunakan untuk atap built-up. Bitumen tar batubara memiliki sejarah mempertahankan karakteristik fungsional untuk jangka waktu yang sangat lama, tetapi ada beberapa pertanyaan mengenai keamanan dari aspal tar batubara, dan ini umumnya lebih mahal. Saat bitumen pel yang dipanaskan menyatu dengan bitumen jenuh di lapisan atap, lapisan-lapisan tersebut dilas bersama. Permukaannya meliputi agregat, mineral, lapisan pelindung atau reflektif, dan permukaan yang halus. Atap bituminus built-up dapat menjadi atap yang sangat tahan lama dan berkualitas tinggi, tetapi memerlukan lebih banyak keterampilan untuk memasangnya daripada beberapa rakitan lainnya. Jika pemilik bersedia berinvestasi dalam pemeriksaan independen yang sering terhadap atap, maka BUR merupakan pilihan yang sangat baik. Empat jenis aspal dan dua jenis tar batubara saat ini digunakan sebagai bitumen dalam rakitan atap built-up. Mutu aspal yang digunakan untuk sistem BUR harus sesuai dengan kemiringan atap. Backnailing felt direkomendasikan untuk atap built-up setiap kali kemiringan atap melebihi 1/2 in. dalam 12. Atap built-up dengan permukaan agregat tidak boleh digunakan pada lereng yang melebihi 3 in. dalam 12.

Feld penguat untuk BUR dapat dijenuhkan, dilapisi, atau diresapi dengan bitumen dan diproduksi dari bahan organik dan anorganik. Felt organik diproduksi dari serat kertas, kayu, atau kain. Felt jenuh dijenuhkan dengan aspal atau bitumen tar batubara. Felt atap yang diresapi umumnya lebih ringan dan disebut "diresapi" karena permukaannya tidak sepenuhnya tertutup (dilapisi) dengan aspal. Kempa atap yang jenuh dan terlapisi umumnya dilapisi pabrik pada kedua sisi dan dilapisi pada satu atau kedua sisi dengan pasir mineral halus atau bahan pelepas lainnya untuk mencegah adhesi di dalam gulungan sebelum diaplikasikan. Kempa atap yang telah disiapkan telah jenuh dan dilapisi dengan bedak, mika, pasir, atau butiran keramik yang dimasukkan ke dalam permukaan cuaca dari kempa, baik untuk memberikan perlindungan cuaca maupun untuk tujuan dekoratif. Membran flashing yang diperkuat terdiri dari dasar kempa serat kaca yang dilaminasi dengan katun, atau kain serat kaca yang dilapisi aspal. Kertas selubung berukuran rosin adalah kertas bangunan berlapis rosin yang umumnya digunakan dalam atap bitumen yang dibangun untuk memisahkan kempa dari dek atap kayu.

Suhu Bitumen

Suhu aplikasi yang tepat sangat penting untuk pembuatan rakitan atap bitumen yang dibangun berkualitas. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan cakupan yang tidak lengkap, rongga, dan kurangnya kualitas kedap air. Suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan daya rekat yang buruk, sifat ekspansi yang tinggi, dan kekuatan tarik yang rendah.

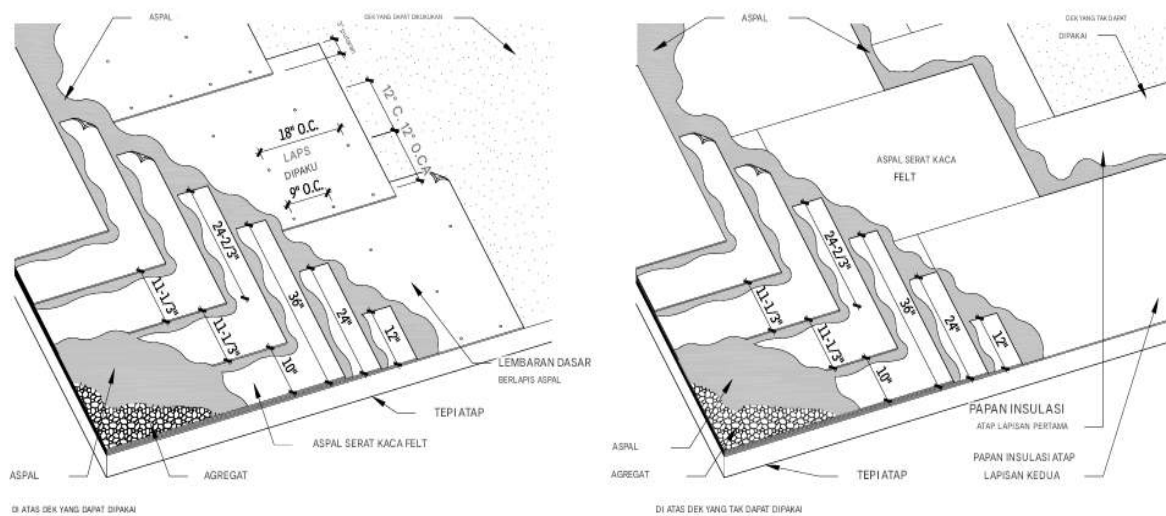
Bitumen dapat dipanaskan pada suhu tinggi untuk waktu yang singkat tanpa kerusakan; pada kenyataannya, aspal harus dipanaskan pada suhu tinggi untuk mencapai peleburan yang sempurna dan ikatan yang kuat pada lapisan-lapisan. Ada rentang viskositas yang optimal dan rentang suhu yang optimal pada titik aplikasi yang memungkinkan peleburan yang sempurna, sifat pembasahan dan pengepelan yang optimal, dan berat aspal antar-lapisan yang diinginkan yang disebut suhu equiviscous (EVT). Pemanasan yang berlebihan dan berkepanjangan pada produk aspal dan tar batubara dapat berdampak buruk pada kualitas produk.

Tabel 2.518 Jenis tar batubara

JENIS NO. SESUAI ASTM D 450	JENIS TAR BATUBARA	TITIK PELEMBUTAN (°F)	
		MINIMUM	MAKSIMUM
I	Lapangan tar batubara	126	140
II	Lapangan kedap air	106	126
III	Bitumen tar batubara	133	147

Tabel 2.519 Jenis aspal

JENIS	JENIS ASPAL	TITIK PELEMBUTAN (°F)		SUHU MAKSIMUM (°F)
		MINIMUM	MAKSIMUM	
I	Aspal tingkat mati	151	135	475
II	Aspal datar	176	158	500
III	Aspal curam	205	185	525
IV	Aspal curam khusus	225	210	525



Gambar 2.520 Atap bituminus yang dibangun — permukaan agregat

Permukaan Atap Built-Up

Permukaan melindungi bitumen dan felt dari atap bitumen built-up dari sinar matahari langsung dan paparan cuaca, dan dapat memberikan sifat-sifat lain seperti tahan api atau reflektivitas. Jenis-jenis permukaan meliputi agregat, permukaan halus, dan lembaran penutup mineral.

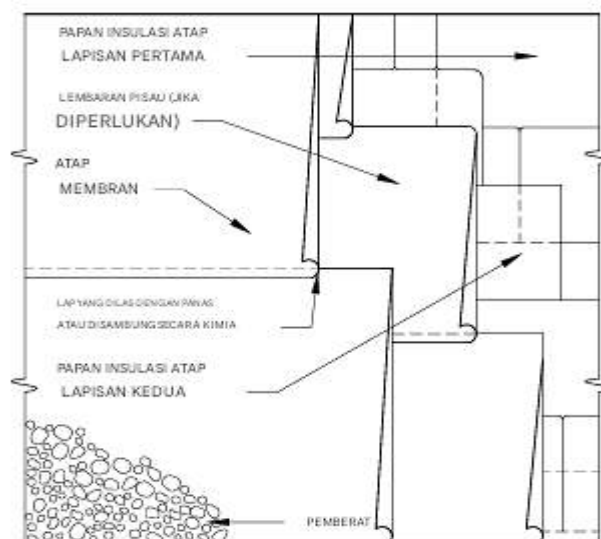
- ✓ Permukaan agregat: Agregat dalam atap berfungsi sebagai penutup buram yang meningkatkan tampilan dan ketahanan api atap dan membantu menahan penuaan dini dan kerusakan akibat cuaca, fluktuasi suhu, dan sinar ultraviolet. Agregat juga meningkatkan ketahanan terhadap pengangkatan angin dari membran atap dan memungkinkan aplikasi bitumen yang jauh lebih berat daripada yang mungkin dilakukan sebelumnya.
- ✓ Permukaan halus: Atap bitumen built-up dapat dibiarkan halus, dilapisi dengan lapisan atas aspal panas. Permukaan halus tidak boleh disamakan dengan membran built-up yang dibiarkan tidak dilapisi (felt yang terbuka). Atap built-up dengan permukaan halus harus ditentukan hanya dalam keadaan di mana atap bitumen built-up dengan permukaan agregat tidak praktis, seperti ketika kemiringan permukaan atap melebihi 3 inci dalam 12 inci, di mana kedekatan peralatan pemasangan atau pembuangan udara dapat menyebabkan agregat longgar, dan di mana agregat yang sesuai tidak tersedia
- ✓ Permukaan mineral (lembaran penutup): Beberapa daerah di negara ini (terutama negara bagian paling barat dan selatan) menggunakan lembaran penutup dengan permukaan mineral sebagai permukaan akhir untuk membran atap built-up. Rakitan ini mirip dengan agregat dan permukaan halus kecuali bahwa lapisan akhir bahan atap dengan permukaan akhir dipasang di atas rakitan atap multi-lapis. Rakitan ini tidak populer di iklim yang lebih dingin, terutama karena memerlukan konstruksi bertahap dari lapisan akhir bahan atap.

Atap Membran Elastomerik dan Termoplastik

Rangkaian atap membran elastomerik dan atap membran termoplastik merupakan jenis atap membran satu lapis. Atap membran satu lapis menggunakan lembaran besar yang disambung menjadi membran atap yang berkesinambungan. Pada rangkaian ini, jahitan dan flashing mungkin rentan terhadap cacat pengerjaan, sehingga menjadi kelemahan utama sistem. Membran satu lapis juga umumnya kurang tahan terhadap kerusakan fisik dan tidak dapat dengan mudah dilapis ulang seperti jenis lainnya.

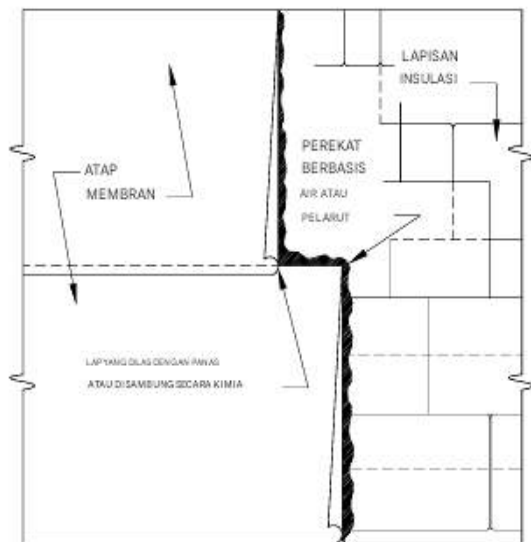
Membran satu lapis tersedia dalam dua jenis: termoset dan termoplastik. Bahan termoset mengeras selama pembuatan dan hanya dapat direkatkan pada jahitan dengan perekat. Monomer etilena propilena diena (EPDM) merupakan membran termoset yang paling umum; polietilena klorosulfonasi (CSPE) dan poliisobutilena (PIB) juga tersedia, tetapi tidak umum. Bahan atap membran termoplastik tidak diawetkan dan, oleh karena itu, dapat dilas dengan udara panas atau dilas dengan pelarut. Polivinil klorida (PVC) dan poliolefin termoplastik (TPO) adalah membran termoplastik yang umum. Membran satu lapis dapat dipasang menggunakan tiga metode:

- ❖ Rakitan pemberat yang dipasang longgar: Rakitan yang dipasang longgar adalah yang paling murah dan memerlukan keterampilan paling sedikit dari pemasang. Namun, ada sejumlah kelemahan. Pertama, membran rentan terhadap tusukan pemberat saat staf pemeliharaan berjalan melintasi atap. Kedua, kebocoran sangat sulit ditemukan karena air bebas mengalir secara horizontal di dalam insulasi sebelum muncul di bagian dalam, dan membran ditutupi dengan batu. Ketiga, pemberat yang lepas bermasalah karena dapat dipindahkan di atap oleh angin, meninggalkan beberapa area membran tanpa pengaman, pemberat juga dapat terbang dari atap sebagai proyektil yang berbahaya. Ukuran dan berat pemberat harus dirancang untuk lokasi proyek tertentu, dengan bobot yang lebih berat di zona perimeter dan sudut. Paving beton ringan yang dirancang khusus yang dicor untuk digunakan sebagai pemberat atap dapat digunakan sebagai pengganti pemberat agregat biasa untuk sebagian atau seluruh atap, lihat Gambar 2.654 dan 2.723. Hindari atap yang diberi pemberat di daerah rawan badai dan pada bangunan bertingkat tinggi. Pemberat dapat berwarna terang, tetapi umumnya tidak memantulkan seperti atap membran satu lapis putih.
- ❖ Rakitan yang direkatkan sepenuhnya: Rakitan yang direkatkan sepenuhnya umumnya merupakan yang paling mahal dari ketiga aplikasi dan menawarkan tingkat kinerja tertinggi. Rakitan yang direkatkan sepenuhnya dapat menggunakan lembaran yang tidak diperkuat atau diperkuat, yang umumnya membutuhkan waktu lebih lama untuk aus. Kebocoran relatif mudah ditemukan karena area insulasi basah biasanya terbentuk tepat di bawah celah membran.
- ❖ Perakitan yang dipasang secara mekanis: Membran untuk perakitan yang dipasang secara mekanis harus diperkuat untuk menahan gaya sobek yang dihasilkan oleh pengangkatan. Karena jumlah jahitan yang dibutuhkan relatif banyak, lembaran termoplastik menjadi semakin populer. Tingkat kesulitan menemukan kebocoran dalam sistem yang dipasang secara mekanis berada di antara sistem yang longgar dan sistem yang direkatkan sepenuhnya.

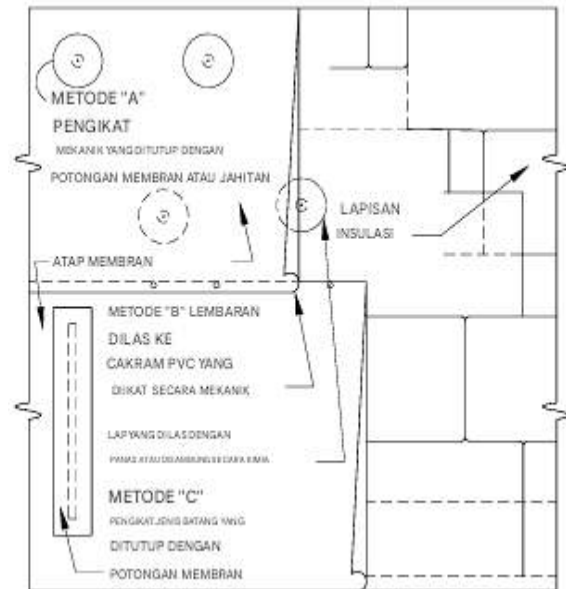


Gambar 2.521 Lembaran ballast yang dipasang lepas

Lembaran membran dan insulasi dipasang longgar dengan membran yang diamankan di sekeliling perimeter dan di sekitar penetrasi saja. Membran kemudian ditutup dengan pemberat dari batu yang tercuci sungai (biasanya 10 lb/ft persegi) atau paving yang sesuai. Sistem ini bekerja secara efisien dengan insulasi yang disetujui oleh produsen membran dan pada atap dengan kemiringan tidak melebihi 2 in 12.



Gambar 2.522 Lembaran yang dipasang sepenuhnya



Gambar 2.523 Lembaran yang terpasang secara mekanik

Rangkaian membran yang dipasang sepenuhnya tidak dibatasi oleh kemiringan, karena membran diamankan ke substrat dengan perekat pengikat dan dengan mengencangkan membran secara mekanis ke perimeter dan penetrasi. Rangkaian ini sesuai untuk atap berkontur dan atap yang tidak dapat menahan beban rangkaian pemberat. Membran dapat langsung diaplikasikan ke berbagai jenis permukaan dek atap termasuk beton dan kayu dan mungkin kompatibel dengan insulasi atau papan pelindung.

Rangkaian atap yang terpasang secara mekanis cocok untuk atap yang tidak dapat menahan beban yang diberikan oleh rangka atap pemberat. Rangkaian tersedia dengan pengencang yang menembus membran, atau yang tidak memerlukan penetrasi membran. Membran ditambatkan ke atap menggunakan batang logam atau klip individual, dan dapat dipasang di atas beton, kayu, logam, atau insulasi yang kompatibel.

Atap EPDM

Membran etilena-propilena-diena-monomer (EPDM) biasanya memiliki ketebalan 30 hingga 60 mil, bahan atap lembaran tunggal. Membran tersedia tanpa tulangan atau diperkuat dengan kain. Sambungan pada membran disambung dan disemen. Membran EPDM sangat tahan terhadap degradasi dari bahan kimia tertentu, ozon, dan radiasi ultraviolet, dan memiliki

ketahanan, kekuatan tarik, ketahanan abrasi, kekerasan, dan sifat pelapukan yang sangat baik.

Membran EPDM dapat dipasang longgar, diikat secara mekanis, atau direkatkan sepenuhnya pada dek yang dapat dipaku atau tidak dapat dipaku. Untuk sistem yang dipasang longgar, pemberat memberikan ketahanan terhadap gaya angkat angin. Aplikasi permukaan atau pelapis di lapangan dapat meningkatkan sifat ketahanan cuaca, atau mungkin hanya estetika. Terminasi pada tepi atap, tembok pembatas, dan flashing lainnya menggunakan material yang identik dengan material membran atap yang dibentuk agar sesuai dengan substrat dan area yang akan di-flash.

Atap PVC

Membran polivinil klorida (PVC) dapat tidak diperkuat atau diperkuat dengan serat kaca atau kain poliester. Ketebalan membran biasanya 45 hingga 60 mil. Jahitan disegel dengan pengelasan panas atau kimia, dan mungkin memerlukan pendempulan tambahan. Membran PVC tahan terhadap pertumbuhan bakteri, atmosfer kimia industri, penetrasi akar, dan kondisi cuaca ekstrem. Membran PVC juga memiliki ketahanan api dan kemampuan jahitan yang sangat baik. ASTM D 4434 mengklasifikasikan material PVC ke dalam beberapa jenis dan kelas, tergantung pada konstruksi material lembaran:

- Tipe I: Lembaran yang tidak diperkuat
- Tipe II, Kelas I: Lembaran yang tidak diperkuat yang mengandung serat
- Tipe II, Kelas II: Lembaran yang tidak diperkuat yang mengandung kain
- Tipe III: Lembaran yang diperkuat yang mengandung serat atau kain

Membran PVC dapat dipasang secara longgar, diikat secara mekanis, atau direkatkan sepenuhnya pada dek yang dapat dipaku atau tidak dapat dipaku. Untuk sistem yang dipasang secara longgar, pemberat memberikan ketahanan terhadap gaya angkat angin. Beberapa membran PVC memiliki lapisan yang diaplikasikan di pabrik untuk meningkatkan ketahanan terhadap cuaca atau estetika. Aplikasi lapisan di lapangan dapat menjadi pilihan dan bergantung pada produsen membran.

Atap TPO

Membran poliolefin termoplastik (TPO) dicampur dari polimer karet polipropilena dan etilena-propilena, dan dapat mencakup penghambat api, pigmen, penyerap UV, dan pengubah lainnya. Lembaran membran tersedia dalam bentuk yang diperkuat dan tidak diperkuat dengan ketebalan 40 hingga 100 mil. Membran TPO berkisar dari yang kaku dan "seperti papan" hingga yang lunak dan fleksibel. Sambungannya dilas dengan panas dan mungkin memerlukan pendempulan tambahan untuk melindungi penyerapan penguat. TPO tahan terhadap lemak hewani, beberapa hidrokarbon, dan minyak sayur. Membran TPO dapat dipasang longgar, diikat secara mekanis, atau direkatkan sepenuhnya. Beberapa membran berwarna putih atau terang, atau pelapis lapangan dapat diaplikasikan.

Atap Busa Berlapis

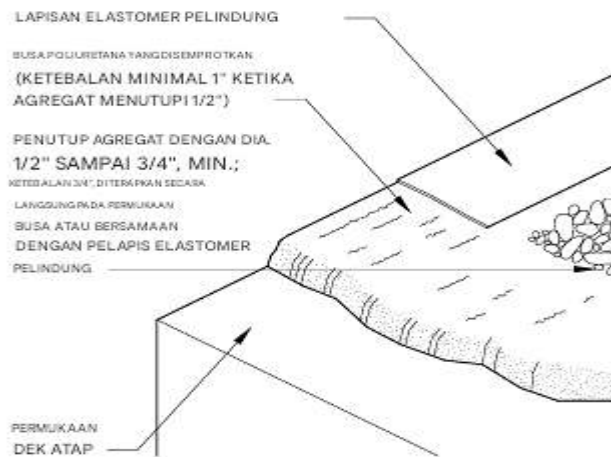
Atap busa poliuretan diaplikasikan dengan semprotan, tanpa sambungan, dan

direkatkan sepenuhnya. Busa dibuat dengan mencampur komponen isocyanate dan resin dengan rasio 1:1. Busa poliuretan semprot adalah busa sel tertutup yang memberikan isolasi dan ketahanan air yang baik. Rakitan ini digunakan dengan lapisan pelindung atau penutup pemberat batu, yang melindungi busa dari sinar ultraviolet dan kerusakan mekanis. Rakitan ini dapat diaplikasikan dalam berbagai ketebalan untuk menghilangkan genangan air, meningkatkan drainase, dan memenuhi nilai R yang dibutuhkan (sekitar R-6,25 per inci).

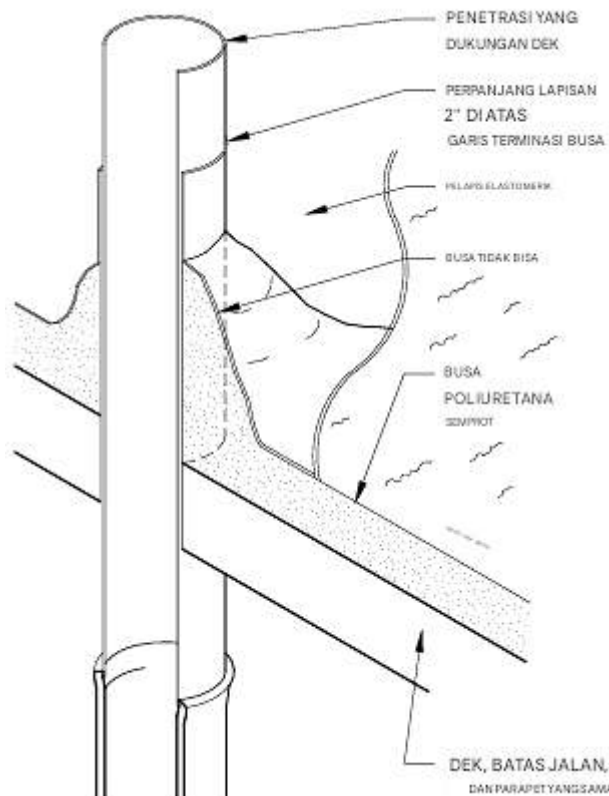
Salah satu keuntungan dari sistem busa berlapis adalah dapat digunakan di atas permukaan yang sangat tidak teratur, geometri yang tidak biasa, atau rakitan logam miring yang sudah ada. Busa ini juga ringan dan menawarkan ketahanan yang baik terhadap pengangkatan angin. Ingatlah hal-hal berikut saat bekerja dengan atap busa berlapis:

- Sebelum atap busa poliuretan semprot diaplikasikan, semua permukaan harus bersih, bebas dari kontaminan, diikat dengan kuat ke substrat, dan benar-benar kering. Indikator yang peka terhadap kelembapan mungkin diperlukan untuk mendeteksi kelembapan di dalam rakitan atap yang ada. Penghambat uap mungkin diperlukan; konsultasikan dengan produsen untuk mengoordinasikan kondisi atap tertentu dengan aplikasi busa.
- Sebagian besar produsen busa poliuretan memproduksi tiga tingkatan musiman: musim dingin (cepat), reguler, dan musim panas (lambat).
- Selama aplikasi, angin dapat memengaruhi kualitas; gunakan pelindung angin atau hentikan aplikasi. Tekstur permukaan busa poliuretan yang disemprotkan dapat bervariasi karena angin, penyesuaian peralatan, teknik penyemprotan, dan karakteristik bahan yang digunakan. Busa yang akan dilapisi elastomerik harus memiliki tekstur yang halus, menyerupai kulit jeruk. Untuk penutup agregat, teksturnya tidak boleh lebih kasar dari popcorn.

Perlindungan busa poliuretan yang disemprotkan terbagi dalam dua klasifikasi umum: pelapis elastomerik pelindung dan agregat. Ada tujuh jenis umum pelapis pelindung elastomerik: akrilik, silikon, uretan, butil, hipalon, neoprena, dan aspal yang dimodifikasi. Sifat fisik pelapis ini dapat bervariasi, dan produsen pelapis harus diajak berkonsultasi untuk mendapatkan rekomendasi tentang kebutuhan khusus. Butiran agregat dapat diaplikasikan pada lapisan atas pelindung yang basah dan belum diawetkan untuk meningkatkan ketahanan sistem pelapis terhadap UV atau kerusakan mekanis.



Gambar 2.524 Atap busa berlapis



Gambar 2.525 Penetrasi pipa tunggal

Atap Berbahan Cairan

Rangkaian atap berbahan dasar cairan dapat diaplikasikan pada suhu sekitar atau dipanaskan dalam ketel. Sebagian besar memiliki semacam kain penguat yang diaplikasikan bersama dengan komponen cair. Atap berbahan dasar cairan yang diaplikasikan di atas atap yang sudah ada umumnya tidak diterima sebagai "membran", tetapi sebagai pelapis.

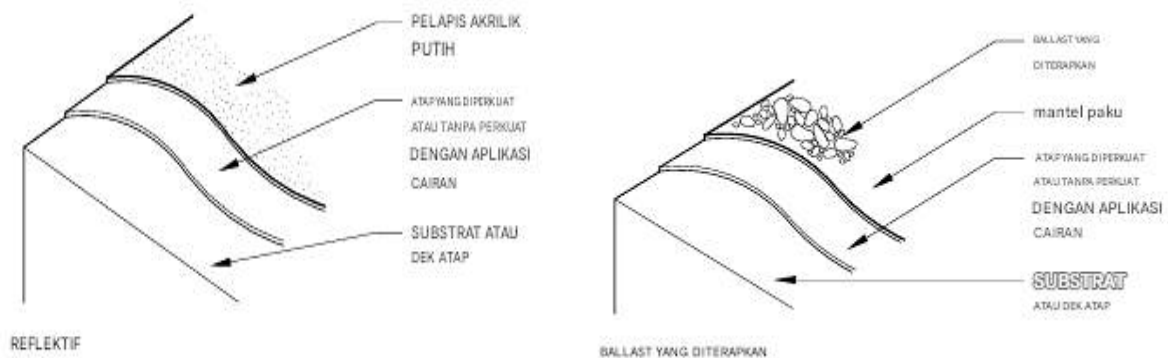
Lateks akrilik dan uretan adalah dua jenis utama atap berbahan dasar cairan dingin. Lateks akrilik mengacu pada keluarga produk yang menggunakan polimer berbasis air dan diawetkan dengan penguapan air. Pelapis atap uretan berbahan dasar cairan diawetkan secara kimia untuk membentuk membran elastomer. Karena pelapis ini diaplikasikan sebagai cairan,

pemasangannya relatif sederhana, bahkan untuk atap dengan geometri tidak beraturan atau beberapa penetrasi. Untuk rangkaian yang menggunakan kain penguat, pelapis diaplikasikan pada permukaan yang dapat diterima. Saat lapisan masih basah, lapisan poliester atau fiberglass diletakkan di atasnya, diikuti oleh lapisan pelapis tambahan. Lapisan berikutnya dapat ditambahkan sesuai keinginan atau kebutuhan.

Atap yang diaplikasikan dengan cairan cocok untuk konstruksi baru tetapi paling umum digunakan sebagai penyempurnaan atau perbaikan atap yang sudah ada, termasuk atap bitumen yang dimodifikasi dan atap yang dibangun. Keuntungan atap yang diaplikasikan dengan cairan adalah sangat sesuai dengan permukaan yang tidak teratur, mudah diaplikasikan, dan tersedia dalam berbagai warna. Namun, atap ini bergantung pada keterampilan pemasang, dan paling baik digunakan pada situasi atap miring.

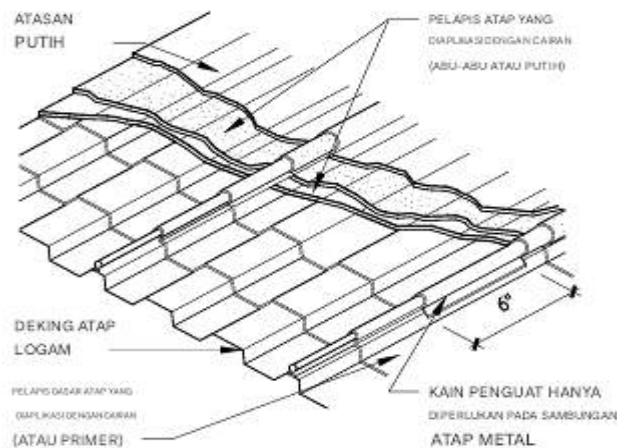
Atap yang Diaplikasi dengan Cairan Panas

Paling umum, membran yang diaplikasikan dengan cairan panas terdiri dari aspal karet yang diaplikasikan pada 150 hingga 210 mil dalam dua lapisan dengan lembaran penguat di antara lapisan. Meskipun membran memiliki ketahanan tusukan yang terbatas, karena paling sering diaplikasikan langsung ke substrat beton dan dilindungi oleh isolasi, ketahanan tusukan tidak terlalu penting.



Gambar 2.526 Atap yang digunakan dengan cairan

Membran ini dapat memperbaiki sendiri kebocoran kecil, memiliki kemampuan menjembatani retakan, relatif tahan terhadap substrat kasar, dan dapat segera dilindungi setelah pemasangan. Selain itu, membran yang diaplikasikan dengan cairan memungkinkan flashing penetrasi yang lebih mudah, sehingga sangat cocok untuk bentuk atap yang rumit dengan banyak penetrasi. Atap yang diaplikasikan dengan cairan juga dapat digunakan di bawah insulasi papan dan pemberat untuk perlindungan lebih lanjut.

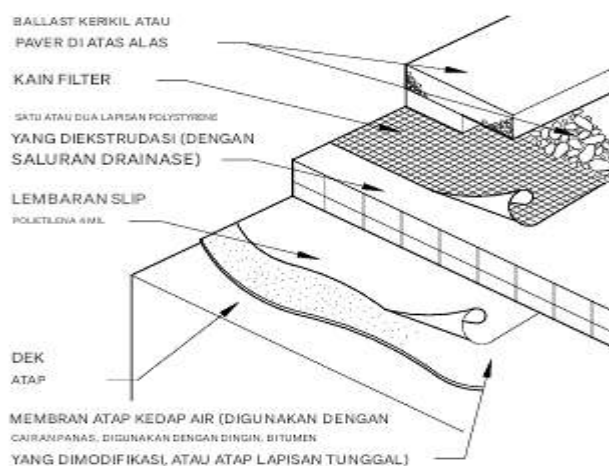


Gambar 2.527 Atap yang digunakan dengan cairan di atas atap logam yang ada

Atap Membran yang Dilindungi (PRM)

Dalam rakitan atap yang umum, membran kedap air (terbuat dari aspal yang dimodifikasi, atau satu lapis) diaplikasikan di atas insulasi, yang berada di atas substrat dan/atau dek struktural. Membran dalam situasi ini terpapar pada suhu ekstrem, serta keausan akibat orang yang berjalan atau bekerja di atap.

Dalam atap membran yang dilindungi (kadang-kadang disebut rakitan membran atap terbalik atau terisolasi, atau IRMA), lapisan papan insulasi polistirena yang diekstrusi melindungi membran. Polistiren yang diekstrusi adalah satu-satunya bahan yang secara umum disetujui untuk aplikasi ini karena tidak menyerap kelembapan. Sistem atap ini paling baik digunakan di daerah beriklim ekstrem, di mana penting untuk melindungi membran dari unsur-unsur alam, atau di tempat atap akan sering digunakan (misalnya, aplikasi di plaza atau dek parkir).



Gambar 2.528 Sistem atap membran terlindungi

Atap Bervegetasi

Berbagai pendekatan telah dilakukan untuk desain atap bervegetasi, yang disebut atap hijau. Jenis rakitan yang dipilih akan bergantung pada sebagian kondisi pekerjaan, termasuk

iklim, komunitas tanaman yang diinginkan, dan kapasitas menahan beban dek atap. Rakitan atap hijau kompatibel dengan sistem kedap air membran atap konvensional dan terlindungi (PRM). Semua rakitan akan mencakup karakteristik berikut:

- Perlindungan membran kedap air dari akar dan serangan biologis
- Perlindungan membran kedap air dari kekerasan fisik dan kecelakaan
- Lapisan drainase dasar
- Lapisan pemisah, untuk mencegah tanah rekayasa berbutir halus dari pengotoran atau penyumbatan sistem lapisan drainase
- Tanah rekayasa, untuk mendukung vegetasi

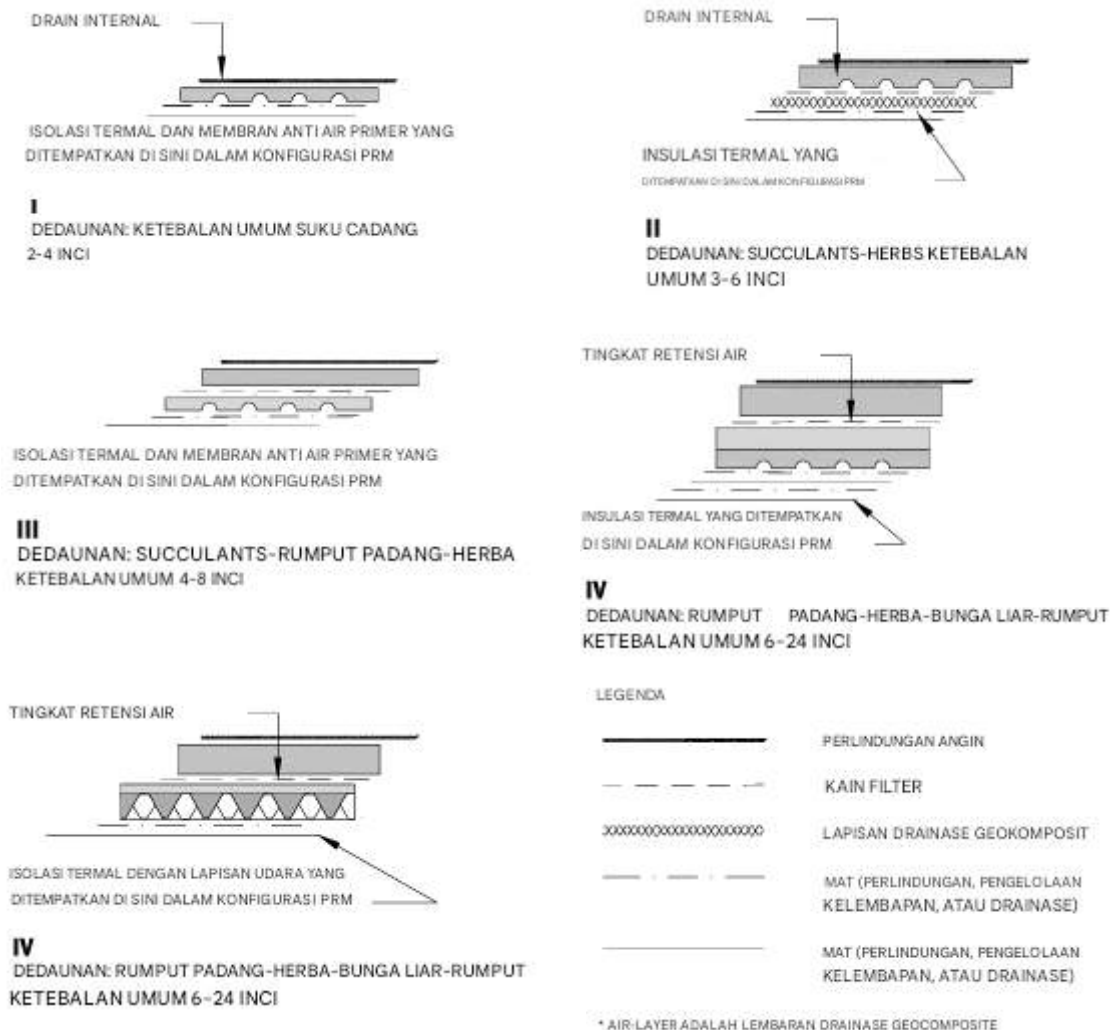
Beberapa membran kedap air tidak memerlukan perlindungan akar tambahan. Rakitan 6 inci dan lebih tipis disebut sebagai ekstensif; rakitan 12 inci dan lebih tebal disebut sebagai intensif. Komponen opsional dapat disertakan, di antaranya:

- Irigasi
- Elemen penstabil lereng
- Elemen penguat akar
- Peningkatan untuk mempertahankan kelembapan hujan
- Lapisan udara untuk menghilangkan kelembapan lapisan insulasi (beberapa sistem PRM)
- Modul mandiri
- Pemberat untuk menahan terangkatnya tanah akibat angin

Sebagian besar tanah rekayasa yang ditujukan untuk penggunaan atap hijau dibuat dari agregat mineral ringan. Bahan-bahan ini biasanya memiliki kepadatan basah antara 60 dan 90 lbs per kaki kubik, diukur menurut ASTM E 2399.

Rangkaian atap hijau dapat diklasifikasikan ke dalam lima kategori:

- Kategori I: Rakitan satu lapis yang biasanya dipasang dengan kain atau alas busa untuk memberikan perlindungan fisik dan meningkatkan drainase. Ketebalan keseluruhan rakitan ini jarang lebih dari 4 inci. Rakitan ini dikaitkan dengan pemasangan atap miring. Rakitan ini juga menawarkan opsi paling murah untuk penghijauan atap.
- Kategori II: Rakitan dua lapis di mana tanah hasil rekayasa diletakkan di atas lapisan drainase geokomposit yang efisien. Variasi umum menggunakan lapisan drainase yang juga dapat menahan sebagian air. Untuk mengurangi stres tanaman selama kondisi kekeringan, lapisan drainase tidak boleh lebih tebal dari 1 inci. Ketebalan keseluruhan rakitan yang umum berkisar antara 3 hingga 6 inci. Ini mungkin merupakan rakitan ekstensif yang paling umum ditemui di Amerika Serikat.

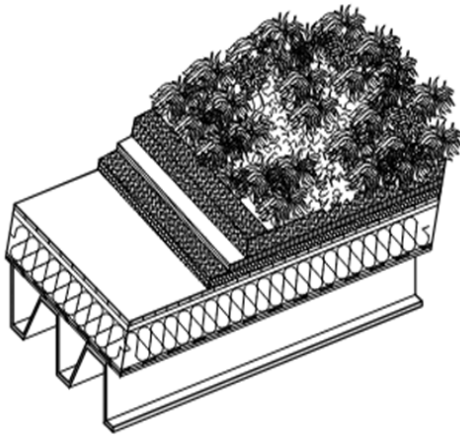


Gambar 2.529 Sistem penutupan bervegetasi untuk atap

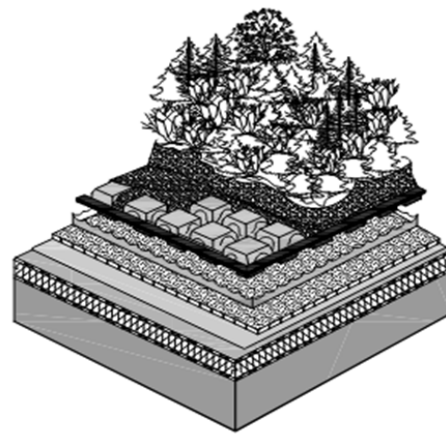
- ☑ Kategori III: Rakitan dua lapis yang menggunakan material granular kasar yang sangat permeabel untuk membuat zona drainase. Ketebalan rakitan keseluruhan yang umum berkisar antara 4 hingga 8 inci. Dibandingkan dengan rakitan Kategori II dengan ketebalan yang sama, rakitan Kategori III akan jauh lebih toleran terhadap kekeringan dan mengakomodasi pemilihan tanaman yang lebih luas.
- ☑ Kategori IV: Mirip dengan rakitan Kategori III tetapi dengan lapisan drainase yang lebih dalam untuk mengakomodasi metode irigasi dasar (dari bawah ke atas). Ketebalan minimum untuk rakitan ini adalah 6 inci.
- ☑ Kategori V: Rakitan ini melibatkan penggunaan panel retensi air yang diisi dengan material granular kasar. Seperti pada rakitan Kategori III dan Kategori IV, lapisan permukaan tanah rekayasa ditempatkan di atas lapisan granular dan dipisahkan oleh kain penyaring. Rakitan ini memperkenalkan lapisan udara di bagian bawah profil. Ketebalan minimum untuk sistem ini adalah 6 in.

Sistem Kategori IV dan V diairi dan paling sering dikaitkan dengan aplikasi intensif. Irigasi meningkatkan peluang desain lanskap, dan di iklim hangat juga dapat meningkatkan efek

pendinginan. Perakitan ini terwakili dengan baik di lanskap plaza yang dalam yang dapat mendukung tanaman dan pohon abadi yang besar.



Gambar 2.530 Kategori III



Gambar 2.531 Kategori V

Manfaat Lingkungan

Atap bervegetasi memberikan tiga manfaat lingkungan yang penting. Atap bervegetasi:

- Memperpanjang masa pakai bahan kedap air yang mendasarinya, yang akan mengurangi timbulan limbah dan jumlah energi tertanam yang terkait dengan atap.
- Mengembalikan keseimbangan hidrologi alami ke lokasi yang dikembangkan, termasuk mengurangi banjir dan mendorong pemanfaatan air yang lebih efektif oleh tanaman.
- Meningkatkan kinerja energi bangunan.

Skala manfaat energi, tentu saja, sangat bergantung pada iklim; iklim sedang dan semitropis di wilayah utara akan paling diuntungkan. Saat memilih sistem atap hijau, ajukan pertanyaan berikut:

- Bahan apa saja yang terkandung di dalamnya yang diproduksi dari bahan daur ulang atau, sebagai alternatif, dapat didaur ulang?
- Seberapa tahan lama sistem kedap air dan penutup hijau gabungan tersebut? Bagaimana keawetannya dapat ditingkatkan?
- Sejauh mana irigasi dapat dihilangkan melalui pemilihan tanah yang direkayasa, konfigurasi sistem, dan pemilihan tanaman yang tepat?

Pertimbangan Khusus

Dengan tindakan pencegahan yang tepat, atap bervegetasi telah berhasil dipasang dalam kombinasi dengan semua jenis sistem kedap air utama. Membran ini tidak memerlukan lapisan pelindung akar tambahan. Selain itu, ASTM E 2397 menyediakan prosedur standar untuk menetapkan berat rakitan gabungan maksimum yang akan digunakan saat menentukan beban mati.

Bagian penting dari semua desain atap bervegetasi adalah perlindungan untuk saluran air dan flashing yang sebanding dengan yang ditawarkan oleh penutup bervegetasi di tempat lain. Flashing, khususnya, biasanya merupakan mata rantai yang lemah dalam keseluruhan

rakitan atap. Oleh karena itu, dianggap sebagai praktik yang baik untuk melindungi flashing dengan counterflashing logam atau melindungi flashing dengan lapisan membran "pengorbanan".

Teknik atap hijau telah digunakan dengan sangat sukses di Eropa selama lebih dari 40 tahun. Di sebagian besar kota di Jerman, misalnya, atap bervegetasi merupakan bagian yang tak terpisahkan dari pengelolaan limpasan perkotaan dan strategi pengolahan air negara tersebut. Metode yang sangat efektif untuk melindungi membran kedap air yang mendasarinya telah dikembangkan. Selain itu, teknik listrik tersedia yang memungkinkan untuk menemukan kebocoran kecil dengan akurasi yang sangat tinggi.

Metode pemasangan tanaman meliputi:

- Sumbat
- Tikar vegetasi yang diperkuat
- Benih dan stek
- Modul ditanam di tempat pembibitan

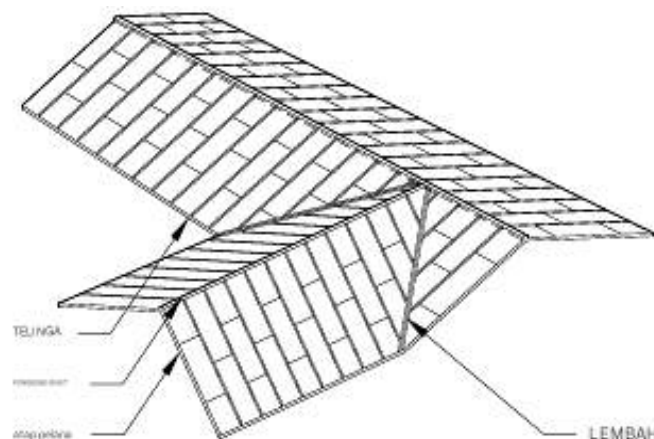
Atap Logam

Ada empat jenis atap logam, dalam dua kategori utama. Kategori pertama adalah atap logam tradisional, yang membutuhkan dukungan dek struktural yang berkelanjutan dan terkadang disebut atap logam arsitektural. Kategori kedua adalah atap logam struktural, yang mampu membentang di atas purlin terbuka. Atap logam struktural meliputi:

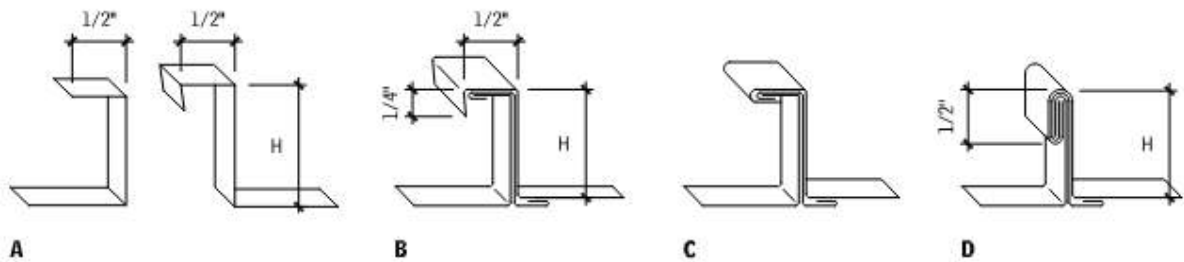
- ☞ Standing seam
- ☞ Bermuda
- ☞ Batten seam
- ☞ Lembaran logam bergelombang atau dibentuk

Atap Standing Seam

Atap standing seam dapat dipasang di lereng yang landai seperti 1/4 in. dalam 12. Karena tampilan arsitektur sistem atap, atap ini lebih umum digunakan di lereng atap yang lebih curam, yang memungkinkan panel terlihat sebagai bagian dari keseluruhan desain.

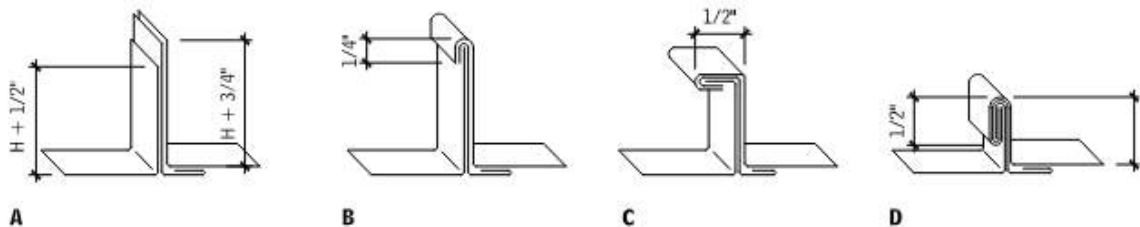


Gambar 2.532 Atap metal berdiri



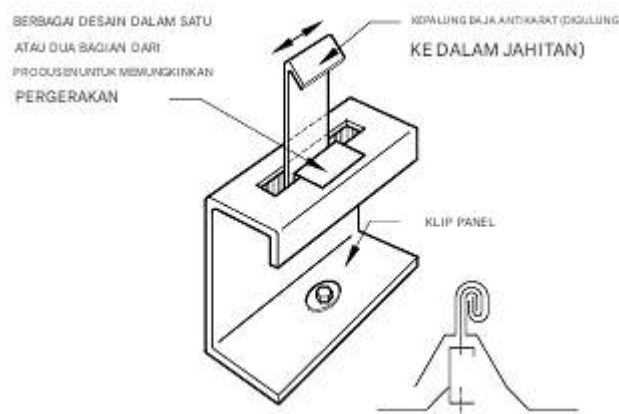
Gambar 2.533 Metode pan untuk membentuk jahitan berdiri

Jarak jahitan dapat bervariasi sesuai dengan gaya arsitektur fasilitas. Lembaran yang dibentuk (digunakan dengan sistem bangunan logam) memiliki jarak jahitan yang ditetapkan oleh lokasi lubang yang dilubangi pada anggota rangka struktural.

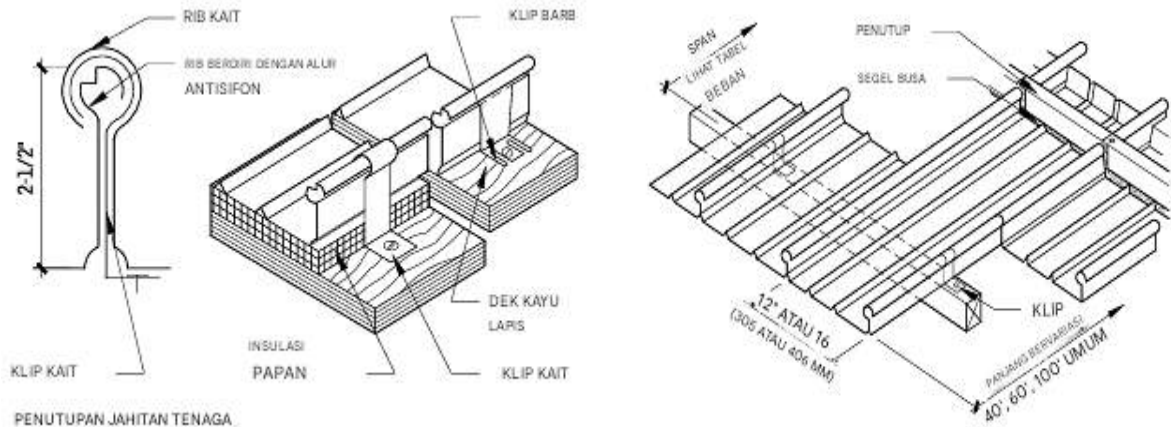


Gambar 2.534 Metode lapangan untuk membentuk jahitan berdiri

Dua metode untuk membentuk jahitan berdiri digunakan: metode pan dan metode roll. Dalam metode pan, bagian atas, bawah, dan sisi dari masing-masing lembaran dibentuk terlebih dahulu untuk memungkinkan penguncian bersama di setiap tepi. Jahitan di bagian atas dan bawah setiap lembaran disebut jahitan melintang. Dalam metode roll, serangkaian lembaran panjang disatukan di ujungnya dengan jahitan kunci datar ganda. Jahitan yang dibentuk di lapangan ini dapat dilakukan secara manual atau dengan mesin jahit (perangkat elektronik beroda yang berjalan di sepanjang sambungan lembaran yang membentuk jahitan). Dalam kedua metode tersebut, cleat (diberi jarak seperti yang direkomendasikan oleh produsen) dibentuk ke dalam jahitan berdiri. Terminasi jahitan biasanya disolder.



Gambar 2.535 Cleat yang dapat digerakkan



Gambar 2.536 Atap logam struktural dengan jahitan berdiri

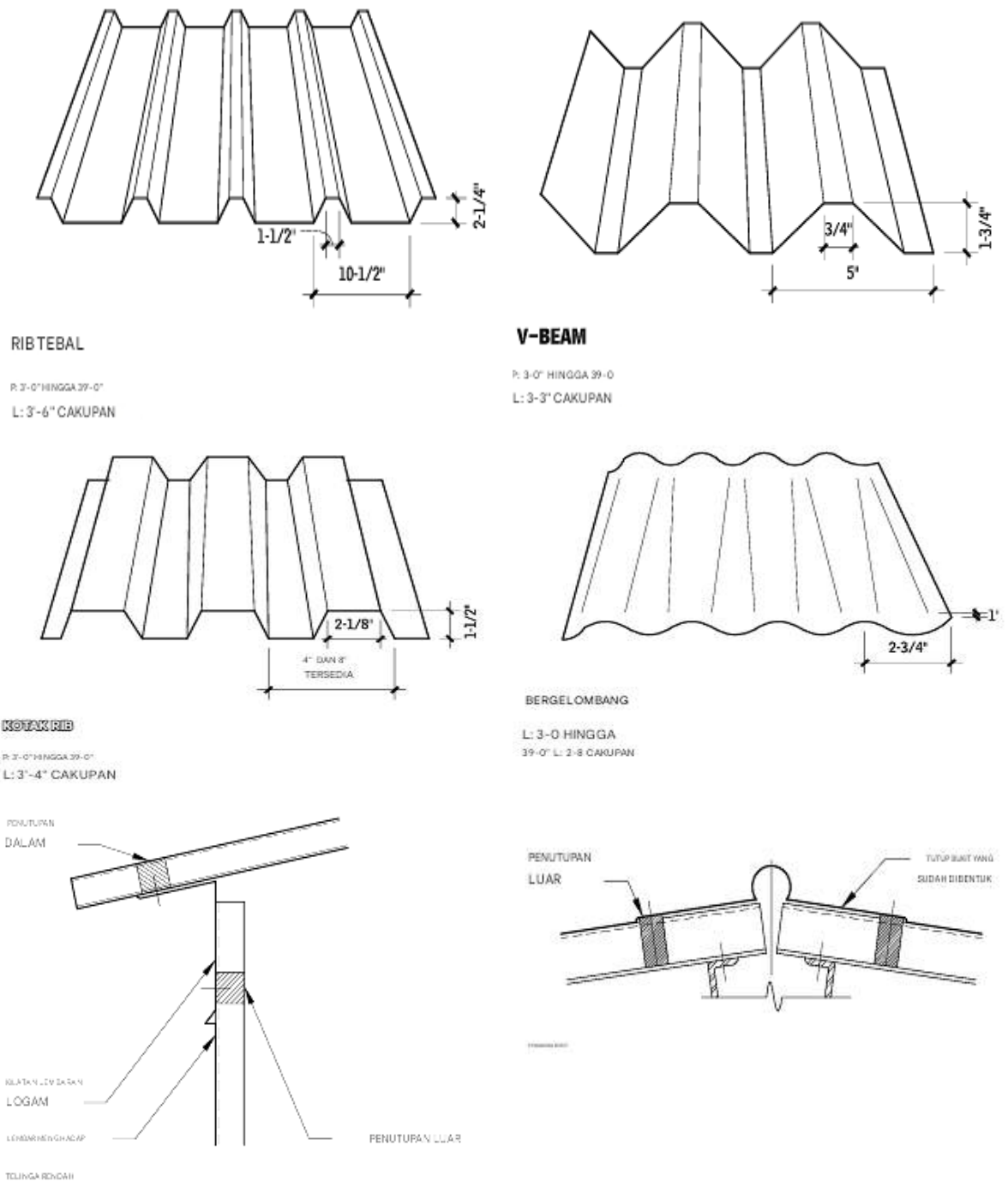
Atap Logam Bergelombang atau yang Dibentuk

Panel logam lembaran dibentuk dari aluminium, baja lembaran galvanis, Galvalume, dan seng. Ini adalah sistem yang kinerjanya relatif rendah yang mengandalkan gasket pada pengencang yang terbuka dan sedikit sealant untuk mengakomodasi pergerakan dan tetap kedap air. Penghalang cuaca yang sangat andal lebih disukai untuk kinerja terbaik. Persyaratan berikut berlaku:

- ❖ Endlap untuk atap dan dinding luar harus setidaknya 6 inci dan diikat di setiap rusuk. Dua pengencang mungkin diperlukan saat mendesain untuk kondisi beban negatif (terangkat).
- ❖ Sidelap minimum harus sama dengan satu rusuk atau gelombang dan diletakkan jauh dari angin yang bertiup. Pengencang harus diberi jarak maksimum 12 inci o.c. untuk semua jenis atap dan dinding luar.
- ❖ Untuk atap, pengencang hanya dapat menembus gelombang tinggi. Untuk pelapis dinding, pengencang dapat menembus baik kerut tinggi maupun rendah. Konsultasikan dengan produsen untuk pengencang dan aksesoris lembaran logam yang tepat.
- ❖ Kemiringan minimum untuk atap lembaran adalah: bergelombang berkedalaman 1 inci—3 inci 12 inci; bergaris berkedalaman 1-1/2 inci—2 inci 12 inci; bergelombang V 1-3/4 inci—2 inci 12 inci.

Atap Logam—Kunci dan Jahitan

Metode penyambungan lembaran logam bergantung pada ketebalan logam, pergerakan yang diharapkan, tampilan, kedap air, dan biaya. Lihat SMACNA untuk informasi lengkap tentang penyeimbangan semua persyaratan.



Gambar 2.537 Atap logam bergelombang atau dibentuk

Perincian Atap

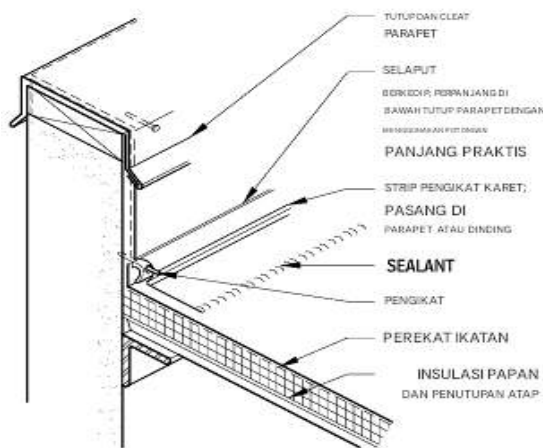
- ✪ Tinggikan lapisan dasar dan lapisan penetrasi di atas genangan air dengan menggunakan strip tepi yang meruncing. Detail ini tidak diwajibkan oleh sebagian besar produsen, tetapi merupakan sedikit tambahan yang dapat diandalkan.
- ✪ Pastikan tidak ada gangguan pada aliran air menurun seperti di trotoar, rel, dan peralatan yang dipasang di atap.
- ✪ Tekan saluran pembuangan atap di bak penampung besar sekitar 3 hingga 4 ft persegi dan kedalaman minimal 1-1/2 inci menggunakan insulasi yang meruncing untuk

memastikan tidak ada genangan air di saluran pembuangan. Di daerah beriklim dingin, bagian bawah badan saluran pembuangan harus diisolasi dengan busa semprot atau air hujan yang dingin dapat menyebabkan kondensasi. Penghantar air hujan juga harus diisolasi, setidaknya sepanjang yang cukup untuk memungkinkan pemanasan air pembuangan.

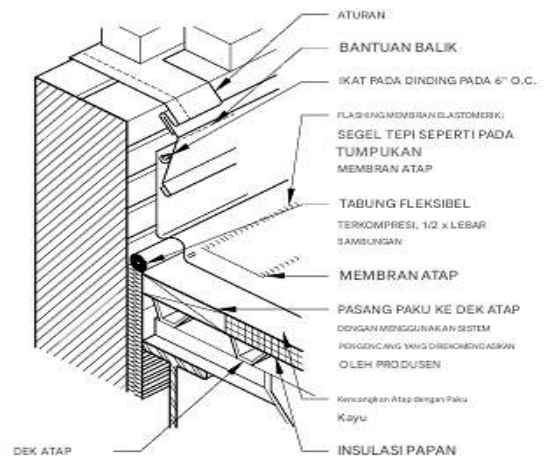
- ✪ Pastikan dek atap dan dinding parapet atau elemen penetrasi yang berdekatan ditopang bersama. Jika tidak, maka flashing dasar harus diperinci untuk mengakomodasi pergerakan yang diantisipasi.
- ✪ Peralatan berat yang dipasang di atap mungkin perlu memiliki pembatas yang dipasang langsung pada rangka struktural bukaan atau alur dek logam mungkin perlu diblokir penuh untuk mencegah penghancuran.
- ✪ Flashing dasar harus dibawa ke atas dan melintasi bagian atas tembok pembatas dan pembatas jika memungkinkan untuk memastikan bahwa air tidak masuk ke belakang flashing dasar dan di bawah atap. Jika dinding mencakup penghalang udara atau bidang drainase kedap air, maka hubungkan flashing dasar ke membran.
- ✪ Kantong pitch harus dihindari. Rincian penetrasi melalui atap menggunakan bentuk persegi atau bulat yang hampir tegak lurus dengan bidang atap.
- ✪ Rincian sistem proteksi petir untuk menyediakan jangkar terminal udara dan dukungan kabel yang memadai tanpa menembus membran atap. Terminal udara dan kabel di perimeter harus dipasang ke bagian dalam muka tembok pembatas atau pada coping. Terminal udara di lapangan harus dilekatkan pada paver beton pracetak. Kabel yang melintasi bidang atap harus ditopang pada jalur pejalan kaki atau paving. Kabel yang diletakkan pada membran atap bitumen pada akhirnya akan tertanam di membran yang telah dilunakkan.
- ✪ Detail untuk penggantian membran atap. Membran perlu diberi lapisan atas atau diganti beberapa kali selama masa pakai bangunan. Membran baru harus dapat dipasang di bawah counterflashing dan coping dengan melepas dan mengganti lembaran logam tanpa kerusakan.
- ✪ Sambungan dan pengencang pada flashing lembaran logam sangat rentan terhadap kebocoran setelah pemuaihan dan penyusutan. Dukung flashing lembaran logam dengan flashing membran fleksibel.
- ✪ Sambungan ekspansi dan pembagi area harus dibuat secara detail di atas bidang atap.
- ✪ Sambungan ekspansi harus dirancang khusus untuk tujuan tersebut dan harus memiliki persimpangan, tee, transisi, dan persimpangan yang dibuat di pabrik. Sambungan yang dibuat di lapangan harus berupa sambungan pantat yang sederhana dan lurus.
- ✪ Sambungan ekspansi yang dibuat dari membran atap tidak menjaga kesinambungan sambungan ekspansi seperti halnya sistem yang dibuat pabrik.
- ✪ Sambungan ekspansi atap harus bertransisi tanpa kebocoran ke sambungan ekspansi vertikal di tembok pembatas dan dinding.
- ✪ Sambungan ekspansi harus dilengkapi dengan garis pertahanan kedua, biasanya berupa membran penghalang uap kedap air. Sistem tersedia dengan saluran

pembuangan sekunder.

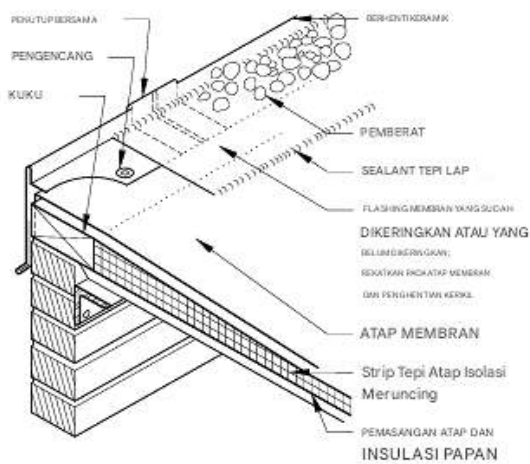
- ✪ Pembagi area mirip dengan sambungan ekspansi tetapi memanjang melalui struktur bangunan. Pembagi area direkomendasikan pada pusat 200 hingga 300 ft, yang terletak di ell, tee, perubahan bentang dek, dan kondisi serupa lainnya di mana pergerakan akan merusak membran atap. Perhatikan bahwa banyak membran atap cukup fleksibel sehingga tidak memerlukan pembagi area, tetapi papan penutup dan insulasi di bawahnya tidak fleksibel dan menyediakan ruang untuk pergerakan termalnya akan mencegah telegraf substrat.
- ✪ Sumber untuk Detail Atap: Sumber utama untuk informasi mengenai detail atap adalah Manual Atap dan Kedap Air NRCA, yang mencakup sebagian besar kondisi detail untuk hampir setiap jenis sistem atap. Detail NRCA diterima hampir secara universal. Sumber kedua untuk detail atap adalah produsen membran atap.
- ✪ Namun, perlu dicatat bahwa produsen akan menerbitkan detail yang dipilih agar lebih murah, terkadang menghasilkan kinerja yang lebih rendah. Kantong pitch adalah contoh yang sangat baik. Untuk detail yang lebih dapat diandalkan, tinjau data produsen untuk detail yang diperlukan untuk garansi 20 tahun yang diperpanjang dan bandingkan dengan NRCA.
- ✪ Perlu dicatat bahwa detail dari NRCA atau produsen perlu disesuaikan agar sesuai dengan kondisi proyek tertentu.



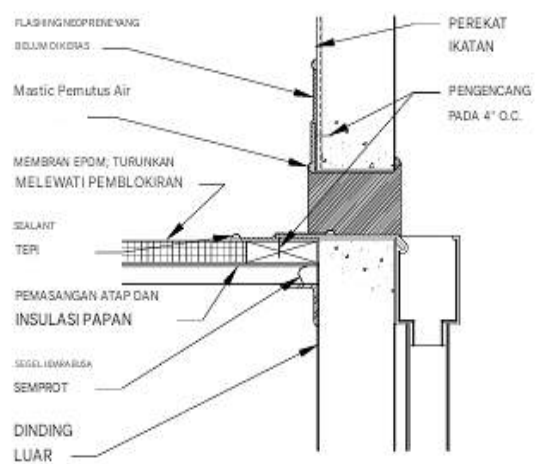
Gambar 2.538 Atap yang terpasang sepenuhnya di parapet atau dinding



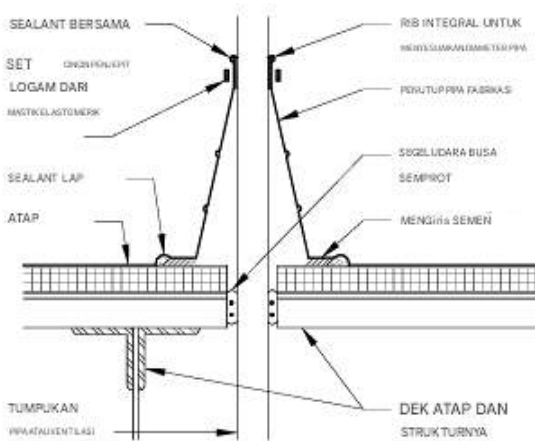
Gambar 2.539 Tepi atap di dinding yang tidak menyangkung



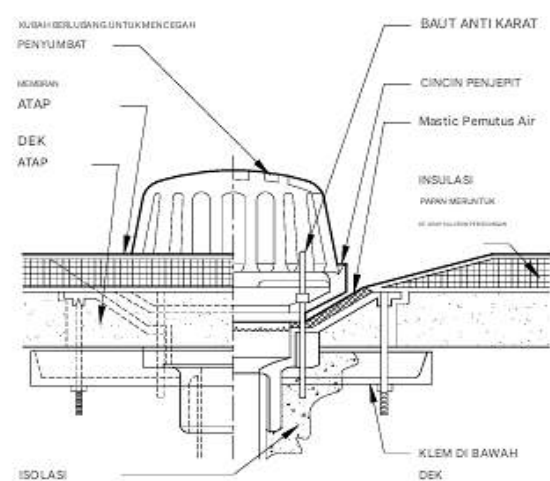
Gambar 2.540 Tepi atap logam



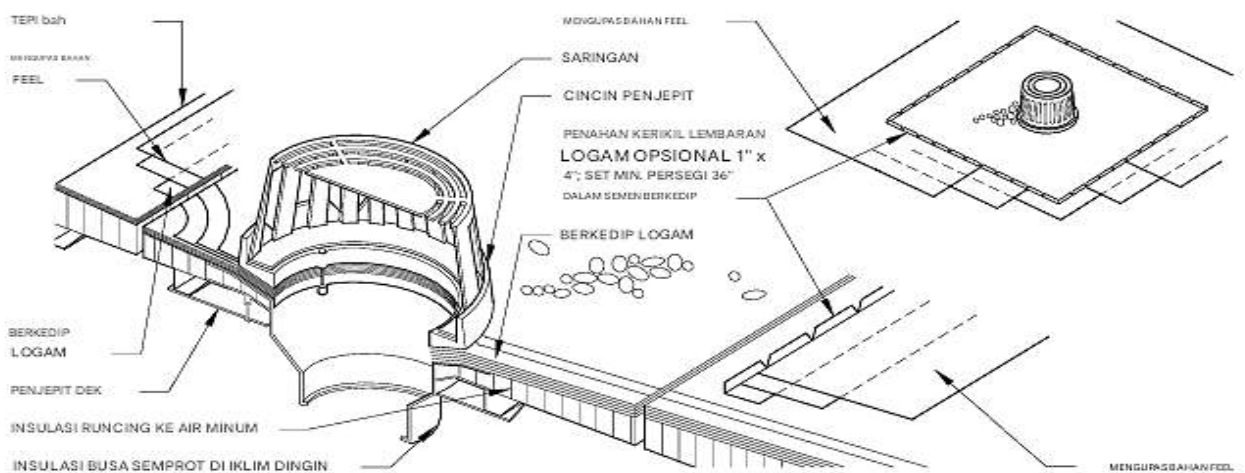
Gambar 2.541 Scupper atap yang terpasang sepenuhnya



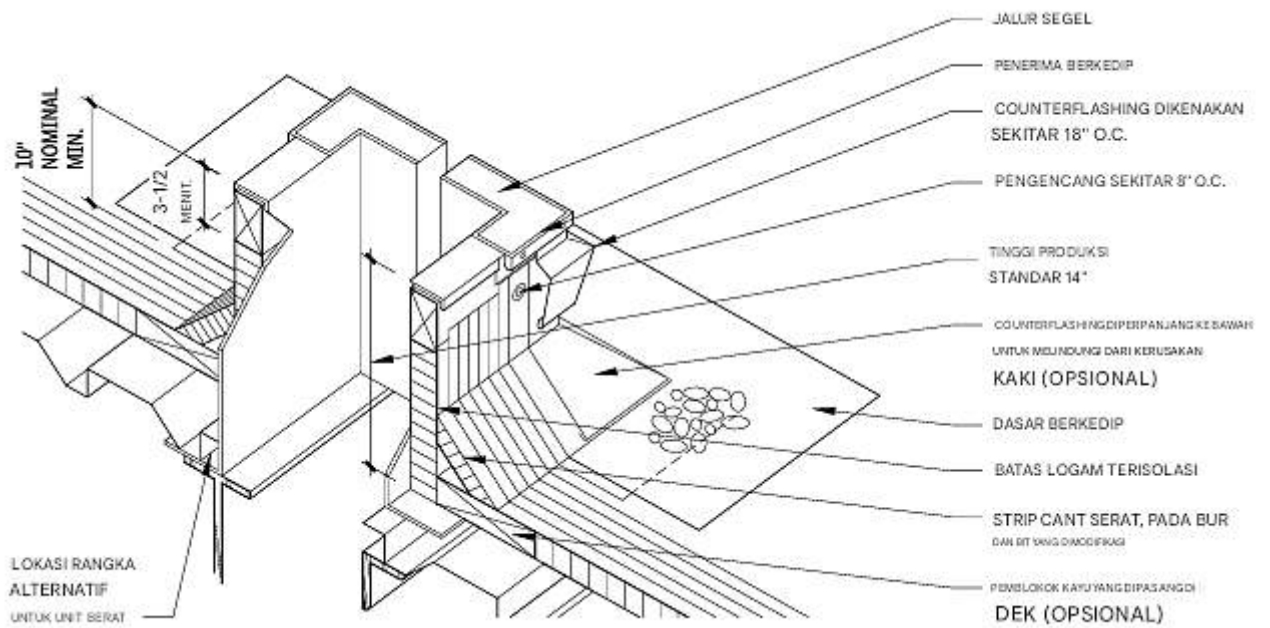
Gambar 2.542 Flashing pipa ventilasi yang difabrikasi



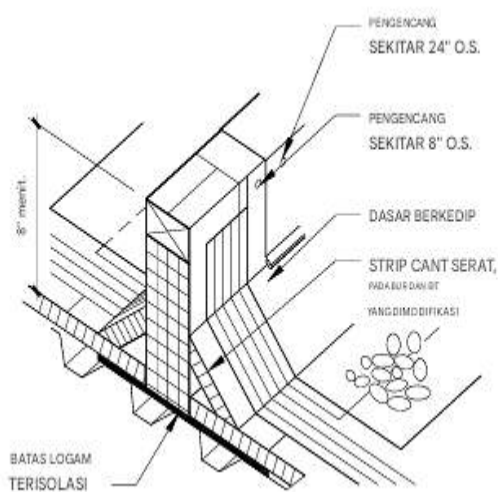
Gambar 2.543 Saluran pembuangan atap



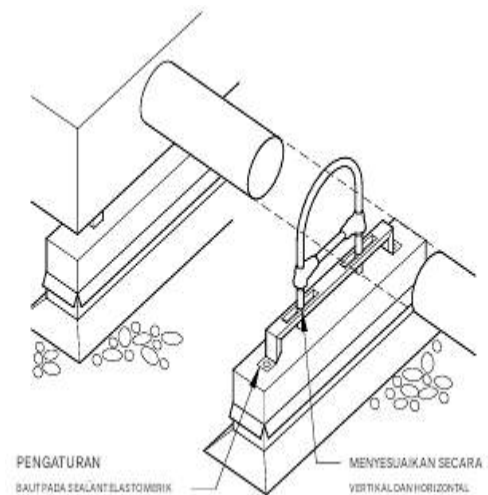
Gambar 2.544 Saluran pembuangan atap



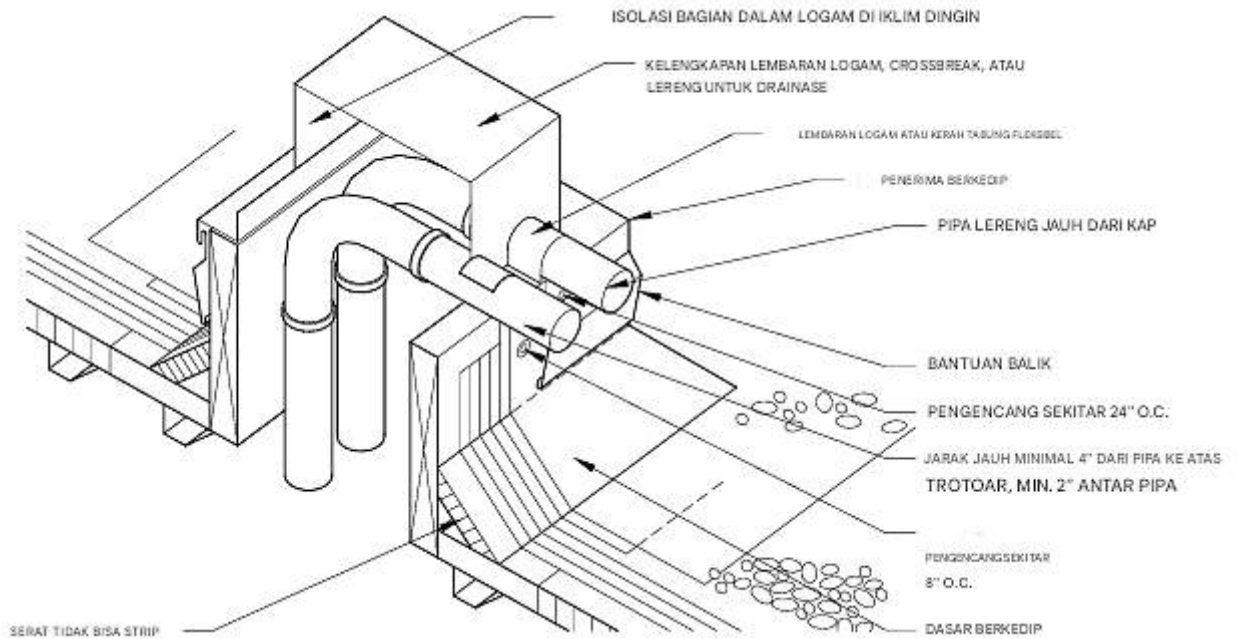
Gambar 2.545 Peralatan curb



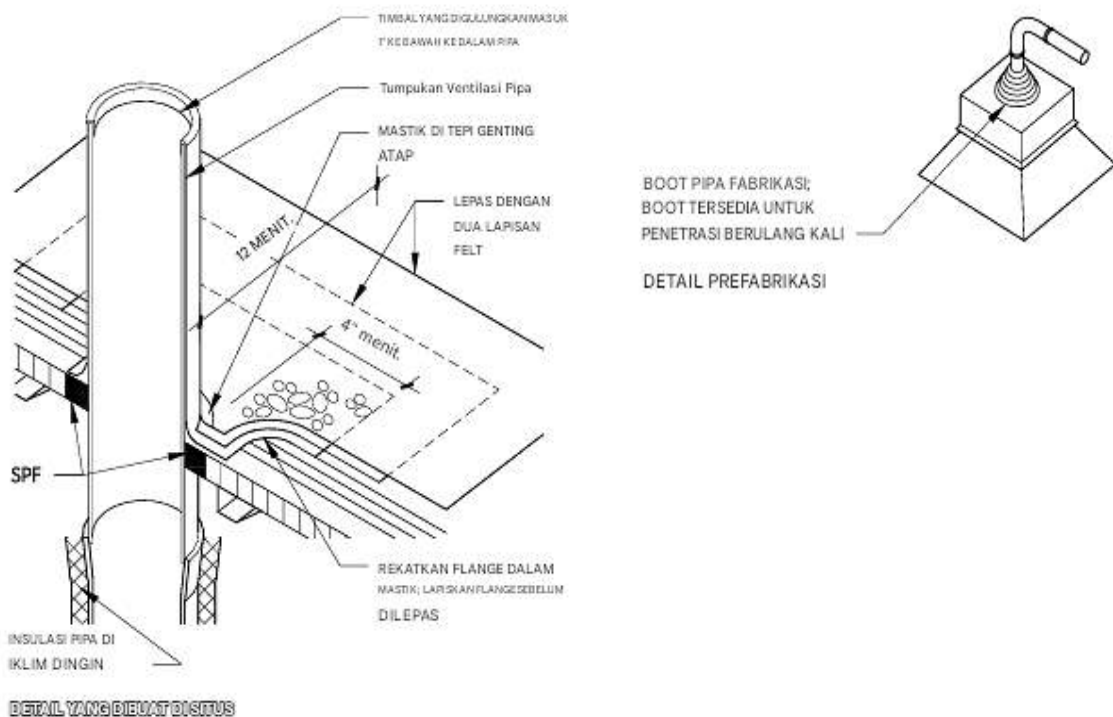
Gambar 2.546 Pembagi luas



Gambar 2.547 Dukungan pipa



Gambar 2.548 Penetrasi ganda pipa



Gambar 2.549 Penetrasi pipa tunggal

FLASHING DAN LEMBARAN LOGAM

Flashing adalah material tipis yang dimasukkan ke dalam rakitan untuk mengarahkan aliran air ke bagian luar. Flashing secara tradisional berupa lembaran logam, tetapi lembaran elastomerik modern semakin banyak digunakan. Flashing lembaran logam secara tradisional rentan terhadap kebocoran pada sambungan. Sambungan dapat disolder atau dilas, tetapi ini tidak direkomendasikan untuk panjang yang panjang. Pada panjang yang panjang, sambungan

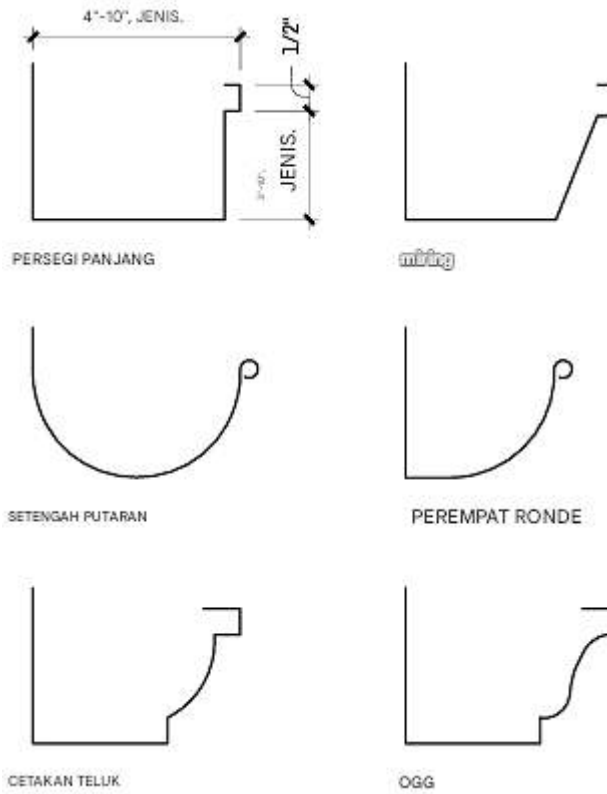
secara tradisional kedap air dengan sealant, tetapi desain sambungannya tidak ideal dan juga rentan terhadap kegagalan. Oleh karena itu, disarankan untuk melapisi flashing lembaran logam dengan lapisan membran elastomerik.

Talang Dan Downspout

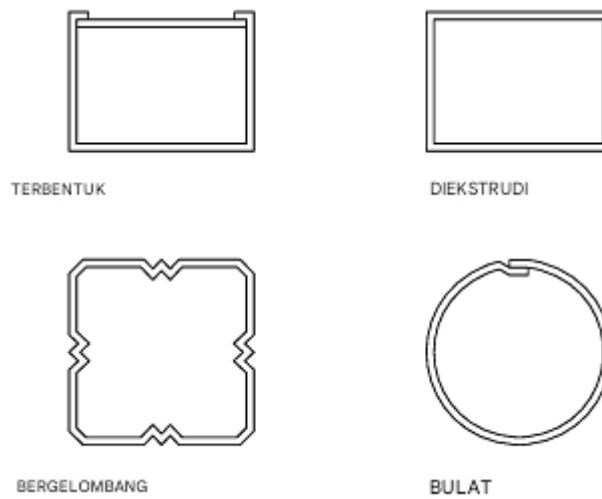
Catatan penting mengenai desain talang dan downspout adalah sebagai berikut:

- ❖ Talang kontinu dapat dibentuk di lokasi pemasangan dengan peralatan cold-forming, sehingga menghilangkan sambungan pada talang yang panjang.
- ❖ Talang dan downspout tersedia dalam aluminium, baja galvanis, tembaga, dan baja tahan karat. Konsultasikan dengan produsen untuk material khusus.
- ❖ Keliling adalah lebar lembaran logam tempat talang air dibuat.
- ❖ Meskipun semua metode penyambungan berlaku untuk sebagian besar bentuk talang air, sambungan tumpang lebih umum digunakan. Tutup semua sambungan dengan damar wangi atau dengan menyolder. Sambungan kunci, selip, atau tumpang tidak memungkinkan pemuaian.
- ❖ Sambungan ekspansi harus digunakan pada semua lintasan lurus lebih dari 40 kaki. Pada bagian talang air sepanjang 10 kaki yang akan mengalami perubahan suhu 100°, pemuaian linier akan mengikuti koefisien pemuaian (CE) dan pergerakan berikut: aluminium: CE, .00128, pergerakan, .15 in.; tembaga: CE, .00093; pergerakan, .11 in.; baja galvanis: CE, .0065, pergerakan, .08 in.
- ❖ Selalu jaga bagian depan talang air lebih rendah daripada bagian belakang.
- ❖ Gunakan lebar minimal 4 inci, kecuali untuk kanopi dan beranda kecil. Rasio kedalaman dan lebar minimal harus 3 banding 4.
- ❖ Tersedia banyak bentuk khusus untuk talang dan pipa pembuangan; lihat manual desain produsen.

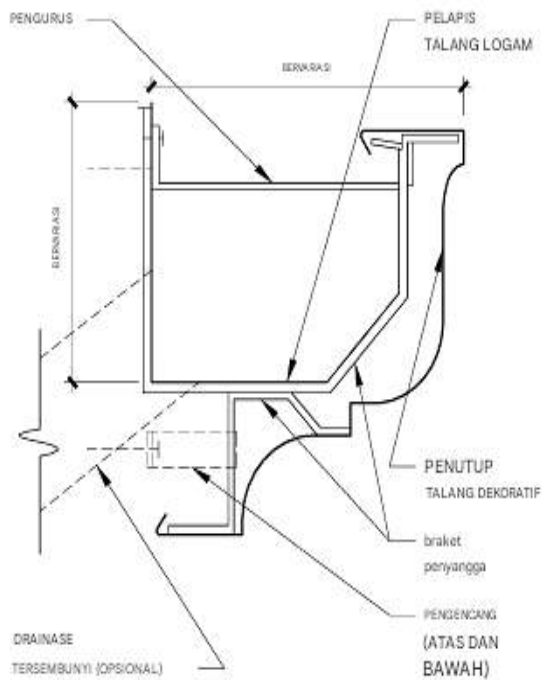
Untuk informasi lebih lanjut tentang ukuran dan detail talang, rujuk Manual Arsitektur Logam Lembaran dan Pendingin Udara Asosiasi Nasional (SMACNA). Untuk informasi lebih lanjut tentang intensitas curah hujan, ukuran talang, dan ukuran serta jarak pipa pembuangan, hubungi Asosiasi Nasional Kontraktor Logam Lembaran dan Pendingin Udara (SMACNA).



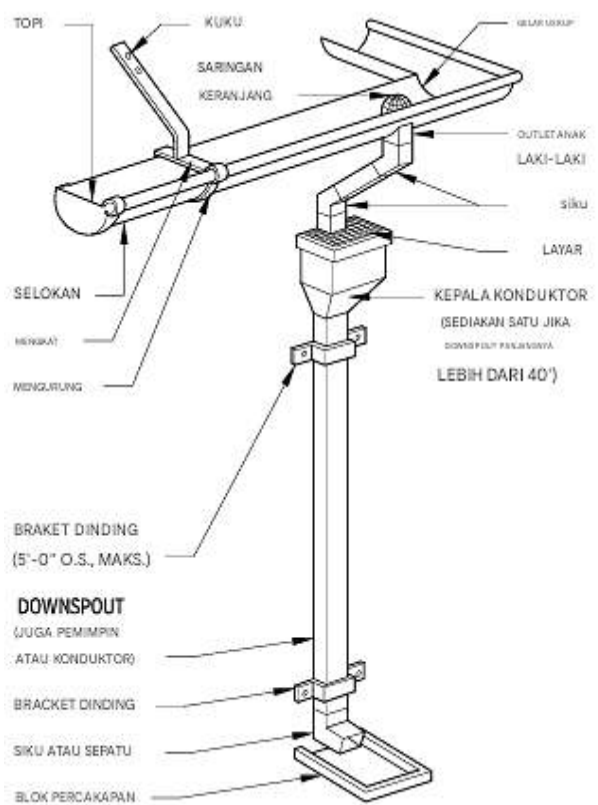
Gambar 2.550 Bentuk dan ukuran talang umum



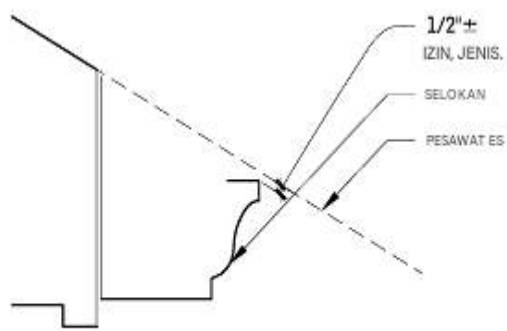
Gambar 2.551 Bentuk dan ukuran downspout umum



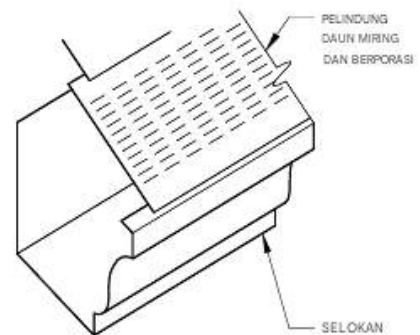
Gambar 2.552 Talang



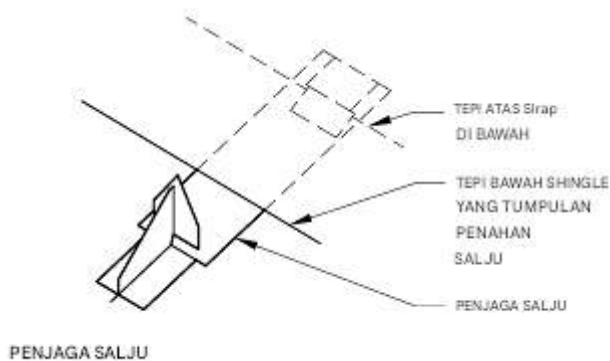
Gambar 2.553 Bagian-bagian dari perakitan talang/downspout



PENEMPATAN TALANG DI DAERAH BERSALJU

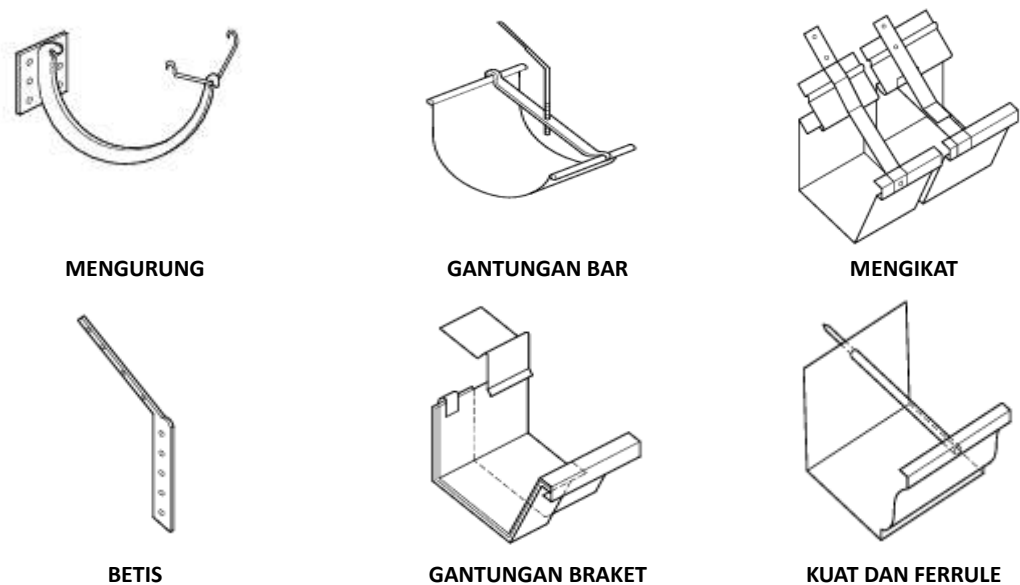


PENJAGA DAUN



PENJAGA SALJU

Gambar 2.554 Perlindungan talang air



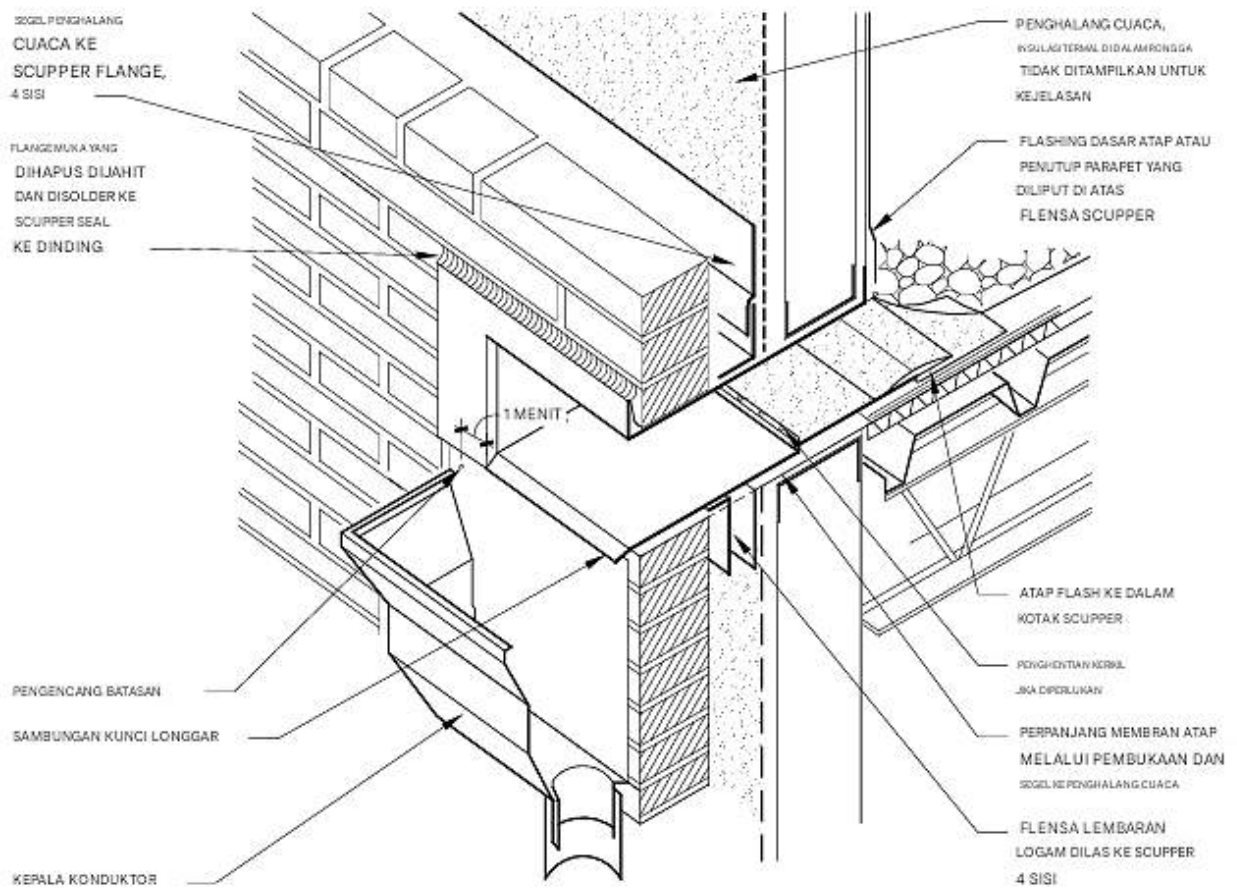
Gambar 2.555 Gantungan talang air

Tabel 2.556 Ukuran penahan atau pengait talang (in.)

LINGKAR PINGGANG	BAJA GALVALIS	TEMBAGA	ALUMINIUM	TAHAN KARAT
Hingga 15	1/8 x 1	1/8 x 1	3/16 x 1	1/8 x 1
15 sampai 20	3/16 x 1	1/4 x 1	1/4 x 1	1/8 x 1-1/2
20 sampai 24	1/4 x 1-1/2	1/4 x 1-1/2	1/4 x 2	1/8 x 2

Drainase Atap Datar

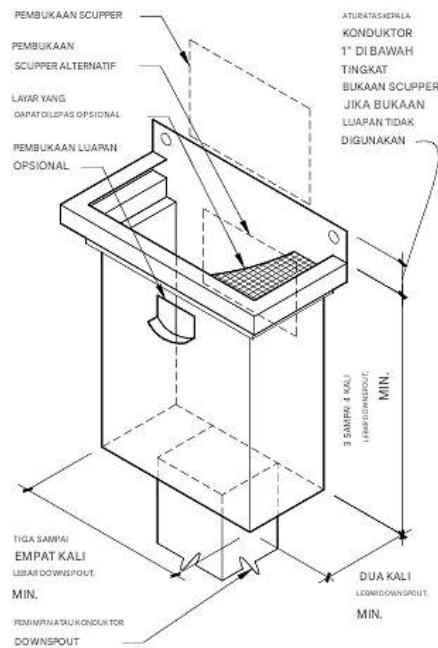
Ukuran dan jumlah scupper harus ditentukan dengan cermat untuk mengendalikan genangan air di atap. Bentuk persegi panjang menyalurkan lebih banyak air (per inci kedalaman air di atap) daripada bentuk bundar. Kinerja bentuk persegi panjang mendekati kinerja bendung berpuncak lebar. Persamaan standar untuk aliran saluran didasarkan pada model uji yang lebih besar daripada scupper atap biasa. Ukuran talang air biasanya didasarkan pada pengeringan area atap tertentu, tetapi laju aliran tersebut mungkin tidak melewati scupper yang telah diukur agar memiliki luas penampang yang sama dengan area talang air.



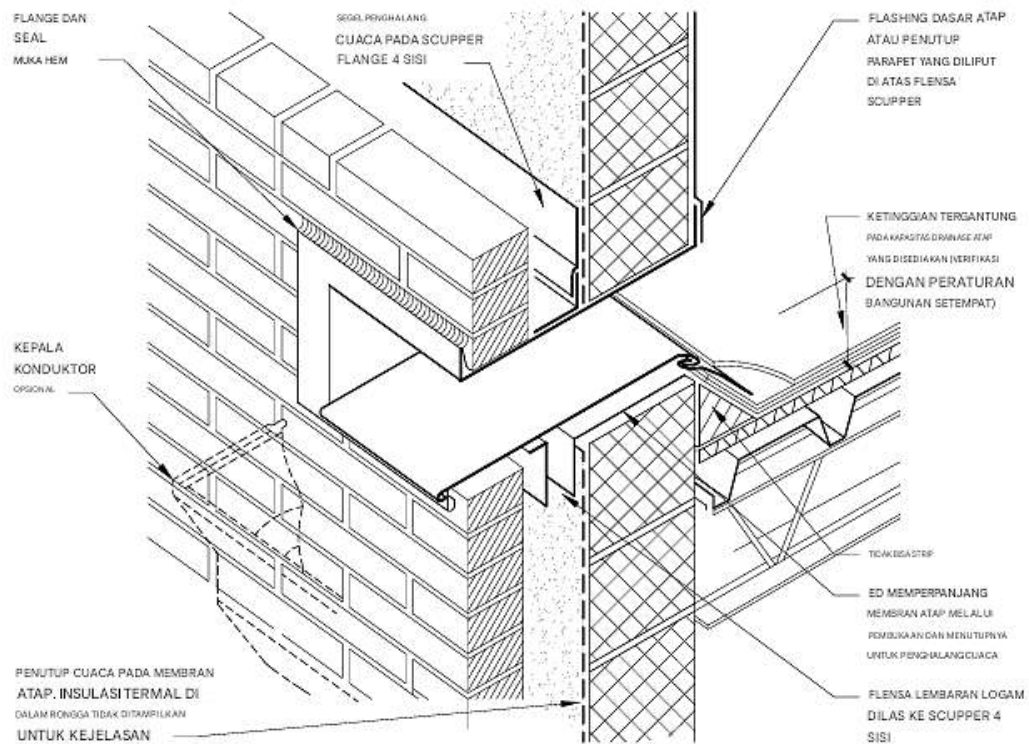
Gambar 2.557 Detail kepala scupper dan konduktor di dinding parapet

Prosedur pengukuran scupper adalah:

- Tentukan tinggi muka air (H) dalam inci air (biasanya minimal 1 inci menurut kode) pada titik 6 ft dari bukaan scupper.
- Tentukan area drainase atap dalam ft persegi (SF).
- Menggunakan intensitas curah hujan dalam inci per jam (IPH) dari tabel data curah hujan, tentukan kapasitas pembuangan dalam galon per menit (GPM). $GPM = SF \text{ luas atap} \times IPH \times 0,0104$. Konstantanya adalah 7,48 galon per ft kubik dibagi 12 inci per ft dibagi 60 menit per jam: $GPM = (0,0104) IPH \times SF$.
- Menggunakan H dan GPM, temukan panjang scupper agregat (L) dalam tabel Kapasitas Scupper (Tabel 2.699).
- Pilih scupper individual yang cukup untuk memenuhi total persyaratan GPM dan tempatkan secara proporsional.



Gambar 2.558 Kepala konduktor umum



Gambar 2.559 Detail scupper luapan di dinding parapet

Tabel 2.560 Kapasitas scupper dalam gpm

KEPALA (H) (IN.)	PANJANG (L) BENDUNGAN (IN.)									
	4	6	8	10	12	18	24	30	36	48
1	11.0	17.4	23.40	29.3	35.4	53.4	71.5	89.5	107.5	143.2
2	30.5	47.5	64.4	81.4	98.3	149.1	200.0	251.1	302.0	403.4

3	52.9	84.1	115.2	146.3	177.5	270.9	364.3	457.7	551.1	737.9
4	76.7	124.6	172.6	220.5	269.0	412.3	556.1	700.0	843.7	1133.3
6	123.3	211.4	299.4	387.5	475.5	739.7	1003.9	1268.1	1532.3	2060.7

*Berdasarkan rumus Francis:

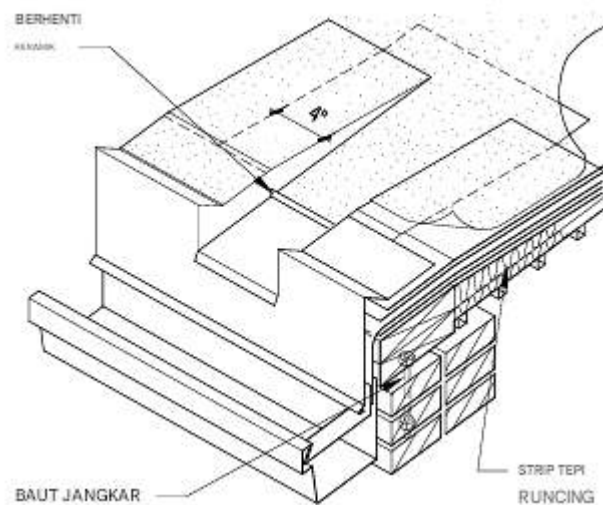
Q = 3,33 (L - 0,2H) H^{1,5}, di mana

Q = Laju aliran, ft kubik per detik

L = Panjang bukaan scupper, ft (harus 4 hingga 8 kali H)

H = Kepala pada scupper, ft (diukur 6 kaki dari bukaan)

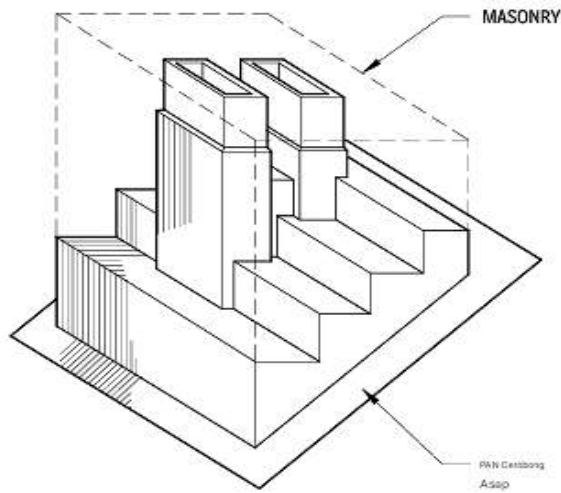
GPM = 448,8 CFS



Gambar 2.561 Kombinasi scupper dan gutter

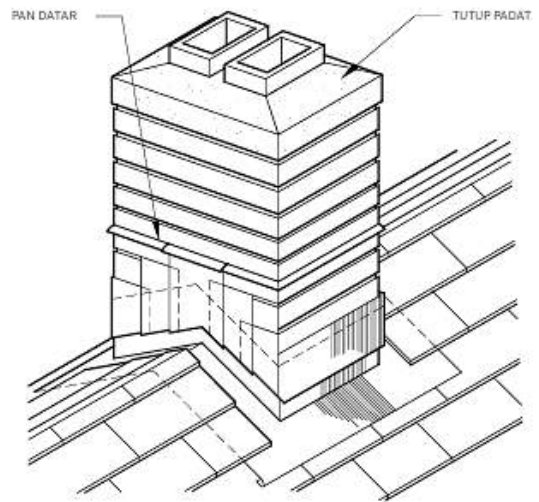
Scupper yang bermuara ke talang air dapat dipadukan dengan tepi atap. Scupper disolder ke dalam sistem fascia penghenti kerikil yang telah dibentuk. Interval scupper maksimum yang disarankan adalah 10 ft. Tepi depan talang air harus 1 inci di bawah tepi belakang, dan harus di bawah paku yang digunakan untuk meninggikan tepi atap. Tepi tetesan pada fascia harus menutupi tepi belakang talang air minimal 1 inci. Talang air harus bebas bergerak di belakang fascia.

Flashing Cerobong Asap



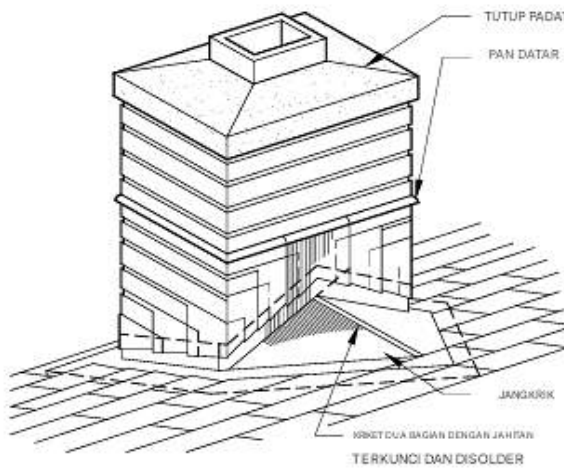
PAN BERJALUR MELALUI
FLASHING DINDING

Gambar 2.562 Flashing dinding dengan pan bertingkat



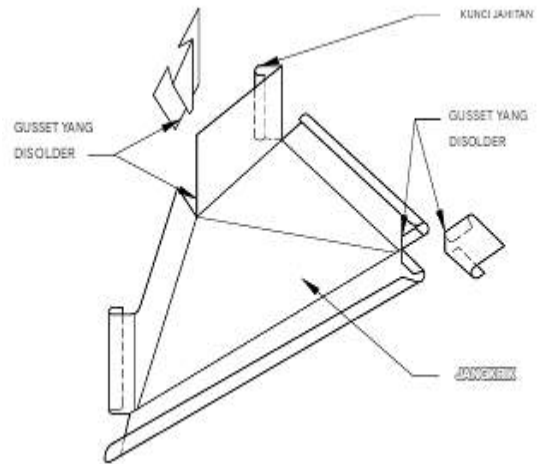
BERKEDIP DI PUNGGUNG

Gambar 2.563 Berkedip di punggung

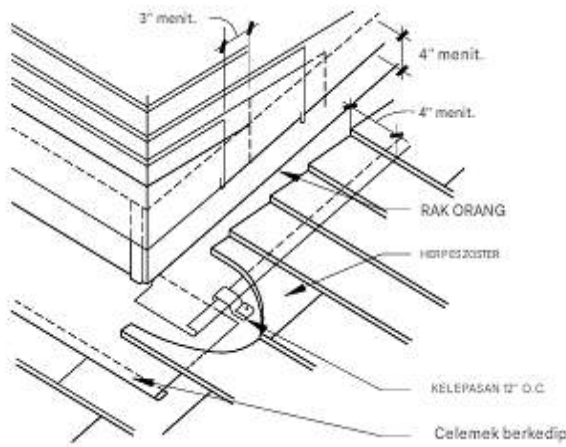


BERKEDIP DENGAN KRIKET

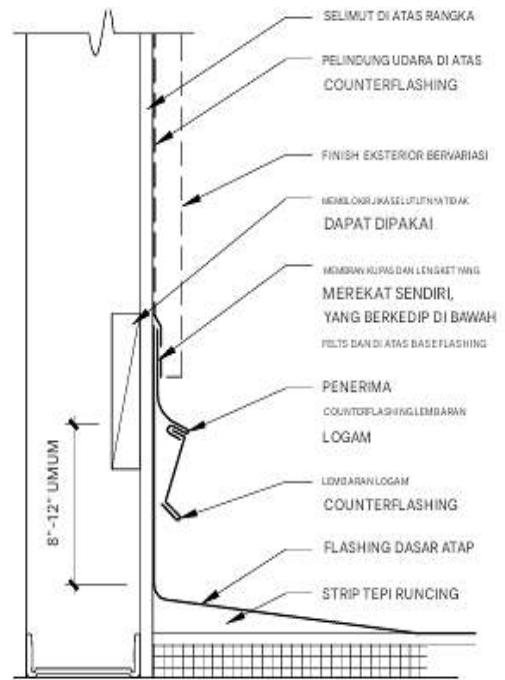
Gambar 2.564 Berkedip dengan kriket



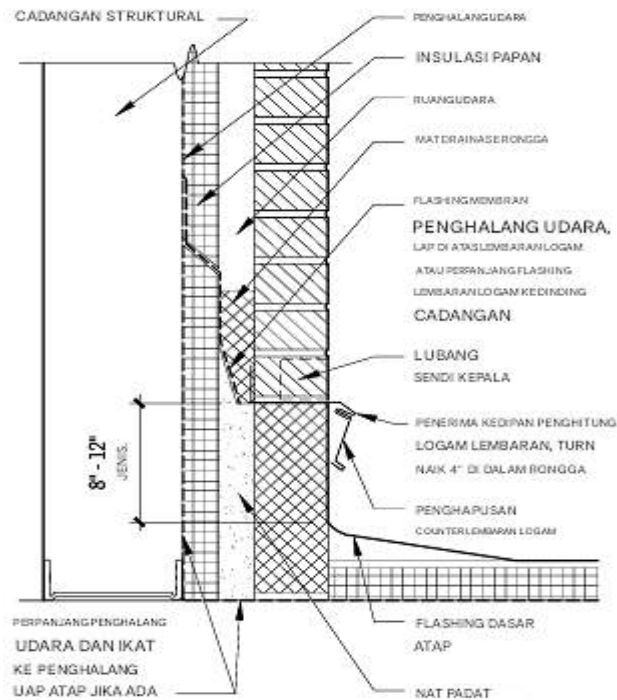
Gambar 2.565 Kriket satu bagian alternatif



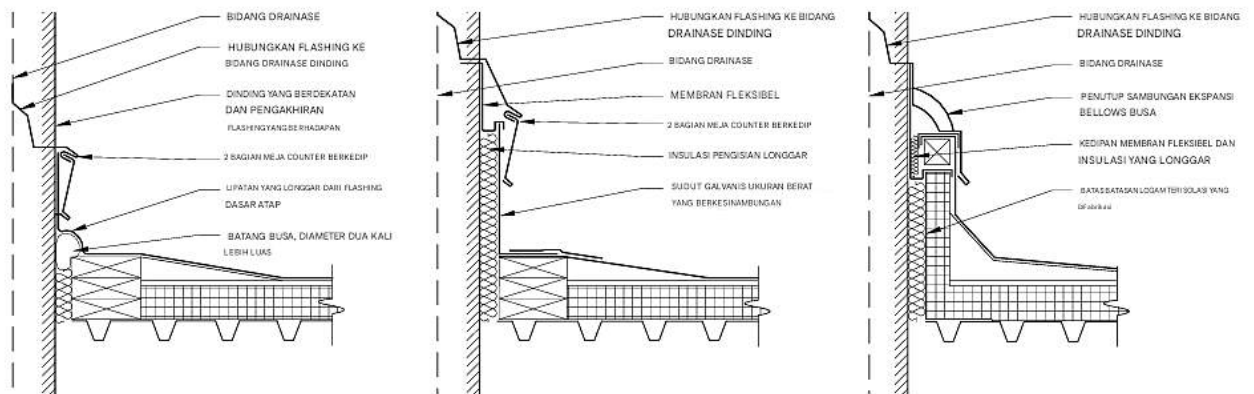
Gambar 2.566 Kriket satu bagian alternatif base flashing



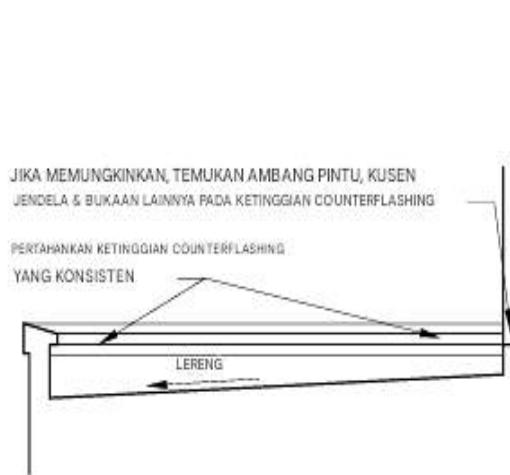
Gambar 2.567 Dasar dan counterflashing pada dinding rangka



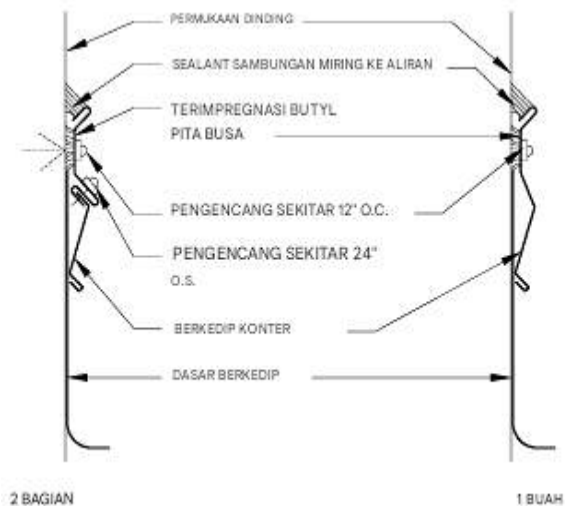
Gambar 2.568 Dasar dan counterflashing pada veneer bata



Gambar 2.569 Dasar dan counterflashing, dengan dinding dan dek atap yang didukung secara mandiri



Gambar 2.570 Diagram counterflashing



Gambar 2.571 Counterflashing yang dipasang di permukaan

2.18 BUKAAN ATAP

Skylight

Skylight menyediakan cahaya matahari ke ruang interior dan dapat mengurangi ketergantungan pada pencahayaan listrik. Dalam desain surya pasif, skylight digunakan untuk menerima radiasi matahari langsung, meningkatkan pemanasan ruangan, dan jika diberi ventilasi yang tepat, untuk mendorong aliran udara konvektif, mengurangi beban pendinginan melalui ventilasi alami.

Skylight tersedia sebagai unit (yang dikirim ke lokasi siap dipasang) atau sebagai rakitan rangka dari komponen stok (yang tiba dalam keadaan fabrikasi untuk perakitan di lokasi). Baik skylight tetap maupun berengsel diproduksi. Jenis berengsel dapat dibuka secara manual atau dengan perangkat kendali jarak jauh untuk ventilasi. Rangka biasanya dipasang pada trotoar yang dibuat sendiri atau dibangun di lokasi, dengan counterflashing integral; rangka dapat dirakit dengan atau tanpa insulasi.

Unit skylight self-flashing tersedia dengan atau tanpa trotoar. Unit tanpa trotoar hanya

ditujukan untuk rakitan atap miring dan tidak direkomendasikan untuk rakitan atap dengan ruang jadi di bawahnya. Rakitan skylight berbingkai dirancang khusus oleh produsen untuk memenuhi beban angin, atap, dan beban mati yang diperlukan dari rakitan itu sendiri. Ketika skylight dipasang pada sudut tertentu, skylight tersebut harus dirancang untuk menahan faktor lingkungan, seperti halnya rakitan dinding tirai.



ZONA CAHAYA	TINGKAT DESAIN CAHAYA (FC)		
	30	60	120
1	3.3	5.2	13.3
2	2.8	4.3	10.8
3	1.8	3.2	6.9
4	1.5	2.8	4.0

Gambar 2.572 Persentase luas atap yang diperlukan untuk skylighting

Drainase atap untuk air hujan dan air badai dapat membatasi dimensi skylight. Banyak skylight yang disegel di bagian muka sebagai sistem penghalang, tetapi beberapa tersedia sebagai sistem layar hujan dengan tekanan yang sama. Talang kondensat diperlukan di badan rakitan skylight dan di sekelilingnya. Talang harus dirancang untuk menguapkan air yang terkumpul atau dialirkan ke sistem perpipaan bangunan. Pengurasan kondensat melalui tepi skylight, yang umum terjadi pada banyak sistem, melanggar penghalang udara, yang mengakibatkan hilangnya energi dan kemungkinan kondensasi.

Pelapis untuk komponen rangka aluminium tersedia sebagai pelapis akhir pabrik, anodisasi bening, perunggu atau hitam duranodis, enamel akrilik, dan fluorokarbon. Dalam menentukan bentuk dan ukuran unit/rakitan skylight yang diinginkan, pertimbangan harus diberikan pada:

- Kondisi lingkungan, termasuk orientasi dan sudut penetrasi matahari musim dingin dan musim panas di lokasi
- Arah dan pola angin yang berlaku
- Kuantitas dan pola curah hujan
- Topografi dan lanskap yang berdekatan (pohon peneduh, dll.)
- Koordinasi dengan sistem HVAC
- Penggunaan perangkat peneduh, penyaring, atau pemantul/pemantul cahaya

- Pandangan yang diinginkan relatif terhadap penghalang pandangan, lampu jalan

Rangka, Kaca, dan Gasket

Inti dari skylight yang dirancang dengan baik terletak pada perincian rangka, kaca, dan sistem sealant. Ketebalan, ukuran, dan profil geometris semua bahan kaca dan akrilik harus dipilih dengan cermat agar sesuai dengan kode bangunan dan rekomendasi produsen. Bahan kaca berikut dianggap tahan terhadap benturan dan pecah dan umumnya disetujui oleh kode (tercantum dalam urutan biaya menurun):

- Akrilik yang dibentuk dengan lapisan akhir yang tahan terhadap kerusakan
- Akrilik yang dibentuk
- Polikarbonat
- Akrilik datar
- Kaca laminasi
- Unit kaca berinsulasi
- Unit kaca berinsulasi memiliki kaca laminasi sebagai lampu bagian dalam dan kaca temper atau yang diperkuat panas.

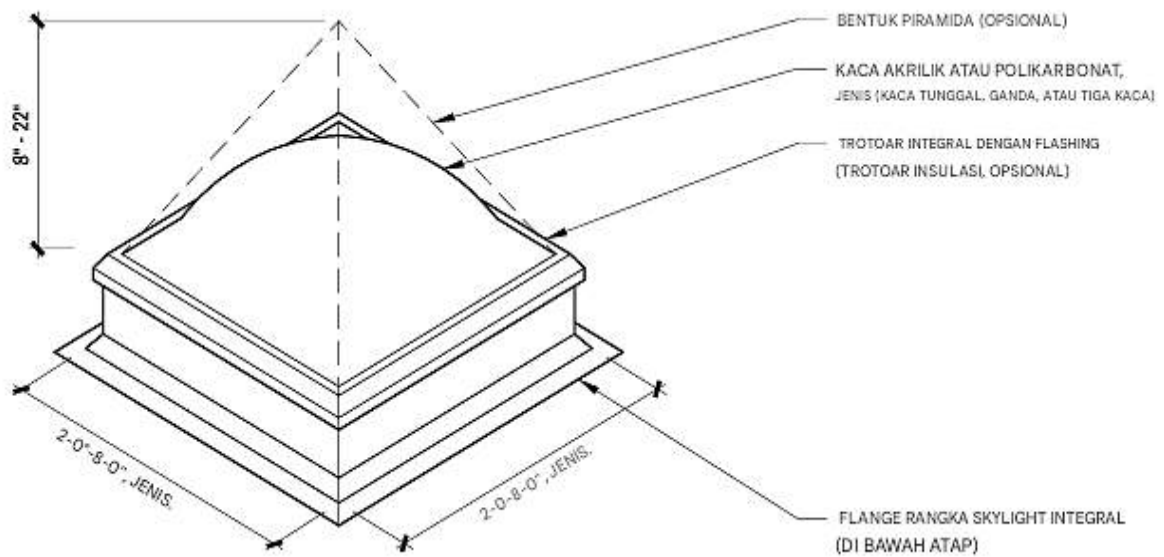
Skylight berbingkai memerlukan lebar kusen yang agak lebih besar saat dilapisi akrilik untuk mengakomodasi karakteristik ekspansi dan kontraksi plastik. Untuk penghematan, akrilik berwarna harus dibatasi hingga ketebalan 1/4 inci. Kombinasi lembaran fiberglass dan sistem rangka aluminium dengan nilai isolasi tinggi dan difusi cahaya yang baik dapat menjadi alternatif yang hemat biaya.

Kaca akrilik berbentuk kubah hampir dapat membersihkan sendiri, karena bentuk yang miring memudahkan permukaan tercuci oleh hujan. Gasket terutama rentan terhadap degradasi dari sinar ultraviolet matahari. Ekspansi dan kontraksi yang berlebihan pada kaca akrilik dapat menyebabkan "bergulirnya" gasket di antara rangka logam. Lembah kecil yang terbentuk di bagian bawah kaca miring dan tutup kaca horizontal akan menahan air, yang meningkatkan kemungkinan kerusakan gasket dan infiltrasi air berikutnya.

Kontrol Penahanan dan Sinar Matahari

Skylight dapat menghasilkan terlalu banyak cahaya yang tidak terkendali, terutama di area tempat layar video dan komputer akan digunakan. Skylight juga dapat menyebabkan penumpukan panas yang berlebihan. Untuk mengurangi masalah ini:

- ☞ Pilih tingkat skylight, kaca, dan perangkat peneduh untuk menyeimbangkan perolehan cahaya matahari dengan perolehan panas.
- ☞ Pilih kaca dengan lapisan E rendah, warna, lapisan reflektif, frit, atau kombinasi untuk menurunkan koefisien perolehan panas matahari.
- ☞ Sekitar 40 hingga 50 persen transmisi cahaya tampak di skylight akan tampak seterang kaca vertikal dengan 60 hingga 70 persen transmisi cahaya tampak.
- ☞ Perangkat peneduh seperti kisi-kisi, kisi-kisi, dan kerai harus ditambahkan untuk mengendalikan sinar matahari langsung. Sistem yang dapat dipindahkan, terutama jika sepenuhnya otomatis untuk melacak matahari lebih efektif daripada sistem tetap, untuk mengendalikan silau sekaligus memaksimalkan cahaya matahari.

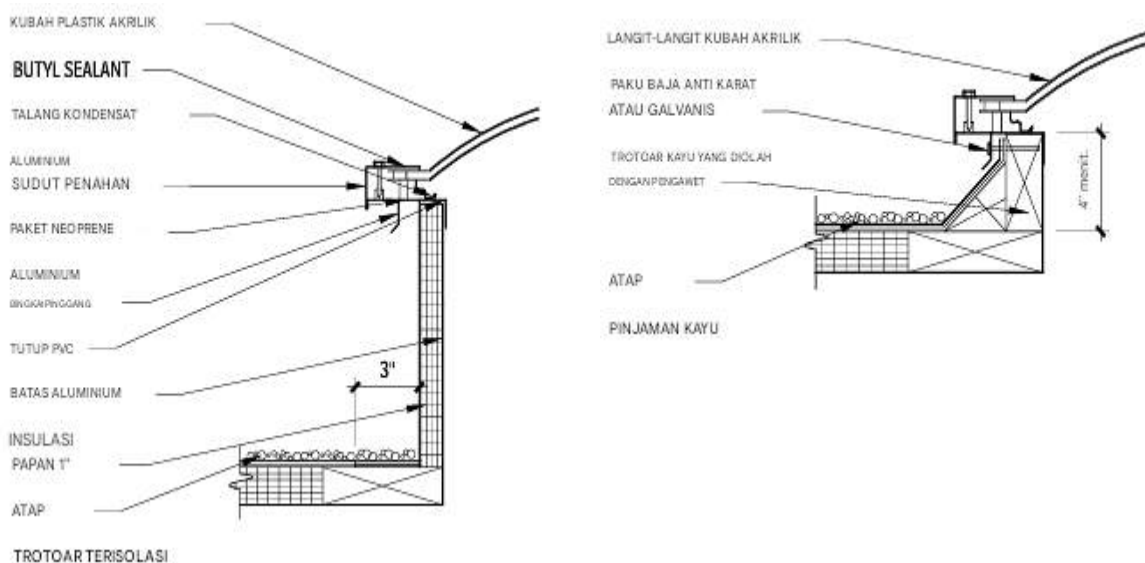


Gambar 2.573 Unit kubah skylight—atap datar

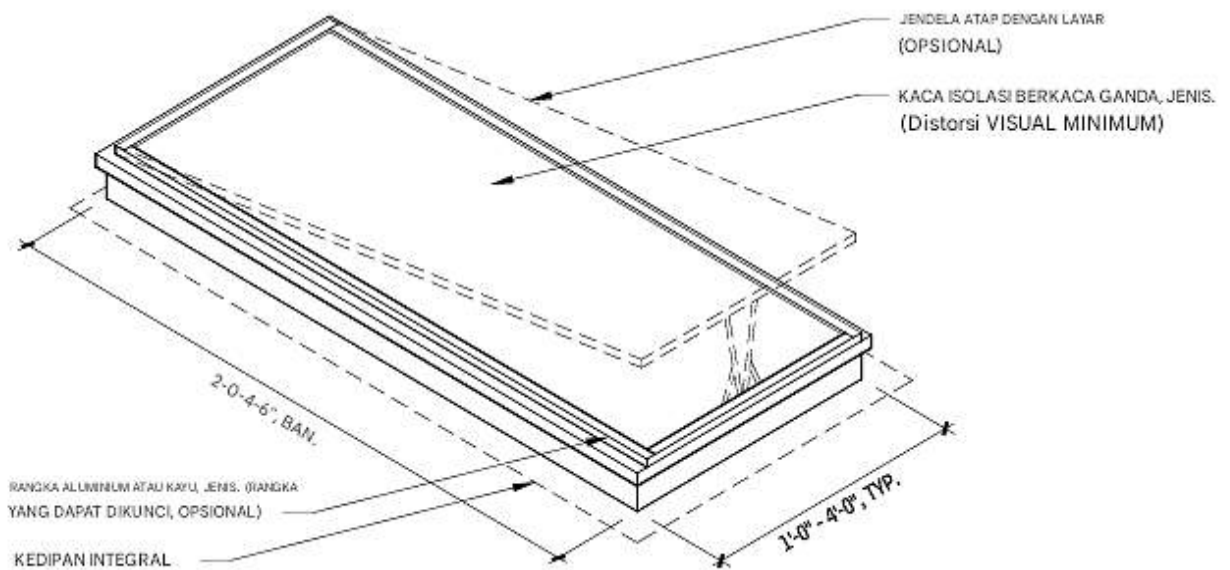
Keamanan dan Keselamatan

Rangka atau layar untuk melindungi kaca dari benturan, api, atau masuk paksa dapat dirancang ke dalam rakitan skylight. Untuk menghindari masuk paksa, skylight berbingkai harus menyertakan penghalang untuk membongkar rangka, melepas penutup snap-on, dan melelehkan kaca (akrilik dapat dengan mudah terbakar dengan obor). Layar pengaman logam mungkin diperlukan.

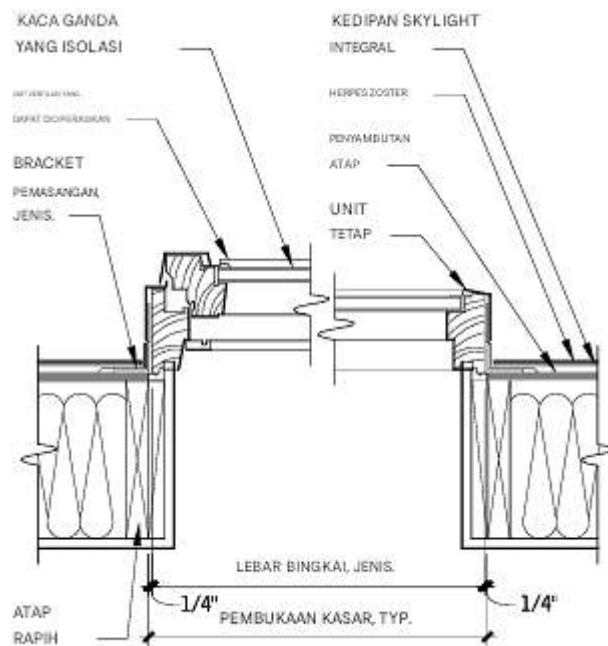
SKYLIGHT UNIT



Gambar 2.574 Skylight unit bagian



Gambar 2.575 Unit panel datar skylight—atap miring



Gambar 2.576 Unit panel datar—bagian skylight

Jenis-Jenis Skylight Berrangka

Skylight berbingkai tersedia dalam dua jenis struktur yang berbeda, tiga jenis kaca, dan dua sistem pengelolaan air. Sebagian besar produsen hanya menyediakan sistem dalam jumlah terbatas dari kemungkinan kombinasi.

Jenis-Jenis Struktural, Struktural atau Kulit

- Skylight struktural membentang di bukaan skylight dan menahan semua beban.

- Sistem kulit memiliki rangka yang melakukan fungsi pelapisan kaca dan kedap air. Sistem ini diaplikasikan pada sistem struktur terpisah, biasanya dari kayu atau baja. Sistem kulit sering kali menyerupai sistem struktur, kecuali bahwa anggotanya jauh lebih dangkal.

Jenis-Jenis Kaca

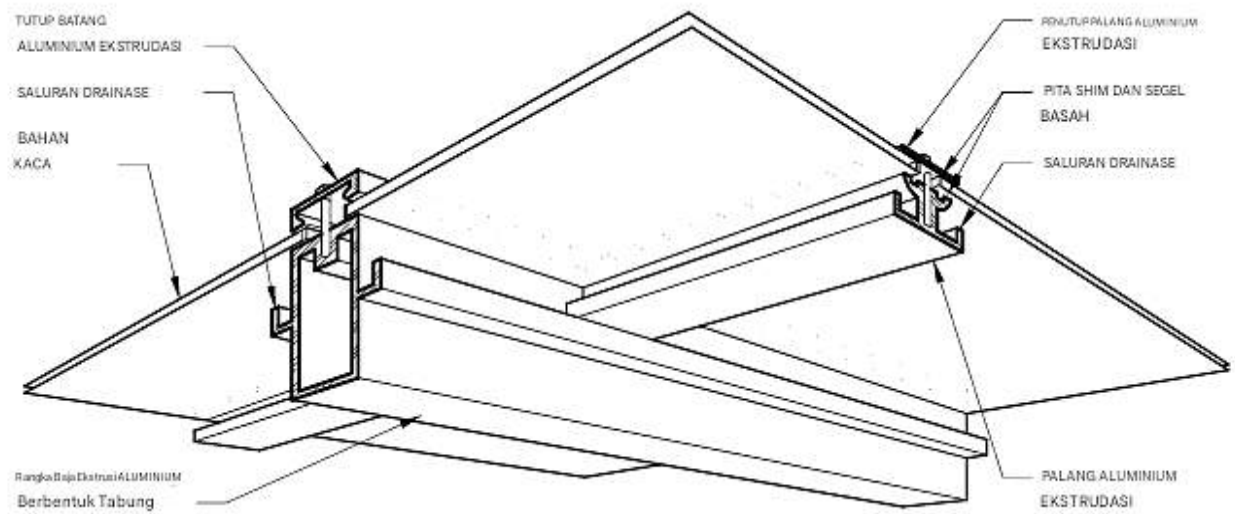
- ❖ Sistem penahan empat sisi memiliki pelat tekanan atau penghenti kaca lainnya di sekeliling penuh setiap panel kaca. Kaca harus berjenis basah/kering atau, lebih disukai, kaca basah sepenuhnya untuk keandalan maksimum. Hindari sistem (terutama sistem tertutup rapat) yang menggunakan gasket kering.
- ❖ Rakitan kaca silikon struktural dua sisi (SSG) memiliki pelat tekanan atau penghenti kaca pada kusen yang sejajar dengan lereng, dan kaca silikon struktural pada kusen yang melintang di lereng. Karena SSG tidak memiliki penutup kusen di atas bidang kaca, tidak ada air yang terperangkap yang dapat menyebabkan kebocoran atau noda potensial dari air yang menguap. Sistem SSG dua sisi direkomendasikan untuk sebagian besar skylight berbingkai.
- ❖ Rakitan kaca silikon struktural empat sisi memberikan keuntungan dari sistem SSG dua sisi, ditambah tampilan yang lebih ramping.

Sistem Pengelolaan Air

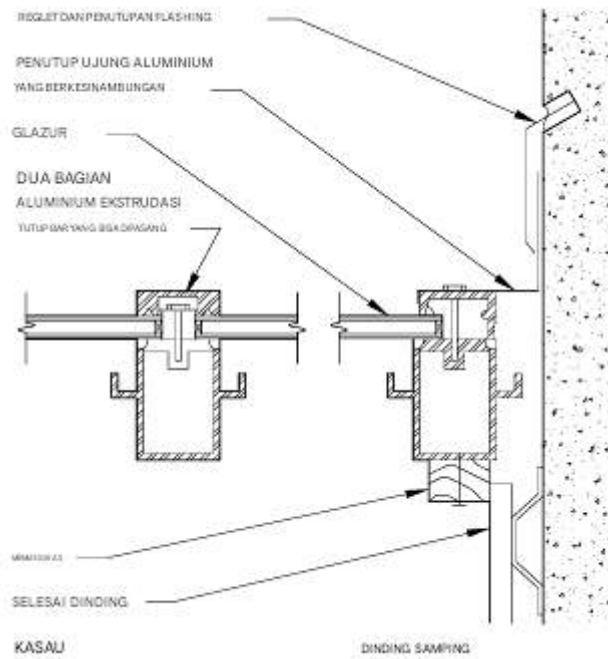
- Sistem tertutup rapat mengandalkan segel kedap air yang sempurna di permukaan luar kaca. Talang dan tanggul di sisi dalam kaca disediakan untuk mengendalikan kondensasi saja.
- Sistem layar hujan menggunakan teknologi layar hujan bertekanan seimbang yang redundan untuk mengendalikan penetrasi udara dan air. Saluran drainase dan rembesan pada permukaan interior tidak hanya mengalirkan kondensasi tetapi juga kebocoran kecil yang melewati segel eksterior. Meskipun kurang umum, sistem layar hujan PE lebih andal.

Sistem Skylight Tanpa Bingkai yang Didukung Titik

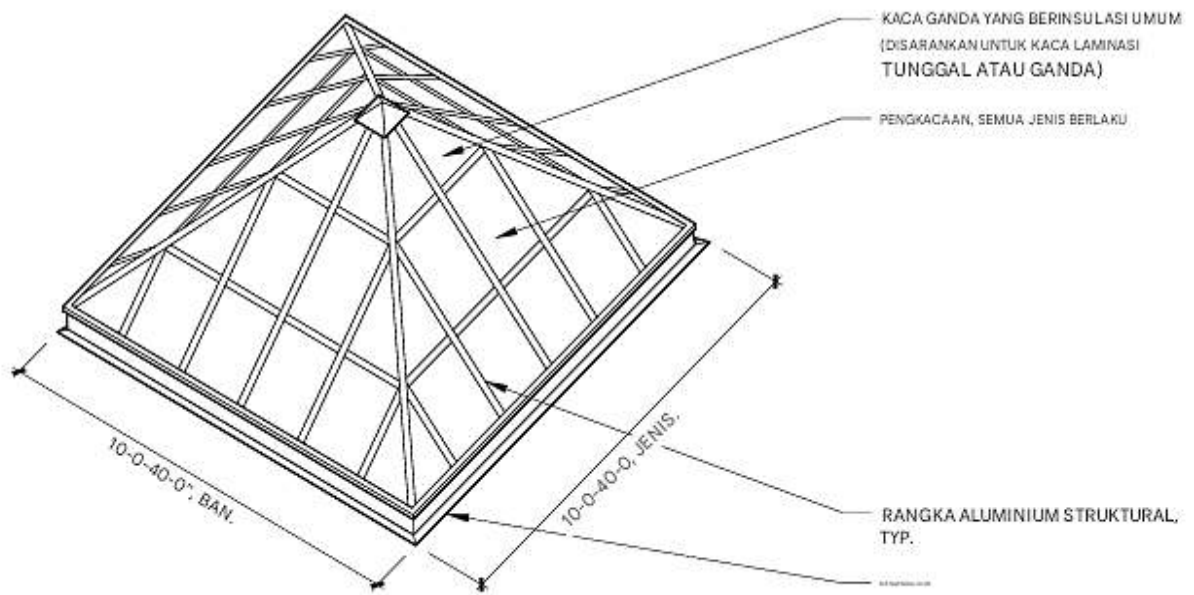
- ☼ Skylight tanpa bingkai yang ditopang padaudukan kaca titik adalah skylight yang paling transparan dan mahal. Skylight ini menyediakan pemisahan yang hampir tak terlihat antara interior dan eksterior. Sistem ini mengandalkan kaca sambungan ujung silikon yang sempurna. Dukungan struktural dapat berupa rangka baja, aluminium, kayu, kaca laminasi, kabel tegangan, atau kombinasi dari semuanya.



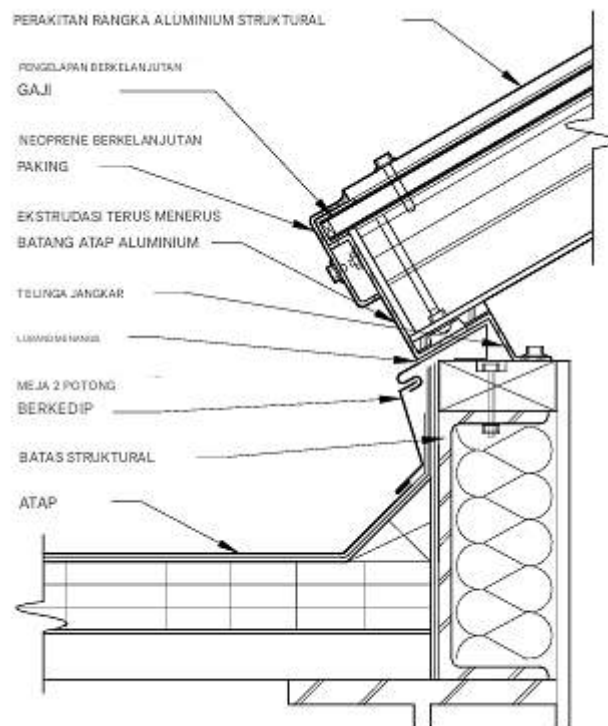
Gambar 2.577 Rangka aluminium tabung umum



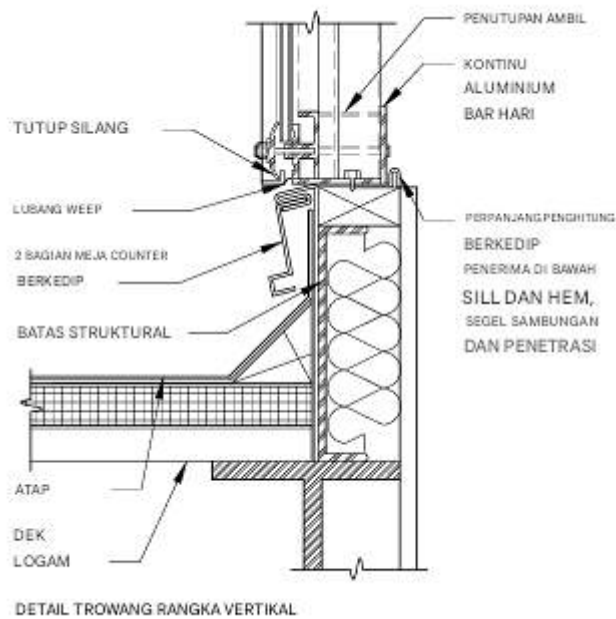
Gambar 2.578 Detail rantai dan dinding samping



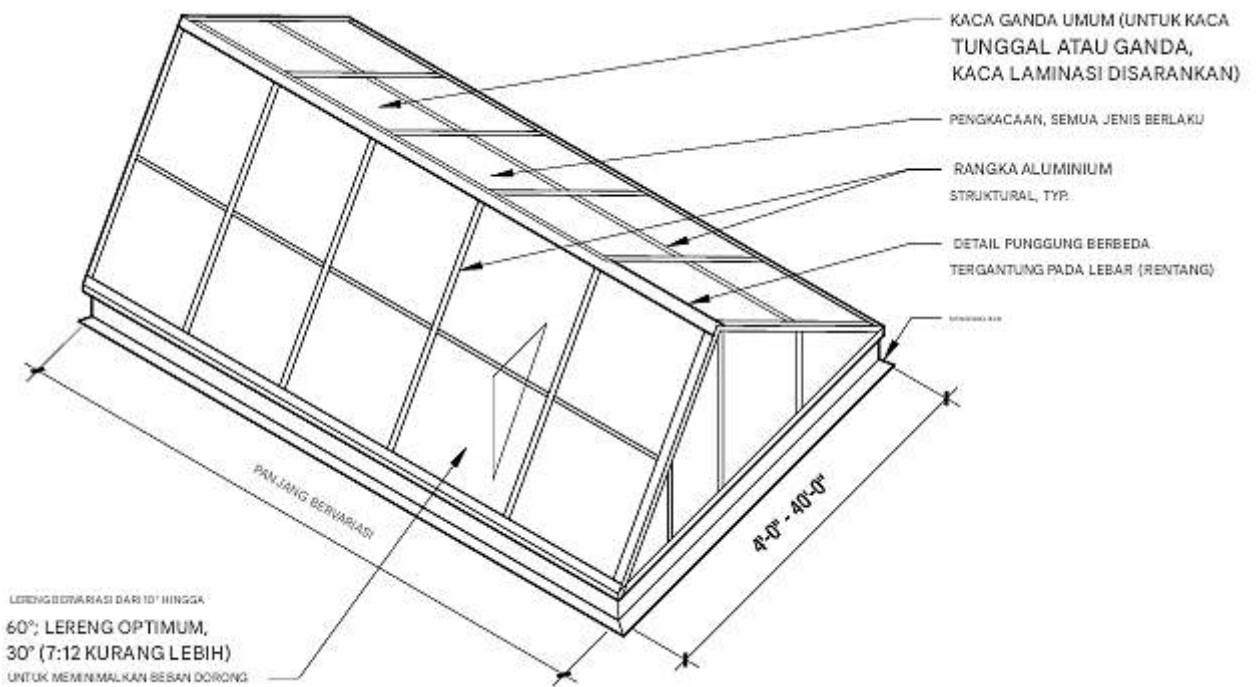
Gambar 2.579 Perakitan skylight berbingkai piramida



Gambar 2.580 Detail trobo pada perakitan rangka miring



Gambar 2.581 Detail trowong rangka vertikal



Gambar 2.582 Perakitan skylight berrangka ganda

BAB 3 INTERIOR

3.1 PENDAHULUAN

Konstruksi interior merupakan komponen arsitektur yang tangguh. Bagaimanapun, orang menghabiskan lebih banyak waktu di dalam gedung daripada di luar. Tujuan utama arsitektur adalah menyediakan ruang interior yang terlindungi. Kepatuhan terhadap persyaratan keselamatan jiwa, kebutuhan fungsional berbagai pengguna gedung, dan konsep estetika semuanya memengaruhi desain, perincian, dan konstruksi ruang interior. Selain itu, laju perubahan interior gedung sering kali sering terjadi, dan bisa secepat setiap beberapa tahun untuk ruang komersial. Praktik ini hanya berfungsi untuk meningkatkan perhatian yang diperlukan pada perincian konstruksi interior demi mendukung fleksibilitas.

Bab ini menyediakan dasar-dasar perincian interior untuk berbagai komponen dan sistem bangunan utama untuk digunakan pada sebagian besar jenis bangunan, menjawab pertanyaan, "Apa yang perlu diketahui oleh seorang profesional desain tentang interior untuk berpikir kritis tentang perincian interior dan dokumen konstruksi terkait?"

Namun, materi tersebut tidak berupaya untuk membahas sistem atau produk pabrikan tertentu, karena komponen dan pelapis bangunan interior terus berkembang. Profesional desain didorong untuk menyelidiki sistem dan produk interior melalui sumber daya berbasis Web atau literatur dan sampel produk produsen yang tersedia. Pada saat yang sama, profesional desain didorong untuk mempertimbangkan pemanfaatan produk berkelanjutan, terutama karena banyak dari produsen ini telah memimpin industri dalam pengembangan produk berkelanjutan dan konten daur ulang untuk konstruksi interior. Satu kriteria penting untuk pemilihan finishing interior harus melibatkan pertimbangan lingkungan seperti kualitas udara dalam ruangan, keberlanjutan, dan konsekuensi lingkungan. Lihat Bab 12 untuk ikhtisar.

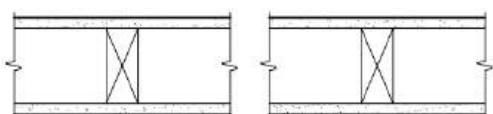
3.2 KONSTRUKSI INTERIOR PARTISI

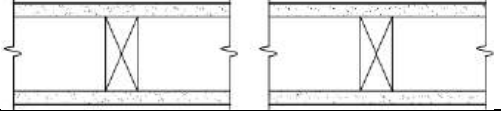
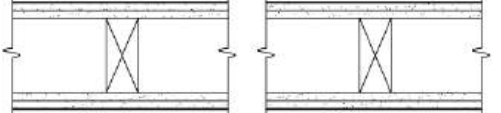
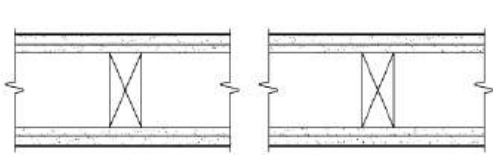
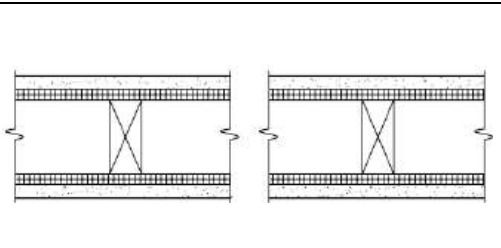
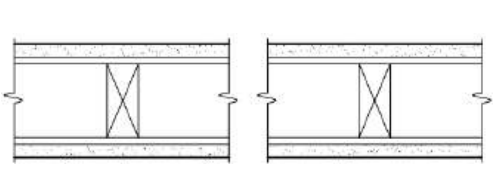
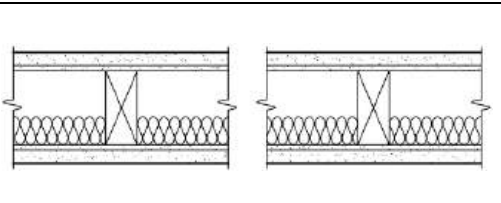
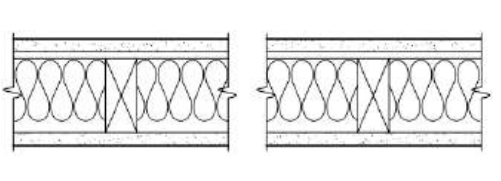
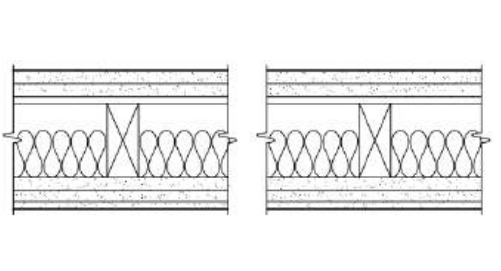
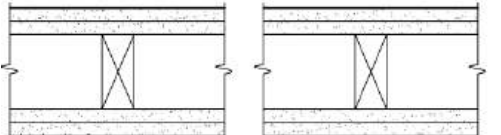
Bagian ini membahas jenis-jenis partisi yang umum, khususnya, rakitan papan gipsum dan rakitan gipsum yang diperkuat kaca, serta desain partisi yang tahan api.

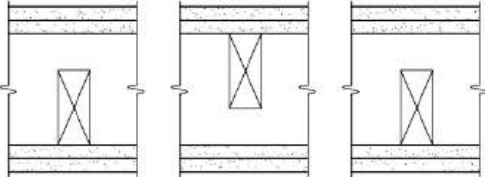
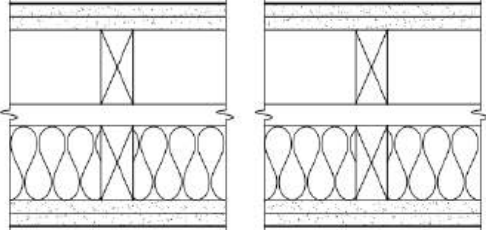
Rakitan Papan Gipsum

Rakitan papan gipsum terdiri dari papan gipsum dan rangka, yang dapat terbuat dari kayu atau logam, dan dapat mencakup peredaman suara, dan bahan tahan api.

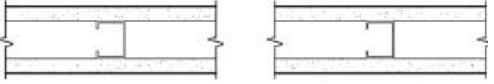
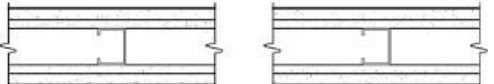


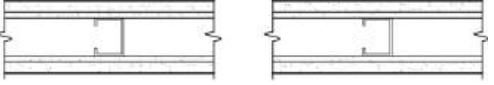

Tabel 3.1 Partisi papan gipsum rangka kayu

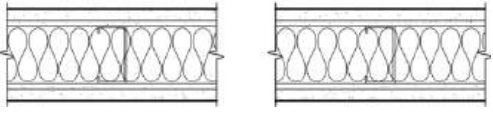
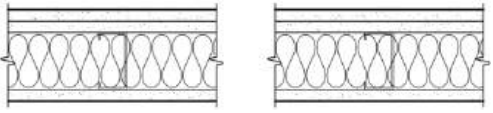
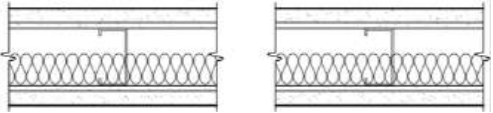
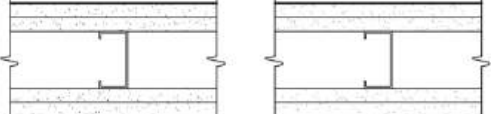
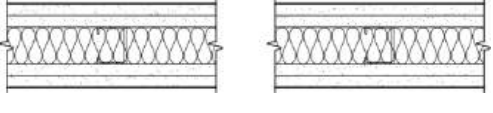
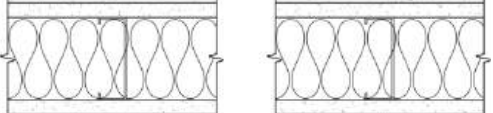
Peringkat Tahan Api	Transmisi Suara Kelas (STC)	Ketebalan dinding dalam	Deskripsi Konstruksi	Rencana Tampilan
1 jam	30-34	$4\frac{7}{8}$	Satu lapisan, dasar veneer Tipe X 1/2 inci dipaku pada setiap sisi 2 tiang kayu 4 inci, 16 inci o.c. dengan paku berlapis 5d 8 inci o.c.; plester veneer gipsum minimal 3/32 inci. Sambungan dibuat bertingkat secara vertikal 16 inci, dan sambungan horizontal setiap sisi pada 12 inci.	

		$4\frac{7}{8}$	Satu lapis papan gipsum Tipe X $\frac{5}{8}$ inci atau alas veneer dipaku pada setiap sisi tiang kayu 2x4 inci, 16 inci o.c. dengan paku berlapis 6d 7 inci o.c. Sambungan stagger 24 inci pada setiap sisi.	
	35-39	$5\frac{1}{8}$	Dua lapisan papan gipsum biasa $\frac{3}{8}$ inci atau alas veneer dipaku pada setiap sisi tiang kayu 2x4 inci, 16 inci o.c. Lapisan pertama ditempelkan dengan paku berlapis 4d; lapisan kedua diaplikasikan dengan senyawa laminasi dan dipaku dengan paku berlapis 5d 8 inci o.c. Sambungan stagger 16 inci o.c. setiap sisi	
	45-49	$5\frac{3}{8}$ (137)	Lapisan dasar papan gipsum biasa $\frac{3}{8}$ inci atau alas veneer dipaku pada setiap sisi tiang kayu 2x4 inci, 16 inci o.c. Lapisan muka $\frac{1}{2}$ inci (sama dengan lapisan dasar). Gunakan paku berlapis 5d 24 inci o.c. untuk lapisan dasar, paku berlapis 8d 12 inci o.c. ke tepi, dan 24 inci o.c. ke tiang tengah. Sambungan susun 16 inci o.c. setiap lapisan dan sisi	
		$5\frac{7}{8}$	Lapisan dasar papan serat kayu $\frac{1}{2}$ inci pada setiap sisi 2 tiang kayu 4 inci, 16 inci o.c. dengan paku berlapis 5d 24 inci o.c. pada sambungan vertikal dan 16 inci o.c. pada pelat atas dan bawah. Lapisan muka papan gipsum Tipe X $\frac{5}{8}$ inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi dengan senyawa laminasi dan dipaku dengan paku berlapis 8d 24 inci o.c. pada sambungan vertikal, dan 16 inci o.c. pada pelat atas dan bawah. Sambungan susun 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi	
		$5\frac{1}{8}$	Kedua sisi saluran elastis 24 in. o.c., dipasang dengan papan gipsum 5/4 paku papan gipsum di setiap sisi tiang kayu 2x4 in., 16 in. o.c. Satu lapis papan gipsum Tipe X $\frac{5}{8}$ in. atau alas veneer dipasang dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 in. o.c. 12 in. di setiap sisi, dan sambungan vertikal diblokir di bagian belakang. Strip pengisi papan gipsum di sepanjang lantai dan langit-langit, kedua sisi. Sambungan stagger 24 in. o.c. di setiap sisi.	
	50-54	$5\frac{3}{8}$	Lapisan dasar papan gipsum berpemilik $\frac{1}{4}$ inci diaplikasikan pada setiap sisi tiang kayu 2x4 inci, 16 inci o.c. dengan paku berlapis 4d 12 inci o.c. Lapisan muka papan gipsum Tipe X $\frac{5}{8}$ inci atau dasar veneer diaplikasikan dengan senyawa laminasi dan dipaku dengan paku berlapis 6d 16 inci o.c. pada setiap sisi; isolasi serat mineral 1-1/2 inci di rongga. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap sisi	
		$5\frac{3}{8}$	Saluran elastis satu sisi 24 inci o.c. dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1-1/4 inci ke tiang kayu 2x4 inci, 16 inci o.c. Papan gipsum atau alas veneer $\frac{5}{8}$ inci di kedua sisi terpasang ke saluran elastis dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci o.c. 12 inci, dan papan gipsum ke tiang dengan sekrup papan gipsum Tipe W 1-1/4 inci; insulasi serat mineral 1-1/2 inci di rongga. Sambungan stagger 48 inci di setiap sisi.	
	60-64	$6\frac{7}{8}$	Satu sisi saluran elastis 24 in. o.c. dipasang dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 in. ke tiang kayu 2x4 in., 16 in. o.c. Dua lapis papan gipsum Tipe X $\frac{5}{8}$ in. atau alas veneer. Lapisan pertama dipasang dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 in.; lapisan kedua diaplikasikan dengan senyawa laminasi. Sisi lainnya, satu lapis masing-masing papan gipsum $\frac{5}{8}$ in. dan $\frac{1}{2}$ in. atau alas veneer, ditambah papan gipsum $\frac{3}{8}$ in. bagian atas diaplikasikan dengan senyawa laminasi. Gunakan paku berlapis 5d 32 in. o.c. untuk alas, 8d untuk lapisan tengah $\frac{1}{2}$ in., insulasi serat kaca 2 in. di rongga. Susun semua sambungan 16 in. o.c.	
2 Jam	40-44	$6\frac{1}{8}$	Dua lapisan papan gipsum Tipe X berukuran $\frac{5}{8}$ inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang kayu berukuran 2x4 inci, 24 inci o.c. Gunakan paku berlapis 6d 24 inci o.c. untuk lapisan dasar, dan paku berlapis 8d 8 inci o.c. untuk lapisan muka. Buat sambungan berselang-seling 24 inci o.c. untuk setiap lapisan dan sisi.	

50-54	8	Dua lapisan papan gipsum Tipe X 5/8 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang kayu 2x4 inci, 16 inci o.c. yang disusun berselang-seling 8 inci o.c. pada pelat kayu 2x6 inci. Gunakan paku berlapis 6d 24 inci o.c. untuk lapisan dasar, dan paku berlapis 8d untuk lapisan muka. Susun sambungan vertikal 16 inci o.c. setiap lapisan dan sisi	
55-59	10 ¼	Dua lapisan papan gipsum Tipe X 5/8 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi dua baris tiang kayu 2x4 inci, 16 inci o.c. pada pelat terpisah dengan jarak 1 inci. Gunakan paku berlapis 6d 24 inci o.c. untuk lapisan dasar, dan paku berlapis 8d untuk lapisan muka; insulasi serat kaca 3-1/2 inci di rongga. Sambungan berjenjang 16 inci o.c. setiap lapisan dan sisi. Penghenti api papan gipsum kontinu di ruang antara pelat.	

Tabel 3.2 Partisi gipsum rangka logam

Peringkat Tahan Api	Transmisi Suara Kelas (STC)	Ketebalan dinding dalam	Deskripsi Konstruksi	Rencana Tampilan
1 Jam	35-39	2 ⁷ / ₈	Satu lapisan papan gipsum Tipe X 5/8 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 1-5/8 inci, 24 inci o.c. dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci 8 inci o.c. ke tepi, dan 12 inci o.c. ke tiang tengah. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap sisi.	
	40-44	3 ³ / ₈	Lapisan dasar papan gipsum biasa 3/8 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 1-5/8 inci, 24 inci o.c. dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci 27 inci o.c. ke tepi dan 54 inci o.c. ke tiang tengah. Lapisan muka 1/2 inci dipasang pada setiap sisi ke tiang dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1-5/8 inci 12 inci o.c. ke perimeter dan 24 inci o.c. ke tiang tengah. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.	
		4 ⁷ / ₈	Satu lapisan papan gipsum Tipe X 5/8 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 3-5/8 inci, 24 inci o.c. dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci 8 inci o.c. ke tepi vertikal, dan 12 inci o.c. ke tiang tengah. Sambungan susun 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.	
45-49	3 ¹ / ₈	Dua lapisan papan gipsum biasa 1/2 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 1-5/8 inci, 24 inci o.c. Gunakan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci 12 inci o.c. untuk lapisan dasar, dan sekrup papan gipsum Tipe S 1-5/8 inci 12 inci o.c. untuk lapisan muka. Sambungan susun 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.		
		3 ¹ / ₈	Lapisan dasar papan gipsum 1/4 inci diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 1-5/8 inci, 24 inci o.c. dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci 24 inci o.c. ke tepi, dan 36 inci o.c. ke tiang tengah. Lapisan muka papan gipsum Tipe X 1/2 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 5/8 inci 12 inci o.c. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.	
	5 ½	Satu lapisan papan gipsum Tipe X 5/8 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 3-5/8 inci 24 inci o.c. dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci 8 inci o.c. ke tepi dan sambungan vertikal, dan 12 inci o.c. ke tiang perantara. Lapisan muka 5/8 inci (sama dengan lapisan lainnya) diaplikasikan pada satu sisi ke tiang dengan senyawa laminasi dan dipasang dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1-5/8 inci, 8 inci o.c. ke tepi dan sisi, dan 12 inci o.c. ke tiang perantara; insulasi serat kaca 3-1/2 inci di rongga. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap		

			lapisan dan sisi.	
	50-54	4	Lapisan dasar papan gipsum biasa 1/4 inci diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 2-1/2 inci, 24 inci o.c. dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci o.c. 12 inci. Lapisan muka papan gipsum Tipe X 1/2 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang dengan senyawa laminasi dan dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1-5/8 inci di bagian atas dan bawah 8 inci o.c.; isolasi serat kaca 2 inci di rongga. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.	
		4	Dua lapisan papan gipsum Tipe X 1/2 inci atau alas veneer diaplikasikan pada satu sisi tiang logam 2-1/2 inci, 24 inci o.c. Lapisan dasar 1 inci dan lapisan muka 1-5/8 inci sekrup papan gipsum 8 inci o.c. ke tepi dan manik perekat ke tiang perantara. Lapisan sisi berlawanan papan gipsum Tipe X 1/2 inci atau alas veneer diaplikasikan dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci o.c. ke tepi vertikal, dan 12 inci o.c. ke tiang perantara; isolasi serat kaca 3 inci di rongga. Sambungan stagger 24 inci setiap lapisan dan muka.	
	55-59	4 1/4	Lapisan dasar papan gipsum 1/4 inci diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 2-1/2 inci, 24 inci o.c. dengan sekrup papan gipsum Tipe S 7/8 inci o.c. 12 inci. Lapisan muka papan gipsum Tipe X 5/8 inci atau dasar pelapis diaplikasikan pada setiap sisi tiang dengan sekrup papan gipsum Tipe S 1-5/16 inci o.c. 12 inci; isolasi serat kaca 1-1/2 inci di rongga. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.	
2 Jam	40-44	5	Dua lapisan papan gipsum Tipe X 5/8 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 2-1/2 inci 16 inci o.c., disangga secara lateral. Gunakan 1 inci untuk lapisan dasar dan 1-5/8 inci untuk lapisan muka. Sekrup papan gipsum Tipe S-12 12 inci o.c. untuk lapisan muka; insulasi serat kaca 1-1/2 inci di rongga. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.	
	50-54	3 5/8	Lapisan dasar papan gipsum Tipe X 1/2 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 1-5/8 inci, 24 inci o.c. Gunakan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci, 12 inci o.c. untuk lapisan dasar, dan sekrup papan gipsum Tipe S 1-5/8 inci 12 inci o.c. untuk lapisan muka; insulasi serat kaca 1-1/2 inci di rongga. Sambungan stagger 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.	
	55-59	6 1/4	Dua lapisan papan gipsum Tipe X 5/8 inci atau alas veneer diaplikasikan pada setiap sisi tiang logam 3-5/8 inci, 24 inci o.c. Gunakan sekrup papan gipsum Tipe S 1 inci 32 inci o.c. untuk lapisan dasar, dan sekrup papan gipsum Tipe S 1-5/8 inci 12 inci o.c. ke tepi dan, 24 inci o.c. ke tiang tengah. Satu sisi, lapisan ketiga, papan gipsum 1/4 atau 3/8 inci atau alas veneer diaplikasikan dengan senyawa laminasi. Sambungan berselang 24 inci o.c. setiap lapisan dan sisi.	

Desain Tahan Api

Beberapa metode, baik aktif (pencegahan kebakaran) maupun pasif, dapat digunakan untuk melindungi struktur bangunan dari kebakaran. Mendesain proteksi kebakaran dapat mencakup membagi bangunan menjadi modul-modul terisolasi dengan jumlah penetrasi terbatas untuk bukaan, saluran listrik, dan saluran. Modul dapat dilindungi dengan pelapisan tahan api, alat penyiram, atau keduanya, tergantung pada penggunaan, hunian, potensi

paparan penyalahgunaan, dan persyaratan otoritas yang berwenang. Biaya sistem pencegahan kebakaran dapat diimbangi dengan penghematan dari persyaratan yang kurang ketat untuk konstruksi dan penyelesaian. Menghindari pintu tahan api mengurangi biaya untuk pintu, perangkat keras, dan rambu. Menghindari penetrasi untuk pekerjaan listrik dan mekanik mengurangi kebutuhan dan biaya untuk penghenti api penetrasi, pengamanan kebakaran, dan peredam api.

Pelapisan Tahan Api Terapkan

Material pelapisan tahan api terapan melindungi baja struktural baik dalam aplikasi tersembunyi maupun terbuka. Ada banyak jenis pelapis tahan api yang diaplikasikan, termasuk agregat semen dan semen, dan produk semen berserat mineral, yang digunakan terutama untuk lokasi tersembunyi. Ada juga material yang digunakan untuk lokasi terbuka yang memerlukan tampilan yang lebih akhir.

Keputusan desain tahan api dapat memengaruhi biaya, penjadwalan, dan kompleksitas aplikasi. Misalnya, untuk mencegah masalah dengan batasan garansi dan dengan kerentanan rakitan atap yang dilindungi oleh material tahan api yang diaplikasikan saat dikenakan aktivitas konstruksi, pemeliharaan, atau perbaikan di atap, desain atap-plafon mungkin dibatasi pada rakitan yang dilindungi oleh material selain material tahan api yang disemprotkan yang diaplikasikan pada bagian bawah dek baja atau yang tidak memerlukan perlindungan tambahan.

Pada setiap proyek, rakitan lantai-plafon, yang biasanya lebih kaku daripada rakitan atap-plafon, mungkin memerlukan atau tidak memerlukan perlindungan dengan material tahan api yang disemprotkan yang diaplikasikan pada bagian bawah dek baja. Mungkin saja untuk menghilangkan kebutuhan untuk langsung menerapkan material tahan api ke bagian bawah dek baja dengan membandingkan opsi desain dengan peringkat yang sama, kemudian memilih desain yang menghasilkan pelat beton yang lebih tebal dan tidak memerlukan perlindungan lain dari dek baja. Lantai yang lebih kaku yang dihasilkan akan memiliki manfaat tambahan karena menjadi substrat yang lebih baik untuk lantai yang tipis dan kaku, seperti ubin untuk kamar kecil.

Jika kendala, seperti cuaca, tampilan estetika, penjadwalan konstruksi, masalah lingkungan, atau program desain, membuat penggunaan material tahan api yang disemprotkan tidak sesuai, metode perlindungan alternatif dapat menghilangkan atau mengurangi luasnya.

Metode alternatif dapat mencakup:

- Melindungi baja struktural dengan beton
- Batu bata; Isolasi tahan api
- Proteksi kebakaran papan serat mineral
- Sprinkler
- Perakitan plester gipsum, plester semen portland, papan gipsum, papan gipsum plester veneer, dan panel langit-langit akustik berperingkat

Aplikasi Terbuka

Untuk aplikasi terbuka, material tahan api memiliki kepadatan, kekuatan tekan,

kekuatan ikatan, dan kekerasan yang lebih tinggi daripada aplikasi tersembunyi. Saran untuk produk dengan kepadatan tinggi meliputi area interior terbuka yang dilindungi oleh sistem sprinkler banjir dan area yang rentan terhadap kontak, kekerasan fisik, benturan keras, paparan bahan kimia, kelembapan tinggi, udara, dan erosi.

Contoh area yang dapat dipertimbangkan untuk menggunakan material tahan api yang lebih padat adalah garasi parkir, dermaga pemuatan, dermaga, fasilitas kargo, gudang, pabrik manufaktur, ruang mekanik, ruang mesin lift, poros, ruang pleno penanganan udara, tangga, ruang bersih, gimnasium, dan kolam renang. Produk-produk berikut digunakan untuk aplikasi terbuka:

- Semen tahan api
- Semen tahan api serat mineral
- Semen tahan api magnesium
- Mastik tahan api intumescent, termasuk formulasi berbasis air, formulasi non-air, dan lapisan tipis

Encapsulan

Encapsulan mencakup material yang diaplikasikan baik di atas formulasi berserat dan semen tahan api yang sebelumnya diaplikasikan atau pada anggota struktural yang materialnya telah dihilangkan. Yang terakhir disebut encapsulan pengunci. Biasanya, encapsulan merupakan bagian dari kontrak pengurangan asbestos yang terpisah.

Penutup dan Pelapis Atas

Penutup dan pelapis atas, wajib atau opsional, ditawarkan oleh beberapa produsen untuk meningkatkan kinerja produk dan memperbaiki keterbatasan sifat fisik tertentu dari masing-masing formulasi, seperti ketahanan terhadap bahan kimia dan pertumbuhan bakteri, jamur, lumut, dan kapang. Penutup dan pelapis atas harus kompatibel dengan formulasi produsen untuk material tahan api yang disemprotkan. Keduanya harus diaplikasikan pada tingkat yang mempertahankan peringkat ketahanan api; saturasi material tahan api yang disemprotkan dengan penutup dan pelapis atas mungkin akan meniadakan kinerja ketahanan api.

Papan Anti Api

Papan anti api meliputi papan kalsium silikat dan papan serat terak, dan digunakan untuk proteksi kebakaran kolom baja, balok baja, dinding rangka logam dan kayu, dan dinding padat. Kegunaan lain untuk papan anti api mineral adalah perlindungan saluran HVAC. Penggunaan papan anti api sebagai pengganti papan anti api terapan menghilangkan pembersihan residu basah dan kemungkinan penundaan pengeringan yang diakibatkan oleh penggunaan material terapan. Papan anti api juga cenderung tidak menimbulkan korosi pada substrat logam.

Papan Kalsium Silikat

Papan kalsium silikat diproduksi baik dari xonotlite atau kombinasi xonotlite dan toborit. Xonotlite berbeda dari toborit dalam hal struktur kristal dan sifat fisik. Xonotlite dirancang untuk layanan berkelanjutan pada suhu 1700°F, dan toborit pada suhu 1200°F, meskipun keduanya harus tahan terhadap suhu yang lebih tinggi selama pengujian menurut

ASTM E 119, “Metode Uji Standar untuk Uji Kebakaran Konstruksi dan Material Bangunan,” untuk memperoleh peringkat ketahanan api yang tercantum dalam UL. Sebagian besar, jika tidak semua, sistem tahan api papan biasanya disembunyikan di balik konstruksi lain; namun, bentuk kalsium silikat dengan kepadatan lebih tinggi dapat dibiarkan terbuka, dan dicat.

Papan Tahan Api Papan Serat Terak

Papan serat terak terdiri dari serat yang terbuat dari terak, yang merupakan produk sampingan dari produksi baja, tembaga, dan timah. Terak adalah limbah mineral yang naik ke atas logam cair. Penggunaannya meliputi isolasi termal, isolasi dinding gorden, dan isolasi pengaman untuk membangun penghalang api di ruang antara tepi lantai dan panel spandrel dinding gorden. Papan serat terak lebih rentan terhadap kerusakan dan penurunan mutu daripada papan kalsium silikat; papan ini juga lebih lunak, lebih ringan, lebih menyerap, dan lebih mudah dipadatkan.

Penahan Api Penetrasi

Karakteristik respons uji api dari penghentian api penetrasi diukur dalam bentuk peringkat F dan T. Ini ditentukan dengan pengujian menurut ASTM E 814, “Metode Uji Standar untuk Uji Api Penghentian Api Penetrasi-Tembus.”

- Peringkat F menunjukkan bahwa sistem penghentian api bertahan dalam uji api selama periode peringkat tanpa terjadi hal-hal berikut: api melewati bukaan, nyala api pada elemen apa pun di sisi sistem penghentian api yang tidak terpapar, dan pengembangan bukaan apa pun yang memungkinkan air dari aliran selang keluar dari sisi yang tidak terpapar.
- Peringkat T menandakan bahwa panas yang ditransmisikan melalui sistem penghentian api selama periode peringkat tidak menaikkan suhu termokopel apa pun pada permukaan sistem penghentian api yang tidak terpapar atau pada benda yang tembus apa pun lebih dari 325°F di atas suhu awalnya.

Saat memilih rakitan penghentian api penetrasi, profesional desain harus memahami persyaratan kode bangunan dan bagaimana otoritas yang memiliki yurisdiksi akan menafsirkan dan menegakkan ketentuannya.

3.3 PINTU INTERIOR

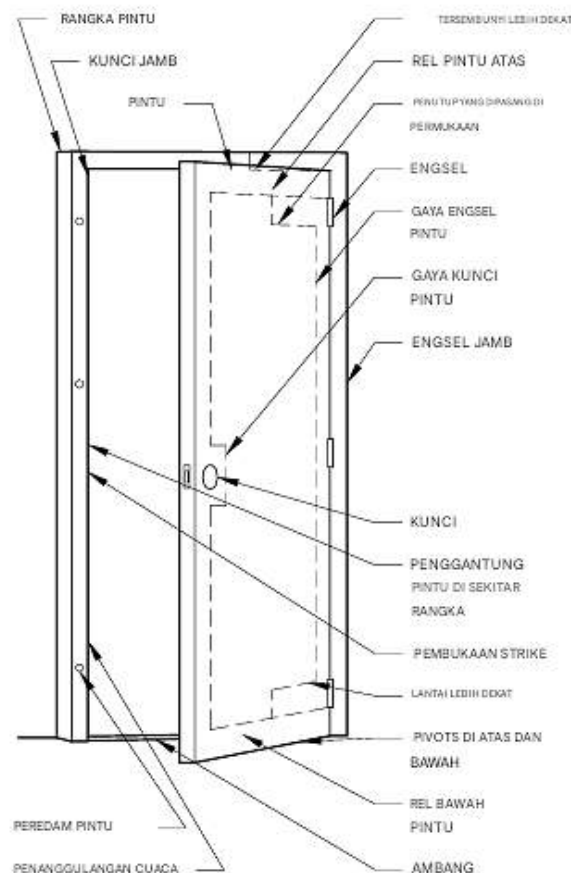
Bagian ini dimulai dengan memperkenalkan konsep dasar dan terminologi yang ditemui saat bekerja dengan pintu interior. Bagian ini selanjutnya membahas jenis pintu umum dan pertimbangan khusus seperti keselamatan kebakaran.

Terminologi Dasar Pintu

Berikut adalah istilah dan konsep dasar yang melekat pada desain pintu:

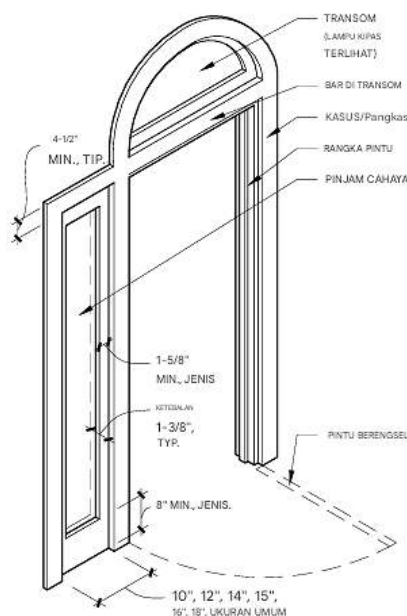
- Daun aktif: Daun pengoperasian utama dari sepasang pintu.
- Tirai udara: Aliran udara ke bawah yang dihasilkan secara mekanis melintasi bukaan pintu yang dimaksudkan untuk mencegah transmisi panas dan cuaca.
- Penutup otomatis: Pintu yang biasanya terbuka, tetapi menutup tanpa memerlukan campur tangan manusia, dan diaktifkan sebagai akibat dari kenaikan suhu yang telah ditentukan sebelumnya, laju kenaikan suhu, atau produk pembakaran.

- ☑ Bagian bawah pintu otomatis: Perangkat yang diaplikasikan ke sisi belakang pintu di bagian bawah, atau dilubangi ke tepi bawah pintu, yang menutup bagian bawah pintu saat ditutup.
- ☑ Pintu seimbang: Pintu yang dilengkapi perangkat keras berporos ganda yang dirancang untuk menyebabkan aksi ayunan semi-seimbang saat dibuka.
- ☑ Buck: Subrangka dari kayu atau logam yang dipasang di dinding atau partisi untuk menopang rangka akhir pintu.
- ☑ Casing: Kerangka akhir, sering kali dekoratif di sekitar bukaan pintu, terutama yang sejajar dengan permukaan di sekitarnya dan tegak lurus dengan kusen.
- ☑ Koordinator: Perangkat yang digunakan pada sepasang pintu untuk memastikan bahwa daun yang tidak aktif diizinkan untuk menutup sebelum daun yang aktif.
- ☑ Bevel pintu: Sudut sedikit yang diberikan pada gaya kunci (tepi vertikal) pintu, yang mencegah pintu menyentuh kusen kunci saat berayun. Bevel yang umum adalah:
 - Pintu 1-3/8 inci—tidak ada
 - 1-3/4 inci pintu—7/64 in.
 - 2-1/4-in.—9/64 in.
- ☑ Pintu keluar ganda: Sepasang pintu dalam satu rangka khusus yang berayun ke arah berlawanan untuk memungkinkan keluar darurat dari kedua sisi. Biasanya digunakan di tempat sekat api atau asap melintasi koridor.

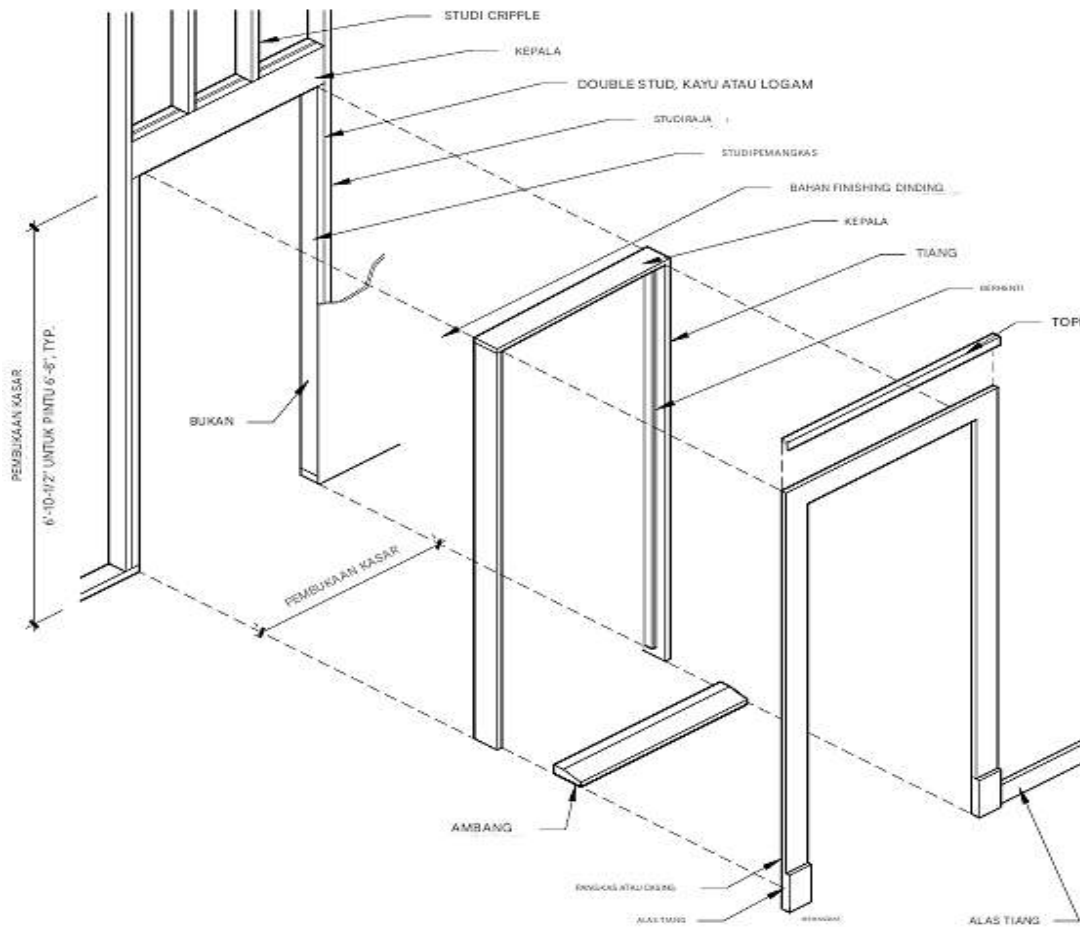


Gambar 3.3 Bagian-bagian pintu

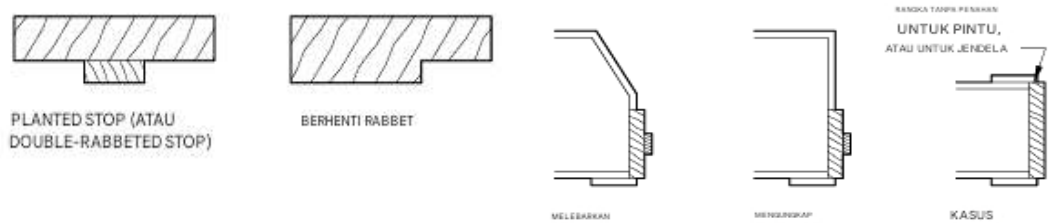
- ☑ Baut rata: Baut pintu yang dipasang rata dengan bagian depan atau tepi pintu.
- ☑ Rakitan pintu tahan api: Kombinasi apa pun dari pintu tahan api, rangka, perangkat keras, dan aksesori lain yang bersama-sama memberikan tingkat perlindungan kebakaran tertentu.
- ☑ Perangkat pintu keluar tahan api: Perangkat panik yang tercantum untuk digunakan pada rakitan pintu tahan api.
- ☑ Kepala: Bagian horizontal rangka pintu di atas bukaan pintu.
- ☑ Kusén: Anggota vertikal di sisi bukaan pintu.
- ☑ Berlabel: Peralatan, produk, atau material yang ditandai dengan label, simbol, atau tanda pengenalan lain dari organisasi pengujian yang disetujui yang menunjukkan kepatuhan terhadap standar untuk pembuatan dan pengujian.
- ☑ Terdaftar: Peralatan, perangkat, material, atau layanan yang termasuk dalam daftar yang diterbitkan oleh lembaga pengujian yang telah terbukti memenuhi standar yang berlaku untuk penggunaan dalam rakitan tahan api atau yang telah diuji dan ditemukan sesuai untuk digunakan untuk tujuan tertentu.
- ☑ Perangkat panik: Rakitan kait pintu yang menggabungkan perangkat yang melepaskan kait saat gaya diterapkan ke arah jalan keluar.
- ☑ Pintu berbantuan daya: Pintu dengan mekanisme yang membantu membuka pintu atau mengurangi hambatan pembukaan pintu.
- ☑ Pintu pragantung: Kombinasi pintu dan rangka yang dibuat dan dirakit oleh produsen dan dikirim ke lokasi.
- ☑ Kusén: Anggota horizontal di bagian bawah bukaan pintu.
- ☑ Subcasing: Komponen rangka akhir yang menyangga dan memandu pintu.
- ☑ Undercut: Ruang antara tepi bawah pintu dan ambang pintu atau ambang pintu.



Gambar 3.4 Nomenklatur pintu



Gambar 3.5 Komponen pembuka pintu



Gambar 3.6 Penahan kayu

Gambar 3.7 Jenis pembukaan rangka

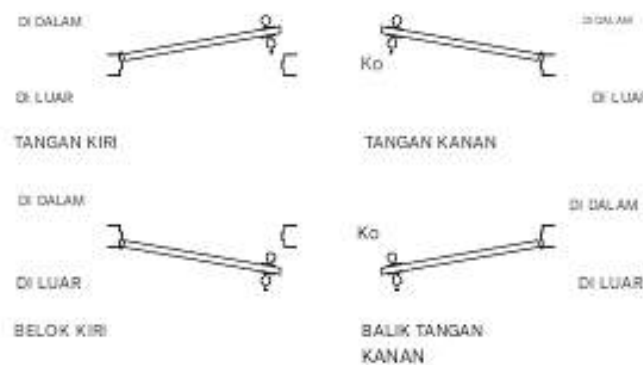


Gambar 3.8 Jenis tepi pertemuan untuk daun pintu ganda

3.4 PERTIMBANGAN DESAIN

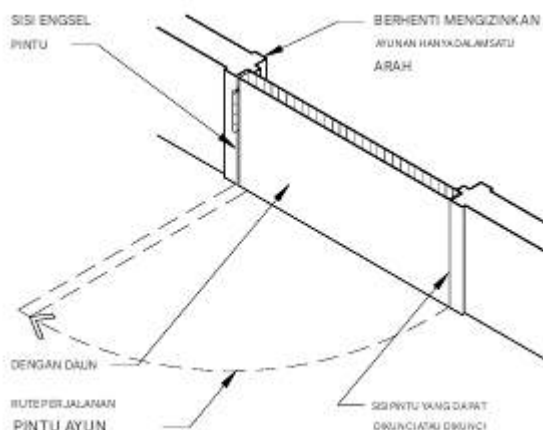
Penyelekan Pintu

Penempatan, atau penempatan, pintu mengacu pada metode standar untuk menggambarkan cara pintu berayun. Penempatan digunakan dalam industri untuk mengomunikasikan cara pintu berayun dan jenis perangkat keras yang harus disediakan untuk bukaan tertentu. Beberapa perangkat keras khusus untuk penempatan pintu karena kemiringan pada sisi pintu. Perangkat keras yang berfungsi pada penempatan pintu apa pun disebut dapat dibalik atau tidak ditempatkan. Penempatan ditentukan dengan berdiri di bagian luar pintu sambil melihat ke arah pintu. Jika engsel pintu berada di sebelah kiri dan berayun menjauh, berarti pintu tersebut berada di sebelah kiri. Sisi koridor dianggap sebagai bagian luar pintu ruangan, seperti halnya sisi lobi pintu yang membuka ke dalam ruangan atau sisi ruangan pintu lemari. Jika perbedaan antara bagian luar dan bagian dalam tidak jelas, bagian luar dianggap sebagai sisi pintu tempat engsel berada.

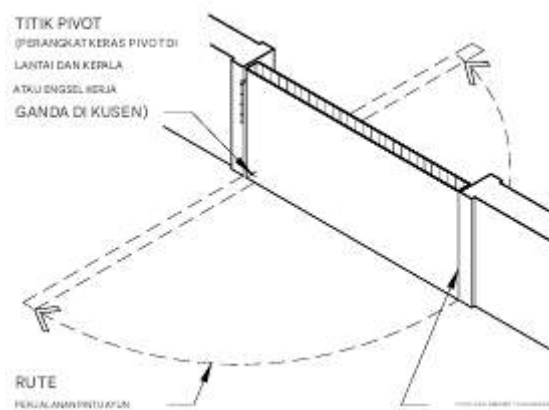


Gambar 3.9 Penyelekan pintu

Dalam industri perangkat keras pintu arsitektur, posisi engsel pada pintu—kanan atau kiri jika dilihat dari luar pintu masuk—menentukan penanganannya.

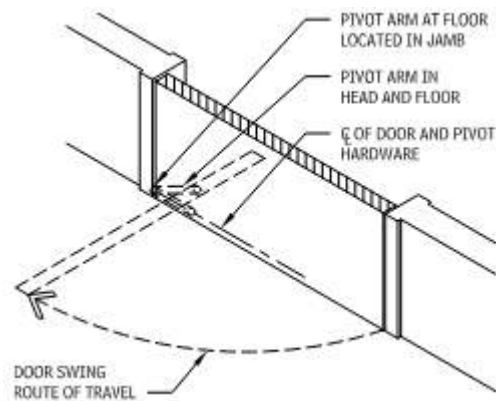


Gambar 3.10 Pintu berfungsi tunggal



Gambar 3.11 Pintu kerja ganda

Pintu kerja ganda memiliki daun yang beroperasi dalam dua arah. Biasanya tidak ada penghenti yang membatasi gerakan pintu, tetapi jika pintu dapat dihentikan, pintu dapat dilepaskan secara mekanis untuk memungkinkan akses dalam keadaan darurat.



Gambar 3.12 Pintu seimbang

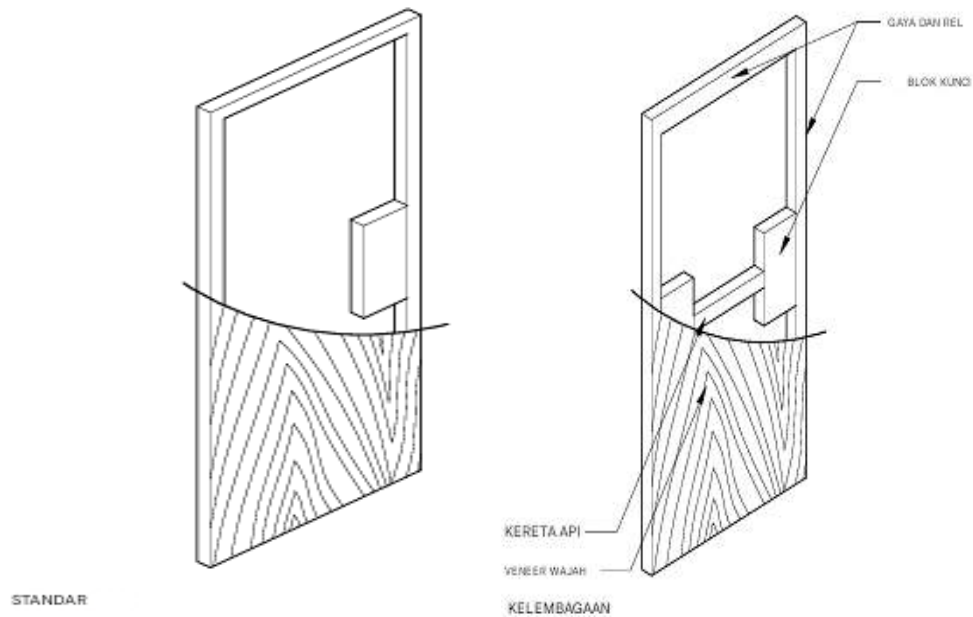
Pintu seimbang adalah pintu ayun kerja tunggal yang dipasang pada poros offset. Daun beroperasi secara independen dari kusen, dan lintasan elips daun membutuhkan ruang lantai yang lebih sedikit daripada pintu ayun konvensional.

Inti Pintu

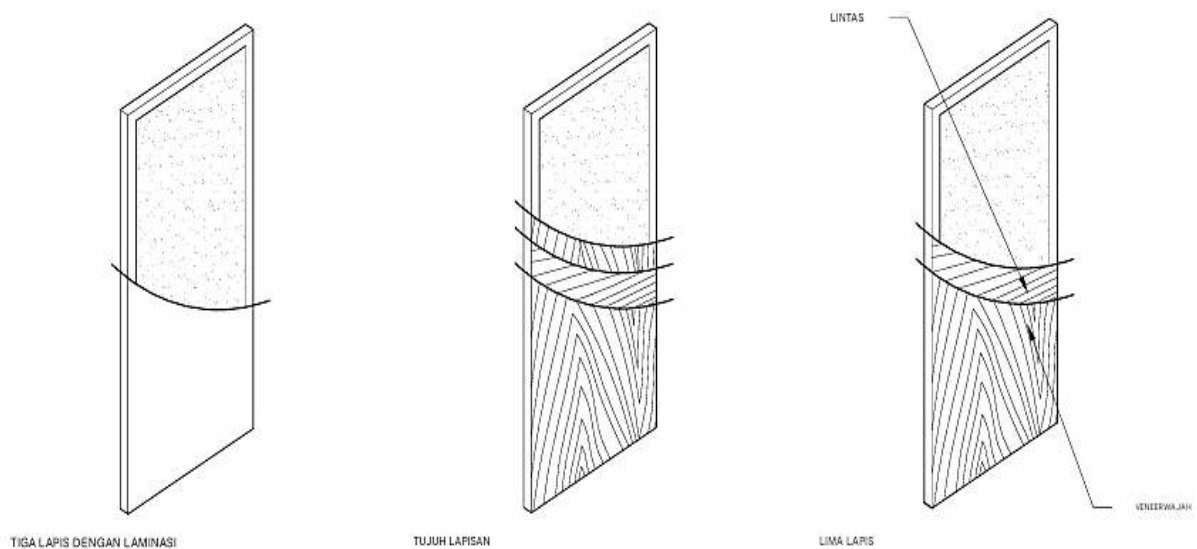
Untuk bekerja dengan inti pintu, Anda perlu memahami konsep-konsep berikut:

- ☞ Pintu inti berongga versus pintu inti padat: Pintu inti berongga biasanya digunakan dalam konstruksi perumahan dan untuk pintu komersial yang hanya digunakan dalam penggunaan ringan. Pintu inti berongga institusional, dengan rangka dan rel yang lebih berat dan dengan pemblokiran tambahan, memiliki kekuatan dan ketahanan yang lebih baik terhadap lengkungan, tetapi harganya mungkin sama mahalannya dengan beberapa pintu inti padat. Pintu inti padat lebih aman, lebih tahan lama, lebih tahan terhadap lengkungan, dan memungkinkan transmisi akustik yang lebih sedikit. Pintu ini digunakan di sebagian besar proyek institusional dan komersial.
- ☞ Pintu miring: Pintu dibuat miring agar pintu dapat dibuka melewati kusen tanpa terjepit. Kemiringan standar adalah 1/8 in. dalam 2 in. Umumnya, kunci unit hanya tersedia dengan kemiringan standar; kunci silinder tersedia dengan kemiringan datar atau standar, dan kunci mortise tersedia dengan kemiringan yang dapat disesuaikan dari datar ke standar.
- ☞ Inti yang diikat versus yang tidak diikat: Pintu inti padat dapat diikat atau tidak diikat. Dengan inti yang diikat, rangka dan rel direkatkan ke bahan inti dan seluruh rakitan diampelas sebagai satu kesatuan sebelum permukaan dipasang. Ini mengurangi kemungkinan telegraf. Dengan inti yang tidak diikat, elemen-elemen dapat sedikit bervariasi dalam ketebalan dan dapat telegraf dengan jelas melalui permukaan. Pintu lima lapis biasanya dibuat dengan inti yang diikat, sedangkan pintu tujuh lapis dibuat

dengan inti yang tidak diikat.



Gambar 3.13 Inti berongga

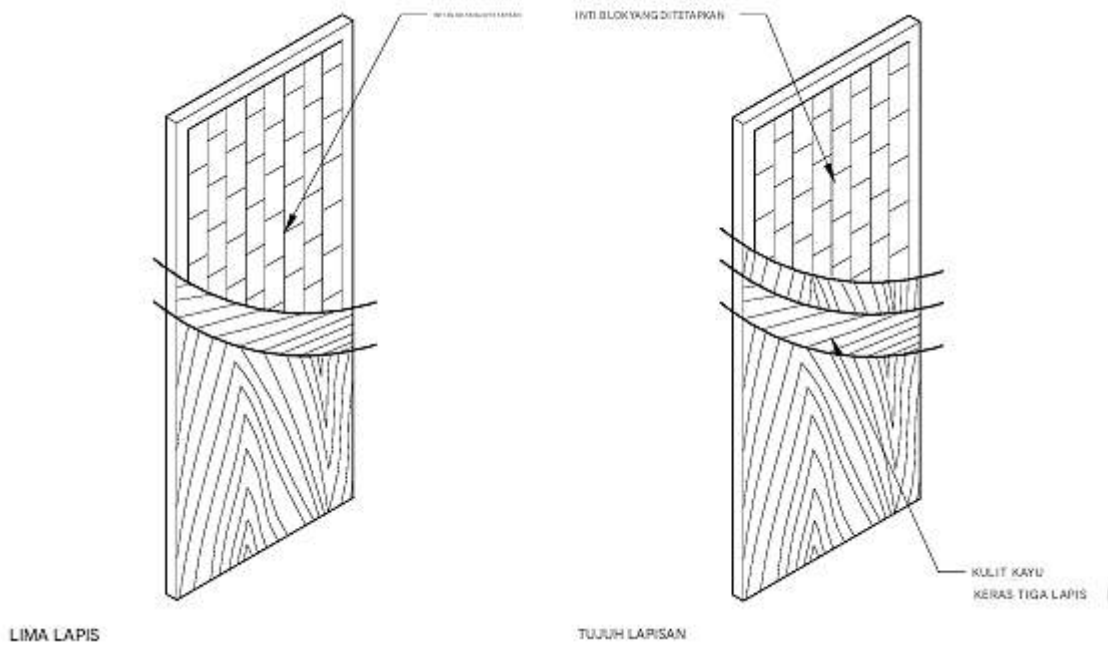


Gambar 3.14 Inti partikel

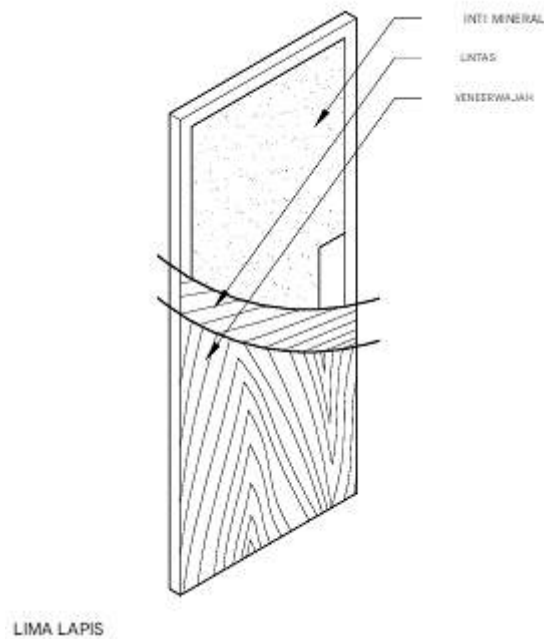
Gambar 3.13 hingga 3.16 menunjukkan jenis inti yang paling umum. Tersedia pilihan lain termasuk kayu komposit struktural (atau kayu untai laminasi). Berikut ini adalah inti khusus yang mungkin diinginkan, tergantung pada persyaratan proyek:

- Inti kedap suara: Inti khusus yang tersedia dalam ketebalan 1-3/4 inci dan 2-1/4 inci. Inti 1-3/4 inci dapat memberikan peringkat Kelas Transmisi Suara (STC) 36; inti 2-1/4 inci dapat mencapai STC 42. Permukaan penghalang dipisahkan oleh rongga atau senyawa peredam untuk menjaga permukaan agar tidak bergetar bersamaan. Pemberhenti khusus, gasket, dan perangkat ambang juga diperlukan.
- Inti berlapis timah: Inti khusus yang terdiri dari lembaran timah kontinu 1/32 inci hingga

1/2 inci dari ujung ke ujung di dalam konstruksi pintu. Bahan ini dapat diperkuat dengan baut timah atau direkatkan.



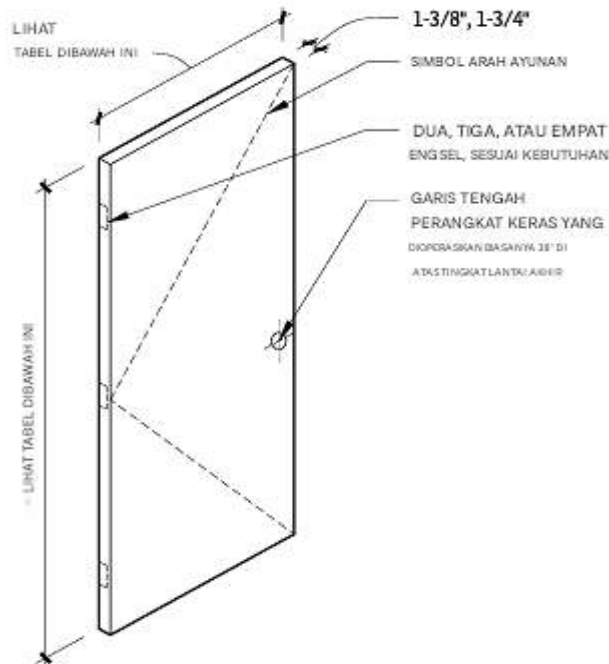
Gambar 3.15 Inti kayu yang ditetapkan



Gambar 3.16 Komposisi mineral inti

Ukuran Pintu

Pintu kayu dan logam berongga tersedia dalam berbagai lebar standar. Pintu kustom dapat dibuat dalam berbagai ukuran, tetapi umumnya lebih baik untuk mendesain berdasarkan ukuran pintu standar.



JENIS PINTU	KETEBALAN PINTU (IN.)	TINGGI PINTU	LEBAR PINTU ^a
Kayu atau Logam	1 - 3/8	6 ft – 8 inci	2 ft – 0 inci
		7 ft – 0 inci	2 ft – 4 inci
		7 ft – 2 inci	2 ft – 6 inci
	1 – 3/4	6ft – 8 inci	2 ft – 8 inci
		7 ft – 0 inci	2 ft – 10 inci
		7 ft – 2 inci	3 ft – 0 inci
		8 ft – 0 inci	3 ft – 4 inci
			3 ft- 6 inci
			3 ft – 8 inci
			3 ft – 10 inci
4 ft – 0 inci			

Gambar 3.17 Ukuran pintu standar

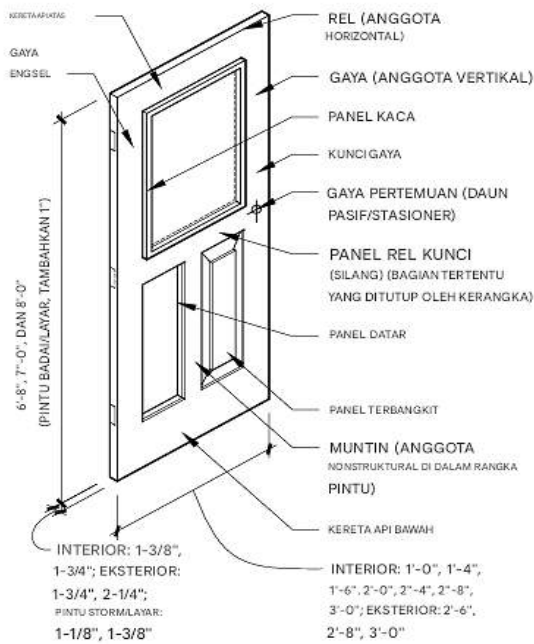
Panel

Panel datar biasanya terbuat dari kayu keras atau kayu lunak tiga lapis. Panel timbul dibuat dari kayu keras padat atau kayu lunak yang dibuat dari dua lapis atau lebih. Pintu dengan lebar 1 ft-6 inci atau kurang memiliki lebar satu panel.

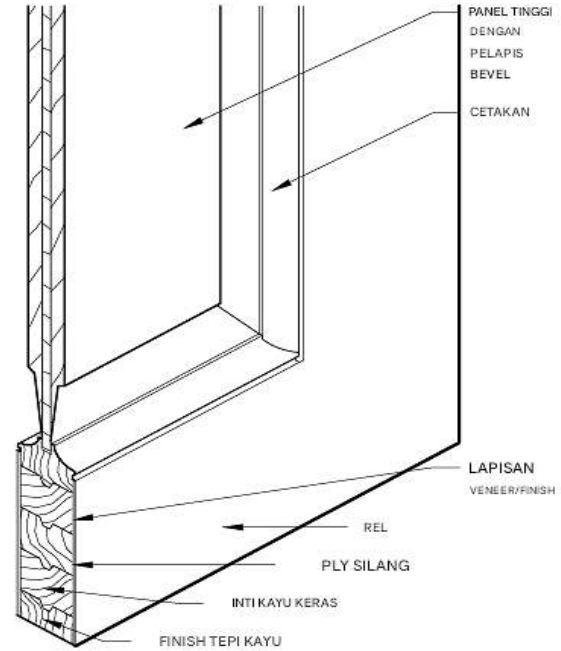
Gaya dan Rel

Pintu panel terdiri dari rangka anggota vertikal (gaya) dan horizontal (rel) yang menahan panel kayu solid atau tripleks, lampu kaca, atau kisi-kisi pada tempatnya. Pintu terbuat dari gaya, rel, dan anggota vertikal (muntin) yang padat atau yang dibuat, biasanya disambung dengan pasak sesuai standar yang berlaku. Bergantung pada lokasi, spesies umum

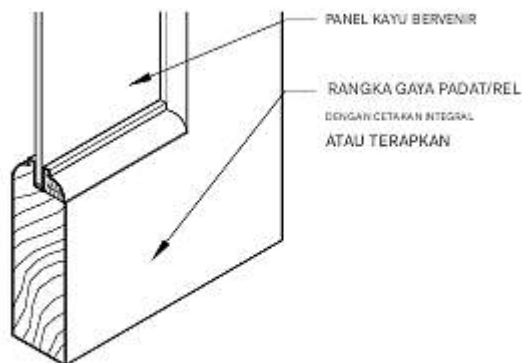
meliputi pinus ponderosa, cemara, hemlock, atau cemara dan pelapis kayu keras. Pelapis papan keras, logam, dan plastik tersedia dalam berbagai pola.



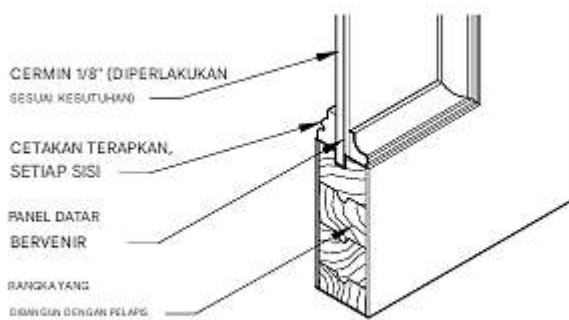
Gambar 3.18 Istilah stile dan rail



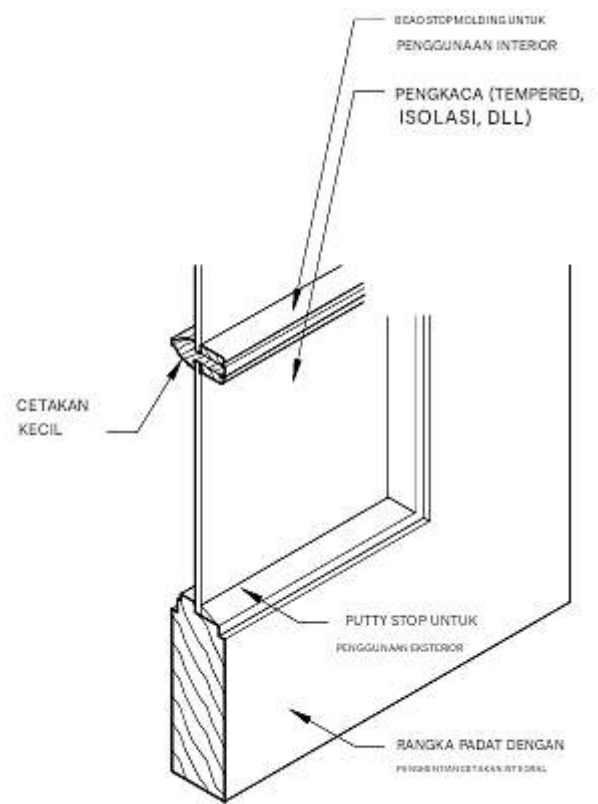
Gambar 3.19 Panel tinggi stile dan rail



RANGKA CETAKAN PADAT DENGAN PANEL BERVENIR DATAR

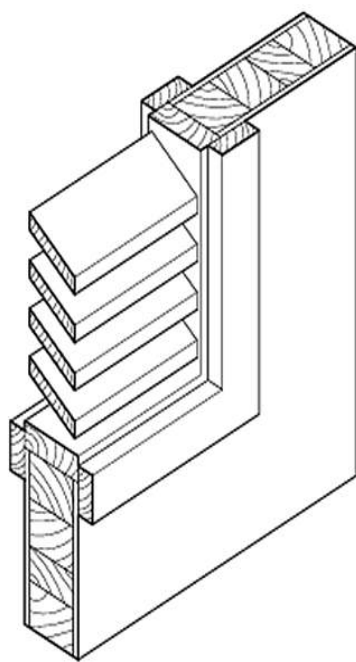


PANEL CERMIN



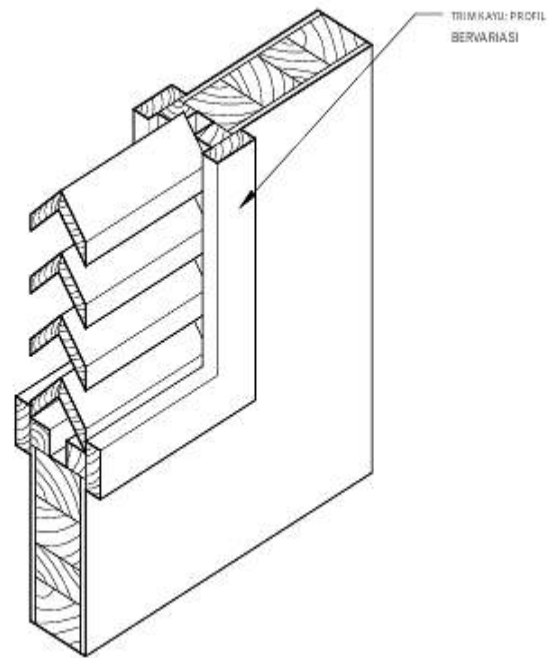
PINTU MENKILAP

Gambar 3.20 Detail pintu stile dan rail



Gambar 3.21 Kisi-kisi kayu

CHEVRON LOGAM
DAN KISI-KISI
FUSIBLE-LINK
LOGAM JUGA
TERSEDIA UNTUK
PINTU DENGAN
PENDINGKATAN API



Gambar 3.22 Kayu chevron

TRIM KAYU: PROFIL
BERVARIASI

Kaca

Sebagian besar kode bangunan mengharuskan semua kaca di pintu dilapisi kaca pengaman. Kaca pengaman berinsulasi tersedia untuk meningkatkan kinerja termal atau akustik.

Anggota yang Dibangun

Bahan inti dan strip tepi mirip dengan yang digunakan pada pintu rata. Veneer muka biasanya terbuat dari kayu keras dengan ketebalan minimal 1/8 inci.

Penahan Kaca dan Muntin

Profil umum yang digunakan untuk pekerjaan trim meliputi cove, bead, atau ovolo.

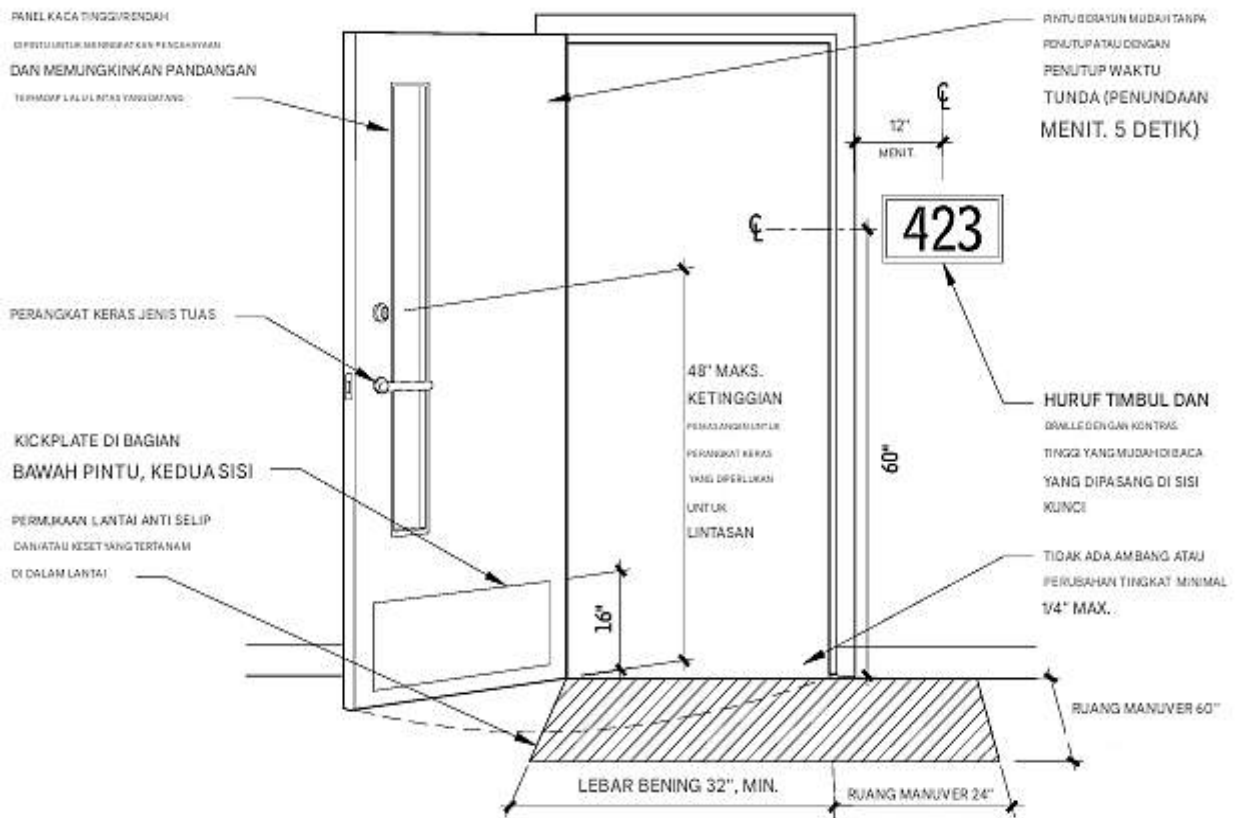
Perangkat Keras Pintu

Berikut ini adalah istilah umum yang digunakan saat membahas dan mendefinisikan perangkat keras pintu:

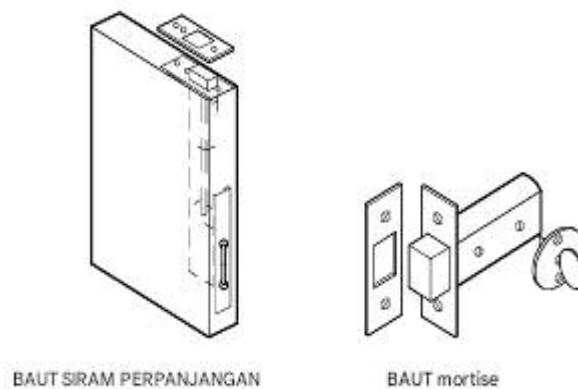
- Koordinator: Perangkat yang digunakan pada sepasang pintu untuk memastikan bahwa daun yang tidak aktif diizinkan untuk menutup sebelum daun yang aktif.
- Silinder (dari kunci): Rakitan berbentuk silinder yang berisi mekanisme tumbler dan alur pasak, yang hanya dapat digerakkan oleh kunci yang benar.
- Kunci silinder: Kunci yang mekanisme pengunciannya dikendalikan oleh silinder.
- Deadbolt (dari kunci): Baut kunci yang tidak memiliki pegas atau bevel, dan dioperasikan oleh kunci atau pemutar.
- Baut pintu: Batang atau palang yang dioperasikan secara manual yang dipasang pada pintu, menyediakan sarana penguncian.
- Pengganjal pintu: Perangkat untuk menghentikan ayunan atau gerakan pintu pada titik tertentu.
- Pemogokan listrik: Perangkat listrik yang memungkinkan pelepasan pintu dari kendali

jarak jauh.

- Perangkat keluar: Perangkat pengunci pintu yang memberikan jalan keluar instan ketika seseorang menekan palang untuk melepaskan baut atau kait pengunci.
- Baut rata: Baut pintu yang dipasang rata dengan bagian depan atau tepi pintu.
- Lockset: Kunci yang dilengkapi dengan trim, seperti gagang, escutcheon, atau kenop.
- Mortise: Rongga yang dibuat untuk menampung kunci atau perangkat keras lainnya; juga tindakan membuat rongga tersebut.
- Kunci mortise (atau kait): Kunci yang dirancang untuk dipasang di mortise alih-alih diaplikasikan ke permukaan pintu.
- Rabbet: Tepi yang berdampingan dari sepasang pintu atau jendela, dibentuk agar pas.
- Kunci reversibel: Kunci yang, dengan membalikkan baut kait, dapat digunakan oleh tangan mana pun. Pada jenis kunci tertentu, komponen lain juga harus diganti.
- Rose: Pelat trim yang dipasang ke pintu di bawah gagang; terkadang berfungsi sebagai bantalan gagang.
- Shank (gagang): Batang gagang yang menonjol tempat spindel diikat.
- Spindel (dari pegangan): Batang atau tabung yang terhubung dengan kenop atau tuas pegangan yang melewati hub kunci atau dengan cara lain mengaktifkan mekanisme untuk mengirimkan aksi pegangan ke baut.
- Stop (dari kunci): Tombol atau perangkat kecil lainnya yang berfungsi untuk mengunci baut kait pada pegangan luar atau thumb piece, atau membukanya jika terkunci. Jenis lain menahan baut agar tetap ditarik.
- Strike: Pelat atau kotak logam yang dilubangi atau dilubangi untuk menerima baut atau kait saat diproyeksikan; terkadang disebut sebagai keeper.
- Kunci tiga titik: Perangkat yang terkadang diperlukan pada pintu tahan api tiga jam untuk mengunci daun aktif dari sepasang pintu di tiga titik.



Gambar 3.23 Pintu yang dapat diakses

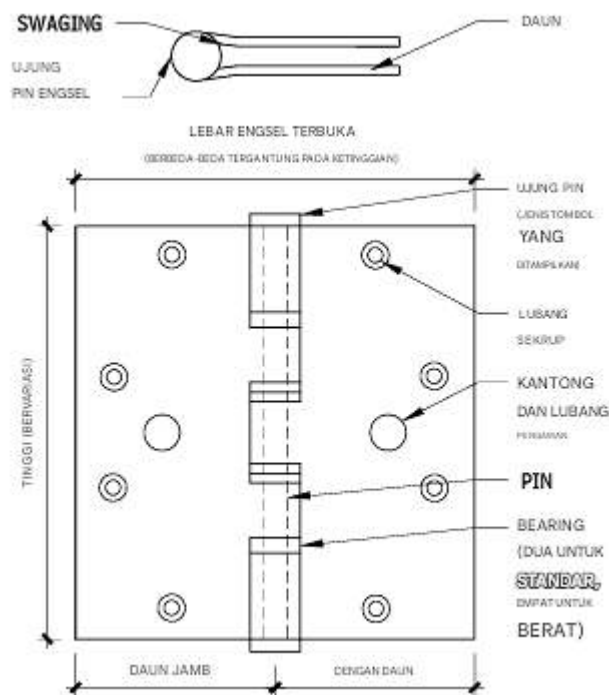


Gambar 3.24 Mekanisme baut

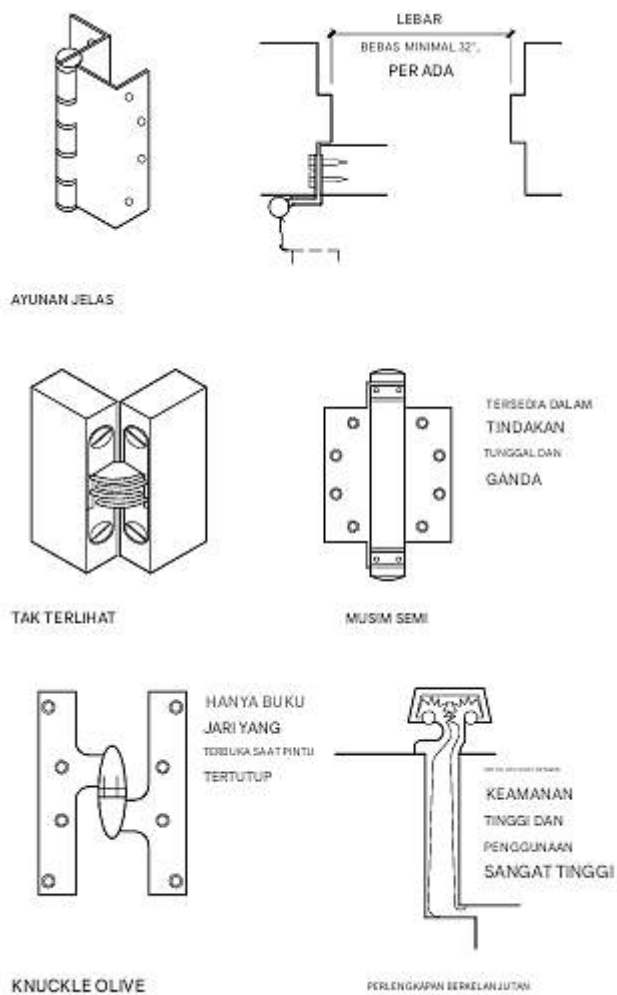
Baut mortise adalah kunci mati mini, dengan baut yang menonjol atau ditarik dengan memutar kenop kecil. Hadapi bagian luar pintu untuk menentukan pegangannya. Bagian luar pintu adalah sisi kunci, atau sisi yang akan diamankan jika kunci digunakan. Ini biasanya merupakan bagian luar pintu masuk atau sisi koridor pintu kantor.

Tabel 3.25 Jenis engsel

JENIS BANGUNAN DAN PINTU	FREKUENSI HARIAN	JENIS ENGSEL
FREKUENSI TINGGI		
Pintu masuk department store besar	5000	Kelas berat
Pintu masuk gedung perkantoran besar	4000	
Pintu masuk sekolah	1250	
Ruang toilet sekolah	1250	
Pintu masuk toko atau bank	500	
Pintu toilet gedung kantor	400	
FREKUENSI RATA-RATA		
Pintu koridor sekolah	80	Bantalan anti-gesekan berbobot standar (kecuali pada pintu berat)
Pintu koridor gedung perkantoran	75	
Simpan pintu toilet	60	
Pintu masuk tempat tinggal	40	
FREKUENSI RENDAH		
Pintu toilet tempat tinggal	25	Engsel bantalan biasa dapat digunakan pada pintu ringan
Pintu koridor tempat tinggal	10	
Pintu lemari tempat tinggal	6	



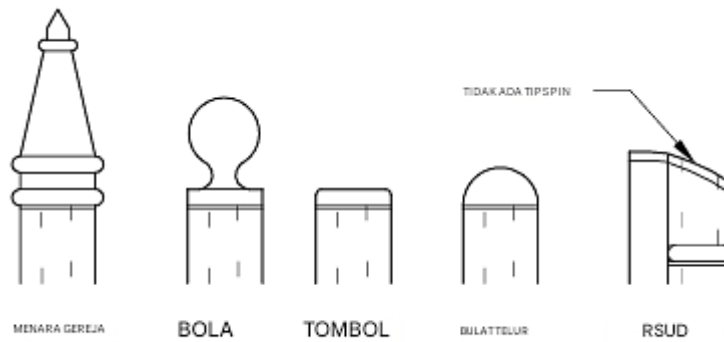
Gambar 3.26 Elemen engsel



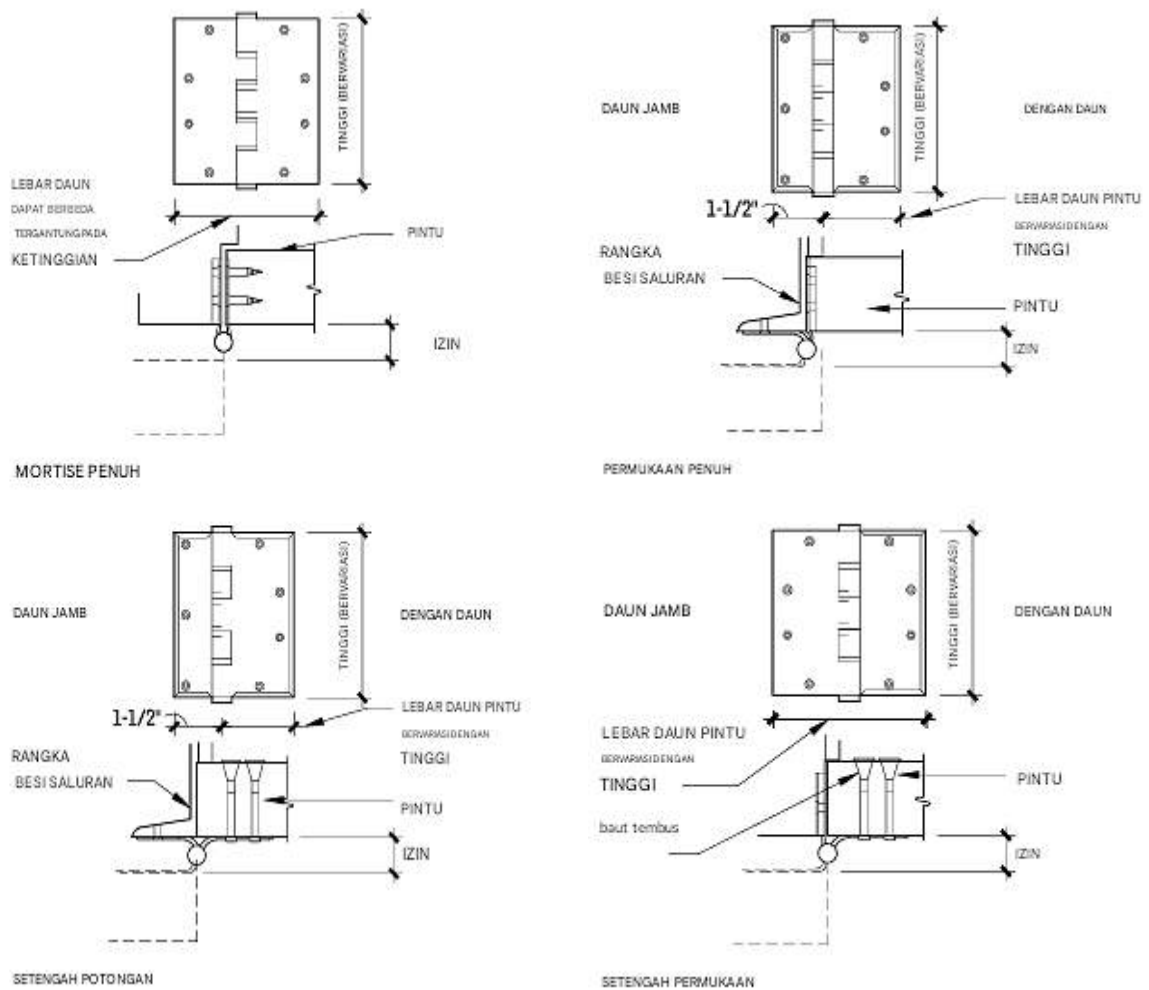
Gambar 3.27 Engsel khusus

Tabel 3.28 Tinggi engsel

KETEBALAN (IN.)	LEBAR PINTU (IN.)	TINGGI ENGSEL (IN.)
Pintu 3/4 hingga 1 (pintu lemari)	Setiap	2 – 1/2
1 – 1/8 (pintu kasa)	Ke 36	3
1 – 3/8	Ke 36	3 – 1/2
	Lebih dari 36	4
1 – 3/4	Ke 41	4 – 1/2
	Lebih dari 41	4 – 1/2 berat
1 – 3/4 hingga 2 – 1/4	Setiap	5 berat
TRANSOM		
1 – 1/4 dan 1 – 3/8		3
1 – 3/4		3 – 1/2
2, 2 – 1/4 dan 2 – 1/2		4



Gambar 3.29 Jenis pin engsel



Gambar 3.30 Jenis engsel

Jenis Pintu

Bagian ini membahas jenis-jenis pintu umum berikut:

- Kayu
- Logam berongga
- Kaca

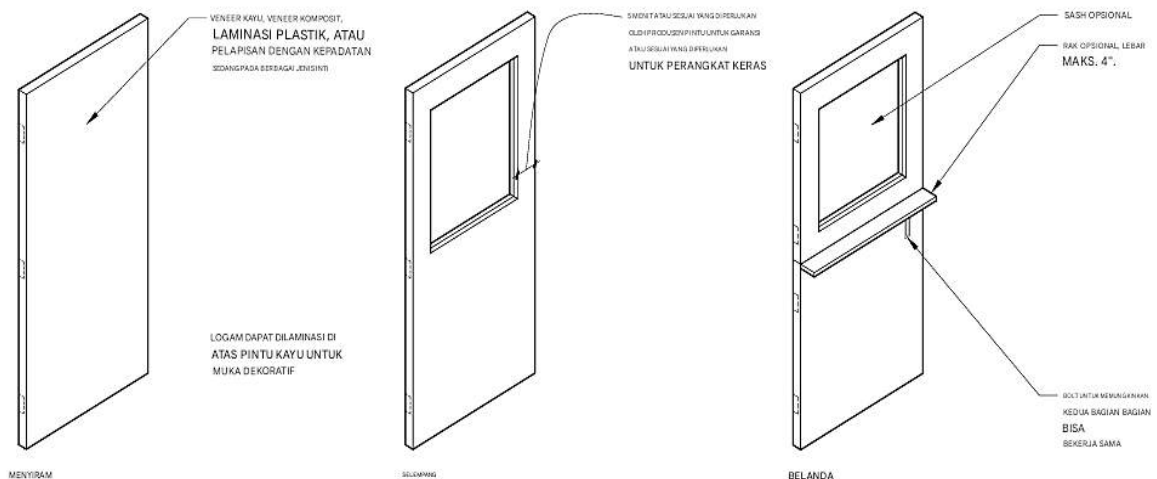
- Kumparan di atas kepala
- Kumparan api
- Akses lantai, dinding, dan langit-langit

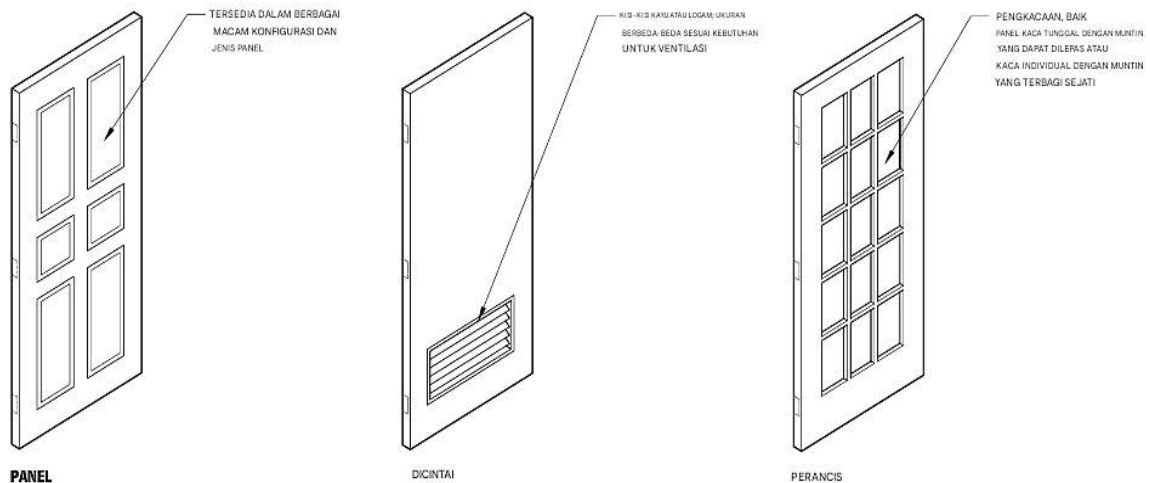
Pintu Kayu

Pintu kayu tersedia dengan bahan permukaan berupa pelapis kayu, pelapis komposit, laminasi plastik kepadatan tinggi, pelapis kepadatan sedang, dan papan keras. Pelapis kayu pada pintu buatan hanya tersedia dalam jenis yang ditawarkan oleh produsen, tetapi pintu khusus dapat dilapisi dengan pelapis apa pun yang tersedia di pasar dunia.

Kedua standar referensi yang tercantum kemudian dalam pembahasan ini memerlukan pelapis permukaan minimal 1/50 in., tetapi pelapis yang lebih tebal dapat ditentukan. Pelapis dapat dipotong putar, diiris polos, diiris seperempat, atau dipotong retak, dan dapat dicocokkan dengan metode acak, selip, dan pencocokan buku.

- ❖ Veneer komposit diproduksi dengan cara mengiris kayu keras yang tumbuh secara berkelanjutan, lalu mewarnainya dalam tong dan menekannya menjadi "batang kayu" komposit yang baru. Batang kayu komposit tersebut kemudian diiris untuk membentuk veneer baru yang meniru kayu alami lainnya. Dengan menggunakan berbagai warna veneer alami dan sudut pengirisan batang kayu komposit, spesies kayu tiruan dan pola veneer yang jumlahnya hampir tak terbatas dapat dibuat. Veneer ini dapat diaplikasikan ke pintu dengan cara yang sama seperti veneer alami.





Gambar 3.31 Pintu kayu

- ❖ Veneer laminasi plastik menyediakan permukaan yang tahan lama dan tersedia dalam ratusan warna dan pola yang tersedia.
- ❖ Permukaan pelapis kepadatan sedang (MDO) digunakan untuk menyediakan permukaan yang halus dan dapat dicat yang tahan terhadap peningkatan serat dan kelembapan. Karena alasan ini, veneer ini sering digunakan untuk pintu eksterior.
- ❖ Papan keras digunakan dengan konstruksi tiga lapis untuk pintu interior yang akan dicat, dan sebagai opsi berbiaya rendah untuk MDO.

Standar Pintu Kayu

Dua standar pintu kayu utama adalah WDMA, I.S. 1-A, “Wood Flush Doors,” yang diterbitkan oleh Window and Door Manufacturers Association, dan “AWI Architectural Woodwork Quality Standards,” yang diterbitkan oleh Architectural Woodwork Institute. Umumnya, standar WDMA digunakan untuk menentukan pintu standar pabrik, sedangkan standar AWI digunakan untuk menentukan pintu khusus. Woodwork Institute of California juga menerbitkan standar dalam Manual of Millwork-nya.

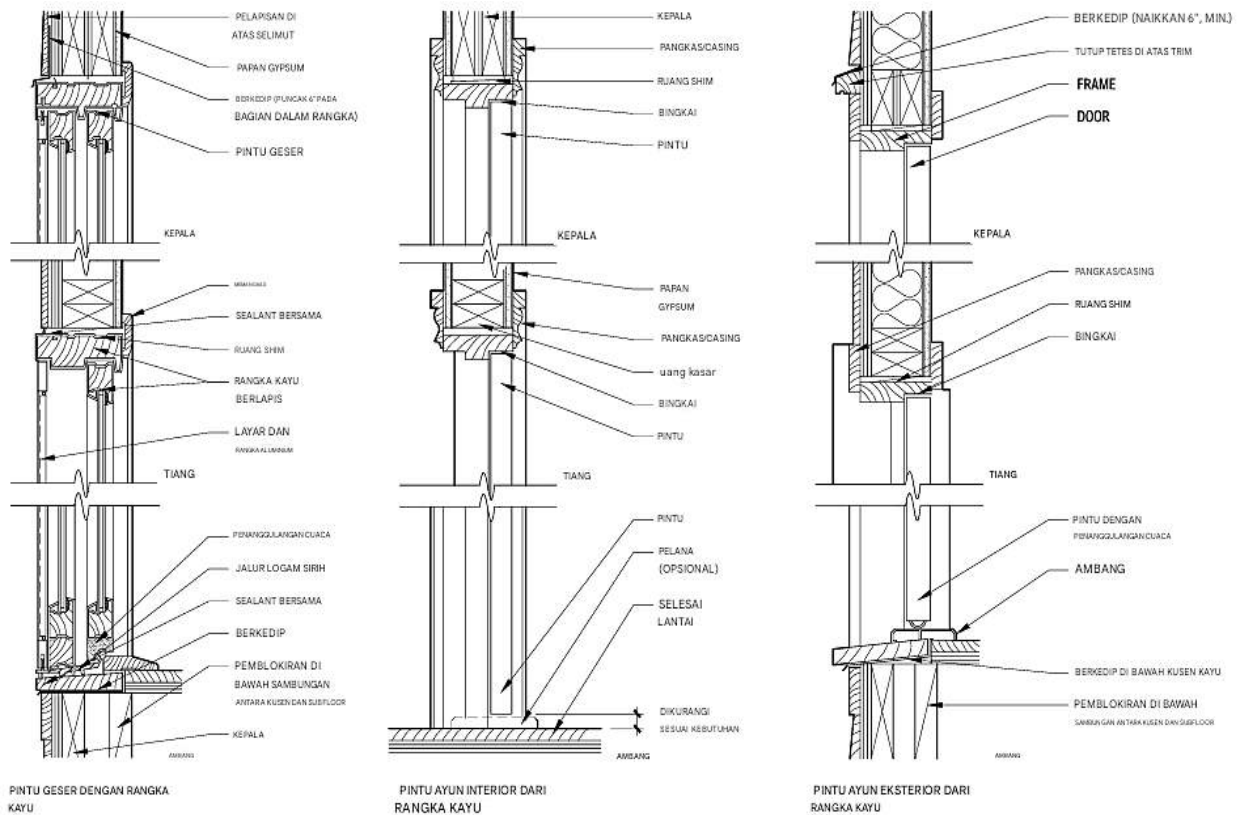
Mutu Pintu Kayu

Baik standar WDMA maupun AWI mengklasifikasikan pintu menjadi tiga tingkatan: Premium, Kustom, dan Ekonomis.

- ✓ Mutu premium ditentukan ketika diperlukan bahan, pengerjaan, dan pemasangan tingkat tertinggi.
- ✓ Mutu kustom cocok untuk sebagian besar pemasangan dan ditujukan untuk pekerjaan berkualitas tinggi.
- ✓ Mutu ekonomis adalah mutu terendah dan ditujukan untuk pekerjaan yang harga merupakan faktor utama.

Meskipun nama-nama tingkatan ini umum, terdapat beberapa perbedaan antara standar WDMA dan AWI, yang harus dikenali selama desain proyek.

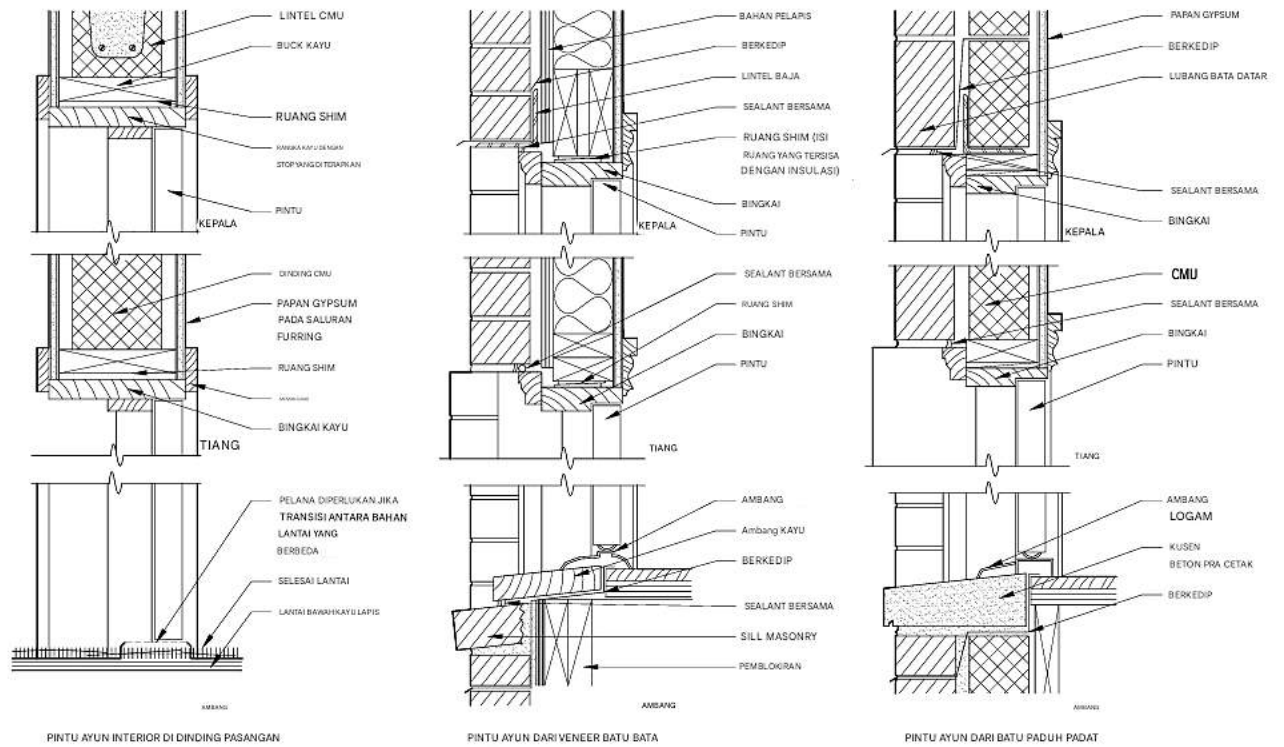
Detail Pemasangan Rangka Pintu Kayu



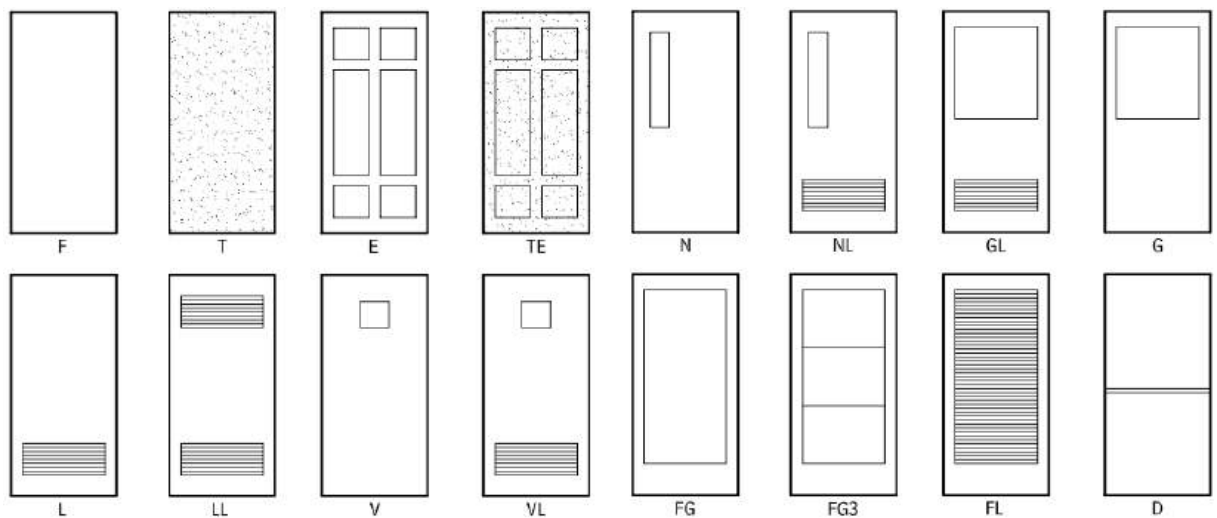
Gambar 3.32 Detail rangka pada konstruksi dinding kayu

Pintu Logam Berongga

Pintu logam berongga adalah pintu yang dibuat dari lembaran baja yang dilekatkan pada berbagai jenis inti. Pintu ini umumnya digunakan dalam rangka baja, juga dibuat dari lembaran baja yang ditebuk menjadi berbagai profil. Untuk mengidentifikasi masing-masing dari beberapa jenis pintu baja, Steel Door Institute (SDI) menggunakan nomenklatur desain pintu standar. Banyak di antaranya ditunjukkan pada Gambar 3.34 yang menyertainya. Lihat SDI 106, “Nomenklatur Jenis Pintu Standar yang Direkomendasikan,” oleh Steel Door Institute untuk daftar lengkap dan informasi lebih lanjut tentang nomenklatur dan konstruksi pintu.



Gambar 3.33 Detail rangka pada konstruksi dinding batu bata



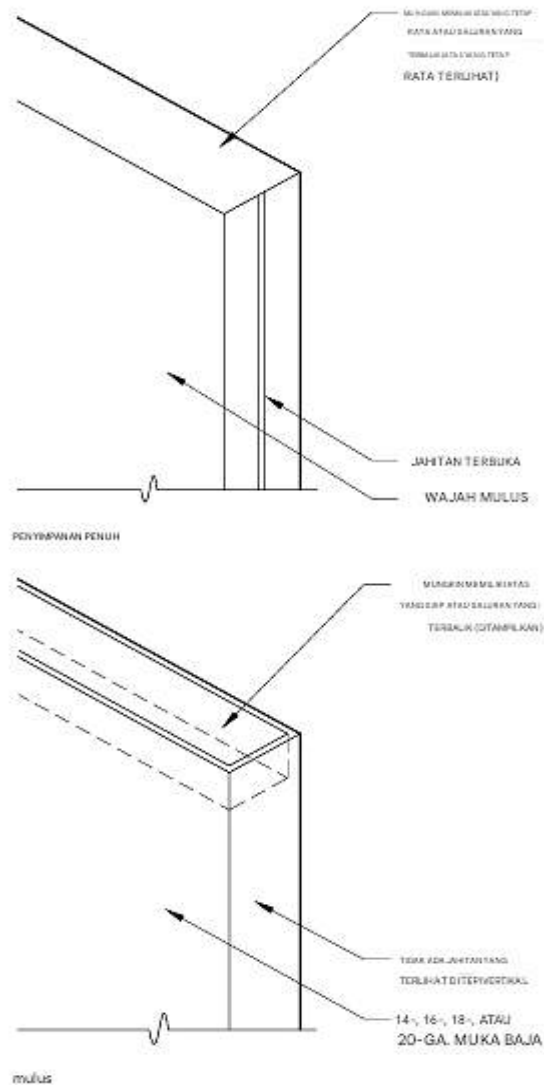
Gambar 3.34 Jenis pintu baja menurut sdi

Simbol huruf tata nama dan artinya adalah:

- | | |
|----------------------------------|---|
| F : Siram | N : Sempit |
| T : Bertekstur | NL : Lampu Sempit dan Berlubang |
| E : Timbul | GL : Setengah Kaca dan Kisi - kisi |
| TE : Bertekstur dan timbul | G : Setengah gelas (ada beberapa pilihan) |
| L : Berlubang (Atas atau Bawah) | FG : Gelas Penuh |
| LL : Berlubang (Atas atau Bawah) | FG3 : Kaca penuh, tiga panel |
| V : Visi Ringan | FL : Louver penuh |

VL : Visi Lite dan Kisi-kisi

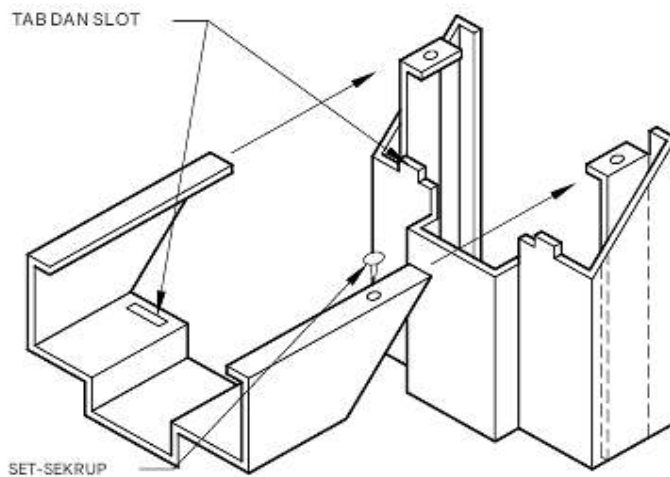
D : Pintu Belanda



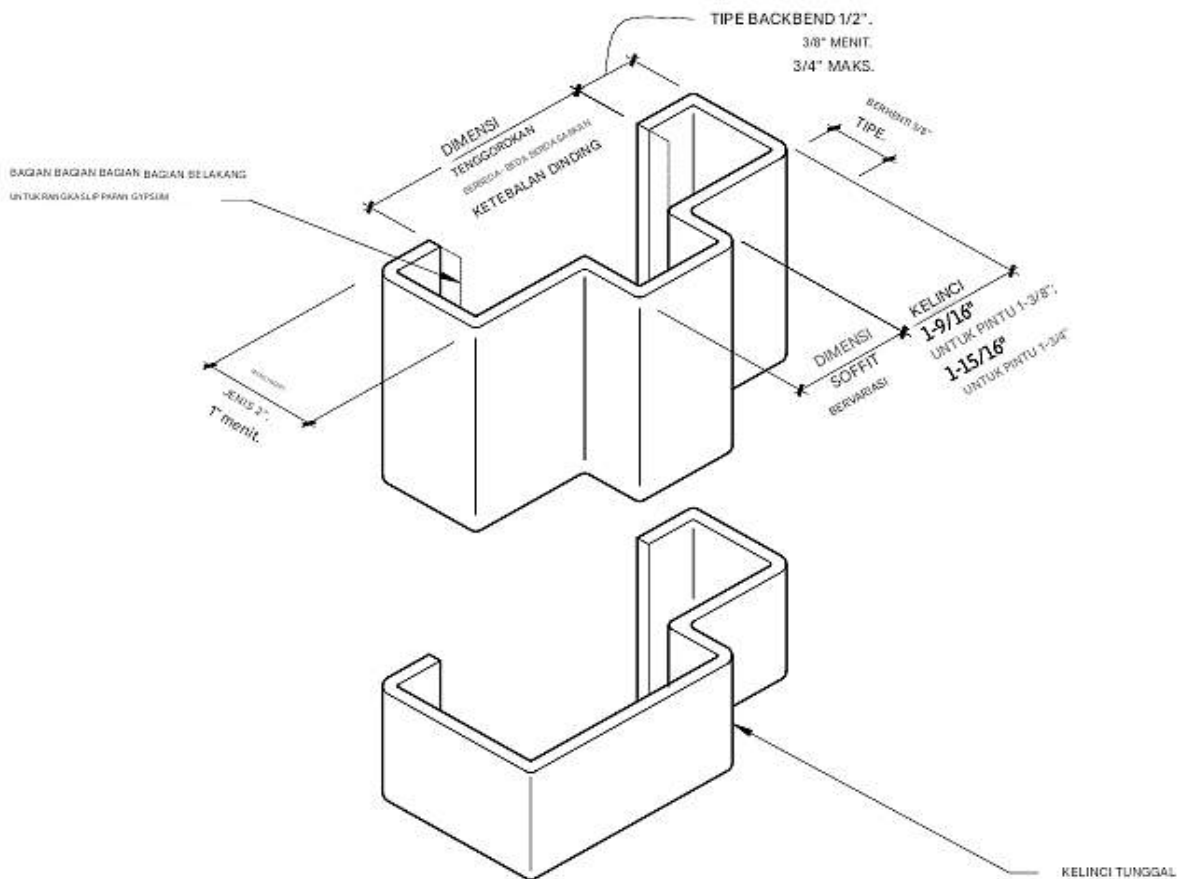
Gambar 3.35 Konstruksi pintu logam berongga

Tabel 3.36 Mutu dan model pintu baja standar

LEVEL		MODEL	SIRAM PENUH ATAU MULUS		
			MENGUKUR	INCI	KONSTRUKSI
I	Tugas standar	1	20	0.032	Siram penuh
		2			Mulus
II	Tugas berat	1	18	0.042	Siram penuh
		2			Mulus
III	Tugas ekstra berat	1	16	0.053	Siram penuh
		2			Mulus
		2			Situs dan rel ^a
IV	Tugas maksimal	1	14	0.067	Siram penuh
		2			Mulus



Gambar 3.37 Konstruksi sudut rangka knockdown

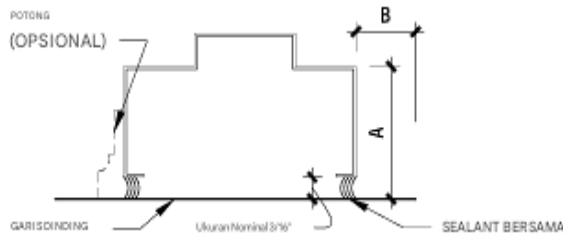


Gambar 3.38 Rangka logam berongga standar

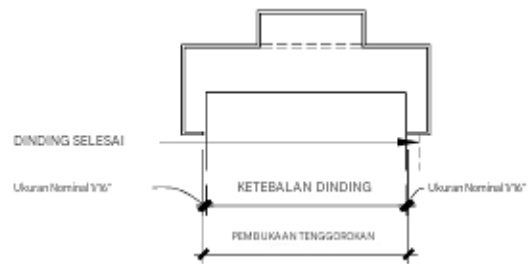
Ketebalan pintu dan rangka harus ditunjukkan dalam ketebalan minimum baja yang tidak dilapisi, bukan dengan metode pengukur yang lama. Ketebalan rangka yang umum termasuk yang tercantum dalam Tabel 3.66.

Tabel 3.39 Ketepatan ukuran/desimal yang setara

Inci	Mengukur
0.042	18
0.053	16
0.067	14
0.093	12

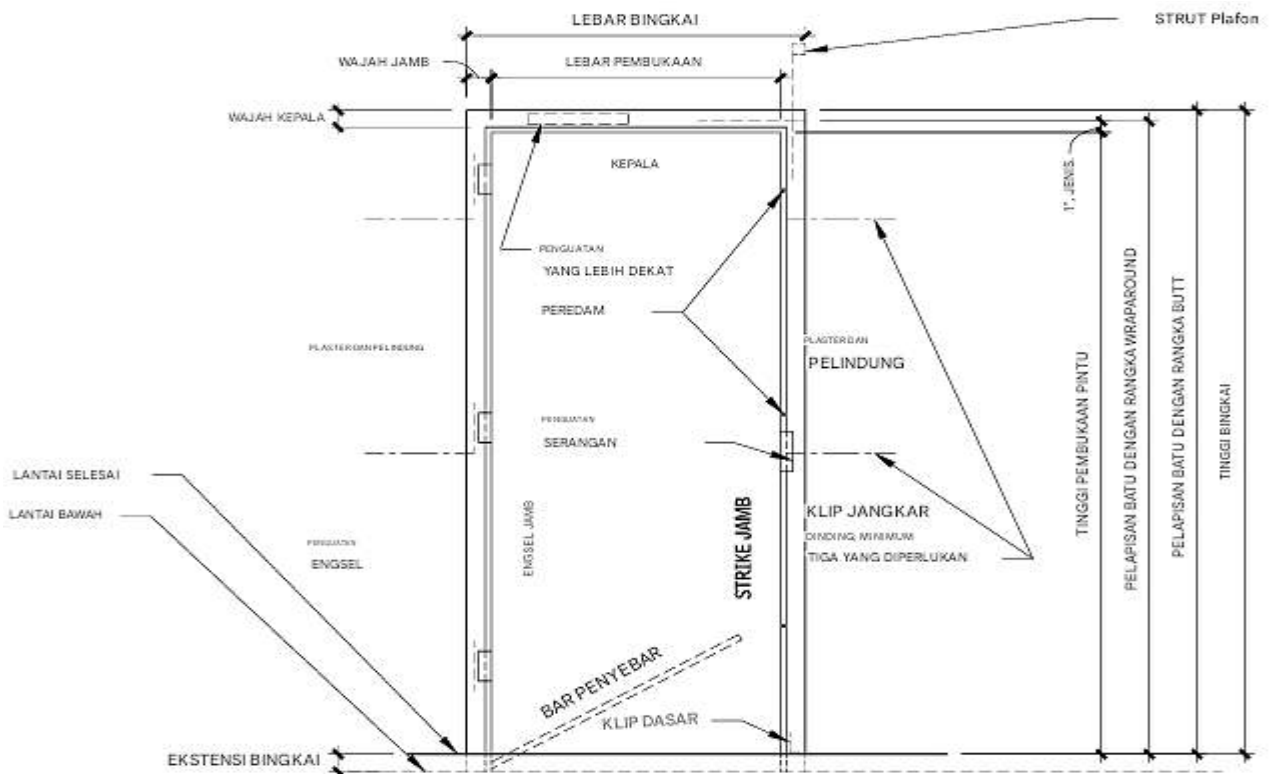


Gambar 3.40 Rangka rata



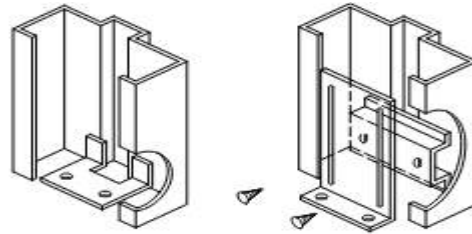
Gambar 3.41 Rangka Seluruh

Gunakan jangkar yang sesuai untuk jenis konstruksi dinding; minimal tiga jangkar diperlukan per kusen. Grout rangka dengan mortar atau plester seperti yang digunakan di dinding. Dempul rangka di dinding. Dimensi A minimal 3 inci di area perangkat keras tarikan atau kenop. Trim dapat digunakan untuk menutupi sambungan di garis dinding. Periksa dimensi B pada sisi engsel untuk ayunan pintu lebih besar dari 90°.

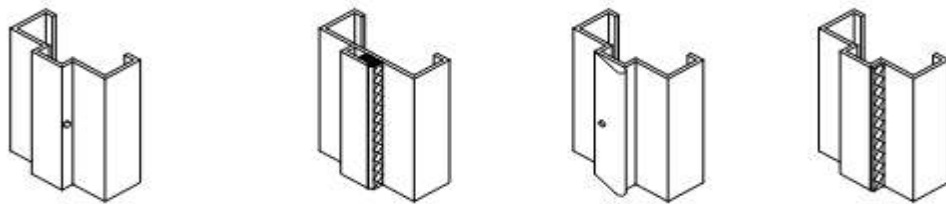


Gambar 3.42 Rangka baja standar

Dimensi dinding dasar lebih kecil dari dimensi bukaan leher. Gunakan jangkar yang sesuai untuk jenis konstruksi dinding; minimal tiga jangkar diperlukan per kusen. Isi rangka dengan mortar atau plester seperti yang digunakan di dinding. Grout rangka di dinding pasangan bata.



Gambar 3.43 Jangkar lantai



Gambar 3.44 Penahan dan penutup rangka logam berongga

Level Pintu SDI

SDI 108, “Panduan Pemilihan dan Penggunaan yang Direkomendasikan untuk Pintu Baja Standar,” memberikan rekomendasi untuk level pintu dalam berbagai jenis dan penggunaan bangunan. Secara umum, level ini harus digunakan:

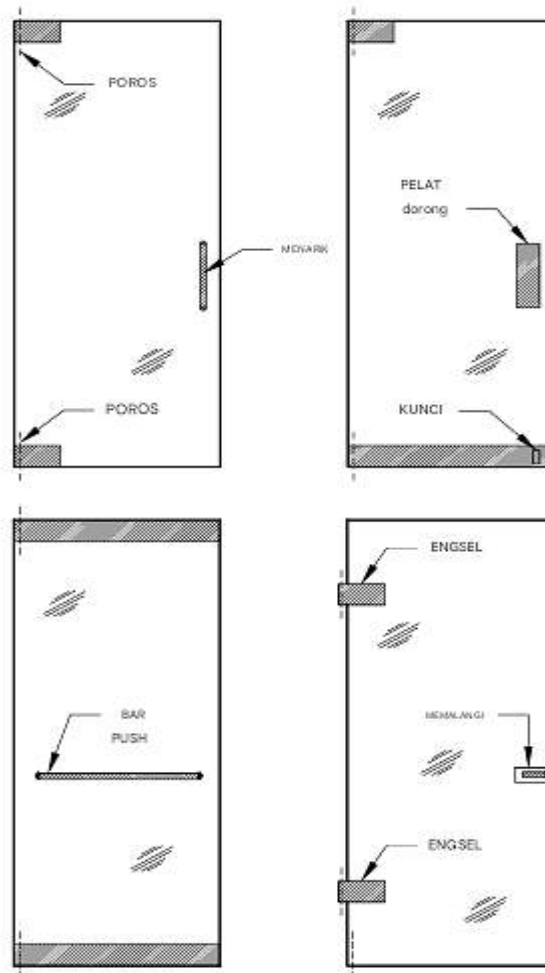
- Level 1 Tugas Standar: Pintu untuk penggunaan interior di tempat tinggal, asrama, dan hotel, kecuali untuk pintu masuk; pintu kantor individual di gedung perkantoran dan bangunan komersial lainnya; dan lemari di sebagian besar bangunan.
- Level 2 Tugas Berat: Pintu untuk pintu masuk ke apartemen, asrama, dan hotel, tangga, kamar toilet, kamar pasien dan ruang operasi rumah sakit, dan ruang kelas sekolah.
- Level 3 Tugas Ekstra Berat: Pintu masuk dan tangga di sebagian besar bangunan; di gedung komersial dan industri serta sekolah, kecuali lemari; dan di dapur rumah sakit.
- Level 4 Tugas Maksimum: Pintu untuk pintu masuk dan tangga dengan lalu lintas tinggi di gedung komersial dan industri serta pintu masuk yang memerlukan keamanan lebih tinggi. Pintu masuk dan ruang olahraga di sekolah.

Finishing Rangka Logam Berongga

Rangka logam berongga harus diberi setidaknya satu lapisan cat dasar antikorosi sebelum dikirim ke lokasi kerja. Di lingkungan yang sangat korosif seperti lokasi pantai air asin, sebaiknya pintu dan rangka digalvanisasi dengan celupan panas untuk perlindungan tambahan. Jika pintu digunakan di lingkungan yang keras dan lembap atau di area lembap seperti kolam renang atau dapur, lapisan galvanis harus digunakan baik dengan proses celupan panas maupun elektrolitik. Rangka dengan lapisan cat yang diaplikasikan di pabrik dalam berbagai warna tersedia dari beberapa produsen.

Pintu Kaca

Pintu kaca sebagian besar dibuat dari kaca, dengan sambungan untuk menahan poros dan perangkat keras lainnya. Kekuatannya bergantung pada kaca, bukan rangka. Pintu kaca umumnya dibuat dari kaca tempered 1/2 inci atau 3/4 inci.



Gambar 3.45 Konfigurasi pintu kaca

Pintu kaca dapat dipasang di dalam bukaan atau sebagai bagian dari sistem pintu masuk yang seluruhnya terbuat dari kaca. Jika digunakan sendiri, pintu kaca dapat dipasang di dalam bukaan dinding dengan atau tanpa rangka, atau dapat dipasang di antara kaca samping. Jenis sambungan yang sama yang digunakan pada pintu umumnya digunakan untuk kaca samping. Meskipun rangka kusen dari aluminium, kayu, atau logam ornamen dapat digunakan, rangka tersebut tidak diperlukan, dan kaca samping dapat disambungkan langsung ke partisi. Konfigurasi minimum untuk pintu kaca memerlukan beberapa jenis tarikan pintu dan sambungan sudut di bagian atas dan bawah (kadang-kadang disebut sepatu) untuk menahan poros. Beberapa produsen menyediakan sambungan engsel yang menjepit kaca dan menopang pintu dengan cara yang sama seperti pintu berengsel standar.

Jika pintu digunakan untuk keluar, peraturan bangunan setempat mungkin mengharuskan penggunaan perangkat keras khusus yang memungkinkan pintu dikunci dari

luar tetapi tetap memungkinkan pintu dibuka dan dibuka dari dalam dengan sekali dorongan pada batang dorong. Pintu kaca berat dan mungkin memerlukan operator listrik atau sistem pintu yang seimbang.

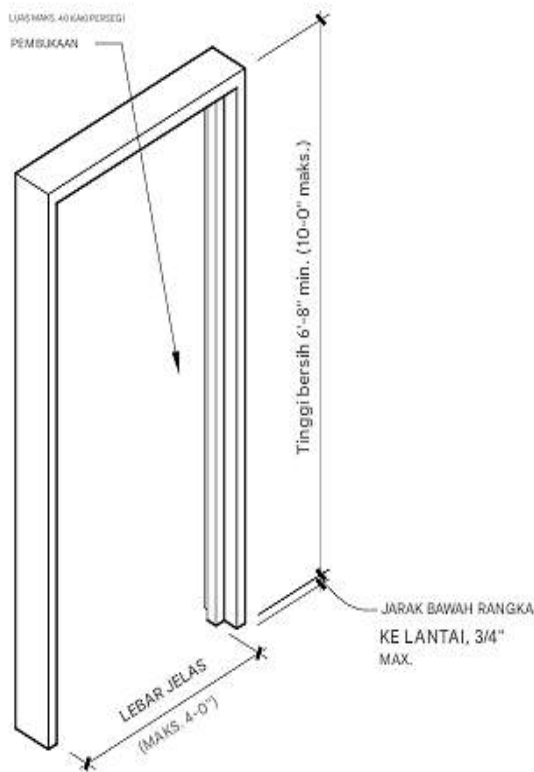
3.5 BUKAAN DENGAN PERINGKAT TAHAN API

Perakitan dengan peringkat ketahanan api untuk bukaan, yang digunakan untuk melindungi dari penyebaran api dan asap, terdiri dari pintu atau jendela dengan peringkat ketahanan api beserta rangka, perangkat keras, dan aksesoris, termasuk gasket. Setiap komponen sangat penting untuk kinerja keseluruhan rakitan sebagai penghalang api. Pilihan yang harus dibuat terkait penutup bukaan di dinding dengan peringkat ketahanan api meliputi:

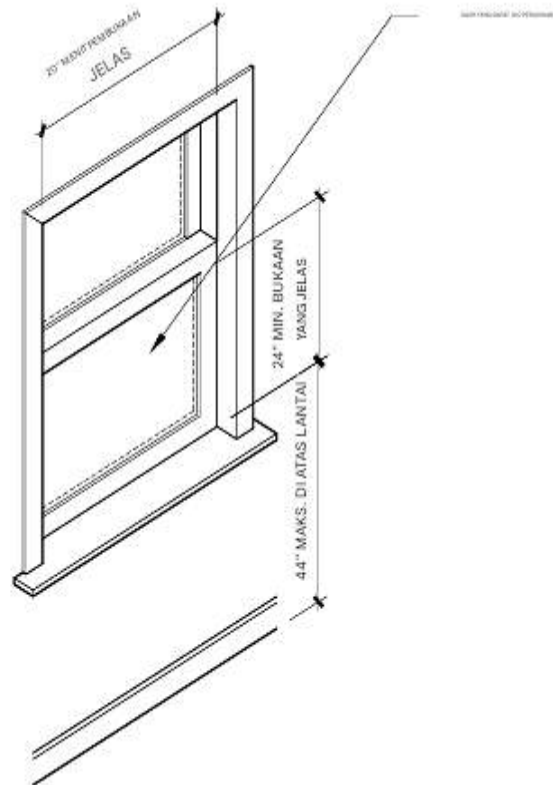
- Persyaratan dinding dengan peringkat ketahanan api
- Ukuran bukaan
- Sarana keluar
 - Ukuran yang dibutuhkan per hunian
 - Kuantitas dan lokasi
 - Arah aliran keluar dan pengoperasian penutup
 - Persyaratan perangkat keras
 - Persyaratan keluar jendela
- Material dan pelapis
- Keamanan
- Visibilitas dan kaca



Gambar 3.46 Tinggi rangka baja dengan peringkat tahan api



Gambar 3.47 Buka an pintu untuk sarana keluar



Gambar 3.48 Persyaratan keluar dari jendela

Definisi

Istilah-istilah yang didefinisikan di sini umumnya digunakan dalam kaitannya dengan bukaan yang dinilai tahan api:

- ☞ Otomatis: Menyediakan fungsi tanpa perlu campur tangan manusia.
- ☞ Penghalang api: Membran kontinu, baik vertikal maupun horizontal (misalnya, dinding, lantai, atau rakitan langit-langit), yang dirancang dan dibangun dengan peringkat tahan api tertentu untuk membatasi penyebaran api dan membatasi pergerakan asap.
- ☞ Tahan api: Sifat bahan atau rakitannya yang mencegah atau menghambat masuknya panas yang berlebihan, gas panas, atau api dalam kondisi penggunaan.
- ☞ Peringkat ketahanan api: Waktu, dalam menit atau jam, yang dibutuhkan material atau rakitan untuk bertahan terhadap paparan api sesuai dengan prosedur pengujian NFPA 252.
- ☞ Berlabel: Peralatan atau material yang ditandai dengan label, simbol, atau tanda pengenal lain dari organisasi yang terkait dengan evaluasi produk, dan dapat diterima oleh yurisdiksi setempat. Organisasi ini harus memeriksa produksi peralatan berlabel secara berkala. Pabrikan, dengan memberi label pada produk, menunjukkan kepatuhan dengan cara tertentu terhadap standar atau kinerja yang sesuai.
- ☞ Tidak mudah terbakar: Bahan yang, dalam bentuk yang digunakan dan dalam kondisi yang diantisipasi, tidak akan membantu pembakaran atau menambah panas yang berarti pada api di sekitar.

- ☞ Menutup sendiri: Seperti yang diterapkan pada pintu tahan api atau bukaan pelindung lainnya, menutup sendiri berarti pintu biasanya tertutup dan dilengkapi dengan perangkat yang disetujui yang akan memastikan penutupan setelah pintu dibuka.
- ☞ Penghalang asap: Membran kontinu, baik vertikal maupun horizontal (misalnya, rakitan dinding, lantai, atau langit-langit), yang dirancang dan dibangun untuk membatasi pergerakan asap. Penghalang asap mungkin memiliki atau mungkin tidak memiliki peringkat ketahanan api.

Kriteria Perlindungan Kebakaran

NFPA 80, “Standar untuk Pintu dan Jendela Tahan Api,” adalah standar konsensus yang menetapkan kriteria minimum untuk memasang dan memelihara rakitan dan perangkat yang digunakan untuk melindungi bukaan di dinding, langit-langit, dan lantai dari penyebaran api dan asap. Tingkat perlindungan kebakaran (dalam jam) yang diperlukan untuk bukaan tertentu dirujuk dalam kode bangunan dan Kode Keselamatan Jiwa (NFPA 101). Pintu tahan api diklasifikasikan berdasarkan referensi per jam yang ditentukan oleh pengujian yang dilakukan sesuai dengan NFPA 252, “Metode Standar Uji Kebakaran Rakitan Pintu” (juga dikenal sebagai UL 10B). Informasi lebih lanjut tersedia dalam Buku Pegangan Perlindungan Kebakaran NFPA.

Jenis Bukaan

Peringkat perlindungan per jam untuk bukaan tergantung pada penggunaan penghalang—baik sebagai penutup pintu keluar, bukaan vertikal di gedung, dinding pemisah gedung, dinding koridor, penghalang asap, dan lokasi berbahaya. Pada sebagian besar kode, penunjukan kelas telah digantikan oleh klasifikasi jam seperti berikut:

- Bukaan 4 jam dan 3 jam: Terletak di dinding tahan api atau di dinding yang membagi satu bangunan menjadi area kebakaran.
- Bukaan 1-1/2 jam dan 1 jam: Terletak di ruang komunikasi vertikal bertingkat dan di partisi berperingkat 2 jam yang menyediakan pemisahan api horizontal.
- Bukaan 3/4 jam dan 20 menit: Terletak di dinding atau partisi antara ruangan dan koridor dengan peringkat ketahanan api satu jam atau kurang.

Berbagai lembaga menguji dan menilai unit dan rakitan pintu dan jendela tahan api. Produsen menempatkan label logam di lokasi yang dapat diakses, tetapi tersembunyi—misalnya tepi engsel pintu. Label ini harus tetap terpasang, tidak dicat, tidak tertutup, dan tidak diubah.

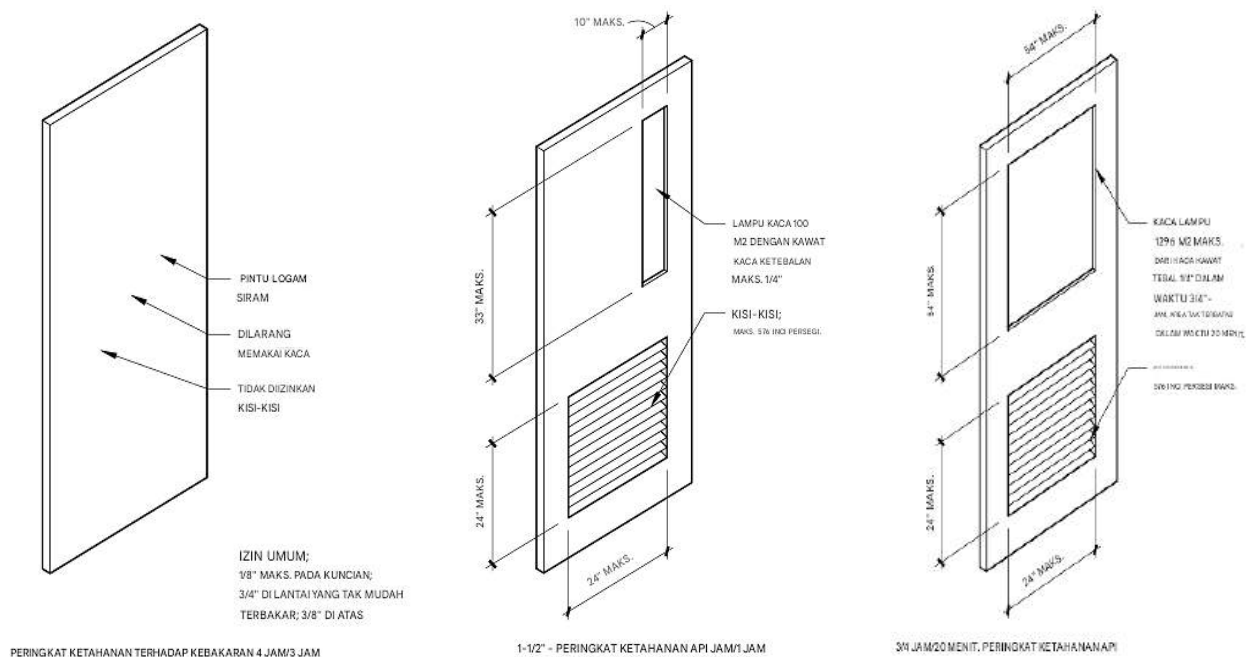


BERDASARKAN LABEL



LABEL BINGKAI

Gambar 3.49 Label pengujian



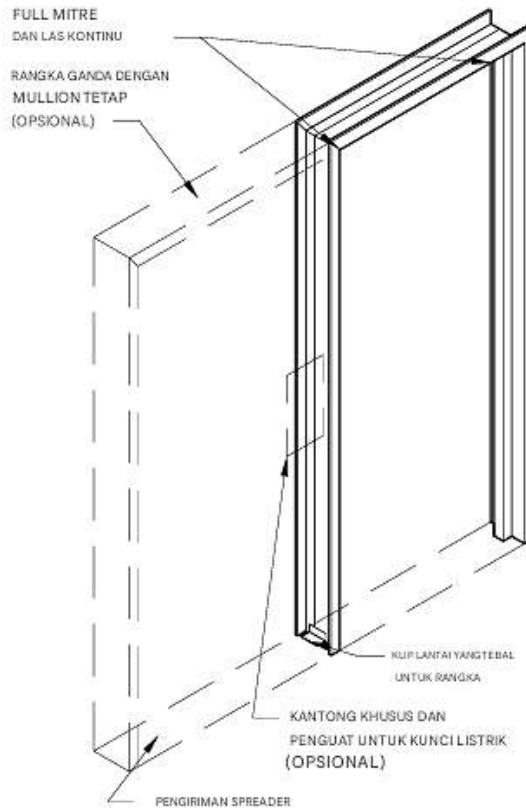
Gambar 3.50 Klasifikasi pintu dengan peringkat tahan api

Jenis Rangka

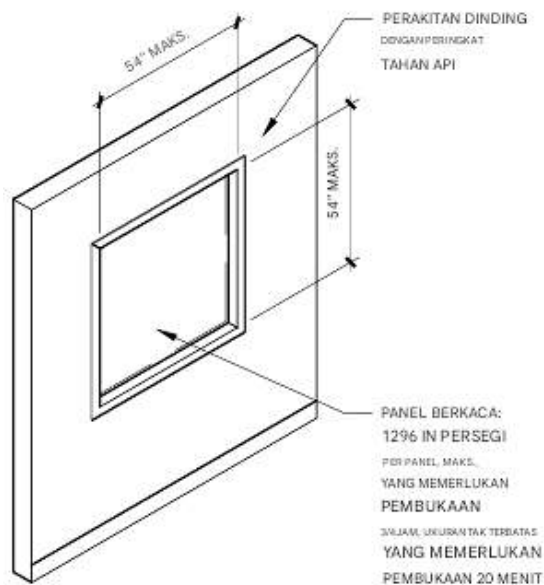
Rangka tahan api dapat dirakit di pabrik atau di lapangan. Rangka harus ditambatkan dengan benar di kusen dan lantai sesuai dengan spesifikasi pabrik. Kode mengharuskan pintu dipasang sesuai dengan NFPA 80; Bagian 2-5, “Rangka,” menunjukkan hanya rangka berlabel yang boleh digunakan.

- ❖ Rangka logam ringan: Anggota kepala dan kusen dengan atau tanpa panel transom terbuat dari aluminium (peringkat maksimum 45 menit) atau baja ringan (peringkat maksimum 1-1/2 jam); dipasang di atas dinding yang sudah jadi
- ❖ Baja tekan (logam berongga): Anggota kepala dan kusen dengan atau tanpa transom

padat atau berlapis kaca atau jendela samping terbuat dari baja pengukur 18 atau yang lebih berat (peringkat maksimum 3 jam); diperlukan untuk sebagian besar pintu logam.



Gambar 3.51 Rangka untuk bukaan dengan peringkat tahan api



Gambar 3.52 Bukaan dengan peringkat tahan api

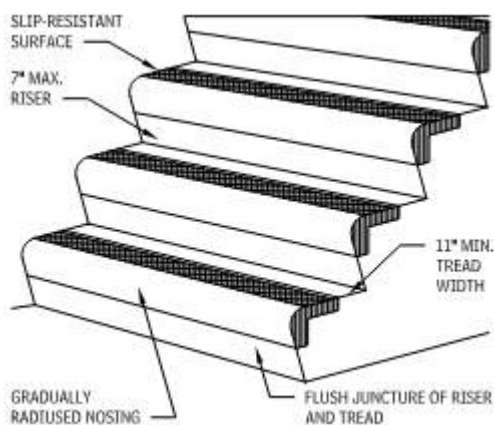
Bukaan kaca pada dinding dengan peringkat ketahanan api harus sesuai dengan batasan ukuran dengan menggunakan kaca berperingkat dan persyaratan material lain yang disetujui.

Beberapa panel diperbolehkan, tetapi luas keseluruhan semua panel dan bukaan tidak boleh melebihi 25 persen dari permukaan dinding. Lihat kode khusus untuk detailnya.

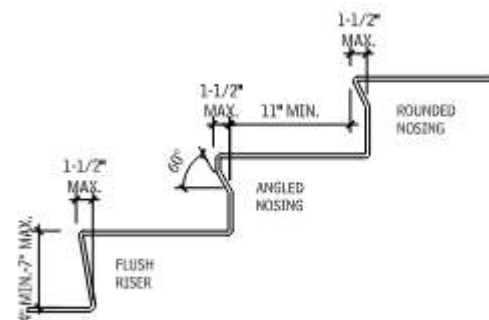
3.6 TANGGA

Talang, Riser, dan Nosing

Dimensi riser dan tapak harus seragam untuk seluruh panjang tangga. *Americans with Disabilities Act (ADA)—Architectural Barriers Act (ABA) Guidelines for Buildings and Facilities; Americans with Disabilities Act Accessibility Guidelines (ADAAG); dan International Building Code (IBC)*, yang merujuk pada ICC/ANSI A117.1 Accessible and Usable Buildings and Facilities semuanya menunjukkan dimensi tapak minimum 11 inci, dari ujung ke ujung; tinggi riser maksimum 7 inci; dan dimensi overhang maksimum 1-1/2 inci. Riser terbuka tidak diizinkan pada tangga yang dapat diakses oleh penyandang disabilitas.



Gambar 3.53 Elemen tangga

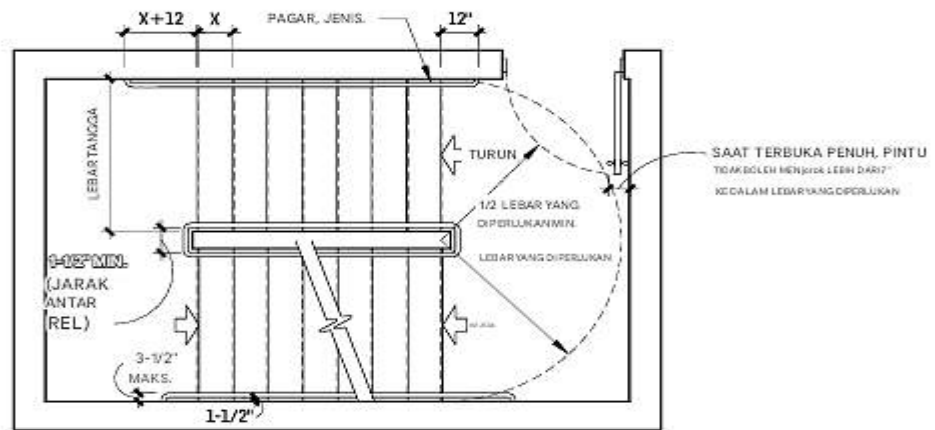


Gambar 3.54 Desain anak tangga

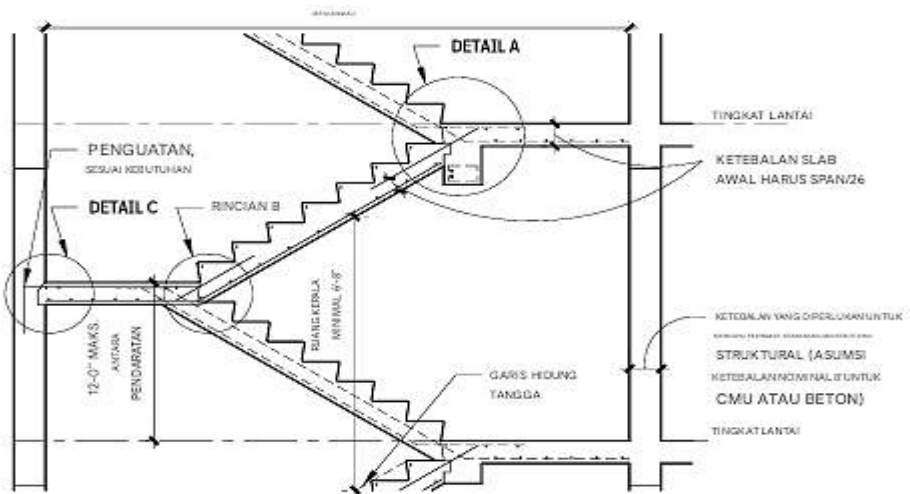
Standar OSHA mengharuskan lapisan tapak "cukup antiselip" dengan menggunakan material ujung dengan lapisan antiselip. Tapak tanpa ujung dapat diterima, asalkan tapak bergerigi atau desain antiselip lainnya. Warna dan tekstur yang seragam direkomendasikan untuk penggambaran tepi yang jelas. Disarankan untuk membuat alur tanpa tepi yang tajam yang menonjol tidak lebih dari 1-1/2 in. di luar tepi anak tangga. Tangga yang aman menggunakan alur abrasif dengan radius 1/2 in. yang ditambatkan dengan kuat ke tapak, tanpa tonjolan dan tepi yang terlihat jelas.

Konstruksi Tangga- Tangga Beton

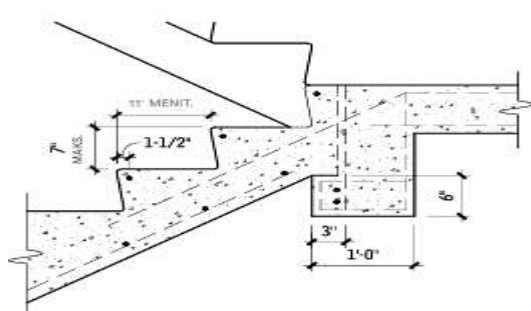
Metode umum konstruksi tangga adalah pemanfaatan beton, yang dapat berupa beton cor di tempat atau beton pracetak.



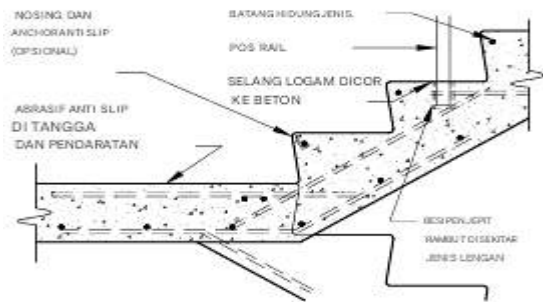
BAGIAN



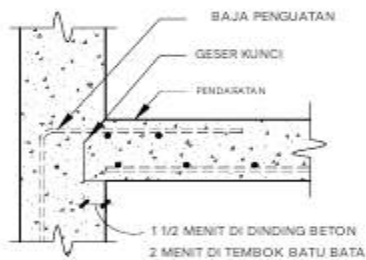
BAGIAN



DETAIL A

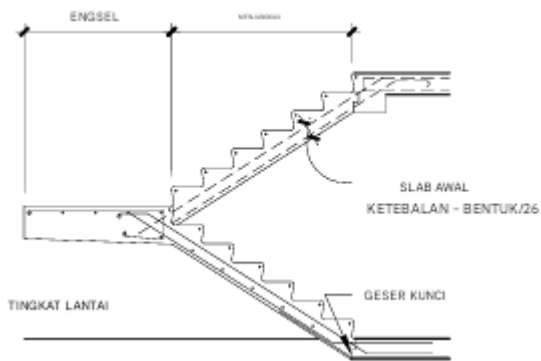


RINCIAN B

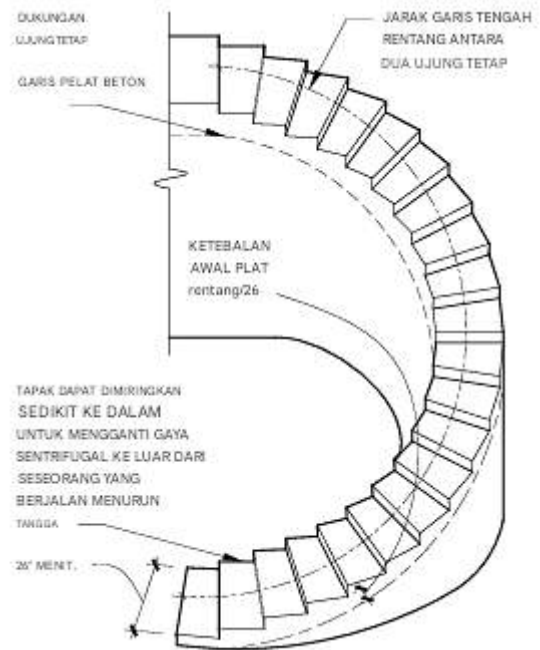


DETAIL C

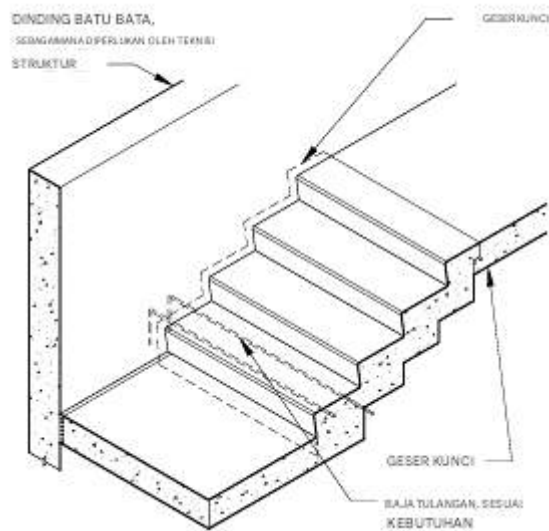
Gambar 3.55 Tangga beton jenis U



Gambar 3.56 Tangga beton berdiri



Gambar 3.57 Tangga beton helikodal



Gambar 3.58 Tangga beton kantilever

Tangga Logam

Tangga logam sering kali dibuat dari baja, dan dibuat di bengkel agar sesuai dengan dimensi yang dibutuhkan. Tapak dan landasan dapat diisi dengan beton setebal 1-1/2 hingga 2 inci. Banyak material akhir yang kemudian dapat diaplikasikan pada beton. Baluster ditambatkan dengan pengelasan, baut, atau sekrup ke penyangga. Baluster kaca sering kali ditambatkan ke saluran berbentuk U khusus, yang dipasang pada tepi penyangga. Detail serupa dapat digunakan untuk pagar kaca.

Pedoman Desain untuk Tangga Logam

Pedoman desain umum untuk tangga logam dirinci dalam daftar berikut.

Lebar Tangga

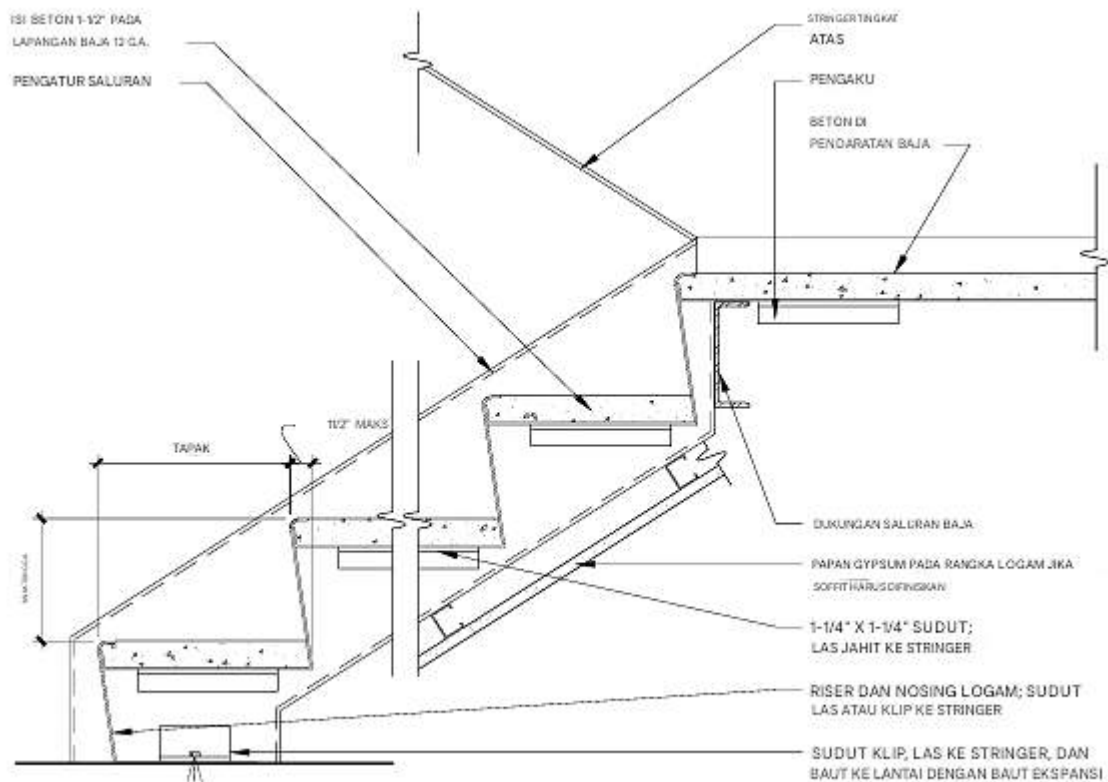
- Tangga hunian: tapak minimal 36 inci
- Tangga keluar umum: minimal 44 inci tapak
- Area bantuan penyelamatan (ADA): 48 in. antara pegangan tangan

Tapak

- Tempat tinggal: minimal 9 in. (berujung ke ujung)
- Lainnya (ADA): minimal 11 in. (berujung ke ujung)
- Kedalaman seragam dalam satu anak tangga

Riser

- Tempat tinggal: maksimal 8-1/4 in.
- Lainnya: minimal 4 in.; maksimal 7 in.
- Tinggi seragam dalam satu anak tangga



Gambar 3.59 Tangga pan logam bagian

Nosing

- Maksimum 1-1/2 in. dengan sudut 60° di bawah nosing; radius maksimum 1/2 in. di tepi.
- Minimum: tidak diperlukan

Rel Tangga

- Tinggi di tempat tinggal: 36 in.

- Tinggi di tangga keluar: 42 in.
- Atur rel sehingga bola berdiameter 4 in. tidak dapat dilewati.
- Atur rel untuk mencegah pendakian.
- Beban terpusat yang diterapkan secara tidak bersamaan di rel atas harus 200 lbf dalam arah vertikal ke bawah dan horizontal. Beban uji berlaku untuk pagar dengan penyangga yang jaraknya tidak lebih dari 8 ft.

Pegangan Tangan

- Tempat tinggal: hanya diperlukan di satu sisi
- Lainnya: diperlukan di kedua sisi
- Tinggi: 34 hingga 38 in.
- Permukaan pegangan: 1-1/4 hingga 1-1/2 in.
- Jarak bebas di dinding: 1-1/2 in.
- Menjorok atau tersembunyi
- Perpanjangan di bagian atas lintasan: 12 in.
- Perpanjangan di bagian bawah lintasan: 12 in., ditambah kedalaman tapak
- Jika pagar pembatas lebih dari 38 in. tingginya digunakan, pegangan tangan terpisah harus dipasang.
- Tidak ada yang boleh mengganggu gerakan tangan yang terus-menerus.

Peraturan dan Standar

- ADA-ABA ASTM, ICC/ANSI, NFPA, OSHA, ADAAS, dan kode bangunan setempat.

Tangga Kayu

Tangga kayu yang digunakan dalam aplikasi perumahan pribadi biasanya tidak diatur oleh ADA; namun, tangga kayu di fasilitas komersial dan tempat akomodasi publik harus sesuai dengan pedoman aksesibilitas yang diadopsi dalam yurisdiksi setempat.

Berikut ini adalah rekomendasi umum; verifikasi persyaratan khusus yang mungkin berbeda dari ini:

- ✪ Lebar tangga interior minimal 36 inci harus disediakan.
- ✪ Ruang kepala minimal adalah 6 ft-8 inci yang diukur secara vertikal dari garis diagonal yang menghubungkan ujung tapak ke bagian bawah langit-langit yang sudah jadi atau landasan tangga tepat di atas tangga.
- ✪ Ruang kepala yang disarankan adalah 7 ft.

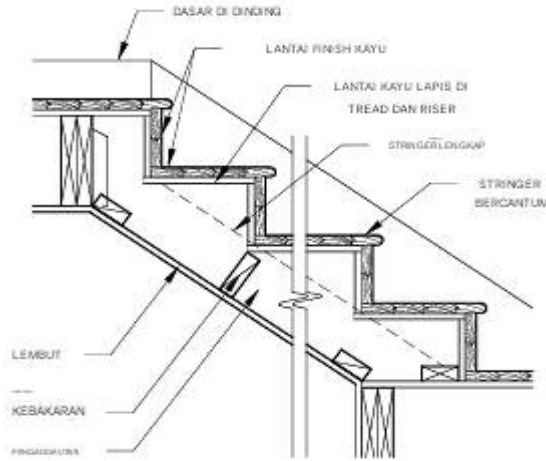
Hanya pegangan tangan dan tali tangga yang boleh menjorok ke lebar tangga yang diperlukan.

Gunakan panduan berikut:

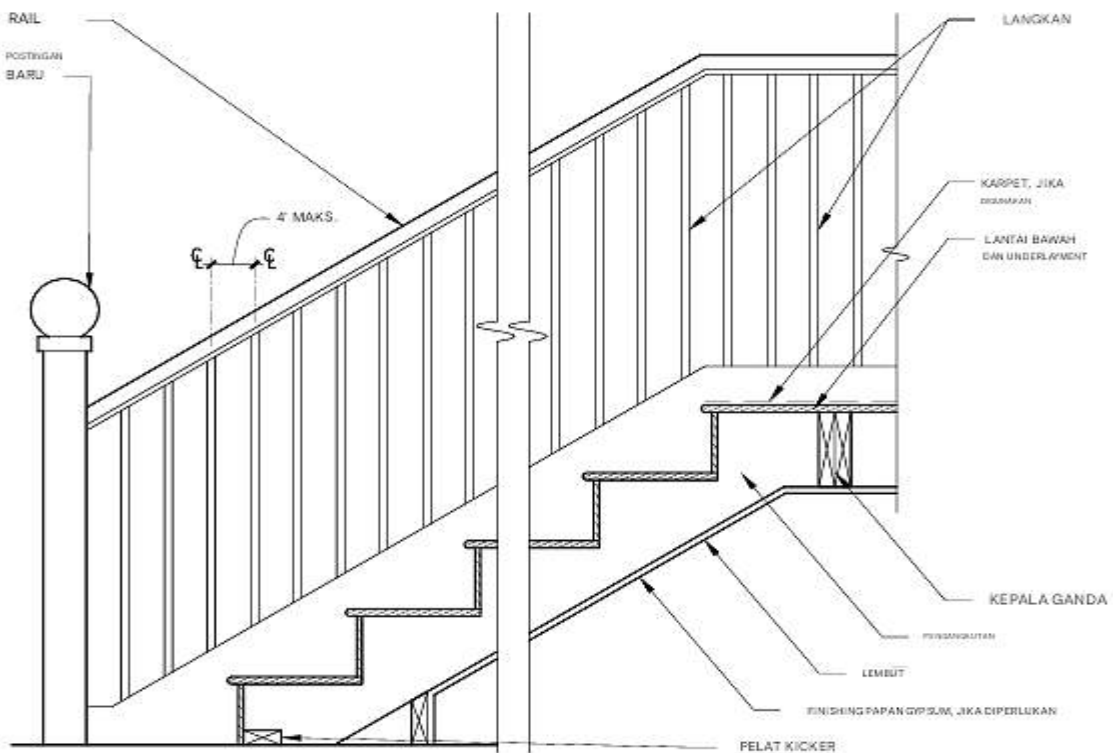
- ☑ Proyeksi pegangan tangan maksimum adalah 3-1/2 in.
- ☑ Proyeksi tali pengikat maksimum adalah 1-1/2 in.
- ☑ Lebar landasan atau platform harus setidaknya selebar anak tangga.
- ☑ Kenaikan vertikal maksimum anak tangga antara landasan adalah 12.
- ☑ Tinggi anak tangga harus antara minimum 4 in. dan maksimum 7 in.
- ☑ Kedalaman tapak harus minimum 11 in., diukur dari anak tangga ke anak tangga atau ujung ke ujung.
- ☑ Variasi pada tapak atau anak tangga yang berdekatan tidak boleh melebihi 3/16 in.

Variasi maksimum yang diizinkan pada kedalaman tapak atau tinggi anak tangga dalam satu anak tangga adalah $\frac{3}{8}$ in.

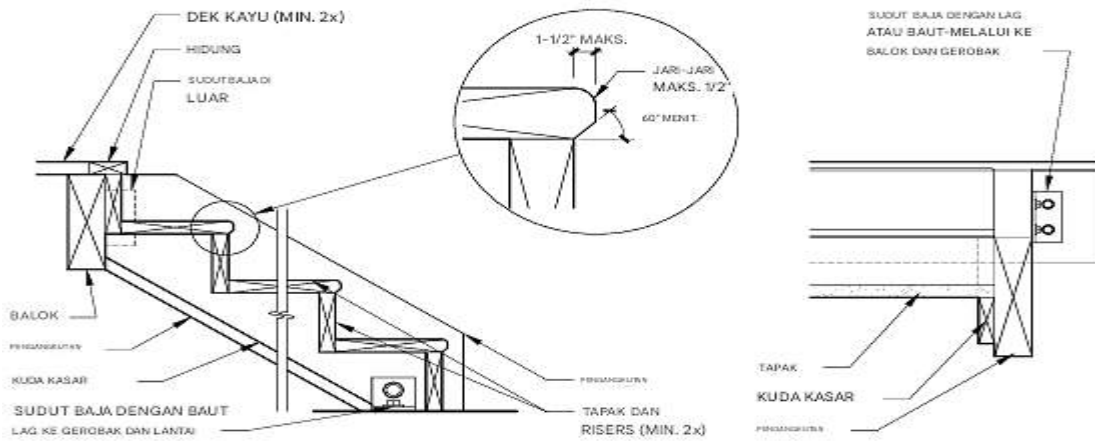
- ☑ Ujung anak tangga menjorok maksimum 1-1/2 in.



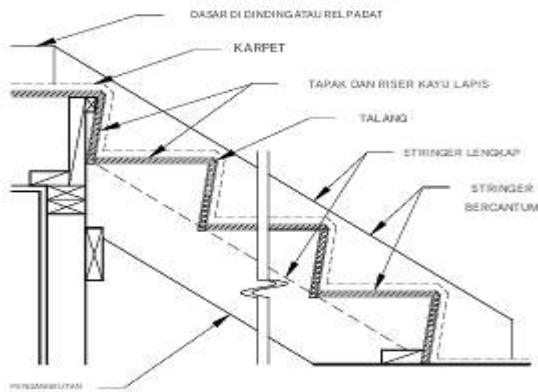
Gambar 3.60 Riser tertutup riser kayu riser detail



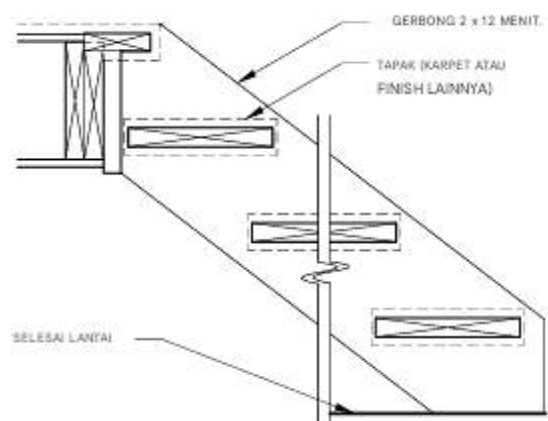
Gambar 3.61 Bagian tangga kayu



Gambar 3.62 Dimensi tangga kayu

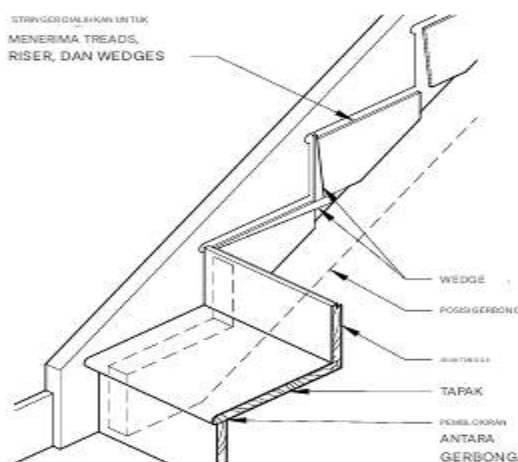


Gambar 3.63 Tangga kayu riser tertutup dengan finishing karpet

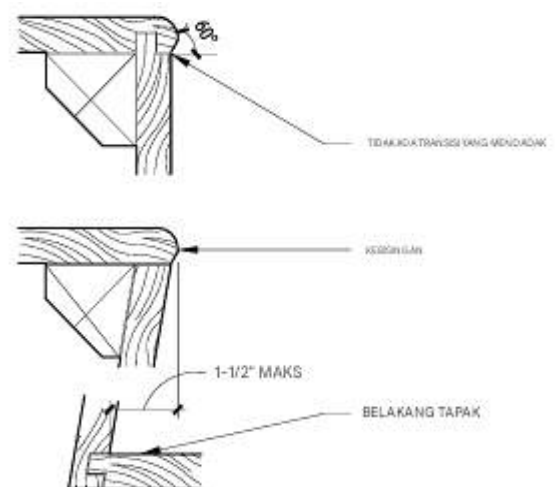


Gambar 3.64 Tangga kayu riser terbuka

Tangga riser terbuka tidak mematuhi persyaratan aksesibilitas kode untuk aplikasi non-perumahan.



Gambar 3.65 Talang dan riser pada stringer berkediaman



Gambar 3.66 Hidung kayu

Jenis Tangga Alternatif

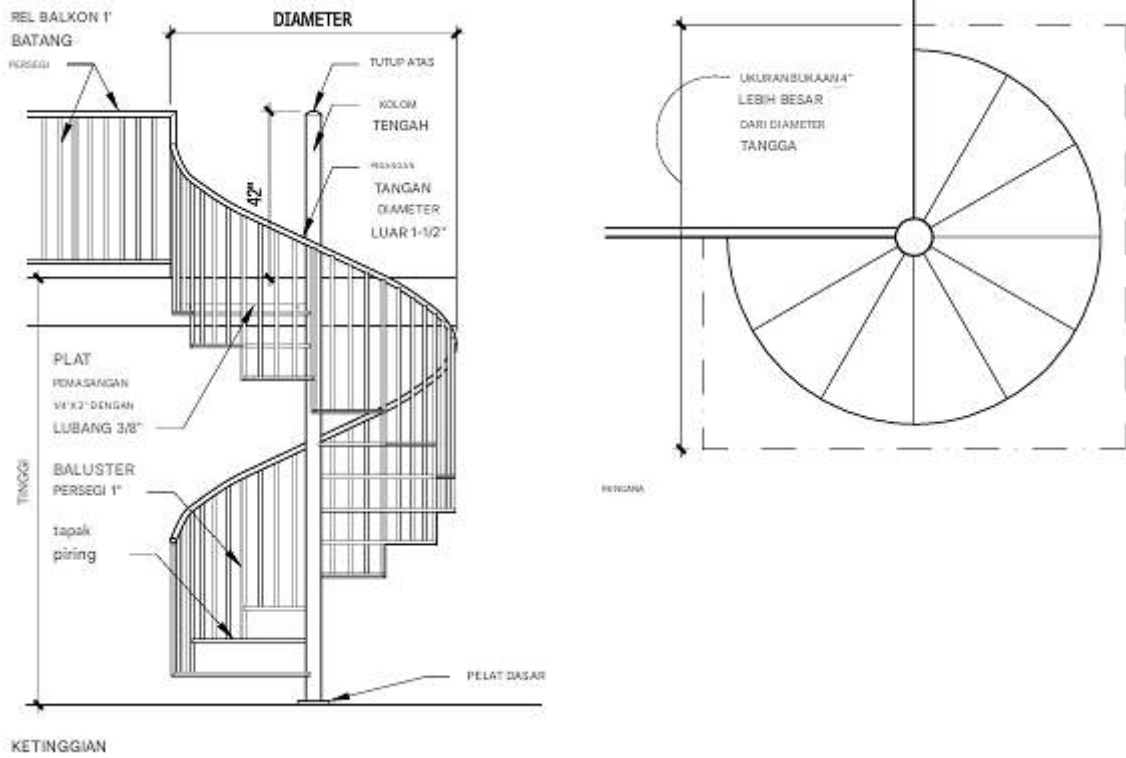
Jenis tangga alternatif meliputi tangga berkelok, tangga melingkar, dan tangga spiral. Umumnya, IBC tidak mengizinkan jenis tangga ini digunakan untuk keluar kecuali di dalam unit hunian pribadi. Tangga spiral juga dapat digunakan sebagai pintu keluar dari ruangan yang luasnya tidak lebih dari 250 ft persegi dan melayani tidak lebih dari lima penghuni. Jika jenis tangga alternatif ini diizinkan, tangga tersebut harus memenuhi persyaratan dimensi minimum dari kode.

- Tinggi anak tangga untuk tangga melingkar dan berkelok harus memenuhi persyaratan maksimum kode yaitu 7 inci untuk tangga komersial dan 7-3/4 inci untuk tangga hunian.
- Tinggi anak tangga untuk tangga spiral harus sedemikian rupa sehingga tersedia ruang bebas setinggi 78 inci.

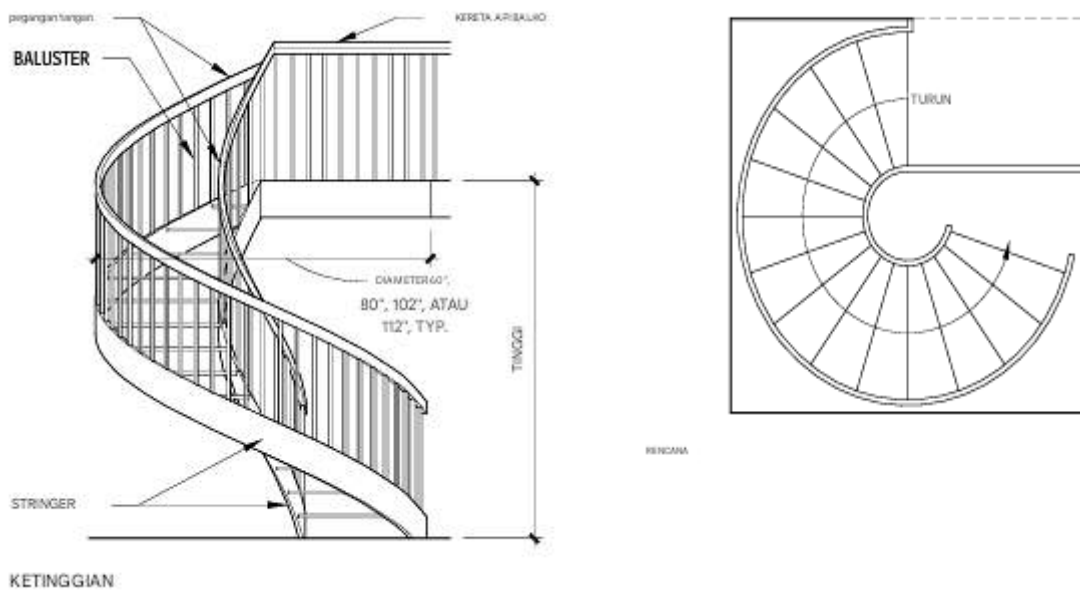
Tangga spiral terdiri dari tapak berbentuk baji yang ditopang oleh kolom tengah, biasanya berdiameter 4 inci. Tangga spiral fabrikasi biasanya terbuat dari baja. Tangga spiral tersedia dalam ukuran khusus. Untuk memenuhi persyaratan kode bangunan sebagai sarana keluar, tangga harus berdiameter minimal 5 ft untuk memenuhi persyaratan lebar bersih 26 inci, dengan asumsi tiang tengah 4 inci.

Diameter yang lebih besar meningkatkan kenyamanan, kemudahan penggunaan, dan keamanan yang dirasakan. Tapak tersedia dengan tapak sudut 22-1/2°, 27°, dan 30°. Yang paling umum adalah sudut tapak 27° dan 30° karena ini dapat mempertahankan setidaknya dimensi 7-1/2 inci 12 inci dari tiang tengah. Pemilihan tapak tergantung pada tinggi anak tangga yang diinginkan, total anak tangga, persyaratan jarak bebas kepala, dan orientasi anak tangga atas dan bawah.

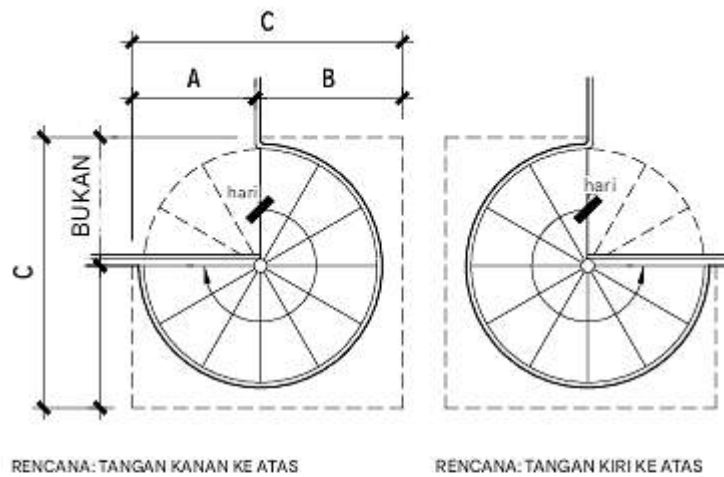
Dimensi ruang kepala minimum yang penting harus dihitung berdasarkan putaran tiga perempat tangga, bahkan jika putaran penuh 360° digunakan untuk menempuh anak tangga penuh. Pertimbangan desain untuk tangga melingkar mirip dengan tangga spiral. Tabung baja yang dibuat berfungsi sebagai pengikat satu bagian tempat tapak dibaut atau dilas. Riser dapat terbuka atau tertutup.



Gambar 3.67 Tangga spiral



Gambar 3.68 Tangga lingkaran



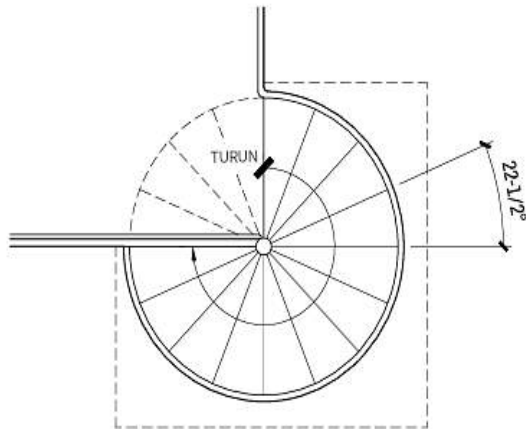
DIAMETER TANGGA									
	40	48	52	60	64	72	76	88	96
A	20	24	26	30	32	36	38	44	48
B	24	28	30	34	36	40	42	48	52
C	44	52	56	64	68	76	80	92	100

Gambar 3.69 Dimensi rangka tangga spiral (in.)

Tabel 3.70 Dimensi desain tangga spiral (in.)

DIAMETER	40	48	52	60	64	72	76	88	96
Kolom tengah	4	4	4	4	4	4	4	$6 \frac{5}{8}$	$6 \frac{5}{8}$
Detail tapak A	4	4	4	4	4	4	4	$6 \frac{5}{8}$	$6 \frac{5}{8}$
Detail tapak B	18	22	24	28	32	34	36	42	48
Detail tapak 27° C	$9 \frac{1}{4}$	$11 \frac{1}{8}$	$12 \frac{1}{8}$	$13 \frac{15}{16}$	$14 \frac{7}{8}$	$16 \frac{3}{4}$	$17 \frac{5}{8}$	$20 \frac{1}{2}$	$22 \frac{5}{16}$
Detail tapak 27° D	$7 \frac{5}{8}$	8	$8 \frac{1}{4}$	$8 \frac{1}{2}$	$8 \frac{1}{2}$	$8 \frac{3}{4}$	$8 \frac{3}{4}$	10	$10 \frac{1}{2}$
Detail tapak 30° C	$10 \frac{1}{2}$	$12 \frac{9}{16}$	$13 \frac{5}{8}$	$15 \frac{3}{4}$	$16 \frac{3}{4}$	$19 \frac{7}{8}$	$19 \frac{7}{8}$	$23 \frac{1}{8}$	$25 \frac{1}{8}$
Detail tapak 30° D	$8 \frac{1}{2}$	$8 \frac{5}{8}$	$8 \frac{3}{4}$	$8 \frac{7}{8}$	9	$9 \frac{1}{4}$	$9 \frac{3}{8}$	$11 \frac{3}{8}$	$11 \frac{1}{2}$
Ukuran pendaratan	22	26	28	32	34	38	40	46	52

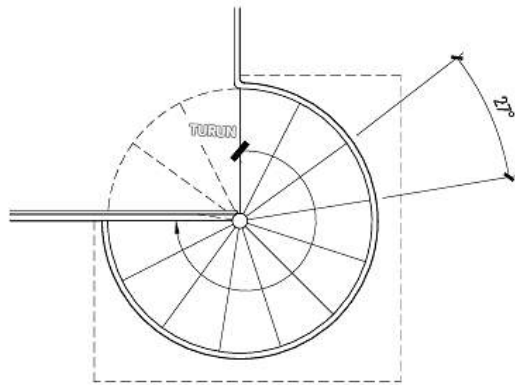
Tabel 3.71 Tangga spiral tapak 22-1/2": jumlah tapak dari lantai ke lantai



RENCANA - TANGAN KANAN KE ATAS

TINGGI LANTAI AKHIR (IN.)	JUMLAH TAPAK	LINGKARAN KELILING
84-91	12	270°
92-98	13	292-1/2°
99-105	14	315°
106-112	15	337-1/2°
113-119	16	360°
120-126	17	382-1/2°
127-133	18	405°
134-140	19	427-1/2°
141-147	20	450°
148-154	21	472-1/2°

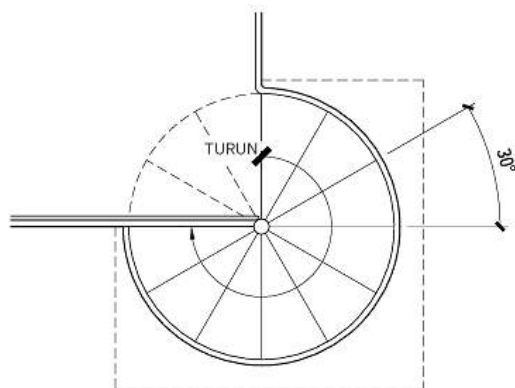
Tabel 3.72 Tangga spiral 27" tread: jumlah tread dari lantai ke lantai



RENCANA - TANGAN KANAN KE ATAS

TINGGI LANTAI AKHIR (IN.)	JUMLAH TAPAK	LINGKARAN KELILING
90-96	11	297°
97-104	12	324°
105-112	13	351°
113-120	14	375°
121-128	15	405°
129-136	16	432°
137-144	17	459°
145-152	18	486°
153-160	19	513°
161-168	20	540°

Tabel 3.73 Tangga spiral tapak 30° jumlah tapak dari lantai ke lantai



RENCANA - TANGAN KANAN KE ATAS

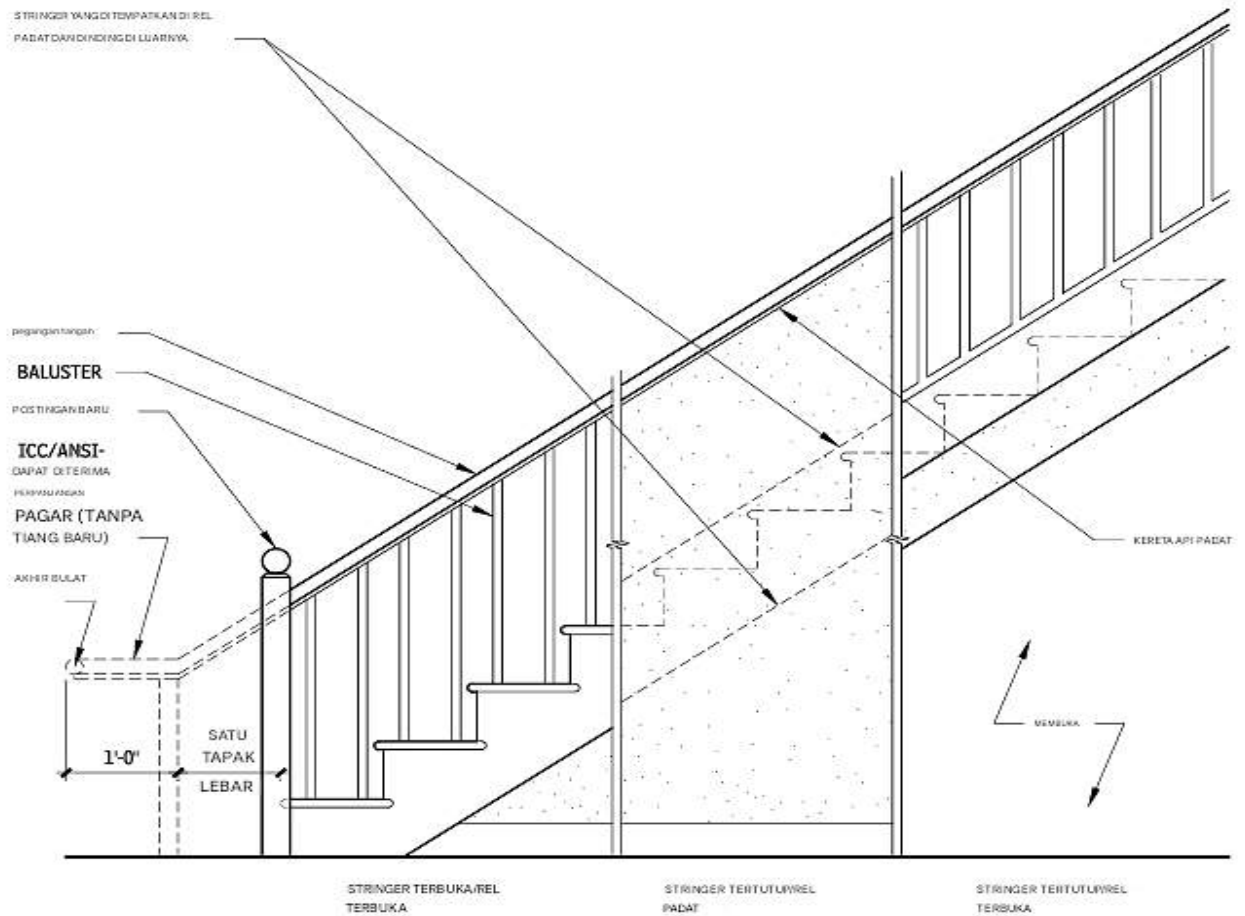
TINGGI LANTAI AKHIR (IN.)	JUMLAH TAPAK	LINGKARAN KELILING
85-95	9	270°
96-104	10	300°
105-114	11	330°
115-123	12	360°
124-133	13	390°
134-142	14	420°
143-152	15	450°
153-161	16	480°
162-171	17	510°
172-180	18	540°

Finishing Tangga - Pegangan Tangan Tangga

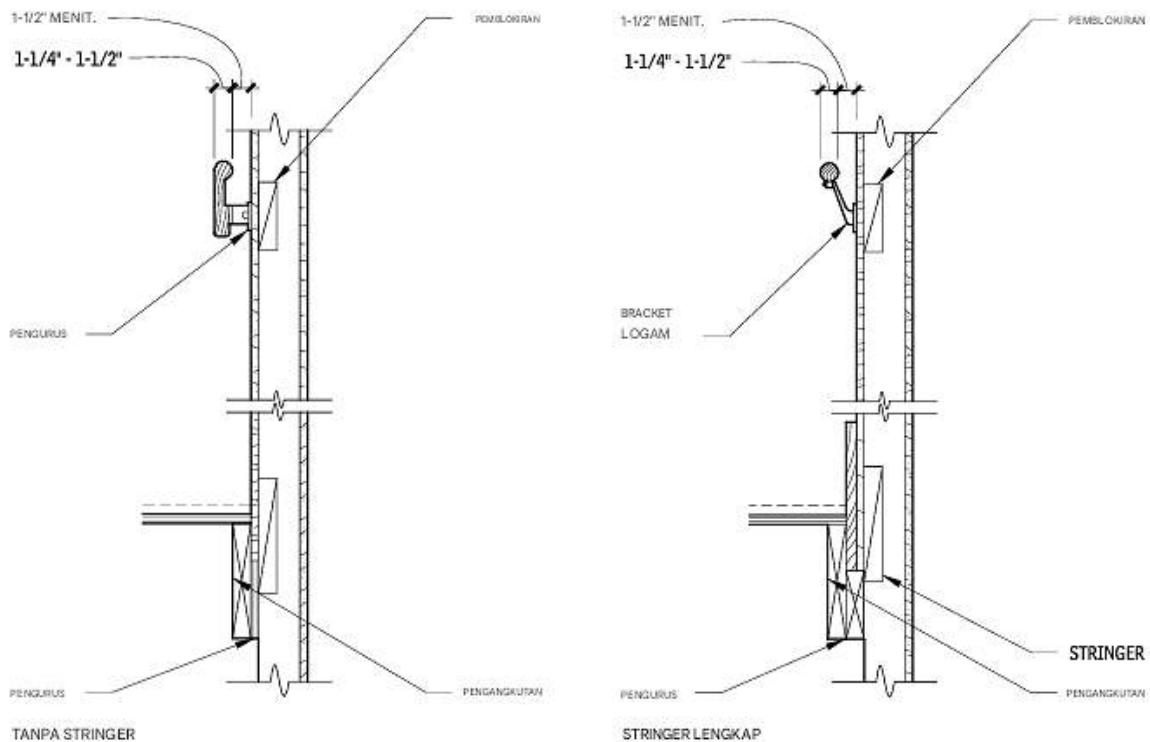
Rekomendasi desain untuk pegangan tangan tangga meliputi:

- Tinggi pegangan tangan di atas ujung tangga harus 34 hingga 38 inci. Tinggi pagar pembatas di landasan harus 36 atau 42 inci; periksa peraturan setempat.

- Desain pegangan tangan harus mudah digenggam dan pas di tangan. Diameter yang disarankan adalah 1-1/4 hingga 1-1/2 inci untuk pegangan tangan bundar dan ukuran yang sama untuk bagian tepi persegi elips atau bundar. Pegangan tangan harus dirancang secara struktural dengan mempertimbangkan beban dorong ke bawah (vertikal) dan lateral (horizontal).
- Perpanjangan pegangan tangan di bagian atas dan bawah tangga dapat memengaruhi panjang total lintasan yang diperlukan, jadi verifikasi perpanjangan yang diwajibkan oleh peraturan saat mendesain tangga.



Gambar 3.74 Tingginya penguat tali muka



Gambar 3.75 Bagian dinding tangga

3.7 FINISHING INTERIOR

Finishing Dinding - Finishing Dinding Plaster

Selama berabad-abad, sebelum munculnya papan gipsum, plester merupakan finishing dinding dan langit-langit interior utama. Plester konvensional memberikan ketahanan aus yang unggul pada rakitan papan gipsum, dan lebih disukai untuk mendapatkan permukaan monolitik yang seragam; namun, finishing plester lebih padat karya, memerlukan keterampilan yang lebih tinggi, dan dapat memakan waktu hingga dua hari untuk mengering, dibandingkan dengan rakitan papan gipsum. Karena alasan ini, finishing plester paling umum digunakan dalam restorasi agar sesuai dengan kondisi yang ada dan dalam instalasi kelas atas.

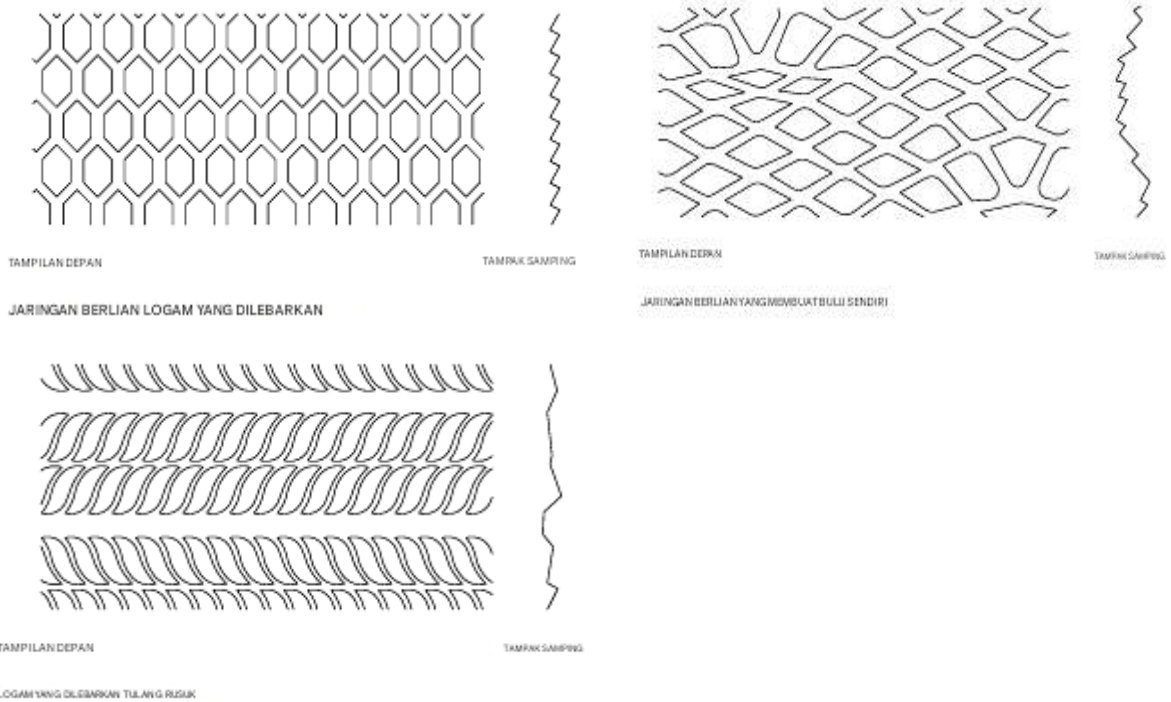
Aplikasi plester tiga lapis diperlukan pada semua bilah logam dan pada bilah gipsum yang didukung tepi yang digunakan di langit-langit. Selain itu, aplikasi tiga lapis lebih disukai, meskipun aplikasi dua lapis dapat diterima jika bilah gipsum didukung dengan benar, dan pada dasar plester pasangan bata seperti bata berpori, genteng tanah liat, dan unit pasangan bata beton kasar. Plester semen Keene adalah lapisan akhir khusus plester gipsum yang terutama digunakan di tempat yang menginginkan hasil akhir yang halus, padat, tahan vandalisme, dan putih. Ketebalan, proporsi campuran berbagai bahan plesteran, dan hasil akhir bervariasi. Metode aplikasi juga sangat bervariasi, tergantung pada tradisi dan inovasi lokal yang dipromosikan oleh industri.

Istilah Plaster

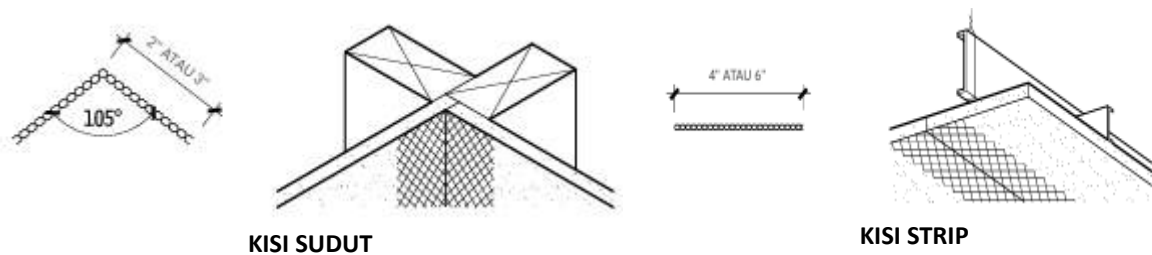
Saat bekerja dengan plester, penting untuk mengetahui istilah-istilah berikut:

- Basecoat: Lapisan plester yang diaplikasikan sebelum lapisan akhir, lapisan awal, dan lapisan tiup pada plester tiga lapis.

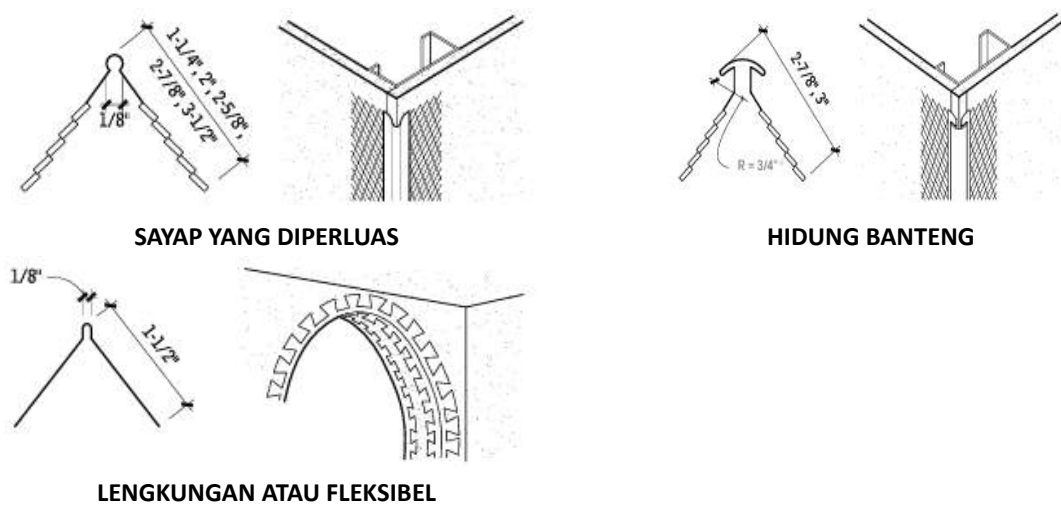
- Brown coat: Pada plester tiga lapis, lapisan kedua; pada plester dua lapis, lapisan pertama.
- Plester berserat: Plester gipsum yang mengandung serat rambut, kaca, nilon, atau sisal.
- Finish coat: Lapisan akhir plester, yang memberikan permukaan dekoratif.
- Furring: Umumnya, saluran atau bentuk Z yang dipasang pada dinding bawah (atau struktur untuk langit-langit) untuk memasang gipsum atau reng logam sambil menyediakan ruang udara. Sering digunakan pada substrat semen, furring yang elastis digunakan untuk mengurangi transmisi suara.
- Gipsum: Kalsium sulfat hidrat, mineral alami dalam bentuk kristal.
- Reng gipsum: Dasar untuk plester; lembaran yang memiliki inti gipsum, berhadapan dengan kertas. Juga dilubangi untuk penggunaan interior.
- Kapur terhidrasi: Kapur tohor dicampur dengan air, di lokasi, untuk membentuk dempul kapur.
- Kapur: Diperoleh dengan membakar berbagai jenis batu kapur, yang terdiri dari oksida atau hidroksida kalsium dan magnesium.
- Plester kapur: Plester lapisan dasar dari kapur terhidrasi dan agregat.
- Plester murni: Plester lapisan dasar, berserat atau tidak berserat, digunakan untuk pencampuran di lokasi dengan agregat.
- Perlite: Kaca vulkanik mengandung silika yang mengandung silika dan alumina, mengembang karena panas untuk digunakan sebagai agregat plester ringan.
- Plester: Material semen atau kombinasi material semen dan agregat, yang bila dicampur dengan air membentuk massa plastik yang mengeras dan mengeras saat diaplikasikan ke permukaan.
- Semen portland: Kombinasi buatan dari batu kapur dan substansi lempung untuk aplikasi eksterior atau atmosfer basah.
- Lapisan awal: Dalam plesteran tiga lapis, lapisan pertama, yang kemudian digores untuk memberikan ikatan bagi lapisan kedua, atau lapisan cokelat.
- Semen portland plesteran: Plester yang digunakan dalam aplikasi eksterior. Plester ini memerlukan lapisan air dan tidak boleh diaplikasikan ke permukaan padat yang halus atau bilah gipsum; plester ini memerlukan sambungan kontrol, dan tidak dapat memiliki lapisan dempul semen-kapur Keene.
- Plester tiga lapis: Aplikasi yang lebih disukai untuk semua substrat; diperlukan di atas bilah logam.
- Plester dua lapis: Dapat digunakan pada reng dan pada permukaan bagian dalam blok beton kasar, genteng tanah liat, atau bata berpori.
- Vermikulit: Mineral mika dari silika, magnesium, dan aluminium oksida yang tersusun dalam serangkaian pelat paralel, atau lamina, dan mengembang karena panas untuk digunakan sebagai agregat plester ringan.



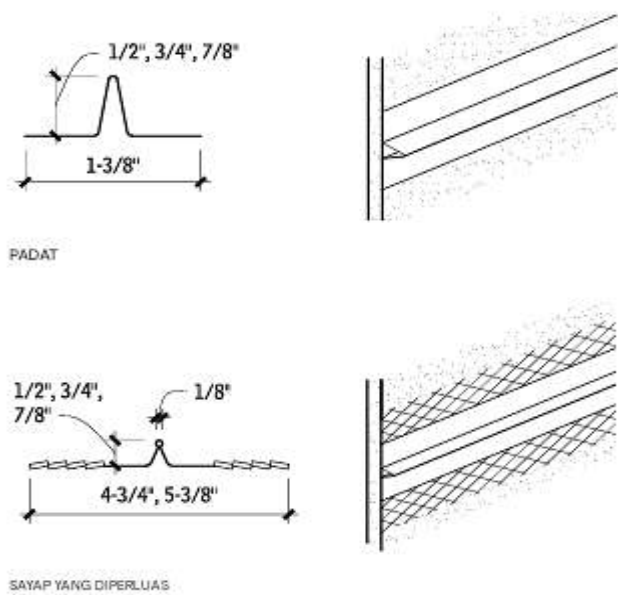
Gambar 3.76 Jenis kisi logam



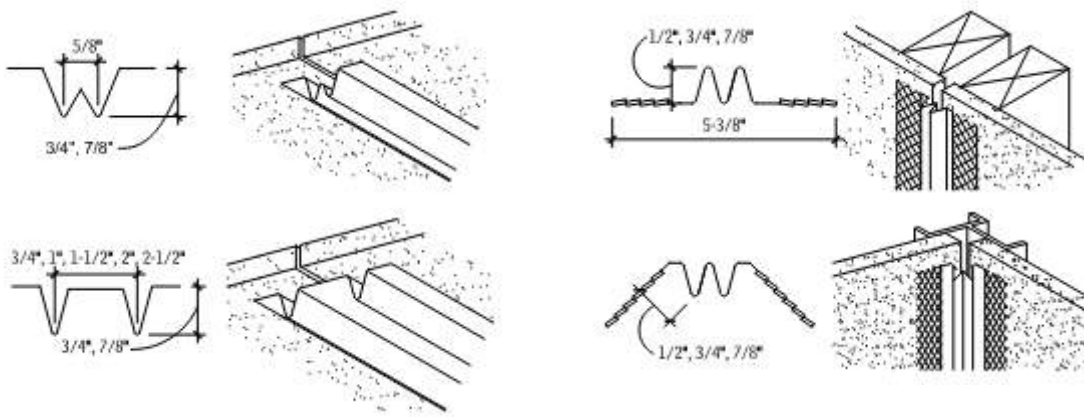
Gambar 3.77 Penguat sambungan



Gambar 3.78 Manik sudut

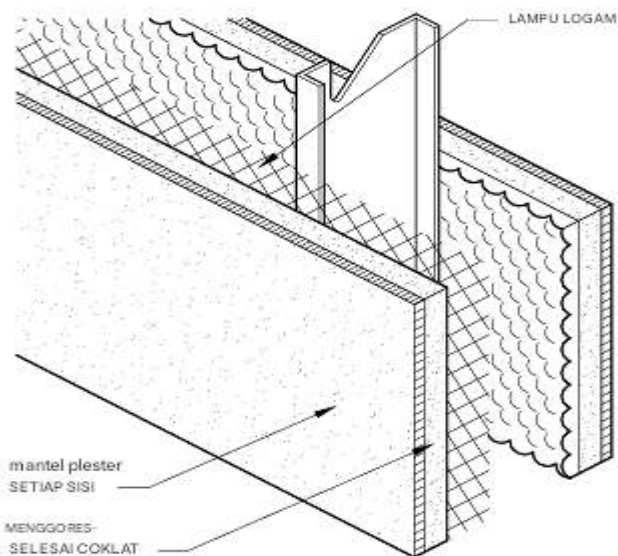


Gambar 3.79 Screed dasar

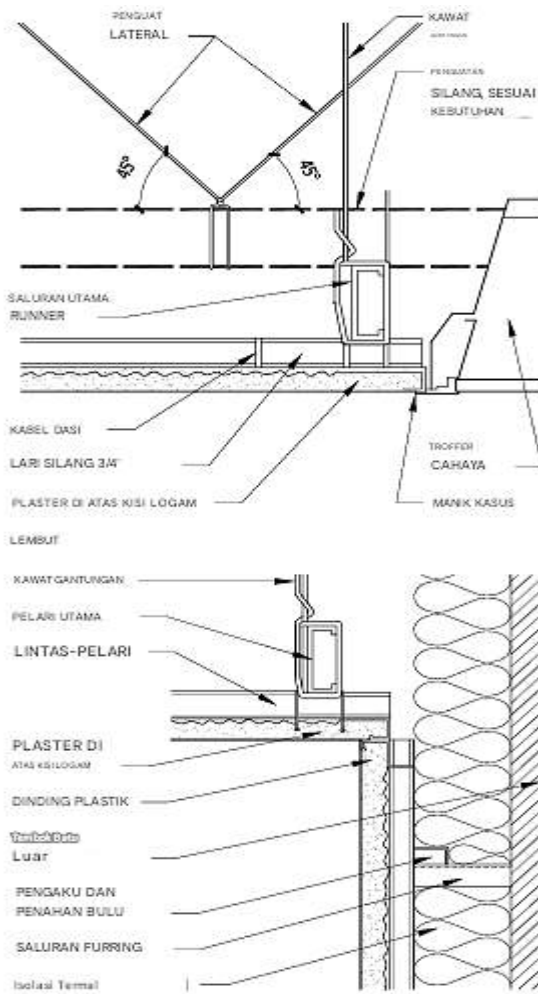


Gambar 3.80 Screed ekspansi

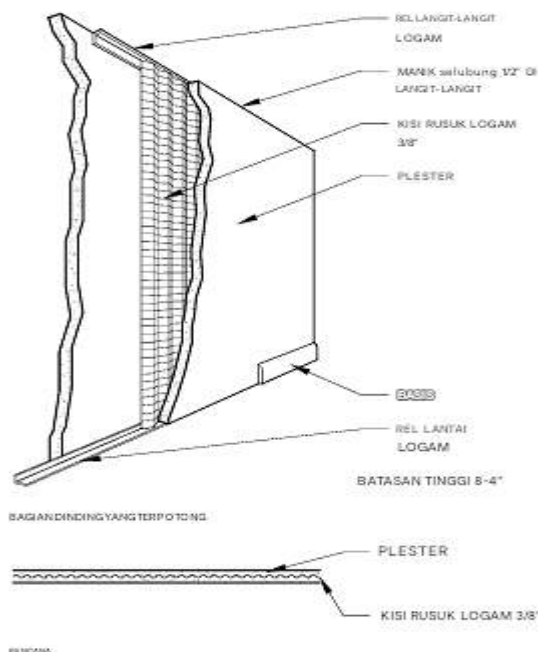
Gambar 3.81 Sambungan kontrol



Gambar 3.82 Partisi stud logam dengan plester dan bubut

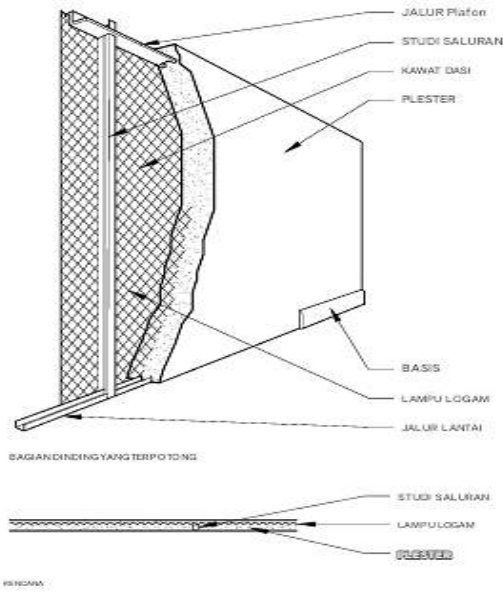


Gambar 3.83 Detail langit-langit plaster yang digantung

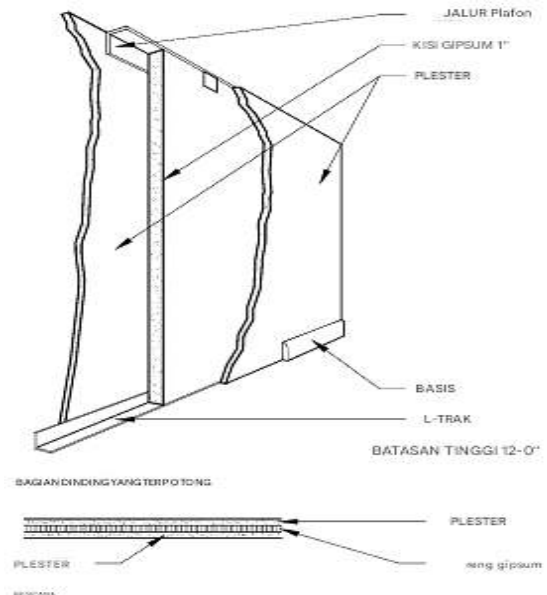


Gambar 3.84 Plester di atas kayu rib logam

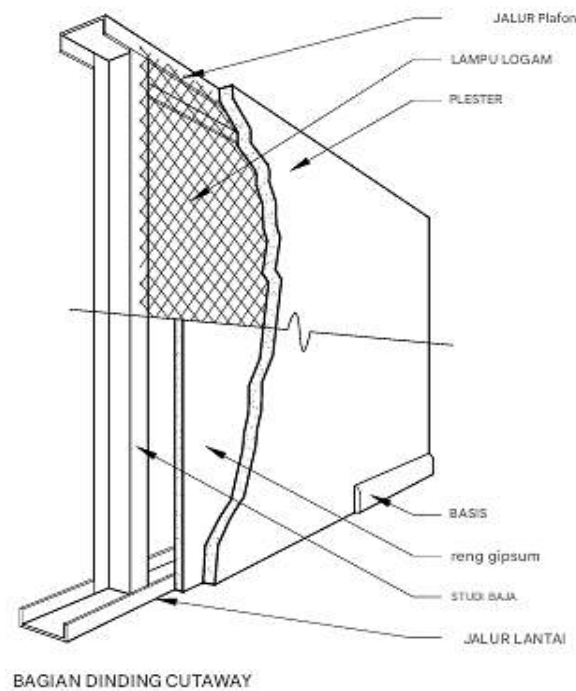
Bila dinding interior diberi bulu dari dinding batu eksterior dan diisolasi, langit-langit harus berhenti tepat di bawah ruang yang diberi bulu. Ini memungkinkan isolasi dinding berlanjut di atas garis langit-langit ke isolasi langit-langit atau atap, sehingga membentuk selubung isolasi yang lengkap. Dalam sistem suspensi yang berbatasan dengan dinding batu, sediakan jarak 1 inci antara ujung-ujung pelari utama atau saluran bulu dan permukaan dinding.



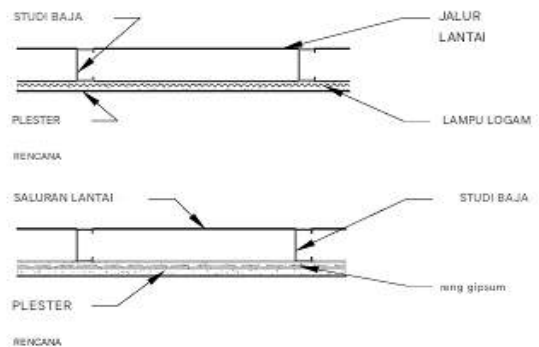
Gambar 3.85 Plester di atas kayu rib logam dan studi saluran



Gambar 3.86 Plaster di atas kayu gipsum padat



Gambar 3.87 Plaster di atas kayu logam atau gypsum dan kantong logam



Petunjuk Penggunaan Tabel

Ikuti langkah-langkah berikut untuk menggunakan Tabel 3.88 hingga 3.92:

1. Pilih rakitan reng dan plester.
2. Tentukan jarak saluran silang dari Tabel 3.88, "Rentang Reng."
3. Tentukan jarak runner utama dari Tabel 3.89, "Jarak Maksimum antar Runner."
4. Tentukan jarak penyangga gantungan untuk runner utama dari Tabel 3.89, "Jarak Maksimum antar Hanger."
5. Hitung luas langit-langit yang disangga per hanger.
6. Pilih jenis hanger dari Tabel 3.91, "Pemilihan Hanger."
7. Pilih ukuran kawat pengikat dari Tabel 3.92 "Pemilihan Kawat Pengikat."

Tabel 3.88 Rentang reng

	JENIS KISI (IN.)	BERAT (LB PER KAKI PERSEGI)	RENTANG (IN.)
Reng gipsum	3/8 polos	1.5	16
	1/2 polos	2.0	16
	1/2 lapisan	1.8	16
	5/8 lapisan	2.25	16
	3/8 lapisan	1.4	16
Reng logam	Jaring berlian	0.27	12
	Jaring berlian	0.38	16
	1/8 tulang rusuk datar	0.31	12
	1/8 tulang rusuk datar	0.38	19
	3/8 tulang rusuk datar	0.38	24

Tabel 3.89 Jarak maksimum antara pelari

JENIS BULU SILANG	JARAK SILANG-BULU (IN.)			
	12	16	19	24
Batang pensil berdiameter 1/4"	24	-	-	-
Batang pensil berdiameter 3/8"	30	-	24	-
3/4" CRC, HRC, (0,3 lb/ft)	-	54	42	36
1" HRC (0,41 lb/ft)	60	-	54	48

Tabel 3.90 Jarak maksimum antara gantungan

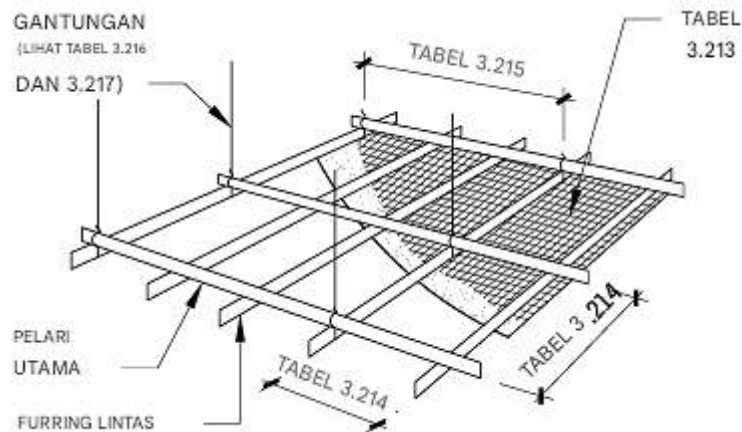
JENIS PELARI UTAMA	JARAK PELARI UTAMA (FT)				
	3	3.5	4	4.5	5
CRC 3/4" (0,3 lb/ft)	2	-	-	-	-
1-1/2" CRC (0,3 lb/ft)	3 ^a	-	-	-	-
CRC 1-1/2" (0,875 lb/ft)	4	3.5	3	-	-
1-1/2" HRC (1,12 lb/ft)	-	-	-	4	-
CRC 2" (0,59 lb/ft)	-	-	5	-	-
2" HRC (1,26 lb/ft)	-	-	-	-	5
1/2 x 1/2 x 3/16"	-	5	-	-	-

Tabel 3.91 Pemilihan gantungan

LUAS PLAFON MAKSIMUM (KAKI PERSEGI)	UKURAN GANTUNGAN MINIMUM
12	Kawat galvanis ukuran 9
16	Kawat galvanis ukuran 8
18	Roda baja 3/16"
25	Batang baja 1/4"
25	3/16" X 1" baja datar

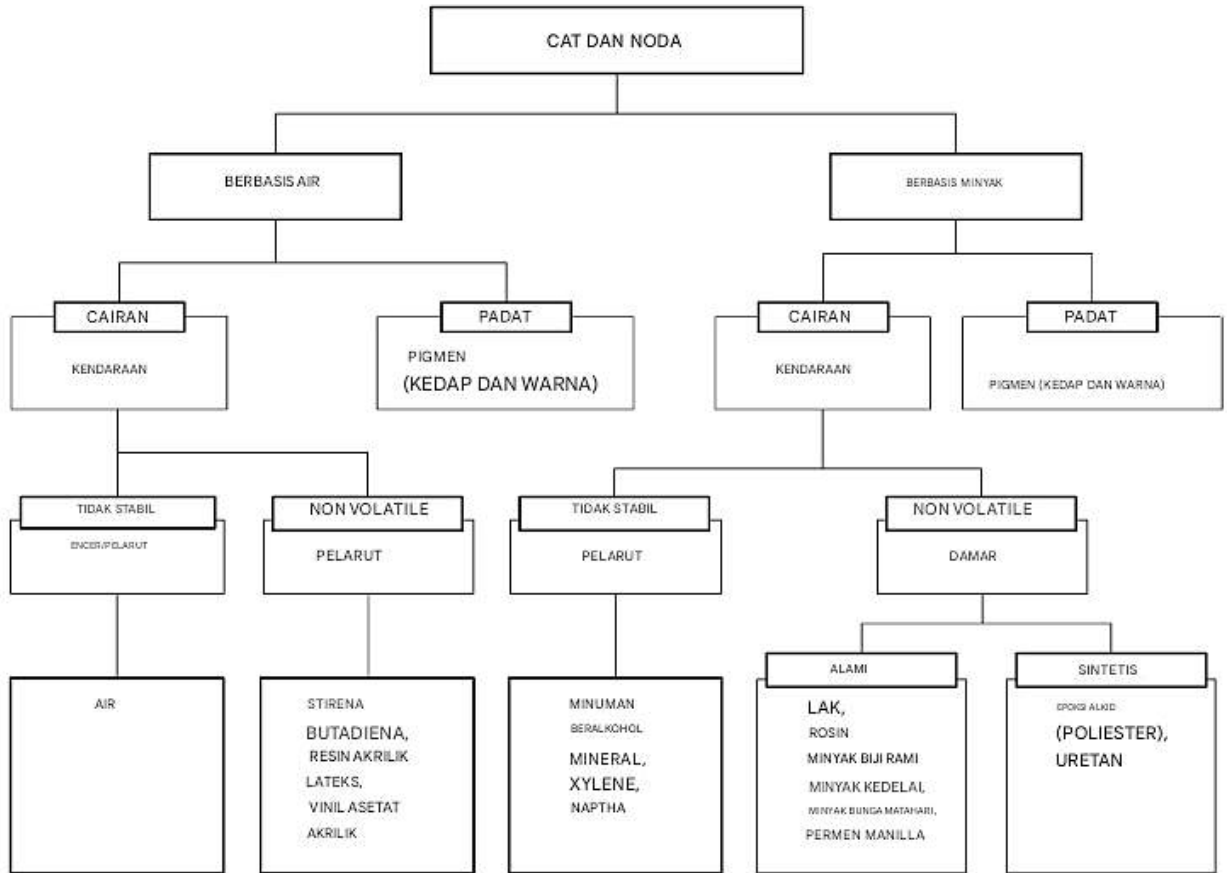
Tabel 3.92 Pemilihan kawat pengikat

	MENDUKUNG	LUAS PLAFON MAKSIMUM (SQ FT)	UKURAN GANTUNGAN MINIMUM
Bulu menyilang		8	kawat ukuran 14
		8	Kawat ukuran 16 (dua lilitan)
Pelari utama	Gantungan tunggal antar balok	8	kawat ukuran 12
		12	kawat ukuran 10
		16	kawat ukuran 8
		16	kawat ukuran 8
	Loop kawat ganda pada penyangga	8	kawat ukuran 14
		12	kawat ukuran 12
	16	kawat ukuran 11	



Gambar 3.93 Detail pemilihan komponen sistem suspensi dan berbulu

Bagan 3.94 Cat dan noda



Primer

Primer membuat permukaan lebih mudah dicat dengan memberikan daya rekat yang lebih baik untuk pelapis. Primer dipilih berdasarkan karakteristik lapisan akhir yang dipilih, dan memiliki fungsi berikut:

- Menyembunyikan permukaan substrat sehingga warna pelapis yang ada tidak "terlihat" tembus.
- Memberikan penghalang untuk mencegah kelembaban merusak ikatan cat.
- Mengikat permukaan substrat dengan lapisan akhir.
- Membatasi penyerapan cat dari substrat berpori, seperti lapisan tipis plester.
- Memperbaiki cat lama agar dapat menerima lapisan cat berikutnya.
- Bertindak sebagai penghambat karat.

Cat Alkid

Resin yang diencerkan dengan pelarut dalam cat alkid terbuat dari minyak sintesis. Resin alkid adalah poliester yang dimodifikasi dengan minyak yang dibuat terutama dari alkohol dan asam. Resin ini adalah resin cat yang paling umum. Cat alkyd lebih cepat kering, lebih keras, dan lebih tahan lama, serta memiliki sifat retensi warna yang lebih baik daripada cat berbasis minyak. Cat ini mudah diaplikasikan, dapat dicuci, dan memiliki lebih sedikit bau daripada cat lain yang menggunakan pengencer pelarut. Namun, cat alkyd memiliki ketahanan yang buruk terhadap permukaan yang mengandung alkali, seperti pasangan bata, dan tidak

boleh digunakan kecuali substrat tersebut telah diberi cat dasar dengan benar.

Cat Lateks

Sebagian besar cat berbasis air disebut sebagai cat lateks. Cat lateks memiliki sedikit bau dan waktu pengeringan yang cepat. Pengencer berbasis airnya membuatnya mudah diaplikasikan, dibersihkan, dan dibuang. Cat lateks berpori, artinya saat diaplikasikan, lapisan lateks mempertahankan lubang mikroskopis yang memungkinkannya bernapas. Kegagalan daya rekat dicegah karena kelembapan yang mungkin terperangkap di bawah permukaan cat dapat menguap melalui lubang-lubang ini. Kerugian dari cat lateks adalah cenderung lebih melepuh saat terdapat banyak warna yang mencolok.

Cat Berbasis Minyak

Resin yang diencerkan dengan pelarut dalam cat berbasis minyak terbuat dari minyak alami, seperti minyak biji rami (dari biji rami), minyak kedelai (dari kacang kedelai), dan minyak tung (dari buah pohon kayu cina).

Cat Epoksi yang Dikatalis

Pelapis epoksi yang dikatalisasi tahan terhadap bahan kimia, pelarut, noda, abrasi fisik, lalu lintas, dan bahan pembersih. Pelapis ini memiliki daya rekat dan retensi warna yang baik. Epoksi yang dikatalisasi tersedia dalam dua bagian: resin dan katalis. Pelapis ini memiliki "masa pakai" yang terbatas, oleh karena itu harus dicampur sebelum digunakan. Saat diaplikasikan pada substrat, terjadi reaksi kimia yang menyebabkan terbentuknya lapisan film keras yang padat, mirip dengan enamel panggang. Ventilasi yang memadai harus disediakan selama dan setelah aplikasi.

Tiga jenis epoksi yang dikatalisasi umumnya digunakan dalam interior komersial:

- Epoksi poliester, yang menghasilkan permukaan mengkilap yang kuat.
- Epoksi poliamida, yang menghasilkan lapisan film yang fleksibel tetapi tahan lama.
- Epoksi uretan, yang merupakan pelapis epoksi yang paling serbaguna.

Cat Epoxy Ester

Epoxy ester mirip dengan epoxy yang dikatalisasi, tetapi tidak memiliki batasan masa pakai dan dikemas seperti cat konvensional. Lapisan cat terbentuk karena oksidasi, bukan reaksi kimia yang dipicu oleh katalis. Epoxy ester kurang tahan lama dibandingkan epoxy yang dikatalisasi.

Cat Intumescent

Cat intumescent memperlambat laju penyebaran api dengan menunda penyalaan permukaan yang telah dilapisi. Cat ini digunakan pada bahan yang mudah terbakar seperti kayu untuk mencapai peringkat penyebaran api yang diperlukan. Cat ini menunda tetapi tidak mencegah penyebaran api. Cat tahan api bersifat intumescent dan melindungi substrat dari pembakaran dengan membengkak membentuk lapisan lepuh hangus saat terkena panas yang sangat tinggi.

Cat intumescent adalah bahan seperti busa yang dibuat dengan pengencer berbasis air atau berbasis pelarut. Peringkat api yang diperlukan dicapai dengan bahan ini berdasarkan jumlah lapisan yang diterapkan pada substrat pada ketebalan yang ditentukan. Produsen cat intumescent mensertifikasi para pelukis untuk memastikan bahwa produk mereka

diaplikasikan dengan benar.

Cat Tahan Api

Cat tahan api menahan penyebaran api dengan tidak berkontribusi terhadap nyala api. Namun, cat ini kurang efektif dalam mengendalikan penyebaran api dibandingkan pelapis intumescent.

Pelapis Multi Warna

Pelapis multiwarna tahan lama dan anti gores. Pelapis ini menambahkan kualitas tiga dimensi ke permukaan, mirip dengan teknik spons tangan. Pelapis multiwarna dapat diencerkan dengan air atau diencerkan dengan pelarut. Pelapis multiwarna tradisional yang diencerkan dengan pelarut terdiri dari gelembung-gelembung kecil dengan ukuran dan warna berbeda yang tersuspensi dalam larutan nonpigmen. Butiran pigmen yang terpisah tetap terpisah hingga disemprotkan. Butiran tersebut pecah saat mengenai permukaan.

Noda

Pewarna yang terbuat dari pewarna yang dilarutkan dalam minyak pengering atau air menghasilkan lapisan kayu yang tembus cahaya atau transparan. Pewarna berbasis minyak menggunakan minyak pengering yang terbuat dari berbagai tanaman. Minyak mengering dengan menyerap oksigen dari permukaan, dan udara menciptakan lapisan elastis yang kuat yang melindungi kayu. Permukaan kayu dapat diisi sebelum diwarnai untuk memengaruhi keporian dan kehalusan permukaan, tetapi pengisi dapat menyebabkan pewarna diserap secara tidak merata. Pewarna dapat diaplikasikan dengan kuas, semprotan, rol, atau kain lap.

Penutup Dinding

Penutup dinding menawarkan daya tahan yang lebih baik dibanding pelapis cat sambil memberikan tekstur dan pola pada permukaan dinding. Jenis penutup dinding meliputi vinil, tekstil, kertas dinding, fiberglass, dan pelapis kayu. Penutup dinding yang paling populer untuk penggunaan komersial adalah vinil, yang disukai karena harganya terjangkau dan daya tahannya.

Penutup Dinding Vinil

Dua proses pembuatan penutup dinding vinil adalah metode kalender dan plastisol:

- Kalender memeras vinil cair di atas serangkaian rol logam panas, meratakan senyawa tersebut menjadi lembaran. Vinil kemudian dilaminasi di bawah panas dan tekanan ke bahan pendukung. Penutup dinding vinil kalender lebih keras, lebih kuat, dan biasanya jauh lebih tebal daripada penutup dinding yang diproduksi dengan metode plastisol.
- Metode plastisol menyebarkan vinil cair ke bahan pendukung, yang kemudian menyatu di bawah suhu tinggi. Teknologi plastisol digunakan terutama untuk penutup dinding perumahan.

Penutup Dinding Tekstil

Tidak semua tekstil cocok untuk digunakan sebagai penutup dinding, dan penutup dinding tekstil juga tidak sesuai untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan aus. Tekstil harus dilapisi bagian belakang agar dapat dipasang sebagai penutup dinding. Lapisan belakang memberikan penghalang untuk mencegah perekat merembes dan merusak permukaan akhir kain. Lapisan belakang juga memberikan stabilitas dimensi yang dibutuhkan tekstil untuk

menahan operasi peregangan dan penghalusan pemasangan penutup dinding. Dua jenis perawatan pelapisan belakang adalah lapisan belakang kertas dan lapisan belakang lateks akrilik:

- Lapisan belakang kertas melibatkan laminasi kertas pada sisi belakang tekstil, yang membuat tekstil menjadi kaku agar pemasangan lebih mudah. Tekstil memiliki sifat yang mirip dengan kertas dinding.
- Pelapisan lateks akrilik melibatkan peregangan tekstil dalam bingkai dan penerapan senyawa lateks. Tekstil mempertahankan sebagian fleksibilitas bawaannya tetapi jauh kurang stabil secara dimensi dibandingkan tekstil dengan lapisan belakang kertas dan dapat meningkatkan biaya pemasangan. Namun, lapisan belakang lateks meningkatkan ketahanan terhadap kusut dan selip jahitan. Sering kali, karena kurangnya kekakuan, perekat yang digunakan dengan penutup dinding ini harus diaplikasikan ke dinding, bukan ke bagian belakang penutup dinding. Akibatnya, proses ini lebih padat karya dan membutuhkan tingkat keterampilan yang lebih tinggi.

Penutup Dinding Fiberglass

Penutup dinding fiberglass terdiri dari benang fiberglass yang direkatkan bersama-sama. Penutup dinding fiberglass secara inheren tahan api dan cocok untuk digunakan dalam memperkuat permukaan dinding yang rapuh atau rusak. Penutup dinding ini dapat ditembus air, sehingga secara intrinsik tahan terhadap jamur dan lumut. Penutup dinding fiberglass harus dicat setelah pemasangan; dan, biasanya, cat lateks dipilih untuk menjaga agar dinding tetap dapat bernapas. Jenis penutup dinding ini hanya memberikan pola bertekstur, bukan warna.

Penutup Dinding dari Pelapis Kayu

Penutup dinding dari pelapis kayu dibuat dengan merekatkan potongan pelapis kayu setebal sekitar 1/64 inci ke bahan dasar anyaman. Penutup dinding yang dihasilkan cukup tipis agar lentur di sepanjang garis serat tetapi terlalu tebal untuk lentur pada arah horizontal (tegak lurus dengan serat kayu). Fleksibilitas bawaan dari penutup dinding pelapis kayu memudahkan pemasangan di sekitar kolom dan permukaan lengkung lainnya.

Namun, tipisnya penutup dinding pelapis kayu menimbulkan tiga masalah utama:

- ☞ Operasi penyelesaian setelah pemasangan.
- ☞ Persiapan substrat yang tepat.
- ☞ Kelembapan.

Selain itu, penutup dinding pelapis kayu terlalu tipis untuk diampelas. Oleh karena itu, kehati-hatian harus dilakukan selama pemasangan untuk mencegah permukaan ternoda atau rusak. Selain itu, ketidaksempurnaan permukaan dinding cenderung terlihat melalui pelapis tipis, jadi di area yang substratnya tidak dapat disiapkan menjadi permukaan yang halus dan rata, panel kayu lapis berlapis merupakan pilihan yang lebih baik.

Tekukan dan lengkungan yang disebabkan oleh kelembapan dapat menjadi masalah signifikan tambahan untuk jenis penutup dinding ini; oleh karena itu, tidak disarankan untuk diaplikasikan pada permukaan bagian dalam dinding eksterior, kecuali permukaan akhir dinding telah dihaluskan dan kedap lembap.

Penutup dinding dari pelapis kayu tersedia dalam bentuk yang sudah jadi atau belum jadi. Pelapis yang belum jadi harus diwarnai dan dipoles setelah dipasang. Beberapa pelapis, misalnya, minyak yang dapat meresap, dapat memiliki efek buruk pada perekat penutup dinding. Pelapis yang diaplikasikan pada permukaan pelapis kayu yang terpasang harus disetujui oleh produsen penutup dinding. Pemasangan penutup dinding dari pelapis kayu mirip dengan pemasangan jenis penutup dinding lainnya; namun, lembarannya harus disatukan dan tidak boleh ditumpuk dan dipangkas.

Persiapan Dinding

Ada empat cara tradisional untuk menyiapkan permukaan dinding untuk penutup dinding: melapisi, melapisi, memberi ukuran, atau menerapkan pelapis dinding.

- ❖ Pelapis memastikan daya rekat yang tepat dan merupakan persiapan dinding yang paling umum diperlukan untuk instalasi komersial.
- ❖ Pelapis biasanya berbahan dasar minyak, terbuat dari alkyd atau shellac. Pelapis memberikan sifat penyegel noda; misalnya, dinding yang mengalami kerusakan air biasanya harus disegel sebelum dapat diselesaikan dengan cat atau penutup dinding. Pelapis juga meningkatkan kemampuan pengelupasan tanpa merusak permukaan dinding.
- ❖ Memberi ukuran permukaan dinding menurunkan daya serap dinding dengan mengurangi penetrasi pasta. Namun, memberi ukuran tidak selalu meningkatkan ikatan antara perekat dan permukaan dinding.
- ❖ Pelapis dinding adalah lembaran nonwoven; pemasangannya mirip dengan penutup dinding. Pelapis dinding terkadang diperlukan jika permukaan dinding tidak dapat disiapkan dengan cara konvensional. Pelapis dinding dapat digunakan untuk mencegah retakan, lubang, dan celah terlihat melalui penutup dinding. Pelapis dinding juga dapat digunakan sebagai pengganti primer/sealer untuk menutupi warna kontras atau area terang dan gelap pada substrat.

FINISHING LANTAI

Semua lantai di ruangan yang harus dapat diakses dan pada rute yang dapat diakses harus kokoh, stabil, dan antiselip.

Finishing Lantai Ubin

Banyak jenis ubin yang digunakan sebagai pelapis lantai termasuk: keramik, tambang, mosaik kaca, plastik, logam. Ubin keramik dibuat dari tanah liat atau campuran tanah liat dan bahan keramik. Tanah liat alami paling umum digunakan, tetapi porselen juga tersedia. Ubin porselen berbutir halus dan halus dan dapat dibentuk menjadi desain yang sangat detail. Dimensi ubin biasanya nominal. Lihat data produsen untuk dimensi ubin dan potongan trim tertentu.

Tabel 3.95 Enam penutup dinding yang dikategori berdasarkan kinerja

KATEGORI	DISKRIPSI	KEGUNAAN	KOMENTAR
I	Hanya dekoratif	Untuk tujuan dekoratif	Penutup dinding tidak diuji. Wallpaper dan penutup dinding lainnya yang utamanya digunakan untuk rumah tinggal termasuk dalam kategori ini.
II	Dekoratif, dengan	Terutama bersifat dekoratif tetapi	Selain pengujian yang diperlukan untuk daya cuci

	kemudahan servis sedang	lebih mudah dicuci dan tahan warna dibandingkan penutup dinding Kategori I	minimum dan ketahanan warna, penutup dinding diuji untuk penyebaran api maksimum dan pengembangan asap. Terutama untuk penggunaan di rumah.
III	Dekoratif, dengan kemudahan servis yang tinggi	Untuk penggunaan sedang, di mana ketahanan abrasi, ketahanan noda, mudah digosok, dan peningkatan ketahanan warna diperlukan	Selain pengujian yang diwajibkan untuk penutup dinding Kategori II, penutup dinding dalam kategori ini diuji untuk daya gosok minimum, ketahanan terhadap noda, dan ketahanan terhadap retak. Penutup dinding ini memenuhi persyaratan yang lebih ketat untuk ketahanan warna daripada penutup dinding Kategori II. Terutama untuk penggunaan di rumah.
IV	Tipe I (Tugas Ringan) komersial kemudahan servis	Untuk penggunaan di tempat yang memerlukan ketahanan abrasi yang lebih tinggi, ketahanan noda, dan kemampuan gosok yang lebih baik pada penggunaan konsumen berat dan penggunaan komersial ringan.	Selain pengujian yang diwajibkan untuk penutup dinding Kategori III, penutup dinding ini diuji untuk penyusutan maksimum dan ketahanan abrasi minimum, kekuatan putus, ketahanan sobek, ketahanan pemblokiran, daya rekat pelapis, ketahanan retak dingin, dan ketahanan penuaan panas. Semua metode pengujian yang tercantum dalam standar berlaku untuk penutup dinding Kategori III, tetapi penutup dinding ini memenuhi persyaratan yang lebih ketat untuk ketahanan warna dan daya gosok daripada yang ada di Kategori III. Cocok untuk kantor pribadi, kamar hotel, dan area yang tidak mengalami abrasi yang tidak biasa atau lalu lintas padat.
V	Tipe II (Tugas Sedang) komersial dapat digunakan	Untuk penggunaan di tempat yang membutuhkan kualitas pemakaian yang lebih baik dan paparan pemakaian lebih besar dari biasanya	Telah diuji sesuai dengan persyaratan yang lebih ketat untuk daya gosok, ketahanan abrasi, ketahanan noda, ketahanan sobek, dan daya rekat pelapis dibandingkan penutup dinding Kategori IV. Cocok untuk area publik seperti ruang tunggu, ruang makan, koridor publik, dan ruang kelas.
VI	Tipe III (Tugas Berat) komersial kemudahan servis	Untuk digunakan di area dengan lalu lintas padat	Penutup dinding Kategori VI diuji untuk daya gosok tertinggi, ketahanan abrasi, kekuatan pecah, ketahanan sobek, daya rekat pelapis, dan penyusutan maksimum. Penutup dinding Kategori VI, Tipe III, umumnya digunakan di koridor layanan dengan lalu lintas tinggi tempat kereta dorong dapat menabrak dinding.

Komposisi dan Glaze Ubin

Ubin keramik terbuat dari tanah liat alami atau porselen, dan dapat diglasir atau tidak diglasir.

- ★ Ubin porselen adalah mosaik keramik atau ubin paving yang umumnya dibuat dengan metode pengepresan debu. Ubin ini padat, kedap air, berbutir halus, dan halus, dengan permukaan yang dibentuk dengan tajam.
- ★ Ubin tanah liat alami adalah mosaik keramik atau ubin paving dengan tampilan yang khas dan sedikit bertekstur. Ubin ini dibuat dengan metode pengepresan debu atau plastik dari tanah liat yang memiliki badan padat.
- ★ Ubin yang diglasir memiliki lapisan akhir permukaan kedap air dari bahan keramik yang menyatu dengan badan ubin. Badan ubin dapat berupa non-vitreous, semi-vitreous, vitreous, atau kedap air.
- ★ Ubin yang tidak diglasir adalah ubin keras dan padat dengan komposisi seragam yang memperoleh warna dan tekstur dari bahan yang digunakan dalam pembuatannya.

Tabel 3.96 Penyerapan air pada ubin keramik

JENIS	PENYERAPAN AIR	BAHAN KERAMIK	PENGUNAAN
Non-vitreous	Lebih dari 7,0%	Tanah liat alami	Jangan digunakan di tempat yang terus-menerus basah
Semi-vitreous	Lebih dari 3,9%, tetapi tidak lebih dari 7,0%	Tanah liat alami	Jangan digunakan di tempat yang selalu basah
Vitreous	0,5% hingga 3,0%	Tanah liat alami	Untuk digunakan di lokasi yang terus-menerus basah
Impervious	0,5% atau kurang	Porselen	Untuk digunakan di lokasi yang terus-menerus basah; ketahanan aus yang unggul

Jenis Ubin

Terdapat berbagai jenis ubin, termasuk mosaik keramik, tambang, paving, dekoratif, terpasang, dan ubin konduktif.

Ubin Mosaik Keramik

Ubin mosaik keramik dibentuk dengan metode penekanan debu atau plastik. Biasanya setebal 1/4 hingga 3/8 inci dengan luas permukaan kurang dari 6 inci persegi, ubin ini dapat dibuat dari porselen atau tanah liat alami dan dapat polos atau memiliki campuran abrasif di seluruh bagiannya.

Ubin Tambang

Ubin tambang adalah ubin berglasir atau tidak berglasir yang dibuat dengan proses ekstrusi dari tanah liat atau serpih alami. Biasanya memiliki luas permukaan 6 inci persegi atau lebih. Ubin tambang dapat dibuat dengan grit abrasif yang tertanam di permukaannya, untuk digunakan di area yang memerlukan ketahanan selip.

Ubin Paver

Ubin paver adalah ubin porselen atau tanah liat alami berglasir atau tidak berglasir yang dibentuk dengan metode penekanan debu dengan luas permukaan 6 inci persegi atau lebih.

Ubin Dinding Tipis Dekoratif

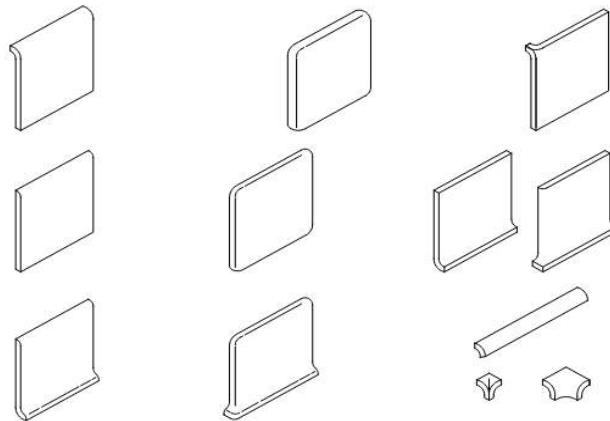
Ubin dinding tipis dekoratif adalah ubin kaca dengan bodi tipis yang biasanya tidak mengandung kaca. Ubin ini cocok untuk penggunaan perumahan dekoratif interior saat kekuatan putus tidak diperlukan.

Ubin Terpasang

Ubin terpasang dirakit menjadi unit atau lembaran untuk memudahkan penanganan dan pemasangan. Ubin dapat dipasang di bagian depan, belakang, atau tepi. Material yang diaplikasikan pada bagian depan ubin biasanya mudah dilepas, tetapi material yang direkatkan di bagian belakang terintegrasi dengan pemasangan ubin.

Ubin Konduktif

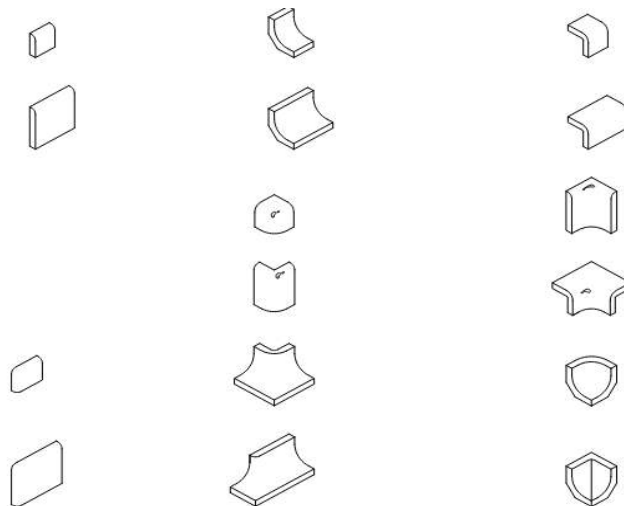
Ubin konduktif memiliki sifat konduktivitas listrik tertentu tetapi mempertahankan sifat fisik normal ubin lainnya.



Gambar 3.97 Bentuk potongan ubin dinding

Pemasangan Ubin

Ada dua langkah dasar dalam pemasangan ubin: pemasangan dan grouting. Pemasangan memperbaiki ubin ke substrat dengan mortar atau perekat. Grouting mengisi ruang di antara ubin, mengikatnya menjadi permukaan yang berkesinambungan. Pemilihan ubin, mortar, dan grouting saling bergantung.



Gambar 3.98 Bentuk potongan ubin mosaik keramik

Pemasangan Bedang Mortar

Pemasangan bedang mortar menggunakan semen portland. Bedang mortar setebal 3/4 hingga 2 inci diletakkan. Kemiringan lantai yang akurat ke saluran pembuangan dapat dipasang, dan penguatan dengan kasa logam atau membran kedap air dimungkinkan. Membran kedap air adalah lembaran fleksibel atau cairan yang mengeras menjadi membran tanpa sambungan dan digunakan dalam aplikasi yang secara teratur atau terus-menerus terkena air. Baik pemasangan tebal maupun tipis dapat menggabungkan membran kedap air.

Pemasangan Set Tipis

Pemasangan set tipis adalah yang paling populer (mencakup sekitar 90 persen pemasangan di Amerika Serikat) dan dapat setipis 3/32 inci. Semua metode selain aplikasi semen portland konvensional dianggap set tipis. Bahan pengikat meliputi mortar set kering,

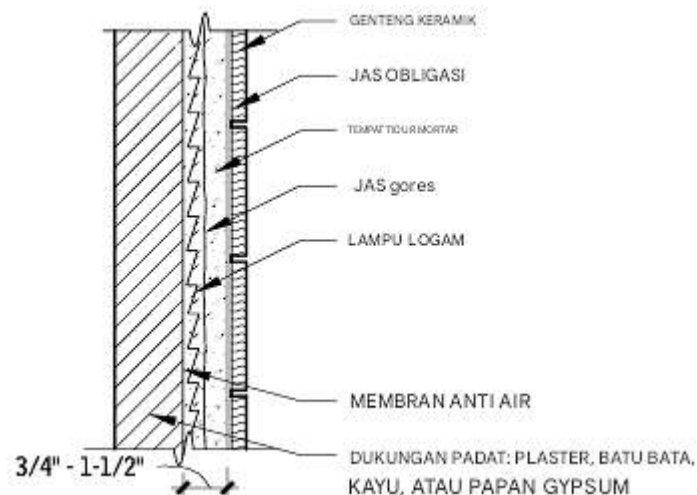
mortar semen portland lateks, perekat organik, mortar atau perekat epoksi, dan mortar emulsi epoksi yang dimodifikasi. Aplikasi set tipis memerlukan permukaan yang kontinu, stabil, dan tidak rusak.

Papan penyangga semen terkadang digunakan sebagai lapisan bawah untuk pemasangan set tipis. Papan ini terbuat dari semen portland atau gipsum yang diolah dan agregat ringan, dan dirancang untuk menyediakan alas kedap air untuk pemasangan ubin keramik yang sering terkena air—misalnya, sekeliling pancuran.

Mortar

Mortar dikategorikan sebagai semen dan non-semen. Perekat juga populer untuk digunakan dalam memasang ubin ke substrat. Mortar semen dapat dikategorikan sebagai berikut:

- ☞ Mortar semen portland adalah campuran semen portland dan pasir (untuk lantai) atau kapur (untuk dinding) yang digunakan untuk pemasangan lapisan tebal.
- ☞ Mortar dryset adalah campuran semen portland dengan pasir dan aditif, yang memberikan retensi air sehingga tidak perlu merendam ubin.
- ☞ Mortar semen portland lateks merupakan campuran yang mirip dengan dryset, tetapi dengan tambahan lateks (emulsi partikel polimer dalam air) untuk menggantikan sebagian atau seluruh air dalam mortar. Mortar ini memberikan daya rekat, kepadatan, dan ketahanan benturan yang lebih baik daripada mortar dryset dan lebih fleksibel serta tahan terhadap kerusakan akibat embun beku.



Gambar 3.99 Mortar semen

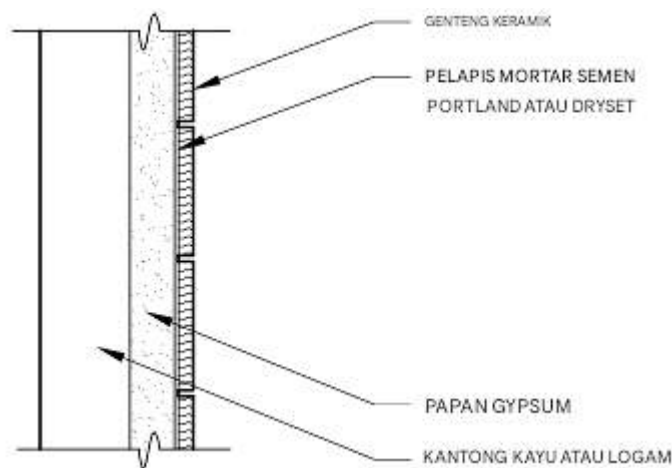
Gunakan mortar semen di atas pasangan bata, plester, atau lapisan dasar padat lainnya, untuk memberikan penahan yang kuat bagi rangka logam. Ini adalah metode yang lebih disukai untuk penutup pancuran dan bak mandi, dan digunakan dalam renovasi.

Mortar non-semen dapat dikategorikan sebagai berikut:

- ☑ Mortar epoksi adalah campuran dua bagian (resin dan pengeras dengan pengisi silika) yang digunakan di tempat-tempat yang ketahanan kimianya penting. Mortar ini

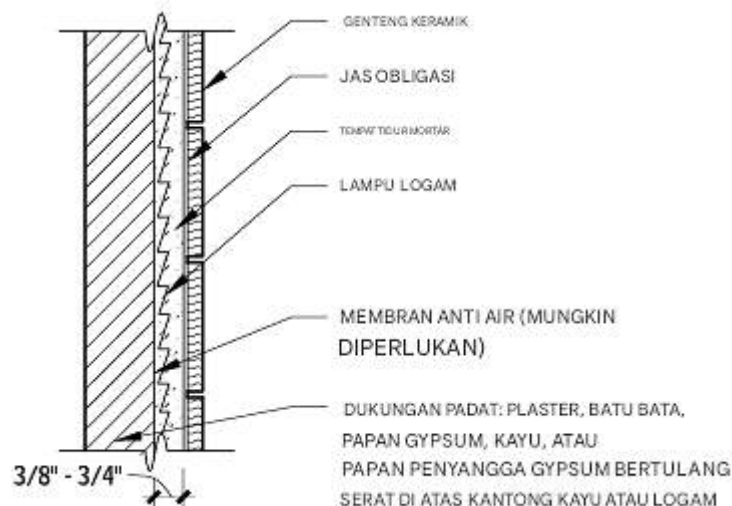
memiliki kekuatan ikatan yang tinggi dan ketahanan yang tinggi terhadap benturan. Mortar ini dan mortar furan adalah satu-satunya dua jenis yang dapat direkomendasikan untuk digunakan di atas pelat baja.

- ☑ Mortar emulsi epoksi yang dimodifikasi mirip dengan mortar epoksi. Campuran ini mengandung resin dan pengeras beserta semen portland dan pasir. Meskipun tidak tahan kimia seperti mortar epoksi, mortar ini dapat mengikat dengan baik. Dibandingkan dengan mortar yang dibuat dari semen portland secara eksklusif, mortar ini memungkinkan penyusutan yang sedikit atau tidak ada sama sekali.
- ☑ Mortar furan adalah campuran dua bagian, yang terdiri dari resin furan dan pengeras. Sangat baik untuk penggunaan yang tahan kimia, mortar ini tahan terhadap suhu tinggi hingga 350°F. Perekat epoksi adalah campuran yang mirip dengan mortar epoksi dalam hal kemampuan ikatan, tetapi tidak tahan terhadap bahan kimia atau pelarut.



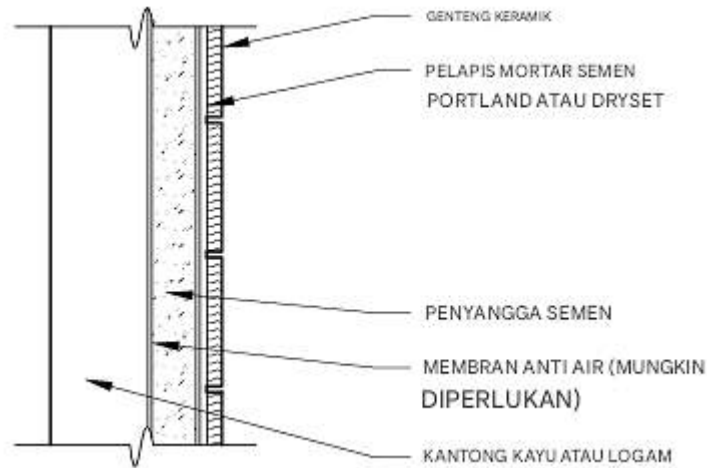
Gambar 3.100 Mortar semen lateks portland

Mortar semen portland lateks digunakan di area kering di sekolah, lembaga, dan gedung komersial. Mortar ini tidak boleh digunakan di area dengan suhu melebihi 125°F.



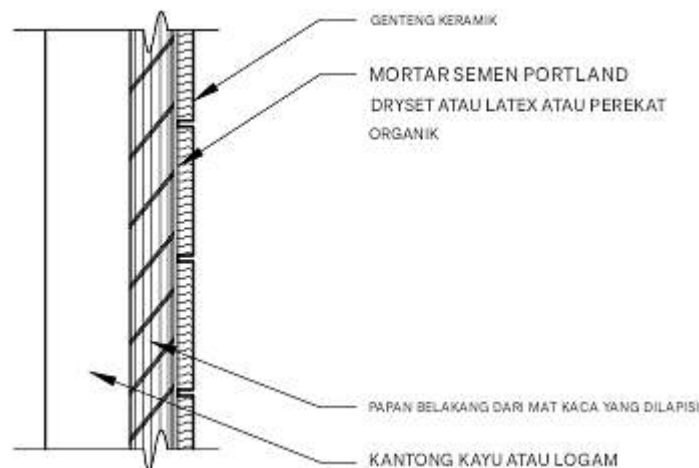
Gambar 3.101 Metode satu lapisan

Metode satu lapis digunakan untuk renovasi atau pada permukaan yang memiliki masalah perekatan. Ini adalah metode yang lebih disukai untuk mengaplikasikan ubin di atas plester gipsum atau papan gipsum di kamar mandi dan bak mandi.



Gambar 3.102 Mortar kering (penyangga semen)

Gunakan mortar kering di area basah di atas tiang kayu atau logam yang ditopang dengan baik. Jarak antar tiang tidak boleh melebihi 16 in. o.c., dan tiang logam harus berukuran 20 atau lebih.



Gambar 3.103 Papan penyangga kaca berlapis

Papan penyokong kaca berlapis digunakan di area basah di atas tiang kayu atau logam yang kering dan ditopang dengan baik. Jarak antar tiang tidak boleh melebihi 16 in. o.c., dan tiang logam harus berukuran 20 atau lebih.

Perekat

Perekat organik adalah campuran damar wangi satu bagian yang tidak memerlukan pencampuran. Perekat ini tetap agak fleksibel (dibandingkan dengan mortar semen portland) dan memiliki kekuatan ikatan yang baik, tetapi tidak boleh digunakan untuk aplikasi eksterior

atau basah.

Grout

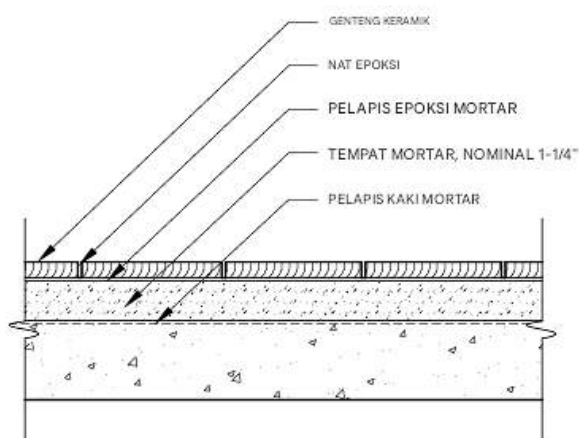
Grout digunakan untuk mengisi sambungan antar ubin dan dipilih dengan mortar yang kompatibel. Grout adalah campuran berbasis semen portland atau campuran senyawa lain untuk meningkatkan kinerjanya atau memudahkan pemasangannya. Jenis dan ukuran ubin, tingkat layanan, kondisi iklim, jarak ubin, dan rekomendasi masing-masing produsen adalah faktor yang perlu dipertimbangkan saat memilih grout.

- ✓ Grout berbasis semen portland adalah campuran semen portland dan pasir (untuk lantai) atau kapur (untuk dinding) dan digunakan untuk pemasangan tebal. Grout ini termasuk grout semen portland komersial, pasir portland, grout semen, grout kering, dan grout semen portland lateks.
- ✓ Nat yang tidak berbahan dasar semen Portland meliputi epoksi padat, furan, silika, dan nat mastik. Nat mastik menghilangkan kebutuhan untuk mencampur di lokasi.
- ✓ Nat epoksi adalah campuran dua atau tiga bagian (pengeras resin epoksi dengan pengisi pasir silika) yang sangat tahan terhadap bahan kimia dan memiliki daya rekat yang baik. Nat ini dan nat furan dibuat untuk ketahanan kimia dan pelarut yang berbeda.
- ✓ Nat resin furan adalah campuran furan dua bagian (mirip dengan mortar furan) yang tahan terhadap suhu tinggi dan pelarut.
- ✓ Nat karet silikon adalah campuran elastomerik dari karet silikon. Nat ini memiliki daya rekat yang tinggi, tahan terhadap air dan noda, serta tetap fleksibel dalam kondisi beku.

Tabel 3.104 Bahan pengaturan

JENIS	DESKRIPSI	FITUR
SEMEN		
Semen Portland mortir	Semen portland dan pasir, dengan perbandingan 1:5 untuk lantai; semen portland, pasir, dan kapur, dengan perbandingan 1:5:1/2 hingga 1:7:1 untuk dinding.	Sebagian besar permukaan, instalasi biasa
Mortar kering	Semen Portland dengan pasir dan aditif yang memberikan retensi air, yang digunakan sebagai lapisan pengikat untuk pemasangan ubin.	Instalasi Thinset
Mortar semen portland lateks	Semen portland, pasir, dan aditif lateks khusus, yang digunakan sebagai lapisan pengikat untuk pemasangan ubin	Aditif lateks meningkatkan daya rekat, mengurangi penyerapan air, dan memberikan kekuatan ikatan yang lebih besar serta ketahanan terhadap guncangan dan benturan. Diperlukan untuk ubin porselen berukuran besar.
NONSEMEN		
Mortar epoksi	Resin epoksi dan pengeras epoksi	Tahan bahan kimia
Mortar emulsi epoksi yang dimodifikasi	Resin epoksi teremulsi dan pengeras dengan semen portland dan pasir silika	Kekuatan ikatan yang tinggi; sedikit atau tidak ada penyusutan; tidak tahan bahan kimia
Mortar resin furan	Resin furan dan pengeras furan	Tahan bahan kimia
Perekat epoksi	Resin epoksi dan pengeras epoksi	Kekuatan ikatan tinggi dan kemudahan pengaplikasian; ketahanan kimia kurang optimal
Perekat organik	Hanya untuk penggunaan di dalam ruangan;	Tidak cocok untuk aplikasi yang terus menerus basah

	siap pakai (tanpa penambahan cairan); dikeringkan dengan penguapan	atau suhu yang melebihi 140°F
--	--	-------------------------------



Gambar 3.105 Mortar-bed—pemasangan mortar dan nat epoksi tahan bahan kimia (perlu pemerataan)

Mortar dan nat epoksi digunakan jika perataan sublanai diperlukan dan jika paparan bahan kimia sedang dan metode pembersihan berat digunakan, seperti di pabrik pengolahan makanan.

Finishing Lantai Terrazo

Terrazzo adalah pelapis lantai yang sangat mudah dirawat dan mulus dengan tampilan mosaik batu yang mewah dan daya tahan yang sebanding dengan beton. Sering dipilih karena kemungkinan dekoratifnya, seni teraso dapat menghasilkan medali yang mencolok atau pola tataan yang rumit.

Terrazzo adalah campuran pengikat dan agregat yang dihancurkan, biasanya marmer. Jenis agregat lainnya, seperti kaca, tersedia untuk memvariasikan tampilan teraso. Strip pemisah dari kuningan, paduan seng putih, atau plastik, digunakan secara fungsional sebagai sambungan kontrol, dan secara estetika sebagai elemen desain, untuk memisahkan bidang warna.

Tabel 3.106 Sistem teras interior

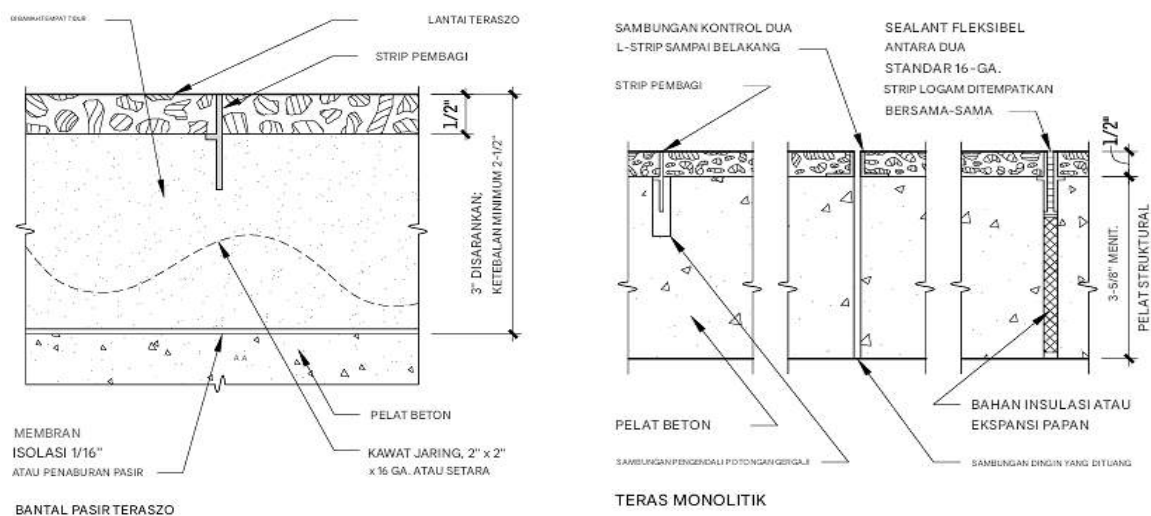
SISTEM	DESKRIPSI	KEUNTUNGAN	KETEBALAN TOTAL	BERAT PSF
Bantalan pasir	1/2 teraso di atas 2-1/2 alas bedengan, diperkuat dengan kawat kasa, di atas membran isolasi di atas 1/16 pasir, di atas pelat beton. Hanya untuk penggunaan di dalam ruangan.	Sistem teraso semen terbaik yang tersedia, karena merupakan satu-satunya sistem yang sepenuhnya memisahkan lapisan akhir dari lantai dasar. Ini melindungi dari cacat substrat kecil yang terlihat melalui permukaan akhir.	3, termasuk 1/2 topping teraso	30
Berikat	1/2 teraso di atas 1-1/4 di bawah alas, di atas lempengan beton. Hanya untuk penggunaan di dalam ruangan.	Ketebalannya lebih tipis daripada bantalan pasir. Dapat digunakan untuk dinding.	1-3/4 hingga 2-1/4, termasuk 1/2 lapisan atas teraso	18
Monolitik	Lapisan atas teraso 1/2" pada pelat	Sistem yang paling ekonomis, ideal untuk	1/2 lapisan	7

	beton. Kinerja bergantung pada kualitas substrat. Pelat beton yang rata harus disediakan.	area yang luas seperti pusat perbelanjaan, sekolah, dan toko.	teraso	
Lapisan tipis (Epoksi)	Penutup atas teraso 1/4 hingga 3/8" di atas lempengan beton. Sistem tertipis dan, biasanya, termahal. Dianggap sebagai jenis lantai resin. Matriks epoksi atau poliester digunakan.	Cocok untuk pekerjaan renovasi. Baik epoksi maupun poliester tahan terhadap berbagai jenis bahan kimia, sehingga cocok untuk laboratorium, rumah sakit, dan fasilitas manufaktur.	1/4 sampai 3/8	4
Pracetak	Unit yang dibuat khusus untuk tangga, alas, pot tanaman, bangku, dan panel dinding.	Berbagai macam penggunaan	Kebiasaan	Bervariasi

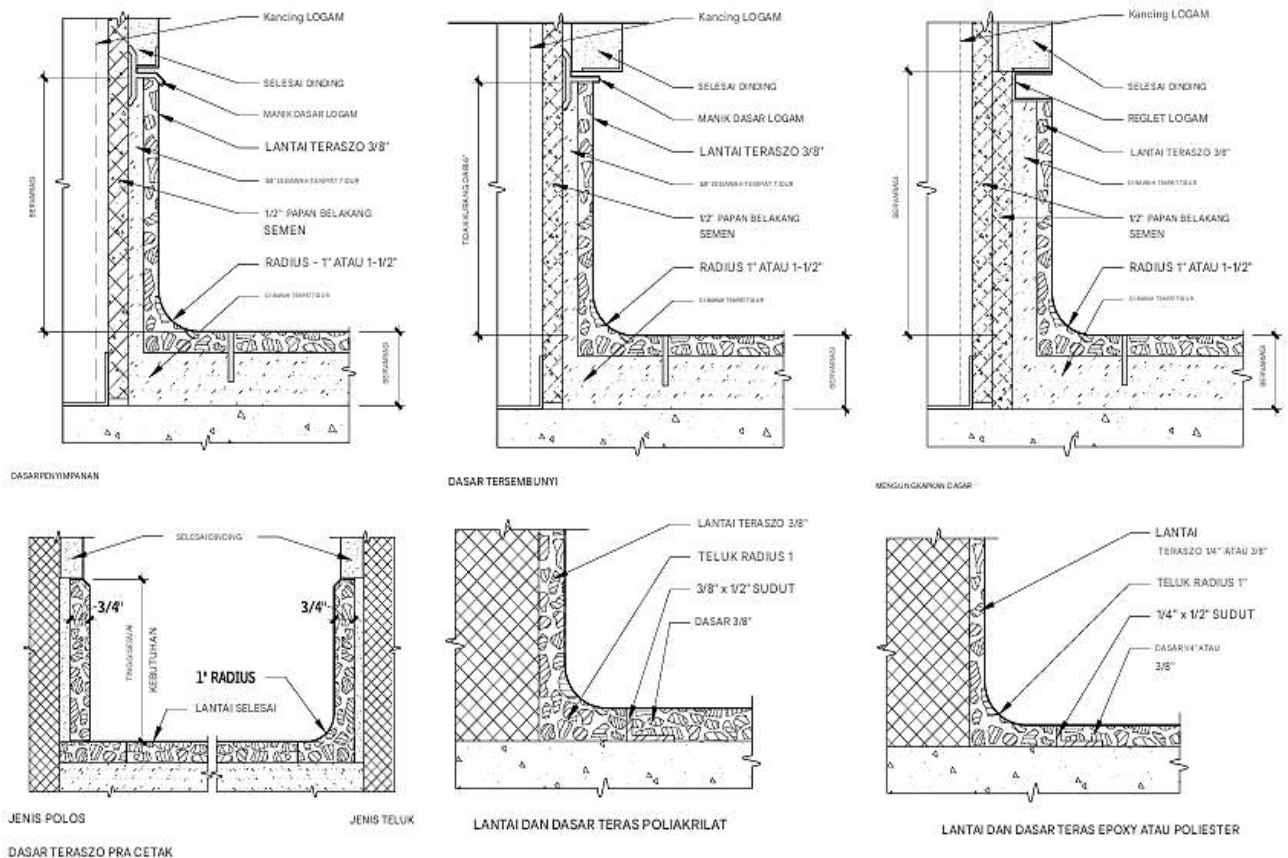
Sumber: Dicitak ulang atas izin National Terrazzo and Mosaic Association (NTMA). NTMA, asosiasi kontraktor teraso, pemasok material, dan distributor, menerbitkan Manual Teknis NTMA, yang berisi spesifikasi lengkap untuk semua sistem teraso.

Agregat

Agregat, atau serpihan batu yang digunakan dalam teraso, mencakup semua serpentin berkapur dan batuan lain yang mampu dipoles dengan baik. Marmer dan oniks adalah bahan yang disukai. Kuarsa, granit, kuarsit, dan kerikil silika digunakan untuk teraso pedesaan dan mosaik bertekstur yang tidak memerlukan pemolesan.



Gambar 3.107 Terrazzo



Gambar 3.108 Dasar terazzo

Lantai Kayu

Lantai kayu terdiri dari produk kayu solid atau rekayasa dan tersedia dalam bentuk strip, papan, dan parket. Semua lantai kayu memerlukan perawatan rutin untuk mempertahankan penampilannya. Organisasi dan pemasok industri lantai kayu memberikan informasi terperinci tentang spesifikasi produk.

Lantai Kayu Padat

Lantai kayu solid tersedia dalam banyak spesies kayu keras dan kayu lunak. Lantai ini dapat dipoles ulang beberapa kali. Lantai ini tidak boleh dipasang di bawah permukaan tanah, karena kemungkinan kerusakan akibat kelembapan pada lantai kayu.

Lantai Strip Kayu

Lantai strip kayu untuk penggunaan normal biasanya setebal nominal 3/4 inci, dengan ketebalan sebenarnya 25/32 inci, dengan lebar berkisar antara 1-1/2 hingga 2-1/4 inci. Panjangnya acak.

Lantai Papan Kayu

Lantai papan kayu juga biasanya setebal nominal 3/4 inci. tebal, dengan lebar mulai dari 3 hingga 10 inci, dan tersedia dalam panjang acak.

Pemilihan Lantai Kayu

Lantai kayu harus dipilih setelah mempertimbangkan lalu lintas pejalan kaki dan kendaraan (kereta), daya tahan yang dibutuhkan, dan potensi kerusakan pada lantai;

penggunaan umum, paparan kelembaban dan sinar matahari, perawatan, harapan tampilan lantai kayu, dan kriteria lain yang khusus untuk proyek tersebut. Mayoritas kayu yang ditentukan untuk lantai komersial adalah kayu keras seperti kayu ek atau maple. Penampilan keseluruhan terbaik, keseragaman warna, jumlah tanda karakter yang terbatas, dan tanda getah minimal menunjukkan lantai kayu yang paling diinginkan.

Tabel 3.109 mencantumkan kelas dan ukuran papan menurut spesies atau kelompok regional. Klasifikasi kelas bervariasi, tetapi dalam setiap kasus dapat diasumsikan bahwa kelas pertama yang tercantum adalah kualitas tertinggi dan kualitasnya menurun dengan setiap kelas berikutnya.

Kelas terbaik biasanya meminimalkan atau mengecualikan fitur seperti mata kayu, garis-garis, bintik-bintik, cekungan, dan serat kayu yang sobek, dan akan berisi persentase papan yang lebih panjang tertinggi. Standar mutu telah dikurangi dalam beberapa tahun terakhir untuk sebagian besar lantai yang diproduksi secara komersial, oleh karena itu peninjauan menyeluruh terhadap spesifikasi mutu yang tepat perlu dilakukan ketika memilih lantai kayu.

Tabel 3.109 Mutu dan ukuran papan umum berdasarkan jenis atau kelompok daerah

KELOMPOK	ORGANISASI INDUSTRI	NILAI	KETEBALAN (IN.)	LEBAR (IN.)	CATATAN
Ek, abu, ceri hitam, dan kenari; juga beech, birch, hard maple, pecan, dan hickory	Asosiasi Produsen Lantai Kayu Oak Nasional (NOFMA), Memphis, Tennessee: (901) 526-5016; www.nofma.org	Kayu ek, abu, ceri hitam, dan kenari	Mengupas	Menghadapi	Lantai kayu ek dengan finishing pabrik tersedia dalam mutu Prime, Standard, dan Tavern, dengan ketebalan 3/4" dan lebar muka 1-1/2" atau 2-1/4". Mutu NOFMA untuk kayu hickory/pecan adalah mutu pertama, mutu pertama merah, mutu pertama putih; mutu kedua, mutu kedua merah; dan mutu ketiga.
		Jernih	3/4"	1-1/2", 2" 2-1/4", 3-1/4"	
		Memilih	1/2"	1-1/2", 2"	
		Umum (No. 1 dan 2)	Hanya maple, beech, birch		
		Beech, birch, dan hard maple	3/4", 25/32"	1-1/2", 2"	
		Pertama (termasuk merah dan putih)	33/32"	2-1/4", 3-1/4"	
		Kedua	Papan	3", 4", 5", 6", 7"	
		Ketiga	3/4"	8"	
		(Lihat catatan di kolom terakhir untuk spesies lain.)			
Maple keras (Gula maple, bukan maple lunak); juga beech dan birch	Lantai Maple Produsen Asosiasi, Northbrook, Nomor telepon: (847) 480-9138; www.maplefloor.org	Pertama, Kedua, dan Ketiga yang Lebih Baik	25/32", 33/32"	Menghadapi	Asosiasi Produsen Lantai Maple menyatakan bahwa beech dan birch memiliki sifat fisik yang membuatnya sepenuhnya cocok sebagai pengganti maple keras. Konsultasikan dengan produsen untuk kombinasi lebar dan ketebalan yang tersedia.
				1-1/2"	
				2-1/4"	
				3-1/4"	
Pinus selatan	Biro Inspeksi Southern Pine, Pensacola, Florida: (850) 434-2611; www.spib.org	B dan B	3/8", 1/2", 5/8"	Wajah	Serat kayu dapat ditentukan sebagai tepi (retakan), hampir retak, atau datar. Jika tidak ditentukan, produsen akan mengirimkan papan datar atau serat kayu campuran. Tanyakan kepada produsen untuk mengetahui kombinasi lebar dan ketebalan yang tersedia.
				Nominal	

		C	1", 1-1/4", 1-1/2"	2" 1-1/8"	Lantai dibuat dengan teknik tongue-and-groove, dan dapat dibuat dengan mutu apa pun. Serat dapat ditentukan sebagai vertikal (VG), datar (FG), atau campuran (MG). Ukuran dasar untuk lantai adalah 1" x 4" x 312'; panjang standar adalah 4' dan lebih panjang. Kadar air mutu ini adalah 15% MC, dengan 85% bagian kurang dari 12% MC.
		C dan lebih baik		3" 2-1/8"	
		D		4" 3-1/8"	
		No.2		5" 4-1/8"	
				6" 5-1/8"	
Hutan barat (cemara Douglas, hemlock, cemara Englemann, pinus putih Idaho, cedar dupa, pinus lodgepole, pinus ponderosa, pinus gula, larch barat, cedar merah barat)	Asosiasi Produk Kayu Barat, Portland, Oregon: (503) 224-3930; www.wvpa.org	Semua kecuali pinus putih Idaho	2" dan lebih tipis	Nominal	
		B dan Pilih Lebih Baik		3"	
		C Pilih		4"	
		D Pilih		6"	
		Pinus putih Idaho			
				Tertinggi	
	Pilihan				
		Kualitas			

Lantai Kayu Rekayasa

Lantai kayu rekayasa tersedia dalam bentuk strip, papan, atau ubin parket. Veneer permukaan kayu keras dilaminasi pada substrat berlapis ganda yang dimensinya stabil. Lantai kayu rekayasa tidak terlalu rentan terhadap kelembapan seperti lantai kayu solid, dan dapat digunakan di area di bawah permukaan tanah, dengan teknik pemasangan yang tepat.

Lantai Bambu

Bambu adalah produk rumput (bukan produk kayu, yang didefinisikan secara ketat). Bambu dipanen, dipotong-potong, direbus dalam air dengan bahan pengawet, dan ditekan hingga rata. Potongan-potongan tersebut dikeringkan dan dilaminasi secara vertikal menjadi papan solid. Karena bambu tumbuh hanya dalam waktu tiga tahun, produk ini merupakan sumber daya terbarukan yang sangat baik. Lantai bambu diproduksi dalam bentuk strip tongue-and-groove selebar sekitar 3-1/2 in., tebal 3/4 in., dan panjang hingga 6 ft. Bahan setebal 3/8 in. tersedia untuk aplikasi lem. Tersedia dalam serat vertikal dan serat datar. Lantai bambu sangat tahan lama; uji kekerasan menunjukkan kemiripan dengan lantai kayu ek merah.

Pemasangan

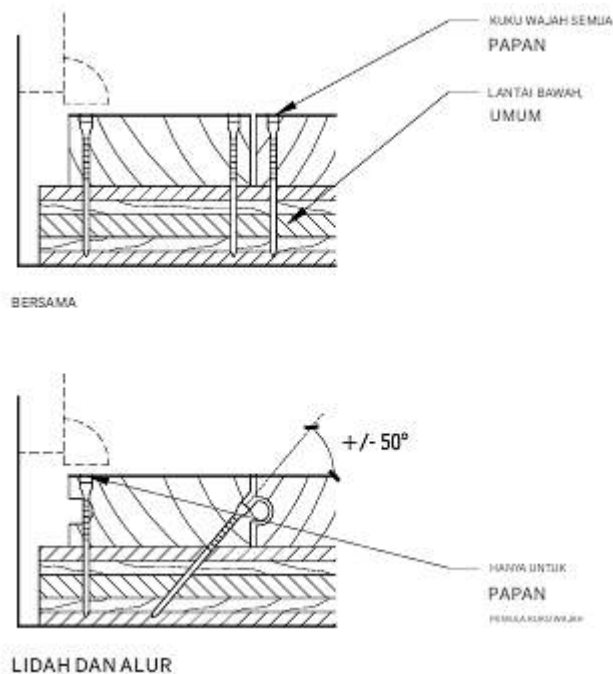
Lantai kayu memerlukan penanganan dan pemasangan yang sangat hati-hati. Sebelum pemasangan, lantai kayu harus dibiarkan menyesuaikan diri dengan ruang tempat pemasangannya, pada tingkat kelembapan hunian terakhir. Minimalkan kerusakan akibat kelembapan pada lantai kayu dengan menghindari pemasangan di dekat area basah. Selain itu, pastikan suhu dan kelembapan konstan, dan pasang lantai kayu setelah semua pekerjaan "basah" selesai dan setelah instalasi pemanas dan semua lampu permanen dipasang.

Lantai kayu dapat mengalami pemuaian dan penyusutan; oleh karena itu, detail alas perimeter yang memungkinkan pergerakan dan ventilasi sangat disarankan. Struktur kayu memerlukan ventilasi yang memadai di ruang bawah tanah dan ruang bawah tanah. Di bawah pelat lantai di atas atau di bawah permukaan tanah, pengendalian kelembapan dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan penggunaan penghalang uap; ketentuan ini harus dipertimbangkan dengan saksama untuk setiap pemasangan.

Sifat keausan lantai kayu bervariasi dari satu spesies ke spesies lainnya dan harus

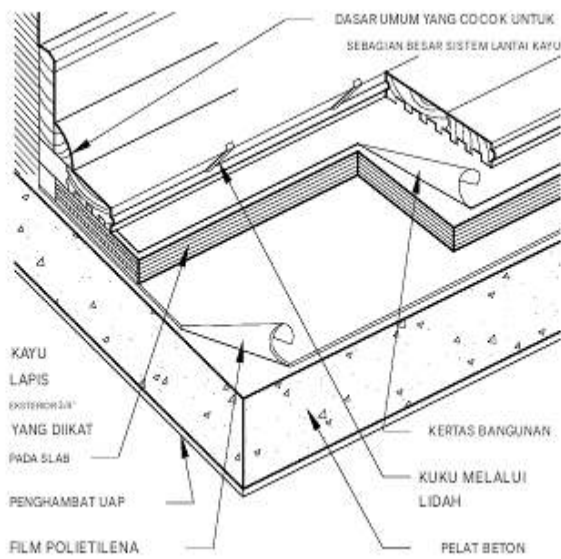
dipertimbangkan bersama dengan tampilannya saat menentukan lantai kayu. Selain itu, pola serat memengaruhi ketahanan spesies tertentu. Misalnya, balok kayu industri biasanya ditempatkan dengan ujung serat kayu yang terbuka karena merupakan permukaan yang paling tahan aus. Ketebalan kayu di atas lidah pada lantai lidah dan alur dapat ditingkatkan untuk layanan ekstra.

Lantai kayu dipasang di atas lantai dasar kayu lapis atau di atas bantalan kayu. Strip atau papan dipaku buta pada pemasangan lidah dan alur dan dipaku muka pada pemasangan sambungan tumpul; lantai parket biasanya dipasang dengan damar wangi. Penghalang uap dipasang saat pemasangan pelat lantai di atas permukaan tanah atau di bawah permukaan tanah. Ventilasi diperlukan dalam kondisi pemasangan tertentu di mana kelembapan menjadi perhatian. Kondisi khusus memerlukan perincian tambahan untuk pemasangan yang tepat.

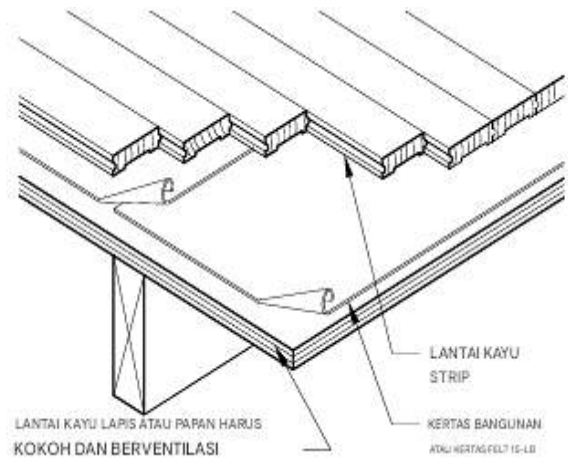


Gambar 3.110 Pengencangan

Lantai yang disambung harus dipaku di bagian depan, biasanya dengan paku lantai yang berduri penuh. Papan lidah dan alur dipaku secara buta dengan sekrup lantai spiral, paku berlapis semen, paku potong, atau pengencang yang digerakkan dengan mesin. Ikuti rekomendasi pabrik.

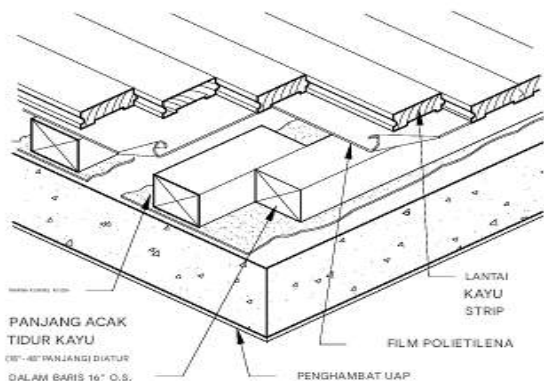


Gambar 3.111 Kelipatan di atas lapisan dasar kayu lapis

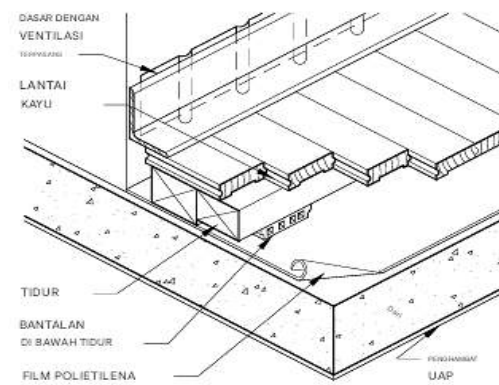


Gambar 3.112 Kelipatan di atas lantai bawah pada balok kayu

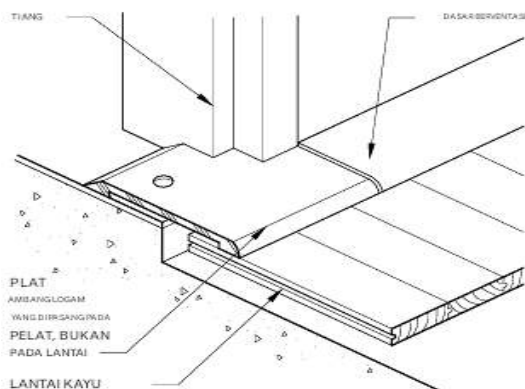
Untuk lantai parket, lantai bawah harus berupa kayu lapis lidah dan alur berukuran minimal 3/4 inci, dengan lapisan damar wangi.



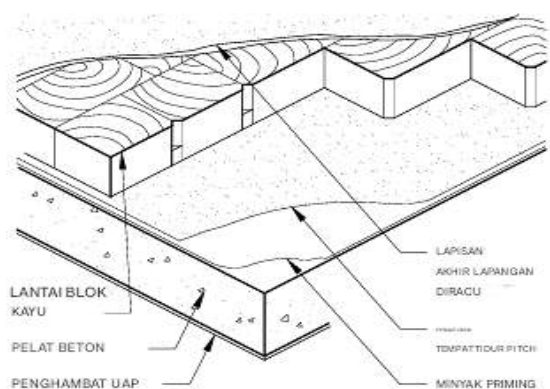
Gambar 3.113 Strip di atas tempat tidur dua-kali-empat yang bertingkat



Gambar 3.114 Strip di atas tempat tidur yang berbantal



Gambar 3.115 Ambang pintu



Gambar 3.116 Blok kayu industri

Blok yang umum berukuran 3 x 6 inci hingga 4 x 8 inci, dengan kedalaman 2 hingga 4 inci. Pelapis akhir uretan tersedia untuk penggunaan nonindustri.

Lantai Yang Tangguh

Lantai yang tahan banting menyediakan permukaan yang padat, tidak menyerap, lentur yang umumnya senyap, nyaman untuk diinjak, dan mudah dirawat.

Lantai Vinyl

Lima bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan lantai vinyl adalah:

- Polivinil klorida (PVC), yang memberikan ketahanan aus dan daya tahan. PVC adalah dasar pengikat, yang merupakan sebagian besar permukaan aus. Pengikat terdiri dari PVC yang dicampur dengan plasticizer dan stabilizer.
- Plasticizer, yang meningkatkan fleksibilitas.
- Stabilizer, yang memberikan keawetan warna dan menstabilkan pigmen terhadap kerusakan akibat panas dan cahaya.
- Pengisi, yang ditambahkan untuk melengkapi ketebalan dan ketebalan lantai. Pengisi mineral, yang paling umum, meningkatkan ketahanan api. Pengisi alami meningkatkan ketahanan selip.
- Pigmen, yang digunakan untuk warna.

Lantai vinyl lembaran, baik vinyl padat maupun berlapis, membentuk penutup lantai yang sudah jadi. Karena lantai vinyl lembaran memiliki lebih sedikit sambungan, lantai ini digunakan untuk aplikasi yang rentan terhadap tumpahan, kotoran, atau pertumbuhan bakteri. Lantai ini biasanya digunakan di ruang operasi rumah sakit atau area lain yang memerlukan ketahanan terhadap pertumbuhan bakteri atau penetrasi air.

Ada dua jenis sambungan untuk pemasangan vinyl lembaran: las panas dan las kimia.

- Sambungan las panas dibentuk dengan melelehkan batang vinyl di antara lembaran. Batang las berwarna solid atau berpola dapat menonjolkan atau menyamarkan sambungan. Las panas memerlukan peralatan khusus dan pemasang yang terlatih.
- Las kimia dilakukan dengan aplikasi pelarut satu atau dua bagian yang dicampur di lokasi. Ini melembutkan tepi vinyl, pada dasarnya melelehkannya bersama-sama. Las kimia lebih ekonomis daripada las panas.

Tabel 3.117 Ukuran lantai tangguh

JENIS	KOMPONEN	KETEBALAN (IN.)	UKURAN
Lembaran vinyl	Resin vinyl dengan bagian belakang serat	0.065 - 0.160	6', 10', 12'
Ubin vinyl padat	Resin vinyl	1-16 – 1/8	9" x 9"
			12" x 12"
Ubin komposisi vinyl	Resin vinyl dengan pengisi	0.050 – 0.095	9" x 9"
			12" x 12"
Ubin karet	Senyawa karet	3/32 – 3/16	9" x 9"
			12" x 12"
Ubin gabus	Gabus mentah dan resin	1/8 – 1/4	6" x 6"
			9" x 9"

Ubin gabus dengan lapisan vinil	Gabus mentah dengan resin vinil	1/8 – 3/16	9" x 9"
			12" x 12"

Ubin Vinil

Dua jenis ubin vinil adalah ubin vinil padat dan ubin komposisi vinil (VCT) yang lebih murah. Ubin vinil padat, atau ubin vinil homogen, mengandung lebih banyak PVC daripada VCT, sehingga lebih kuat dan tahan terhadap abrasi. Ubin vinil homogen memiliki lekukan dan ketahanan terhadap beban/guling yang lebih baik. Karena polanya kontinu melalui ketebalan lantai, tampilannya akan tetap konsisten saat dipakai. Tiga kelas VCT ditetapkan oleh ASTM F 1066, "Spesifikasi Standar untuk Ubin Lantai Komposisi Vinil": Tipe 1, ubin warna solid; Tipe 2, ubin pola tembus; dan Tipe 3, ubin pola permukaan.

Lantai Karet

Lantai karet lembaran atau ubin karet terdiri dari karet alam atau karet sintetis (stirena butadiena), pengisi mineral, dan pigmen. Dua jenis ubin lantai karet adalah homogen dan laminasi.

- Ubin karet homogen memiliki warna yang seragam di seluruh ketebalan ubin.
- Ubin karet laminasi memiliki warna atau pola hanya pada lapisan aus.

Linoleum

Linoleum (berasal dari istilah Latin untuk "rami," linum, dan "minyak," oleum) terutama terdiri dari minyak biji rami, yang diperoleh dari tanaman rami. Minyak tersebut dioksidasi dan dicampur dengan resin alami, seperti damar yang disadap dari pohon pinus, dan dikombinasikan dengan gabus bubuk untuk fleksibilitas dan batu kapur untuk kekuatan dan kekerasan. Tepung kayu dan pigmen ditambahkan untuk warna dan ketahanan warna. Untuk stabilitas dimensi, campuran ini diikat ke lapisan serat (biasanya goni) untuk lembaran linoleum, atau ke lapisan poliester untuk ubin. Lapisan kain felt digunakan untuk meja dapur linoleum atau lembaran permukaan paku payung.

Lantai Gabus

Lantai gabus dipanen dari lapisan luar pohon ek gabus yang tumbuh di wilayah Mediterania. Ketika kulitnya menjadi longgar, kira-kira setiap sembilan tahun, kulitnya dipotong. Gabus komposisi adalah bentuk lantai gabus yang paling umum. Bahan kulit pohon ek gabus digranulasi, ditekan dengan pengikat seperti resin sintetis, dan kemudian dipanggang. Kualitas gabus komposisi bervariasi menurut kualitas dan ukuran butiran, jenis dan jumlah pengikat, dan kepadatan (kompresi) campuran.

Tabel 3.118 Atribut kinerja lantai tangguh

ATRIBUT	JENIS LANTAI TANGGUH
Ketahanan dan ketenangan	Ubin gabus, ubin karet
Ketahanan terhadap lekukan	Ubin vinil padat
Resistensi noda	Lembaran vinil dan ubin
Resistensi alkali	Lembaran vinil dan ubin
Ketahanan terhadap minyak	Lembaran dan ubin vinil, ubin gabus dengan lapisan vinil

Daya tahan	Lembaran vinil dan ubin
------------	-------------------------

Bahan

Aksesoris lantai dan dasar dinding yang kuat tersedia dalam tiga bahan:

- Vinyl dapat menyusut jika terkena panas.
- Karet termoplastik adalah campuran vinil dengan jumlah karet yang ditambahkan untuk fleksibilitas yang relatif sedikit. Karena kandungan vinil yang tinggi, kinerjanya mirip dengan vinil, tetapi lebih fleksibel. Umumnya lebih mahal daripada vinil tetapi lebih murah daripada karet termoset yang divulkanisasi.
- Karet termoset adalah karet alam yang divulkanisasi. Ini adalah bahan dasar yang kuat dan paling fleksibel sehingga lebih mudah dipasang dan lebih baik dalam menyembunyikan ketidaksempurnaan permukaan di dinding dan lantai. Dasar karet termoset rentan terhadap degradasi warna karena paparan UV; namun, dapat diproduksi secara khusus dengan penghambat UV. Dasar karet termoset berwarna putih dan gelap cenderung menahan warna dengan baik. Warna yang lebih terang, terutama abu-abu, cenderung rentan terhadap degradasi warna. Dasar karet termoset juga cenderung lebih rentan terhadap lecet daripada vinil atau karet termoplastik. Warna yang lebih terang cenderung tidak menunjukkan bekas lecet sebanyak warna yang lebih gelap.

Meskipun sebagian besar peraturan bangunan tidak memiliki persyaratan mudah terbakar untuk lis dinding yang luasnya kurang dari 10 persen dari permukaan dinding, peringkat penyebaran api dan asap yang dihasilkan dari pembakaran aksesoris lantai yang tahan banting berbeda di antara ketiga material tersebut. Karet termoset, saat dibakar, menghasilkan lebih sedikit asap dan asap beracun daripada karet vinil atau termoplastik.

Tabel 3.119 Bahan dasar yang tangguh

	RESPON TERHADAP PANAS	FLEKSIBILITAS	KETAHANAN TERHADAP LEMAK DAN MINYAK	BIAYA RELATIF
Vinil	Menyusut	Bagus	Bagus sekali	RP
Karet Termoplastik	Memperluas	Lebih baik	Bagus	RP RP
Karet Termoset	Memperluas	Terbaik	Adil	RP RP RP

Dasar Dinding

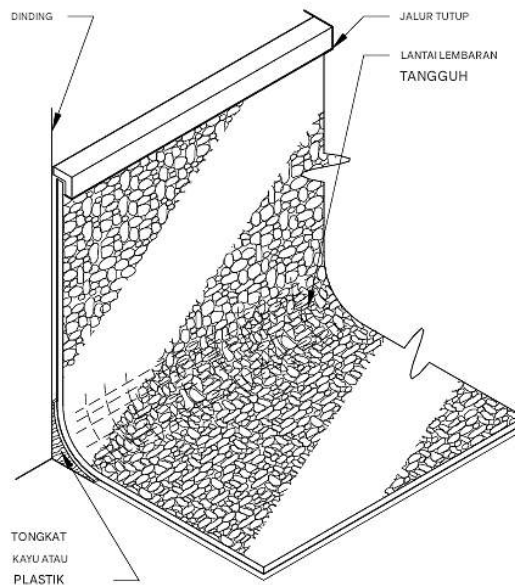
Dasar dinding menutupi sambungan tempat dinding bertemu dengan lantai. Sudut dalam dan luar yang sudah dicetak sebelumnya tersedia dari beberapa produsen, tetapi tekstur dan warnanya mungkin berbeda dari bagian yang lurus. Bagian lurus dari dasar dinding yang lentur tersedia dalam panjang yang sudah dipotong sebelumnya (panjang 4 ft) dan gulungan (panjang sekitar 100 ft). Gulungan meminimalkan jumlah sambungan dan dapat mengurangi biaya pemasangan.

Ada tiga profil dasar dinding:

- ❖ Dasar lurus dimaksudkan untuk digunakan dengan karpet.
- ❖ Dasar cekung dimaksudkan untuk digunakan dengan lantai yang lentur.

- ❖ Dasar yang menyatu, terkadang disebut sebagai dasar saniter, tersedia dari sejumlah produsen yang terbatas. Dasar ini dipasang sebelum penutup lantai akhir. Penutup lantai akhir harus memiliki ketebalan yang sama dengan flensa yang menyatu dengan dasar. Dasar ini disegel ke lantai dan dinding, sehingga menciptakan sambungan yang mudah dibersihkan dan lebih saniter, yang populer untuk aplikasi perawatan kesehatan.

Cetakan cekung menyangga vinil lembaran, linoleum lembaran, atau penutup lantai fleksibel lainnya saat dibuat cekung di dinding. Cetakan tutup membantu untuk menyelesaikan tepi penutup lantai cekung, ubin keramik, atau panel kayu yang terbuka.



Gambar 3.120 Dasar telinga

Barang lembaran, seperti linoleum atau vinil lembaran, dapat membentuk dasar ceruk monolitik integral untuk menyederhanakan perawatan.

Lantai Karpet

Spesifikasi karpet dan ubin karpet memerlukan evaluasi berikut ini:

- ☞ Konstruksi karpet, yang meliputi proses berumbai, ikatan fusi, tenun, berumbai tangan, rajutan, dan tusuk jarum
- ☞ Serat karpet
- ☞ Karakteristik kinerja karpet, termasuk berat total dan muka, kepadatan tumpukan, dan retensi tampilan
- ☞ Kepadatan
- ☞ Pertimbangan termal dan akustik
- ☞ Pemasangan
- ☞ Bantalan karpet

Konstruksi Karpet

Konstruksi karpet mengacu pada metode pembuatan karpet. Tiga metode konstruksi

paling populer untuk konstruksi karpet komersial adalah penjumbai, penenunan, dan ikatan fusi. Karpet rajutan dan tusuk jarum tersedia tetapi lebih jarang ditentukan.

- ✓ Karpet berumbai mencakup sebanyak 95 persen karpet yang diproduksi di Amerika Serikat.
- ✓ Karpet tenun dibuat di alat tenun menggunakan metode konstruksi karpet asli.
- ✓ Karpet rajutan menggunakan lebih banyak benang muka daripada penjumbai.
- ✓ Karpet yang ditusuk jarum dibentuk oleh ratusan jarum berduri yang menusuk selimut serat.

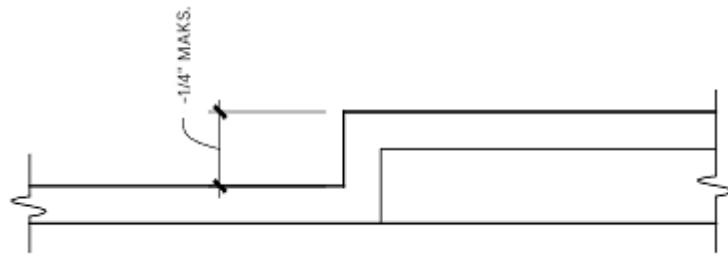
Karpet Berumbai

Sejak diperkenalkan pada awal tahun 1950an, penjumbai telah mengubah industri karpet. Dibandingkan dengan metode konstruksi karpet lainnya, penjumbai tidak memerlukan tenaga kerja terampil dan membutuhkan peralatan yang lebih murah untuk diproduksi. Penjumbai juga jauh lebih murah dan lebih cepat diproduksi daripada karpet tenun. Proses ini memungkinkan produksi massal penutup lantai tekstil yang lebar dan terjangkau.

Proses konstruksi penjumbai mirip dengan menjahit. Ratusan jarum menjahit secara bersamaan melalui bahan pendukung. Untuk menahan simpul yang dijumbai pada tempatnya, bagian bawah pendukung utama dilapisi dengan perekat pendukung lateks, zat karet yang mengering keras tetapi tetap dapat ditebuk. Bahan pendukung sekunder kemudian diaplikasikan.

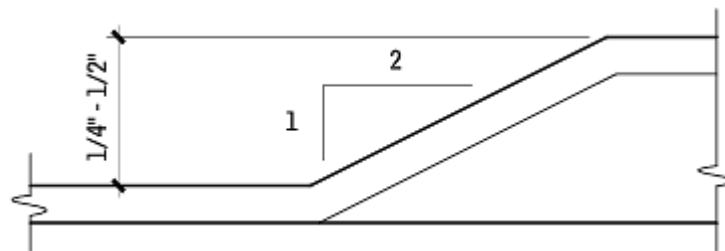
- ☑ Bahan pendukung utama adalah kain tenun atau bukan tenun tempat jumbai dimasukkan. Biasanya berbahan dasar olefin, baik tenunan polos maupun spunbonded. Lapisan polimer tipis sering diaplikasikan untuk mengikat benang lungsin dan pakan serta meminimalkan terurainya benang. Olefin spunbonded secara inheren tahan terhadap kerusakan atau terurainya benang. Selama proses penjumbai, serat olefin disingkirkan, meminimalkan distorsi lapisan belakang. Ini membantu memastikan tinggi tumpukan yang seragam. Lapisan belakang yang terbuat dari olefin kedap air dan tahan jamur.
- ☑ Perekat yang digunakan pada karpet berumbai biasanya lateks sintetis, meskipun senyawa termoplastik cair juga digunakan. Perekat secara permanen mengikat jumbai ke lapisan belakang primer, mencegah tersangkut dan terurainya benang.
- ☑ Bahan lapisan belakang sekunder, terkadang disebut kain kasa, memberikan stabilitas dimensi pada karpet berumbai yang sudah jadi. Lapisan belakang sekunder ditambahkan untuk kekuatan dan stabilitas. Bahan lapisan belakang sekunder sering kali terbuat dari polipropilena, yang populer karena tahan air. Alternatif untuk pelapis sekunder adalah bantalan karpet yang menempel, komposit vinil padat, dan pelapis yang disebut pelapis tunggal.

Dimensi standar karpet berumbai yang diproduksi sebagian besar adalah lebar 12 ft, meskipun beberapa produsen menyediakan lebar 6 dan 15 ft untuk aplikasi khusus.



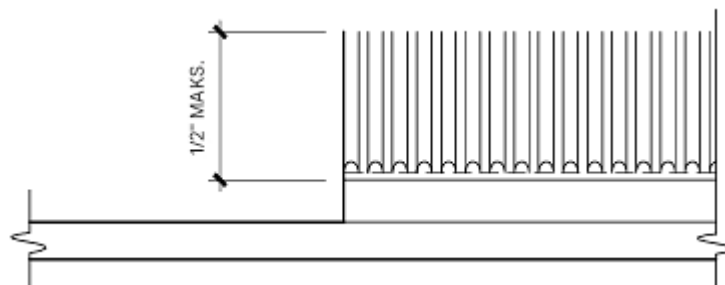
Gambar 3.121 Perubahan jalan yang dapat diakses pada tingkat hingga 1/4 in.

Perubahan pada tingkat hingga 1/4 in. dapat dilakukan secara vertikal dan tanpa tepi.



Gambar 3.122 Perubahan jalan yang dapat diakses pada tingkat antara 1/4 in. dan 1/2 in.

Perubahan pada tingkat antara 1/4 in. dan 1/2 in. harus dibuat miring dengan kemiringan tidak lebih dari 1:2. Perubahan pada tingkat lebih dari 1/2 in. harus dilakukan dengan menggunakan jalan landai.



Gambar 3.123 Ketebalan tumpukan karpet yang dapat diakses

Tinggi tumpukan lebih dari 1/2 in. tidak diperbolehkan di tempat yang harus dapat diakses. Karpet yang memiliki tinggi tumpukan 1/2 in. diukur dari dasar jumbai diperbolehkan. Tepi yang terbuka harus diamankan dan memiliki strip transisi.

Ubin Karpet

Ubin karpet menyediakan akses mudah ke lantai yang ditinggikan atau penggantian yang mudah saat kotor atau usang. Sistem alas ubin karpet menyediakan penghalang kelembapan dari dasar benang tumpukan ke lantai, mencegah tumpahan menembus ke lantai bawah. Bahan alas meliputi polivinil klorida (PVC), resin amorf, dan bantalan poliuretan. "Alas keras" (PVC dan resin amorf) menawarkan stabilitas dimensi dan integritas jahitan dan tepi untuk pencocokan pola yang mudah. Alas PVC paling sering digunakan untuk ubin modular.

Ubin karpet dipasang dengan perekat standar, perekat yang dapat dilepas, dan perekat kupas dan tempel yang diaplikasikan di pabrik. Pemasangan ubin karpet lebih mudah dan menyebabkan lebih sedikit waktu henti dan kehilangan produktivitas daripada pemasangan karpet tradisional. Panel pemisah furnitur sistem dan furnitur kantor tidak harus dilepas, tetapi cukup diangkat dengan sistem "dongkrak". Ubin kemudian dipasang di bawah furnitur saat tetap di tempatnya.

Karpet Tenun

Menenun, metode pembuatan karpet tradisional, menghasilkan karpet di alat tenun, dengan memadukan tumpukan dan benang pendukung selama pembuatan karpet. Sebagian besar karpet tenun memiliki dimensi yang stabil sebagai hasil dari proses penenunan dan tidak memerlukan pendukung sekunder, seperti karpet berumbai. Penenunan menyumbang kurang dari 2 persen pangsa pasar karpet di Amerika Serikat. Penggunaan utamanya adalah di industri perhotelan, di mana daya tahan jangka panjang dan detail pola yang rumit menjadi pertimbangan utama. Tiga jenis dasar proses penenunan adalah beludru, Wilton, dan Axminster.

Karpet Rajutan

Seperti dalam pembuatan karpet tenun, proses merajut memadukan tumpukan dan benang pendukung dalam satu operasi. Jarum digunakan untuk menjalin benang dalam serangkaian simpul penghubung, mirip dengan proses merajut dengan tangan. Karpet rajutan dikenal karena tumpukannya yang mewah, karena ada lebih banyak benang di permukaan yang aus daripada karpet berumbai. Karpet rajutan memiliki kecenderungan untuk meregang, terutama pada bagian diagonal, dan sulit dijahit selama pemasangan. Karpet rajutan mewakili persentase yang sangat kecil dari karpet yang diproduksi di Amerika Serikat.

Karpet yang Ditusuri dengan Jarum

Penusukan dengan jarum dilakukan dengan melapisi serat tebal, biasanya polipropilena, di atas kain pendukung. Ratusan jarum berduri menusuk melalui kain pendukung, menekan dan menjerat serat. Karpet yang ditusuk dengan jarum bersifat permeabel, yang menimbulkan masalah ketika cairan tumpah pada pemasangan interior dari dinding ke dinding. Aplikasi karpet yang ditusuk dengan jarum yang paling umum adalah karpet luar ruangan.

Jenis Serat Karpet

Beberapa jenis serat karpet digunakan.

Akrilik

Akrilik merupakan salah satu serat sintetis pertama yang berhasil digunakan dalam produksi karpet. Akan tetapi, karena warna dan tekstur serat akrilik dapat mengilap dan kasar, dan karena tumpukan karpet akrilik mudah hancur, maka tidak lagi direkomendasikan untuk digunakan sebagai serat karpet komersial.

Nilon

Nilon merupakan serat karpet yang paling populer. Serat ini memiliki daya tahan yang sangat baik, ketahanan terhadap abrasi, dan keuletan, dan nilon yang diwarnai dengan larutan juga tahan terhadap bahan kimia pembersih yang keras dan pemudaran

akibat sinar matahari. Akan tetapi, karena daya tahan nilon yang sangat baik, retensi tampilan menjadi perhatian. Jauh sebelum karpet nilon usang, tampilannya dapat rusak secara permanen.

Polipolena

Polipropilena merupakan serat karpet komersial yang paling ringan. Polipropilena dikenal karena ketahanannya yang sangat baik terhadap noda dan jamur, daya serap kelembapan yang rendah, ketahanan warna yang sangat baik terhadap sinar matahari, dan kekuatan yang tinggi. Polipropilena juga meminimalkan listrik statis. Olefin adalah polipropilena. Polipropilena umumnya digunakan untuk karpet luar ruangan.

Poliester

Serat poliester dikenal karena kejernihan warnanya dan kemampuannya untuk mempertahankan warna. Lebih populer untuk aplikasi karpet rumah tangga daripada untuk penggunaan komersial, poliester memiliki kesan mewah.

Wol

Digunakan selama berabad-abad dalam pembuatan karpet, wol masih menjadi standar penilaian serat karpet lainnya. Wol umumnya merupakan serat karpet yang paling mahal dan umumnya digunakan dalam karpet tenun. Saat terkena api, wol hangus, bukannya meleleh seperti kebanyakan serat sintetis, sehingga secara alami tahan api. Wol juga mudah diwarnai dan memiliki ketahanan yang baik terhadap tanah dan keausan.

Sisal

Sisal adalah serat kayu yang kuat yang dihasilkan dari daun tanaman agave, yang ditemukan di Amerika Tengah, Hindia Barat, dan Afrika. Sebagian besar digunakan dalam benang dan tali, serat ini telah menjadi serat lantai kontemporer yang populer.

Kepadatan Karpet

Kepadatan, jumlah benang tumpukan dalam satuan volume karpet, dipengaruhi oleh ukuran—jahitan per inci di seluruh lebar—ukuran atau ketebalan benang, dan tinggi tumpukan. Benang yang lebih besar dapat dirajut pada ukuran yang lebih lebar dan memperoleh kepadatan yang sama dengan benang halus pada ukuran kecil. Untuk area yang kemungkinan dilalui banyak pejalan kaki, kepadatan 5000 hingga 7000 atau lebih mungkin diperlukan. Ruang kantor dengan lalu lintas sedang memerlukan kepadatan 4000 hingga 6000. Karena perbedaan mendasar dalam proses pembuatan, istilah yang berbeda digunakan untuk menggambarkan kepadatan karpet untuk setiap jenis konstruksi karpet.

3.8 FINISHING LANGIT-LANGIT

Langit-Langit Panel Akustik

Langit-langit panel akustik terdiri dari unit-unit buatan, dipasang dalam rakitan suspensi logam. Panel ini digunakan untuk meredam suara dan akses ke ruang interstitial atau ruang plenum di atas langit-langit. Langit-langit akustik merupakan elemen visual yang besar dalam suatu ruang, dan karenanya dianggap sebagai elemen desain sekaligus fitur akustik.

Partisi, lampu, diffuser langit-langit, sprinkler, dan perangkat lain dipasang atau di dalam langit-langit ini, sehingga koordinasi dengan tata letak langit-langit sangat penting.

Panel akustik dipasang pada sistem kisi logam terbuka yang digantung dari bagian bawah struktur di atas. Sebaliknya, ubin akustik dimasukkan ke sistem suspensi tersembunyi dan umumnya berukuran 12 x 12 inci dan 24 x 24 inci. Ukuran panel akustik umum berkisar dari 24 x 24 inci hingga 24 x 48 inci hingga 60 x 60 inci, dan tersedia dalam bentuk persegi panjang maupun persegi. Ketebalannya berkisar dari 5/8 inci hingga 3/4 inci hingga 1 inci, dengan ketebalan lain tersedia untuk aplikasi khusus. Sebagian besar produsen menyediakan panel akustik keras berukuran metrik untuk memenuhi kebutuhan global akan produk mereka. Produk langit-langit panel akustik tersedia untuk memenuhi persyaratan proyek khusus, termasuk kebutuhan akan daya tahan yang lebih baik, pantulan cahaya, dan ketahanan terhadap kelembapan. Rakitan langit-langit akustik tahan api tersedia, bila digunakan dengan desain UL yang berlaku.

Penyerapan Suara dan Isolasi Suara

Di area kantor terbuka, pemasangan langit-langit panel akustik akan meningkatkan privasi antara stasiun kerja yang dipartisi dengan ketinggian parsial. Di area tertutup, langit-langit panel akustik dapat meningkatkan transmisi kebisingan dari satu ruangan ke ruangan lain jika digunakan dengan jenis partisi yang sesuai. Produsen langit-langit ubin akustik mengkategorikan fitur akustik produk mereka menurut penunjukan standar industri untuk peringkat penyerapan suara. Kelas Atenuasi Langit-langit (CAC) dan Koefisien Pengurangan Kebisingan (NRC) keduanya menilai penyerapan suara.

- ❖ CAC (sebelumnya dikenal sebagai CSTC, Kelas Transmisi Suara Langit-langit) menilai efisiensi langit-langit sebagai penghalang transmisi suara di udara antara ruang yang berdekatan dan dari elemen di atas langit-langit. Ditunjukkan sebagai nilai minimum, langit-langit dengan CAC tinggi mungkin memiliki NRC rendah.
- ❖ NRC menilai koefisien penyerapan suara rata-rata yang diukur pada empat frekuensi: 250, 500, 1000, dan 2000 Hz, dan menilai kemampuan langit-langit untuk menyerap suara, diukur dari 0,0 hingga 1,00. Semakin tinggi angkanya, semakin besar kemampuan ubin untuk menyerap suara.
- ❖ AC menilai kemampuan pendengar untuk memahami kata yang diucapkan dalam suatu ruang, dinyatakan sebagai desimal, dengan 1,0 berarti dapat dipahami sepenuhnya. Peringkat AC mengukur redaman suara langit-langit di area kantor terbuka dengan partisi setinggi sebagian dan panel furnitur stasiun kerja, tanpa menggunakan sistem peredam suara.

Pemantangan Cahaya

Jumlah cahaya yang dipantulkan oleh suatu permukaan, yang didefinisikan dalam ASTM E 1477, "Metode Uji Standar untuk Faktor Pemantulan Cahaya Bahan Akustik dengan Menggunakan Reflektometer Bola Terintegrasi," dikenal sebagai pemantulan cahaya. Iluminasi diukur dalam footcandle, atau lux (ukuran metrik). Satu footcandle kira-kira 10 lux. Footcandle adalah iluminasi rata-rata yang dihasilkan ketika satu lumen cahaya jatuh pada permukaan seluas 1 ft persegi. Jumlah total lumen pada permukaan dibagi dengan luas permukaan sama

dengan footcandle.

Ubin akustik dengan pantulan cahaya tinggi (LR) memberikan cahaya pantulan yang lebih besar dari bidang langit-langit. LR diukur dalam nilai dari 0,00 hingga 1,00. Ubin langit-langit LR tinggi sangat efektif di area kantor terbuka dengan sumber cahaya tidak langsung, di mana silau berkurang di bidang kerja dan di mana ruang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber cahaya. Cahaya yang dapat digunakan meningkat dan didistribusikan secara lebih merata.

Langit-langit akustik yang memiliki pantulan cahaya di atas 0,83 dianggap sebagai langit-langit dengan pantulan cahaya tinggi, tetapi beberapa produk tersedia yang melebihi angka ini dan memantulkan lebih banyak cahaya. Setelah meninjau tingkat pencahayaan yang direncanakan, mungkin saja untuk mengurangi jumlah lampu dalam suatu ruang, sehingga mengurangi biaya pemasangan awal dan biaya energi jangka panjang.

Nilai pantulan cahaya umumnya lebih rendah untuk ubin akustik dengan pola bertekstur dan timbul. Ubin berwarna integral dapat memengaruhi nilai LR. Kecuali jika permukaan langit-langit akan digunakan sebagai penyalur pencahayaan, nilai LR yang lebih rendah mungkin tidak menjadi perhatian.

Jenis Langit-Langit

ASTM E 1264, "Klasifikasi untuk Produk Langit-langit Akustik," menyediakan sistem klasifikasi untuk panel langit-langit yang menjelaskan berbagai atribut panel; ini adalah standar yang sangat berguna saat menggunakan metode deskriptif untuk menentukan spesifikasi.

Komposisi Panel Langit-Langit

Beberapa jenis ubin akustik yang sama juga digunakan sebagai panel akustik: dikempa air, dicor, atau dibentuk dan nodular. Panel akustik khusus yang terdiri dari komposit keramik dan serat mineral digunakan di tempat yang membutuhkan peningkatan daya tahan, kebersihan, dan ketahanan terhadap kelembapan dan asap. Panel akustik berlapis mylar digunakan di area ruang bersih, layanan makanan, dan aplikasi lain yang mengutamakan kebersihan.

Panel fiberglass diproses dari keadaan cair menjadi untaian kaca berserat, kemudian dibentuk menjadi lembaran/papan. Bahan pelapis yang stabil secara dimensi dilaminasi ke inti fiberglass untuk memberikan tekstur dan pola. Tersedia pelapis untuk meningkatkan kualitas akustik panel fiberglass. Ketersediaan konten daur ulang meningkat dalam lini produk produsen panel akustik, tergantung pada produk yang dipilih. Untuk mengatasi masalah keberlanjutan dalam proses produksi, banyak produsen kini mendaur ulang panel langit-langit lama.

Rincian Tepi

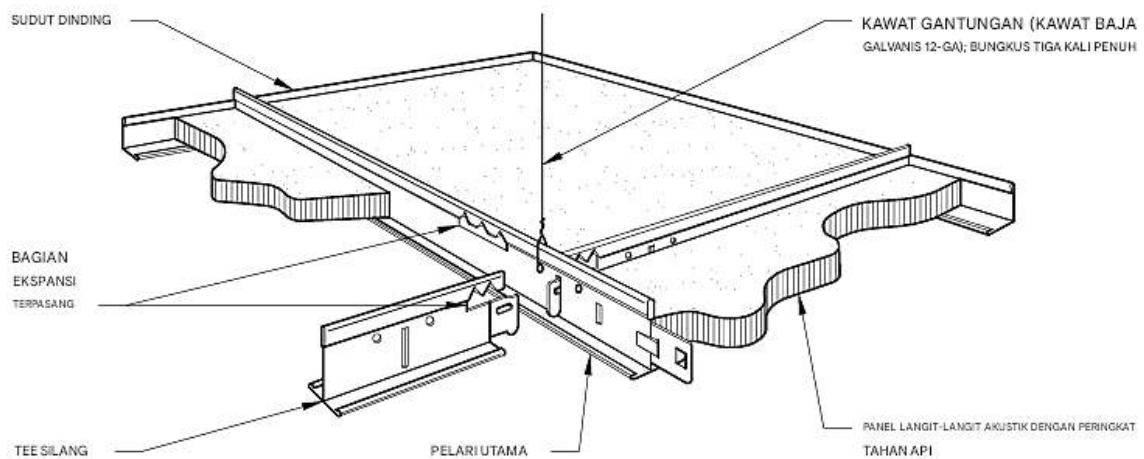
Rincian tepi yang umum adalah bentuk persegi atau terbuka. Panel akustik dengan rincian tepi ini mudah dijatuhkan di tempatnya dalam sistem suspensi dan didorong ke atas untuk mengakses plenum langit-langit.

Tepi Persegi

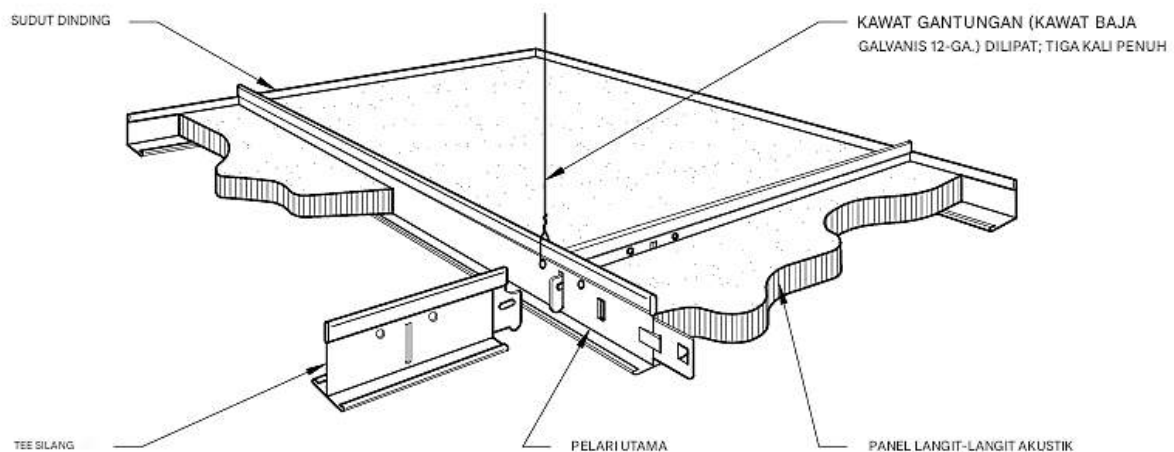
Panel akustik tepi persegi ekonomis dan dipasang pada flensa kisi suspensi langit-langit yang terbuka. Panel tepi persegi tidak menyembunyikan kisi suspensi.

Tepi Terbuka

Panel akustik tepi terbuka memungkinkan panel memanjang di bawah sistem suspensi, sebagian menyembunyikan kisi logam. Tepi tegular dapat berbentuk persegi, bersudut, miring, berundak, atau bentuk khusus lainnya, dan umumnya dipilih karena tampilan estetikanya. Saat dipasang dalam sistem suspensi tee terbuka, panel akustik "terbaca" sebagai elemen modular, karena adanya celah di antara panel. Profil sistem suspensi lainnya mengisi tepi tegular, memberikan tampilan langit-langit yang lebih rata dan monolitik.



Gambar 3.124 Perakitan langit-langit panel akustik dengan peringkat tahan api



Gambar 3.125 Perakitan panel langit-langit akustik

Tepi Miring

Tepi miring, yang sering ditemukan pada unit dengan tepi terbuka, membentuk kondisi tepi yang diperhalus, yang memperhalus garis perimeter panel. Saat memindahkan panel setelah pemasangan awal, tepi miring dapat meminimalkan kerusakan tepi akibat benturan panel yang tidak disengaja pada kisi-kisi.

Panel untuk Penggunaan Khusus

Panel langit-langit akustik tersedia untuk memenuhi kebutuhan khusus. Area layanan makanan sering kali memerlukan produk yang diterima oleh USDA untuk area persiapan makanan. Panel akustik dengan permukaan mylar atau vinil tanpa perforasi dengan sistem suspensi yang sesuai dapat dipasang di area layanan makanan serta di ruang bersih kelas tertentu. Sifat akustik produk dengan permukaan mylar atau vinil ini lebih rendah daripada produk tanpa permukaan; oleh karena itu, disarankan untuk memeriksa peraturan setempat untuk pemasangan ini.

Produk panel keramik komposit dan serat mineral bekerja dengan baik di area seperti area kolam renang dalam ruangan, area hidroterapi, laboratorium, dan ruang lain tempat bahan korosif mungkin ada. Kisi-kisi dan gantungan sistem suspensi harus terbuat dari bahan yang tahan korosi seperti aluminium atau baja tahan karat, untuk meminimalkan kerusakan.

Sistem Suspensi

Sistem suspensi panel langit-langit akustik yang terbuka terdiri dari komponen utama dan tee silang, dipasang pada ketinggian yang diinginkan dengan kabel gantungan. Sistem suspensi biasanya dibuat dari baja berlapis pabrik. Jenis tambahan termasuk sistem baja galvanis untuk meningkatkan ketahanan terhadap kelembapan, dan aluminium dan baja tahan karat untuk persyaratan pemasangan khusus lainnya. Sistem suspensi tahan api tersedia, dengan segmen pelepas ekspansi yang telah dibuat sebelumnya untuk menahan kegagalan sistem suspensi yang diakibatkan oleh ekspansi panas kisi-kisi.

Komponen

Komponen yang terlihat dari sistem suspensi langit-langit terbuka termasuk balok utama yang saling terkait dan tee silang, dipasang dalam kisi yang telah ditentukan untuk menerima panel akustik. Balok utama biasanya dipasang pada kabel gantungan yang diberi jarak 4 ft dari titik pusat di sepanjang balok. Cetakan berbentuk sudut atau saluran digunakan untuk dukungan panel akustik perimeter. Kabel gantungan menyangga tee utama dan tee silang dari struktur di atas dan diberi jarak sesuai rekomendasi pabrik pembuat dan sesuai dengan kondisi proyek.

Komponen aksesori khusus lainnya dari sistem suspensi yang terbuka meliputi pengaku, klip, spacer, penutup, dan adaptor. Meskipun mungkin sulit untuk mengidentifikasi semua komponen aksesori tertentu, item utama yang diantisipasi pada proyek, seperti klip penahan, penjepit pengaku, klip partisi, dan sebagainya, harus diidentifikasi, jika memungkinkan. Spesifikasi harus mencakup aksesori serta keseluruhan sistem suspensi dan panel akustik.

Sistem Suspensi Dengan Peringkat Tahan Api

Sistem suspensi dengan peringkat ketahanan api sesuai dengan desain UL untuk kinerja dengan peringkat ketahanan api. Titik ekspansi disediakan pada interval tertentu untuk mengurangi tekanan pada jaringan jika terjadi kebakaran. Klip ujung tee silang dan perangkat lain harus digunakan sebagaimana diharuskan oleh UL dan kode lokal. Panel akustik yang dipasang di dalam sistem suspensi dengan peringkat ketahanan api juga harus bersifat tahan api.

Desain Seismik

Untuk pemasangan langit-langit panel akustik dengan lokasi persyaratan desain seismik, tinjau sistem suspensi dengan detail ujung tee silang yang mengakomodasi gerakan lateral. Tanyakan kepada produsen sistem suspensi langit-langit untuk menentukan kemampuan seismik sistem tertentu.

Plafon Ubin Akustik

Plafon ubin akustik terdiri dari unit plafon prafabrikasi, yang dipasang dalam sistem suspensi logam tersembunyi atau semiterbuka. Juga dikenal sebagai plafon spline tersembunyi, plafon ini dipasang langsung pada substrat dengan cara menjepret atau mengikat dengan perekat. Meskipun pemasangan ubin akustik menyediakan permukaan plafon monolitik, pemasangannya bisa lebih mahal, dan perawatan plafon ubin lebih sulit dibandingkan dengan pemasangan panel akustik. Plafon ubin akustik tidak mudah diakses ke area di atas plafon seperti plafon panel akustik dengan unit lay-in. Jika aksesibilitas bukan masalah, plafon ubin akustik merupakan pilihan jika estetika dan kondisi pemasangan lainnya sesuai untuk proyek tersebut.

Ubin akustik biasanya berukuran 12 x 12 inci; namun, tersedia ukuran yang lebih besar. Ketebalannya berkisar dari 1/2 in. hingga 5/8 in. hingga 3/4 in. Ukuran metrik keras tersedia dalam jumlah yang lebih terbatas dari produsen. Panel akustik umumnya lebih besar dari ubin langit-langit berukuran 12 x 12 in., dan dipasang dalam kisi-kisi yang terbuka atau semi-tersembunyi. Rangkaian ubin akustik tahan api tersedia jika digunakan dengan kriteria desain UL yang berlaku. Konsultasikan informasi produk produsen untuk rekomendasi khusus tentang data langit-langit panel akustik.

Komposisi Ubin Langit-Langit

Komposisi berbagai jenis ubin akustik yang digunakan dalam konstruksi komersial meliputi dasar serat mineral dan dasar serat kaca. Dasar selulosa, yang terutama digunakan dalam konstruksi perumahan, tidak tahan lama seperti konstruksi panel kelas komersial. Konstruksi panel akustik dasar serat mineral dicor, dikempa basah, dan nodular, dan tersedia dalam sejumlah tekstur dan sifat akustik.

Ubin yang Dikeras dengan Air atau Basah

Ubin yang dikeras dengan air atau basah dibuat dari wol mineral, perlit, bahan pengisi, dan pengikat, yang dicampur menjadi bubur lepas yang dibentuk menjadi lembaran dengan cara dikeringkan, dipadatkan, dikeringkan, dan dipotong sesuai ukuran. Tekstur yang retak, berlubang, atau berbintik ditambahkan ke ubin sebelum mengecat unit.

Ubin yang Dicor atau Dicitak

Ubin yang dicor atau dicitak dibuat dari serat mineral, bahan pengisi, dan pengikat, kemudian dicampur menjadi bubur dan dituang ke dalam cetakan berlapis kertas atau foil dengan ukuran yang diinginkan. Tekstur permukaan dibuat dengan memanipulasi permukaan cetakan. Warna integral dapat ditambahkan untuk produk dengan warna yang menyeluruh. Ubin dikeringkan dalam oven, dipangkas, lalu dicat.

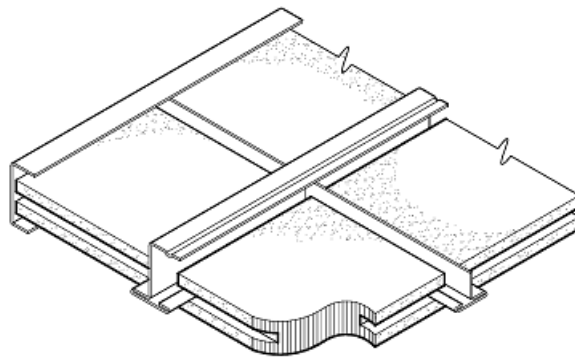
Ubin Nodular

Ubin nodular dibuat dari serat mineral yang dililit menjadi bola, dikombinasikan dengan perlite, pengisi, dan pengikat, kemudian dicampur menjadi bubur. Campuran tersebut

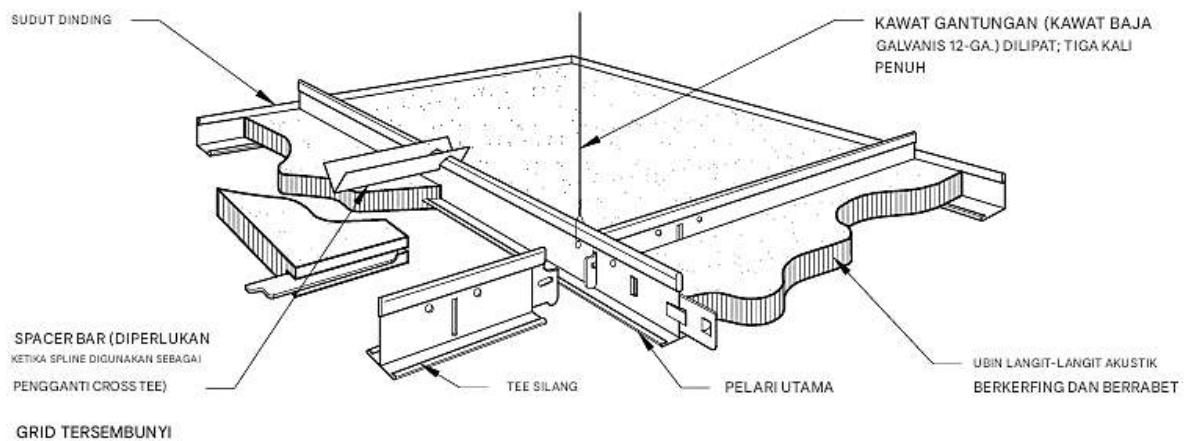
dibentuk menjadi lembaran, dikeringkan dalam oven, dan dipotong sesuai ukuran. Ubin, yang secara inheren berpori, kemudian diberi tekstur dengan celah dan dicat.

Sistem Suspensi

Sistem suspensi langit-langit ubin akustik tersembunyi dipasang pada ketinggian yang diinginkan dengan kabel gantungan, yang menopang komponen kisi logam berbentuk T atau Z. Sistem suspensi biasanya dibuat dari baja berlapis pabrik atau sebagai sistem baja galvanis untuk meningkatkan ketahanan terhadap kelembapan. Sistem suspensi tersembunyi untuk ubin akustik mengintegrasikan area akses di atas langit-langit ke dalam sistem. Aksesnya ke atas atau ke bawah, tergantung pada sistemnya. Perhatian harus diberikan untuk mencegah kerusakan pada ubin langit-langit selama pemasangan dan perawatan sistem dan elemen di atas langit-langit.



Gambar 3.126 Ubin langit-langit akustik tepi kerfed



Gambar 3.127 Perakitan ubin langit-langit akustik

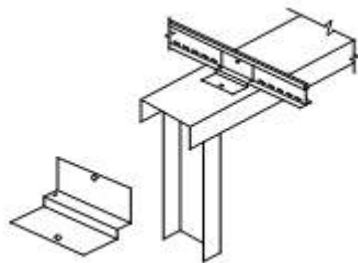
Kinerja Struktural

Sistem suspensi langit-langit untuk ubin akustik ditetapkan sebagai tugas ringan, menengah, atau berat. Sistem tugas ringan digunakan jika tidak akan ada beban tambahan selain ubin akustik; oleh karena itu, sistem ini biasanya hanya digunakan dalam aplikasi perumahan dan komersial ringan. Sistem tugas menengah mampu menopang sejumlah beban tambahan sedang, seperti lampu dan penyebar langit-langit. Sistem tugas menengah

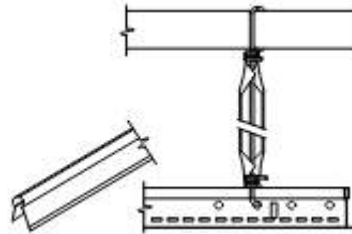
umumnya digunakan dalam aplikasi komersial standar. Sistem tugas berat dapat menampung beban tambahan yang digantung dari atau dipasang di dalam sistem langit-langit. Sebelum menentukan sistem suspensi, beban yang diantisipasi pada langit-langit harus ditinjau untuk menentukan jenis yang paling sesuai.

Komponen

Sistem suspensi tersembunyi terdiri dari balok utama jaring ganda selebar 15/16 inci yang saling terkait dan tee silang. Balok utama biasanya dipasang pada kabel gantungan yang diberi jarak 4 ft di tengah sepanjang balok. Cetakan berbentuk sudut atau saluran digunakan untuk dukungan ubin akustik perimeter. Kabel gantungan mendukung tee utama dan silang dari struktur di atas dan diberi jarak sesuai rekomendasi produsen dan sesuai dengan kondisi proyek. Komponen aksesori seperti klip dan sudut tersembunyi tersedia untuk memungkinkan akses ke ruang plenum di atas langit-langit.

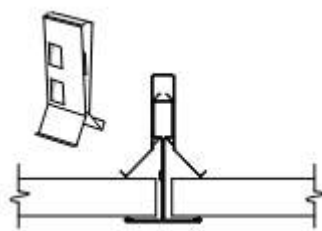


Gambar 3.128 Klip partisi



Gambar 3.129 Penguat pengaku

Klip partisi mengencangkan rel atas partisi ke kisi langit-langit. Pemasangan vertikal penyangga pengaku ke kawat gantungan antara rangka dan dek menahan sistem suspensi pada tempatnya selama terangkatnya angin dan di area dengan keamanan tinggi.



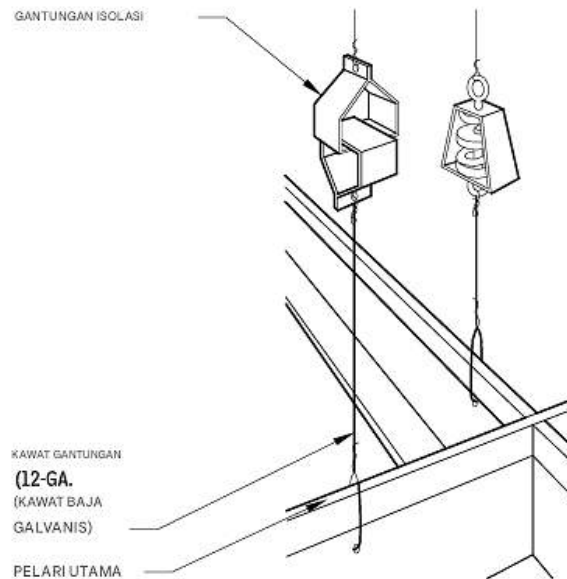
Gambar 3.130 Klip penahan

Klip penahan dipasang pada bohlam atas kisi-kisi untuk menahan panel yang terpasang di tempatnya, dan membantu mencegah panel langit-langit berkibar di pintu masuk.

Gantungan Isolasi

Gantungan isolasi mengisolasi langit-langit dari kebisingan yang merambat melalui struktur bangunan. Gantungan juga tersedia untuk mengisolasi sistem langit-langit guna melindungi ruang dari peralatan mekanis dan kebisingan pesawat terbang. Jika perlu mengisolasi area dengan kebisingan tinggi dari bangunan, atau "ruang tenang" dari tingkat kebisingan tinggi di sekitarnya, rantai, dinding, dan langit-langit harus dibuat bebas dari kontak

kaku dengan struktur bangunan, untuk mengurangi transmisi suara dan getaran.



Gambar 3.131 Gantungan isolasi

Desain Seismik

Untuk pemasangan langit-langit ubin akustik dengan lokasi persyaratan desain seismik, tinjau sistem suspensi dengan detail ujung tee silang yang mengakomodasi gerakan lateral. Tanyakan kepada produsen sistem suspensi langit-langit untuk menentukan kemampuan seismik sistem tertentu.

Langit-Langit Logam Linier

Langit-langit logam linier memiliki tampilan yang khas dan digunakan di tempat yang menginginkan estetika linier yang kuat, daya tahan, dan kemudahan perawatan. Permukaan logam tersedia dengan banyak lapisan dan warna, yang memungkinkan sejumlah opsi desain untuk langit-langit logam. Sistem suspensi khusus memungkinkan konfigurasi radius khusus, serta langit-langit horizontal datar, untuk dipasang. Langit-langit logam linier biasanya dipasang sebagai unit snap-in pada sistem suspensi tersembunyi, dan beberapa dapat menerima perlengkapan lampu terintegrasi pendamping.

Jenis Langit-Langit

Langit-langit logam linier dibuat dari aluminium, baja, atau baja tahan karat. Opsi termasuk ukuran panel logam (bilah), jenis pelapis logam, warna, tekstur, dan insulasi akustik. Plafon penyekat linier juga tersedia, tetapi biasanya tidak dipasang dengan insulasi akustik.

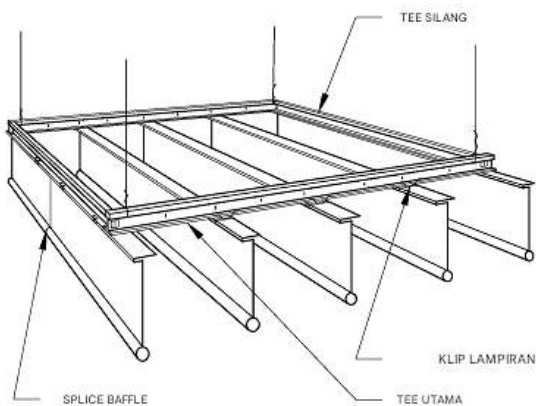
Ukuran

Dimensi panel logam linier bervariasi menurut produsen, tetapi rentang lebar modul yang umum adalah dari lebar 2 inci hingga lebar 8 inci. Lebar panel bilah tambahan tersedia dari produsen. Panjang standar umumnya 12 dan 16 ft, tetapi dapat disesuaikan dengan pemasangan tertentu dengan panjang khusus. Kedalaman panel bervariasi, dengan panel yang lebih dalam memberikan efek linier yang lebih kuat pada plafon. Ukuran keseluruhan diatur

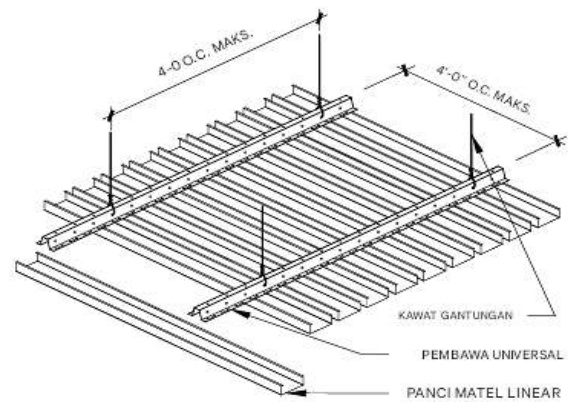
oleh kapasitas metode suspensi dan parameter pemasangan proyek.

Material

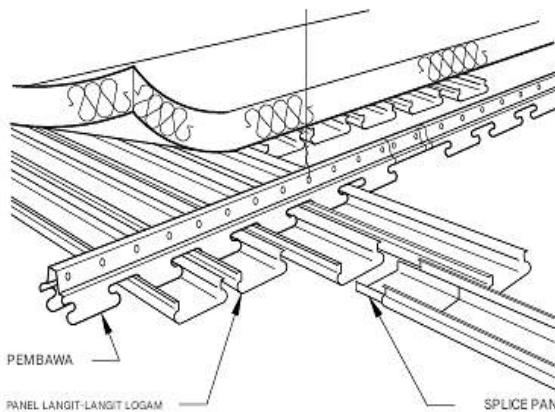
Material yang paling umum untuk plafon logam linier adalah aluminium yang dibentuk dengan gulungan, dengan ketebalan tipikal 0,020 inci, 0,025 inci, dan 0,032 inci. Panel linier aluminium lebih disukai untuk area dengan kelembapan tinggi dan di ruang dengan lingkungan yang berfluktuasi, serta untuk aplikasi eksterior. Panel linier baja yang dibentuk dengan rol tersedia, dan harganya bisa lebih ekonomis daripada aluminium, tetapi tidak umum digunakan karena masalah perawatan dari waktu ke waktu. Baja tahan karat juga berkinerja baik tetapi biasanya lebih mahal daripada panel aluminium atau baja.



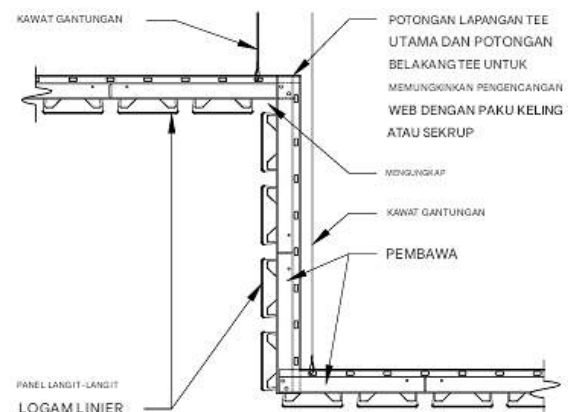
Gambar 3.132 Sistem langit-langit penahan linier



Gambar 3.133 Plafon logam linear



Gambar 3.134 Plafon logam linear dengan isolasi akustik

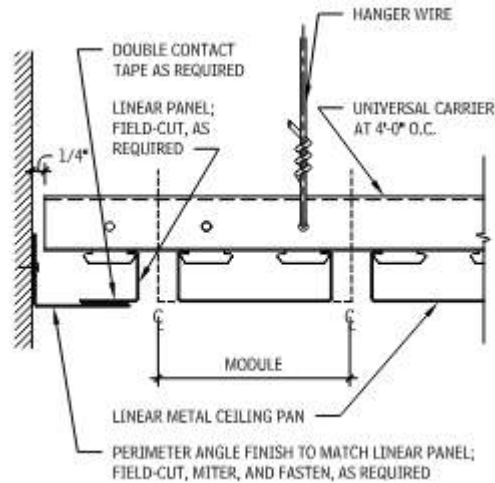


Gambar 3.135 Perakitan langit-langit dan fascia logam linear

Sifat Akustik

Sifat akustik langit-langit logam linear bervariasi, tergantung pada jenis panci logam yang digunakan, jenis redaman suara yang digunakan, dan kondisi proyek. Gelombang suara melewati celah di antara panel, sehingga penggunaan redaman suara akan mengurangi suara yang ditransmisikan. Suara melewati plenum langit-langit jika partisi setinggi langit-langit

dipasang di area dengan langit-langit logam linear; oleh karena itu, lapisan redaman suara di atas langit-langit akan sedikit meningkatkan akustik. Mikroperforasi tersedia pada beberapa produk panel logam, dan meningkatkan kualitas akustik sistem, terutama jika digunakan bersama dengan lapisan redaman suara. Peringkat NRC rata-rata sekitar 0,70 hingga 0,90, tergantung pada kondisi pemasangan.



Gambar 3.136 Kondisi perimeter langit-langit logam linier

Fiberglass adalah bahan yang paling umum untuk lapisan redaman suara, tetapi harus dibungkus sehingga serat tidak keluar ke dalam ruangan dan membahayakan kualitas udara dalam ruangan. Strip pengisi lapisan mengurangi transmisi suara. Tinjauan dengan konsultan akustik dan produsen plafon logam mungkin bermanfaat saat memilih plafon logam linier.

Sistem Suspensi

Sistem suspensi tersembunyi untuk plafon logam linier mirip dengan yang digunakan untuk pemasangan ubin akustik. Klasifikasi sistem suspensi biasanya tugas menengah dan berat, tergantung pada jenis dan berat panel logam linier. Sistem suspensi pembawa digantung dari struktur di atas dengan kabel gantungan, dengan tee utama biasanya terletak pada 48 in. o.c., maksimum.

Pembawa khusus, yang memerlukan dukungan tambahan, tersedia untuk menyediakan konfigurasi radius plafon. Pembawa ekspansi meningkatkan dimensi garis tengah ke garis tengah panel untuk mengakomodasi pemasangan modul nonstandar. Batang penstabil terpasang pada slot setiap 4 in. o.c., dan memberikan kekuatan dan kekakuan tambahan pada sistem suspensi.

Aksesoris

Aksesoris meliputi klem konektor silang, yang dipasang di persimpangan kisi tee utama dan silang untuk memberikan kekuatan tambahan. Penyangga pengangkat angin, klip seismik, dan perangkat lain tersedia untuk memenuhi persyaratan kode lokal terkait pemasangan langit-langit logam linier. Potongan trim dan cetakan tersedia untuk kondisi perimeter, dan panel akses menyediakan akses di atas langit-langit.

Ketahanan Terhadap Kebakaran

Beberapa sistem langit-langit logam linier terdaftar sebagai rakitan dengan peringkat ketahanan api UL. Tanyakan kepada produsen untuk informasi khusus terkait ketahanan api dari produk tertentu. Saat ini, seperti halnya langit-langit panci logam, langit-langit logam linier tidak diidentifikasi memiliki kualitas tahan api tertentu dan tidak terdaftar dalam Direktori Ketahanan Api UL.

Kandungan Daur Ulang

Banyak produsen telah mengintegrasikan bahan daur ulang ke fabrikasi langit-langit panci logam mereka, meskipun persentase kandungan daur ulang bervariasi di antara produsen dan produk.

BAB 4

LAYANAN FASILITAS

4.1 PENDAHULUAN

Untuk membahas pembahasan bab ini, isu-isu berikut menawarkan perspektif.

Skala: Elemen layanan mencakup sekitar 15 persen dari keseluruhan sumber daya proyek (biaya konstruksi, luas lantai, atau volume bangunan) dari proyek perumahan tetapi mungkin memerlukan hingga 50 persen untuk fasilitas laboratorium yang kompleks. Skala terpengaruh jika kapasitas ekstra diperlukan untuk periode hunian tinggi yang jarang terjadi atau cadangan darurat. Namun, dengan desain yang tepat, penggabungan sistem pasif, dan integrasi teknis, beberapa elemen layanan dapat diminimalkan dan sebagai hasilnya, sumber daya dialokasikan ke fitur lain.

Operasi: Elemen layanan menghabiskan sumber daya dan menghasilkan limbah selama bangunan beroperasi. Lebih jauh, peralatan layanan harus dirawat, diperbaiki, ditingkatkan, dan akhirnya diganti. Persyaratan berkelanjutan ini merupakan tambahan dari angka sumber daya proyek 15 hingga 50 persen yang disarankan yang ditunjukkan dalam skala. Dari perspektif siklus hidup, biaya operasi dan pemeliharaan sering kali melebihi biaya konstruksi.

Kegagalan: Kinerja yang buruk atau kegagalan sementara layanan fasilitas jarang menimbulkan bencana. Namun, inefisiensi kecil dapat menjadi mahal dalam pengoperasian jangka panjang. Masalah yang lebih serius terjadi ketika kondisi tidak terawat dengan baik dan tidak bersih, atau ketika polusi mengakibatkan apa yang disebut sindrom bangunan sakit.

Dinamika: Pengoperasian peralatan disesuaikan dengan kebutuhan manusia oleh sistem kontrol. Jadi, tidak seperti elemen bangunan statis, layanan memberikan respons yang kompleks dan bervariasi terhadap perubahan kondisi dan permintaan yang berfluktuasi. Bimodalitas fluks meliputi musim panas/dingin, siang/malam, dan moda terisi/tidak terisi.

Pengoperasian berkelanjutan: Penggunaan penghuni, lingkungan, dan peralatan layanan terus bergerak dan berubah secara saling terkait. Kondisi dinamis ini harus dikonfigurasi ulang secara rutin agar sesuai dengan pengoperasian peralatan dengan pola penggunaan saat ini.

Layanan fasilitas memerlukan ruang dan jarak peralatan. Jalur distribusi vertikal dan horizontal mengarah dari ruang peralatan melalui bangunan ke titik pengiriman di ruang yang ditempati. Pintu masuk layanan utilitas harus dikoordinasikan dengan ruang peralatan yang besar. Koneksi antara peralatan dalam ruangan dan lingkungan luar ruangan dapat mencakup cerobong asap, saluran udara pembuangan, saluran udara pembakaran, dan kisi-kisi pemasukan udara ventilasi. Lokasi pusat layanan atau jarak yang dekat dengan beban utama dapat memudahkan distribusi. Sistem layanan dapat dibagi menjadi beberapa zona terpisah yang dikontrol secara independen.

Elemen layanan menjadi perlengkapan visual di titik pengirimannya di ruang yang ditempati. Memaparkan komponen distribusi lain secara visual seperti saluran, conduit, dan perpipaan dapat meningkatkan volume ruangan dengan menghilangkan langit-langit; tetapi ini memerlukan perhatian cermat terhadap dampak estetika, fungsional, dan pemeliharaan yang

dihasilkan dari keberadaannya di ruang yang ditempati. Misalnya, peralatan luar ruangan dan atap dapat mengganggu pandangan dari lokasi yang berdekatan.

Layanan fasilitas saling memengaruhi, seperti panas dari perlengkapan lampu dan peralatan yang memengaruhi beban pendinginan, atau penggunaan peralatan penanganan udara untuk menyediakan kompartementalisasi jika terjadi kebakaran. Layanan juga dapat dipengaruhi oleh komponen bangunan lain seperti massa termal struktur atau sinar matahari dan panas matahari melalui jendela. Komponen layanan menghasilkan kebisingan yang berdampak negatif pada ruang interior dan eksterior, termasuk gesekan udara, kebisingan kipas, aliran air, kebisingan perlengkapan, kebisingan katup, dengungan transformator listrik, dan getaran dari motor dan pompa.

Elemen layanan harus dipilih oleh tim desain dan mungkin memerlukan koordinasi dengan desain pemilik. Urutan konstruksi terpengaruh karena banyak komponen berukuran besar dan yang lainnya tersembunyi di balik rakitan konstruksi. Selama konstruksi, penggunaan elemen layanan mungkin diperlukan untuk sementara waktu, sehingga dapat menyediakan daya listrik untuk pekerjaan konstruksi, atau kontrol kelembapan untuk melindungi lapisan interior saat dipasang. Layanan dan kontrol harus diuji, disesuaikan, dan diseimbangkan sebelum ditempati.

4.2 PENGANGKUTAN

Peralatan pengangkutan dapat mencakup lift, eskalator dan jalan bergerak, dumbwaiter, lift, meja putar, perancah, konveyor, dan saluran fasilitas, serta sistem tabung pneumatik. Peralatan pengangkutan digunakan untuk memindahkan orang, peralatan, dan barang di sepanjang jalur horizontal dan vertikal. Peralatan pengangkutan membuat akses di dalam gedung besar menjadi praktis dengan meminimalkan upaya dan waktu perjalanan dan juga dapat digunakan untuk mengendalikan akses demi privasi dan keamanan.

Luas fisik dan biaya tipikal biasanya memengaruhi perencanaan dasar gedung dan mengendalikan beberapa aspek dari keseluruhan desain. Kecepatan pengoperasian sistem mekanis ini harus diimbangi dengan waktu tunggu penghuni bersamaan dengan potensi ketidaknyamanan fisik akibat gerakan cepat atau tersentak-sentak.

Sistem pengangkutan juga merupakan elemen penting akses universal bagi penghuni dengan kemampuan fisik yang berbeda dan karenanya harus mematuhi standar aksesibilitas yang relevan. Keselamatan sangat penting, khususnya jika poros, bukaan, atau bagian pengoperasian dapat membahayakan penghuni; Oleh karena itu, prosedur perawatan memerlukan inspeksi yang sering dan, mungkin, sertifikasi ulang secara berkala oleh otoritas bangunan. Peraturan sangat penting untuk lift. Faktor desain umum lainnya terkait dengan pencocokan ukuran, kecepatan, dan kapasitas peralatan dengan jenis penghuni, beban permintaan, dan tingkat kenyamanan.

Pergerakan mekanis penghuni dan material di dalam bangunan memungkinkan desainer untuk mengatur, membagi, dan mengkompartementalisasi area menjadi zona terpisah yang jelas yang hanya dapat diakses melalui portal lift atau eskalator yang terkontrol. Pemisahan ini dapat meningkatkan keamanan, menyediakan hunian individual, dan menyusun

urutan, seperti kedatangan, sambutan, dan tujuan. Sistem ini biasanya dikelilingi oleh ruang fisik publik seperti pendaratan, serambi, dan lobi.

Peralatan pengangkut juga memungkinkan area denah yang besar dilipat sehingga jarak terpendek antara dua titik bukanlah garis lurus dari satu area lantai ke area lain di lantai yang sama, melainkan jalur mekanis antara lantai yang berdekatan atau tersebar luas. Pada fasilitas yang sangat besar seperti terminal bandara dan gedung-gedung tinggi, peralatan pengangkut memfasilitasi komunikasi yang cepat dan mudah antara titik-titik yang terpisah jauh yang mungkin tidak praktis untuk dilalui, seperti urutan penurunan penumpang, pengangkutan bagasi, tiket, jembatan pemuatan penumpang, dan lobi keberangkatan.

Konfigurasi

Lift umumnya digunakan untuk perjalanan jarak jauh, sedangkan eskalator biasanya terbatas pada lima atau kurang lantai yang berdampingan. Lobi langit dapat digunakan untuk membagi bangunan menjadi subbangunan vertikal, dan lift yang lebih kecil, eskalator, tangga, atau kombinasi apa pun dapat menyediakan sirkulasi di antara divisi.

Kontrol

Pertimbangan yang cermat dan ahli diperlukan dalam desain strategis dan pengoperasian otomatis peralatan pengangkut; oleh karena itu konsultan yang tepat harus dilibatkan sejak awal dalam proses desain.

Antarmuka

Peralatan pengangkut berinteraksi langsung dengan sistem sirkulasi umum dan organisasi perencanaan suatu fasilitas. Jalur penumpang mekanis harus dilengkapi dengan moda keluar darurat. Sejauh peralatan pengangkut vertikal memungkinkan desain bangunan bertingkat tinggi, hal itu juga dapat memengaruhi perencanaan lokasi dan pemanfaatan bangunan.

4.3 LIFT

Komponen sistem lift meliputi jalan masuk, ruang mesin, gerbong lift, dan lobi tunggu untuk penumpang, peralatan, atau pemuatan barang.

Jalan Tingkat

Jalan masuk adalah poros vertikal terbuka untuk pergerakan satu atau lebih gerbong lift. Jalan masuk ini meliputi lubang dan biasanya berakhir di bagian bawah ruang mesin dalam rakitan traksi, dan di bagian bawah atap di atas jalan masuk dalam rakitan hidrolik. Biasanya, akses ke gerbong lift dan jalan masuk adalah melalui pintu jalan masuk di setiap lantai, yang dilayani oleh lift. Desain jalan masuk ditentukan oleh karakteristik sistem lift yang dipilih, beserta persyaratan untuk pemisahan api, ventilasi, kedap suara, dan elemen nonstruktural.

Ruang Mesin

Baik lift traksi elektrik maupun hidrolik memerlukan lokasi untuk mesin pengoperasian lift. Karena kemajuan teknologi saat ini, mesin pengoperasian untuk lift hidrolik menjadi lebih kecil dan sering kali dapat ditempatkan di dalam jalan masuk. Bila ruang mesin yang ditunjuk diperlukan, baik untuk sistem traksi elektrik maupun hidrolik, diperlukan pemisahan api; ventilasi dan kedap suara yang memadai, beserta pintu yang dapat menutup sendiri dan

mengunci sendiri.

Ruang mesin untuk lift traksi elektrik biasanya terletak tepat di atas jalur angkat, tetapi dapat juga terletak di bawah, di samping, atau di belakang jalur angkat dan berisi mesin pengangkat lift dan peralatan kontrol elektronik. Ruang mesin untuk lift hidrolik, biasanya terletak di dekat dasar jalur angkat, berisi unit pompa hidrolik dan kontrol elektronik. Kode mungkin melarang penempatan peralatan yang tidak terkait dengan lift di ruang mesin.

Mobil Lift

Dipandu oleh rel vertikal di setiap sisi, mobil lift mengangkut penumpang atau barang antar lantai. Mobil ini dibangun di dalam platform dan rangka pendukung. Desain kabin difokuskan pada penyelesaian langit-langit, dinding, lantai, dan pintu serta pencahayaan, ventilasi, dan peralatan sinyal lift yang menyertainya. Mobil dan rangka lift hidrolik ditopang oleh piston atau silinder. Mobil dan rangka lift traksi elektrik ditopang oleh mesin pengangkat. Lift dan penyeimbangannya dihubungkan dengan tali baja atau sabuk.

Lobi

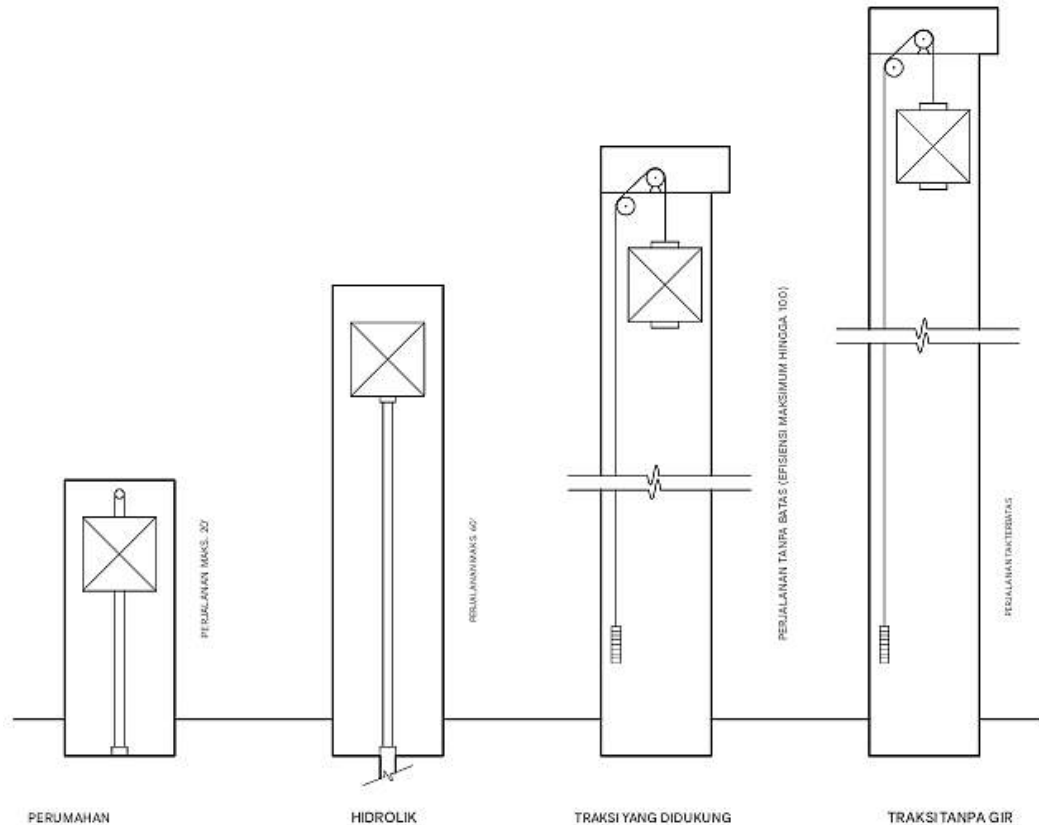
Area tunggu lift dirancang untuk memungkinkan sirkulasi penumpang yang bebas, akses cepat ke mobil lift, dan sinyal lift yang terlihat jelas. Bergantung pada desain fasilitas, lobi lift mungkin perlu ditutup.

Jenis dan Penggunaan Lift

Umumnya ada dua jenis lift, yaitu lift traksi hidrolik dan elektrik. Kedua jenis lift ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk penumpang, layanan, barang, dan perumahan.

Jenis Lift

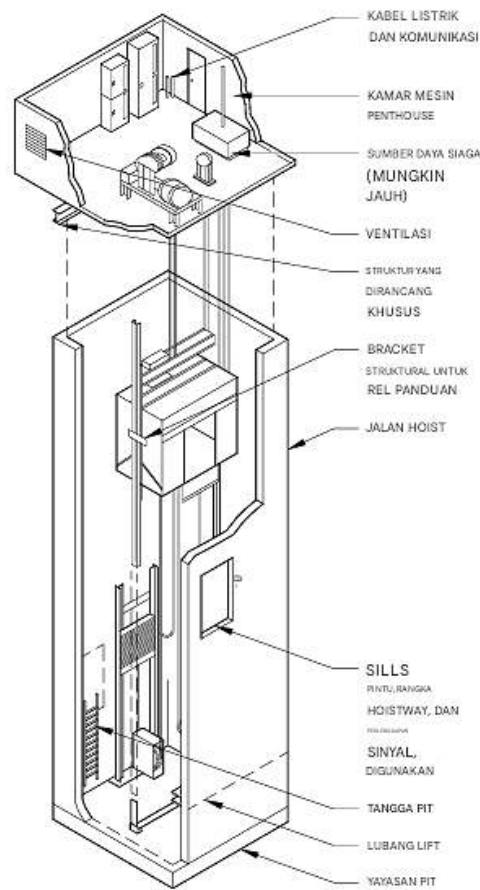
- ✪ Lift hidrolik: Menggunakan mesin yang digerakkan oli hidrolik untuk menaikkan dan menurunkan gerbong lift beserta muatannya. Kecepatan yang lebih rendah dan panjang piston membatasi penggunaan tipe ini. Jarak tempuh bervariasi antara 35 dan 60 ft, tergantung pada konfigurasi dan kapasitas. Meskipun umumnya memerlukan biaya pemasangan awal yang paling sedikit, tipe lift ini memerlukan lebih banyak daya untuk beroperasi dan akan lebih mahal selama masa pakainya.
- ✪ Lift traksi elektrik: Lift yang energinya diaplikasikan melalui mesin yang digerakkan secara elektrik. Kecepatan sedang hingga tinggi dan kenaikan yang hampir tak terbatas memungkinkan tipe lift ini untuk melayani gedung bertingkat tinggi, sedang, dan rendah. Lift traksi elektrik dapat dibagi lagi menjadi kategori bergigi dan tanpa gigi.
- ✪ Lift traksi bergigi: Dirancang untuk beroperasi dalam kisaran umum 100 hingga 450 ft/menit, membatasi penggunaannya pada gedung bertingkat sedang.
- ✪ Lift traksi tanpa roda gigi: Tersedia dalam unit dengan kecepatan 500 hingga 1200 ft/menit. Lift ini menawarkan keunggulan masa pakai yang panjang dan perjalanan yang mulus.



Gambar 4.1 Jarak perjalanan lift

Jenis Penggunaan Lift

- ❖ Lift penumpang: Digunakan untuk mengangkut orang dari satu lantai ke lantai lain. Kabin lift tersedia dalam desain standar dan khusus.
- ❖ Lift layanan: Di gedung industri, perumahan, dan komersial, lift layanan sering kali merupakan paket lift penumpang standar yang dimodifikasi untuk penggunaan layanan.
- ❖ Lift barang: Biasanya digolongkan sebagai lift pemuatan barang umum, pemuatan kendaraan bermotor, truk industri, atau lift pemuatan terkonsentrasi. Lift pemuatan barang umum dapat berupa tipe drum elektrik atau lift traksi atau hidrolik.
- ❖ Lift perumahan: Dipasang hanya di tempat tinggal pribadi atau untuk melayani satu unit di gedung dengan beberapa unit hunian. Berdasarkan kode, lift di tempat tinggal pribadi dibatasi dalam ukuran, kapasitas, kenaikan, dan kecepatan.



Gambar 4.2 Detail perencanaan lift

Karakteristik Bangunan

Karakteristik fisik bangunan seperti tinggi bangunan dan lokasi jalur lift dipertimbangkan bersama dengan karakteristik populasi untuk menentukan ukuran, kapasitas, kecepatan, jenis, dan lokasi komponen lift. Karakteristik ini khususnya memengaruhi desain lift:

- Tinggi: Tentukan jarak tempuh lift dari halte terendah ke halte teratas, jumlah total halte, dan jarak antar halte.
- Penggunaan bangunan: Identifikasi lokasi area pintu masuk yang banyak digunakan, seperti yang mengarah ke kafetaria, restoran, auditorium, dan area layanan. Biasanya, rencanakan fasilitas sehingga tidak ada calon penumpang yang harus berjalan lebih dari 200 ft untuk mencapai lift.

Proses pemilihan lift harus dimulai dengan analisis menyeluruh tentang bagaimana orang akan menempati fasilitas tersebut. Empat masalah yang relevan:

- Total populasi dan kepadatan: Tentukan angka-angka ini untuk setiap lantai atau untuk sebagian lantai.
- Beban puncak: Identifikasi periode ketika lift akan membawa beban lalu lintas tertinggi.
- Waktu tunggu: Ini adalah lamanya waktu penumpang diharapkan menunggu lift berikutnya tiba.
- Permintaan kualitas: Pengoperasian yang lancar mungkin sama pentingnya dengan

sentuhan akhir yang mewah.

Persiapan untuk Pemasangan Lift

Pekerjaan persiapan berikut ini harus dilakukan sebelum pemasangan lift dan peralatan terkait:

- Ruang peralatan lift tertutup dengan stopkontak listrik, pencahayaan yang memadai, serta pemanas dan ventilasi yang cukup untuk menjaga suhu ruangan antara 50°F (minimum) dan 100°F (maksimum)
- Dukungan dan fondasi yang memadai untuk menahan beban semua peralatan, termasuk dukungan untuk braket rel pemandu
- Sambungan dari daya listrik fasilitas ke setiap pengontrol, termasuk pemutus sirkuit yang diperlukan dan sakelar pemutus saluran utama yang dilengkapi sekering
- Tenaga listrik dengan karakteristik yang sama dengan pasokan permanen untuk konstruksi, pengujian, dan penyesuaian
- Penggalian dan penimbunan kembali untuk pipa atau saluran bawah tanah
- Balok pembagi untuk penyangga braket rel, sebagaimana diperlukan
- Pemotongan dinding, lantai, dan konstruksi lainnya, serta pemindahan penghalang apa pun; pemasangan jangkar dan selongsong
- Balok pengangkat untuk pemasangan. Bergantung pada pemasangan dan penggunaan, balok pengangkat mungkin dapat dilepas setelah pemasangan lift.
- Penutup sementara, barikade, atau perlindungan lain dari jalur angkat terbuka dan area kerja lift saat lift sedang dipasang
- Fasilitas penyimpanan yang memadai untuk peralatan lift sebelum dan selama pemasangan

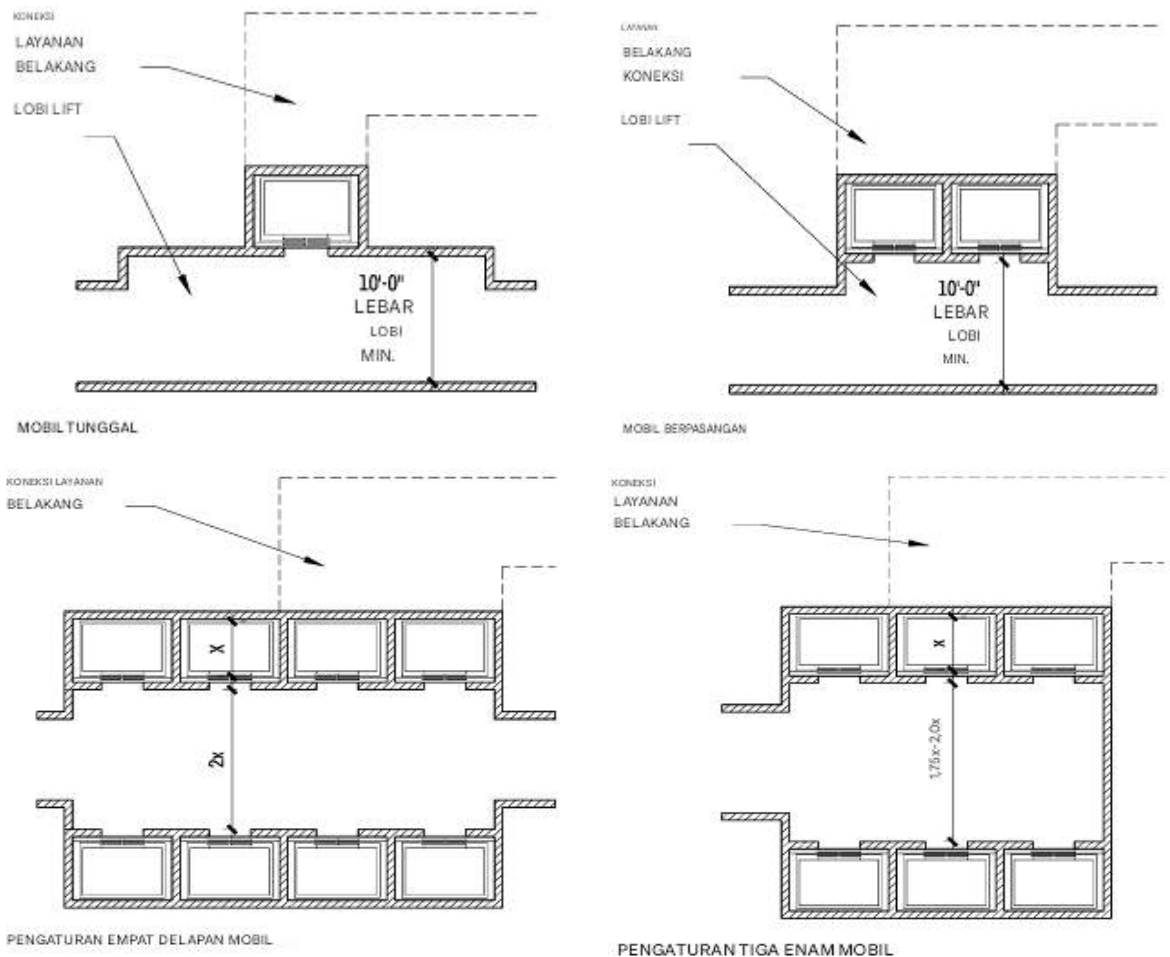
Pemasangan Lift

Pekerjaan berikut mungkin harus diselesaikan sebelum penggunaan lift untuk penggunaan sementara atau permanen:

- Grouting ambang pintu, rangka jalur angkat, dan perlengkapan sinyal setelah pemasangan peralatan lift
- Layanan lift sementara sebelum selesai
- Sensor panas dan asap, sebagaimana diwajibkan oleh otoritas yang memiliki yurisdiksi, yang dapat mencakup persyaratan *National Fire Protection Association (NFPA)* atau *National Elevator Code*
- Kabel telepon ke panel kontrol ruang mesin, dan pemasangan instrumen telepon
- Sumber daya siaga saat pengoperasian lift dari catu daya alternatif diperlukan
- Sarana untuk memutus catu daya utama lift secara otomatis, untuk melindungi peralatan ruang mesin dari kerusakan
- Jalur angkat yang tegak lurus dan sah; lubang dengan kedalaman yang sesuai dengan tangga lubang untuk setiap lift; saluran pembuangan, lampu, pintu akses, kedap air, dan ventilasi jalur angkat, sebagaimana diperlukan

Tabel 4.3 Jenis lift berdasarkan penggunaan

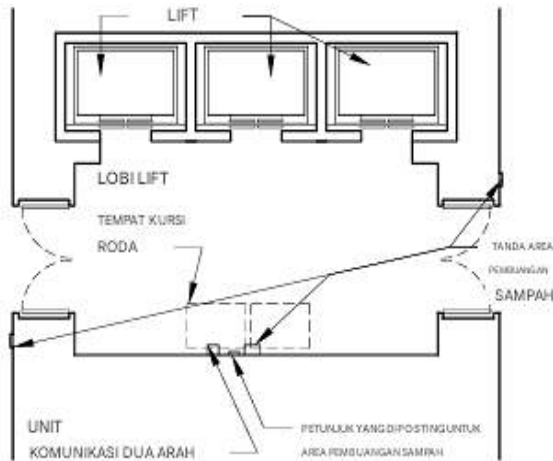
KEBUTUHAN/PENGGUNAAN	JENIS LIFT			
	PERUMAHAN PRIBADI	HIDROLIK	TRAKSI BERGIROK	TRAKSI TANPA GIR
Rumah pribadi	X			
Bertingkat rendah, kecepatan rendah		X		
Naik sedang, kecepatan sedang			X	
Gedung tinggi, kecepatan tinggi				X
Biaya awal yang rendah		X		
Tidak ada penthouse, konstruksi ringan		X		
Angkutan barang, bertingkat rendah		X	X	
Angkutan barang, gedung tinggi			X	



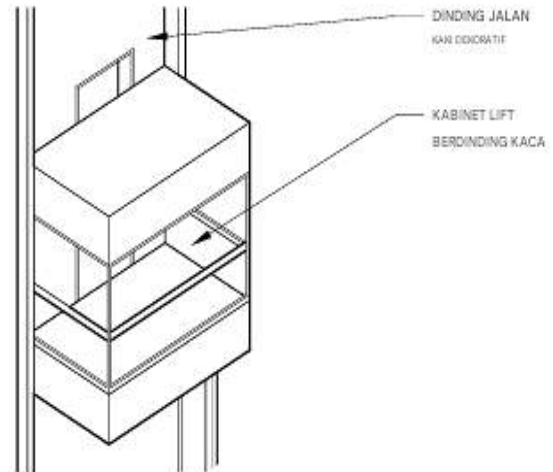
Gambar 4.4 Perencanaan lobi lift

Lift observasi dan berdinging kaca berjalan di luar jalur kerekan atau di jalur kerekan yang sebagian tertutup kaca. Umumnya, mesin disembunyikan atau ditempatkan agar tidak mencolok. Lift dapat menggunakan traksi hidrolik atau elektrik; lift traksi elektrik dapat

menggunakan roda gigi atau tanpa roda gigi. Kabin dapat dirancang khusus dengan lebih dari 75 persen area dinding berupa kaca. Penghalang keselamatan harus disediakan di penetrasi lantai dan lantai dasar, yang sepenuhnya mengelilingi bagian lift yang tidak tertutup oleh jalur kerekan. Ini adalah aplikasi yang sangat khusus, jadi konsultasi disarankan.



Gambar 4.5 Lobi lift dirancang sebagai area perlindungan



Gambar 4.6 Kabinet lift berdinding kaca

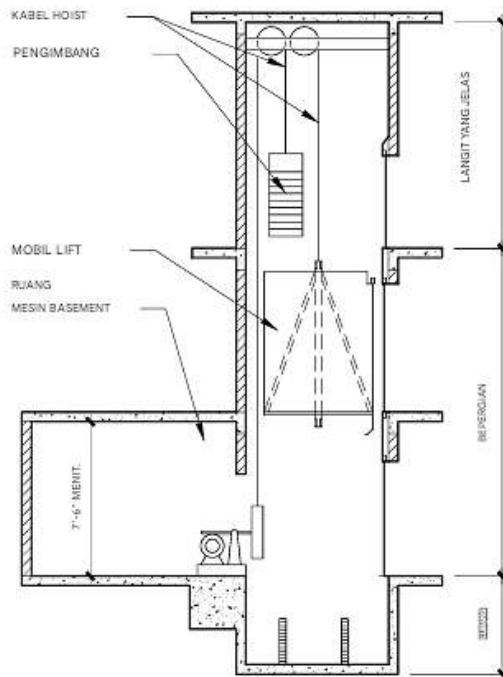
Lift Traksi Listrik

Lift traksi elektrik dapat berupa sistem roda gigi atau tanpa roda gigi. Perbedaan utama antara kedua sistem tersebut terletak pada kecepatan dan ketinggian perjalanan. Pertimbangan desain umum yang melibatkan jalur angkat, ruang mesin, dan perencanaan lift serupa. Unit penggerak roda gigi dan tanpa roda gigi diatur oleh kontrol elektronik, yang mengoordinasikan perataan gerbong, panggilan penumpang, pengoperasian kolektif lift, pengoperasian pintu, percepatan dan perlambatan gerbong, dan aplikasi keselamatan. Berbagai macam sistem kontrol tersedia untuk memenuhi persyaratan fasilitas individual.

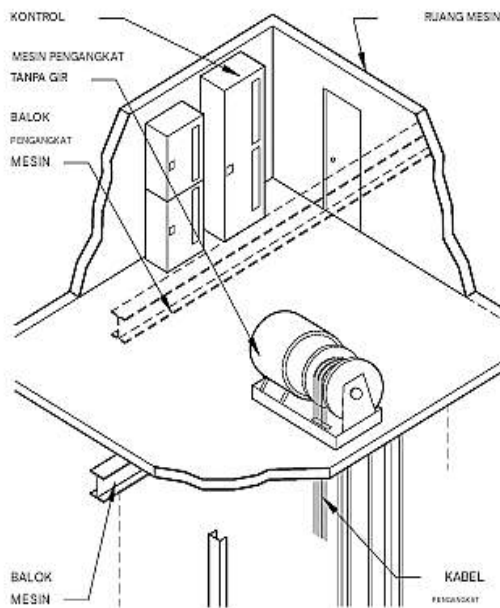
Persyaratan struktural mengharuskan berat total lift ditopang oleh balok mesin dan disalurkan ke struktur bangunan (atau jalur angkat). Koordinasi dengan konsultan lift dan insinyur struktur penting untuk desain yang tepat. Perhatikan hal-hal berikut saat merancang lift traksi:

- ☑ Kedalaman lubang, dimensi overhead yang jelas, dan ukuran penthouse ruang mesin harus sesuai dengan *American Society of Mechanical Engineers Safety Code for Elevators and Escalators* (ASME A17.1). Kode lokal dapat bervariasi dari persyaratan ini beserta persyaratan penutup dengan peringkat ketahanan api.
- ☑ Dimensi overhead yang jelas minimum didasarkan pada tinggi kabin standar pabrikan.
- ☑ Kapasitas dapat dipertimbangkan dalam hal penumpang atau pon, tergantung pada apa yang akan dipindahkan.
- ☑ Konfigurasi lift akan bergantung pada kapasitas dan juga ukuran dan lokasi pintu masuk.
- ☑ Jarak tempuh, kecepatan, dan jumlah pemberhentian merupakan faktor-faktor yang akan memengaruhi desain lift dan peralatan terkait.

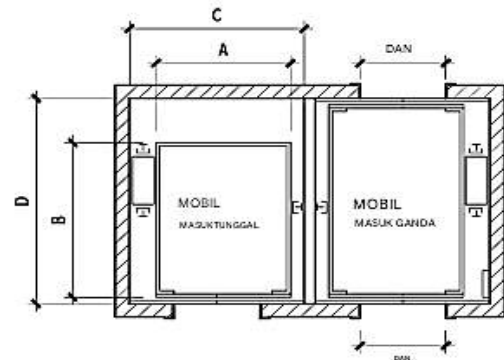
- ☑ Ruang mesin untuk lift traksi biasanya terletak tepat di atas hoistway di penthouse, tetapi dapat terletak di ruang lain yang berdekatan dengan hoistway. Ruang harus disediakan untuk penggerak lift, peralatan kontrol elektronik, dan pengatur; sediakan jarak yang cukup untuk pemasangan, perbaikan, dan pelepasan peralatan. Pencahayaan dan pemanas, ventilasi, dan isolasi suara yang memadai harus disediakan. Konsultan lift dapat menjadi aset berharga bagi tim desain, selama tahap awal proyek.



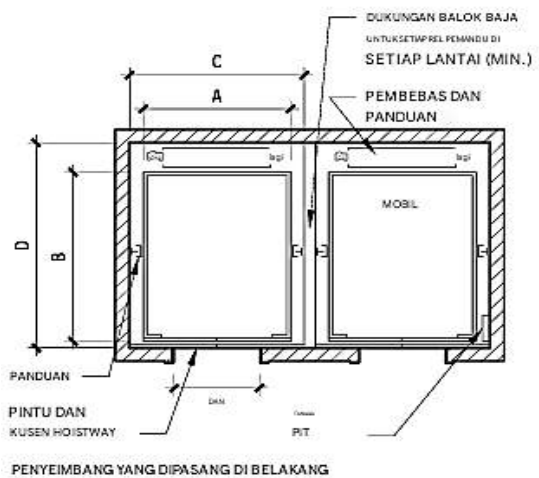
Gambar 4.7 Lift traksi listrik dengan ruang mesin di bawah tanah



Gambar 4.8 Ruang mesin lift tanpa gir



PENYEIMBANG YANG DIPASANG DI SISI



PENYEIMBANG YANG DIPASANG DI BELAKANG

Gambar 4.9 Jenis jalan kaki lift

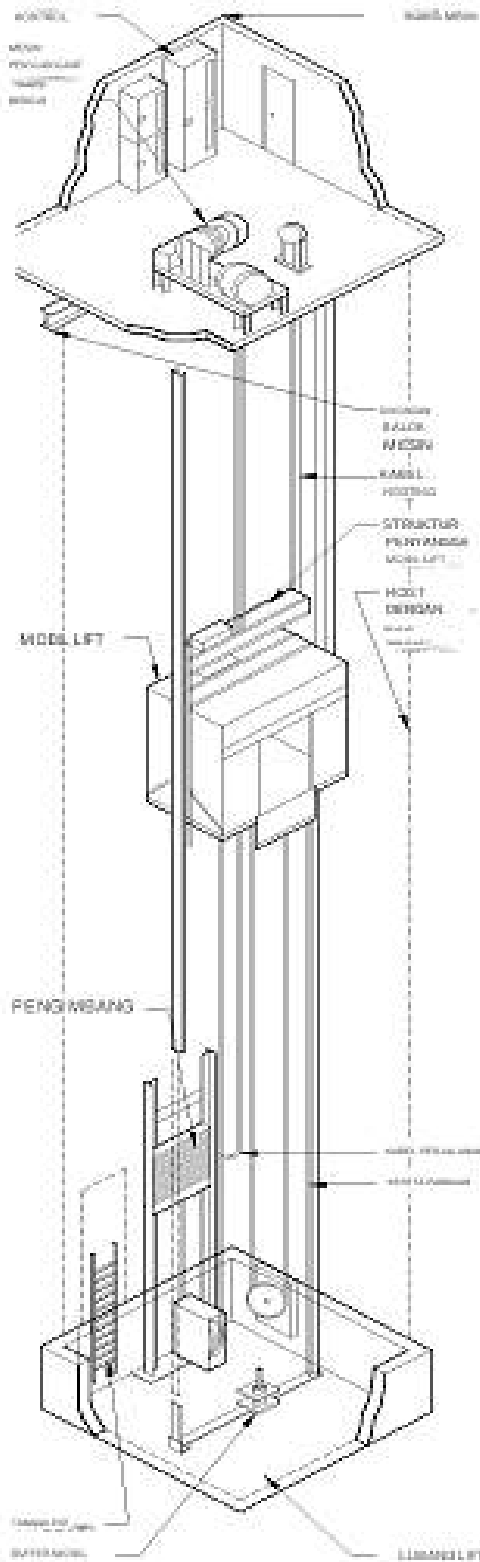
Tabel 4.10 Dimensi lift traksi listrik (ft-in.)

BEBAN TERUKUR (LB)	A	B	C	D	E
2000	5-8	4-3	7-4	6-11	3-0
2500	6-8	4-3	8-4	6-11	3-6
3000	6-8	4-7	8-4	7-5	3-6
3500	6-8	5-3	8-4	8-1	3-6
4500	5-8	7-10	8-2	10-5	4-0

Lift Hidrolik

Lift hidrolik digunakan terutama pada instalasi bertingkat rendah dan menengah, di mana kecepatan gerbong sedang (hingga 150 ft per menit) dapat diterima. Gerbong dihubungkan ke bagian atas piston panjang yang bergerak naik turun dalam silinder. Gerbong bergerak naik saat fluida hidrolik dipompa ke dalam silinder dari reservoir, menaikkan piston. Gerbong diturunkan saat fluida hidrolik kembali ke reservoir. Gerakan naik turun gerbong lift dikendalikan oleh katup hidrolik.

Elemen perencanaan ruang utama lift hidrolik adalah ruang mesin, biasanya terletak di bagian dasar, dan jalur angkat, yang berfungsi sebagai jalur masuk berventilasi dan terlindungi dari kebakaran untuk gerbong lift. Struktur yang memadai harus disediakan di bagian dasar jalur angkat untuk menahan beban gerbong lift dan piston atau silinder pendukungnya.



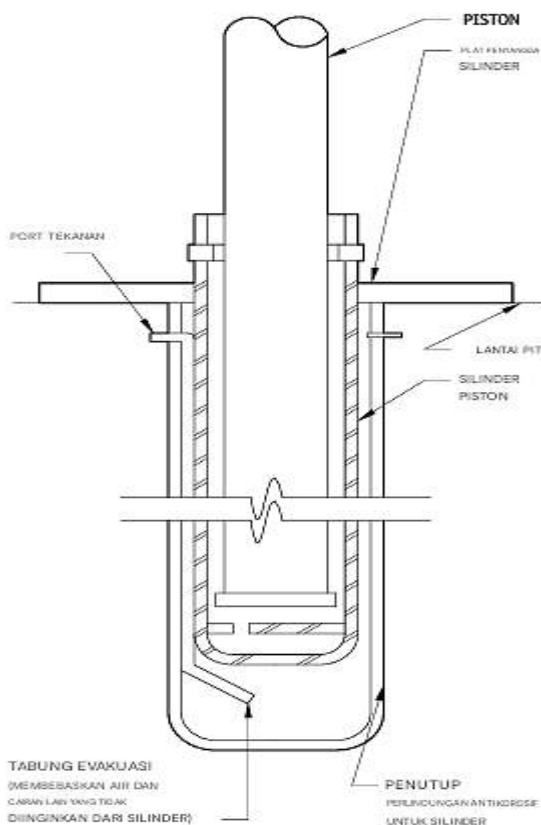
Gambar 4.11 Lift traksi (bergir)

Ada tiga konfigurasi lift hidrolik: lift berlubang, lift tanpa lubang, dan lift hidrolik dengan tali. Silinder dalam lift hidrolik berlubang dipusatkan di bawah gerbong dan dibor ke dalam tanah. Kedalaman silinder akan kira-kira sama dengan jarak tempuh ditambah kedalaman lubang. Silinder lift hidrolik tanpa lubang terletak di satu atau kedua sisi gerbong dan tidak menembus

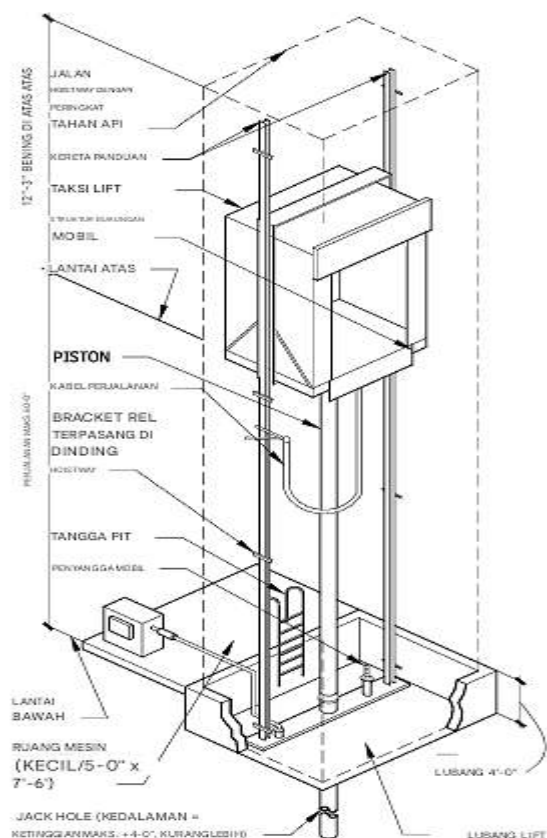
di bawah lubang lift. Lift hidrolik tanpa lubang memiliki jarak tempuh yang jauh lebih sedikit daripada tipe berlubang. Dengan lift hidrolik dengan tali, pendorong menggerakkan kabel atau tali, yang kemudian menggerakkan gerbong lift. Ketiga konfigurasi dapat digunakan dalam aplikasi komersial, tetapi berlubang dan tanpa lubang adalah tipe yang paling umum.

Saat merancang lift hidrolik, ikuti panduan berikut:

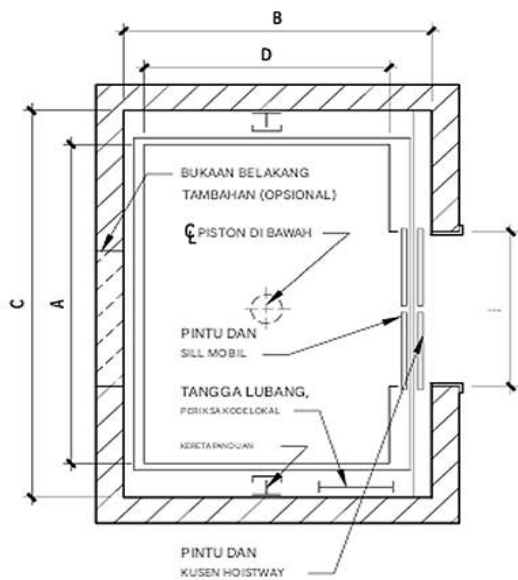
- ✪ Pastikan kedalaman lubang dan jarak bebas di atas kepala sesuai dengan persyaratan ASME A17.1; dan perhatikan bahwa kode lokal dapat berbeda dari persyaratan ini.
- ✪ Gunakan dimensi gerbong dan jalur angkat unit hanya untuk tujuan referensi. Berbagai unit tersedia. Konsultasikan dengan produsen untuk dimensi tertentu.
- ✪ Dinding jalur angkat berfungsi terutama sebagai penutup tahan api. Periksa peraturan setempat untuk menentukan peringkat ketahanan api yang diperlukan.
- ✪ Rel pemandu memanjang dari lantai lubang tambang ke atas jalur angkat untuk memandu mobil di dalam jalur angkat.
- ✪ Braket rel memasang rel pemandu ke dinding jalur angkat dan biasanya terletak di setiap lantai. Braket diperlukan di bagian atas jalur angkat, dan braket perantara mungkin diperlukan untuk ketinggian lantai ke lantai yang berlebihan.
- ✪ Aplikasi hidraulik berlubang memerlukan lubang dongkrak di lantai lubang tambang.



Gambar 4.12 Detail piston dan silinder

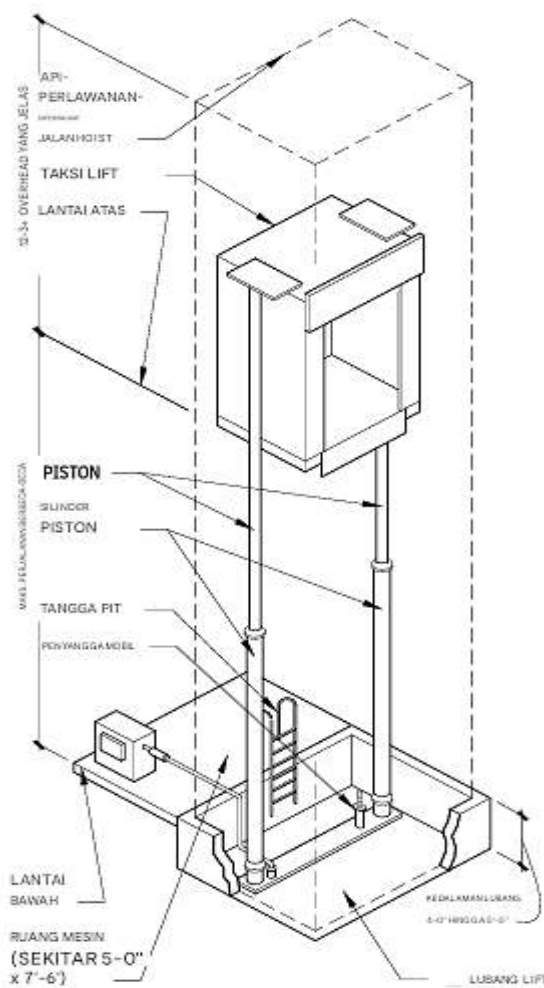


Gambar 4.13 Lift hidrolik berlubang



BEBAN TERUKUR (LB)	A	B	C	D	E
2000	5-8	4-3	7-4	5-11	3-0
2500	6-8	4-3	8-4	5-11	3-6
3000	6-8	4-7	8-4	6-3	3-6
3500	6-8	5-3	8-4	6-11	3-6
4500	5-8	7-10	7-5	10-0	4-0

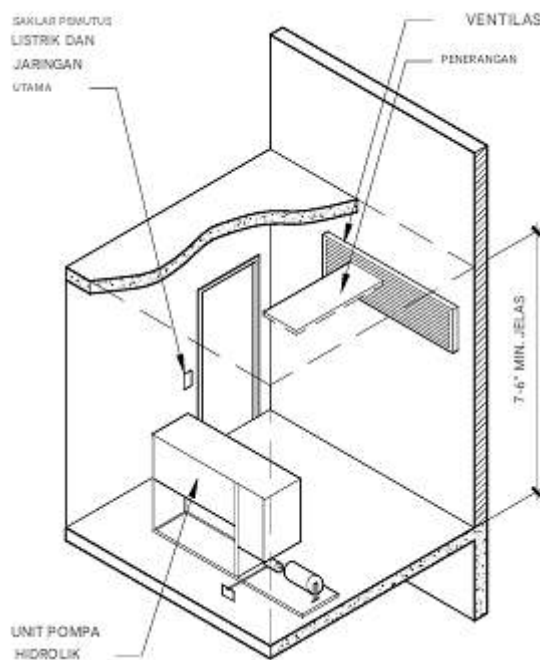
Gambar 4.14 Dimensi lift hidrolik berlubang (ft-in.)



Gambar 4.15 Lift hidrolik tanpa lubang

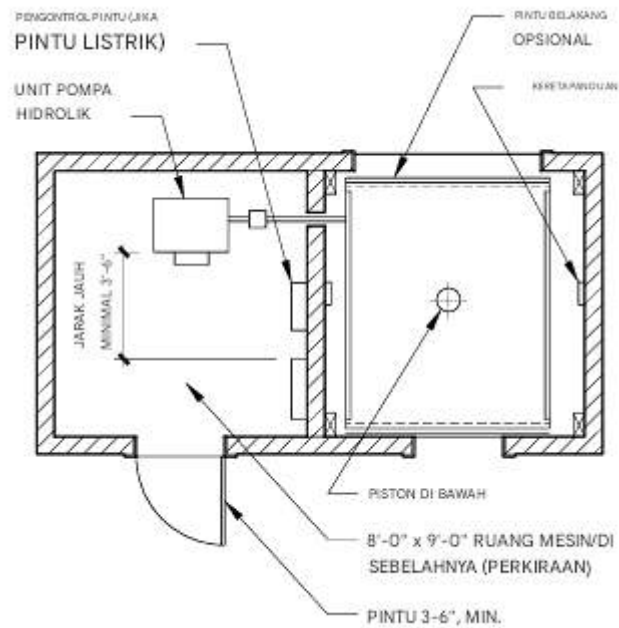
Lift Barang

Lift barang umum dengan kapasitas 2000 hingga 8000 lbs memenuhi berbagai persyaratan penanganan material. Lift barang truk industri memerlukan pertimbangan desain khusus untuk menangani muatan truk seberat 10.000 hingga 20.000 lbs atau lebih. Lift barang umum atau truk industri dapat memiliki sistem penggerak hidrolik atau traksi, mirip dengan lift lainnya. Namun, unit tersebut biasanya dirancang khusus dengan pintu bipart vertikal dan dukungan struktural khusus untuk mengakomodasi beban berat dan kondisi pemuatan eksentrik. Lift barang biasanya memiliki sistem kontrol sederhana dan beroperasi pada kecepatan yang lebih lambat daripada lift lainnya. Kapasitasnya harus berukuran sesuai dengan beban yang diharapkan terbesar.

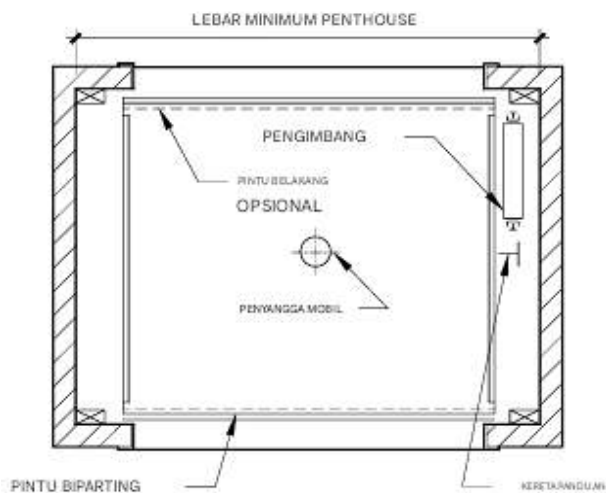


Gambar 4.16 Ruang mesin

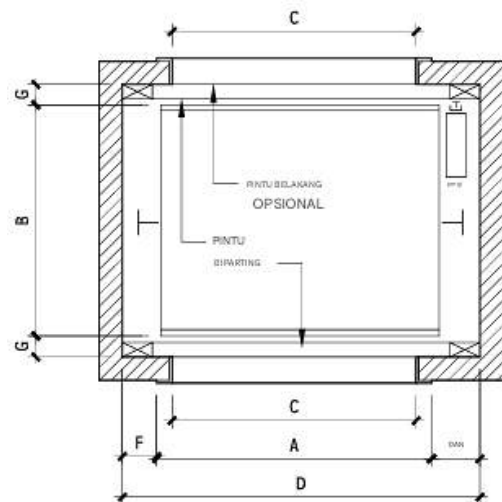
Ada lima kelas pemuatan untuk lift barang; Kelas A: Pemuatan Barang Umum; Kelas B: Pemuatan Kendaraan Bermotor; Kelas C1: Pemuatan Truk Industri (di mana truk dibawa oleh lift); Kelas C2: Pemuatan Truk Industri (di mana truk hanya digunakan untuk memuat dan membongkar); Kelas C3: Beban Lain dengan Konsentrasi Tinggi. Lihat ASME A17.1 untuk informasi tambahan mengenai beban dan desain lift barang.



Gambar 4.17 Lift barang hidrolik



Gambar 4.18 Lift barang traksi



Gambar 4.19 Rencana utama lift barang

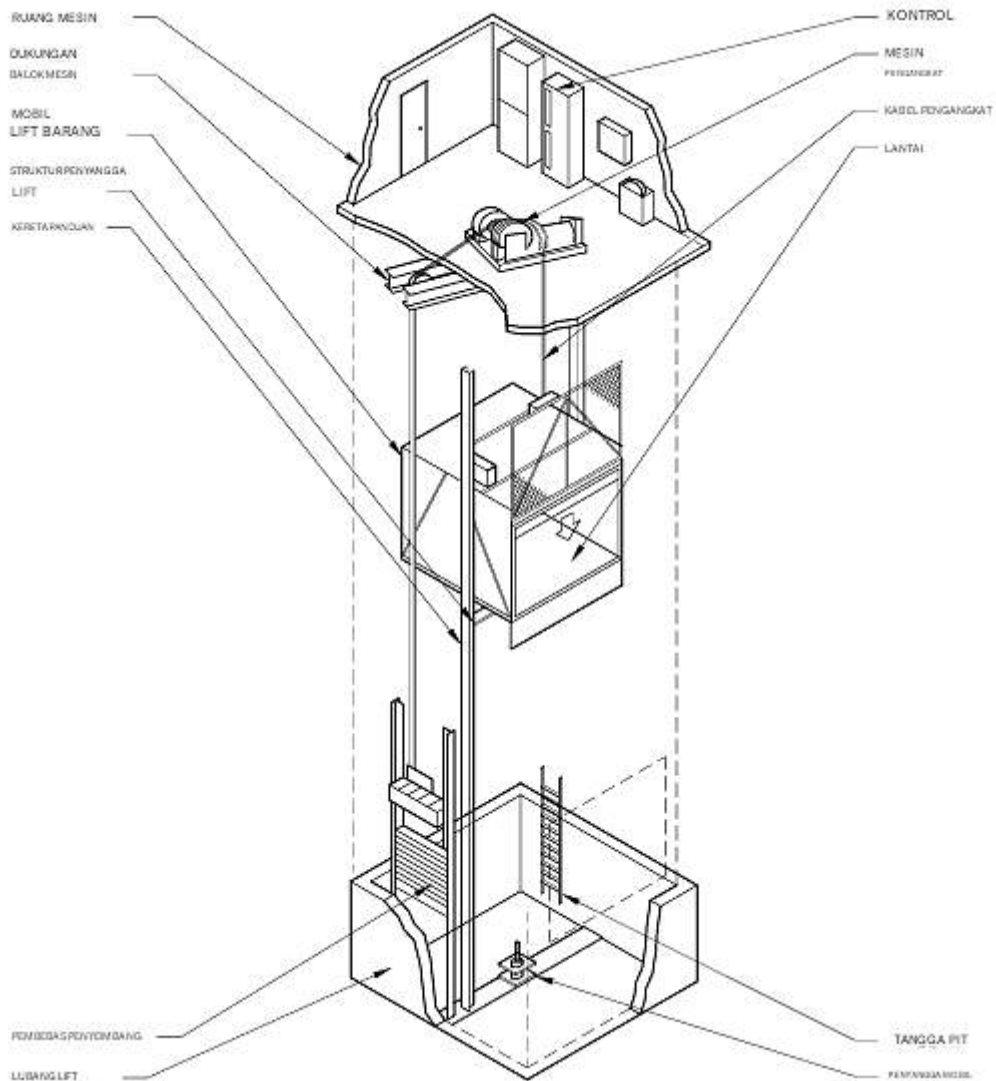
Tabel 4.20 Lift barang traksi

KAPASITAS (LB)	DIMENSI (FT-IN.)					
	A	B	C	D	E	F
2500	5-4	7-0	5-0	7-10	1-7	0-11
4000	6-4	8-0	6-0	8-10	1-7	0-11
8000	8-4	10-0	8-0	10-10	1-7	0-11
12.000	10-4	14-0	10-	13-6	1-7	0-11
20.000	12-4	20-4	12-0	16-6	1-7	0-11

Tabel 4.21 Lift barang hidrolik

KAPASITAS (LB)	DIMENSI (FT-IN.)				
	A	B	C	D (PINTU	D (PINTU

				MANUAL)	LISTRIK)
2000	5-0	6-0	4-8	6-4	6-10
4000	6-6	8-0	6-2	7-10	8-4
8000	8-6	12-0	8-2	10-6	10-6
12.000	10-6	14-0	10-2	12-6	12-6
20.000	12-6	20-0	12-2	14-6	14-6



Gambar 4.22 Lift barang

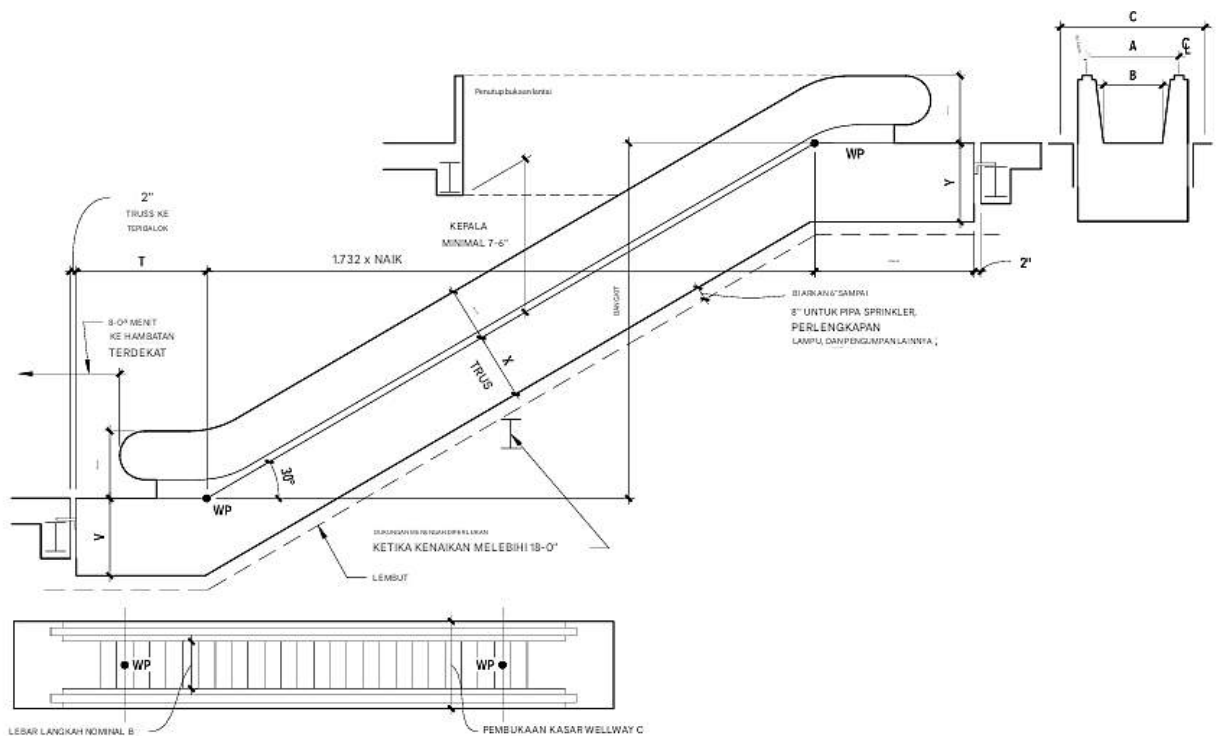
4.4 ESKALATOR DAN JALAN BERGERAK

Eskalator merupakan bentuk transportasi vertikal yang sangat efisien untuk lalu lintas yang sangat padat dengan jumlah lantai yang terbatas (biasanya maksimal lima hingga enam lantai). Eskalator biasanya tidak diterima sebagai pintu keluar yang diwajibkan dan tidak diperbolehkan sebagai bagian dari rute yang dapat diakses.

Tabel 4.23 Eskalator

SIMBOL	DESKRIPSI	DIMENSI PRODUSEN								
		KONE			OTIS			SCHINDLER		
		32"	40"	48"	32"	40"	48"	32"	40"	48"
A	Garis tengah ke garis tengah pegangan tangan	2'-10-1/8"	3'-5-7/8"	4'-1-11/16"	N/A			2'-9"	3'-4-7/8"	4'-3/4"
B	Lebar langkah nominal	24"	32"	40"	24"	32"	40"	24"	32"	40"
C	Pembukaan sumur yang kasar	4'-1-1/16"	4'-8-7/8"	5'-4-5/8"	4'-3/16"	4'-8-3/16"	5'-4-1/8"	3'-11-1/4"	4'-7-1/8"	5'-3"
T	WP sampai ujung rangka bawah	7'-0-11/16"			7'-8-3/4"			7'-1/2"		
U	Bagian atas pegangan	3'-3-3/8"			3'-3-3/8"			3'-3-3/8"		
V	Kedalaman lubang bawah	Min 3'-8-7/8"			3'-5-5/8"			4'-0"		
W	Bagian atas pegangan	2'-10-1/8"			2'-9-1/8"			2'-7"		
X	Kedalaman rangka	3'-0-13/16"			3'-2-11/16"			2'-11-3/8"		
Y	Kedalaman lubang atas	3'-5-3/16"			3'-5-5/8"			3'-3-3/4"		
Z	WP untuk mengakhiri rangka atas	8'-2-1/2"			8'-5"			8'-3"		

Dimensi yang ditunjukkan pada Tabel 4.25 adalah tipikal untuk eskalator tipe komersial dengan dua anak tangga datar, dimensi akan bervariasi tergantung pada produsen, dan konfigurasi lain yang tersedia. Konsultasikan dengan produsen untuk dukungan struktural, pasokan listrik, dan persyaratan dimensi tertentu.



Gambar 4.24 Profil eskalator

Tabel 4.25 Berjalan bergerak

SIMBOL	DESKRIPSI PERGERAKAN NOMINAL LEBAR BERJALAN	DIMENSI PRODUSEN					
		KONE		OTIS		SCHINDLER	
		40"	48"	40"	48"	40"	48"
A	Garis tengah ke garis tengah pegangan tangan	3'-7-3/16"	4'-3-3/16"	3'-7-1/2"	4'-3-1/2"	3'-4-7/8"	4'-0-3/8"
B	Lebar palet nominal	32"	40"	32"	40"	32"	40"
C	Pembukaan sumur yang kasar	5'-1-1/8"	5'-8-15/16"	4'-10-1/8"	5'-6-1/8"	4'-7-1/8"	5'-3"
X	Kedalaman lubang minimum (ujung)	4'-0"		3'-5-5/8"		3'-8"	
Y	Pembukaan lubang minimum (kontrol)	18'-10"		19'-4-1/2"		3'-3-3/4"	
Z	Kedalaman lubang minimum (tengah)	1'-3"		1'-7-11/16"		N/A	

Jalan Bergerak

Jalan bergerak sangat berguna di terminal transportasi, arena olahraga, dan pusat pameran tempat banyak orang harus bergerak dalam jarak jauh secara horizontal. Jalan bergerak dapat diatur dalam kombinasi apa pun antara lintasan horizontal dan tanjakan dengan kemiringan maksimum praktis 12°. Umumnya tidak ekonomis untuk menyediakan jalan bergerak untuk jarak kurang dari 100 ft. Jika kondisi mengharuskan jarak lebih dari 300 ft, serangkaian unit sering kali disediakan dengan area transisi yang memungkinkan penumpang untuk masuk dan keluar. Unit yang sempit dapat menampung satu orang dewasa; unit yang lebih lebar dapat menampung penumpang yang berjalan dan berdiri. Lebar palet yang paling umum adalah 32 inci dan 40 inci, tetapi beberapa produsen memiliki unit ukuran lain termasuk lebar 48 inci dan 56 inci.

PERPIPAAN

Sistem perpipaan digunakan untuk memindahkan cairan dan gas secara aman ke dan dari bangunan dan lokasinya. Pasokan air, perlengkapan perpipaan, dan pipa limbah mungkin merupakan jenis sistem perpipaan yang paling umum di dalam bangunan. Namun, jenis sistem perpipaan lainnya mungkin diperlukan, termasuk perpipaan untuk layanan gas, dan, tergantung pada jenis fasilitas, layanan seperti gas medis di rumah sakit.

Desain perpipaan biasanya akan memengaruhi desain keseluruhan suatu fasilitas. Menentukan jumlah perlengkapan, kebutuhan ruang, dan lokasi kamar toilet di dalam bangunan harus menjadi pertimbangan perencanaan awal tim desain. Jika desain berkelanjutan menjadi perhatian, menangani masalah air hujan dan drainase lokasi juga harus menjadi bagian dari proses perencanaan awal. Kondisi utilitas dan infrastruktur yang ada (drainase badai, utilitas air, dan utilitas pembuangan limbah sanitasi) perlu dipertimbangkan.

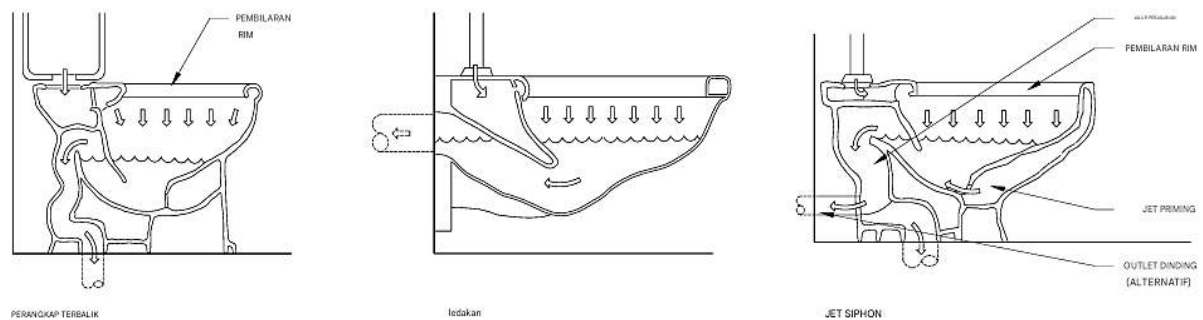
Utilitas ini mungkin perlu ditangani di lokasi, fasilitas, atau kampus, atau pada skala kota jika layanan tidak tersedia. Jarak dan lokasi perlengkapan pipa dan kamar mandi harus sesuai dengan kebutuhan penghuni dan persyaratan kode. Profesional desain harus mengetahui bagaimana air disalurkan ke perlengkapan pipa, bagaimana limbah disalurkan dari

perlengkapan, beserta persyaratan ventilasi umum. Bahkan selama desain awal, tim desain harus mulai memperhatikan persyaratan untuk akumulasi dan aliran limbah melalui pipa horizontal dan vertikal. Masalah lain yang harus dipertimbangkan dalam desain sistem pipa fasilitas, termasuk pengendalian kebisingan, getaran, dan kondensasi pipa.

- ☞ Kebisingan merupakan faktor aliran cairan berkecepatan tinggi dalam pipa atau kebisingan perlengkapan (seperti katup pembilas).
- ☞ Getaran merupakan hasil dari penyambungan pipa secara mekanis ke peralatan yang bergerak (seperti pompa), serta cara pipa diisolasi secara fisik dari struktur bangunan. Kebisingan yang disebabkan oleh struktur dapat menyebar dengan sangat efisien.
- ☞ Kondensasi terjadi saat pipa yang terbuka atau tidak cukup terisolasi yang didinginkan oleh isinya melewati udara hangat dan lembap dan bagian luar pipa mencapai suhu titik embun.

Potensi aliran gas limbah yang tidak sehat dan berbahaya kembali ke dalam bangunan memerlukan penggunaan perangkat berisi air di setiap perlengkapan, serta sistem ventilasi ke udara terbuka. Buakan luar ventilasi ini harus ditempatkan jauh dari pandangan langsung, dan harus jauh dari pemasukan udara luar ke dalam bangunan. Selain itu, ada persyaratan kode untuk lokasi yang berhubungan dengan atap.

Perlengkapan pipa menyediakan elemen desain yang paling terlihat dalam sistem ini; perlengkapan tersebut adalah bagian bangunan yang benar-benar disentuh dan dirasakan oleh penghuni. Sebagian besar komponen pipa lainnya tersembunyi di dalam konstruksi bangunan.



Gambar 4.26 Jenis tindakan pembilan peralatan

Komponen dasar instalasi perpipaan (sistem distribusi air dan pembuangan limbah sanitasi) adalah sebagai berikut:

1. Keran servis
2. Meteran
3. Katup penutup
4. Saluran masuk servis
5. Pohon pasokan perlengkapan
6. Perlengkapan
7. Perangkat
8. Saluran pembuangan

9. Ventilasi
10. Perpipaan limbah
11. Pembersihan
12. Perangkat bangunan
13. Sambungan saluran pembuangan

Antarmuka

Perpipaan dan pipa terhubung ke struktur bangunan dan mungkin memerlukan isolasi getaran untuk menghindari transmisi kebisingan yang disebabkan oleh struktur. Pertimbangan akustik diperlukan saat merutekan pipa atau perpipaan di dekat ruang yang ditempati. Kebisingan perlengkapan (seperti katup flush) juga merupakan pertimbangan desain (seperti katup flush) di gedung. Masalah desain lain yang perlu dipertimbangkan termasuk koordinasi lokasi perlengkapan pipa dengan kompartemen toilet dan kasa urinoir, aksesoris toilet dan kamar mandi, pintu bak mandi dan pancuran.

Kode Dan Standar

Kode perpipaan menetapkan standar minimum yang dapat diterima untuk desain dan pemasangan sistem perpipaan dan pemilihan komponen yang dikandungnya. Kode bangunan model dan kode perpipaan yang terkait dengannya telah diterima secara umum di sebagian besar wilayah negara. Namun, beberapa yurisdiksi telah mengadopsi kode mereka sendiri atau mengadopsi modifikasi dari salah satu kode model. Verifikasi kode perpipaan yang digunakan oleh otoritas yang memiliki yurisdiksi dan amandemen apa pun; untuk setiap proyek tertentu. Persyaratan untuk desain sistem perpipaan harus didasarkan pada kode yang diadopsi yurisdiksi proyek.

Tabel dan bagan yang disediakan dalam bab ini adalah untuk tujuan perencanaan awal dan tidak boleh digunakan untuk desain sebenarnya. Kata "disetujui" sering digunakan bersama dengan komponen dan perangkat yang bersentuhan dengan air minum dan produk yang digunakan untuk konsumsi atau penggunaan manusia. Meskipun demikian, pejabat kode atau lembaga yang bertanggung jawab harus memeriksa dan menguji barang-barang ini untuk menentukan apakah barang-barang tersebut cocok untuk penggunaan tertentu yang dimaksudkan. Hanya bahan dan perangkat yang disetujui oleh yurisdiksi setempat yang dapat digunakan dalam sistem perpipaan. Gambar desain perpipaan dan layanan utilitas juga harus diperiksa dan ditemukan mematuhi kode, aturan, dan peraturan setempat.

Peralatan Perpipaan

Perlengkapan perpipaan adalah perangkat atau perkakas yang dirancang untuk memasok air atau menerima limbah yang terbawa air, dan dapat dibuang ke sistem pembuangan limbah sanitasi. Material perlengkapan yang ideal harus tidak menyerap, tidak berpori, tidak mengoksidasi, halus, dan mudah dibersihkan.

Kode perpipaan biasanya mengamankan jumlah dan jenis perlengkapan yang harus disediakan untuk hunian tertentu berdasarkan kapasitasnya. Ketentuan untuk penyandang disabilitas telah dijadikan bagian integral dari persyaratan kode, yang mengamankan kuantitas dan desain ruang yang memanfaatkan perlengkapan perpipaan.

Unit Perlengkapan

Setiap perlengkapan perpipaan diberi nilai yang dikenal sebagai unit perlengkapan (FU). Nilai FU menunjukkan kemungkinan aliran air yang akan dibuang perlengkapan ke sistem pembuangan limbah sanitasi atau digunakan (permintaan) dari sistem pasokan air minum. Nilai dasar 1 diberikan ke toilet untuk permintaan air dan pembuangan limbah; perlengkapan lain diberi nilai komparatif yang berkaitan dengan toilet. Pembuangan limbah dan permintaan air FU berbeda; oleh karena itu sebutan DFU, untuk unit perlengkapan drainase, dan WFU, untuk unit perlengkapan air minum, dapat digunakan untuk membedakannya.

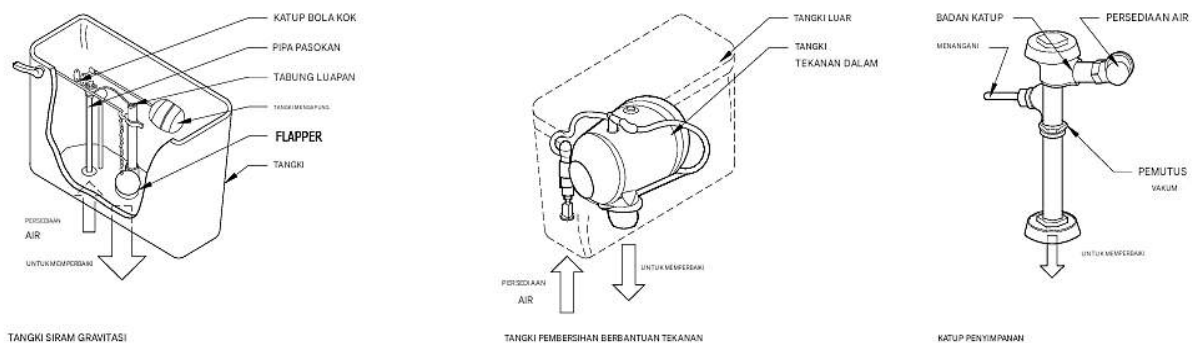
WC, Urinal, dan Bidet

WC, urinal, dan bidet umumnya memiliki dua bagian - penerima limbah, yang meliputi perangkat pembuangan dan mekanisme pembilasan atau pasokan air. Sebagian besar terbuat dari keramik vitreous. Perlengkapan pipa ini umumnya dikelompokkan menurut tindakan pembilasannya, yang memengaruhi jenis mangkuk, mekanisme pembilasan, dan metode pemasangan.

Tindakan Pembilasan

Tindakan pembilasan umum WC meliputi:

- ❖ Perangkat terbalik: Air dimasukkan ke dalam perlengkapan hanya melalui tepi oleh tangki pembilasan gravitasi. Tindakan pembilasan ini berbiaya rendah dan sebagian besar digunakan untuk proyek perumahan. Perangkat terbalik dapat digunakan dengan tangki pembilasan atau katup.
- ❖ Blowout: Air dimasukkan dengan kecepatan tinggi melalui jet di dasar saluran air. Jenis tindakan ini digunakan untuk fasilitas umum dan proyek industri karena kemampuannya untuk membuang benda-benda besar yang terlempar ke dalam perlengkapan. Blowout hanya digunakan dengan pasokan air katup pembilasan.
- ❖ Jet sifon: Air dimasukkan ke dalam perlengkapan baik melalui tepi maupun oleh jet di dasar saluran air. Pembilasan yang tenang dan biaya sedang menjadikan ini tindakan pembilasan yang paling umum. Variasi yang lebih murah termasuk "washout" dan "washdown," yang tidak menggunakan jet. Jet sifon dapat digunakan dengan katup pembilasan atau tangki.



Gambar 4.27 Mekanisme pembilasan

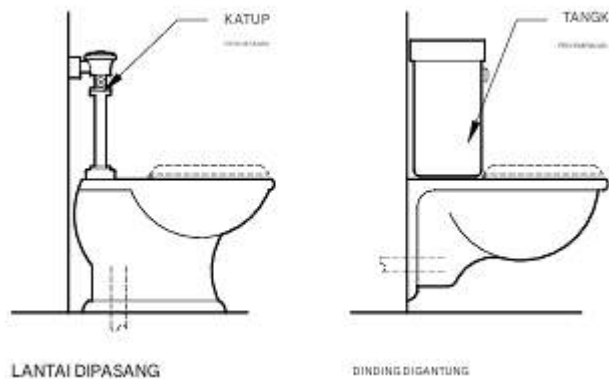
Mekanisme Pembilasan

Jenis pasokan air perlengkapan pipa umum mencakup mekanisme pembilasan berikut:

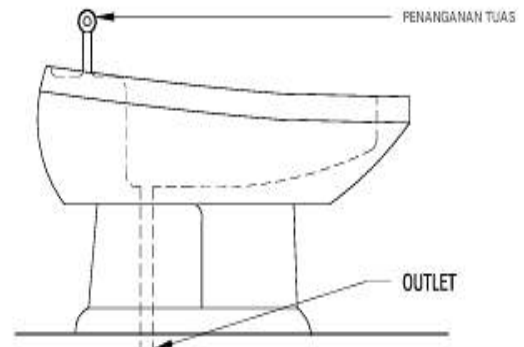
- ☛ Tangki Pembilasan Gravitasi: Air masuk ke tangki melalui katup bola dan berhenti saat katup pelampung mencapai level yang telah ditentukan. Pegangan menaikkan penutup untuk melepaskan air di tangki ke dalam perlengkapan dan berhenti saat penutup menutup. Tangki pembilasan gravitasi memerlukan tekanan air 10 psi.
- ☛ Tangki Pembilasan Berbantuan Tekanan: Air masuk ke tangki bertekanan yang dipasang di dalam tangki luar, mengisi sebagian tangki dan mengompresi udara di dalamnya. Saat pembilasan dimulai, tekanan udara menyebabkan pelepasan air yang cepat ke dalam perlengkapan. Tangki pembilasan berbantuan tekanan memerlukan tekanan air 30 psi.
- ☛ Katup Pembilasan: Katup pembilasan tersedia dalam berbagai macam perlengkapan operasi manual dan otomatis, beberapa dengan sensor inframerah dan sensor jarak lainnya. Setelah pembilasan dimulai, sejumlah air yang terukur dengan cepat dimasukkan ke dalam perlengkapan. Katup flush memerlukan tekanan air 25 psi.

Jenis Pemasangan

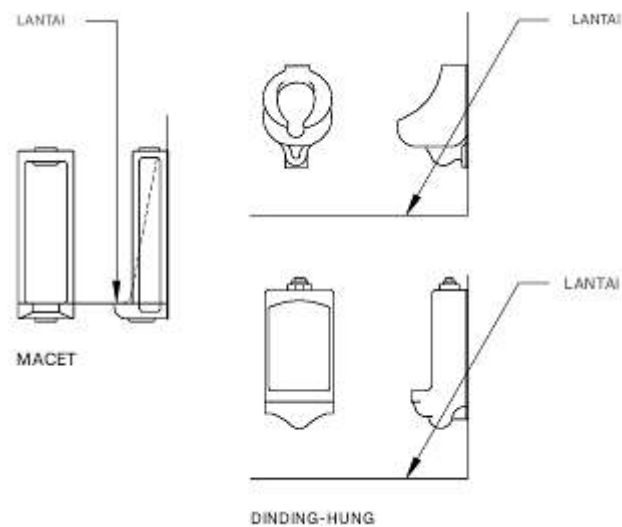
Kloset air dapat digantung di dinding atau dipasang di lantai, dan terdiri dari satu atau dua bagian.



Gambar 4.28 Jenis pemasangan kloset air



Gambar 4.29 Bidet



Gambar 4.30 Urinal

4.5 KAMAR MANDI

WC memiliki reseptor dangkal yang dirancang terutama untuk mencuci tangan, lengan, dan wajah; wastafel umumnya lebih dalam dan dirancang untuk pencucian umum dan pembuangan limbah cair. Wastafel dapat mencakup aplikasi perumahan, komersial, dan layanan. WC umumnya terdiri dari satu dari tiga jenis: digantung di dinding, dipasang di atau sebagai bagian dari meja dapur dan alas. Keramik vitreous adalah bahan yang paling umum digunakan di wc, meskipun tersedia juga dalam resin akrilik cor dan besi cor berenamel, baja berenamel, baja tahan karat, dan logam lainnya. Bahan wastafel meliputi baja tahan karat, besi atau baja berenamel, dan resin cor. Bagian bawah wastafel baja tahan karat biasanya dilapisi dengan bahan peredam suara. Aksesori wastafel dapat meliputi keran tarik, dispenser air panas atau dingin instan, dispenser sabun, dan pembuang.

WC dan Wastafel yang Digantung di Dinding

WC yang digantung di dinding tersedia dalam berbagai ukuran, bentuk, dan desain. Ilustrasi menunjukkan konfigurasi desain umum, dimensi dan desain yang tepat akan sangat bergantung pada produsen. WC sering kali memiliki langkan belakang yang ditinggikan yang berfungsi sebagai backsplash; langkan yang dalam dapat berfungsi sebagai rak.

WC dapat dipasang pada braket atau lengan tersembunyi dan beberapa unit dirancang untuk aplikasi sudut. Penyangga dan braket untuk wc dan wastafel yang digantung di dinding dibahas sebagai bagian dari penyangga perlengkapan pipa di bab ini. Beberapa wc yang digantung di dinding dirancang untuk mematuhi Pedoman Aksesibilitas ADA untuk Bangunan dan Fasilitas (ADAAG). Koordinasikan persyaratan pemasangan perlengkapan dengan kode yang berlaku.

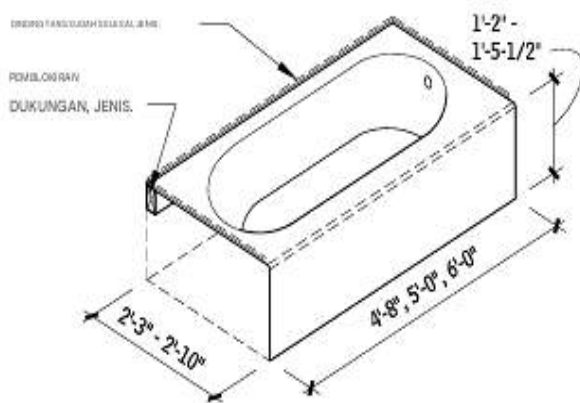
Bak Mandi

Bak mandi tersedia dalam berbagai bentuk, ukuran, dan gaya, termasuk persegi panjang, sudut, dan oval. Tiga jenis pemasangan yang umum adalah yang tersembunyi, yang dapat dilipat, dan berdiri sendiri. Pelapis bak mandi dapat terbuat dari berbagai bahan, misalnya ubin keramik, permukaan padat, fiberglass cetak, atau unit akrilik satu bagian. Bahan

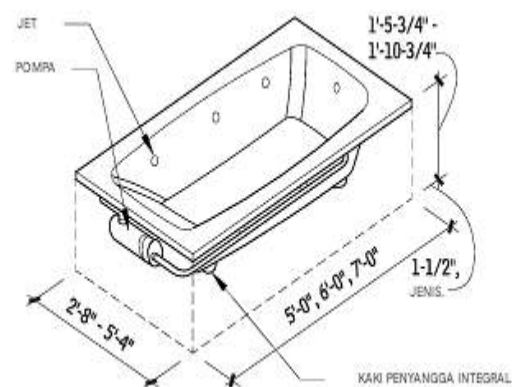
pelapis penting untuk tujuan koordinasi selama pemasangan. Bak mandi tersedia dalam bahan-bahan berikut, meskipun unit fiberglass dan akrilik adalah yang paling umum.

- **Fiberglass:** Pilihan yang ekonomis dan umum, fiberglass berlapis gel (juga dikenal sebagai FRP) ringan dan mudah dipasang. Karena bahannya dapat dicetak, bak mandi fiberglass tersedia dalam berbagai bentuk. Meskipun tidak sekuat besi cor atau akrilik, fiberglass dapat dengan mudah diperbaiki.
- **Akrilik:** Akrilik yang diperkuat fiberglass lebih tahan lama daripada unit yang dibuat hanya dari fiberglass. Karena akrilik ringan dan mudah dibentuk menjadi berbagai bentuk, akrilik merupakan pilihan yang baik untuk pusran air dan bak besar lainnya yang akan terlalu berat jika menggunakan besi cor. Akrilik merupakan isolator yang baik dan, dengan demikian, menjaga air tetap hangat lebih lama.
- **Besi cor:** Sangat berat dan sangat tahan lama, besi cor berlapis enamel tradisional tahan noda dan goresan. Tidak dapat dibentuk sebarang akrilik atau fiberglass, jadi bentuk dan gaya yang dapat dipilih lebih sedikit.
- **Baja berenamel:** Karena baja berenamel lebih ringan, baja berenamel merupakan alternatif yang lebih murah daripada besi cor.

Bak mandi pusran air, biasanya terbuat dari akrilik yang diperkuat fiberglass, yang dapat dibuat dalam berbagai bentuk. Udara yang dicampur dengan air mengalir melalui jet di sisi bak mandi, sehingga pusran air memiliki karakter yang menenangkan dan terapeutik. Model mungkin memiliki 3 hingga 10 jet, termasuk beberapa yang ditujukan untuk memijat kaki, punggung, dan leher.



Gambar 4.31 Bak mandi built-in

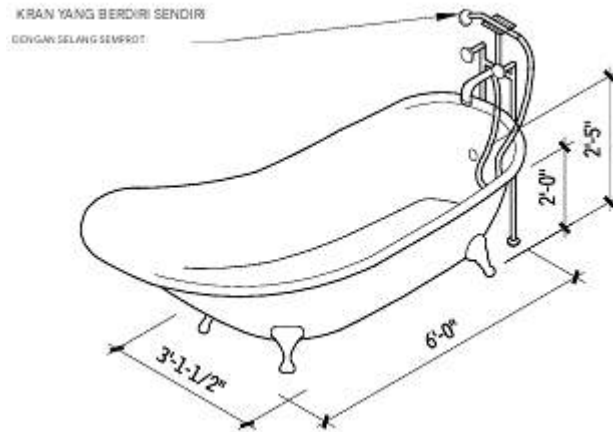


Gambar 4.32 Bak mandi whirlpool drop-in

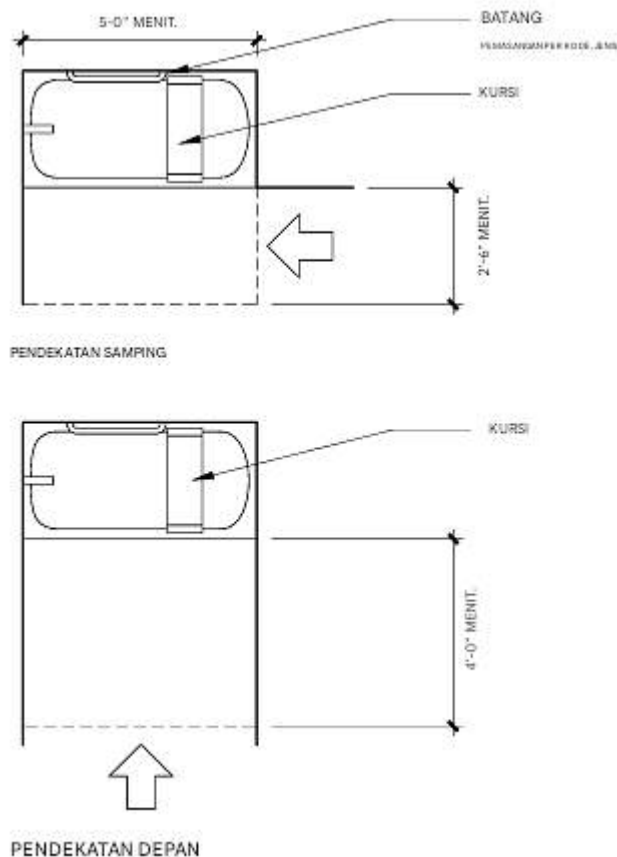
Arah jet biasanya dapat disesuaikan; beberapa jet juga dapat disesuaikan untuk memberikan aliran yang berdenyut atau stabil atau untuk mengatur intensitas. Daya pompa berkisar dari 1/2 hingga 3 tenaga kuda, dan intensitas alirannya bervariasi sesuai dengan itu. Pemanas inline direkomendasikan untuk menjaga air tetap hangat tanpa harus mengisi ulang bak mandi.

Bak mandi built-in memiliki apron integral dan flensa ubin, untuk pemasangan di ceruk berdinding tiga. Desain drop-in ditujukan untuk pemasangan yang dipasang di dek dan

biasanya memiliki kaki integral yang menopang berat unit. Banyak bak mandi pusan air adalah unit drop-in, meskipun produsen mungkin menawarkan unit built-in dengan apron yang dapat dilepas untuk akses ke pompa.



Gambar 4.33 Bak mandi berdiri sendiri



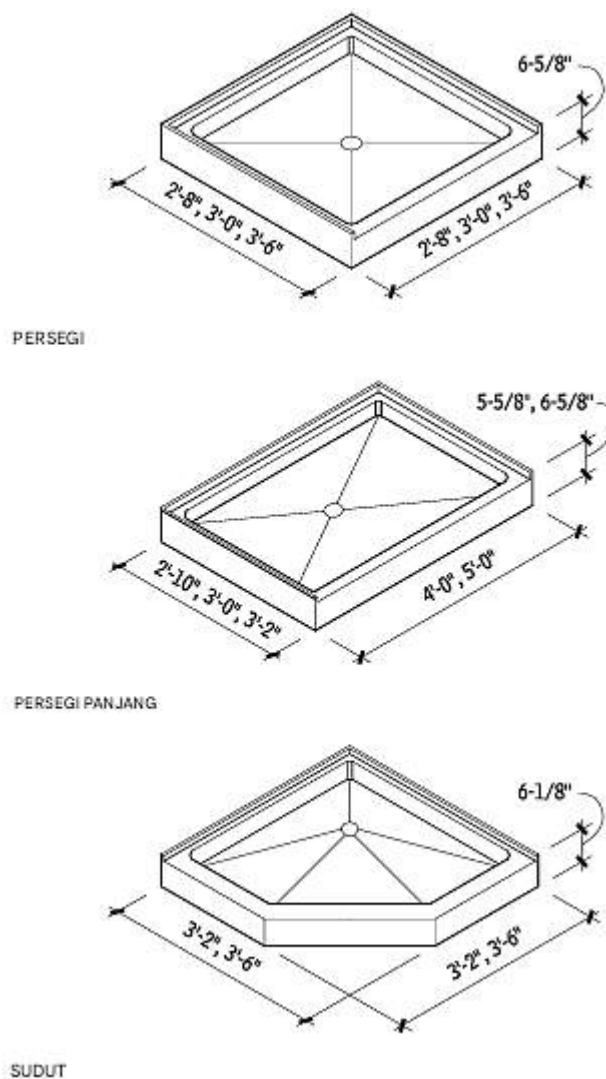
Gambar 4.34 Ruang lantai yang luas untuk bak mandi yang mudah diakses

Kamar mandi

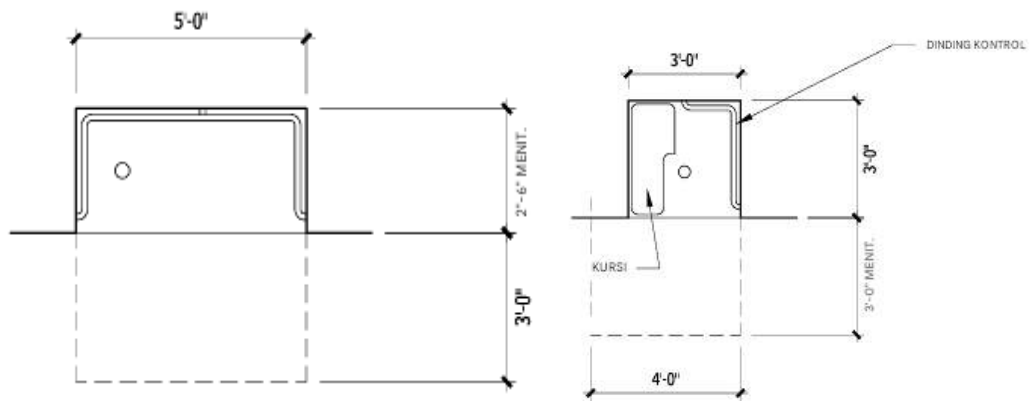
Kamar mandi dapat berupa bak mandi, bilik pancuran, atau pancuran darurat. Bak mandi pancuran adalah pancuran yang dipasang di atas bak mandi dan biasanya berbagi katup

pasokan air. Sekeliling pancuran dapat menyatu dengan bak mandi atau dibangun di lokasi. Penutup pancuran yang dibangun di lokasi umumnya memiliki tiga sisi dengan lapisan kedap air dengan pintu pancuran atau tirai yang melengkapi penutupnya.

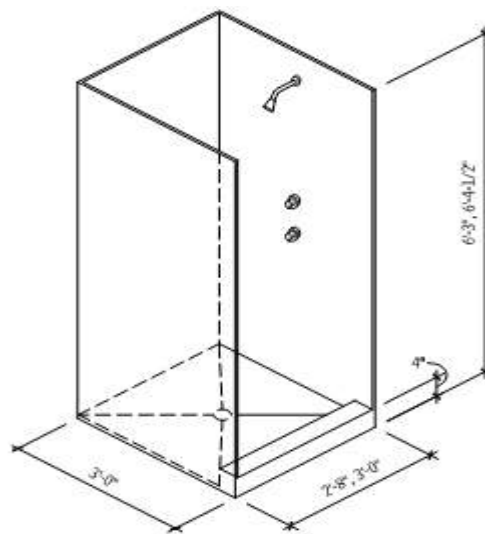
Kamar mandi terdiri dari penerima lantai yang diatapi dinding kedap air yang berdiri sendiri atau menempel pada rangka dinding. Penerima miring ke saluran pembuangan dan dapat diproduksi atau dibangun di lokasi. Bilik pancuran yang diproduksi juga dapat berupa unit plastik satu bagian dengan pegangan, dudukan, dan aksesoris lain yang menyatu. Kamar mandi darurat dan tempat pencuci mata mungkin diperlukan atau diwajibkan di tempat industri, institusi, atau tempat lain di mana orang dapat bersentuhan dengan bahan korosif atau berbahaya.



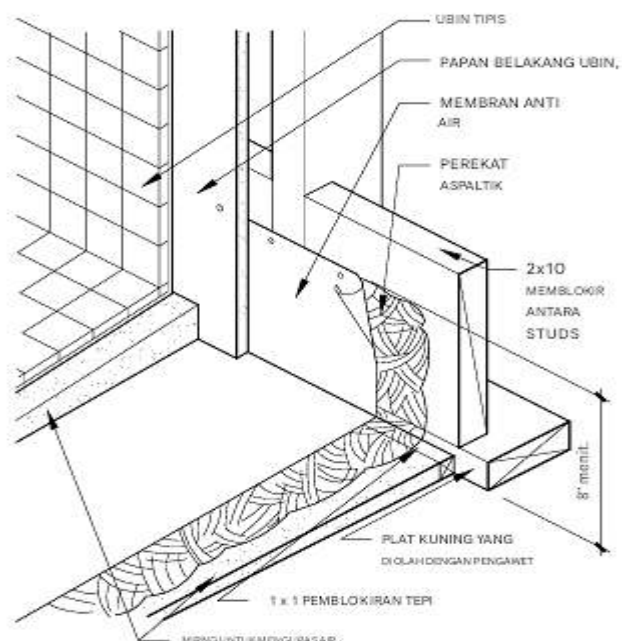
Gambar 4.35 Penerima kamar mandi



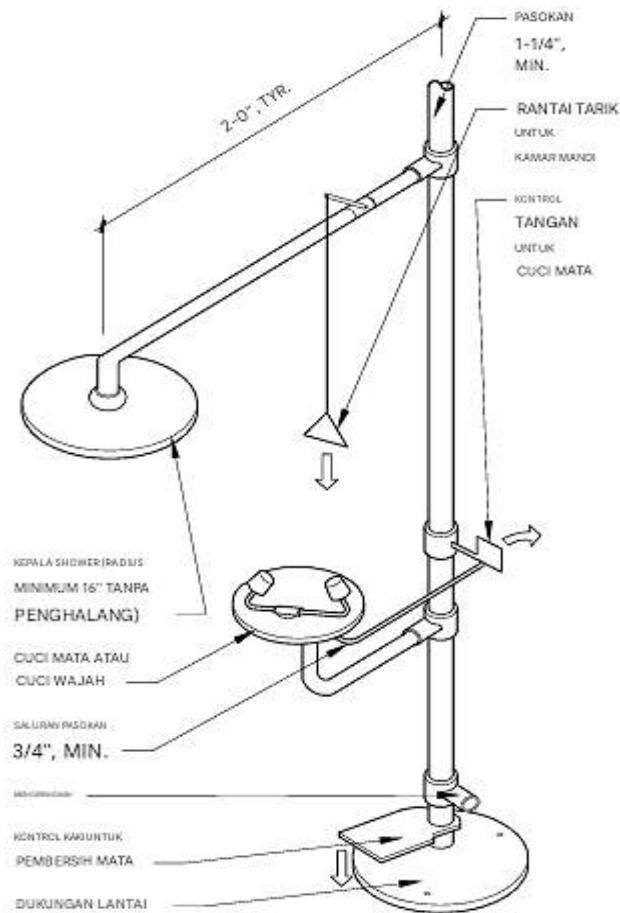
Gambar 4.36 Ukuran dan konfigurasi shower umum



Gambar 4.37 Kamar mandi satu bagian yang diproduksi



Gambar 4.38 Konstruksi kamar mandi yang dibangun di lokasi umum

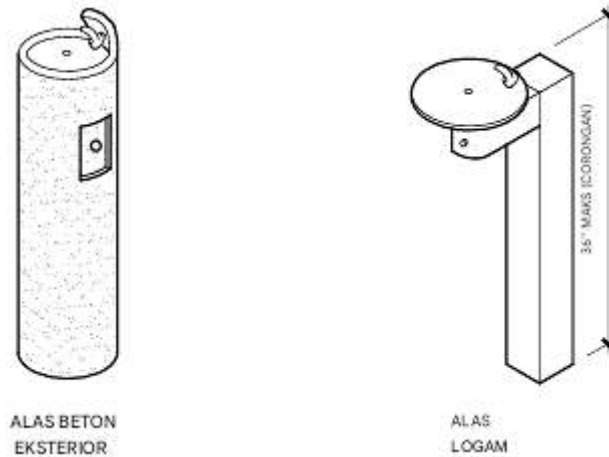


Gambar 4.39 Kombinasi kamar mandi darurat dan cuci mata

Air Mancur Minum dan Pendingin Air Listrik

Air mancur minum (DF) hanya menggunakan air pada suhu ruangan; pendingin air elektrik (EWC) menggunakan pendingin terpadu atau jarak jauh untuk mendinginkan air untuk diminum. Pedoman desain meliputi:

- ☑ Gunakan kondensator berpendingin udara untuk suhu ruangan normal dan unit berpendingin air untuk suhu ruangan tinggi dan kapasitas lebih besar. Banyak model tersedia dengan pasokan air panas dan dingin, corong pengisi cangkir, atau kompartemen berpendingin.
- ☑ Pasang setengah dari air mancur atau pendingin air yang diperlukan sebagai yang dapat diakses, tetapi rancang tata letaknya sehingga air mancur yang dapat diakses tidak menghalangi pergerakan orang yang tuna netra.
- ☑ Pendingin air elektrik antiledakan direkomendasikan untuk digunakan di lokasi berbahaya. Air mancur tahan korosi tersedia untuk lingkungan yang keras.
- ☑ Konsultasikan kode bangunan setempat untuk jumlah air mancur minum atau pendingin air yang diperlukan.



Gambar 4.40 Air mancur minum eksterior umum

4.6 DISTRIBUSI AIR DOMESTIK

Layanan bangunan adalah bagian dari pipa pasokan di properti pribadi yang memanjang di bawah kedalaman beku dari jaringan utama utilitas publik ke dalam bangunan. Layanan ini mencakup sambungan ke jaringan utama, katup, perangkat pengurang tekanan, perangkat pencegahan aliran balik, meteran, dan persyaratan lain yang khusus untuk masing-masing perusahaan utilitas. Karena persyaratan yang berbeda, layanan pasokan air untuk bangunan komersial sering dibagi menjadi dua layanan terpisah di jaringan utama publik: air minum dan air proteksi kebakaran. Namun, terkadang digunakan satu layanan gabungan.

Pencegahan Aliran Balik

Sangat penting bagi perusahaan utilitas untuk melindungi pasokan air publik dari kontaminasi yang mengalir dari setiap bangunan tempat pasokan airnya. Perangkat yang digunakan untuk melakukannya adalah pencegah aliran balik (BFP), yang mencegah air yang terkontaminasi mengalir balik ke pasokan air minum.

Ada empat jenis BFP, dan tingkat bahaya dalam situasi tertentu menentukan jenis mana yang akan dipilih dan dipasang:

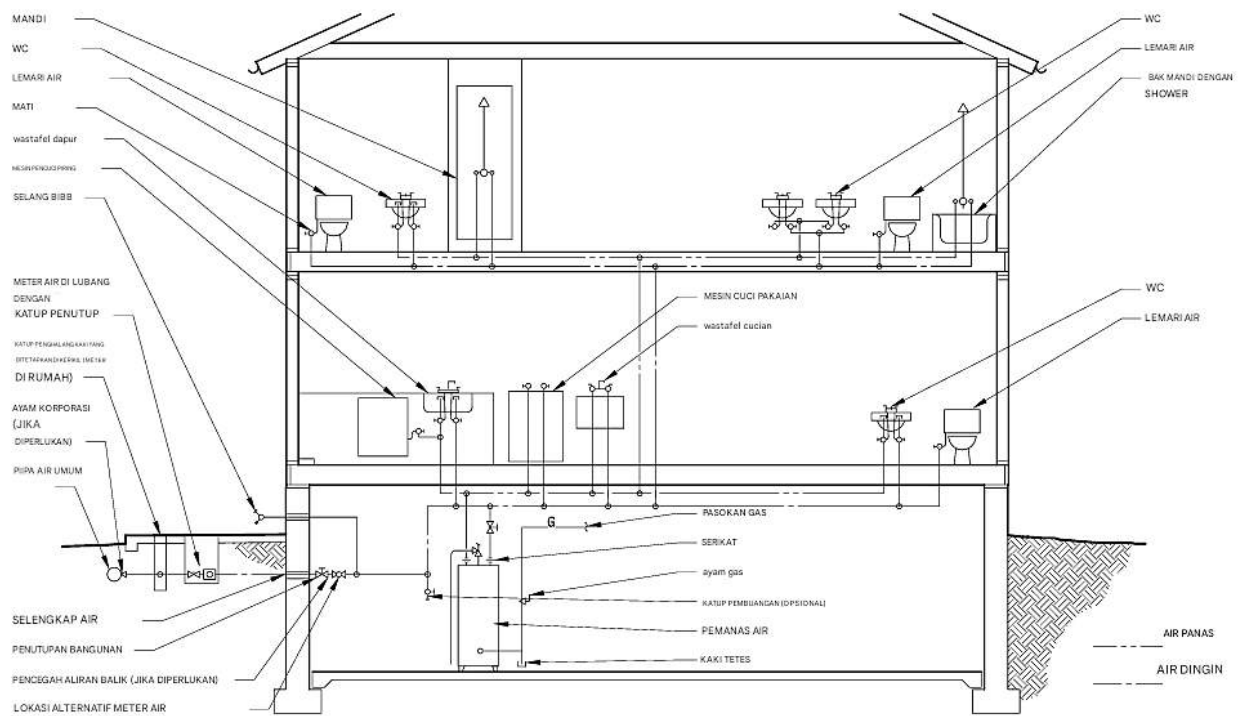
- Celah udara: BFP ini menyediakan pemisahan fisik antara pasokan air minum dan tangki penyimpanan atau jaringan distribusi pipa. Ini adalah metode pasif dan dianggap sebagai satu-satunya konsep yang benar-benar aman.
- Zona tekanan rendah (RPZ): Jenis BFP ini adalah perangkat mekanis yang digunakan saat ada bahaya tinggi. Cairan mencoba mengalir keluar dari BFP dengan pembuangan terbalik. Saat dipasang di pasokan air gedung, pencegah aliran balik RPZ harus ditempatkan sedekat mungkin dengan saluran air umum.
- Katup periksa ganda: Ini adalah perangkat mekanis yang sering digunakan pada pasokan air proteksi kebakaran dan untuk pipa berukuran lebih kecil yang memasok peralatan yang memiliki tekanan balik dan tidak dianggap sebagai bahaya tinggi.
- Pemutus vakum: Perangkat mekanis ini digunakan saat tidak ada tekanan balik, seperti untuk pasokan air terendam ke toilet. Perangkat ini menggunakan diafragma fleksibel yang memungkinkan air mengalir hanya dalam satu arah; ia menutup sendiri,

menghentikan aliran ke arah sebaliknya.

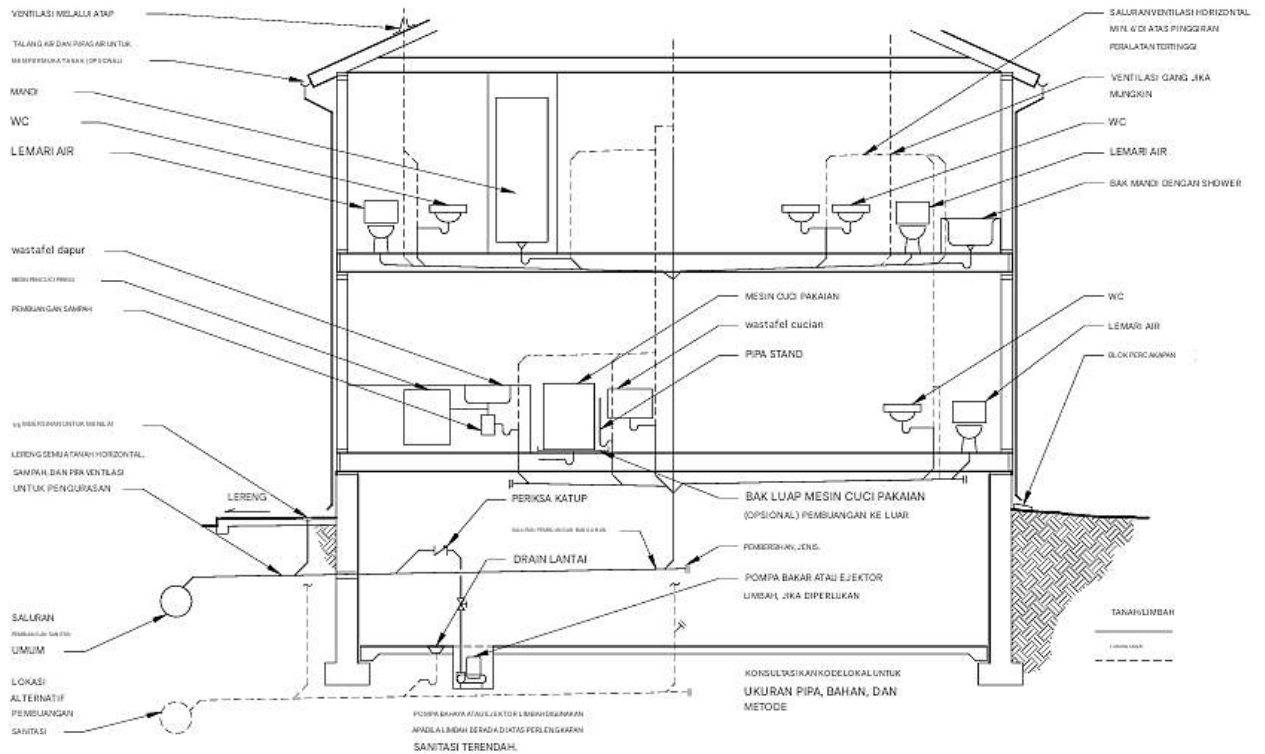
Setelah menghubungkan sistem perpipaan ke saluran air utama umum, perlu untuk menyediakan metode untuk mematikan pasokan air ke gedung tanpa memasukinya. Katup pembatas jalan yang dipasang dekat dengan batas properti digunakan untuk menjalankan fungsi ini. Katup penutup kedua disediakan di dalam gedung di pintu masuk layanan.

Untuk hunian dengan bahaya tinggi, BFP zona tekanan rendah harus dipasang sedekat mungkin dengan saluran umum utama untuk melindungi pasokan air publik dari kontaminasi. Karena potensi pembuangan air yang besar, disarankan untuk menggunakan penutup di atas tanah yang dipanaskan. Untuk lokasi yang tidak terlalu berbahaya, rakitan katup periksa ganda dapat diizinkan. Tidak ada air yang dibuang dari katup periksa ganda.

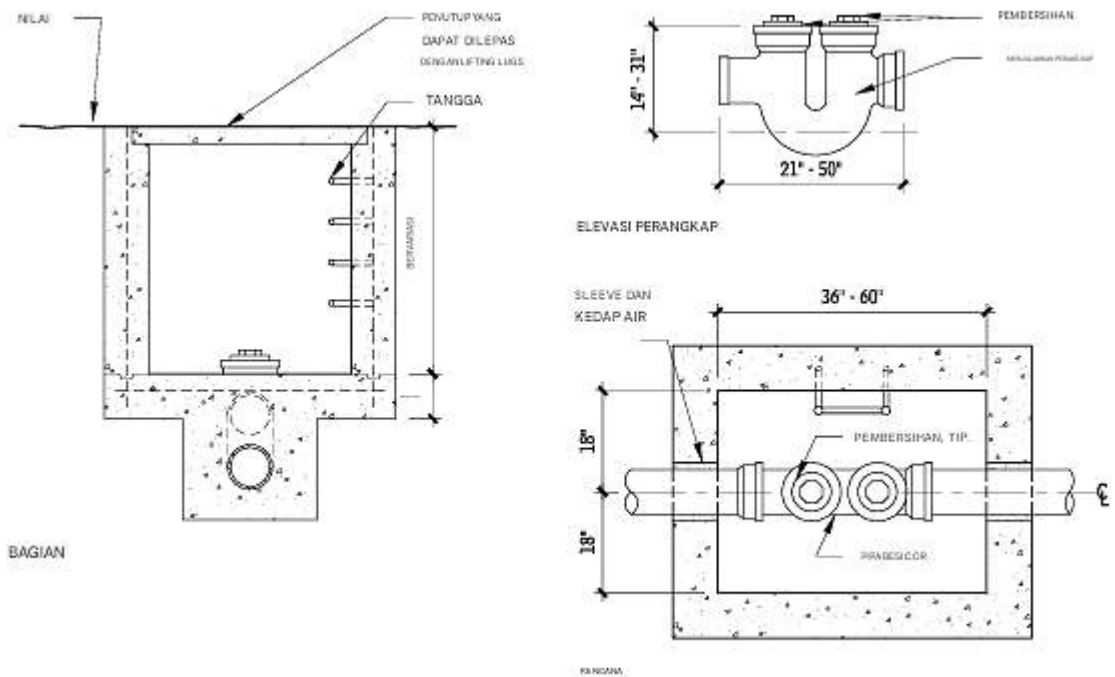
Meter air diperlukan untuk mengukur jumlah air yang digunakan di suatu fasilitas. Penataan rakitan meter air bersifat khusus untuk setiap utilitas. Meter dapat ditempatkan di lubang luar atau terbuka di dalam gedung. Meter yang digunakan harus dipilih berdasarkan keakuratannya. Meteran gabungan, yang terdiri dari bagian terpisah untuk aliran rendah dan tinggi, sering digunakan untuk aplikasi seperti beberapa tempat tinggal dan asrama. Saringan mungkin diperlukan sebelum meteran, jika terdapat padatan dalam pasokan air. Pencegah aliran balik kedua mungkin diperlukan pada cabang air individual yang memasok peralatan tertentu di dalam bangunan.



Gambar 4.41 Perpipaan air



Gambar 4.42 Pipa drainase dan ventilasi



Gambar 4.43 Detail lubang perangkat bangunan umum

Tabel 4.44 Membangun saluran pembuangan dan saluran pembuangan

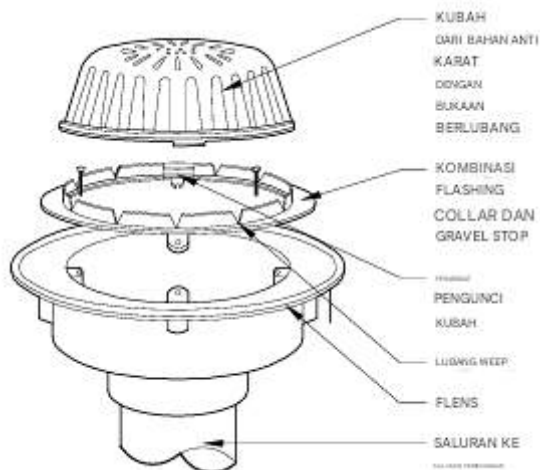
JUMLAH MAKSIMUM UNIT PERLENGKAPAN YANG BOLEH DIHUBUNGKAN KE BAGIAN MANAPUN DARI SALURAN PEMBUANGAN BANGUNAN ATAU SALURAN PEMBUANGAN BANGUNAN ^b	LERENG PER KAKI			
	DIAMETER PIPA (IN.)	1/16"	1/8"	1/4"
2			21	26
1-1/2			24	31
3			42 ^c	50 ^c
4		180	216	250
5		390	480	575
6		700	840	1000
8	1400	1600	1920	2300
10	2500	2900	3500	4200
12	2900	4600	5600	6700
15	7000	8300	10000	12000

4.7 DRAINASE AIR HUJAN

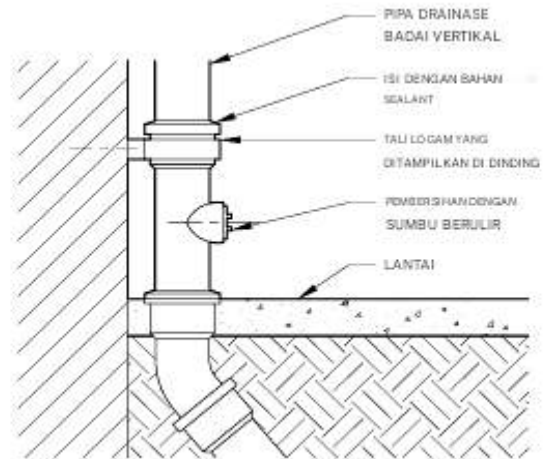
Saluran Air Badai Fasilitas

Saluran air hujan fasilitas meliputi saluran atap, area, dan parit. Saluran atap membuang air hujan dari atap. Saluran di area lain yang terpapar cuaca seperti balkon atau kanopi disebut saluran area. Kedua jenis saluran tersebut membuang limbah ke sistem drainase badai. Jenis saluran khusus tersedia untuk pemasangan di lokasi terbuka atau dalam ruangan tertentu; konsultasikan dengan produsen saluran untuk keterangan lebih lanjut.

- ☞ Kisi atau kubah: Ini adalah komponen yang memungkinkan cairan masuk ke badan saluran sambil mengeluarkan padatan yang lebih besar. Kisi tersedia dalam berbagai macam bentuk, konfigurasi slot, bahan, dan kemampuan menahan beban, dari yang ringan hingga yang sangat berat. Kubah yang tinggi pada saluran memungkinkan air hujan masuk ke saluran jika beberapa puing terkumpul di bagian bawah. Praktik yang diterima secara umum adalah area terbuka kisi dua kali lipat dari pipa pembuangan. Umumnya, kisi yang dapat disesuaikan memungkinkan bagian atas kisi disesuaikan dengan tingkat akhir.
- ☞ Flange: Ini adalah bagian dari badan saluran pembuangan yang mengikat saluran pembuangan ke atap atau permukaan jalan.
- ☞ Cincin penahan: Ini disediakan untuk mengamankan penahan secara langsung ke badan saluran pembuangan, untuk mencegah kebocoran di sekitar saluran pembuangan. Sering kali, saluran pembuangan atap dilengkapi dengan penghenti kerikil integral untuk mencegah kerikil dari atap pemberat memasuki saluran pembuangan.
- ☞ Klem di bawah dek: Ini digunakan untuk mengamankan badan saluran pembuangan ke pelat melalui bukaan sebelum pemasangan atap, pelapis pelat, atau pipa.



Gambar 4.45 Saluran pembuangan atap



Gambar 4.46 Detail boot drainase badai

Sistem Pemanfaatan Air Hujan

Pemanenan air hujan tengah diminati kembali karena hal-hal berikut:

- Meningkatnya biaya lingkungan dan ekonomi untuk menyediakan air melalui sistem air terpusat atau pengeboran sumur.
- Sumber air yang relatif murni, lunak, dan rendah sodium yang ditawarkan oleh pemanenan air hujan.
- Masalah kesehatan terkait sumber dan pengolahan air yang tercemar.
- Persepsi bahwa ada efisiensi biaya yang terkait dengan ketergantungan pada air hujan.

Pengumpulan air hujan bukan hanya cara untuk menghemat air tetapi juga menghemat energi, karena masukan energi yang dibutuhkan untuk mengoperasikan sistem air terpusat yang dirancang untuk mengolah dan memompa air ke area layanan yang luas tidak diperlukan lagi. Pemanenan air hujan juga mengurangi erosi dan banjir lokal yang disebabkan oleh limpasan dari penutup kedap air seperti trotoar dan atap, karena sebagian air hujan malah ditampung dan disimpan.

Konsep

Kualitas air hujan hampir selalu lebih baik daripada air tanah atau air permukaan: air hujan tidak bersentuhan dengan tanah dan bebatuan, tempat air tersebut melarutkan garam dan mineral, dan tidak terpapar banyak polutan yang sering dibuang ke air permukaan seperti sungai, dan yang dapat mencemari air tanah. Namun, kualitas air hujan dapat dipengaruhi oleh tempat jatuhnya air, karena emisi industri lokal memengaruhi kemurniannya. Dengan demikian, air hujan yang jatuh di daerah nonindustri dapat lebih baik daripada air hujan di kota-kota yang didominasi oleh industri berat, atau di daerah pertanian tempat penyemprotan tanaman lazim dilakukan.

Kriteria Kualitas Air Utama: Masalah Kesehatan

Begitu hujan bersentuhan dengan atap atau permukaan penampungan, air tersebut dapat membawa banyak jenis bakteri, jamur, alga, protozoa, dan kontaminan lainnya ke dalam tangki atau bak penyimpanan. Masalah kesehatan yang berkaitan dengan bakteri, seperti salmonella, E coli, dan legionella, dan kontaminan fisik, seperti pestisida, timbal, dan arsenik,

merupakan kriteria utama untuk analisis kualitas air minum.

Jika air hujan dimaksudkan untuk keperluan minum seperti minum dan memasak atau untuk keperluan nonminum termasuk mandi dan menyiram toilet, praktik penyaringan dan disinfeksi yang tepat harus diterapkan. Jika air hujan akan digunakan secara eksklusif untuk irigasi lanskap luar, keberadaan kontaminan mungkin tidak menjadi perhatian utama, sehingga persyaratan pengolahan mungkin tidak terlalu ketat.

Kriteria Kualitas Air Sekunder: Masalah Estetik

Masalah seperti warna, rasa, bau, dan kesadahan merupakan kriteria pengujian sekunder yang digunakan untuk mengevaluasi air yang dipasok publik. Ketika dinilai menurut karakteristik ini, air hujan sering kali terbukti memiliki kualitas yang lebih baik daripada air sumur atau air ledeng kota. Kotoran anorganik seperti partikel pasir, tanah liat, dan lanau yang tersuspensi berkontribusi terhadap warna dan bau air. Penyaringan dan pembuangan sedimentasi yang tepat membantu mengurangi masalah yang disebabkan oleh kotoran ini.

Air hujan adalah air alami paling lunak yang tersedia, dengan tingkat kesadahan nol untuk semua keperluan praktis. Secara alami, air ini hampir tidak mengandung mineral dan garam terlarut, dan kualitasnya mendekati air suling. pH air hujan akan menjadi 7,0 jika tidak ada yang lain di udara. Namun, saat hujan turun, ia melarutkan karbon dioksida yang secara alami ada di udara dan, dengan demikian, menjadi sedikit asam. pH yang dihasilkan adalah 5,6; namun, sulfat atau nitrat apa pun yang terlarut dari udara dapat menurunkan angka ini.

Komponen

Sistem pemanenan air hujan terdiri dari enam komponen dasar:

- Daerah tangkapan air/atap: Permukaan tempat hujan jatuh
- Talang air dan pipa pembuangan: Saluran pengangkut dari permukaan tangkapan air ke tempat penyimpanan
- Saringan daun dan pencuci atap: Sistem yang membuang kontaminan dan puing
- Tangki: Tempat air hujan yang terkumpul disimpan
- Pengangkutan: Sistem pengiriman air hujan yang telah diolah, baik dengan gravitasi maupun pompa
- Pengolahan air: Filter dan peralatan, serta aditif untuk mengendapkan, menyaring, dan mendisinfeksi

Daerah Tangkapan Air/Atap

Daerah tangkapan air adalah permukaan tempat hujan yang akan dikumpulkan jatuh. Meskipun pembahasan ini berfokus pada atap sebagai daerah tangkapan air, penting untuk menunjukkan bahwa parit yang disalurkan di sepanjang jalan masuk atau cekungan di halaman juga dapat berfungsi sebagai daerah tangkapan air, mengumpulkan dan kemudian mengarahkan hujan ke saluran drainase Prancis atau daerah penahanan berbandung.

Air hujan yang dipanen dari permukaan tangkapan air di sepanjang tanah hanya boleh digunakan untuk irigasi halaman karena risiko kontaminasi yang meningkat. Untuk penggunaan air minum, atap bangunan merupakan area tangkapan air utama, yang, di daerah pedesaan, dapat mencakup bangunan luar seperti lumbung dan gudang.

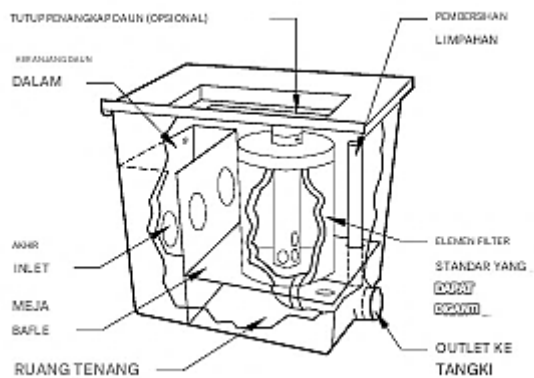
Untuk sistem yang dimaksudkan sebagai sumber air minum, timbal tidak boleh

digunakan sebagai pelapis atap atau sebagai solder talang. Kualitas hujan yang sedikit asam dapat melarutkan timbal dan, dengan demikian, mencemari pasokan air. Rumah dan bangunan yang ada harus diperiksa sepenuhnya untuk mengetahui kandungan timbal dalam tahap perencanaan proyek pemanenan air hujan.

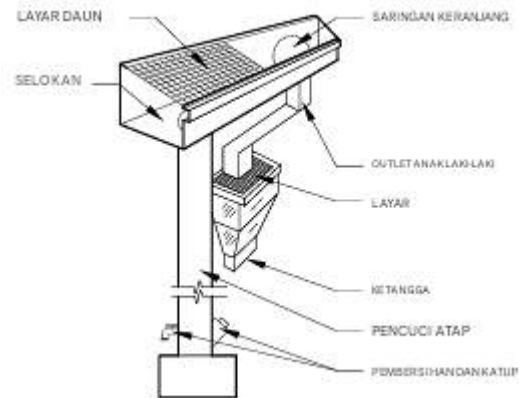


Gambar 4.47 Sistem pemanenan air hujan—komponen utama

Layar Daun dan Cuci Atap



Gambar 4.48 Contoh cuci atap yang tersedia secara komersial dengan sistem filter



Gambar 4.49 Contoh mesin cuci atap jenis standpipe

4.8 PEMANAS, VENTILASI, DAN PENYEJUK UDARA (HVAC)

HVAC mencakup pasokan energi, peralatan, distribusi, instrumentasi, dan kontrol untuk menyediakan kontrol iklim bagi fasilitas.

Meskipun perlindungan dari cuaca dan iklim yang keras merupakan alasan historis untuk membangun gedung, tindakan membangun semata tidak dengan sendirinya menghasilkan lingkungan interior yang diinginkan dan dapat diterima. Dengan demikian, kontrol iklim merupakan atribut kinerja penting dari fasilitas yang sukses, dan penciptaan lingkungan yang nyaman dan sehat bagi penghuni merupakan tujuan penting dari proses

desain. HVAC juga dapat mencakup pendinginan untuk produksi, pemrosesan, dan penyimpanan.

HVAC merupakan persyaratan di hampir semua jenis dan ukuran gedung. Kedua setelah struktural, HVAC merupakan area teknis desain yang harus dipahami secara umum dan dikoordinasikan dengan baik selama proses desain. HVAC memiliki dampak signifikan terhadap anggaran dan ruang suatu fasilitas karena:

- ✓ Mewakili persentase substansial dari anggaran konstruksi untuk sebagian besar jenis fasilitas.
- ✓ Dapat menghabiskan hingga 10 persen dari luas lantai suatu bangunan.
- ✓ Menjangkau dan memengaruhi sebagian besar ruang bangunan secara estetis.
- ✓ Berkontribusi besar pada penggunaan energi dan biaya operasional fasilitas.
- ✓ Mencakup sebagian besar keluhan penghuni.
- ✓ Dalam fasilitas pemrosesan, manufaktur, dan penyimpanan, HVAC mungkin penting untuk fungsi dasar dan pengoperasian fasilitas.

HVAC memiliki dampak besar pada kepuasan penghuni, pada biaya konstruksi dan pengoperasian fasilitas, dan, sering kali, pada tata letak bangunan dan efisiensi spasial. Definisi HVAC dari *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers* (ASHRAE) menjelaskan sistem yang harus mampu mengendalikan secara bersamaan:

- Suhu
- Kelembaban relatif
- Kecepatan Udara
- Kualitas udara di ruang yang ditempati

Keempat faktor ini secara umum melapisi faktor-faktor yang menentukan kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruangan—suhu radiasi rata-rata (MRT) menjadi pengecualian yang penting. Peningkatan permintaan untuk pengendalian kualitas udara dalam ruangan cenderung memerlukan desain dan pemasangan HVAC yang berkualitas. Dari tiga cara utama mengurangi polutan dalam ruangan—pengendalian sumber, penyaringan, dan pengenceran—pengenceran (melalui ventilasi dan pembuangan) dan penyaringan (melalui pemilihan sistem dan peralatan) berhubungan langsung dengan desain, pemasangan, dan pengoperasian HVAC.

Masalah Desain

Desain HVAC harus mengikuti proses yang serupa dengan yang digunakan untuk desain fasilitas secara keseluruhan. Langkah pertama dalam proses desain bersifat non-teknis dan umumnya independen dari solusi sistem yang akhirnya dipilih. Keterlibatan aktif profesional desain dalam langkah pertama ini sangat penting untuk desain yang berhasil.

Maksud Desain

Desain HVAC harus dimulai dengan pernyataan yang jelas dan eksplisit tentang apa yang diharapkan dari sistem tersebut. Maksud desain idealnya harus ditetapkan selama fase pemrograman proyek, tetapi tentu saja tidak lebih lambat dari tahap awal desain skematik. Maksud desain harus memeriksa pengoperasian HVAC dalam semua kondisi yang memungkinkan (hari kerja, akhir pekan, keadaan darurat, dan renovasi yang dapat diprediksi). Proses penetapan maksud akan mengarah pada kriteria desain yang eksplisit—target yang

terukur untuk kinerja sistem—yang dapat digunakan untuk memilih sistem yang tepat.

Tabel 4.50 Perbandingan masalah manajemen, operasi, dan desain di fasilitas komersial

DASAR MASALAH	FREKUENSI RELATIF
Pemanasan, ventilasi, dan pendingin udara	5.4
Lift	2.7
Desain bangunan	1.5
Memuat dok	1.2
Kualitas udara dalam ruangan	1.0
Layanan pembersihan	1.0

Zonasi

Zona HVAC adalah area fasilitas (tidak harus bertepatan dengan satu atau beberapa ruangan) yang memerlukan pengontrol terpisah untuk menyediakan kondisi yang sesuai dengan kenyamanan termal. Kontrol semacam itu biasanya disediakan oleh termostat yang mendeteksi suhu udara ruangan. Dengan demikian, setiap zona termal memiliki termostatnya sendiri.

Idealnya, setiap area fasilitas yang merespons beban secara berbeda dari area lain harus dipertimbangkan untuk kontrol terpisah. Respons diferensial seperti itu biasanya disebabkan oleh pengaturan waktu beban, dengan orientasi matahari, jendela, penghuni, dan beban peralatan yang memengaruhi pengaturan waktu ini. Misalnya, kantor dengan kaca yang menghadap ke timur tidak boleh dikontrol dari termostat di kantor (bahkan jika berdekatan) dengan kaca yang menghadap ke selatan. Ruang konferensi tidak boleh dikontrol dari kantor, bahkan jika paparan mataharinya sama, karena jadwal hunian dan bebannya berbeda.

Zona adalah bagian penting dari proses desain HVAC dan harus melibatkan partisipasi aktif dari profesional desain. Menggunakan terlalu banyak zona membuang-buang uang, sementara terlalu sedikit, dapat menyebabkan ketidaknyamanan. Menetapkan zona yang tepat merupakan proses kualitatif sekaligus kuantitatif, yang membutuhkan pemahaman yang jelas tentang fungsi fasilitas dan harapan pemilik. Zona sangat penting untuk keberhasilan HVAC sehingga banyak sistem yang ditentukan terutama oleh kemampuan zonanya. Karena zona bergantung pada tata letak bangunan, hal itu harus terjadi selama desain skematik.

Pemilihan Sistem

Pemilihan HVAC adalah proses yang canggih. Biasanya, beberapa jenis sistem akan berfungsi dengan baik dalam aplikasi fasilitas tertentu. Pencocokan karakteristik sistem dengan kriteria desain yang cermat dapat membantu mencapai kecocokan terbaik untuk tujuan sistem. Semakin awal dalam proses desain sistem dapat dipilih, semakin besar peluang untuk koordinasi sistem.

Karakteristik yang perlu dipertimbangkan selama proses pemilihan meliputi: biaya siklus hidup (termasuk biaya pembelian, pemasangan, dan pengoperasian), konsumsi energi, kebutuhan ruang dan volume, kebisingan, getaran, fleksibilitas lokasi, fleksibilitas operasional, kemampuan beradaptasi terhadap perubahan hunian dan/atau tata letak ruangan,

kemampuan ventilasi, kemampuan pengendalian asap, estetika, keandalan, kemudahan perawatan, kesesuaian dengan sumber daya personel pemilik/operator, dan kemampuan untuk menyediakan kenyamanan termal. Kepentingan relatif dari karakteristik ini, serta kemampuan sistem, akan bervariasi dari satu proyek ke proyek lainnya. Penggunaan matriks pemilihan yang spesifik untuk proyek, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.170, dapat membantu dalam proses pemilihan.

Tabel 4.51 Matriks pemilihan sistem sampel

KRITERIA PEMILIHAN	BERAT RELATIF	SISTEM 1 PERINGKAT/POIN	SISTEM 2 PERINGKAT/POIN
Biaya pertama	9	5/45	8/72
Ruang angkasa persyaratan	10	7/70	8/80
Penggunaan energi	7	9/63	5/35
Keandalan	6	8/48	7/42
Kebisingan	8	7/56	4/32
Estetika	4	10/40	8/32
Evaluasi keseluruhan		322 poin	293 poin

Desain HVAC

Spesifikasi desain HVAC biasanya diberikan kepada teknisi mekanik dengan keahlian yang sesuai. Desain terperinci, yang biasanya dilakukan selama fase pengembangan desain, melibatkan pemilihan sejumlah peralatan yang diproduksi (seperti pendingin, menara pendingin, unit penanganan udara, diffuser) untuk memenuhi persyaratan beban dan kinerja, serta desain sejumlah komponen yang dibuat di lapangan (seperti saluran udara dan perpipaan) untuk menghubungkan dan mendukung peralatan utama.

Pada bangunan biasa, sebagian besar komponen HVAC tersembunyi dari pandangan di balik dinding ruang mekanis atau di atas langit-langit gantung. Dengan demikian, desain terperinci didorong oleh pertimbangan fungsionalitas dan ekonomi. Dua pengecualian untuk situasi "tidak terlihat" ini adalah perangkat pasokan dan pengembalian udara (dan/atau unit terminal air) dan kondensor eksterior.

Komisi

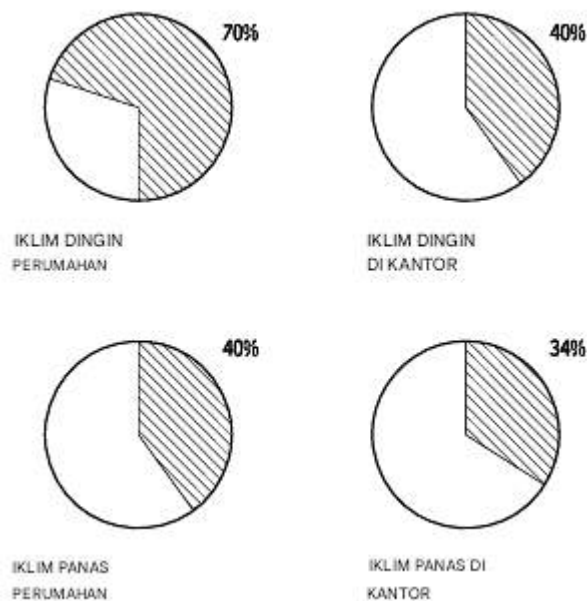
Komisi adalah proses sistematis untuk memastikan bahwa sistem fasilitas dirancang, dipasang, dan dioperasikan sehingga memenuhi maksud desain. Sifat HVAC yang dinamis dan kompleks, serta dampak langsungnya terhadap kepuasan penghuni dan biaya pengoperasian fasilitas, menjadikannya kandidat yang baik untuk komisioning. Proses komisioning HVAC biasanya melibatkan pengujian fungsional peralatan dan pengujian kinerja sistem dan interaksi sistem. Untuk HVAC yang kompleks, komisioning dapat melibatkan tinjauan sejawat terhadap konsep dan solusi desain. Apa pun cakupan komisioningnya, perencanaan untuk aktivitas ini harus dimulai sedini mungkin dalam proses desain.

Koordinasi Desain

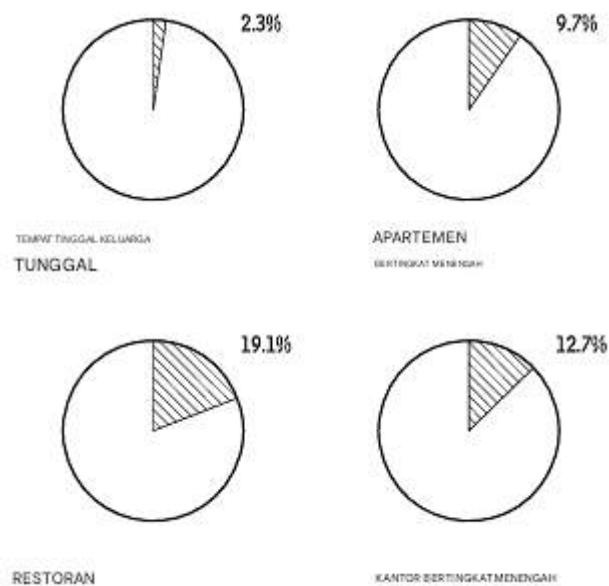
HVAC dapat menempatkan tuntutan ruang dan volume yang substansial pada proses

desain dan cenderung berinteraksi dengan hampir semua elemen bangunan lainnya, aktivitas utama untuk mengoordinasikan elemen-elemen ini meliputi yang berikut:

- ☞ Memastikan maksud desain HVAC mendukung maksud desain fasilitas secara keseluruhan.
- ☞ Mengkoordinasikan zona HVAC dengan zona sistem lainnya (pencegahan kebakaran dan alarm, pencahayaan, dan pengendalian asap).
- ☞ Menempatkan komponen peralatan utama untuk meminimalkan panjang dan ukuran distribusi, dan untuk meminimalkan dampak estetika negatif.
- ☞ Menempatkan komponen peralatan utama untuk meminimalkan dampak negatif pada akustik ruangan, pola sirkulasi, dan fleksibilitas fasilitas.
- ☞ Mengkoordinasikan distribusi udara dengan elemen sistem lain seperti balok dan kolom struktural, perlengkapan pencahayaan, serta pipa ledeng dan pipa proteksi kebakaran.
- ☞ Menempatkan perangkat terminal (seperti VAV atau kotak pencampur) dan perangkat kontrol (seperti katup, peredam, dan aktuator) sehingga mudah diakses untuk perawatan rutin.
- ☞ Memberikan pertimbangan yang lebih dari sekadar dasar untuk pemilihan perangkat pasokan dan pengembalian udara, seperti diffuser, register, dan kisi-kisi. (Perangkat ini dapat memiliki efek dramatis pada kenyamanan termal dan akustik serta estetika.)
- ☞ Mengkoordinasikan kontrol dengan maksud desain. (Meskipun kontrol sangat teknis dalam penerapannya, kegagalan sering kali bersifat konseptual.)
- ☞ Menyediakan manual dan prosedur operasi dan pemeliharaan untuk membantu pemilik dalam mengoperasikan HVAC.



Gambar 4.52 Hvac sebagai persentase dari total penggunaan energi bangunan



Gambar 4.53 Biaya hvac sebagai persentase dari total biaya konstruksi bangunan

Jenis Sistem Hvac

Sistem kontrol iklim dapat diklasifikasikan sebagai aktif atau pasif. Sistem pasif tidak menggunakan sumber daya energi yang dibeli, biasanya dirakit dari elemen bangunan "arsitektur" yang memiliki fungsi ganda (seperti kaca, dinding, lantai, pelapis), dan memerlukan koordinasi desain. Sistem kontrol iklim aktif menggunakan sumber daya energi yang dibeli dan menggunakan elemen khusus tugas dan tujuan tunggal (seperti pompa, kipas, saluran, dan diffuser). Meskipun insinyur mekanik biasanya merancang sistem HVAC, sistem tersebut harus dikoordinasikan dengan seluruh tim proyek.

Sistem HVAC dikategorikan berdasarkan skala dan cara pemindahan energi ke dan dari ruang yang ditempati suatu fasilitas:

- Sistem lokal: Sistem ini hanya melayani satu ruang, dan semua komponen sistem biasanya terletak di dalam atau berdekatan langsung dengan ruang yang dikondisikan.
- Sistem sentral: Sistem ini melayani beberapa ruang, dan komponen utamanya biasanya terletak di ruang atau ruangan mekanis khusus.
- Sistem distrik: Sistem ini melayani beberapa gedung (seperti di kampus atau pusat bisnis dengan sistem pemanas-pendingin), dengan komponen utama yang terletak di pabrik khusus.

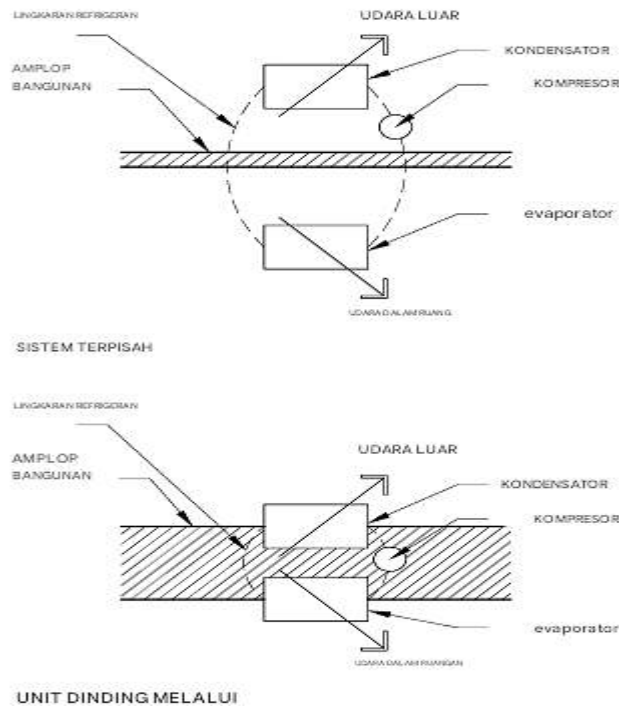
Sistem Pusat

Sistem sentral dikategorikan lebih lanjut berdasarkan cara pemindahan panas yang digunakan untuk menyalurkan panas ke dan dari ruang yang dilayani oleh sistem. Dua media utama digunakan untuk tujuan ini: air dan udara. Air merupakan cara yang sangat efektif untuk menyalurkan panas, yang membutuhkan volume yang jauh lebih sedikit untuk memindahkan sejumlah panas tertentu daripada yang dimungkinkan dengan udara sebagai media. Untuk beban pemanasan atau pendinginan yang sama, pipa distribusi air akan beberapa kali lebih kecil daripada saluran distribusi udara yang setara. Di sisi lain, distribusi udara praktis, karena

udara yang digunakan untuk menyalurkan pemanasan atau pendinginan dari lokasi sentral dapat dibuang begitu saja ke dalam ruang. Sistem distribusi air memerlukan beberapa jenis perangkat terminal untuk menukar panas antara air dan udara di ruang yang akan didinginkan.

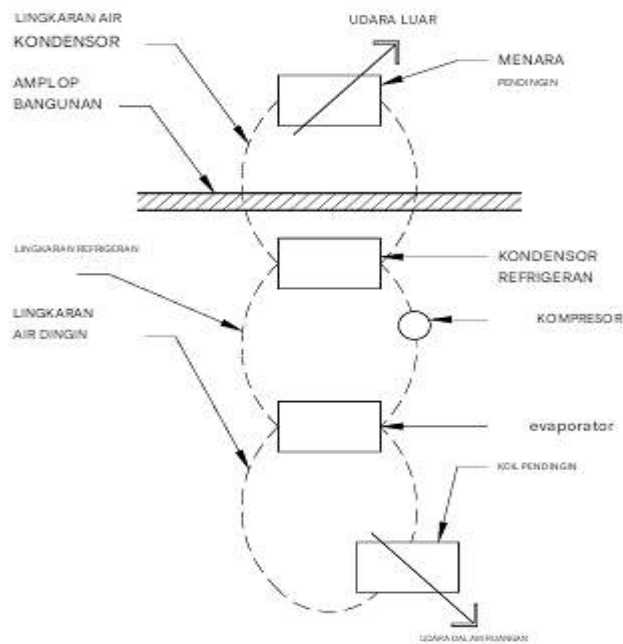
Tabel 4.54 Persyaratan ruang sistem hvac sebagai persentase dari luas lantai bangunan kotor

LUAS LANTAI BRUTO (SQ FT)	HUNIAN PERUMAHAN (%)	INSTITUSIONAL PEKERJAAN (%)	PERAKITAN HUNIAN (%)	LABORATORIUM PENEMPATAN (%)
10.000	6	8	9	11
50.000-100.000	4	6	7	10
500.000	3	4	5	8



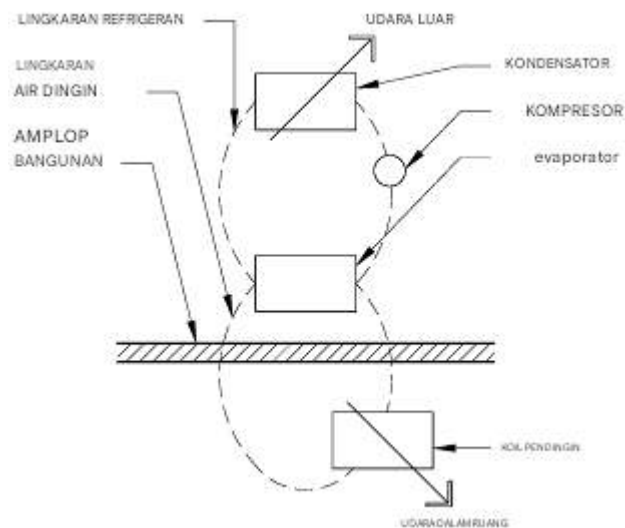
Gambar 4.55 Sistem lokal

Sistem sentral yang hanya menggunakan udara untuk mendistribusikan efek pemanasan dan pendinginan ke ruang yang ditempati disebut sistem udara murni, dan memerlukan pohon distribusi saluran udara. Sistem air murni hanya menggunakan air untuk memasok dan membuang panas dari ruang; sistem seperti itu memerlukan jaringan distribusi perpipaan. Sistem udara-air menyalurkan udara dan air ke ruang yang ditempati dan memerlukan jaringan distribusi saluran udara dan perpipaan.



Gambar 4.56 Sistem pusat dengan pendingin dan menara pendingin

Sistem sentral diklasifikasikan secara sekunder berdasarkan lokasi mekanisme kontrol kenyamanan utama relatif terhadap ruang yang ditempati. Dalam sejumlah sistem, kontrol berada di unit penanganan udara, yang membuat perubahan dalam zonasi dan tata letak distribusi menjadi sulit atau tidak mungkin. Sistem lain menggunakan mekanisme kontrol yang terletak berdekatan dengan ruang yang ditempati, yang memberikan fleksibilitas lebih besar untuk perubahan tetapi memerlukan distribusi lebih banyak peralatan di seluruh gedung, sering kali di tempat yang sempit atau sulit dijangkau.



Gambar 4.57 Sistem pusat dengan pendingin paket

Komponen Sistem

Sejumlah komponen diperlukan untuk pengoperasian HVAC pada umumnya.

Komponen sistem lokal umumnya dikemas menjadi satu unit yang dipasang melalui dinding atau atap; pasokan udara biasanya dialirkan ke ruang secara langsung dari bukaan di unit tersebut. Implikasi dari pemasangan peralatan mekanis yang berpotensi menimbulkan kebisingan di dalam atau yang berdekatan langsung dengan ruang yang ditempati harus dipertimbangkan saat memilih HVAC lokal.

Komponen sistem pusat didistribusikan ke seluruh fasilitas, dengan berbagai pilihan peralatan yang tersedia untuk sebagian besar sistem. Sistem pusat yang umum memerlukan unit penanganan udara, saluran udara, perangkat pasokan dan pengembalian udara, pendingin, boiler, kondensor eksterior, dan kontrol. Beberapa dari banyak opsi untuk menempatkan komponen-komponen ini diilustrasikan dalam Gambar 4.56 dan 4.57.

Kadang-kadang membantu untuk mengatur komponen HVAC ke dalam subsistem, termasuk komponen sumber, distribusi, pengiriman, dan kontrol.

- ✪ Subsistem sumber: Komponen sumber melibatkan pembangkitan efek pemanasan atau pendinginan dan biasanya meliputi pendingin (kompresi atau penyerapan uap), boiler (listrik, gas, minyak, batu bara), menara pendingin atau kondensor berpendingin udara, pompa panas, dan kolektor surya.
- ✪ Subsistem distribusi: Komponen distribusi melibatkan pemindahan efek pemanasan/pendinginan dari sumber ke ruang yang ditempati, dan biasanya meliputi saluran udara, perpipaan, unit penanganan udara (dengan kipas, filter, kumparan, dan aksesori), pompa, kipas yang berdiri sendiri, dan unit terminal udara.
- ✪ Subsistem pengiriman: Komponen pengiriman digunakan untuk memperkenalkan efek pemanasan/pendinginan ke dalam ruang yang ditempati, dan biasanya meliputi radiator papan dasar, pemanas unit, kabinet konvektor, unit kumparan kipas, unit induksi, diffuser, dan panel radiasi.

Dasar-Dasar Sistem HVAC

Dalam pengertian yang paling luas, istilah "pengkondisian udara" berarti bahwa sejumlah udara:

- dicampur dengan jumlah udara luar (segar) yang dibutuhkan;
- disaring untuk menghilangkan sejumlah partikel dan/atau elemen gas tertentu;
- dipanaskan dan/atau didinginkan oleh sistem kontrol suhu yang sesuai;
- dilembabkan atau dihilangkan kelembapannya;
- diionisasi, diozonasi, atau diolah dengan cara lain; atau
- disalurkan ke ruang ber-AC dan didistribusikan dengan cara yang tenang dan bebas angin.

Pengkondisian udara pada dasarnya dilakukan di dalam suatu wadah yang disebut unit penanganan udara, lihat Gambar 4.58. Komponen-komponen tidak perlu ditempatkan di dalam unit penanganan udara pusat untuk menjalankan fungsinya secara efektif. Keterbatasan ruang, hasil pengoperasian dan kontrol yang diinginkan, dan pertimbangan pengoptimalan energi dapat memengaruhi lokasi komponen-komponen tersebut.

Sumber daya listrik, media pemanas dan pendingin, air, uap, dan gas alam, sering kali berada jauh dari unit penanganan udara. Namun, dalam peralatan pendingin udara yang

dikemas (seperti unit pemanas udara, AC ruangan, dan banyak unit atap), "instalasi" pemanas dan/atau pendingin merupakan bagian dari paket tersebut.

Sejauh sistem pendingin udara tidak menyediakan semua fungsi yang dijelaskan di sini, sistem tersebut mungkin tidak menyediakan AC ruangan secara keseluruhan yang diperlukan untuk kenyamanan dan kesehatan yang optimal. Kecenderungan untuk menggunakan istilah "penyejuk udara" sebagai sinonim dari "pendinginan" harus benar-benar dicegah, karena secara keliru menyiratkan bahwa fungsi penyejuk udara lainnya (seperti penyaringan dan pelembapan yang tepat) kurang penting bagi kesehatan dan kenyamanan secara keseluruhan, dan dapat dihilangkan.

Jenis sistem penyejuk udara yang digunakan dan pemilihan serta pengaturan komponennya sangat penting bagi desain HVAC yang tepat. Demi kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan penghuni dan material yang optimal di dalam ruang ber-AC, dan untuk memastikan siklus ekonomi yang optimal untuk instalasi tertentu, proses ini harus dipercayakan hanya kepada teknisi mekanik yang berpengalaman dan berpengetahuan.

Sistem Seluruh Udara

Dalam sistem sepenuhnya udara, instalasi pemanas dan pendingin dapat ditempatkan di ruang mekanik sentral yang agak jauh dari ruang yang dikondisikan, atau dapat dimasukkan ke dalam sistem sepenuhnya udara sebagai unit yang dikemas di ruang ber-AC atau di atap. Unit penanganan udara dirancang untuk mencampur udara luar dan udara balik sesuai keinginan, kemudian menyaring, memanaskan, mendinginkan, dan melembapkan udara sebelum disalurkan ke ruangan ber-AC. Unit ini juga dapat membuang sebagian udara balik berdasarkan seberapa banyak udara balik yang masuk. Fungsi AC tidak selalu terjadi di dalam unit penanganan udara. Bergantung pada kriteria desain dan kondisi ruang tertentu, beberapa komponen AC mungkin berada jauh dari unit penanganan udara.

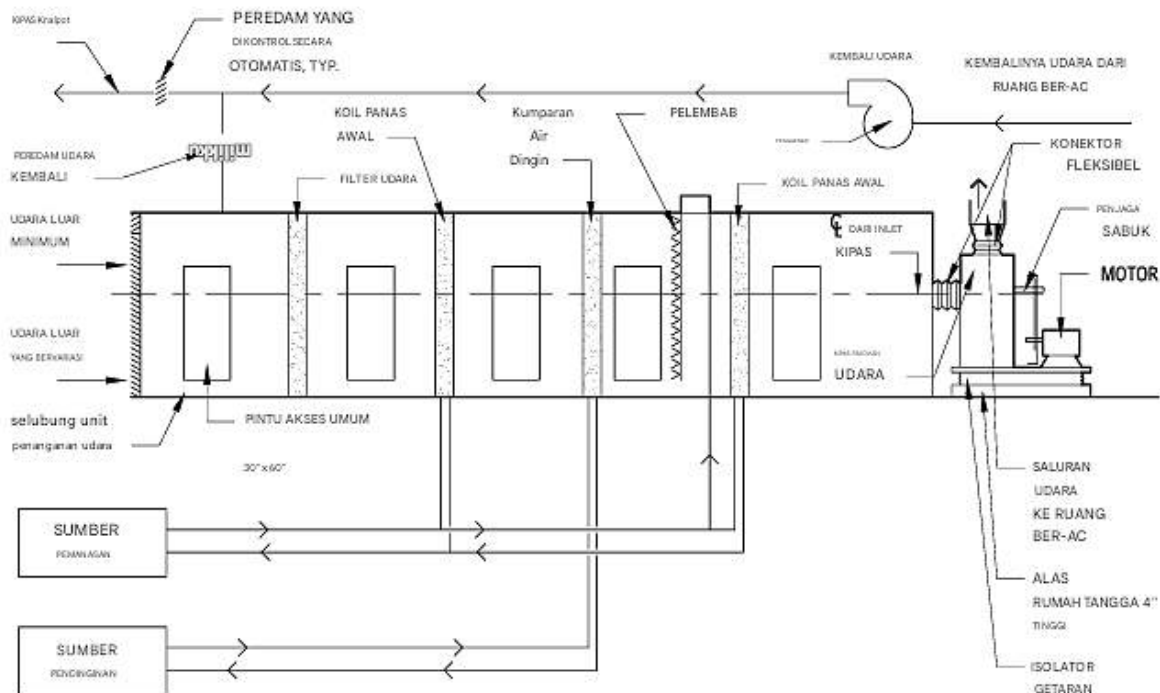
Beberapa sistem AC umum adalah saluran tunggal, aliran udara volume konstan atau variabel; saluran ganda (jarang digunakan); multizona; saluran tunggal dengan terminal bertenaga dan aliran udara volume konstan atau variabel; dan sistem saluran tunggal dengan kontrol volume aliran udara mandiri dan termostat di setiap diffuser di ruang ber-AC.

Komponen sistem AC dasar meliputi:

- ❖ Peredam udara luar minimum: Biasanya dua posisi.
- ❖ Peredam udara luar variabel: Tertutup saat hanya udara luar minimum yang diinginkan (misalnya saat suhu udara luar sangat tinggi atau rendah). Dirancang untuk terbuka sebagai respons terhadap kemampuan udara luar untuk berkontribusi pada kebutuhan pemanasan atau pendinginan bangunan. Peredam udara buang dan udara balik dikontrol untuk beroperasi sesuai dengan pengaturan peredam udara luar variabel.
- ❖ Koil pemanas awal (PHC): Diperlukan hanya jika suhu dan distribusi campuran udara balik dapat menyebabkan suhu beku di dalam casing.
- ❖ Unit penanganan udara (AHU): Dapat dibuat di lapangan atau pabrik. Buat kemiringan lantai casing AHU di antara komponen, sesuai kebutuhan, dan sediakan saluran pembuangan lantai berpipa untuk membuang kelembapan yang terbentuk.
- ❖ Koil ekspansi langsung (DXC): Koil pendingin dapat berupa DXC jika refrigeran

digunakan sebagai pengganti air dingin.

- ❖ Pelembap (H): Dapat menggunakan uap atau air sebagai media pelembapan.
- ❖ Kumparan pemanas ulang (RHC): Digunakan di unit penanganan udara hanya jika suhu udara buangan tetap harus disalurkan ke semua area yang dilayani oleh sistem saluran. Jika ruang yang berbeda memerlukan suhu yang berbeda, kumparan pemanas ulang terpisah dapat ditempatkan di setiap saluran yang melayani zona suhu yang berbeda.



Gambar 4.58 Komponen sistem udara dasar

Sistem Ekspansi Langsung

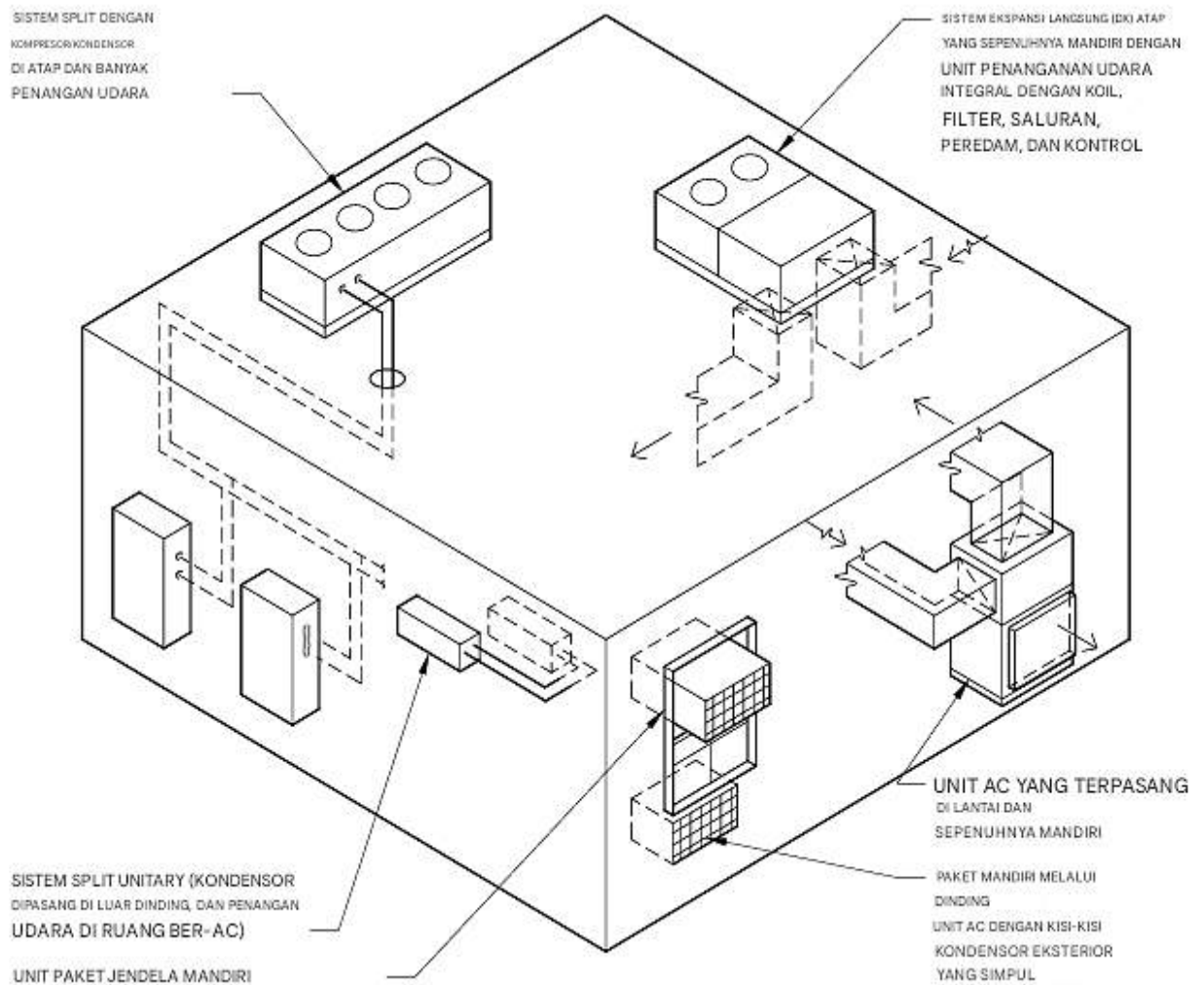
Istilah “ekspansi langsung” berarti bahwa zat pendingin kimia digunakan dalam sirkuit pendinginan untuk membuang panas dan membuangnya, biasanya ke luar ruangan. Sistem ekspansi langsung tersedia dalam mode “hanya pendinginan” atau dalam pompa panas yang dirancang khusus yang dapat menyediakan pemanas atau pendingin.

Sistem ekspansi langsung yang paling umum adalah unit paket yang dipasang melalui dinding atau di jendela. Unit ini juga dapat dipasang di lantai di dalam atau di luar ruangan ber-AC, atau terletak di atap. Jenis lain dari sistem ekspansi langsung adalah sistem “terpisah”, di mana komponen pembuangan panas dari kondensator dan kompresor dikemas secara terpisah dan dapat ditempatkan jauh dari evaporator dan kipas, yang harus berada di ruangan ber-AC. Dua subrakitan, yang dipasang ke sistem dengan pipa zat pendingin, dapat berada sedekat di sisi berlawanan dari dinding atau hingga 100 ft jauhnya.

Sistem Semua Air

Istilah “sistem semua air” adalah istilah yang keliru, karena semua sistem pendingin udara menyediakan udara “segar” yang dikondisikan ke ruang ber-AC. Sistem semua air mungkin memiliki unit terminal panel kipas atau panel radiasi dengan sistem semua udara

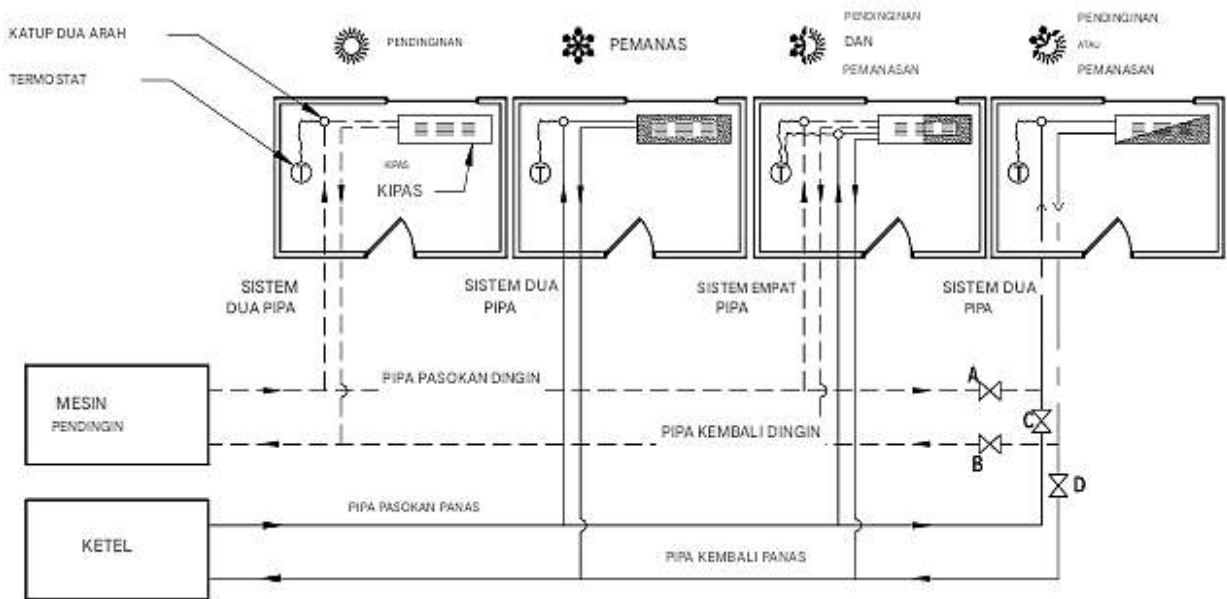
terpisah untuk memasok udara segar.



Gambar 4.59 Sistem ekspansi langsung

Udara segar yang dialirkan melalui lubang-lubang di dinding di belakang unit fan coil tidak dianggap berkondisi baik, karena sebagian besar unit fan coil tidak dirancang untuk menyediakan penyaringan dan pengendalian kelembapan yang memuaskan atau untuk mencegah masuknya kebisingan dari luar.

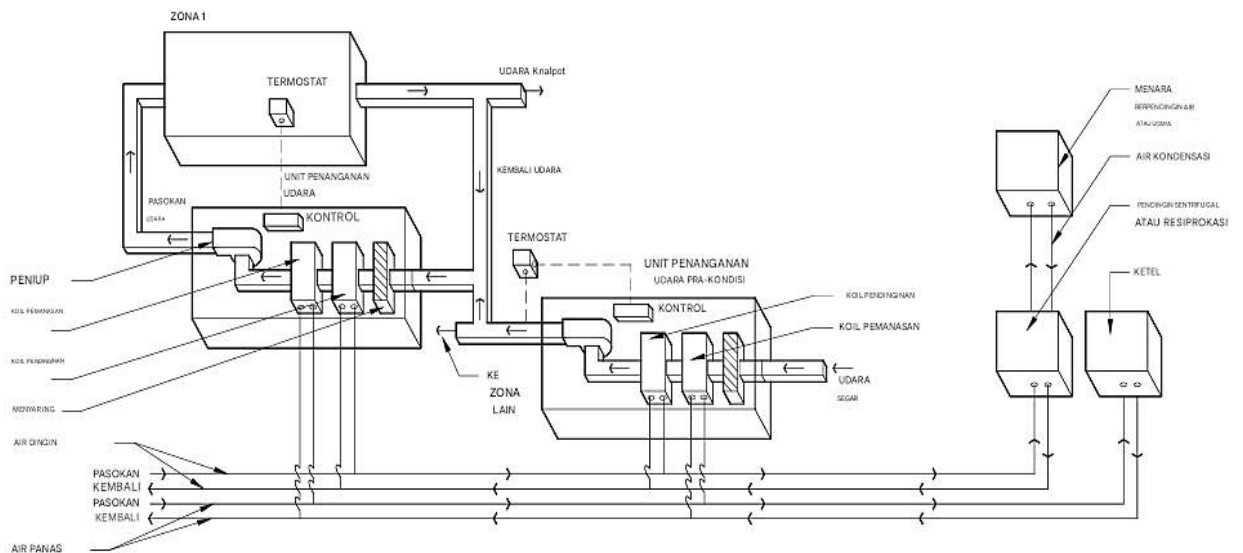
Pada sebagian besar sistem yang sepenuhnya menggunakan air, air digunakan untuk menyediakan pemanas atau pendingin melalui sistem distribusi dua pipa. Bahan kimia pelindung beku dapat ditambahkan ke beberapa sistem bila diperlukan. Bila klien menginginkan pemanas atau pendingin yang bekerja secara bersamaan di mana-mana, perpipaan akan berupa sistem distribusi dua atau empat pipa, dan instalasi pemanas dan pendingin harus dapat beroperasi setiap saat. Sistem tiga pipa jarang digunakan karena sulit dioperasikan dengan baik dan berjalan secara efisien.



Gambar 4.60 Sistem semua air

Sistem HVAC Zona Interior Berganda

Gambar yang menyertai pembahasan ini (Gambar 4.60 hingga 4.66) tentang sistem HVAC zona interior berganda menggambarkan sistem yang ditemukan di sekolah K-12 dan gedung perkantoran komersial kecil.



Gambar 4.61 Unit penanganan udara empat pipa, zona tunggal

Unit Penanganan Udara Empat Pipa, Zona Tunggal

Unit penanganan udara zona (AHU) dalam sistem ini menyediakan pemanasan dan pendinginan untuk zona tertentu. Setiap AHU memiliki blower, filter, dan kumparan pemanas dan pendingin. Jumlah udara segar yang tetap ke unit tersebut dipra-temper hingga 55°F dalam unit pra-pengkondisian. Air dingin dan air panas secara bersamaan disediakan ke unit zona dan pra-pengkondisian untuk membawa beban pada kumparan pendingin dan pemanas.

Air dingin disediakan oleh pendingin yang terletak di ruang mekanis pusat (yang berisi unit kondensasi penolak panas), dan air panas disediakan oleh boiler, yang sering kali terletak di ruang mekanis yang sama. Beberapa AHU zona tunggal beroperasi terus-menerus. Unit yang lebih baru mungkin memiliki kipas volume variabel yang mengatur aliran udara sesuai dengan beban zona. Pendingin atau boiler harus beroperasi saat unit zona tunggal mana pun memerlukan pendinginan atau pemanasan.

Setiap unit dikontrol oleh termostat zona yang menyesuaikan suhu pasokan udara untuk memenuhi beban pemanasan atau pendinginan. Unit pra-pengondisian dikontrol untuk mempertahankan suhu 55°F dengan memanaskan udara di musim dingin dan mendinginkannya di musim panas. Suhu air dingin dan air panas yang dipasok ke unit dapat dikontrol dengan termostat pengaturan ulang eksternal.

Kelebihan

- Sistem ini dapat menyediakan pemanasan dan pendinginan sesuai kebutuhan.
- Sistem ini menawarkan dehumidifikasi yang baik.
- Boiler dan pendingin dipasang di lokasi sentral.
- Sistem beroperasi dengan jaringan distribusi minimal.
- Unit penanganan udara zonal dapat dimatikan tanpa memengaruhi area yang berdekatan.
- Efisiensi pendingin lebih tinggi daripada pompa panas individual.
- Boiler dan pendingin memiliki masa pakai yang panjang (25 tahun).

Kelemahan

- Sistem empat pipa sedikit lebih mahal daripada sistem dua pipa.
- Loop air panas dan pendingin harus tetap berjalan meskipun hanya satu zona yang memerlukan pemanasan atau pendinginan.
- Seluruh sistem akan mati saat loop gagal.
- Menara kondensor berpendingin air memerlukan servis dan pemeriksaan kualitas air yang sering.
- Suhu pada kondensor berpendingin udara lebih tinggi daripada kondensor berpendingin air, sehingga pendingin kurang efisien.
- Sistem ini mungkin memerlukan lebih banyak energi daripada yang lain karena energi yang dibutuhkan untuk menjalankan loop pusat empat pipa.
- Sistem tidak memiliki pelembapan.

Sistem Terpisah Yang Dipaketkan Dengan Pompa Panas Individual

Sistem ini menyediakan pemanasan dan pendinginan untuk zona-zona individual dengan pompa panas zonal. Setiap unit pompa panas berisi peniup, filter, dan koil pemanas/pendingin. Sejumlah udara segar yang tetap ke unit-unit tersebut dipanaskan terlebih dahulu hingga 55°F dalam unit pompa panas pengondisian awal. Setiap pompa panas memiliki penolakan panasnya sendiri (atau sumber panas ambien selama cuaca dingin). Pemanas listrik darurat sering kali disediakan untuk kondisi ekstrem.

Pompa panas zonal beroperasi secara siklis (hidup dan mati) ketika termostat zona meminta pemanasan atau pendinginan. Aliran udara ke zona-zona juga beroperasi secara siklis

sesuai dengan permintaan zona. Secara umum, pompa panas yang mengondisikan udara luar harus beroperasi terus-menerus untuk menyediakan udara segar yang telah dikondisikan secara memadai.

Kelebihan

- Pemasangan, pengoperasian sistem, dan perawatannya mudah.
- Tidak memerlukan ruang mekanis.
- Saluran udara hanya diperlukan untuk udara segar.
- Biaya awal rendah.
- Sistem ini sangat cocok untuk ruang yang memerlukan banyak zona kontrol suhu individual.

Kelemahan

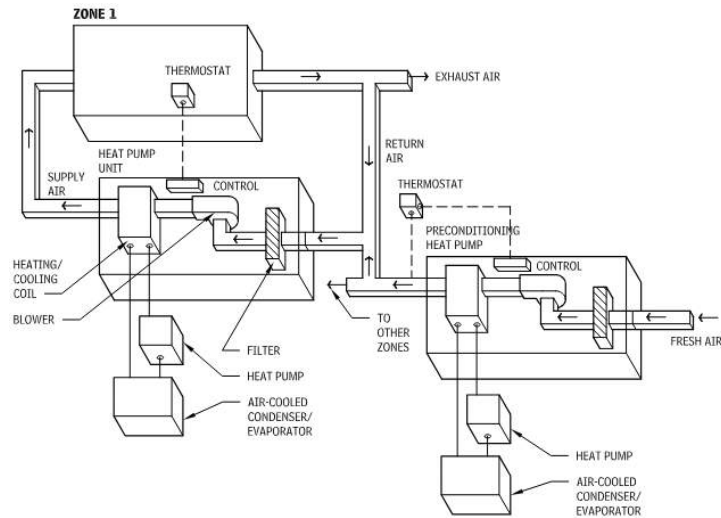
- Tingkat kebisingan sistem ini umumnya tinggi.
- Biaya perawatan tinggi.
- Efisiensi keseluruhan pompa panas individual lebih rendah daripada satu pendingin besar.
- Sistem memerlukan pemanas resistansi listrik saat suhu udara luar di bawah 35°F.
- Kontrol kelembapan dapat menjadi masalah jika tidak ada unit prapengkondisian dan pompa panas zona berukuran besar.
- Penetrasi dinding diperlukan untuk saluran refrigeran ke dan dari kondensor/evaporator.
- Masa pakai peralatan mungkin relatif pendek (biasanya, 10 tahun).
- Sistem tidak memiliki pelembapan.

Pompa Panas Lingkar Air Dua Pipa Dengan Paket Terpisah

Dalam sistem ini, pompa panas zonal menyediakan pemanasan dan pendinginan untuk zona-zona individual. Setiap unit pompa panas memiliki peniup, filter, dan koil pemanas/pendingin. Sejumlah udara segar yang tetap ke unit-unit tersebut dipanaskan terlebih dahulu hingga 55°F dalam unit pompa panas pengondisian awal. Sistem ini memiliki lingkaran penolakan panas, dan setiap pompa panas terhubung dengannya melalui penukar panas. Lingkaran penolakan panas dipertahankan dalam rentang suhu yang telah ditentukan (misalnya, 40°F hingga 100°F) menggunakan boiler sentral di musim dingin dan satu atau lebih menara pendingin penolak panas di musim panas. Biasanya, sistem jenis ini tidak memerlukan pemanasan listrik darurat untuk kondisi ekstrem. Lingkaran penolakan panas harus beroperasi ketika satu atau lebih pompa panas berjalan. Dalam beberapa kasus, lingkaran kecepatan variabel dapat digunakan, meskipun harus hati-hati untuk menyediakan aliran yang memadai agar penukar panas pompa panas tidak membeku dan/atau untuk menghindari masalah perpindahan panas di boiler yang disebabkan oleh aliran rendah.

Pompa panas zonal menyala dan mati saat termostat zona meminta pemanasan atau pendinginan. Aliran udara ke zona juga berputar dan mati sesuai dengan permintaan zona. Secara umum, untuk menyediakan sumber udara segar yang telah dikondisikan sebelumnya, pompa panas prakondisi udara luar harus bekerja terus-menerus. Kondensor berpendingin udara dapat disediakan untuk unit prakondisi untuk memungkinkan lingkaran utama dimatikan

selama periode tidak berpenghuni.



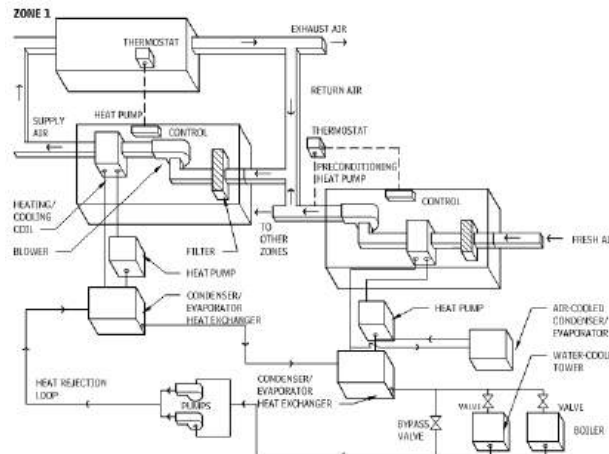
Gambar 4.62 sistem pisau terpisah dengan pompa panas individual

Pompa Panas Lingkaran Air Dua Pipa, Dengan Ground-Coupled Dengan Sistem Pisau Terpisah

Sistem ini memiliki unit penanganan udara (AHU) zonal yang menyediakan pemanasan dan pendinginan untuk zona-zona individual. Setiap pompa panas zonal berisi peniup, filter, dan koil pemanas/pendingin. Sejumlah udara segar yang tetap ke unit-unit dipanaskan terlebih dahulu hingga 55°F dalam unit pompa panas pengondisian awal. Setiap pompa panas terhubung ke lingkaran penolakan panas sistem dengan penukar panas. Namun, berbeda dengan sistem lingkaran air yang memiliki boiler tambahan dan menara penolak panas, lingkaran air ini menolak panas ke dalam serangkaian sumur atau parit yang membuatnya bersentuhan langsung dengan bumi. Lingkaran penolakan panas ini juga dipertahankan dalam rentang suhu yang telah ditentukan (misalnya, 40°F hingga 100°F) menggunakan massa termal bumi yang bersentuhan dengannya. Sistem jenis ini tidak memerlukan pemanasan listrik darurat untuk kondisi ekstrem.

Lingkaran penolakan panas yang terhubung dengan tanah harus beroperasi ketika satu atau lebih pompa panas berjalan. Lingkaran penolakan panas dengan kecepatan variabel dapat digunakan, meskipun harus hati-hati untuk menyediakan aliran yang memadai guna menghindari pembekuan penukar panas pompa panas.

Pompa panas zonal beroperasi secara siklis (hidup dan mati) setiap kali termostat zona meminta pemanasan atau pendinginan. Aliran udara ke zona-zona juga beroperasi secara siklis sesuai dengan permintaan zona. Dalam kebanyakan kasus, pompa panas pengondisian awal udara luar beroperasi terus-menerus untuk menyediakan sumber udara segar yang telah dikondisikan secara memadai. Kondensor berpendingin udara dapat disediakan untuk unit-unit pengondisian awal agar lingkaran utama dapat dimatikan selama periode tidak berpenghuni.



Gambar 4.63 pompa panas lingkaran air dua pipa dengan sistem pisau terpisah

Evaluasi Fitur Sistem Pompa Panas Water Lingkaran

Berikut ini adalah keuntungan dan kerugian, masing-masing (kecuali dinyatakan lain), yang berlaku untuk pompa panas water lingkaran dua pipa dengan sistem split paket dan pompa panas water lingkaran dua pipa yang disambungkan ke tanah dengan sistem split paket.

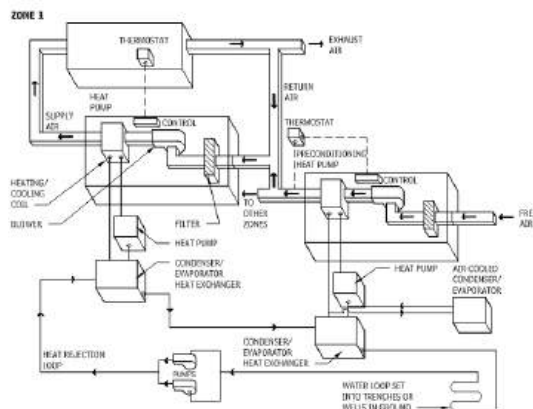
Kelebihan

- Sistem menghemat energi dengan memulihkan panas dari zona interior dan/atau panas buangan.
- Sistem tidak memerlukan penetrasi dinding untuk menyediakan pembuangan panas dari kondensor berpendingin udara.
- Prapengondisian awal berpendingin udara memungkinkan udara segar disuplai tanpa menjalankan lingkaran utama.
- Tingkat kebisingan mungkin lebih rendah daripada peralatan berpendingin udara karena kipas kondensor individual dihilangkan dan rasio kompresi lebih rendah.
- Sistem dapat dirawat secara lokal, karena teknisi perawatan khusus tidak diperlukan untuk pompa panas (teknisi perawatan dan perbaikan khusus diperlukan untuk boiler dalam sistem tanpa sambungan tanah).
- Unit memiliki masa pakai lebih lama daripada pompa panas berpendingin udara.
- Seluruh sistem tidak mati saat unit zonal rusak.
- Sistem sambungan tanah biasanya tidak memerlukan boiler dan menara pendingin. Ukuran ruang mekanis untuk pompa lingkaran dapat diminimalkan.
- Biaya siklus hidup pompa panas lingkaran air dua pipa dengan sistem split yang dikemas (tanpa sambungan tanah) sebanding dengan biaya siklus hidup sistem sentral jika biaya siklus hidup dipertimbangkan.

Kelemahan

- Biaya awal untuk sistem ini mungkin lebih tinggi daripada sistem yang menggunakan beberapa peralatan HVAC kesatuan.
- Kebersihan lingkaran perpipaan harus dijaga.
- Menara berpendingin air memerlukan servis dan pemeriksaan kualitas air secara berkala (ini biasanya tidak berlaku untuk sistem yang terhubung ke tanah).

- Jika prapengondisian berpendingin udara tidak digunakan, lingkaran harus beroperasi 24 jam/hari saat zona mana pun memerlukan pendinginan atau pemanasan.
- Seluruh sistem mati saat lingkaran rusak.
- Perawatan yang lebih banyak akan diperlukan dibandingkan dengan beberapa sistem lain karena peralatan pompa panas dan unit penanganan udara terdesentralisasi.
- Sistem ini tidak memiliki pelembaban.
- Dalam sistem yang terhubung ke tanah, jenis tanah, kadar air, komposisi, kepadatan, dan keseragaman memengaruhi keberhasilan metode pertukaran panas ini.
- Dalam sistem yang terhubung ke tanah, material pipa dan korosifitas tanah dan air tanah setempat dapat memengaruhi perpindahan panas dan masa pakai.
- Dalam sistem yang terhubung ke tanah, diperlukan area yang luas untuk mengebor sumur atau menggali parit.
- Pompa panas zonal dan pompa panas prapengondisian memerlukan sambungan saluran pembuangan sanitasi untuk mengalirkan kondensat. Saluran pembuangan ini dapat menjadi masalah pemeliharaan.



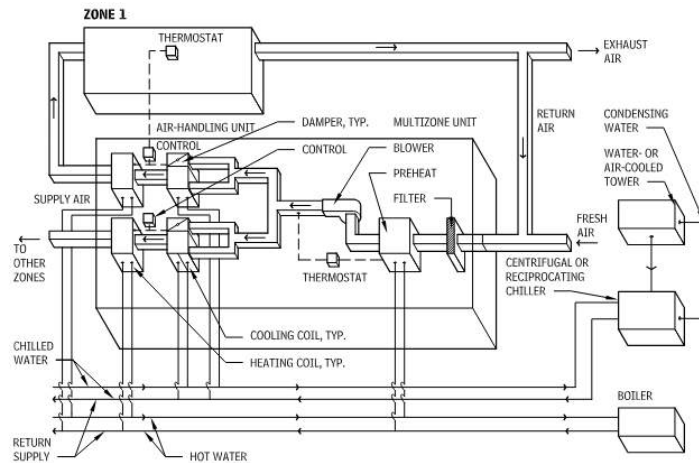
Gambar 4.64 pompa panas lingkaran air dua pipa, dengan ground-coupled dengan sistem pisau terpisah

Sistem Multizona Empat Pipa Dengan Bypass Deck Dingin

Unit penanganan udara multizona (AHU) menyediakan pemanasan dan pendinginan untuk beberapa zona (biasanya 4 hingga 10). Setiap unit multizona berisi blower, filter, koil pemanas, koil pendingin, dan peredam bypass. Air dingin dan air panas secara bersamaan disediakan ke unit zonal untuk membawa beban pada koil pendingin dan pemanas, masing-masing. Air dingin disediakan oleh pendingin yang terletak di ruang mekanis pusat (yang berisi unit kondensasi penolak panas), dan air panas disediakan oleh boiler (sering kali terletak di ruang mekanis yang sama). Unit multizona beroperasi terus-menerus. Pendingin atau boiler harus beroperasi saat unit multizona atau unit prapengondisian memerlukan pemanasan atau pendinginan. Unit yang lebih baru mungkin berisi kipas volume variabel yang mengatur aliran udara sesuai dengan beban zona.

Setiap zona dikontrol oleh termostat zona yang mengubah suhu pasokan udara untuk memenuhi beban pemanasan atau pendinginan. Pasokan udara dikondisikan oleh pengaturan

peredam yang memungkinkan bagian udara yang tepat mengalir melintasi atau melewati dek dingin. Koil pemanas ulang dapat disediakan untuk lokasi dengan kondisi yang sangat lembab. Koil pemanas awal dapat disediakan untuk kondisi musim dingin yang ekstrem. Suhu air dingin dan air panas yang dipasok ke unit dapat dikontrol dengan termostat pengaturan ulang luar.



Gambar 4.65 sistem multizon empat pipa dengan cold deck bypass

Kelebihan

- Sistem ini memasok beberapa zona dari AHU yang berlokasi di pusat.
- Tidak diperlukan pipa yang dapat bocor di zona yang ditempati.
- Sistem ini dapat menyediakan pemanas dan pendingin sesuai kebutuhan.
- Boiler dan pendingin berlokasi di pusat.
- Efisiensi pendingin sering kali lebih tinggi daripada pompa panas individual.
- Sistem ini menawarkan dehumidifikasi yang baik. Hampir sepanjang tahun, ini dapat disediakan dengan peredam bypass koil pendingin.

Kelemahan

- Air panas dan lingkaran air pendingin harus berjalan ketika hanya satu zona yang membutuhkan pemanas atau pendingin.
- Pendingin dan boiler memerlukan servis oleh teknisi yang terlatih khusus.
- Menara kondensator berpendingin air memerlukan servis dan pemeriksaan kualitas air yang sering.
- Ruang tambahan diperlukan untuk saluran distribusi.
- Suhu kondensator berpendingin udara (jika digunakan) lebih tinggi daripada suhu kondensator berpendingin air, sehingga pendingin kurang efisien.
- Sistem pusat mungkin menggunakan lebih banyak energi karena lingkaran harus beroperasi lebih sering.
- Sistem tidak memiliki pelembapan.

Unit Koil Kipas Empat Pipa

Dalam sistem ini, unit koil kipas di setiap zona menyediakan pemanasan atau pendinginan untuk zona tersebut. Setiap unit koil kipas berisi blower, filter, dan koil

pemanas/pendingin. Jumlah udara segar yang tetap ke unit-unit tersebut dipanaskan terlebih dahulu hingga 55°F dalam unit prapengkondisian yang melayani sejumlah zona. Air dingin dan air panas secara bersamaan disediakan ke unit zona dan unit prapengkondisian untuk masing-masing membawa beban pada koil pendingin dan pemanas. Air dingin disediakan oleh pendingin yang terletak di ruang mekanis pusat (yang berisi unit kondensasi penolak panas), dan air panas disediakan oleh boiler (yang sering kali terletak di ruang mekanis yang sama). Kipas zonal dapat beroperasi terus-menerus dan memodulasi suhu atau menyala dan mati sesuai kebutuhan untuk memenuhi termostat zona. Unit yang lebih baru mungkin berisi kipas volume variabel yang mengatur aliran udara tergantung pada beban zona.

Setiap unit koil kipas zona dikontrol oleh termostat zona, yang mengubah suhu pasokan udara untuk memenuhi beban pemanasan atau pendinginan. Prapengkondisian mempertahankan suhu 55°F dengan memanaskan udara terlebih dahulu di musim dingin dan mendinginkannya terlebih dahulu di musim panas. Suhu air dingin dan air panas yang dipasok ke unit dapat dikontrol dengan termostat pengaturan ulang luar.

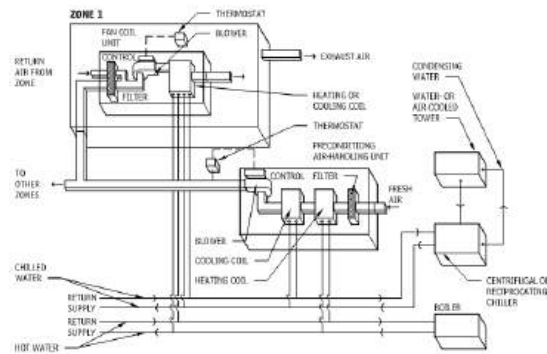
Kelebihan

- Sistem menyediakan pemanasan dan pendinginan sepanjang musim di setiap unit.
- Boiler dan pendingin dipasang di lokasi pusat.
- Satu-satunya saluran udara yang dibutuhkan adalah untuk udara prapengkondisian (sekitar 10 hingga 20 persen dari udara koil kipas).
- Efisiensi pendingin lebih tinggi daripada pompa panas individual.
- Unit koil kipas zona dapat dimatikan untuk perawatan tanpa memengaruhi area yang berdekatan.
- Tidak diperlukan pergantian musim panas/musim dingin.
- Sistem ini beroperasi lebih sederhana daripada sistem lain yang dijelaskan dalam pembahasan ini tentang beberapa sistem HVAC zona interior.
- Pendinginan udara pra-kondisi mungkin tidak diperlukan di daerah beriklim panas dan kering.

Kelemahan

- Sistem empat pipa sedikit lebih mahal untuk dipasang daripada sistem dua pipa.
- Lingkar air panas dan air dingin harus beroperasi ketika hanya satu zona yang memerlukan pemanasan atau pendinginan.
- Pendingin dan ketel uap perlu diservis oleh teknisi yang terlatih khusus.
- Kebisingan dari masing-masing unit mungkin menjadi masalah.
- Menara kondensor berpendingin air memerlukan servis dan pemeriksaan kualitas air yang sering.
- Suhu kondensor berpendingin udara (jika digunakan) lebih tinggi daripada kondensor berpendingin air, sehingga membuat pendingin kurang efisien.
- Sistem sentral ini mungkin menggunakan lebih banyak energi karena pengoperasian lingkaran yang sering.
- Pemeliharaan unit zonal yang terdesentralisasi dapat memerlukan waktu pemeliharaan tambahan.

- Unit zonal memerlukan sambungan saluran pembuangan sanitasi untuk mengalirkan kondensat. Saluran pembuangan ini dapat menjadi masalah pemeliharaan.
- Sistem tidak memiliki pelembaban.



Gambar 4.66 Unit kipas empat pipa

4.9 PENDINGINAN

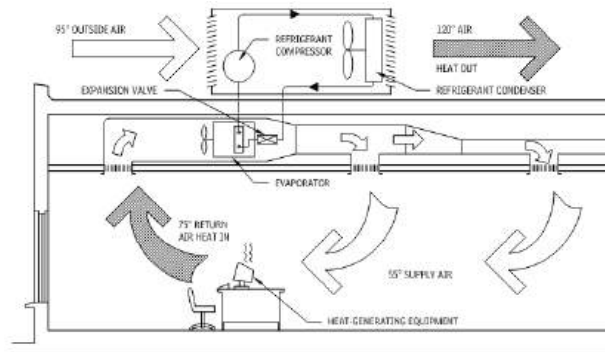
Kulkas dapur memindahkan panas dari kompartemen penyimpanan ke ruangan di sekitarnya. AC memindahkan panas dari ruangan ke luar ruangan. Efisiensi peralatan AC rumah tangga ditunjukkan oleh peringkat efisiensi energi musiman (SEER), indeks Btu yang dipindahkan per watt energi masukan listrik. Semakin tinggi SEER-nya, semakin efisien dan murah biaya pengoperasian peralatan tersebut.

Sejumlah besar panas diperlukan untuk merebus atau menguapkan cairan. Panas laten ini adalah kunci untuk memindahkan sejumlah besar panas dengan sejumlah kecil refrigeran. Untuk memindahkan panas dari area bersuhu rendah ke area bersuhu tinggi (misalnya, bangunan pada suhu 75°F ke lingkungan sekitarnya pada suhu 95°F), peralatan pendingin atau AC menggunakan cairan yang mendidih dan mengembun dalam kisaran suhu dan tekanan operasi yang terbatas.

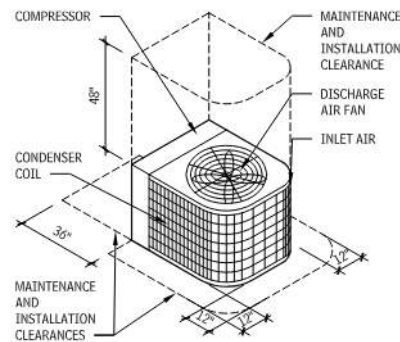
Selama siklus pendinginan, koil evaporator menyerap panas dari bagian dalam bangunan. Panas ini diserap oleh refrigeran saat berubah dari cairan bertekanan rendah menjadi uap. Uap refrigeran bertekanan rendah ini kemudian ditarik ke dalam unit kompresor dan kondensor paket, di mana ia dikompresi menjadi uap bertekanan tinggi pada suhu tinggi. Uap refrigeran bertekanan tinggi yang dihasilkan dibuang ke koil kondensor, di mana ia melepaskan panas laten yang diserap dalam evaporator dan panas yang ditambahkan selama kompresi dan kembali ke keadaan cair bertekanan tinggi. Cairan bertekanan tinggi ini dipaksa melalui perangkat ekspansi di mana tekanan dan suhu menurun dengan cepat, sehingga memungkinkan evaporator untuk kembali menyerap panas dari bangunan.

Siklus pendinginan dapat dibalik untuk mengekstrak panas dari sumber suhu rendah, seperti udara luar, untuk memanaskan bangunan. Peralatan dasar tidak berubah, kecuali katup pembalik empat arah dan kontrol yang memungkinkan kondensor dan evaporator untuk bertukar fungsi. Pompa panas lebih efisien daripada pemanas resistansi listrik karena satu-satunya tindakan yang diperlukan adalah memompa refrigeran dari uap bertekanan rendah ke uap bertekanan tinggi. Efisiensi pompa panas, yang diukur sebagai koefisien kinerja (COP),

merupakan fungsi dari suhu sumber panas.



Gambar 4.67 aplikasi bangunan umum



Gambar 4.68 Unit kondensasi

Prinsip-Prinsip Pendinginan Dan Perpindahan Panas

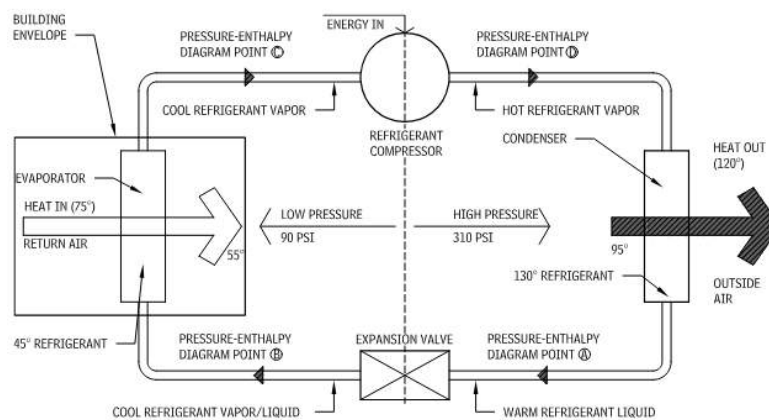
Sistem pendingin udara gedung besar biasanya mencakup pendingin air kemasan, menara pendingin, dan satu atau lebih unit penanganan udara. Pengaturan yang ditunjukkan pada Gambar 4.71 menawarkan fleksibilitas substansial dalam lokasi dan distribusi peralatan. Air dingin dihasilkan dalam pendingin (kompresi uap atau penyerapan) dan disirkulasikan ke unit penanganan udara yang ditempatkan secara strategis di dalam gedung. Air yang mengembun dari pendingin disirkulasikan ke menara pendingin eksterior, tempat panas dari gedung dibuang ke lingkungan luar. Pendingin dan penanganan udara dapat ditempatkan hampir di mana saja di dalam gedung, dan menara pendingin di lokasi eksterior yang sesuai.

Pada bangunan besar, tidak praktis untuk memindahkan panas dengan udara saja karena ukuran saluran harus terlalu besar. Oleh karena itu, penukar panas ditambahkan ke evaporator, dan air dingin dialirkan ke unit penanganan udara di seluruh bangunan. Menara pendingin biasanya dipasang dalam sistem besar tersebut untuk meningkatkan efisiensi. Peralatan pendingin udara yang memindahkan panas ke air bersuhu 85°F di menara pendingin akan memerlukan lebih sedikit energi masukan ke kompresor daripada peralatan yang sama yang memindahkan panas ke udara luar bersuhu 95°F.

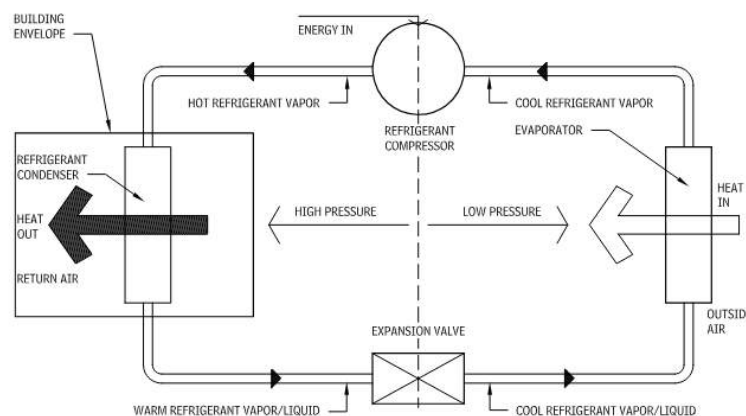
Dalam siklus pendinginan serapan, pendinginan dihasilkan dengan menyerap dan melepaskan air dalam larutan garam. Sama seperti garam meja biasa yang menyerap air pada hari yang lembap, larutan garam yang kuat (misalnya, litium bromida) akan menarik air keluar

dari udara lembap saat disemprotkan ke tangki tertutup (penyerap). Jika udara lembap ini dihubungkan ke tangki lain yang berisi air yang menguap, ia akan memindahkan uap air ke tangki penyerap untuk menggantikan air yang ditarik ke dalam larutan litium bromida. Akhirnya, larutan litium bromida yang kuat ini menjadi encer dan dipompa ke tangki generator, tempat kelebihan air dididihkan. Larutan yang kuat tersebut kemudian didinginkan dalam penukar panas dan diekspansi kembali ke penyerap, tempat ia dapat menyerap lebih banyak air. Air yang dikeluarkan dalam generator dialirkan ke kondensor, tempat ia mendingin, mengembun, dan kemudian diekspansi kembali ke evaporator. Efek pendinginan kemudian menarik evaporator (tekanan rendah) pada suhu 45°F hingga 55°F untuk menghasilkan air dingin.

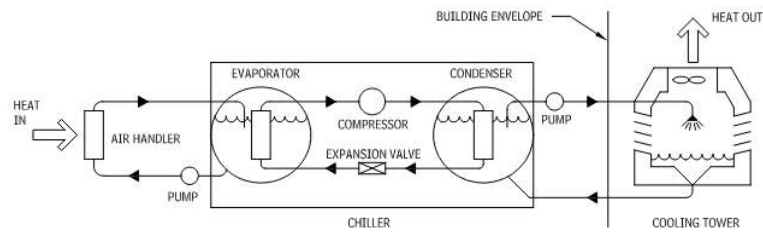
Siklus penyerapan menghasilkan pendinginan tanpa mengompresi uap, sehingga dapat beroperasi dengan jumlah listrik yang lebih sedikit selama jumlah panas yang cukup tersedia untuk generator, dan pendinginan untuk kondensor dan penyerap, dan jumlah listrik yang lebih sedikit untuk pompa larutan. Karena siklus pendinginan penyerapan tidak menggunakan kompresor uap, siklus ini lebih senyap dan bergetar lebih sedikit daripada pendingin kompresi uap. Ia juga menggunakan lebih sedikit listrik untuk pompa larutan daripada yang digunakan kompresor uap untuk menjalankan tugasnya. Refrigerasi serapan ramah ozon dan dapat dikonfigurasi untuk beroperasi dalam sistem dengan listrik terbatas atau tanpa listrik (misalnya, kendaraan rekreasi).



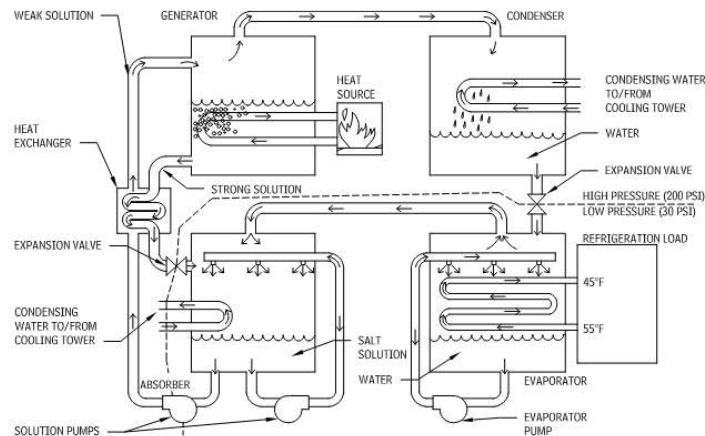
Gambar 4.69 suhu dan tekanan siklus pendinginan umum



Gambar 4.70 pompa panas



Gambar 4.71 pendingin air paket dan menara pendingin



Gambar 4.72 siklus penyerapan

Pendingin Air

Air dingin merupakan media yang paling umum untuk memindahkan panas dari semua jenis peralatan pendingin, seperti koil pendingin dan penukar panas, ke beberapa sumber pendinginan.

Sistem air dingin merupakan sistem sirkuit tertutup yang mengalirkan kembali air antara unit pendingin air mekanis dan peralatan pendingin jarak jauh, biasanya beroperasi dengan suhu air dalam kisaran antara 40°F dan 55°F. Terdapat lima jenis unit pendingin yang digunakan dalam sistem air dingin:

- Pendingin air sentrifugal, dengan motor listrik atau penggerak turbin uap
- Pendingin air resipokal, dengan penggerak motor listrik
- Pendingin air ulir putar, dengan penggerak listrik
- Pendingin air serapan air dengan pembakaran tidak langsung
- Pendingin serapan air dengan pembakaran langsung, menggunakan bahan bakar minyak atau gas untuk pembakaran
- Pendingin air gulung

Jika sistem perpipaan air dingin juga digunakan untuk mengalirkan air panas untuk pemanasan musim dingin, sistem ini disebut sistem air suhu ganda. Suhu air desain sistem air dingin biasanya berada dalam kisaran yang agak sempit karena perlunya dehumidifikasi dan untuk menghindari kemungkinan pembekuan dalam pendingin. Suhu pasokan air dingin biasanya berkisar antara 42°F hingga 60°F untuk aplikasi kenyamanan normal.

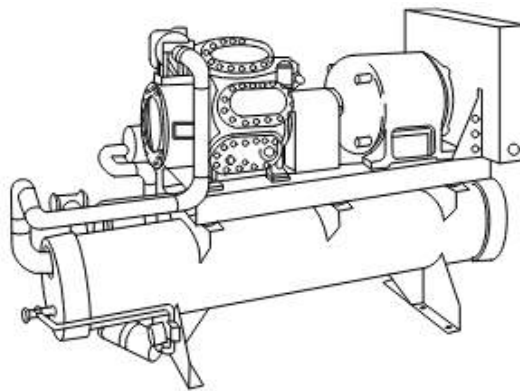
Tingkat laju aliran desain bergantung pada jenis peralatan terminal dan suhu pasokan. Secara umum, kenaikan suhu yang lebih tinggi (atau perbedaan suhu yang lebih besar antara

suhu suplai dan suhu balik) mengurangi biaya awal dan biaya pengoperasian sistem distribusi, serta pompa yang dibutuhkan, dan meningkatkan efisiensi pendingin. Dalam sistem air dingin tertentu, pemilihan laju aliran desain dan suhu suplai, oleh karena itu, saling terkait erat.

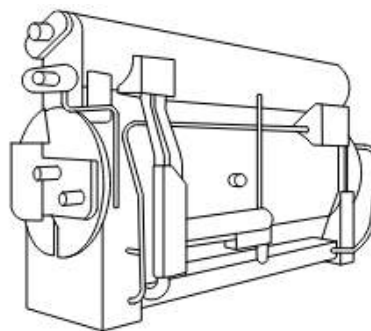
Meskipun suhu air dingin yang lebih rendah memungkinkan kenaikan yang lebih tinggi (atau perbedaan suhu yang lebih besar), efisiensi pendingin yang lebih rendah dihasilkan. Pengolahan air mungkin diperlukan dalam sistem air dingin untuk mengendalikan laju korosi, kerak, atau pertumbuhan alga.

Tata letak perpipaan untuk distribusi air dingin sangat bervariasi tergantung pada kapasitas sistem, tingkat distribusi, jenis terminal yang digunakan, dan skema kontrol yang akan digunakan.

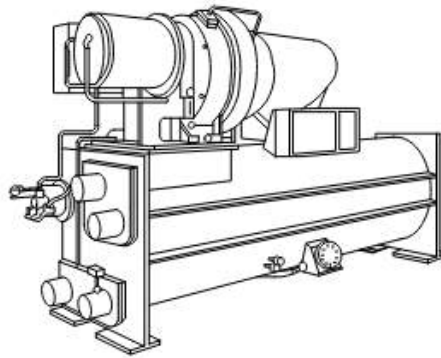
Refrigeran yang menyerang lapisan ozon di atas bumi sedang dihapuskan dan diganti dengan sistem pendinginan yang tidak merusak lapisan ozon, seperti R-123, R-134A, dan amonia. Kekhawatiran ini juga telah memperluas penggunaan pendingin serapan, baik tipe tidak langsung (uap) maupun tipe pembakaran langsung.



Gambar 4.73 pendingin air torak.



Gambar 4.74 pendingin air absorpsi



Gambar 4.75 pendingin air sentrifugal

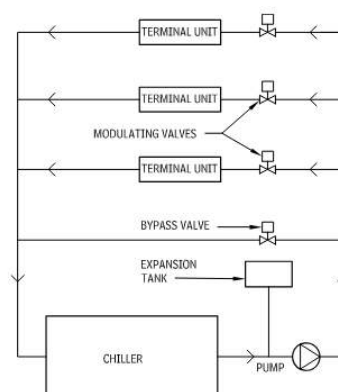
Sistem Khusus Pendinginan Dan Sistem Pemanasan/Pendinginan

Sistem pendingin saja dan sistem pemanas/pendinginan meliputi:

- Sistem air dingin dasar
- Sistem pemompaan dan distribusi air dingin primer/sekunder
- Sistem suhu ganda dua pipa

Sistem Air Dingin Dasar

Sistem air dingin pada dasarnya terdiri dari unit pendingin air, pompa sirkulasi air dingin, peralatan pendingin terminal, dan tangki ekspansi. Katup pintas air dingin mungkin diperlukan dalam sistem dengan kontrol katup modulasi dua arah di unit terminal. Saat beban pendinginan pada peralatan terminal berkurang, katup modulasi menutup dan mengurangi aliran melalui terminal. Saat aliran air melalui unit terminal dibatasi secara signifikan, katup pintas terbuka secara bertahap untuk mencegah penumpukan tekanan sistem dan mempertahankan aliran air yang diperlukan untuk pengoperasian pendingin yang tepat.

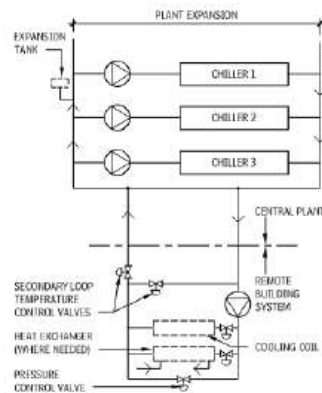


Gambar 4.76 sistem air dingin dasar

Sistem Pemompaan Dan Distribusi Air Dingin Primer/Sekunder

Dalam aplikasi tipe kampus yang besar, sistem air dingin terdiri dari beberapa pendingin dan pompa sistem primer dan sekunder. Peralatan pendingin terminal dapat berupa koil pendingin air dingin dari unit AC sentral, penukar panas lingkaran tertutup, atau sistem air pendingin sekunder atau terminal lainnya. Lingkaran primer tidak memerlukan perangkat kontrol

tekanan. Katup kontrol tekanan lingkaran sekunder beroperasi seperti yang dijelaskan dalam “Sistem Air Dingin Dasar.”

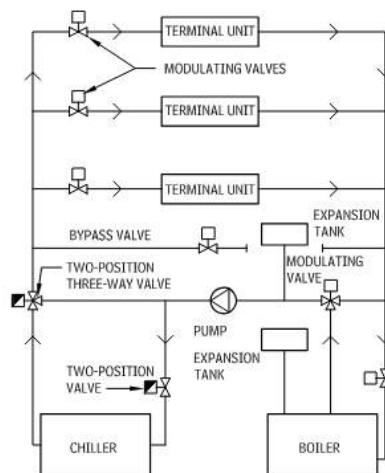


Gambar 4.77 sistem pemompaan dan distribusi air dingin primer/SEKUNDER

Sistem Dua-Pipa Suhu Ganda

Dalam sistem suhu ganda dua-pipa, air panas dialirkan melalui unit terminal selama cuaca dingin dan air dingin dialirkan selama cuaca panas. Sistem distribusi dapat dibagi menjadi beberapa zona, yang masing-masing dapat berubah dari pemanasan ke pendinginan, terlepas dari zona lainnya.

Jika pasokan air panas dan dingin ke setiap unit terminal berada dalam dua pipa terpisah tetapi pengembaliannya berada dalam pipa umum, sistem tersebut disebut sistem tiga-pipa. Dalam sistem empat-pipa, saluran utama pasokan dan pengembalian terpisah untuk air panas dan dingin dialirkan ke setiap unit terminal.



Gambar 4.78 sistem suhu ganda dua pipa

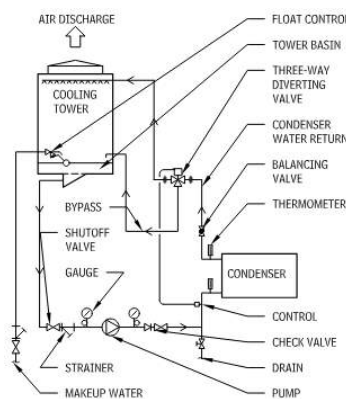
Menara Pendingin

Air mengalir dari pompa ke baskom menara dan dibuang di bawah tekanan ke kondensor dan kembali ke menara, tempat air didinginkan melalui dek semprot. Biasanya diinginkan untuk mempertahankan suhu air kondensor di atas minimum yang telah

ditentukan, sehingga air yang kembali sebagian dilewati di sekitar menara melalui katup kontrol untuk mempertahankan suhu air suplai yang diinginkan.

Dalam sistem air kondensor ini, udara terus-menerus bersentuhan dengan air. Pertimbangan khusus kemudian diperlukan untuk perawatan kimia dan penyisihan kotoran, kerak, dan korosi dalam sistem kondensor dan perpipaan.

Jumlah aliran air yang dibutuhkan bergantung pada sistem pendinginan yang digunakan dan suhu air kondensor yang tersedia. Suhu suplai air kondensor yang lebih rendah menghasilkan peningkatan efisiensi mesin pendingin.



Gambar 4.79 menara pendingin

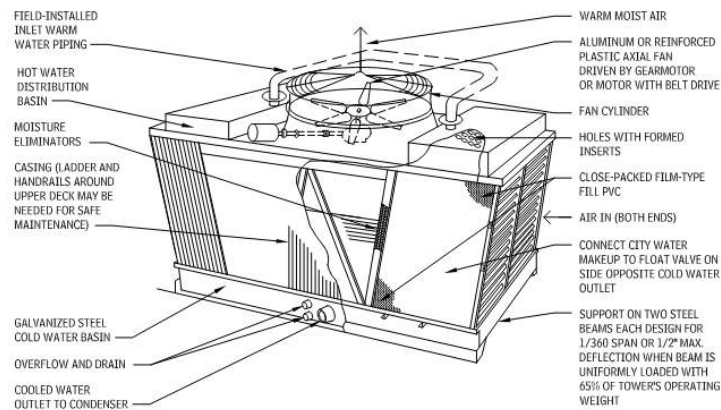
Menara pendingin mendinginkan air untuk digunakan kembali dalam kondensor pendingin atau penukar panas lainnya. Nilai standar adalah dalam ton pendinginan saat mendinginkan 3 gal/menit per ton dari 95°F hingga 85°F dengan udara sekitar pada suhu basah 78°F. Desain menara pendingin harus didasarkan pada kinerja pada kondisi lokal. Menara pendingin paket beroperasi dengan kipas yang menggerakkan udara secara horizontal (aliran silang) atau ke atas (aliran berlawanan) melawan air yang jatuh dan membasahi isi atau kemasan untuk mengekspos permukaan air maksimum ke udara. Aliran udara yang berkurang mengurangi kinerja menara. Penutup arsitektur harus meminimalkan hambatan pada aliran udara.

Air hangat didistribusikan di bagian atas menara pendingin oleh *nozzle* semprot atau bak dengan banyak lubang, dan air dingin dikumpulkan di bak di bagian bawah serta dipompa ke kondensor. Air didinginkan dengan menguapkan sebagian kecil air. Tetesan air juga dapat terbawa oleh aliran udara. Mineral dan kotoran yang ada di semua air meningkatkan konsentrasinya saat air murni menguap, sehingga sedikit air "dibuang" dan bahan kimia ditambahkan untuk meminimalkan pengendapan, korosi, atau pengotoran biologis pada tabung kondensor. Menara untuk sistem penting atau besar haruslah multi-sel, untuk pemeliharaan tanpa perlu mematikan sistem.

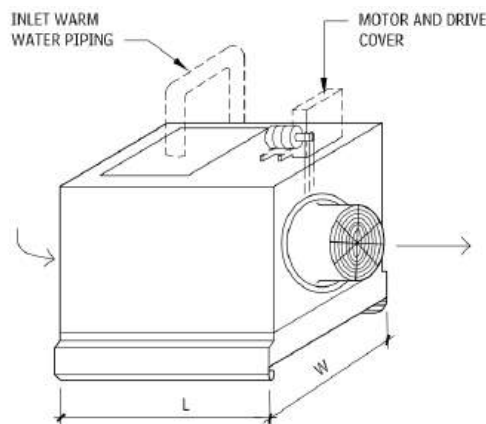
Kebisingan kipas, motor, dan percikan air mungkin mengganggu. Kebisingan kipas dikurangi oleh motor dua kecepatan (sekitar 8 dB pada setengah kecepatan, daya 15 persen, dan kapasitas 60 persen) dan oleh attenuator intake dan discharge (sekitar 12 dB) dengan peningkatan daya 10 persen. Kebisingan menara lebih keras sejalan dengan pembuangan dan

intake kipas daripada di arah lain. Setiap penggantian jarak mengurangi kebisingan sekitar 6 dB. Penghalang dapat memantulkan beberapa kebisingan dari arah kritis. Untuk tujuan desain:

- Tempatkan menara agar pergerakan udara bebas.
- Hindari sirkulasi ulang udara panas, pipa panjang dari pompa dan kondensor, dan substruktur yang tidak memadai.
- Tempatkan menara pendingin sedemikian rupa sehingga kebisingan dan terbawanya tetesan air serta kabut pada pembuangan udara di cuaca dingin tidak menjadi gangguan.
- Pertimbangkan beban seismik dan angin dalam penjangkaran menara ke penyangga; menara biasanya dirancang untuk menahan beban angin 30 psf. Bak dapat dipanaskan untuk penggunaan musim dingin.

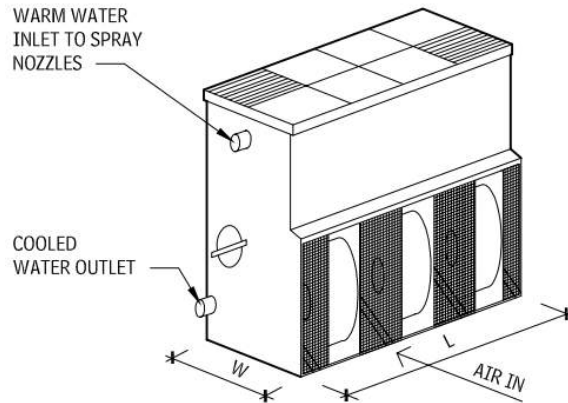


Gambar 4.80 menara pendingin terkemas aliran terinduksi aliran silang
Gambar dan table 4.81 menara pendingin dengan paket alami



Kapasitas pendingin (TON)	Dimensi total (INCI)			Berat operasional (LB)	Daya motor (HP)
	(L)	(W)	(HT.)		
5	69	33	60	940	1/4
25	75	46	80	1600	1
50	84	64	92	2500	3
100	93	100	92	4200	5
150	100	144	112	8000	7-1/2

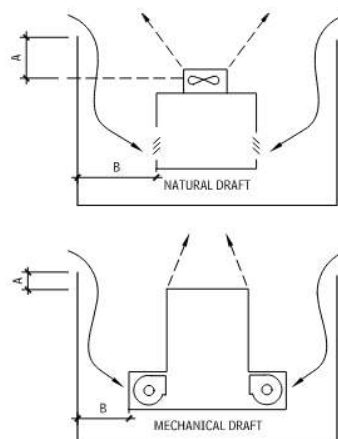
Gambar dan table 4.82 menara pendingin dengan paket mekanik



Kapabilitas pendingin (TON)	Dimensi total (INCI)			Berat operasional (LB)	Daya motor (HP)
	(L)	(W)	(HT.)		
20	36	36	78	950	2
50	72	36	96	1700	7-1/2
150	144	56	122	4800	20
400	140	118	192	14,000	50

4.10 PERTIMBANGAN LINGKUNGAN

Sediakan bukaan dinding yang cukup pada sisi saluran masuk udara dan pasang menara sehingga saluran keluar udara berada di atas penutup. Pertimbangkan pengaruh angin pada struktur dan penutup di dekatnya untuk meminimalkan udara buangan yang panas dan lembap agar tidak disirkulasikan kembali ke saluran masuk.



Gambar 4.83 pertimbangan lingkungan

Kondensator Penguap

Pada sistem pendinginan berkapasitas lebih dari 50 ton, kondensator berpendingin air digunakan untuk mendinginkan air kondensator yang bersirkulasi ulang. Baik pendingin evaporatif sirkuit tertutup maupun menara pendingin beroperasi berdasarkan prinsip pendinginan evaporatif, yang bergantung pada suhu bola basah udara. Pendingin evaporatif sirkuit tertutup tersedia dalam ukuran hingga 300 ton dan digunakan saat kontaminasi air

kondensor akibat kontak langsung dengan udara luar tidak dapat ditoleransi.

Penggunaan menara pendingin umumnya dapat diterima di sebagian besar instalasi dalam industri konstruksi bangunan. Suhu air yang meninggalkan menara pendingin sekitar 7°F hingga 10°F di atas suhu bola basah udara luar yang memasuki menara. Di iklim musim dingin, menara pendingin dapat digunakan secara langsung untuk membuat air dingin, sehingga menghilangkan pendinginan mekanis.

Kondensor evaporatif menggabungkan fungsi menara pendingin dan kondensor pendingin air. Perpindahan panas laten lebih efektif sebagai sarana pembuangan panas. Hal ini memungkinkan unit berukuran lebih kecil daripada unit berpendingin udara dengan tonase yang setara dan penghematan energi yang cukup besar dalam tenaga kipas.

Pemasangan dapat dilakukan di dalam ruang peralatan dengan saluran yang sesuai atau dipasang di tanah atau atap di luar ruangan. Perlindungan yang memadai dari pembekuan harus disediakan untuk pemasangan eksterior. Untuk ukuran unit kondensasi, peringkat pabrikan adalah satu-satunya metode yang dapat diandalkan untuk menentukan kapasitas unit.

Beberapa kondensor evaporatif dapat dihubungkan secara paralel, atau kondensor evaporatif dapat dihubungkan secara paralel dengan kondensor cangkang dan tabung. Pipa dan perangkat yang tepat harus dipasang dalam kasus ini untuk mencegah pembebanan atau kelebihan beban yang tidak merata.

Air kondensor dialirkan ke dalam tabung penukar panas unit. Panas mengalir dari air kondensor melalui tabung penukar panas ke air semprot di luar, yang mengalir turun melalui tabung. Udara dipaksa naik melalui penukar panas, menguapkan sebagian kecil air semprot, menyerap panas laten penguapan, dan membuang panas ke atmosfer.

Air yang tersisa jatuh ke bak penampung untuk disirkulasikan kembali oleh pompa. Air yang dikonsumsi adalah jumlah yang diuapkan ditambah sejumlah kecil yang dibuang untuk membatasi konsentrasi kotoran di penampungan

Air kondensor bersirkulasi melalui lingkaran bersih dan tertutup dari penukar panas dan tidak pernah terkena aliran udara atau air semprot di luar tabung penukar panas.

Kompresor Dan Kondenser Refrigeran

Proses menghilangkan panas dari refrigeran disebut kondensasi. Dalam siklus refrigeran, selama proses kondensasi, refrigeran membuang panas yang diserap selama proses penguapan dan kompresi, diubah kembali ke keadaan cair, dan siap untuk mengulang siklusnya.

Untuk mengubah zat pendingin dari gas ke keadaan cair, penukar panas yang disebut kondensor digunakan. Kondensor berpendingin udara dan berpendingin air adalah jenis yang paling banyak digunakan dalam industri konstruksi bangunan.

Pada kapasitas kurang dari 50 ton, kondensor berpendingin air dapat digunakan di mana sumber air seperti danau, sungai, atau sumur tersedia untuk penggunaan sekali pakai tanpa resirkulasi air.

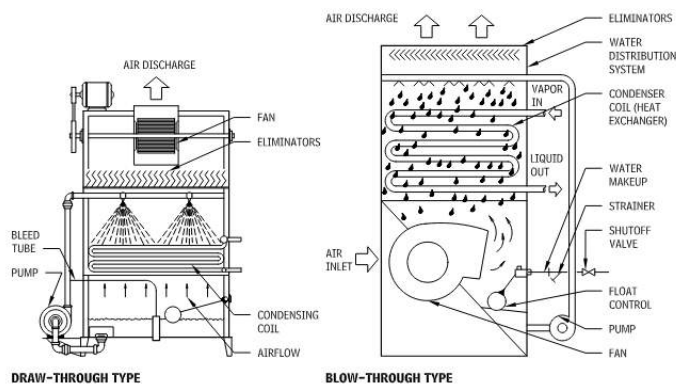
Pendingin Kering

Pendingin kering dengan kapasitas hingga 25 ton biasanya digunakan di tempat yang

kekurangan air, serta di ruang komputer dan aplikasi pendingin udara khusus lainnya. Di daerah dengan suhu sekitar musim dingin di bawah suhu beku air, glikol ditambahkan ke air kondensor. Pembuangan panas ke udara luar dilakukan melalui perpindahan panas yang masuk akal, yang bergantung pada suhu udara kering.

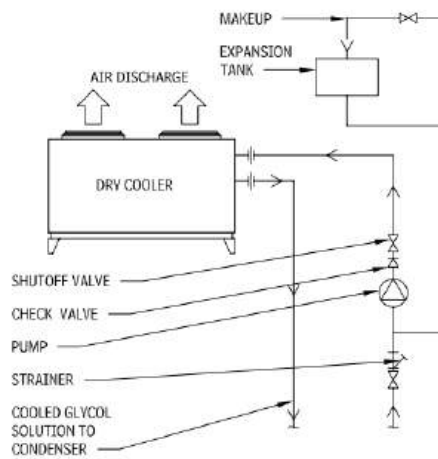
Pada pendingin kering, larutan air-glikol kondensor diedarkan di dalam tabung bersirip penukar panas pendingin kering. Panas mengalir dari larutan air-glikol kondensor melalui dinding tabung penukar panas ke sirip. Kipas baling-baling menarik udara melewati sirip, dan panas dari sirip dipindahkan ke udara yang melewatinya.

Aquastat yang merasakan suhu larutan saat meninggalkan pendingin kering memutar kipas untuk mempertahankan suhu yang diinginkan.

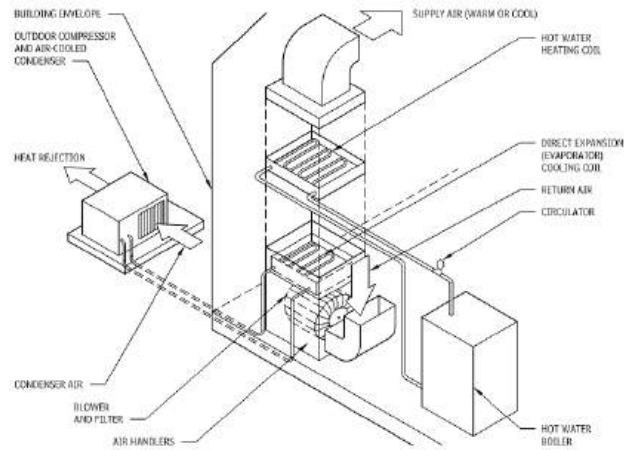


Gambar 4.84 kondensor evaporatif

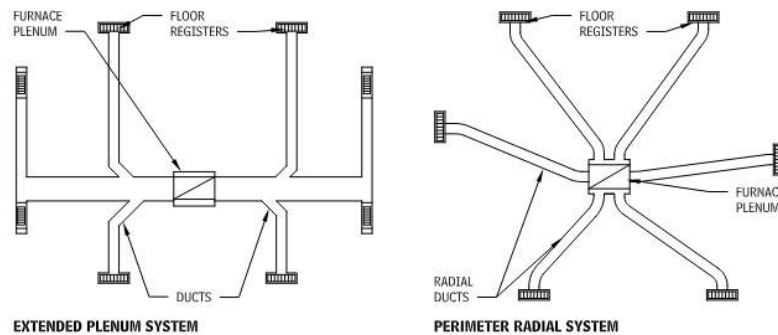
4.11 SISTEM PENDINGINAN LAINNYA DISTRIBUSI UDARA HVAC



Gambar 4.85 pendingin kering



Gambar 4.85 sistem udara atas dengan saluran pengembalian



Gambar 4.87 tata letak sistem saluran umum

Ada beberapa sistem distribusi HVAC yang umum digunakan di gedung-gedung berukuran sedang hingga besar, termasuk saluran tunggal dengan pemanas ulang terminal, saluran tunggal dengan volume variabel, saluran ganda, dan multizona; masing-masing sistem ini dibahas secara lebih rinci.

Saluran Tunggal Volume Konstan Dengan Pemanasan Ulang Terminal

Sistem ini menyediakan aliran udara konstan ke zona-zona yang dilayani oleh sistem HVAC. Suhu zona dipertahankan dengan mengubah suhu aliran udara konstan. Dehumidifikasi disediakan oleh kombinasi koil pendingin dan koil pemanas ulang di kotak pencampuran terminal di setiap zona. Pendinginan disediakan oleh koil pendingin yang menggunakan ekspansi langsung refrigeran atau air dingin yang disediakan oleh pabrik pusat. Pemanasan disediakan di koil pemanas awal udara luar dan di koil pemanas ulang, menggunakan air panas dari boiler. Biasanya, jumlah udara luar yang disediakan sesuai dengan jumlah ventilasi yang sesuai untuk tingkat hunian yang diantisipasi.

Pengoperasian sistem di musim dingin dan musim panas paling baik dipahami dengan menelusuri titik-titik status sistem pada bagan psikrometrik. Titik-titik kondisi musim panas adalah 95°F, kelembaban relatif (RH) 50 persen, kondisi luar ruangan adalah 78°F dan RH 50 persen, dan titik setel sistem adalah 10 persen udara luar, titik setel koil pendingin adalah 55°F, dan titik setel koil pemanas ulang maksimum adalah 110°F. Koil pemanas awal diasumsikan tidak aktif di musim panas, dan koil pendingin tidak aktif di musim dingin ketika udara

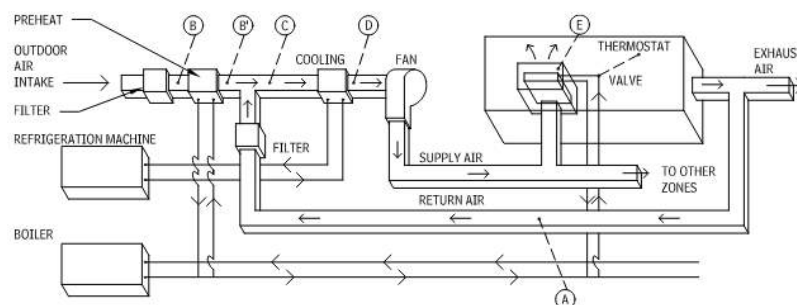
campuran kurang dari 55°F.

Selama musim panas, aliran udara campuran (titik C, 80°F, 50 persen RH), yang terdiri dari 10 persen udara luar (titik B dan B1, 95°F, 50 persen RH) dan 90 persen udara balik (titik A, 78°F, 50 persen RH), didinginkan hingga 55°F dan 90 hingga 100 persen RH saat melewati koil pendingin (titik D). Udara 55°F ini kemudian disalurkan ke kotak terminal di setiap zona, tempat udara tersebut dipanaskan ulang untuk memenuhi beban pendinginan zona; dalam kasus ini, udara 55°F, 90 hingga 100 persen RH dipanaskan ulang hingga 65°F dan 70 persen RH di kotak pencampuran terminal sebelum memasuki zona tersebut.

Selama musim dingin, koil pemanas awal memanaskan udara luar (titik B1, 35°F, 50 persen RH) hingga 45°F (titik B1, 45°F, 35 persen RH). Aliran udara campuran (titik C, 69°F, 50 persen RH), yang terdiri dari 10 persen udara luar (titik B1, 45°F, 35 persen RH) dan 90 persen udara balik (titik A, 72°F, 50 persen RH), melewati koil pendingin, tempat ia didinginkan hingga 55°F dan 80 persen RH (titik D). Udara kemudian dipanaskan di kotak terminal hingga 90°F dan 25 persen RH (titik E).

Kelebihan

- Dapat memberikan pemanasan dan pendinginan sesuai kebutuhan.
- Memberikan dehumidifikasi yang baik.
- Boiler dan chiller dapat dipasang di pabrik pusat.
- Unit penanganan udara beroperasi terus-menerus, menyediakan ventilasi yang baik.
- Masa pakai peralatan panjang.
- Ekonomizer dapat ditambahkan untuk memanfaatkan pendinginan gratis selama kondisi yang sesuai.



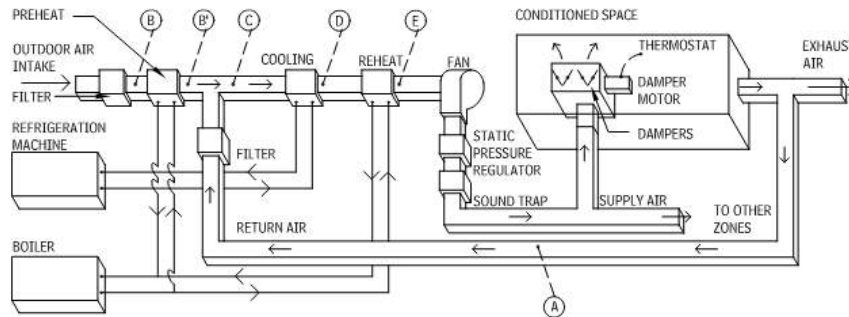
Gambar 4.88 sistem saluran tunggal volume konstan dengan reheat terminal

Kelemahan

- Tidak ada humidifikasi, jadi sistem jenis ini dapat menghasilkan kondisi yang sangat kering di dalam ruangan selama musim dingin.
- Memerlukan saluran distribusi ke setiap zona.
- Unit penanganan udara beroperasi terus-menerus, yang dapat menyebabkan konsumsi energi berlebihan.
- Koil pemanas ulang memerlukan pemasangan pipa ke setiap zona atau pemanas resistansi listrik.
- Penggunaan pemanas ulang selama dehumidifikasi menggunakan pemanas yang tidak

perlu di musim panas.

- Pendingin dan pemanas harus beroperasi kecuali dalam kondisi musim dingin yang ekstrem.



Gambar 4.89 sistem saluran tunggal volume variabel dengan reheat

Saluran Tunggal Volume Variabel Dengan Reheat

Sistem ini menyediakan aliran udara variabel ke zona atau zona-zona yang dilayani oleh sistem HVAC. Jumlah udara diatur dengan membuka dan menutup kotak pencampur terminal individual di setiap zona. Tekanan statis dipertahankan dengan memvariasikan kecepatan kipas.

Selama pendinginan, suhu di setiap zona dipertahankan dengan mengubah laju aliran udara. Selama pemanasan, koil pendingin tidak aktif dan koil pemanas memanaskan udara suplai utama ke suhu minimum yang diperlukan untuk memenuhi beban maksimum zona mana pun yang dilayani. Di musim dingin, termostat di setiap zona mengatur aliran udara panas untuk memenuhi beban zona. Dehumidifikasi disediakan oleh kombinasi koil pendingin dan koil reheat. Humidifikasi tidak disediakan, tetapi dapat ditambahkan dengan memasukkan perangkat humidifikasi segera setelah kipas. Pendinginan disediakan oleh koil pendingin yang menggunakan ekspansi langsung refrigeran atau air dingin yang disediakan oleh pabrik pusat. Air panas dari boiler menyediakan pemanas di koil pemanas awal udara luar dan di koil pemanas ulang utama. Biasanya, jumlah udara luar yang tetap disediakan, sesuai dengan jumlah ventilasi yang sesuai untuk tingkat hunian yang diantisipasi.

Pengoperasian sistem pada musim dingin dan musim panas paling baik dipahami dengan menelusuri titik-titik status sistem pada bagan psikrometrik. Titik-titik status untuk kondisi musim panas 95°F dan 50 persen RH di luar ruangan, kondisi zonal 78°F dan 50 persen RH, dan titik setel sistem 10 persen udara luar, titik setel koil pendingin 55°F, dan titik setel koil pemanas ulang maksimum 110°F. Koil pemanas awal diasumsikan tidak aktif di musim panas; koil pendingin tidak aktif di musim dingin saat udara campuran kurang dari 55°F.

Dalam kondisi musim panas, aliran udara campuran (titik C, 80°F, 50 persen RH), yang terdiri dari 10 persen udara luar (titik B dan B1, 95°F, 50 persen RH) dan 90 persen udara balik (titik A, 78°F, 50 persen RH), didinginkan hingga 55°F dan 90 hingga 100 persen RH saat melewati koil pendingin (titik D). Udara 55°F ini kemudian dipanaskan kembali hingga 65°F dan 70 persen RH dalam koil pemanas ulang utama. Pemanasan ulang harus dikontrol untuk mempertahankan RH pada atau di bawah 60 persen di semua zona yang dilayani dalam kondisi

musim panas. Jumlah udara yang masuk ke setiap zona kemudian dimodulasi untuk memenuhi beban pendinginan.

Selama musim dingin, koil pemanas awal memanaskan udara luar hingga 45°F; koil pendingin tidak aktif. Aliran udara campuran (titik C, 69°F, 50 persen RH), yang terdiri dari 10 persen udara luar (titik B, 35°F, 50 persen RH) yang telah dipanaskan terlebih dahulu hingga 45°F dan 35 persen RH (titik B1) dan 90 persen udara balik (titik A, 72°F, 50 persen RH), melewati koil pendingin tanpa terpengaruh dan dipanaskan dalam koil pemanas ulang utama hingga 110°F, 15 persen RH.

Kelebihan

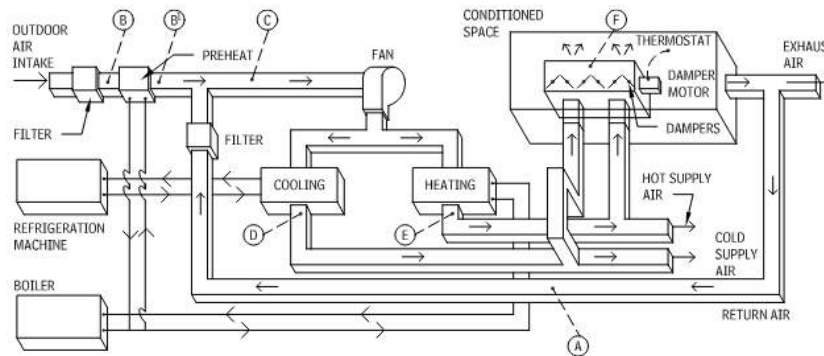
- Dapat menyediakan pemanas dan pendingin sesuai kebutuhan.
- Menyediakan dehumidifikasi rata-rata.
- Pemanas dan pendingin dapat dipasang di pabrik pusat.
- Unit penanganan udara beroperasi terus-menerus pada volume variabel, yang menyediakan ventilasi yang memadai.
- Masa pakai peralatan panjang.
- Ekonomizer dapat ditambahkan untuk memanfaatkan pendinginan gratis selama kondisi lingkungan yang sesuai.
- Tidak memerlukan perpipaan ke zona-zona individual.

Kelemahan

- Tidak ada humidifikasi, jadi jenis sistem ini dapat menghasilkan kondisi yang sangat kering di dalam ruangan selama musim dingin.
- Memerlukan saluran distribusi ke setiap zona.
- Volume udara yang disediakan untuk unit penanganan udara bervariasi, yang dapat mengakibatkan ventilasi yang tidak memadai jika tidak seimbang dengan benar.
- Satu koil pemanas ulang utama untuk seluruh sistem dapat menghasilkan bangunan yang sangat dingin di iklim yang sangat lembab. Mungkin memerlukan sensor kelembapan untuk mengatur suhu udara suplai, untuk menjaga kelembapan pada atau di bawah 60 persen RH.
- Penggunaan pemanas ulang selama dehumidifikasi menggunakan pemanas yang tidak perlu di musim panas.
- Satu koil pemanas utama dapat menyebabkan zona interior panas saat beban internal memerlukan pendinginan sepanjang tahun.

Saluran Ganda Volume Konstan

Sistem saluran ganda volume konstan (CVDD) menyediakan aliran udara yang konstan ke zona-zona yang dilayani oleh sistem HVAC. Suhu zona dipertahankan dengan mengubah suhu aliran udara konstan yang keluar dari kotak pencampur terminal di setiap zona. Dehumidifikasi disediakan oleh koil pendingin dan pencampuran ulang udara di kotak pencampur terminal. Pelembaban tidak disediakan dalam sistem yang ditunjukkan pada Gambar 4.235, tetapi dapat ditambahkan dengan memasang perangkat pelembaban segera setelah koil pemanas utama.



Gambar 4.90 sistem saluran ganda volume konstan

Pendinginan disediakan oleh koil pendingin yang menggunakan ekspansi langsung zat pendingin atau air dingin yang disediakan oleh pabrik pusat. Pemanasan disediakan di koil pemanas awal udara luar dan di koil pemanas utama, menggunakan air panas dari boiler. Biasanya, jumlah udara luar yang tetap disediakan sesuai dengan jumlah ventilasi yang tepat untuk tingkat hunian yang diantisipasi. Namun, dalam sistem saluran ganda, baik aliran udara panas maupun dingin selalu tersedia untuk setiap kotak pencampur terminal. Suhu udara yang keluar dari koil pendingin selalu antara 45°F (musim dingin) dan 55°F (musim panas). Udara yang keluar dari koil pemanas dapat ditetapkan pada 110°F atau dapat dimoderasi oleh termostat *reset* luar. Jumlah udara panas dan dingin yang bervariasi dicampur di kotak terminal untuk mencapai beban pendinginan atau pemanasan yang dibutuhkan.

Pengoperasian sistem pada musim dingin dan musim panas paling baik dipahami dengan menelusuri titik-titik status sistem pada bagan psikrometrik. Titik-titik status untuk musim panas dan musim dingin sama dengan yang ditunjukkan sebelumnya untuk sistem saluran tunggal volume konstan dengan pemanas ulang.

Dalam kondisi musim panas, aliran udara campuran (titik C, 80°F, 50 persen RH), yang terdiri dari 10 persen udara luar (titik B dan B1, 95°F, 50 persen RH) dan 90 persen udara balik (titik A, 78°F, 50 persen RH), didinginkan hingga 55°F dan 90 hingga 100 persen RH saat melewati koil pendingin (titik D) atau dipanaskan hingga 110°F dan 20 persen RH saat melewati koil pemanas utama. Udara dingin 55°F dan udara panas 110°F kemudian disediakan untuk kotak pencampuran terminal, tempat kedua aliran udara dicampur untuk menghasilkan aliran udara suhu variabel aliran konstan untuk memenuhi beban pendinginan dan dehumidifikasi (titik F, 65°F, 72 persen RH).

Selama musim dingin, koil pemanas awal memanaskan udara luar hingga 45°F. Aliran udara campuran (titik C, 69°F, 50 persen RH), yang terdiri dari 10 persen udara luar (titik B, 35°F, 50 persen RH) yang telah dipanaskan awal hingga 45°F dan 35 persen RH (titik B1) dan 90 persen udara balik (titik A, 72°F, 50 persen RH) melewati koil pendingin, tempat ia didinginkan hingga 55°F dan 82 persen RH, atau dipanaskan dalam koil pemanas utama hingga 110°F dan sekitar 15 persen RH. Baik udara dingin 45°F dan udara panas 110°F kemudian disediakan untuk kotak pencampur terminal, yang mencampur keduanya untuk menghasilkan aliran udara suhu variabel aliran konstan untuk memenuhi beban pemanasan (titik F). Jenis

sistem ini tidak menyediakan humidifikasi sehingga dapat menghasilkan kondisi yang sangat kering di dalam ruangan selama musim dingin.

Kelebihan

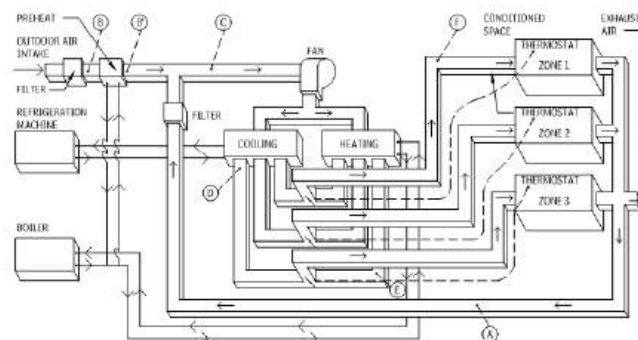
- Dapat menyediakan pemanas dan pendingin sesuai kebutuhan.
- Menyediakan dehumidifikasi yang baik.
- Boiler dan pendingin dapat dipasang di pabrik pusat.
- Unit penanganan udara berjalan terus-menerus, menyediakan ventilasi yang baik.
- Umur peralatan panjang.
- Sistem CVDD tidak memerlukan pipa yang dialirkan ke setiap zona.

Kelemahan

- Tidak ada humidifikasi, sehingga jenis sistem ini dapat menghasilkan kondisi yang sangat kering di dalam ruangan selama musim dingin.
- Memerlukan saluran distribusi ke setiap zona.
- Volume udara yang disediakan untuk unit penanganan udara bervariasi, yang dapat mengakibatkan ventilasi yang tidak memadai jika tidak seimbang dengan benar.
- Satu koil pemanas utama dapat menyebabkan zona interior panas saat beban internal memerlukan pendinginan sepanjang tahun.

Modifikasi

Sistem ini dapat dengan mudah dimodifikasi untuk membuat sistem saluran ganda dengan volume variabel dengan memasang pengontrol kecepatan variabel pada kipas utama dan memodifikasi kotak pencampur terminal untuk memungkinkan laju aliran udara yang bervariasi.



Gambar 4.91 sistem multizon volume konstan

Multizon Volume Konstan

Sistem multizona volume konstan (CVMZ) menyediakan aliran udara konstan ke zona yang dilayani oleh sistem. Suhu zona dipertahankan dengan mengubah suhu aliran udara konstan yang meninggalkan unit multizona. Dehumidifikasi disediakan oleh koil pendingin dan pencampuran ulang udara dari koil pemanas sebelum memasuki zona. Sistem yang ditunjukkan tidak menyediakan humidifikasi, tetapi perangkat dehumidifikasi dapat ditambahkan tepat setelah koil pemanas utama untuk setiap zona.

Pendinginan disediakan oleh koil pendingin yang menggunakan ekspansi langsung

refrigeran atau air dingin yang disediakan oleh pabrik pusat. Pemanasan disediakan di koil pra-pemanas udara luar dan di koil pemanas utama, menggunakan air panas dari boiler. Biasanya, jumlah udara luar yang tetap sesuai dengan jumlah ventilasi yang sesuai untuk tingkat hunian. Dalam sistem multizona, aliran udara panas dan dingin selalu tersedia untuk setiap zona. Suhu udara yang keluar dari koil pendingin selalu antara 45°F (musim dingin) dan 55°F (musim panas). Udara yang keluar dari koil pemanas ditetapkan pada 110°F; atau dapat dimoderasi oleh termostat reset luar. Jumlah udara panas dan dingin yang bervariasi dicampur sesuai dengan beban pendinginan atau pemanasan yang dibutuhkan di setiap zona.

Pengoperasian sistem pada musim panas dan musim dingin paling baik dipahami dengan menelusuri titik-titik status sistem pada bagan psikrometrik. Titik-titik status untuk kondisi musim panas dan musim dingin sama dengan yang ditunjukkan untuk sistem saluran tunggal volume konstan dengan pemanasan ulang yang dijelaskan sebelumnya.

Selama musim panas, aliran udara campuran (titik C, 80°F, 50 persen RH), yang terdiri dari 10 persen udara luar (titik B dan B', 95°F, 50 persen RH) dan 90 persen udara balik (titik A, 78°F, 50 persen RH), didinginkan hingga 55°F dan 90 hingga 100 persen RH saat melewati koil pendingin (titik D) atau dipanaskan hingga 110°F dan 20 persen RH saat melewati koil pemanas utama. Udara dingin 55°F dan udara panas 110°F kemudian disediakan untuk setiap zona guna memenuhi beban pendinginan dan dehumidifikasi.

Selama musim dingin, koil pemanas awal memanaskan udara luar hingga 45°F. Aliran udara campuran (titik C, 69°F, 50 persen RH), yang terdiri dari 10 persen udara luar (titik B, 35°F, 50 persen RH) yang telah dipanaskan terlebih dahulu hingga 45°F dan 35 persen RH (titik B1) dan 90 persen udara balik (titik A, 72°F, 50 persen RH) melewati koil pendingin, tempat udara tersebut didinginkan hingga 55°F dan 82 persen RH, atau dipanaskan dalam koil pemanas utama hingga 110°F dan sekitar 15 persen RH. Baik udara dingin 55°F maupun udara panas 110°F kemudian disediakan untuk masing-masing zona untuk memenuhi beban pemanasan (titik F, 90°F, 25 persen RH). Jenis sistem ini tidak menyediakan pelembapan dan karenanya dapat menghasilkan kondisi yang sangat kering di dalam ruangan pada musim dingin.

Kelebihan

- Dapat menyediakan pemanas dan pendingin sesuai kebutuhan.
- Menyediakan dehumidifikasi yang baik.
- Boiler dan pendingin dapat dipasang di pabrik pusat.
- Unit penanganan udara beroperasi terus-menerus, menyediakan ventilasi yang baik.
- Masa pakai peralatan panjang.
- Sistem CVMZ dapat dilengkapi dengan kipas volume variabel untuk mengurangi penggunaan energi.

Kelemahan

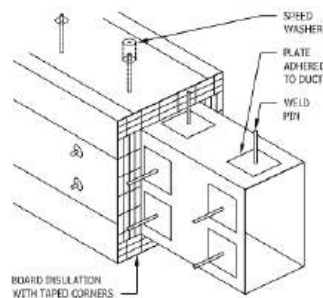
- Tidak ada humidifikasi, jadi jenis sistem ini dapat menghasilkan kondisi yang sangat kering di dalam ruangan selama musim dingin.
- Memerlukan saluran distribusi ke setiap zona.
- Unit penanganan udara beroperasi terus-menerus, yang dapat menyebabkan konsumsi

energi yang berlebihan.

- Penggunaan pemanas ulang selama dehumidifikasi menggunakan pemanas yang tidak perlu di musim panas.
- Pendingin dan pemanas keduanya harus beroperasi kecuali dalam kondisi musim dingin yang ekstrem.

Saluran Dan Selubung Hvac

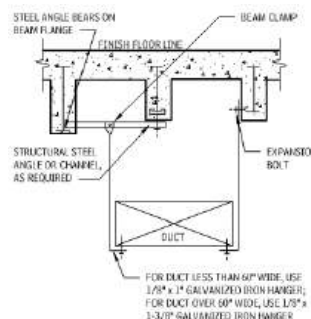
Saluran harus permanen, kaku, tidak melengkung, dan tidak berderak. Sambungan pada saluran harus kedap udara. Lembaran baja atau aluminium merupakan material yang paling umum digunakan dalam konstruksi saluran, yang umumnya berbentuk bulat, datar-oval, atau persegi panjang pada penampang melintangnya.



Gambar 4.92 rincian insulasi saluran

Saluran suplai harus seluruhnya terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar dalam konstruksi komersial. Saluran rumah tinggal keluarga tunggal tidak perlu memenuhi persyaratan ini, kecuali untuk 3 kaki pertama dari unit, asalkan digunakan bersama dengan unit pemanas terdaftar, dibangun dengan benar dari bahan dasar logam atau mineral, dan diterapkan dengan benar. Saluran yang melewati ruang tidak terkondisi atau terletak di dinding yang terpapar harus memiliki isolasi setebal 1 hingga 2 inci.

Saluran harus ditopang dengan aman oleh gantungan logam, tali, lug, atau braket. Tidak boleh ada paku yang ditancapkan melalui dinding saluran, dan tidak boleh ada lubang yang tidak perlu yang dipotong di dalamnya.



Gambar 4.93 detail dukungan saluran

Saluran pasokan harus dilengkapi dengan peredam tipe pengunci yang dapat disetel untuk kontrol volume udara. Peredam harus dipasang di saluran cabang sejauh mungkin dari saluran keluar, di tempat yang mudah diakses.

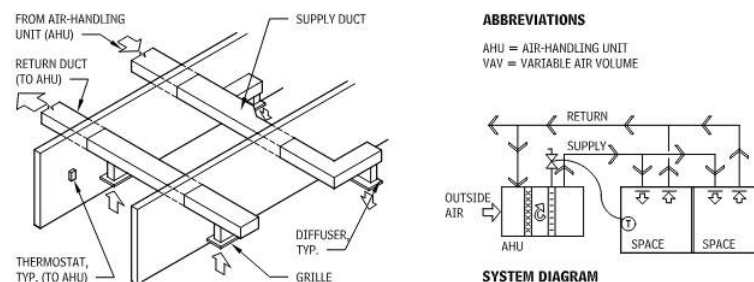
Peredam asap otomatis diperlukan di mana pun saluran melewati partisi penghalang asap yang telah ditetapkan. Saluran udara balik yang memiliki lebih dari satu saluran masuk balik dapat dilengkapi dengan peredam penyeimbang.

Perhatian harus diberikan untuk meminimalkan transmisi kebisingan. Saluran logam harus dihubungkan ke unit dengan potongan bahan tahan api yang fleksibel. Saluran listrik dan pipa, jika terhubung langsung ke unit, dapat meningkatkan transmisi kebisingan. Saluran masuk udara balik yang berdekatan dengan unit juga dapat meningkatkan transmisi kebisingan. Pemasangan kipas langsung di bawah kisi-kisi udara balik harus dihindari.

4.12 SISTEM SALURAN

Distribusikan Udara Zona Tunggal

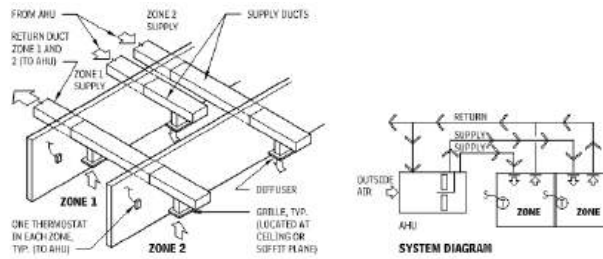
Sistem distribusi udara zona tunggal hanya memiliki satu titik kontrol (satu termostat sama dengan satu zona). Sistem beroperasi dengan aliran udara konstan dari unit penanganan udara dan melalui diffuser, dengan termostat yang mengendalikan suhu udara suplai sebagai respons terhadap beban. Sejumlah diffuser dapat disediakan untuk memenuhi kebutuhan distribusi udara. Tersedia banyak konfigurasi unit penanganan udara. Jenis sistem ini dapat ditemukan di bangunan perumahan, ritel, dan industri, dan di ruang interior (inti) bangunan kompleks. Beberapa sistem dapat digunakan untuk menyediakan beberapa zona.



Gambar 4.94 distribusi udara zona tunggal

Distribusikan Udara Multizon

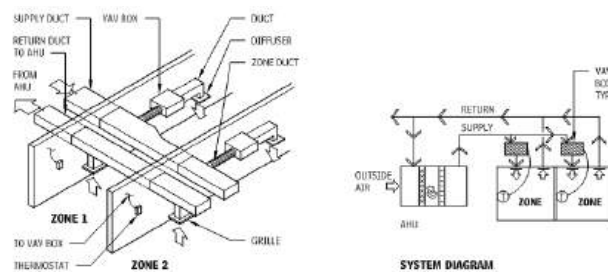
Sistem distribusi udara multizona dapat melayani sekitar 10 zona per unit penanganan udara. Sistem beroperasi dengan aliran udara konstan dari unit penanganan udara dan melalui diffuser, dengan termostat yang mengendalikan suhu udara suplai zona individual sebagai respons terhadap beban. Saluran suplai khusus melayani setiap zona dan dapat memberikan kontrol yang baik terhadap kondisi ruang dengan biaya energi sedang. Karena kontrol zona terjadi pada unit penanganan udara, ini bukanlah sistem yang fleksibel. Banyaknya saluran pasokan membuat tata letak dan koordinasi sistem menjadi penting. Beberapa unit penanganan udara dapat digunakan untuk menyediakan kemampuan zonasi tambahan.



Gambar 4.95 distribusi udara multi zona

Distribusi Udara Volume Udara Variabel (Vav)

Sistem distribusi udara volume udara variabel dapat melayani zona yang jumlahnya hampir tak terbatas. Sistem memenuhi beban dengan menyediakan aliran udara yang bervariasi melalui penyebar di setiap zona di bawah kendali termostat zona. Sistem VAV sangat fleksibel karena kontrol zona terjadi pada kotak VAV yang terletak di dekat ruang ber-AC. Namun, sistem VAV pada dasarnya adalah sistem pendingin saja, jadi beberapa sarana pemanas ruangan harus disediakan (sistem pemanas independen; terminal bertenaga kipas atau induksi dengan pemanas air listrik atau panas). Sistem VAV dapat memberikan kenyamanan yang sangat baik dengan efisiensi energi yang baik, tetapi masalah kualitas udara harus diperiksa secara serius selama desain sistem. Beberapa opsi kontrol pasokan kipas/udara tersedia untuk meminimalkan penggunaan energi sistem pada beban parsial.

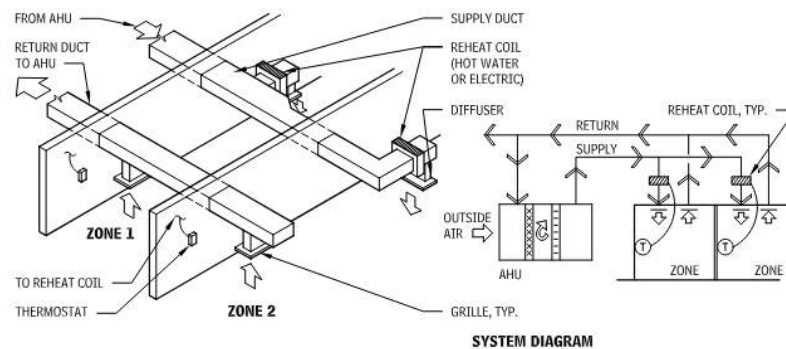


Gambar 4.96 distribusi udara volume udara variabel (vav)

Distribusi Udara Pemanasan Ulang Terminal

Sistem distribusi udara pemanasan ulang terminal dapat melayani zona dalam jumlah yang hampir tak terbatas. Sistem ini memenuhi beban dengan memvariasikan suhu udara suplai melalui *diffuser* di setiap zona di bawah kendali termostat zona. Sistem ini sangat fleksibel karena kontrol zona terjadi pada koil (listrik atau air panas) yang terletak di dekat ruang yang dikondisikan.

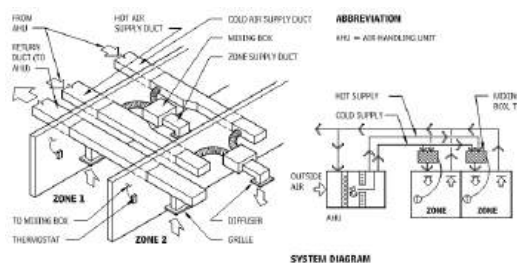
Sistem pemanasan ulang terminal dapat menyediakan kondisi kenyamanan yang sangat baik (dengan menyediakan aliran udara konstan dan kontrol kelembaban) serta pemanasan dan pendinginan secara bersamaan. Sayangnya, pendekatan pemanasan ulang ini membuang banyak energi dan umumnya harus dihindari kecuali pemanasan ulang berasal dari sumber energi terbarukan (panas limbah atau panas pulih, atau energi matahari). Pemanasan terminal dapat digabungkan dengan pengiriman udara volume variabel.



Gambar 4.97 distribusi udara pemanasan ulang terminal

Distribusi Udara Saluran Ganda

Sistem distribusi udara saluran ganda dapat melayani zona yang jumlahnya hampir tak terbatas. Sistem ini memenuhi beban di berbagai zona dengan mencampur aliran udara panas dan dingin dari unit penanganan udara sebagai respons terhadap termostat zona. Sistem ini sangat fleksibel karena kontrol zona terjadi di kotak pencampuran yang terletak di dekat ruang ber-AC. Sistem saluran ganda menyediakan kenyamanan dan kualitas udara yang baik dengan biaya energi yang wajar. Namun, kebutuhan akan dua saluran distribusi udara terpisah memerlukan koordinasi yang sangat baik antara distribusi udara dan layanan lainnya. Sistem saluran ganda dapat dirancang dengan pasokan udara volume konstan atau variabel.

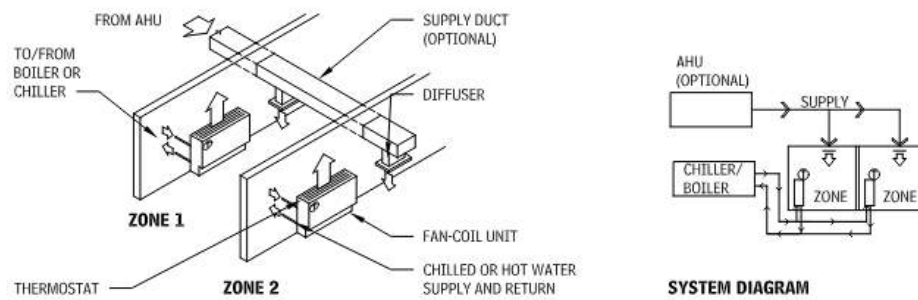


Gambar 4.98 distribusi udara saluran ganda

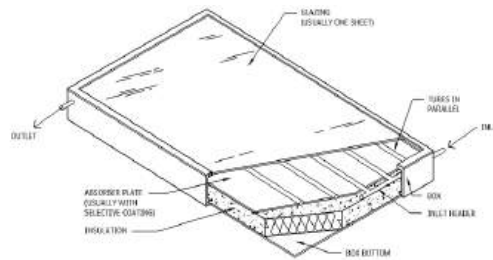
Distribusi Udara Koil Kipas

Sistem distribusi udara koil kipas, baik yang sepenuhnya air atau udara-air, dapat melayani zona yang jumlahnya hampir tak terbatas. Sistem ini memenuhi beban di berbagai zona dengan mengendalikan aliran air dingin atau panas ke unit koil kipas sebagai respons terhadap termostat zona (sering kali terletak integral dengan koil kipas). Koordinasi desain harus membahas lokasi unit di dalam (atau berdekatan langsung dengan) ruang yang ditempati.

Konfigurasi yang sepenuhnya air bukanlah sistem pendingin udara yang sebenarnya, dan penggunaannya umumnya akan terbatas pada ruang eksterior; dengan pasokan udara sentral yang terpisah, sistem dapat memberikan kontrol kondisi seperti yang diharapkan pada pendingin udara penuh, dan dapat digunakan di zona interior dan eksterior.



Gambar 4.99 distribusi udara koil kipas



Gambar 4.100 kolektor termal surya plat datar umum

Sistem Dan Peralatan HVAC Khusus Lainnya

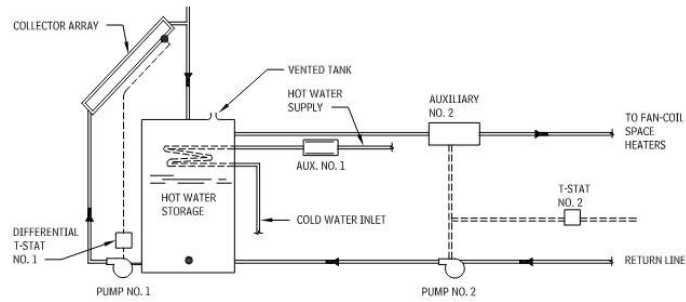
Sistem Pemanfaatan Energi Surya

Sistem untuk menggunakan energi surya terdiri dari serangkaian kolektor; unit penyimpanan termal; dan perpipaan atau saluran untuk mendistribusikan cairan antara kolektor, penyimpanan, dan beban. Pompa atau blower digunakan untuk mengalirkan cairan pemindah panas, dan perangkat kontrol digunakan untuk menggerakkan sirkulator. Sumber panas tambahan atau siaga umumnya diperlukan untuk menyalurkan sebagian ke beban saat permintaan tinggi dan/atau cuaca tidak mendukung.

Sistem Pemanas Energi Surya

Gambar 4.101 menunjukkan sistem sederhana untuk menyediakan pemanas ruangan dan air panas rumah tangga, menggunakan desain pembuangan di mana kolektor dikosongkan ke tangki penyimpanan setiap kali Pompa No. 1 berhenti. Pengontrol merasakan perbedaan suhu antara pelat kolektor dan air tangki dan memulai sirkulasi di Pompa No. 1 saat perbedaan ini melebihi nilai yang ditetapkan. Selisih yang ditetapkan ini sedemikian rupa sehingga energi termal yang dapat diabaikan dikumpulkan untuk nilai di bawah nilai yang ditetapkan.

Karena kolektor termal surya bekerja lebih efisien saat perbedaan suhu antara kolektor dan lingkungan rendah, unit koil kipas dengan area luas permukaan perpindahan panas tabung bersip umumnya dipilih untuk tugas pemanasan ruang. Ini dapat digunakan dengan suhu air serendah 90°F. Sumber panas tambahan dalam instalasi surya dapat berupa listrik, bahan bakar minyak, atau gas alam.

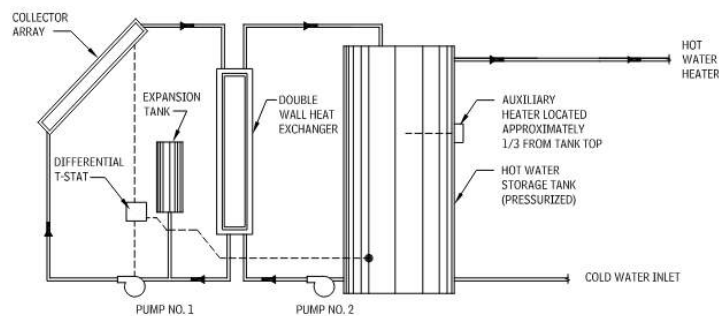


Gambar 4.101 ruang tenaga surya drain-back dan sistem air panas domestik.

Sistem Air Panas Domestik Tenaga Surya.

Air panas surya (dengan sendirinya) adalah salah satu aplikasi surya yang paling menarik dan hemat biaya. Gambar 4.102 menggambarkan desain lingkaran tertutup dengan penukar panas eksternal, yang mengisolasi air domestik dari fluida lingkaran kolektor. Dalam hal ini, antibeku kemungkinan merupakan fluida lingkaran kolektor, dan tangki ekspansi disertakan sebagaimana mestinya. Desain lain menggabungkan tangki pembuangan yang lebih kecil di lingkaran kolektor, yang memungkinkan air, bukan antibeku, untuk digunakan di lingkaran kolektor.

Air panas rumah tangga biasanya disediakan oleh koil terendam yang terletak di dekat bagian atas tangki penyimpanan utama. Sistem air panas rumah tangga beroperasi di bawah tekanan saluran penuh, sedangkan tangki utama pada dasarnya berada pada tekanan atmosfer. Karena kemungkinan aliran balik dari tangki utama ke pasokan air umum sangat kecil, beberapa kode perpipaan memerlukan penukar panas ber dinding ganda untuk mengisolasi cairan lingkaran kolektor dari air minum. Pemanas tambahan disediakan untuk memastikan pasokan air panas rumah tangga yang memadai setiap saat.



Gambar 4.102 sistem air panas domestik tenaga surya dengan penukar panas lingkaran kolektor

Untuk sistem yang memiliki pemanas tambahan listrik, elemen listrik biasanya terletak sekitar sepertiga dari atas tangki, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.102, dan saluran masuk kembali dari kolektor keluar sedikit di bawah elemen ini. Termostat elemen biasanya diatur pada sekitar 135°F untuk menjaga sepertiga bagian atas tangki tetap panas. Dua pertiga bagian bawah tangki disediakan untuk tenaga surya, dan jika masukan tenaga surya tinggi dan/atau permintaan rendah, elemen tambahan tetap mati dan permintaan dipenuhi sepenuhnya oleh tenaga surya.

Untuk kasus di mana gas adalah tambahan, perlu menggunakan desain dua tangki, di mana gas memanaskan tangki kecil dan tangki kedua dipanaskan oleh tenaga surya; dan ini berfungsi sebagai pemanas awal untuk pasokan air ke pemanas air gas.

Penumpukan kerak karena kalsium karbonat atau silika di beberapa perairan dapat menjadi masalah serius. Dalam kasus seperti itu, sistem lingkaran tertutup konvensional (Gambar 4.102) dapat digunakan; tetapi daripada penukar panas eksternal, pilihan yang lebih baik adalah penukar panas tangki wraparound, penukar panas tangki mantel, atau koil penukar panas yang terbenam di dalam tangki. Sistem ini disederhanakan karena Pompa No. 2 dihilangkan. Ketika terjadi kerak, kerak berada di bagian dalam dinding tangki atau di luar koil yang terbenam, dan meskipun dapat sedikit mengurangi kinerja, kerak tidak menyumbat dan menghalangi aliran.

4.13 KOLEKTOR-PENYIMPANAN TERPADU (ICS)

Meskipun sistem air panas domestik tenaga surya yang dijelaskan sebelumnya adalah sistem aktif (yaitu, memiliki sirkulasi fluida yang dipompa) dengan kolektor di atap dan tangki di bawahnya, sistem Kolektor dan Penyimpanan Terintegrasi (ICS) adalah desain yang cukup umum.

Dalam sistem seperti itu, bejana penyimpanan tenaga surya biasanya berupa bejana horizontal yang terintegrasi dengan kolektor dan terletak di ujung atasnya. Panas diangkut melalui sirkulasi alami dari kolektor ke bejana. Beberapa desain ICS bersifat lingkaran terbuka (tidak ada penukar panas di dalam bejana), sementara yang lain lingkaran tertutup (memiliki penukar panas di dalam bejana). Bejana ini berfungsi sebagai pemanas awal untuk pemanas air konvensional yang biasanya terletak di ruang semi-terkondisi di bawahnya. Desain semacam ini sangat umum di lokasi beriklim sedang seperti Hawaii dan Florida Selatan.

Semakin umum bagi sistem air panas domestik untuk menggunakan pompa sirkulasi bertenaga PV (fotovoltaik) sebagai pengganti pompa bertenaga AC yang umum. Pompa ini beroperasi saat matahari bersinar, menghilangkan kebutuhan akan termostat diferensial. Selain itu, pompa ini juga mensirkulasikan air lebih cepat seiring dengan tingginya masukan surya, sebuah fitur yang sangat diinginkan.

Perlindungan Beku Untuk Sistem Cairan

Ketika air digunakan sebagai fluida pengangkut panas, proteksi beku harus disediakan untuk hampir semua lokasi di Amerika Serikat kontinental. Sistem *drain-down* yang ditunjukkan pada Gambar 4.102 adalah metode yang aman (*fail-safe*) untuk memberikan proteksi tersebut, tetapi memiliki beberapa kelemahan yang, dalam banyak aplikasi, membuat penggunaan fluida antibeku lebih disarankan. Gambar 4.102 menunjukkan sistem yang banyak digunakan di mana air ditambah etilen glikol atau propilen glikol, atau fluida antibeku serupa, disirkulasikan melalui deretan kolektor oleh Pompa No. 1. Penukar panas berdinding ganda digunakan untuk memindahkan panas yang terkumpul ke air panas layanan, yang berada di bawah tekanan jalur penuh.

Sistem Pemanas Kolam Renang Tenaga Surya

Aplikasi pemanas kolam renang adalah aplikasi suhu rendah (80° hingga 90°F) dan,

dengan demikian, dapat menggunakan kolektor yang jauh lebih sederhana untuk penggunaan musim semi hingga musim gugur. Seperti disebutkan, kolektor seringkali tidak berlapis kaca dengan absorber plastik, dan jauh lebih murah daripada kolektor berlapis kaca. Kolam berfungsi sebagai bejana penyimpanan, dan kontrol pompa kolektor mirip dengan yang dijelaskan sebelumnya, kecuali bahwa ada kontrol suhu batas atas untuk mencegah kolam terlalu panas.

Sistem Pendinginan Tenaga Surya

Ada beberapa cara untuk menyediakan pendinginan dengan tenaga surya, termasuk pendinginan penyerapan, pendinginan penguapan, dan pendinginan kompresi uap. Sebagian besar instalasi telah menggunakan konsep penyerapan atau penguapan, sedangkan, secara umum, pendinginan surya belum banyak berhasil. Alasan utamanya adalah bahwa sistem ini memerlukan kolektor berkinerja relatif tinggi dan sistem itu sendiri lebih rumit, sehingga secara umum kurang hemat biaya daripada aplikasi pemanas ruangan dan air panas rumah tangga. Selain itu, durasi musim pendinginan cenderung mengurangi efektivitas biaya dalam banyak aplikasi. Tentu saja, untuk aplikasi komersial di mana permintaan pendinginan mungkin sepanjang tahun, hal ini tidak berlaku.

Sistem Pemanas Tenaga Surya Udara

Sistem yang memiliki kolektor dengan udara sebagai fluida perpindahan panas memiliki keunggulan dan kerugian. Kerugian utamanya adalah sistem saluran udara yang harus besar dan kebutuhan daya parasit yang biasanya lebih tinggi untuk sirkulasi udara. Keunggulannya meliputi tidak adanya masalah pembekuan, kekhawatiran yang dapat diabaikan untuk kebocoran kecil pada sistem yang dirancang dengan benar, dan kekhawatiran minimal terhadap korosi. Sistem ini memiliki manfaat utama untuk pemanas ruangan, di mana beban adalah udara yang dikondisikan, sehingga menghilangkan penukar panas sisi beban. Paling sering, penyimpanan termal batu (dasar kerikil) digabungkan.

Sistem yang memiliki kolektor dengan udara sebagai fluida perpindahan panas memiliki keunggulan dan kerugian. Kerugian utamanya adalah sistem saluran udara yang harus besar dan kebutuhan daya parasit yang biasanya lebih tinggi untuk sirkulasi udara. Keunggulannya meliputi tidak adanya masalah pembekuan, kekhawatiran yang dapat diabaikan untuk kebocoran kecil pada sistem yang dirancang dengan benar, dan kekhawatiran minimal terhadap korosi. Sistem ini memiliki manfaat utama untuk pemanas ruangan, di mana beban adalah udara yang dikondisikan, sehingga menghilangkan penukar panas sisi beban. Paling sering, penyimpanan termal batu (dasar kerikil) digabungkan.

Masalah utama dalam desain sistem udara adalah komponen saluran udara yang besar dan permintaan parasit untuk sirkulasi udara. Ukuran saluran udara yang lebih besar dapat memengaruhi keputusan arsitektur karena pertimbangan ruang. Selain itu, lebih baik meminimalkan saluran udara yang terletak di luar karena kehilangan panas, kebocoran udara, dan perlindungan cuaca. Pendekatan instalasi yang efektif melibatkan pemasangan kolektor secara integral dengan atap untuk menjaga semua saluran udara di bawah atap. Kapan pun saluran udara berada di luar, bahan tahan cuaca dan sambungan kedap udara sangat penting.

Karena volume udara yang harus disirkulasikan sangat besar, penurunan tekanan harus

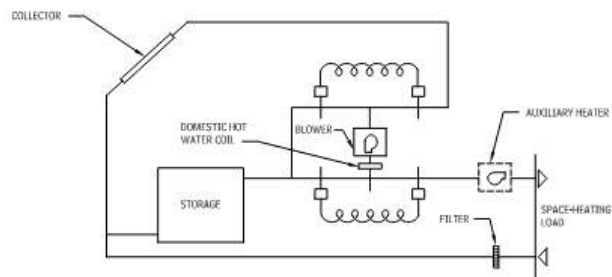
dijaga seminimal mungkin, biasanya sepersepuluh inci air, dibandingkan dengan beberapa psi untuk sistem cair. Pertimbangan inilah yang menentukan komponen saluran yang besar dan penyimpanan termal berukuran tepat.

Unit penyimpanan termal biasanya menggunakan agregat batu (kira-kira seukuran bola golf) dan kedalaman tempat sampah biasanya sekitar 6 kaki, yang mudah diakomodasi di gedung bertingkat standar. Aliran mengalir dari atas ke bawah untuk pengisian dan dari bawah ke atas untuk pembuangan. Volume wadah sebanding dengan luas kolektor, dan ukuran yang bervariasi diakomodasi dengan memvariasikan penampang sambil menjaga kedalamannya tetap konstan. Agregat seukuran bola golf cukup kecil untuk mencapai perpindahan panas yang baik tetapi cukup besar untuk memberikan penurunan tekanan yang wajar dan, dengan demikian, permintaan daya parasit yang wajar.

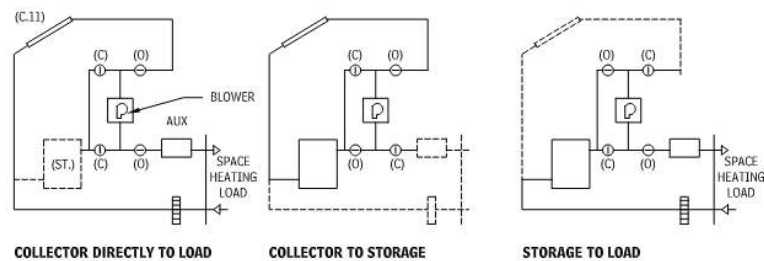
Meskipun penyimpanan batu sejauh ini merupakan yang paling banyak digunakan, beberapa desain telah menggunakan garam terhidrasi (garam Glauber: natrium sulfat-dekahidrat) untuk mengurangi volume penyimpanan. Garam biasanya dikemas dalam wadah jenis karton telur.

Beberapa masalah dengan jamur telah dialami dalam media penyimpanan, sehingga sistem tersebut harus diperiksa secara berkala.

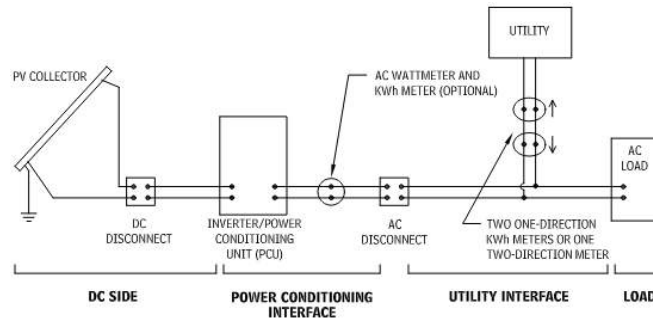
Singkatnya, sistem udara masuk akal untuk aplikasi di mana beban pemanas ruangan besar relatif terhadap beban air panas domestik, dan berlangsung lama.



Gambar 4.103 sistem pemanas udara tenaga surya dasar



Gambar 4.104 mode operasi sistem pemanas udara tenaga surya

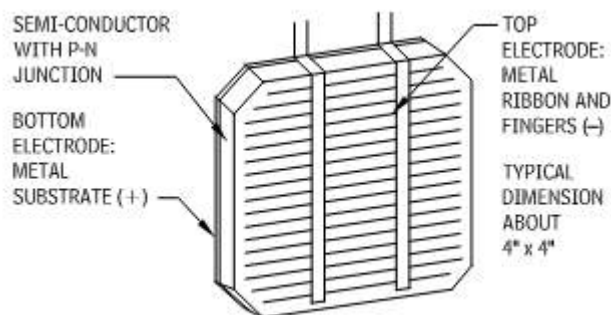


Gambar 4.105 sistem fotovoltaik yang terhubung ke jaringan umum

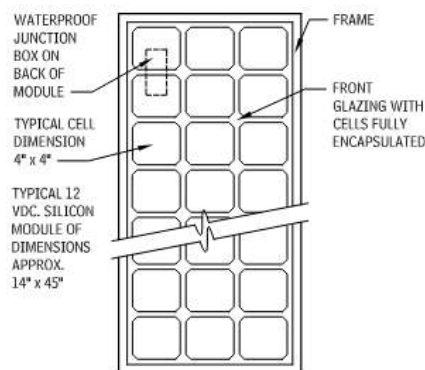
Sistem Fotovoltaik

Sistem fotovoltaik (PV) mengubah sinar matahari menjadi listrik arus searah (DC), yang selanjutnya dapat “dibalikkan” menjadi listrik AC untuk memenuhi beban AC. Biaya yang menurun dengan cepat dan biaya energi konvensional yang meningkat kemungkinan akan membuat sistem ini kompetitif dengan sumber listrik konvensional dalam dekade ini. Saat ini, sistem ini kompetitif dengan banyak aplikasi di luar jaringan listrik di mana perluasan jaringan listrik mahal atau penggunaan generator diesel tidak diinginkan.

Komponen dasar pengumpulan sistem PV adalah sel fotovoltaik, semikonduktor berlapis yang umumnya dibuat dari silikon kristal. Sekelompok sel yang saling terhubung secara seri dienkapsulasi untuk membentuk modul. Susunan adalah rakitan modul.



Gambar 4.106 sel fotovoltaik silikon umum



ALL (APPROX. 30 TO 36) CELLS CONNECTED IN SERIES TO PROVIDE A NOMINAL 12 VOLT, 50-60 WATT MODULE

Gambar 4.107 modul fotovoltaik umum

Material PV yang paling umum adalah silikon kristal, dan saat ini efisiensi sel/modul komersial sedikit di atas 15 persen. Kemajuan signifikan sedang dilakukan dalam teknologi silikon dan diharapkan bahwa efisiensi modul komersial akan melampaui 20 persen dalam waktu dekat. Berbagai teknologi PV lainnya (termasuk lapisan tipis dan material amorf) tersedia, umumnya dengan efisiensi yang agak lebih rendah daripada teknologi silikon saat ini. Parameter penting untuk PV adalah biaya per watt energi, dan modul dengan efisiensi yang berbeda mungkin memiliki dolar yang sebanding per watt. Efisiensi modul penting bagi perancang karena kapasitas terpasang (daya) untuk area tertentu berbanding lurus dengan efisiensi.

Komponen utama sistem PV yang terhubung ke jaringan adalah inverter, atau unit pengkondisian daya (PCU), yang mengubah daya DC yang dihasilkan oleh susunan PV menjadi daya AC yang digunakan oleh beban dan menyinkronkan keluaran daya susunan PV agar kompatibel dengan keluaran utilitas lokal.

Pemasangan Modul PV

Pemasangan modul PV biasanya melibatkan salah satu dari tiga bentuk:

- Dipasang di rak atau di tempat yang jauh dari atap atau dinding, dan sejajar atau miring dengan permukaan pemasangan. Desain modul berdiri saat ini merupakan yang paling umum dalam aplikasi perumahan dan memiliki keuntungan memungkinkan pendinginan konveksi di sisi belakang, kemudahan pemasangan (terutama untuk perbaikan), dampak yang lebih kecil pada integritas atap, dan kemudahan servis/perbaikan.
- Dipasang langsung pada selubung atap atau ke dalam dinding dan dibuat menyatu dengan permukaan tersebut.
- Sirap PV, yang dapat menggantikan atap konvensional. Sirap PV memiliki efisiensi yang lebih rendah dan saat ini jauh lebih jarang digunakan.

Fotovoltaik Terpadu Bangunan (Bipv)

Untuk struktur komersial atau institusional, penggunaan fotonik terpadu bangunan (BIPV) menjadi semakin umum. Dalam kasus seperti ini, modul PV dapat diintegrasikan secara memadai ke dalam atap atau dinding struktur sehingga berfungsi sebagai penghalang eksterior terhadap elemen. Karena integrasi sistem PV dengan selubung bangunan ini, sangat penting bagi arsitek untuk terlibat secara mendalam dalam desain dan spesifikasi sistem tersebut.

Sistem Yang Berdiri Sendiri (Di Luar Jaringan)

Untuk bangunan perumahan dan komersial, arsitek kemungkinan besar akan menangani sistem yang terhubung ke jaringan, karena bebannya kemungkinan besar adalah AC. Namun, beberapa aplikasi, seperti rumah liburan, fasilitas lepas pantai, dan sebagainya, akan berada di luar jaringan, dan bebannya mungkin DC. Dalam kasus seperti itu, inverter tidak diperlukan; tetapi agar sistem dapat berdiri sendiri, bank baterai harus disertakan. Dalam sistem seperti itu, bank baterai harus menyediakan 5 hingga 10 "hari otonomi"—yaitu, memiliki kapasitas untuk memenuhi beban selama beberapa hari tersebut.

Menempatkan Dan Mengarahkan Rangkaian Kolektor

Orientasi paling optimal untuk kolektor surya, baik termal maupun PV, adalah pada struktur yang miring ke selatan dan cenderung kira-kira pada garis lintang lokal atau pada kemiringan yang sedikit lebih besar. Untuk sistem pemanas ruangan, garis lintang ditambah sekitar 15° mendukung permintaan pemanas musim dingin yang tinggi. Meskipun sudut-sudut ini direkomendasikan, jika dalam jarak genap 10° atau 15° untuk azimuth atau kemiringan, penurunan kinerja kolektor kecil. Untuk lokasi di mana permintaan utilitas listrik mencapai puncaknya pada sore hari selama musim panas, mungkin yang terbaik adalah menghadapkan sistem PV kira-kira ke barat daya.

Peneduhan sangat merugikan kinerja kolektor, dan dengan demikian, sedapat mungkin kolektor harus dipasang di lokasi bangunan yang paling sedikit teduh. Peneduhan dapat timbul dari pohon dan bangunan lain di dekatnya, serta dari bangunan itu sendiri. Untuk kolektor termal, penurunan kinerja kira-kira sebanding dengan fraksi susunan kolektor yang teduh, sehingga peneduhan bukanlah masalah yang signifikan. Namun, untuk kolektor PV, peneduhan sangat penting, karena dalam suatu susunan, mungkin semua sel terhubung secara seri, dan peneduhan bahkan beberapa sel dari ratusan sel akan sangat menurunkan kinerja. Aturan praktis yang baik untuk kolektor PV adalah jika ada bagian dari susunan sel yang terhubung secara seri teduh, maka keluaran susunan tersebut akan diabaikan. Dengan demikian, modul PV tidak boleh ditempatkan berdekatan dengan bagian atap yang lebih tinggi darinya.

Pemasangan Dan Penyangga Susunan Kolektor

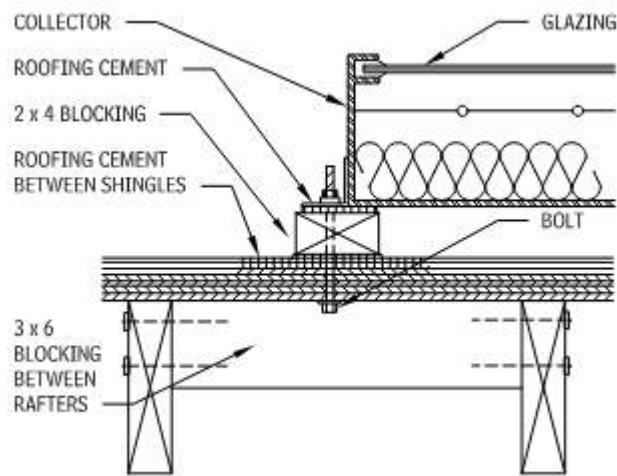
Masalah pemasangan dan penyanggaan kolektor untuk desain BIPV yang sesungguhnya sangat spesifik lokasi sehingga tidak akan dibahas di sini. Namun, hal ini mungkin lebih penting bagi keterlibatan arsitek dalam desain BIPV daripada untuk aplikasi yang dibahas di sini, yang dibatasi pada susunan kolektor yang berdiri sendiri.

Desain struktur penyangga susunan kolektor surya dapat memiliki pengaruh penting pada tampilan dan desain bangunan secara keseluruhan. Ini juga merupakan aspek sistem yang paling mudah dikontrol oleh arsitek. Jika susunan kolektor akan dipilih sebagai bagian dari paket penawaran total, misalnya, masalah ukuran dan koordinasi dapat terjadi, dan arsitek dapat kehilangan kendali atas fondasi struktural susunan dan tampilan keseluruhan bangunan. Dalam kebanyakan kasus, produsen kolektor (termal dan PV) akan menawarkan satu atau lebih konsep penyangga yang kompatibel dengan kolektor khusus mereka. Namun, cara untuk penjangkaran akhir ke struktur akan menjadi keputusan profesional desain.

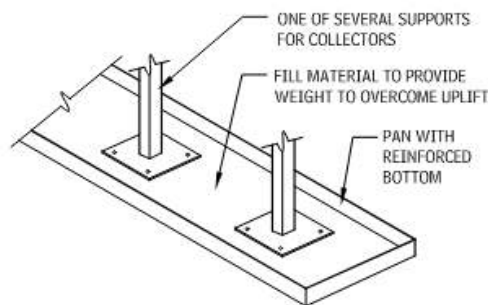
Saat memasang susunan kolektor di atap atau struktur lain, struktur penopang di bawahnya harus mampu menahan beban ke bawah susunan serta gaya angkat dan gaya samping akibat beban angin. Dalam aplikasi retrofit, ini mungkin berarti memperkuat substruktur dan perlakuan khusus untuk penetrasi atap. Penopang kolektor di atap harus ditambahkan langsung ke elemen struktural, bukan ke dek kayu atau logam; jika tidak, gaya angkat akibat angin dan beban titik dapat menyebabkan kerusakan atap dan, mungkin, kegagalan struktural. Dalam bangunan baja, penopang susunan kolektor vertikal harus diamankan langsung ke balok silang atau balok utama. Dalam bangunan kayu, pengamanan kolektor ke elemen struktural biasanya akan memerlukan pemasangan semacam blok, di

bawah dek dan di antara kasau, untuk mentransfer beban dengan adil.

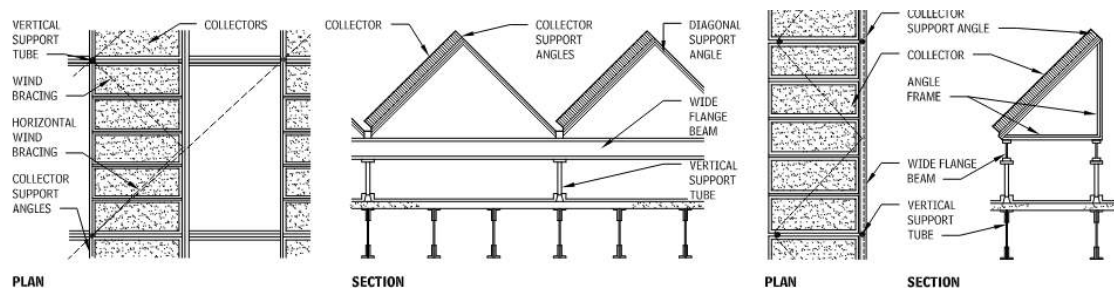
Pada atap komposisi datar, pendekatan yang cukup umum adalah "pemasangan gravitasi," di mana tiang penyangga ditambatkan ke panci yang diisi dengan agregat yang cukup untuk mengatasi gaya angin. Tentu saja, ini menambah berat sistem, yang harus ditampung dalam substruktur. Jika penyangga yang ditambatkan digunakan untuk susunan kolektor pada atap rangka baja ringan, penyangga tersebut harus ditambatkan ke balok atap, dan bukan hal yang aneh untuk meningkatkan kapasitas struktur atap. Beberapa atap tidak dapat menahan beban seperti itu dan, oleh karena itu, harus memiliki bentang yang jelas. Namun, struktur rangka ruang bentang panjang selalu mahal.



Gambar 4.108 penahanan pada rangka atap kayu



Gambar 4.109 pemasangan gravitasi untuk atap komposisi datar

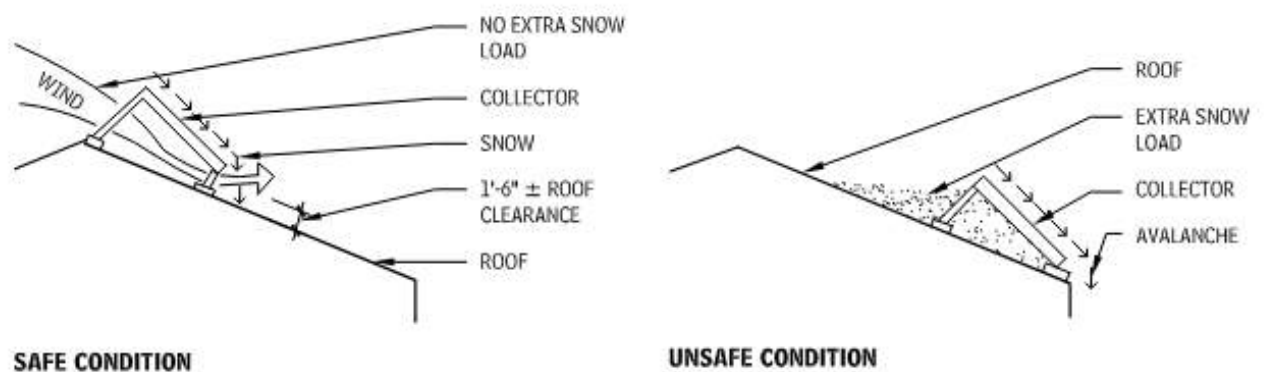


Gambar 4.110 jarak kolektor dan dukungan untuk array besar dan banyak baris

Menghindari Masalah Atap

Kebocoran atap dapat menjadi masalah yang terus-menerus dan besar dalam pemasangan panel surya. Pedoman berikut akan membantu meminimalkan masalah tersebut:

- Minimalkan penetrasi atap dengan memperkuat penyangga dan menambah panjang bentang di atas atap.
- Rancangan penyangga vertikal di garis atap dengan benar. Pemblokiran kayu yang dibaut langsung melalui atap tidak dapat diandalkan meskipun disegel dengan semen atap. Pendekatan yang lebih disukai adalah: penggunaan selongsong atap neoprena, flashing dasar dan kanopi, dan kantong pitch yang dipasang dengan benar.
- Hindari pembuatan bendungan. Pemblokiran terus-menerus, kecuali sejajar dengan lereng, akan menyebabkan bendungan dan kebocoran pada akhirnya.
- Pastikan bahwa semua pekerjaan flashing dilakukan oleh kontraktor atap, bukan kontraktor baja atau pipa.
- Pada atap miring, pasang kolektor di lereng atap kecuali kemiringannya sedemikian rupa sehingga hilangnya efisiensi sepanjang tahun akan terlalu besar. Bila atap dan kolektor sejajar, sisakan setidaknya ruang udara 1- 1/2 inci untuk mengurangi kerusakan atap. Di daerah rawan salju, pasang kolektor sedekat mungkin dengan bubungan atap dan sediakan jarak bebas atap yang cukup di tepi bawah untuk mengurangi kerusakan akibat salju.
- Pada atap datar, pasang kolektor 2 hingga 3 kaki di atas atap, bukan langsung di atap untuk mencegah penumpukan salju, memungkinkan kemiringan yang memadai pada jalur pipa, memungkinkan pemasangan penetrasi atap yang tepat, dan memudahkan servis. Pasang juga jalan setapak atap yang tepat untuk melindungi atap dari keausan.



Gambar 4.111 kolektor di atap miring di lokasi yang rentan salju

4.14 PERLINDUNGAN KEBAKARAN

Tujuan perlindungan kebakaran adalah untuk memadamkan atau mengurangi dampak kebakaran. Pemilihan media pemadam yang paling sesuai untuk suatu proyek didasarkan pada ketersediaan, kompatibilitas, biaya, dan persyaratan kode.

Kode Dan Standar

Sebagian besar model, negara bagian, dan kode lokal memiliki bagian perlindungan

kebakaran terpisah yang mengamankan jenis sistem pencegah kebakaran tertentu berdasarkan jenis hunian, potensi bahaya kebakaran, ketinggian, dan luas bangunan. Perusahaan asuransi, seperti *Factory Mutual Global*, *American Risk Insurers*, dan *American Risk Management*, telah mengembangkan standar desain yang harus diikuti oleh klien yang mereka asuransikan. Selain itu, *National Fire Protection Association* (NFPA) telah mengembangkan standar konsensus untuk berbagai sistem pencegah kebakaran yang dirujuk oleh sebagian besar kode bangunan.

Penting untuk melakukan pencarian kode yang memadai sebelum fase desain proyek apa pun, untuk memastikan kepatuhan terhadap kode yang tepat.

Definisi Dasar

Meskipun sifat api dan proses pembakaran belum sepenuhnya dipahami, diketahui bahwa ada tiga komponen yang diperlukan agar api dapat menyala: bahan bakar, oksigen, dan suhu yang cukup tinggi untuk memulai penyalaan atau mempertahankan pembakaran. Semua metode pemadaman api menghilangkan satu atau semua komponen ini, yang menyebabkan api padam.

Kebakaran diklasifikasikan sebagai:

- Kebakaran Kelas A, yang terjadi pada bahan padat yang mudah terbakar (seperti kayu dan kertas).
- Kebakaran Kelas B, yang terjadi pada cairan yang mudah terbakar (seperti minyak dan bensin).
- Kebakaran Kelas C bersifat elektrik (seperti korsleting yang menyebabkan percikan yang dapat menyalakan zat lain).
- Kebakaran Kelas D terjadi pada logam dengan pasokan bahan bakarnya sendiri.

Hunian bangunan dan area spesifik lainnya dalam bangunan diklasifikasikan sebagai berikut, menurut potensi kebakaran:

- Bahaya cahaya terjadi di gedung perkantoran, sekolah, dan gedung publik.
 - Bahaya biasa mirip dengan gudang dan tempat penyimpanan dengan sejumlah besar bahan yang mudah terbakar.
 - Bahaya tambahan terjadi jika ada potensi besar kebakaran besar yang mudah terjadi.
- Klasifikasi ini dijelaskan lebih lengkap dalam standar NFPA yang berlaku.

Istilah "otomatis" sering digunakan saat merujuk pada sistem pencegah kebakaran. Dalam konteks ini, "otomatis" berarti pengoperasian sistem tanpa campur tangan manusia saat terjadi kebakaran.

Jenis Sistem

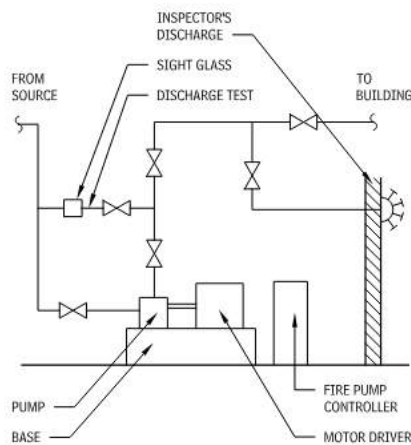
Tiga jenis sistem umum yang digunakan untuk memadamkan dan memadamkan api: berbasis air, berbasis kimia (baik cair maupun bubuk), dan berbasis gas.

- Sistem pemadam kebakaran berbasis air: Sistem ini menggunakan air yang dicampur dengan bahan kimia, yang menambah karakteristik pemadaman api, atau air murni, untuk mendinginkan api di bawah suhu nyala atau menghilangkan oksigen.
- Sistem pemadam kebakaran berbasis gas: Sistem ini mengganggu proses pembakaran dan menghilangkan oksigen dari api.

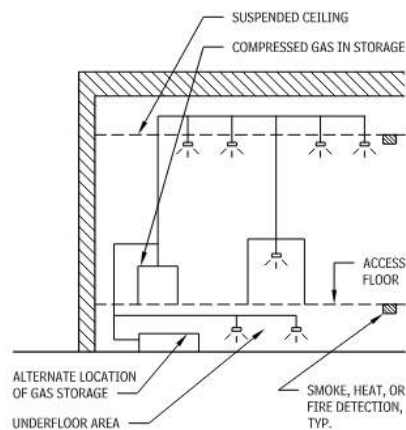
- Sistem pemadam kebakaran berbasis kimia (baik cair maupun bubuk): Sistem ini mengganggu proses pembakaran dan menghilangkan oksigen dari api.

Sistem Pemadaman Kebakaran Berbasis Air

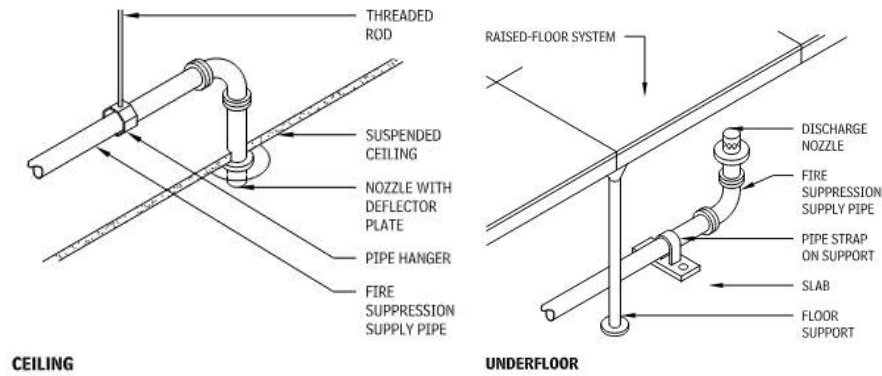
Media yang paling sering digunakan untuk memadamkan api adalah air. Air mudah didapat, murah, dan mudah diaplikasikan. Faktor terpenting dalam penggunaan sistem pemadam kebakaran berbasis air adalah tekanan air yang memadai. Bila tekanan dari pasokan air gedung tidak memadai untuk memasok pipa pemadam kebakaran dan sistem sprinkler, pompa pemadam kebakaran, yang diproduksi dan dipasang khusus untuk sistem pemadam kebakaran, digunakan untuk meningkatkan tekanan air. Pompa pemadam kebakaran dipasang sesuai dengan NFPA-20.



Gambar 4.112 skema pompa pemadam kebakaran umum



Gambar 4.113 sistem gas umum



Gambar 4.114 nozel pembuangan gas umum

Sistem Berbasis Gas

Beberapa sistem berbasis gas menggunakan gas inert, dan yang lainnya menggunakan gas kimia.

Gas Inert

Sistem ini digunakan saat terdapat bahan kimia yang dapat bereaksi dengan air atau saat air akan menyebabkan kerusakan yang tidak dapat diterima. Gas (umumnya karbon dioksida atau nitrogen) dibuang langsung ke api atau digunakan untuk mengurangi kadar oksigen di ruangan atau area hingga di bawah kadar yang diperlukan untuk mempertahankan pembakaran. (Namun, perlu dicatat bahwa kadar rendah ini tidak akan mendukung kehidupan.)

Gas disimpan dalam keadaan terkompresi dalam tabung atau tangki bertekanan tinggi dan dihubungkan ke sistem perpipaan dengan kepala terbuka. Katup pembuka cepat di lokasi penyimpanan mendeteksi panas, api, atau asap pada bahaya yang dilindungi, lalu terbuka untuk memungkinkan gas masuk ke sistem perpipaan dan mengeluarkan semua kepala.

Gas Lainnya (Alternatif Halon)

Gas kimia mengganggu proses pembakaran, dan sistem gas kimia sering digunakan untuk melindungi peralatan dan area komputer dan elektronik. Sistem ini beroperasi dengan cara yang sama seperti sistem gas inert, tetapi biasanya diperlukan konsentrasi gas yang lebih rendah. Halon tidak lagi diizinkan karena masalah lingkungan. Banyak alternatif halon yang tersedia, tetapi pihak berwenang yang berwenang harus menyetujui penggunaannya.

Karena kekuatan yang diberikan oleh gas yang dikeluarkan, langit-langit gantung harus diperkuat di area tempat kepala berada dan kepala dipasang sehingga dapat menahan gaya pembuangan.

Sistem Kimia

Baik sistem pemadam kebakaran kimia basah maupun kering memerlukan pembersihan yang ekstensif setelah api dipadamkan.

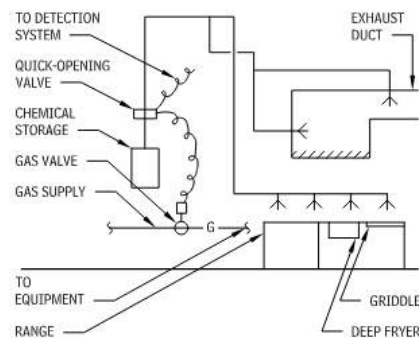
Sistem Pemadam Kebakaran Kimia Kering

Sistem ini digunakan untuk melindungi area yang airnya bukan media pemadam

yang sesuai, seperti area penyimpanan bahan kimia dan area memasak dengan saluran pembuangan yang mengeluarkan minyak. Bahan kimia bubuk disimpan dalam tabung atau tangki bertekanan tinggi yang terhubung ke sistem perpipaan dengan kepala terbuka. Setelah mendeteksi panas, api, atau asap pada bahaya yang dilindungi, katup pembuka cepat di lokasi penyimpanan terbuka, memungkinkan bubuk masuk ke sistem perpipaan dan keluar dari semua kepala secara bersamaan.

Sistem Pemadam Kebakaran Kimia Basah

Peralihan terkini dari lemak hewani ke lemak nabati untuk memasak membutuhkan media berbeda untuk memadamkan api di dapur. Media ini adalah bahan kimia basah, yang beroperasi dengan cara yang sama seperti sistem bahan kimia kering.



Gambar 4.115 sistem kimia kering atau basah untuk dapur

SPRINKLER

Sistem sprinkler pemadam kebakaran menggunakan air yang didistribusikan melalui jaringan katup, pipa, dan nosel, yang tujuan utamanya adalah untuk membunyikan alarm dan mengurangi dampak kebakaran, bukan untuk memadamkannya. Saat terjadi kebakaran, panas api melelehkan elemen kepala sprinkler tertutup, sehingga air dapat disemprotkan secara otomatis ke api.

Sistem perpipaan sprinkler diukur menggunakan salah satu dari dua metode:

- Metode jadwal menggunakan ukuran pipa berdasarkan tekanan air minimum yang tersedia dan jumlah kepala yang terhubung ke pipa, sebagaimana tercantum dalam NFPA-13.
- Metode hidraulik menggunakan area terpencil (yang terjauh dari sumber pasokan air) berdasarkan jenis hunian, aliran air di area terpencil, aliran air di setiap titik desain, dan tekanan yang tersedia dalam sistem.

Komponen Utama Sistem

Komponen pengoperasian utama sistem sprinkler adalah rakitan katup pengoperasian, perpipaan, dan nosel (disebut sebagai kepala untuk beberapa sistem).

Rangkaian katup pengoperasian memasukkan air ke dalam atau mengirimkan alarm saat air mengalir dalam sistem. Ada banyak jenis katup pengoperasian; jenis sistem yang dipasang menentukan jenis katup yang digunakan.

Kepala atau nosel mendistribusikan air dalam pola khusus yang telah ditentukan

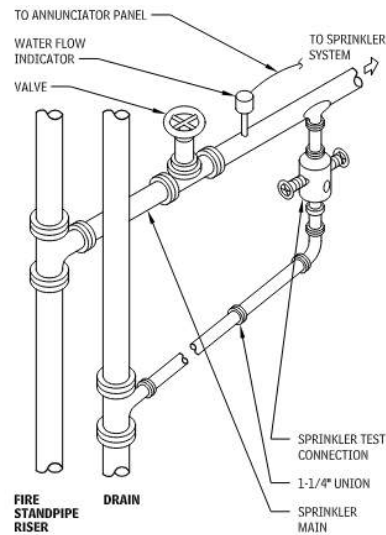
sebelumnya berdasarkan persyaratan sistem. Kepala atau nosel tersedia dalam berbagai konfigurasi, termasuk tegak, menggantung, atau dinding samping, dan dapat ditutup atau terbuka. Kepala atau nosel memiliki peringkat suhu yang berbeda untuk membuka kepala, berbagai diameter lubang untuk pembuangan air, respons standar atau cepat, dan cakupan standar atau luas. Kepala atau nosel dapat dipasang di langit-langit gantung sebagai perlengkapan tersembunyi, rata, atau terbuka.

Jenis Sistem Sprinkler

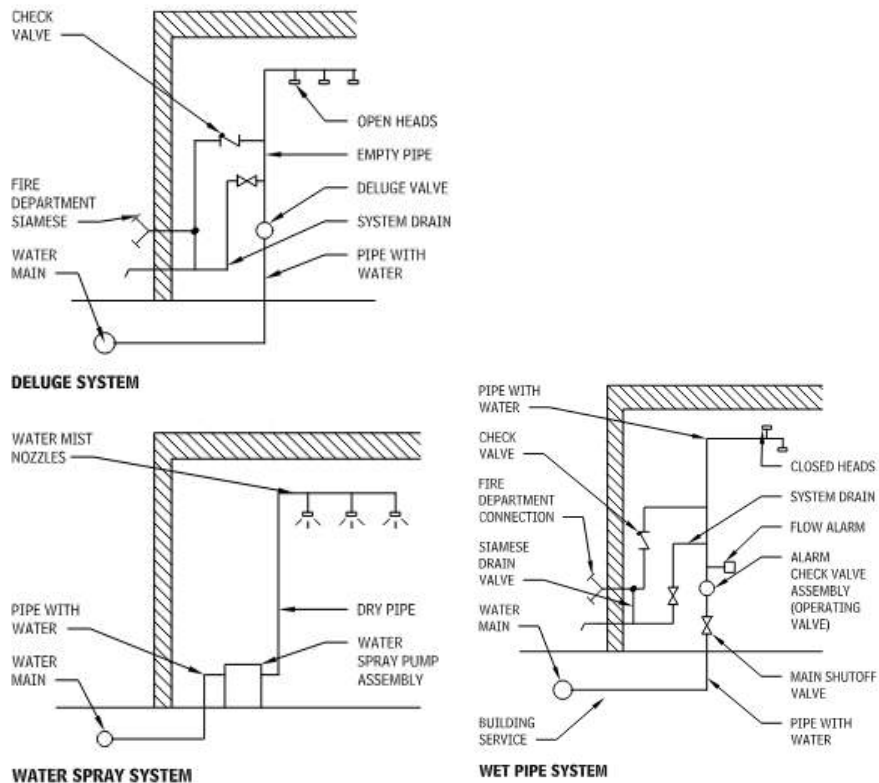
Ada enam jenis sistem sprinkler pemadam kebakaran yang umum digunakan:

- Sistem sprinkler pipa basah: Sistem otomatis ini menggunakan pipa yang diisi air bertekanan dan kepala tertutup. Rakitan katup pengoperasian, yang disebut katup periksa alarm, memicu alarm saat air mengalir dan mencegah aliran balik air ke dalam layanan gedung jika sistem disuplai dengan air dari sambungan pemadam kebakaran. Saat kondisi kebakaran padam, panas melelehkan (menyatukan) elemen yang peka terhadap suhu di kepala, menyebabkan kepala terbuka dan air mengalir.
- Sistem sprinkler pipa kering: Sistem otomatis ini menggunakan pipa yang diisi udara bertekanan dan kepala tertutup. Rakitan katup pengoperasian disebut katup pipa kering. Kompresor udara diperlukan untuk mengganti udara yang hilang karena kebocoran. Air dan udara bertekanan hanya disuplai ke katup pipa kering. Saat kepala menyatu karena kondisi kebakaran, tekanan udara akan turun, katup akan terbuka, dan air akan masuk ke dalam pipa; air kemudian mengalir hanya dari kepala yang terbuka.
- Sistem sprinkler pra-aksi: Sistem otomatis ini menggunakan kepala tertutup dan pipa yang diisi udara di bawah tekanan atmosfer. Air disuplai ke rakitan katup operasi, yang disebut katup pra-aksi. Sistem deteksi asap atau kebakaran tambahan memulai sinyal saat mendeteksi panas, api, atau asap. Sinyal tersebut menyebabkan katup pra-aksi terbuka, memungkinkan air masuk ke sistem perpipaan. Air tidak akan mengalir keluar dari kepala kecuali jika kepala tersebut menyatu karena kondisi kebakaran
- Sistem sprinkler pencegah kebakaran banjir: Digunakan untuk melindungi area dengan bahaya tinggi dan peralatan tertentu, sistem otomatis ini menggunakan pipa yang diisi udara di bawah tekanan atmosfer dan kepala terbuka. Air disuplai ke rakitan katup operasi, yang disebut katup banjir. Sistem deteksi asap atau kebakaran tambahan diperlukan untuk memulai sinyal saat mendeteksi panas, api, atau asap pada bahaya yang dilindungi. Sinyal ini akan membuka katup banjir, mengalirkan air ke seluruh sistem perpipaan dan memungkinkan air keluar dari semua kepala yang terhubung ke jaringan perpipaan.
- Sistem penyiram antibeku: Sistem otomatis pipa basah diisi dengan larutan antibeku, bukan air, untuk melindungi area yang rentan terhadap pembekuan tetapi terlalu kecil untuk sistem pipa kering. Pengoperasiannya mirip dengan sistem pipa basah standar

- Sistem semprotan air tetap: Sistem otomatis ini menggunakan air bertekanan tinggi yang mengalir melalui nosel yang dirancang untuk menyemprotkan tetesan air yang sangat kecil langsung ke api. Pompa air diperlukan untuk menghasilkan tekanan sistem yang tinggi. Air disuplai ke pompa, yang diaktifkan oleh detektor panas, api, atau asap tambahan yang berdekatan dengan bahaya yang dilindungi.



Gambar 4.116 sambungan sprinkler umum



Gambar 4.117 jenis sistem sprinkler

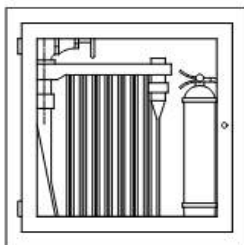
Pipa Tegak

Pipa tegak pemadam kebakaran adalah jaringan pipa berisi air, katup selang, dan selang kebakaran yang memungkinkan aplikasi air langsung ke api. Konfigurasi sistem yang paling umum hanya memiliki katup selang, yang terhubung ke perpipaan sistem untuk memungkinkan petugas pemadam kebakaran menyambungkan selang mereka ke sistem. Pipa utama dipasang di area dengan tingkat ketahanan api tinggi seperti tangga darurat. Katup selang ditempatkan sedemikian rupa sehingga semua bagian bangunan dapat dijangkau dengan selang sepanjang 100 kaki dan semprotan air 20 kaki dari nosel selang.

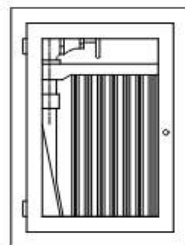
Merupakan praktik yang diterima untuk menyuplai kepala penyemprot dari pipa tegak di berbagai area di seluruh bangunan. Setiap titik sambungan dilengkapi dengan alarm aliran. Sambungan uji dipasang di setiap titik untuk memungkinkan pihak berwenang memverifikasi secara visual bahwa air yang dikeluarkan dari satu kepala sprinkler benar-benar mengalir dan akan membunyikan alarm. Sambungan uji ini digabungkan dengan saluran pembuangan untuk memungkinkan seluruh cabang dikeringkan untuk pemeliharaan dan perbaikan.

SELANG, RAK, DAN LEMARI PEMADAM KEBAKARAN

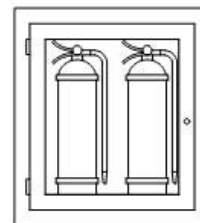
Ukuran selang yang direkomendasikan untuk digunakan dengan pipa tegak pemadam kebakaran gedung tidak boleh melebihi diameter 1-1/2 inci dan panjang 100 kaki. Selang yang lebih besar yang digunakan oleh amatir cenderung kusut, menyebabkan kerusakan air yang berlebihan, dan menyebabkan cedera.



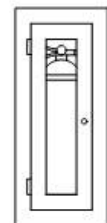
75'-1-1/2" LINED HOSE, RACK, AND ANGLE VALVE; 2-1/2 GAL EXTINGUISHER
2'-9" x 2'-9" x 8-1/2" TO
2'-11" x 2'-11" x 9"



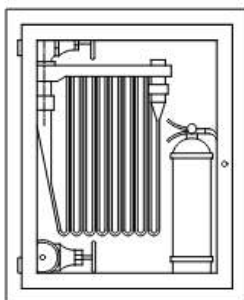
75'-1-1/2" LINED HOSE, RACK, AND ANGLE VALVE
1'-9" x 2'-5" x 8" TO
1'-4" x 2'-7" x 8-1/2"



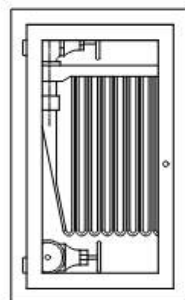
TWO 2-1/2 GAL EXTINGUISHERS
1'-11" x 2'-9" x 7" TO
2'-2" x 2'-11" x 8"



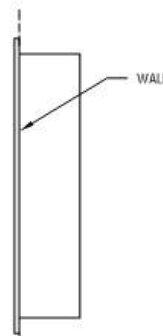
ONE 2-1/2 GAL EXTINGUISHER
1'-0" x 2'-6" x 8" TO
1'-4" x 2'-7" x 8-1/2"
RESIDENTIAL EXTINGUISHER
CABINET 1'-5" x 7" x 2"



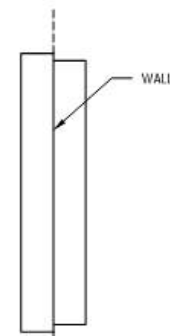
75'-1-1/2" LINED HOSE AND RACK; 1-1/2" AND 2-1/2" ANGLE VALVE; 2-1/2 GAL EXTINGUISHER
2'-9" x 3'-4" x 8-1/2" TO
2'-10" x 3'-7" x 9"



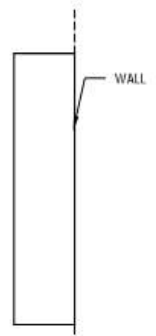
75'-1-1/2" LINED HOSE AND RACK; 1-1/2" AND 2-1/2" ANGLE VALVE
1'-11" x 3'-3" x 8-1/2" TO
2'-4" x 3'-4" x 9"



RECESSED



SEMIRECESSED



SURFACE-MOUNTED

Gambar 4.118 selang kebakaran dan lemari pemadam kebakaran

Sambungan untuk selang 2-1/2 inci harus tersedia di setiap stasiun untuk digunakan oleh petugas pemadam kebakaran. Banyak peraturan yang mengharuskan saluran keluar 2-1/2 inci di semua pipa tegak. Dengan menggunakan sambungan reduksi, selang 1-1/2 inci dapat dipasang. Jika aliran 2-1/2 inci diperlukan, sambungan dapat dilepas.

Instalasi industri menggunakan selang 2-1/2 inci dan melatih personel dalam penggunaan peralatan yang lebih berat. Katup dapat ditempatkan 5 kaki-6 inci di atas lantai (periksa peraturan setempat). Selang plastik berserat sintesis berlapis direkomendasikan untuk digunakan pada instalasi pipa tegak. Selang berlapis katun-karet merupakan standar untuk penggunaan dinas pemadam kebakaran dan peralatan berat.

4.15 PERLINDUNGAN KEBAKARAN KHUSUS

Alat Pemadam Kebakaran

Alat pemadam kebakaran portabel dapat berfungsi sebagai garis pertahanan pertama terhadap kebakaran dengan ukuran terbatas, bahkan untuk properti yang dilengkapi dengan alat penyiram otomatis atau peralatan perlindungan tetap lainnya. Berikut ini adalah kriteria untuk memilih alat pemadam kebakaran:

- Jenis dan tingkat keparahan (ukuran, intensitas, dan kecepatan perjalanan) potensi bahaya kebakaran
 - Kondisi lingkungan potensi bahaya kebakaran (kondisi suhu sekitar, keberadaan asap, dll.)
 - Efektivitas alat pemadam terhadap potensi bahaya kebakaran
 - Kemudahan penggunaan
 - Kesesuaian dengan lingkungannya
 - Reaksi kimia yang merugikan yang diantisipasi antara agen pemadam dan bahan yang terbakar
 - Masalah kesehatan dan keselamatan operasional (paparan operator selama upaya pengendalian kebakaran)
 - Pelatihan dan kemampuan fisik personel yang tersedia untuk mengoperasikan alat pemadam
 - Persyaratan pemeliharaan dan perawatan
- Pedoman umum untuk alat pemadam kebakaran menyatakan bahwa:
- Alat pemadam kebakaran pada rute yang dapat diakses harus dikonfigurasi sehingga tidak menonjol lebih dari 4 inci.
 - Otoritas yang memiliki yurisdiksi atas lokasi tersebut menentukan jumlah, jenis, dan penempatan alat pemadam kebakaran dan alat pemadam kebakaran lemari guisher.
 - Semua alat pemadam tanpa roda harus dipasang pada gantungan atau braket, dipasang di lemari, atau diletakkan di rak. Alat pemadam dengan berat hingga 40 pon tidak boleh lebih dari 5 kaki di atas lantai. Bagian atas alat pemadam dengan berat kotor lebih dari 40 pon tidak boleh lebih dari 3 kaki-6 inci di atas lantai. Semua bagian yang dapat dioperasikan harus berada dalam jangkauan yang dapat diakses.

Penting juga untuk dicatat bahwa alat pemadam jenis halon tidak lagi diproduksi sebagai hasil dari perjanjian lingkungan internasional.

Standar dan klasifikasi ini diambil dari Publikasi 10 National Fire Protection Association, "Portable Fire Extinguishers" (1994). Selalu periksa persyaratan kode setempat sebelum menentukan alat pemadam kebakaran.

Distribusi Alat Pemadam Kebakaran

Jumlah minimum alat pemadam kebakaran yang diperlukan untuk melindungi properti dari kebakaran Kelas A ditentukan oleh Tabel 4.294; dan, sering kali, alat pemadam tambahan dipasang. Alat pemadam kebakaran yang dinilai untuk kebakaran Kelas B ditempatkan pada jarak tempuh maksimum 50 kaki dari bahaya (alat pemadam kebakaran yang dinilai lebih kecil ditempatkan tidak lebih dari 30 kaki dari bahaya). Alat pemadam kebakaran yang dinilai untuk kebakaran Kelas C diperlukan di lokasi dengan peralatan listrik bertegangan yang memerlukan media pemadam nonkonduktor. Untuk kebakaran Kelas D, alat pemadam ditempatkan tidak lebih dari 75 kaki dari bahaya Kelas D.

Tabel 4.119 ukuran dan penempatan alat pemadam kebakaran untuk bahaya kelas a

	Kategori bahaya ringan	Kategori bahaya sedang	Kategori bahaya tinggi
Pemadam minimal yang direkomendasikan	2-A ^(a)	2-A ^(a)	4-A ^(b)
Luas lantai maksimum per unit A	3000 sq ft	1500 sq ft	1000 sq ft
Luas lantai maksimum per alat pemadam	11,250 sq ft	11,250 sq ft	11,250 sq ft
Jarak maksimum perjalanan ke alat pemadam	75 ft	75 ft	75 ft

Tabel 4.120 bahan kimia kering serbaguna (kebakaran kelas a, b, dan c)

Kapasitas (lb)	2-1/2	5	6	10	20
Tinggi (inci)	14	14-1/2	16	20	24
Diameter (inci)	3	4-1/4	5	5	7
Kelas	1A-10B:C	2A-10B:C; 3A-40B:C	3A-40B:C	4A-60B:C	20A-120B:C
Jarak efektif (ft)	5 hingga 20				
Waktu penyemprotan	10 hingga 25 detik untuk 10 hingga 20 lb				
Pengisian ulang	Setelah digunakan				
Sumber tekanan	Gas bertekanan				
Efek suhu	Dapat beroperasi pada -65°F				
Konduktivitas listrik	Tidak menghantarkan listrik				

Tabel 4.121 karbon dioksida (hanya kebakaran kelas b dan c)





Kapasitas (lb)	5	10	15	20
Tinggi (inci)	17-3/4	24	30	30

Diameter (inci)	5-1/4	7	7	8
Kelas	5B:C	10B:C	10B:C	10B:C
Jarak efektif (ft)	3 hingga 8			
Waktu penyemprotan (detik)	10	10	12-1/2	19
Pengisian ulang	Setelah digunakan			
Sumber tekanan	Gas bertekanan			
Efek suhu	Dapat beroperasi pada -40°F			
Konduktivitas listrik	Tidak menghantarkan listrik			

Tabel 4.122 bahan kimia kering biasa (kebakaran kelas b dan c)

Kapasitas (lb)	2-1/2	5-1/2	6	10	20
Tinggi (inci)	15-1/2	15-1/2	16-1/4	20	23-1/4 hingga 24
Diameter (inci)	3	4-1/4	5	5	7
Kelas	10B:C	40B:C	40B:C	60B:C	120B:C
Jarak efektif (ft)	9-21				
Waktu pengosongan	10; 30 lb, 34 detik	14	14	18	28
Isi ulang	Setelah digunakan				
Sumber tekanan	Gas terkompresi				
Pengaruh Suhu	Sistem akan beroperasi pada suhu -40°F				
Konduktivitas listrik	Tidak menghantarkan listrik				

Tabel 4.123 klasifikasi kebakaran untuk memilih alat pemadam kebakaran

Simbol Huruf dan Warna	Simbol Gambar	Deskripsi
Hijau 	Gambar tempat sampah dan api	Kelas A: Kebakaran yang melibatkan bahan mudah terbakar biasa (seperti kayu, kain, kertas, karet, dan banyak plastik) yang memerlukan efek pendinginan dari air atau larutan air, atau efek pelapis dari bahan kimia kering tertentu yang menghambat pembakaran.
Merah 	Gambar kaleng dan bahan cair	Kelas B: Kebakaran yang melibatkan cairan atau gas mudah terbakar, gas yang mudah terbakar, lemak, dan bahan serupa yang paling baik dipadamkan dengan menghilangkan oksigen, menghambat pelepasan uap yang mudah terbakar, atau menghentikan reaksi rantai pembakaran.
Biru 	Gambar kabel dan peralatan listrik	Kelas C: Kebakaran yang melibatkan peralatan listrik berenergi di mana keselamatan operator memerlukan penggunaan agen pemadam yang tidak menghantarkan listrik.
Kuning 	Gambar bintang dengan huruf D	Kelas D: Kebakaran yang melibatkan logam yang mudah terbakar (seperti magnesium, titanium, zirkonium, natrium, litium, dan kalium).

Tabel 4.124 air bertekanan

Kapasitas (galon)	2-1/2
Tinggi (inci)	24-1/2
Diameter (inci)	7
Berat (lb)	28
Kelas	2A
Jarak efektif (ft)	30

Waktu pengosongan	50 detik
Isi ulang	Timbang tabung dan periksa setiap tahun; dalam semua kasus, ikuti petunjuk pada label.
Sumber tekanan	Udara terkompresi
Efek suhu	Akan membeku
Konduktivitas listrik	Akan menghantarkan listrik

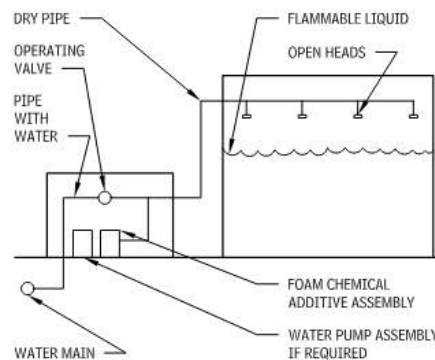
Tabel 4.125 sodium klorida

Kapasitas (lb)	30
Tinggi (inci)	27-3/4
Diameter (inci)	7
Kelas	FM
Jarak efektif (ft)	4 sampai 6
Waktu pengosongan	28 detik
Isi ulang	Setelah digunakan
Sumber tekanan	Gas terkompresi
Efek suhu	-40 hingga +120
Konduktivitas listrik	Tidak menghantarkan listrik

Sistem Perlindungan Kebakaran Lainnya

Sistem Pemadam Busa

Sistem busa terdiri dari pasokan air, injektor aditif kimia, pipa, dan kepala yang ditempatkan untuk mengeluarkan busa. Sistem ini menggunakan aditif yang disuntikkan ke dalam pasokan air untuk menghasilkan pembuangan yang mirip dengan busa sabun. Sistem ini digunakan untuk memadamkan api dalam cairan yang mudah terbakar yang lebih ringan dari air. Busa mengapung di atas cairan dan menghilangkan oksigen dari api.



Gambar 4.126 sistem busa

LISTRIK

Gardu Listrik, Papan Saklar, Starter Motor, Dan Busway

Gardu listrik unit sekunder, terkadang disebut pusat daya, adalah rakitan kopling tertutup yang terdiri dari transformator daya tiga fase, bagian saluran masuk tegangan tinggi tertutup, dan bagian saluran keluar tegangan rendah sekunder tertutup yang mencakup peringkat listrik berikut:

- Trafo kVA: 112,5 hingga 2500 (peringkat pendinginan sendiri) koil berisi cairan, tipe

kering, atau cor

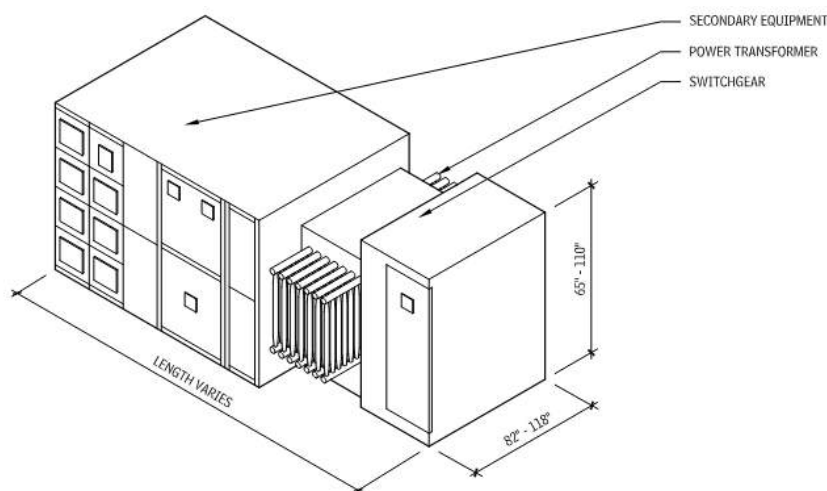
- Tegangan primer: 2,4 kV hingga 34,5 kV
- Tegangan sekunder: 208, 240, 480, atau 600 V (maksimum)

Untuk informasi tentang ruang lorong, ventilasi, area servis, dan persyaratan kondisi bangunan khusus, lihat Kode Listrik Nasional.

Starter Motor

Ada empat jenis starter dijelaskan di sini: starter fase tunggal manual, starter motor magnetik, starter kombinasi magnetik, dan unit padat.

- Starter fase tunggal manual dirancang untuk memberikan perlindungan kelebihan beban yang positif, akurat, dan bebas masalah pada motor fase tunggal dengan daya hingga 1 HP. Aplikasi tipikal adalah kipas, peralatan mesin, motor, HVAC, dan sebagainya. Tegangan maksimum adalah 240 V AC.
- Starter motor magnetik dirancang untuk kontrol lintas-jalur motor sangkar bajing atau sebagai kontrol utama untuk motor rotor lilitan. Starter dapat disediakan untuk aplikasi non-pembalikan, pembalik, dan dua kecepatan. Tegangan maksimum adalah 600 V AC; tenaga kuda maksimum adalah 200 HP.
- Starter kombinasi magnetik dirancang untuk kontrol lintas-jalur motor sangkar bajing, atau sebagai kontrol utama untuk motor rotor lilitan. Selain itu, starter ini menyediakan sarana pemutus dan perlindungan hubung singkat. Unit-unit ini tersedia untuk aplikasi non-pembalikan atau pembalik.
- Unit padat adalah motor starter bertegangan rendah, yang digunakan untuk mengurangi arus start dan torsi start yang tinggi. Aplikasi umum untuk pengontrol adalah pada motor yang digunakan pada derek, peralatan yang digerakkan sabuk, konveyor, fasilitas penanganan material, kompresor, dan peralatan pertukangan kayu. Unit-unit ini tersedia untuk motor AC dengan daya 5 hingga 900 HP.

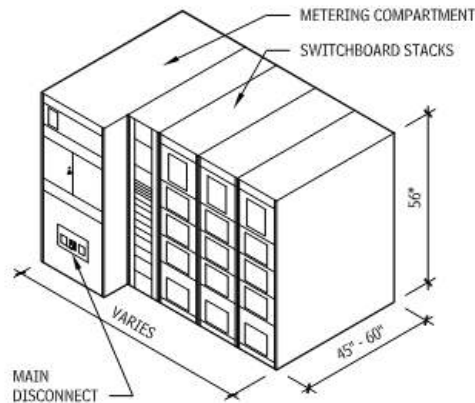


Gambar 4.127 gardu induk unit sekunder

Papan Saklar

Gambar 4.128 memperlihatkan kompartemen pengukuran, pemutus utama, meteran

pemeriksaan, dan bagian distribusi tegangan rendah. Lihat literatur produsen untuk jenis, ukuran, dan pengaturan; dan rujuk Kode Listrik Nasional untuk ruang lorong yang diperlukan, area servis, dan tata letak ruangan.



Gambar 4.128 papan saklar

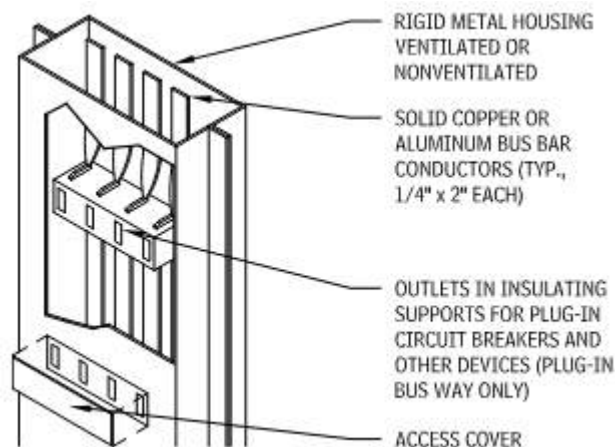
Pusat Kontrol Motor Tegangan Rendah

Pusat kontrol motor menyediakan metode untuk mengelompokkan kontrol motor, kontrol terkait, dan peralatan distribusi. Pusat-pusat ini dirancang untuk mengoperasikan mesin, proses industri, dan sistem bangunan komersial.

Sistem Busway

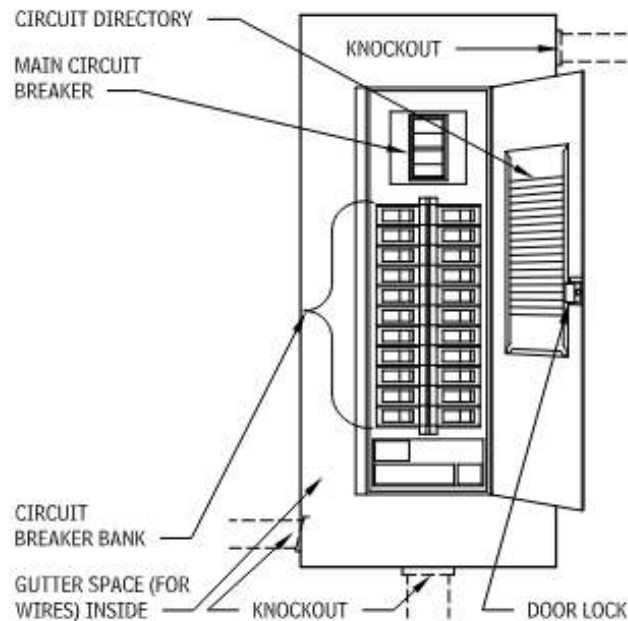
Sistem busway, baik tipe plug-in maupun feeder, mampu mengalirkan arus dari 50 hingga 5000 ampere. Sistem ini digunakan ketika blok daya tegangan rendah yang besar (hingga 600 V) harus ditransmisikan jarak jauh, atau ketika sambungan harus dibuat di berbagai titik, seperti pada riser vertikal di gedung perkantoran.

Berbagai peraturan membatasi lokasi di gedung tempat jenis-jenis busway yang berbeda dapat dipasang. Sangat disarankan untuk berkonsultasi dengan insinyur listrik sebelum menggunakan sistem ini. Rumah busway dapat digantung dari penopang atas, dipasang di dinding, atau ditopang ke struktur dalam instalasi riser vertikal.



Gambar 4.129 sistem busway

Papan Panel Listrik, Pemutus Sirkuit, Saklar Pemutus, Dan Sekering



Gambar 4.130 papan panel rumah tangga dan komersial

Tabel 4.131 dimensi panelboard

Jumlah Maksimum	Sirkuit	Dimensi Kotak (IN.)		
		Lebar	Tinggi	Kedalaman
12		9–15	13–20	3-3/4–4-5/8
20		9–15	20-1/4 –24	3-3/4–4-5/8
30		12–15	30–33	3-3/4–4-5/8
40		14–15	34–39	4–4-5/8

4.16 PENCAHAYAAN DAN KABEL CABANG

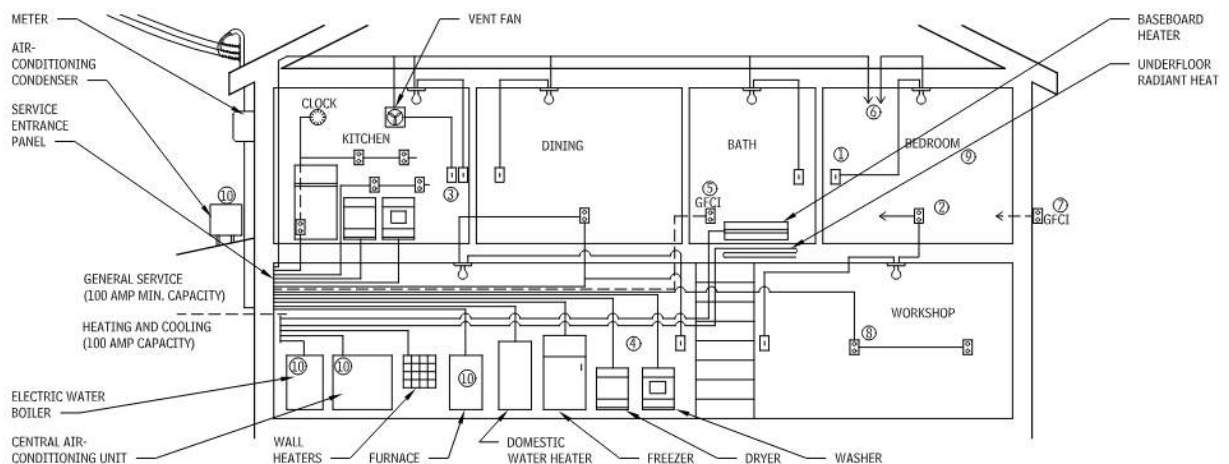
Kabel Listrik Perumahan

Persyaratan umum yang dijelaskan di sini untuk sistem kabel listrik perumahan dimaksudkan untuk digunakan bersama dengan Gambar 4.132, karena angka dalam tanda kurung setelah setiap persyaratan merujuk pada aspek gambar.

- Minimal satu stopkontak penerangan yang dikendalikan sakelar dinding diperlukan di setiap kamar yang dapat dihuni, lorong, tangga, garasi yang menempel, dan pintu masuk luar. Pengecualian berlaku di kamar yang dapat dihuni selain dapur dan kamar mandi, di mana satu atau lebih stopkontak yang dikendalikan oleh sakelar dinding diizinkan sebagai pengganti stopkontak penerangan. (1)
- Di setiap dapur, ruang keluarga, ruang makan, ruang kerja, ruang sarapan, ruang tamu, ruang keluarga, ruang berjemur, kamar tidur, ruang rekreasi, dan ruangan serupa, stopkontak harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak ada titik di sepanjang garis lantai yang berjarak lebih dari 12 kaki (diukur secara horizontal, dari stopkontak),

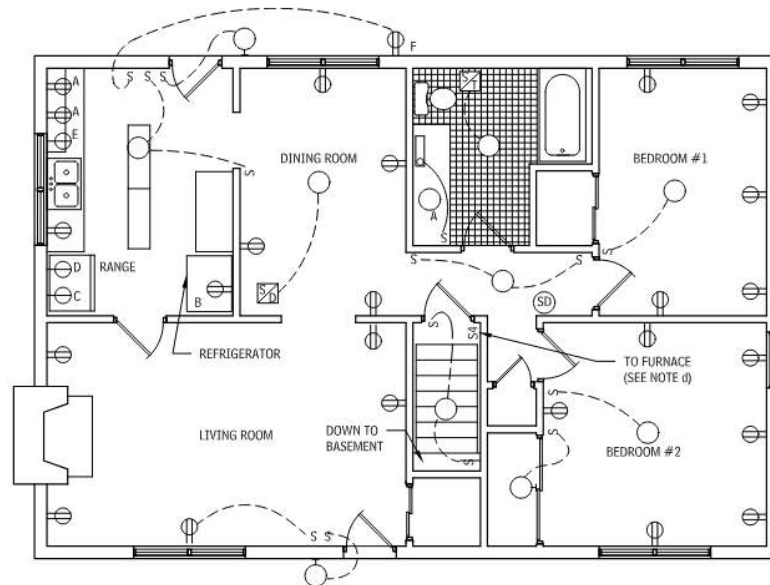
termasuk ruang dinding selebar 2 kaki atau lebih, dan ruang dinding yang ditempati panel geser di dinding eksterior. (2)

- Minimal dua sirkuit peralatan kabel #12 20-A diperlukan untuk hanya melayani stopkontak kecil, termasuk peralatan pendingin, di dapur, dapur kecil, ruang makan, ruang sarapan, dan ruang keluarga. Kedua sirkuit harus memanjang ke dapur; ruangan lain dapat dilayani oleh salah satu atau keduanya. Tidak ada stopkontak lain yang boleh dihubungkan ke sirkuit ini, kecuali stopkontak yang dipasang khusus untuk jam listrik. Di area dapur dan ruang makan, stopkontak harus dipasang di setiap ruang meja yang lebarnya lebih dari 12 inci. (3)
- Minimal satu sirkuit kabel #12 20-A harus disediakan untuk memasok daya ke wadah cucian, dan wadah tersebut tidak boleh memiliki stopkontak lain. (4)
- Minimal satu stopkontak harus dipasang di kamar mandi dekat wastafel dan harus dilengkapi dengan proteksi pemutus arus gangguan tanah. (5)
- Kode mengharuskan sirkuit 15 dan 20-A yang cukup untuk memasok daya 3 watt untuk setiap kaki persegi ruang lantai, tidak termasuk garasi dan area teras terbuka. Saran kode minimum adalah satu sirkuit per 600 kaki persegi, tetapi satu sirkuit per 500 kaki persegi diinginkan. (6)

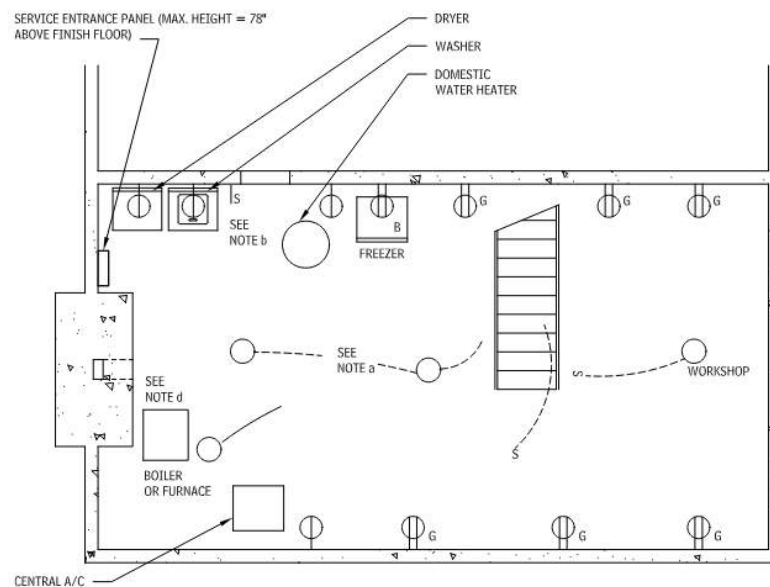


Gambar 4.132 diagram skematik tata letak listrik perumahan umum

- Minimal satu stopkontak luar diperlukan (dua diinginkan) dan harus dilengkapi dengan proteksi pemutus arus gangguan tanah. (7)
- Minimal satu stopkontak listrik diperlukan di ruang bawah tanah dan garasi, selain stopkontak di tempat cucian. Di garasi yang terhubung, stopkontak listrik harus dilengkapi dengan proteksi pemutus arus gangguan tanah. (8)
- Banyak peraturan bangunan yang mengharuskan adanya detektor asap di lorong di luar kamar tidur atau di atas tangga menuju kamar tidur di lantai atas. (9)
- Sakelar pemutus diperlukan untuk peralatan. (10)



Gambar 4.133 denah lantai pertama peralatan dan perangkat listrik



Gambar 4.134 rencana ruang dasar peralatan listrik

Legenda untuk rencana lantai pertama dan basement

- A. Pasang stopkontak praktis di lokasi meja dapur 2 inci di atas backsplash.
- B. Pasang stopkontak praktis 48 inci di atas lantai jadi (AFF).
- C. Kotak stopkontak kompor dan oven harus dipasang di dinding, 36 inci AFF. Gunakan sambungan fleksibel ke unit.
- D. Sakelar dan stopkontak untuk kipas angin buang. Sakelar harus dipasang di dinding di atas backsplash wastafel, dan stopkontak kosong harus dipasang dengan penutup di samping bukaan dinding kipas. Sakelar terpisah dapat dihilangkan jika kipas dilengkapi dengan sakelar integral.
- E. Stopkontak mesin pencuci piring dipasang di dinding di belakang unit, setinggi 6

inci di atas lantai jadi AFF.

- F. Dilengkapi dengan penutup kedap air yang dapat menutup sendiri dengan paking.
- G. Pasang setinggi 42 inci (sekitar 107 cm) di atas lantai jadi (AFF).

Tabel 4.135 daya watt rata-rata perangkat listrik umum

Jenis	Daya (Watt)
AC, sentral	2500-4000
AC, tipe ruangan	500-2500
Selimut listrik	180-250
Jam	2-3
Pengering pakaian	4000-6000
Mesin pencuci piring	1200-1500
Kipas portabel	100-120
Pemanas makanan	500-1000
Freezer	300-500
Wajan listrik	1000-1200
Pemanas tungku	500-1500
Pembuang sampah	350-1200
Pengering rambut	300-1200
Alat pemanas (inframerah)	250-750
Alat pemanas portabel	600-1500
Bantal pemanas	60-120
Setrika	1000 ke atas
Lampu pijar	15-150
Lampu neon	15-40
Lampu pohon Natal	15-45
Oven microwave	1200-2500
Mixer	120-250
Alat-alat listrik	hingga 1000
Proyektor (slide atau film)	300-500
Kompas (semua pemanas & oven)	4500-15000
Kompas (terpisah)	800-1400
Oven kompor (terpisah)	4000-8000
Kulkas (bebas bunga es)	400-600
Mesin jahit	60-90
Stereo (solid-state)	50-200
Televisi	250-1200
Penyedot debu	200-800
Mesin cuci otomatis	500-1200
Pemanas air	2000-5000

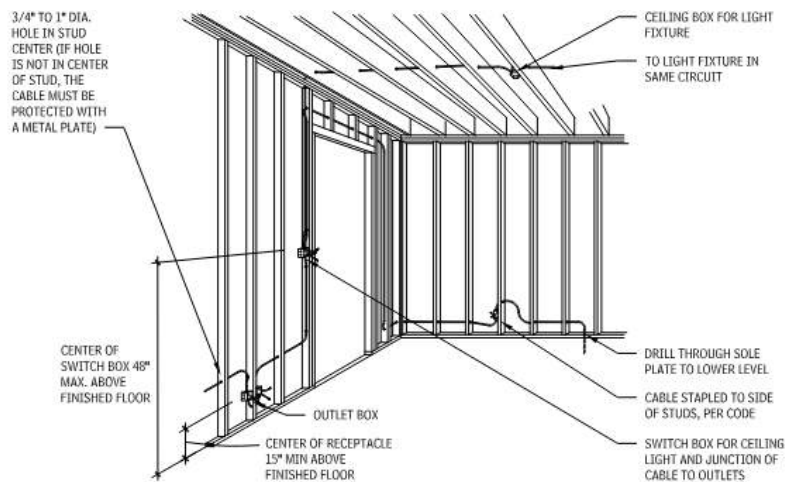
Tabel 4.136 perlindungan sirkuit cabang

Penerangan (Tujuan Umum)	Kabel #14	15 A
Peralatan Kecil	Kabel #12	20 A
Peralatan Individual	Kabel #12	20 A
	Kabel #10	30 A
	Kabel #8	40 A
	Kabel #6	50 A

Tabel 4.137 beban, rangkaian, dan wadah untuk peralatan listrik perumahan

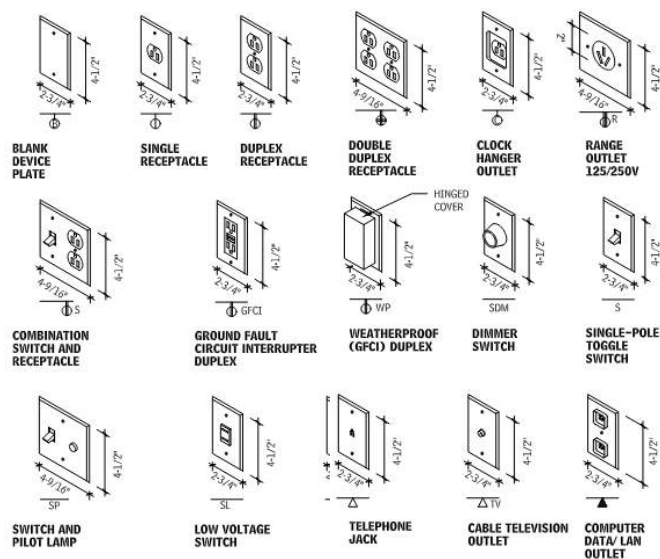
Peralatan	Volt-Ampere Terhubung Tipikal ^a	Volt	Kabel ^b	Pemutus Sirkuit atau Sekering ^c	Stopkontak pada Sirkuit	NEMA ^k Konfigurasi Perangkat dan Stopkontak
Peralatan dapur						
Kompas	12,000	115/230	3 # 6	60 A	1	14-60R
Oven Tanam ^e	4500	115/230	3 # 10	30 A	1	14-30R
Permukaan Kompas	6000	115/230	3 # 10	30 A	1	14-30R
Mesin Pencuci Piring	1200	115	2 x #12	20 A	1	5-20R

Pengolah Sampah	300	115	2 x #12	20 A	1	5-20R
Pemanggang	1500	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
Kulkas	300	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
Freezer	350	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
Binatu						
Mesin cuci	1200	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
Pengering	5000	115/230	3 x #10	30 A	1	14-30R
Mesin Setrika	1650	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
Area Hunian						
Bengkel	1500	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
Pemanas Portabel [#]	1300	115	2 x #12	20 A	1	5-20R
Televisi [#]	300	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
Utilitas tetap						
Pencahayaan tetap	1200	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
AC	1200	115	2 x #12	20 A atau 30 A	1	5-20R
AC Sentral	5000	115/230	2 x #10	40 A	1	
Pompa air	300	115	2 x #12	20 A	1 atau Lebih	5-20R
Sistem pemanas	600	115	2 # 12	20 A	1	
Kipas loteng	300	115	2 # 12	20 A	1 atau Lebih	5-20R



GAMBAR 4.138 PEMASANGAN KABEL UMUM PADA KONSTRUKSI KAYU

Outlet, Saklar, Dan Plat

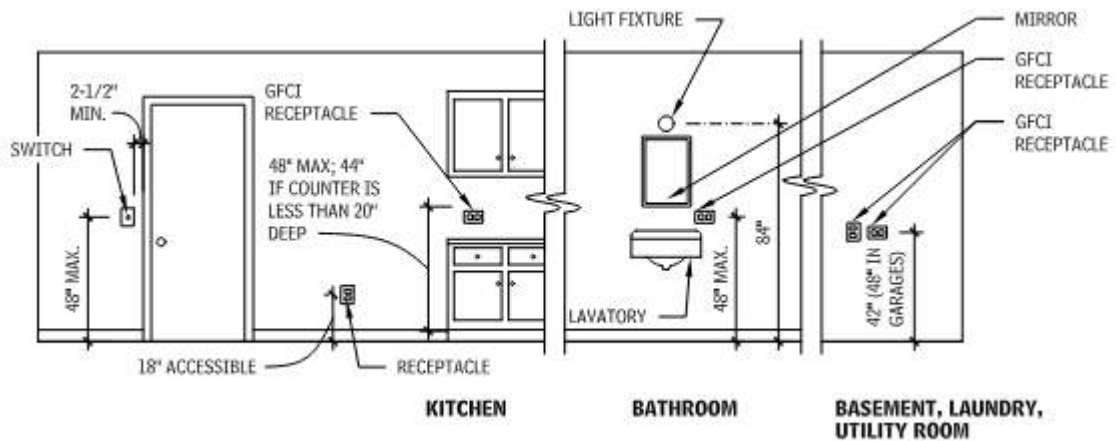


Gambar 4.139 stok listrik dan saklar

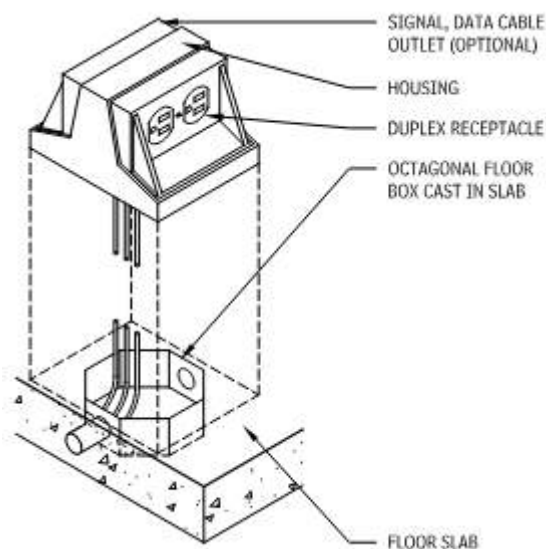
Stopkontak dan sakelar yang ditampilkan adalah yang paling umum digunakan. Jumlah kelompok di balik satu pelat dinding bergantung pada jenis perangkat yang digunakan.

Tabel 4.140 ukuran geng

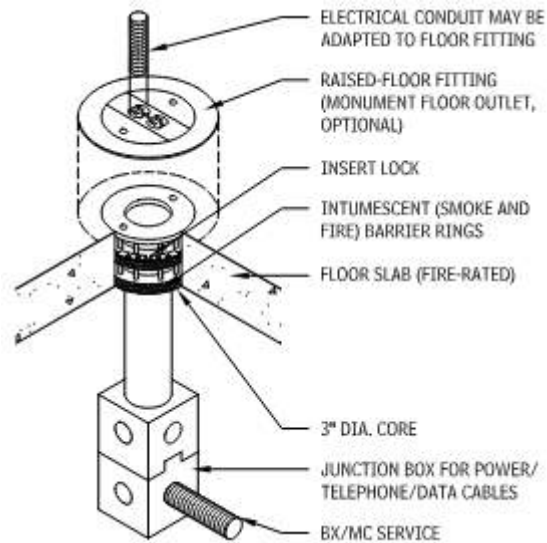
Gang	Horizontal (IN.)	
	Tinggi	Lebar
2	4-1/2	4-9/16
3	4-1/2	6-3/8
4	4-1/2	8-3/16
5	4-1/2	10
6	4-1/2	11-13/16



Tabel 4.141 lokasi saklar dan outlet



Gambar 4.142 outlet lantai monumen



Gambar 4.143 kotak listrik yang bisa dilepas

Unit ini dapat disesuaikan untuk mengakomodasi berbagai ketebalan lantai. Saat ditinggalkan, perlengkapan lantai diganti dengan pelat datar.

Sistem Pengkabelan Kabel Pipih

Sistem pengkabelan kabel pipih bawah karpet telah berkembang menjadi solusi yang layak untuk melayani kerja. Berdasarkan kode, kabel ini hanya dapat digunakan dengan karpet persegi untuk menyediakan akses yang dapat diterima. Meskipun ada beberapa keterbatasan dalam kinerja kabel komunikasi datar (telepon) dan komputer (data), perbaikan terus dilakukan. Kabel datar kini tersedia untuk distribusi jaringan area lokal (LAN), yang dapat diterapkan di tempat-tempat dengan kebutuhan komunikasi dan data yang luas.

Kabel-kabel ini berasal dari kotak transisi yang terletak di berbagai interval di sepanjang dinding koridor inti atau kolom yang secara individual dilayani dari pusat distribusi di ruang utilitas. Kotak juga dapat dicor di lantai atau di atas sisipan yang dapat ditembus. Kabel tidak diizinkan untuk melewati partisi tetap, dan harus dipetakan dengan hati-hati untuk meminimalkan persilangan dan kekacauan.

Untuk memasang perlengkapan layanan, rakitan dasar antarmuka harus terlebih dahulu diamankan langsung ke lantai beton di lokasi kabel datar. Rakitan dasar menyusuk konduktor kabel datar dan mengubahnya menjadi kabel bundar. Bila perlengkapan servis terpasang, perlengkapan tersebut diaktifkan dan siap digunakan.

Pertimbangan cermat harus diberikan pada penerapan sistem ini berdasarkan keterbatasan yang mungkin dapat diterima atau tidak dapat diterima dalam kondisi yang berbeda. Misalnya, sistem ini mungkin ideal untuk area kecil atau dalam renovasi bangunan yang sudah ada di mana sistem menembus lantai atau tiang listrik tidak dapat diterima atau tidak dapat digunakan. Di bangunan baru di mana menembus lantai telah dipilih sebagai sistem dasar, sistem kabel datar merupakan solusi yang layak di area di mana stopkontak menembus lantai tidak dapat dipasang, seperti pelat di atas tanah.

Jika perubahan dan penambahan sering dipertimbangkan, keausan yang diakibatkan pada ubin karpet yang mahal dan direkatkan dapat menjadi kerugian yang nyata. Meskipun

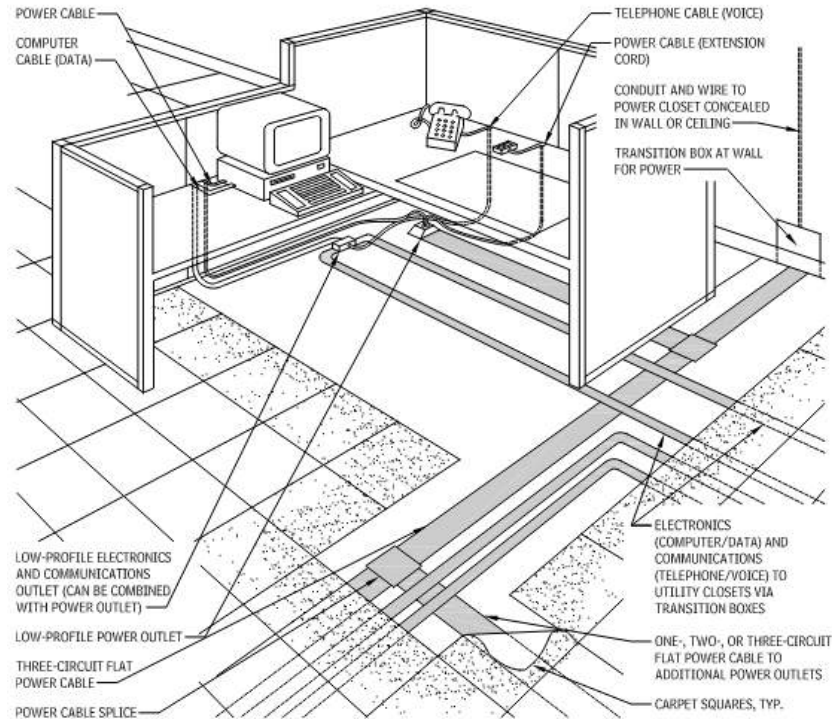
sistem ini tampak sederhana dan murah, sistem ini sangat padat karya, dan biaya awal pemasangan aktual serta biaya relokasi stopkontak sebanding dengan dek seluler dengan saluran kepala parit.

Istilah Pencahayaan

Istilah dan konsep berikut umumnya digunakan dalam bidang penerangan dan perkabelan cabang:

- **Pemberat (*Ballast*):** Perangkat yang menyediakan arus listrik, voltase, dan bentuk gelombang yang terkontrol untuk lampu jenis lucutan gas. Pemberat menyediakan energi yang diperlukan untuk memulai operasi lampu, dan membatasi arus yang mengalir melaluinya selama operasi setelahnya. Lampu pijar dan pijar halogen adalah sumber jenis resistif dan tidak menggunakan pemberat; lampu lain seperti neon (fluorescent) dan lucutan intensitas tinggi (HID) adalah jenis lucutan gas dan memang membutuhkan pemberat. Lampu pijar dan halogen tegangan rendah memang menggunakan trafo untuk menyediakan voltase yang tepat, tetapi tidak memerlukan tingkat kontrol sirkuit yang disediakan oleh pemberat untuk lampu neon dan HID.
- **Benda Hitam (*Blackbody*):** Pemancar energi ideal yang berada pada suhu seragam dan spektrum warna yang dipancarkannya adalah maksimum yang dapat dipancarkan oleh zat apa pun pada suhu yang sama. Radiasi benda hitam lebih mudah dipahami sebagai spektrum warna karakteristik yang dipancarkan dari pemancar sempurna pada suhu tertentu. Definisi dasarnya diperlukan untuk memahami ukuran kualitatif rendering warna.
- **Bohlam atau tabung:** Selubung kaca dari sebuah lampu.
- **Indeks Render Warna (CRI):** Ukuran pergeseran warna pada tampilan objek saat diterangi oleh sumber cahaya, dibandingkan dengan saat diterangi oleh sumber cahaya referensi dengan suhu warna yang sama. CRI diukur dalam persentase, dengan angka yang lebih tinggi mendekati rendering warna sumber cahaya referensi. CRI tidak boleh digunakan untuk membandingkan rendering warna antara sumber cahaya dengan suhu warna yang berbeda. Bahkan di antara lampu dengan suhu warna yang sama, perbedaan yang signifikan membutuhkan margin 3 hingga 5 poin persentase dalam CRI.
- **Suhu warna:** Standar warna sumber cahaya yang juga disebut sebagai suhu warna berkorelasi (CCT). Ini adalah suhu absolut dalam derajat Kelvin yang diperlukan benda hitam untuk memancarkan spektrum warna yang paling mirip dengan sumber cahaya tertentu. Saat suhu warna meningkat, efek umum dari sumber cahaya yang menghasilkan warna berubah dari merah (suhu warna rendah) menjadi biru (suhu warna tinggi). Harapan visual manusia terhadap apa yang tampak alami juga bervariasi dengan intensitas: pemandangan pencahayaan redup tampak lebih alami dalam suhu warna rendah (seperti cahaya api), sedangkan pemandangan pencahayaan terang tampak lebih alami dalam suhu warna tinggi (seperti langit biru). Lampu neon T8 standar memiliki CCT sekitar 4100°K, yang tampak dingin. Secara umum, suhu ini dianggap diinginkan dalam pengaturan kantor, sedangkan lampu berwarna lebih

hangat dengan CCT 3000°K atau kurang direkomendasikan untuk tempat tinggal dan lingkungan perhotelan. Cahaya alami siang hari sesuai dengan CCT sekitar 6000°K, langit mendung hingga 7000°K, dan langit biru antara 10.000 dan 30.000°K.



Gambar 4.144 sistem pengkabelan kabel data

- Efisiensi (LPW): Jumlah lumen cahaya yang dihasilkan untuk setiap watt listrik yang dikonsumsi. Ini adalah ukuran seberapa efisien sebuah lampu, tetapi belum tentu seberapa efisien sistem pencahayaan secara keseluruhan (termasuk *fixture* dan kondisi ruangan). Efisiensi sistem total juga harus menyertakan energi pemberat (*ballast*) lampu dalam sistem selain pencahayaan pijar. Perlu diingat bahwa peringkat lumen sangat mirip dengan peringkat mil per galon EPA pada mobil; yaitu, lumen terukur untuk lampu diukur dalam kondisi ideal. Daya listrik, bentuk gelombang, suhu udara, posisi operasi, dan kondisi lainnya dibatasi dalam tes standar agar perbandingan akurat dengan lampu lain dapat dilakukan secara setara. Pemberat yang digunakan dalam pengujian adalah versi laboratorium yang sangat sensitif dan biasanya menghasilkan lebih banyak cahaya dari lampu daripada pemberat yang tersedia secara komersial. Dalam kebanyakan kasus, kombinasi lampu dan pemberat yang terpasang tidak akan menghasilkan cahaya sebanyak lumen yang terukur, bahkan dalam kondisi awal.
- Iluminasi (Illuminance): Kepadatan cahaya pada suatu permukaan, diukur sebagai candela per kaki persegi atau footcandles (fc), dan dilambangkan dengan simbol "E". Ini analog dengan galon air yang disalurkan pada satu kaki persegi rumput. Kalikan fc dengan 10,76 untuk mendapatkan satuan metrik, lux.
- Penerangan (Illumination): Istilah umum untuk tingkat footcandles iluminasi, tetapi juga digunakan dalam arti yang lebih umum untuk menggambarkan cara menerangi

suatu ruangan. Untuk kejelasan, ketika digunakan untuk merujuk pada tingkat footcandle, istilah tingkat penerangan lebih disukai.

- **Lampu:** Sumber cahaya yang digunakan dalam perlengkapan untuk menghasilkan energi tampak. Banyak perlengkapan menggunakan lebih dari satu lampu.
- **Lumener:** Perlengkapan penerangan termasuk rumah, lampu, ballast, lensa, reflektor, dan kisi-kisi atau penyekat. Beberapa komponen ini bersifat opsional atau mungkin menjadi bagian dari lampu.
- **Kecerahan (Luminance):** Kecerahan cahaya yang dipancarkan oleh, dipantulkan dari, atau ditransmisikan melalui suatu permukaan. Kecerahan diukur sebagai footlamberts (fL), meskipun satuan pengukuran tersebut tidak lagi umum digunakan. Kecerahan sebagai luminance pantulan adalah hasil kali footcandles insiden pada permukaan dikalikan dengan persentase cahaya tampak yang dipantulkan darinya. Luminance transmisi, serupa, adalah hasil kali footcandles insiden pada permukaan dikalikan dengan persentase cahaya tampak yang ditransmisikannya. Satuan luminance adalah cd/ft^2 .
- **Fluks cahaya:** Aliran cahaya dari suatu sumber, diukur dalam lumen (lm). Ini analog dengan laju aliran air melalui selang taman.
- **Intensitas cahaya:** Energi radiasi yang dipancarkan oleh suatu sumber, diukur dalam candela (cd), dan dilambangkan dengan simbol "I." Ini analog dengan tekanan air dalam selang.

Organisasi yang dapat dihubungi untuk informasi lebih lanjut dalam bidang subjek ini meliputi:

- *American National Standards Institute (ANSI):* ANSI menerbitkan sistem nomenklatur untuk penamaan lampu, termasuk karakteristik listrik, kinerja, dan spesifikasi fisiknya. Penamaan dan spesifikasi ini membantu memastikan pertukaran di antara lampu dan ballast dari berbagai produsen.
- *Illuminating Engineering Society of North America (IESNA):* IESNA adalah organisasi profesional pencahayaan yang menyediakan otoritas teknis yang diakui dalam bidang pencahayaan. Misi yang dinyatakan adalah "untuk meningkatkan lingkungan yang terang dengan menyatukan mereka yang memiliki pengetahuan tentang pencahayaan dan dengan menerjemahkan pengetahuan tersebut ke dalam tindakan yang bermanfaat bagi masyarakat." Lihat www.iesna.org/ untuk keterangan lebih lanjut.
- *International Commission on Illumination (CIE):* Mempromosikan kerja sama internasional dan pertukaran informasi di antara negara-negara anggota sebagai organisasi teknis, ilmiah, dan budaya. Lihat www.cie.co.at/cie/home.html untuk keterangan lebih lanjut.
- *National Electrical Manufacturer Association (NEMA):* NEMA menerbitkan standar uji untuk lampu, bohlam, alas lampu, dan dudukan, serta untuk ballast, sebagai bagian dari program standar pencahayaannya.

Pertimbangan Desain Pencahayaan

Dalam sebagian besar upaya arsitektur, desain pencahayaan memiliki tujuan kuantitatif

dan kualitatif. Ini mencakup pertanyaan seperti apakah cahayanya sudah cukup dan apakah karakternya sesuai. Desain pencahayaan juga melibatkan pemikiran artistik dan ilmiah. Bentuk, tekstur, dan ruang direpresentasikan melalui kombinasi cahaya dan bayangan. Warna dan komposisi juga merupakan hasil langsung dari pencahayaan. Metode yang dipilih untuk mencapai hasil ini bersifat teknis dan merupakan teknologi yang paling cepat berubah di dalam bangunan.

Tabel 4.145 panduan pemilihan sumber cahaya

	Aplikasi
CCT^a Lampu (Kelvin, atau °K)	
<2500	Pencahayaan industri dan keamanan massal (pencahayaan HPS)
2700–3000	Tingkat cahaya rendah di sebagian besar ruang (<10 FC); pencahayaan umum residensial; hotel, restoran keluarga dan fine dining; taman hiburan
2950–3200	Pencahayaan pajangan untuk ritel dan galeri; pencahayaan fitur
3500–4100	Pencahayaan umum di kantor, sekolah, toko, industri, medis; pencahayaan pajangan; pencahayaan olahraga
4100–5000	Pencahayaan aplikasi khusus di mana pembedaan warna sangat penting; tidak umum untuk pencahayaan umum
5000–7500	Pencahayaan aplikasi khusus di mana pembedaan warna penting; tidak umum untuk pencahayaan umum
CRI^b Minimum Lampu	
<50	Industri nonkritis, gudang, dan pencahayaan keamanan
50–70	Industri dan pencahayaan umum, di mana warna tidak penting
70–79	Sebagian besar kantor, ritel, sekolah, medis, dan ruang kerja atau rekreasi
80–89	Ritel, ruang kerja, dan ruang residensial, di mana kualitas warna penting
90–100	Ritel dan ruang kerja, di mana reproduksi warna sangat penting

Pertimbangan teknis dimulai dengan hal berikut:

- Tingkat pencahayaan footcandle (fc)
- Efektivitas pencahayaan (lumen per watt, LPW)
- Indeks Rendering Warna (CRI)

Ketiga faktor dasar ini berhubungan dengan memiliki cahaya yang cukup, menggunakan sumber pencahayaan yang hemat energi, dan menyediakan spektrum warna dari sumber cahaya yang cukup luas dan seimbang dengan benar untuk tugas visual. Oleh karena itu, ketiga keputusan mendasar ini memerlukan pemahaman tentang tugas pencahayaan yang sedang dipertimbangkan dan cara mencocokkan tugas tersebut dengan metode pencahayaan yang tepat.

Di luar ketiga faktor dasar ini, ada sejumlah masalah desain pencahayaan terkait dan fitur sistem pencahayaan yang sesuai untuk digabungkan. Setiap situasi pencahayaan akan memprioritaskan hal ini secara berbeda, tetapi berikut adalah beberapa pertimbangan mendasar, beberapa di antaranya dibahas secara lebih rinci nanti di bagian ini.

Faktor Manusia

Fisiologi penglihatan manusia dan gagasan kenyamanan visual memengaruhi desain pencahayaan dalam beberapa cara.

- Mata manusia yang sehat dapat menyesuaikan diri dengan tingkat kecerahan pemandangan yang berbeda dengan mengecilkan atau melebarkan pupil, yang berarti bahwa tingkat kontras lebih penting dalam beberapa aspek daripada tingkat pencahayaan kuantitatif.
- Adaptasi juga penting dalam perencanaan perbedaan antara tingkat iluminasi siang dan malam. Ini karena penghuni terbiasa dengan tingkat kecerahan luar ruangan di siang hari, sehingga tingkat iluminasi interior yang lebih tinggi dibutuhkan untuk tingkat adaptasi mereka. Oleh karena itu, tingkat daya pencahayaan malam hari bisa jauh lebih rendah. Perangkat peredup atau sakelar bertahap dapat membantu mengontrol tingkat pencahayaan.
- Sensitivitas perseptual mata manusia pada dasarnya adalah respons logaritmik terhadap kecerahan. Umumnya, peningkatan tingkat kecerahan 50 persen diperlukan untuk menghasilkan kesan subjektif perubahan tingkat satu orde besaran dalam iluminasi. Jadi, untuk situasi pencahayaan yang sama, perbedaan antara 10 fc dan 15 fc iluminasi secara persepsi sama dengan perubahan dari 50 fc menjadi 75 fc dan 100 fc menjadi 150 fc.
- Tidak semua kecerahan dipersepsikan secara sama. Agar tampak seterang 50 fc dari lampu neon 3500°K atau lampu pijar 2850°K bagi mata manusia, lampu natrium tekanan rendah perlu menghasilkan hampir 100 fc; lampu natrium tekanan tinggi juga perlu menghasilkan sekitar 90 fc; dan lampu merkuri sekitar 60 fc. Di sisi lain, lampu neons 6500°K akan menghasilkan tingkat iluminasi subjektif yang sama hanya pada 40 fc; sinar matahari akan setara pada 37 fc; dan lampu neons 7500°K hanya membutuhkan 36 fc.
- Penglihatan memiliki kemampuan yang jelas untuk membedakan detail dalam bayangan dalam kerucut sempit penglihatan foveal, berbeda dengan kerucut penglihatan perifer yang lebih lebar. Ini berarti bahwa representasi ruang secara fotografis atau virtual tidak akan pernah sama persis dengan pengalaman langsungnya.
- Proses penuaan manusia menurunkan kemampuan mata untuk fokus dan bahkan untuk melihat kecerahan. Seiring bertambahnya usia, lensa pasti akan menjadi lebih padat dan kurang elastis, sehingga kemampuan manusia untuk fokus pada objek dalam jarak 2 kaki berkurang (presbiopia). Presbiopia bersifat progresif antara usia seseorang di usia 40-an dan 60-an. Menguningnya lensa secara bertahap juga mengurangi jumlah cahaya yang masuk ke mata. Pada usia 60 tahun, rata-rata mata manusia yang sehat hanya menerima sepertiga dari apa yang diterima mata orang berusia 20 tahun. Gejala penuaan yang serupa meliputi hilangnya ketajaman pada detail halus, akomodasi yang lebih lambat terhadap perubahan mendadak pada tingkat cahaya, penurunan diskriminasi warna, silau yang disebabkan oleh kekeruhan lensa, dan bidang visual yang menyempit sekitar 1° hingga 3° per dekade. Beberapa faktor penuaan ini tentu saja dapat diimbangi dengan cahaya tambahan, tetapi yang lain memerlukan cahaya berkualitas tinggi, rasio kontras yang tepat, dan desain yang penuh pertimbangan.
- Desainer dan pemilik bangunan yang tercerahkan terus-menerus mengambil

perspektif yang lebih luas dan pandangan ekonomi siklus hidup tentang pencahayaan. Pencahayaan berkualitas kini lebih sering dilihat sebagai peluang desain dan investasi dalam produktivitas manusia dan kenyamanan penghuni.

Ekonomi Energi Dalam Pencahayaan

Pencahayaan menyumbang sekitar 35 persen dari penggunaan listrik di gedung komersial pada umumnya, sekitar 8 persen di sektor perumahan, dan sekitar 10 persen dari konsumsi energi industri. Menghubungkan konsumsi energi lokasi dengan inefisiensi produksi energi sumber melibatkan rasio sekitar 3,3 unit energi sumber yang digunakan per 1,0 unit energi yang dikonsumsi. Secara keseluruhan, pencahayaan menyumbang sekitar 8 persen dari total energi primer yang digunakan di Amerika Serikat pada tahun 2001, dan menghabiskan sekitar 22 persen dari seluruh listrik AS yang dihasilkan tahun itu.

Kode Energi

Standar ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1 "Standar Energi untuk Bangunan kecuali Bangunan Hunian Berlantai Rendah" adalah bagian dari Kode Energi Model. Standar ini diterbitkan pada Desember 2004 dan melengkapi versi-versi sebelumnya. Kepatuhan terhadap standar ini bervariasi tergantung pada adopsi oleh yurisdiksi negara bagian dan lokal. Namun, semua lembaga penegak kode diwajibkan untuk mengembangkan seperangkat peraturan yang setidaknya sama ketatnya dengan Kode Model 90.1.

Peraturan ini didasarkan pada anggaran daya maksimum dari watt daya pencahayaan yang diizinkan per kaki persegi, kaki linier, atau instalasi individual. Rasio watt per kaki persegi ini disebut kepadatan daya pencahayaan (LPD), atau secara alternatif disebut kerapatan daya unit (UPD) atau tunjangan daya pencahayaan (LPA). LPD yang diizinkan di bawah Kode Model bergantung pada jenis bangunan, hunian, atau kategori penggunaan area. Pengecualian diberikan sesuai kebutuhan untuk instalasi yang sangat penting.

Pola Sinar

Distribusi cahaya dari lampu telanjang atau luminer pada dasarnya dapat dianggap memiliki pola titik, normal, atau sorot, tergantung pada sebaran sinar. Data fotometrik ini biasanya ditunjukkan dalam data produk pabrikan sebagai kurva distribusi daya lilin (CDC). CDC adalah plot koordinat kutub yang secara grafis menunjukkan keluaran candela dari perlengkapan pada setiap sudut relatif terhadap satu sumbu perlengkapan. CDC juga menunjukkan sudut potong atau sudut pelindung, di atas sudut tersebut tidak ada cahaya yang dipancarkan.

Pencahayaan Tugas Dibandingkan Dengan Pencahayaan Suasana

Pencahayaan tugas dan penerangan umum sering kali paling baik dipertimbangkan dan diberikan secara terpisah. Lampu tugas disediakan oleh penerangan titik-ke-titik langsung dari perlengkapan atau perlengkapan ke satu titik pada permukaan seperti bagian tengah meja. Cahaya ambient adalah tingkat penerangan seragam yang disediakan di ruangan dari sisi perlengkapan yang berjarak seragam.

Memberikan tingkat iluminasi tugas dengan pencahayaan suasana umumnya boros jika tingkat footcandle yang tinggi hanya dibutuhkan di sebagian kecil area. Namun, kadang-kadang dapat diterima untuk memberikan pencahayaan tingkat tugas ke permukaan kerja dengan

sistem penerangan umum, kemudian mengandalkan cahaya pantulan dari fixture yang sama untuk menyediakan tingkat cahaya suasana latar belakang yang lebih rendah di antara permukaan tugas, seperti di jalur sirkulasi.

Iluminasi Suasana Langsung Berbanding Tidak Langsung

Pencahayaan tidak langsung berasal dari lumener gantung yang memancarkan 90 hingga 100 persen cahayanya ke atas, di mana cahaya tersebut kemudian dipantulkan ke seluruh ruangan. Di sisi lain, *fixture* pencahayaan langsung memancarkan 90 hingga 100 persen cahayanya langsung ke permukaan tugas atau ke arah umum permukaan yang akan diterangi.

Pencahayaan tidak langsung menghasilkan distribusi cahaya yang seragam dengan bayangan dan silau yang berkurang. Ini sangat dihargai di mana permukaan kerja didominasi oleh layar komputer, sehingga silau pantulan dari lampu yang terbuka lebih kecil kemungkinannya untuk memantul dari permukaan tugas visual vertikal. Pencahayaan langsung ke bawah lebih efisien daripada pencahayaan tidak langsung karena tidak mengandalkan taktik memantulkan cahaya dari berbagai permukaan ruangan; tetapi pencahayaan langsung jelas lebih rentan menciptakan silau. Lumener langsung-tidak langsung, yang menyediakan keseimbangan kedua teknik ini, juga bisa menjadi kompromi menguntungkan yang menangkap atribut terbaik dari masing-masing metode.

Integrasi Cahaya Siang Hari

Sistem pencahayaan siang hari hanya memberikan penghematan energi dan pengurangan beban pendinginan jika pencahayaan buatan dinyalakan atau diredupkan secara proporsional dengan cahaya alami yang diterima. Peredupan yang dikontrol fotosel dapat mengotomatiskan proses ini, tetapi juga memungkinkan untuk menyalakan lampu listrik secara manual di baris terpisah yang sejajar dengan bukaan atau jendela pencahayaan siang hari.

Dalam kedua kasus tersebut, pencahayaan listrik secara umum harus dianggap sebagai pelengkap cahaya matahari alami. Bentuk lain dari integrasi cahaya matahari adalah memadukan cahaya matahari dan cahaya listrik sebelum keduanya memasuki ruangan. Jika cahaya matahari digunakan, pencahayaan yang memadai juga diperlukan untuk penggunaan di malam hari.

Peredupan Dan Kontrol

Selain menyalakan dan meredupkan secara manual, ada tren menuju kontrol yang lebih dinamis yang mengotomatiskan pengoperasian pencahayaan dan memungkinkan pemrograman dan penggunaan sesuai permintaan berbagai pemandangan pencahayaan yang mungkin diperlukan di suatu ruangan. Ada juga semakin banyak cara praktis untuk menghemat energi melalui kontrol yang mendeteksi keberadaan cahaya matahari atau ketidakhadiran penghuni.

Silau Dan Kontrol Kontras

Silau bagi cahaya sama halnya dengan kebisingan bagi akustik. Rasio kecerahan berlebih yang diukur antara permukaan latar depan dan latar belakang didefinisikan sebagai silau. Silau sumber langsung dari lampu dikontrol oleh sudut potong rumah lumener atau kisi-

kisi. Silau pantulan dikontrol dengan membatasi geometri kerucut cahaya yang meninggalkan lumener dan dengan tidak adanya permukaan tugas yang mengilap atau sangat reflektif. Silau dari pantulan yang menutupi dialami saat silau langsung dari permukaan reflektif bercampur dengan pantulan yang menyebar dari permukaan yang sama, seperti dari halaman majalah yang mengilap atau dari pelat kaca jendela.

Pelanggaran Cahaya Dan Kampanye Untuk Langit Gelap

Penggunaan pencahayaan eksterior yang sembarangan atau ceroboh atas nama keamanan atau penerangan lanskap secara langsung menyebabkan pelanggaran cahaya di properti tetangga dan berkontribusi terhadap "cahaya langit" perkotaan yang mencemari pemandangan langit malam. Pelanggaran cahaya melanggar hak orang lain dengan mengganggu ruang mereka.

Hal ini juga menciptakan pengalaman "bom silau" luar ruangan dalam bentuk lampu yang terbuka dan lumener yang sangat terang. Ironisnya, distribusi cahaya horizontal seperti itu juga terbukti memberikan silau yang melindungi aktivitas kriminal bahkan di tempat yang seharusnya memberikan pencahayaan keamanan. Demikian pula, polusi langit malam merusak pemandangan bintang, mengancam habitat satwa liar, dan membuang-buang energi pada cahaya yang tidak pernah menyentuh permukaan target yang dituju.

Penanggulangan difokuskan pada mengarahkan semua cahaya eksterior ke bawah ke permukaan horizontal rendah tempat pencahayaan berguna dan tidak mengganggu orang lain. Direkomendasikan agar tidak ada kecerahan sumber lumener yang terlihat dari area selain tepat di bawah bukaan aperture-nya. Dalam hal pola distribusi cahaya, jenis perlengkapan ini memiliki seberkas cahaya sempit yang diarahkan ke bawah dengan sudut pemotongan atau pelindung rendah yang mencegah cahaya terlihat di sisi perlengkapan.

Panas Pencahayaan Sebagai Beban Pendinginan Termal

Semua energi yang digunakan untuk menyalakan lampu listrik langsung diubah menjadi panas. Di ruangan ber-AC selama bulan-bulan hangat, ini berarti bahwa listrik penerangan yang digunakan secara tidak efisien atau berlebihan dibayar dua kali: pertama untuk menyalakan lumener dan kemudian membuang panas yang dihasilkan dengan pendinginan mekanis. Bahkan dalam cuaca dingin, di mana panas buangan dari penerangan mungkin tampak berguna untuk menghangatkan interior, lebih ekonomis untuk menyediakan panas yang sama dengan sistem pemanas yang efisien daripada dengan apa yang berarti sistem pemanas resistansi listrik yang sangat tidak efisien dari cahaya listrik yang tidak dibutuhkan.

Umur Lampu, Jadwal Penggantian Lampu, Dan Perawatan Perlengkapan

Faktor-faktor ini saling terkait dalam sejumlah cara yang memengaruhi ekonomi penerangan. Pertama, jadwal perawatan dan penggantian lampu yang tepat akan memungkinkan desain sistem penerangan yang lebih kecil, dibandingkan dengan sistem yang kurang terawat dengan baik. Kedua, sistem yang lebih kecil ini akan lebih murah pada awalnya, dan lebih murah untuk dioperasikan, dan juga dapat mengurangi ukuran sistem pendingin yang harus dipasang dan dioperasikan untuk mengimbangi panas buangan cahaya.

Degradasi Lumen Lampu (Lld)

Berbagai jenis lampu memiliki kurva degradasi yang khas. Oleh karena itu, dalam pencahayaan tugas titik-ke-titik, sebaiknya gunakan peringkat lumen lampu rata-rata daripada peringkat lampu baru. Untuk perhitungan pencahayaan sekitar, LLD adalah salah satu dari beberapa faktor yang membentuk faktor kehilangan cahaya keseluruhan (LLF) yang digunakan untuk memperkirakan tingkat cahaya rata-rata yang dipertahankan selama pengoperasian sistem. Dalam kedua kasus tersebut, penting untuk dipahami bahwa tingkat pencahayaan yang dicapai dalam sistem baru tidak sama dengan kondisi pengoperasian rata-rata sistem.

Stabilitas Warna Lampu (Atau Konsistensi)

Sebagian besar jenis lampu akan mengalami beberapa perubahan suhu warna selama masa pakainya. Ada juga beberapa variasi suhu warna aktual di antara sampel acak dari satu produk lampu tertentu.

Peluang Desain Pencahayaan

Arsitek berada dalam posisi terbaik untuk memadukan sumber cahaya dengan struktur bangunan. Jika konsultan atau desainer pencahayaan merupakan bagian dari tim desain, tugas desainer pencahayaan adalah membantu arsitek dengan merekomendasikan lumener yang tepat untuk mewujudkan citra bercahaya arsitek. Tugas desainer pencahayaan juga adalah menyempurnakan posisi lumener untuk kenyamanan dan efisiensi maksimum dalam menyingkapkan struktur dan ruang serta menyediakan pencahayaan tugas yang tepat untuk aktivitas di dalam ruang.

Proses desain pencahayaan mengikuti alur yang mirip dengan desain arsitektur:

1. Pemrograman
2. Desain skematis
3. Pengembangan desain
4. Dokumen konstruksi
5. Pengadaan konstruksi
6. Administrasi konstruksi

Desain pencahayaan juga dapat mencakup langkah-langkah penyelesaian tambahan berupa penyesuaian akhir lumener yang dapat disesuaikan dan pemrograman kontrol pencahayaan setelah klien pindah dan menempati ruang tersebut.

Perancang pencahayaan harus memulai proses ini dengan bertemu dengan klien/pemilik untuk menentukan persyaratan fungsional dan estetika dari pengguna akhir proyek. Daftar tersebut harus mencakup keseluruhan citra (preferensi dan kesan) yang diinginkan oleh pemilik dan tim desain, serta berbagai tugas yang harus dilakukan dalam lingkup proyek. Sebagai hasil dari latihan ini, perancang akan dapat mengurutkan prioritas biaya awal, biaya siklus hidup, penggunaan energi, kenyamanan visual, dan estetika. Latihan ini juga harus mendidik klien tentang kemungkinan desain pencahayaan.

Desainer memiliki banyak pilihan dalam mempertimbangkan bagaimana desain pencahayaan memengaruhi suatu ruang:

- Efek: pencahayaan spot, lampu sorot, lampu latar, lampu sorot rendah, dan efek dramatis atau teatrikal lainnya

- Komposisi pemandangan pencahayaan: fokus, keseimbangan, urutan, dan sebagainya, sebagaimana ditampilkan oleh pola kecerahan dan bayangan
- Kilauan dan gemerlap: titik-titik cahaya kecil yang digunakan sebagai elemen visual tanpa menimbulkan silau sumber cahaya
- Permainan sinar dan permainan bayangan sebagai elemen figuratif
- Peranti keras perlengkapan sebagai elemen desain, furnitur, atau peranti keras arsitektur
- Konfigurasi: cara penerapan sistem pencahayaan
- Pencahayaan tugas: permukaan kerja, aksentuasi pencahayaan, karya seni, pajangan ritel
- Pencahayaan ambient: lampu pengisi latar belakang
- Pilihan pemasangan perlengkapan: permukaan, tersembunyi, liontin, ceruk, valiance
- Aplikasi: umum, tugas, ruang tinggi, pajangan, aksentuasi, papan tanda, fasad, lanskap, darurat, keamanan
- Kontrol: cara pencahayaan diatur agar sesuai dengan perubahan persyaratan
- Manual lokal pengaktifan/penonaktifan
- Peredupan manual lokal
- Sensor penghuni untuk pengaktifan otomatis di ruang yang tidak berpenghuni secara berkala, khususnya kantor kecil
- Peredupan dan pengaktifan multizona untuk pemilihan manual "pemandangan" pencahayaan yang telah ditetapkan sebagaimana diatur dalam pengontrol pemandangan yang dapat diprogram
- Fotosel untuk pengoperasian aktif/nonaktif otomatis yang dikaitkan dengan tingkat cahaya alami
- Jam waktu astronomi untuk aktif/nonaktif otomatis yang dikaitkan dengan matahari terbit/terbenam dan waktu dalam sehari

Antarmuka Pencahayaan

Sistem pencahayaan paling sering terhubung dengan sistem interior lainnya, terutama langit-langit. Lumener tersembunyi harus diperiksa jarak bebasnya dan kepatuhannya terhadap kode dengan rakitan tahan api yang ditembusnya, serta peringkat kontak insulasi (IC)-nya. Ukuran sistem pencahayaan, dengan beberapa faktor keragaman, juga berdampak langsung pada ukuran sistem pendinginan mekanis yang dibutuhkan. Yang terpenting, desain pencahayaan biasanya merupakan respons langsung terhadap penataan furnitur, jalur sirkulasi, dan pola penggunaan penghuni lainnya. Zonasi pencahayaan seluruh bangunan dapat diatur berdasarkan penggunaan cahaya matahari, jarak dari jendela, matahari musim panas timur dan barat yang tidak menguntungkan, dan kebutuhan kualitatif dan kuantitatif yang berbeda dari tugas visual yang dilakukan di area yang berbeda.

Peningkatan kinerja yang signifikan dicapai dengan penggunaan perlengkapan lampu penanganan udara. Perlengkapan neon umumnya tersedia sebagai perangkat penanganan udara atau statis. Bila digunakan sebagai perangkat pengembalian udara, perlengkapan penanganan udara ini membuang sebagian panas buangan dari perlengkapan sebelum menjadi bagian dari beban ruangan, sehingga mengurangi jumlah udara pendingin yang

dibutuhkan untuk menyiram ruangan. Hal ini juga menjaga lampu tetap dingin dan beroperasi lebih efisien, membuatnya tidak mudah berdebu, dan memperpanjang umur lampu. Perlengkapan neonsi penanganan udara diperkirakan memiliki efisiensi sistem 10 persen lebih besar daripada perlengkapan statis, yang berarti bahwa lumener statis rata-rata akan, secara rata-rata, menghasilkan keluaran tingkat cahaya 10 persen lebih sedikit sepanjang masa pakainya daripada perlengkapan penanganan udara yang dikonfigurasi dan dirawat secara identik. Akibatnya, kedua sistem akan menghasilkan tingkat footcandle awal yang sama saat masih baru, tetapi sistem penanganan udara dapat berukuran 10 persen lebih sedikit perlengkapan untuk memberikan tingkat pencahayaan yang sama.

Rincian Desain Pencahayaan

Standar desain pencahayaan yang pasti sulit ditetapkan. Kemajuan berkelanjutan dalam teknologi pencahayaan dan pembaruan cepat produk pencahayaan yang diakibatkannya kemungkinan akan membuat hal ini terjadi di masa mendatang. Warna, efikasi, kontrol, dan masa pakai lampu merupakan ukuran utama teknologi pencahayaan, dan ini terus berkembang dengan setiap katalog produk yang diterbitkan. Masa simpan data teknis tercetak dan informasi produk tentang pencahayaan kini begitu singkat sehingga semua kecuali yang paling terkini masih dipertanyakan.

Selain itu, informasi baru yang sangat banyak yang diterbitkan sulit untuk dikatalogkan, dicerna, dievaluasi, dan digunakan. Oleh karena itu, pedoman tertulis harus menyampaikan sesuatu tentang kemajuan dinamis dan perubahan dramatis yang dapat diharapkan terus berlanjut, daripada menawarkan gambaran statis dari satu titik waktu tertentu.

Arsitek disarankan untuk mengingat betapa cairnya industri ini dan mempertimbangkan dengan cermat informasi terkini yang tersedia untuk berbagai macam produk terkini. Keputusan terbaik saat ini mungkin berbeda dari keputusan terbaru lainnya di bidang ini. Sebaiknya gunakan data kinerja khusus produsen (seperti dari katalog terkini) dan evaluasi independen teknologi pencahayaan (seperti yang tersedia dari lembaga pemerintah terkait dan IESNA). Karena rangkaian produk yang kompetitif sering kali menggunakan istilah dan informasi pelabelan yang eksklusif, mungkin perlu juga berkonsultasi dengan literatur produk yang sesuai untuk membuat perbandingan dengan produk serupa dari pemasok lain.

Nilai Target Pencahayaan Untuk Berbagai Aktivitas Dalam Ruangan

Pemilihan tingkat footcandle (atau lux, dalam sistem metrik) harus dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor:

- Kategori iluminasi tugas visual
- Usia penghuni
- Tingkat kontras tugas
- Durasi tugas
- Tingkat kepentingan kritis kesalahan visual

Gunakan kategori iluminasi sebagai pedoman nilai tengah dan sesuaikan untuk mengakomodasi semua penghuni dan tugas di ruang tersebut. Ingatlah bahwa kualitas sama pentingnya dengan kuantitas, tetapi solusinya harus sesuai untuk semua individu. Lihat rekomendasi terkini untuk parameter aplikasi tertentu.

Nilai target pencahayaan untuk berbagai aktivitas dalam ruangan 4.146

KELOMPOK	KATEGORI	TUGAS VISUAL	FC
Tugas yang hanya sesekali melibatkan membaca atau pengamatan visual dekat	A	Ruang publik	3
	B	Orientasi sederhana	5
	C	Tugas sederhana	10
Tugas visual normal seperti yang ditemukan di sebagian besar bangunan	D	Tugas dengan kontras tinggi dan ukuran besar	30
	E	Baik kontras rendah atau ukuran kecil	50
	F	Kontras rendah dan ukuran kecil	100
Tugas visual kritis	G	Pencahayaan tugas untuk tuntutan visual yang sulit atau kritis	300

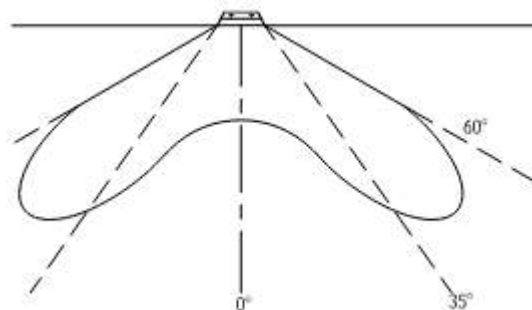
Metode Tugas Untuk Menghitung Pencahayaan (Pencahayaan Titik Ke Titik)

Untuk memperkirakan pencahayaan dari satu atau beberapa perlengkapan langsung ke bagian tengah area tugas visual seperti bagian tengah desktop, gunakan hukum kuadrat terbalik:

$(\text{candela sumber}) \div (\text{jarak dari sumber ke tugas})^2 \times \cos(\text{sudut datang antara sinar cahaya dari lumener dan garis yang memanjang normal dari permukaan tugas}), \text{ atau } fc = cd/d^2 \times \cos(\vartheta)$

Perhatikan bahwa keluaran candela dari lumener bervariasi menurut kurva distribusi daya lilin (CDC) dan sudut bidik perlengkapan. Pencahayaan satu titik tugas dari beberapa lumener hanyalah jumlah dari level fc individual yang disediakan oleh setiap perlengkapan.

Perhitungan pencahayaan tugas harus dilakukan dengan pemahaman bahwa keluaran awal perlengkapan dan lampunya akan menurun seiring bertambahnya usia dan bahwa permukaan ruangan tidak dianggap sebagai area pemantul cahaya yang berkontribusi terhadap pencahayaan pada tugas.



Gambar 4.147 pola distribusi cahaya luminaire

Salah satu dimensi ini dapat berupa tinggi rongga (H), yang merupakan jarak dari perlengkapan lampu ke bidang kerja yang diinginkan.

Metode Lumen Untuk Menghitung Pencahayaan (Pencahayaan Latar Belakang Yang Seragam)

Metode lumen atau rongga zonal digunakan untuk memperkirakan tingkat pencahayaan seragam yang dipertahankan dari ruangan dengan perlengkapan lampu yang berjarak seragam. Perkiraan ini memperhitungkan kontribusi cahaya pantulan dari permukaan ruangan dan, dengan demikian, menganggap ruangan itu sendiri, beserta geometri dan tingkat reflektansinya, sebagai bagian dari sistem pencahayaan. Pencahayaan yang dipertahankan dibedakan dari tingkat f_c awal dengan menyertakan faktor kehilangan cahaya (LLF) untuk estimasi faktor kehilangan cahaya yang dapat dipulihkan, yang meliputi:

- Kekotoran area
- Depresiasi kotoran permukaan ruangan
- Persentase lampu padam
- Depresiasi lumen lampu
- Depresiasi kotoran luminer

Faktor kehilangan cahaya yang tidak dapat dipulihkan meliputi:

- Suhu sekitar luminer
- Tegangan luminer
- Faktor efisiensi ballast
- Depresiasi permukaan luminer

Faktor kehilangan cahaya adalah produk matematis dari semua pertimbangan pemeliharaan yang berbeda ini, yang masing-masing dapat ditentukan dengan prosedur terperinci. LLF biasanya berkisar antara 0,6 hingga 0,8 dan dapat diperkirakan untuk tujuan yang sangat awal dengan beberapa pengetahuan tentang kondisi ruangan dan parameter operasi sistem pencahayaan.

Keluaran cahaya dari luminer dalam metode lumen tidak diambil dari kandela lampu seperti dalam metode pencahayaan tugas, melainkan sebagai total lumen dari perlengkapan dikalikan dengan efisiensi perlengkapan. Efisiensi perlengkapan ini disebut koefisien pemanfaatan (CU) dan ditentukan dari data uji fotometrik produsen sebagaimana dipublikasikan dalam literatur produk mereka.

Secara umum:

$$\text{footcandles } (f_c) = (\text{jumlah perlengkapan} \times \text{lumen per lampu} \times \text{lampu per perlengkapan} \times \text{CU} \times \text{LLF}) \div (\text{kaki persegi ruangan})$$

Jika hanya ada satu lampu di setiap perlengkapan, ini disederhanakan menjadi:

$$f_c = (\text{perlengkapan} \times \text{lumen} \times \text{CU} \times \text{LLF}) \div (\text{kaki persegi ruangan})$$

Jika tingkat iluminasi yang diinginkan diketahui tetapi jumlah perlengkapan tidak diketahui, maka istilah tersebut dapat disusun ulang sebagai:

$$(\text{jumlah perlengkapan}) = (f_c \times \text{kaki persegi ruangan}) \div (\text{lumen per perlengkapan} \times \text{CU} \times \text{LLF})$$

Selanjutnya, untuk memastikan pencahayaan yang seragam pada tugas tersebut, tata letak fikstur akhir perlu diperiksa terhadap rasio jarak yang diizinkan yang diberikan oleh produsen untuk fikstur yang digunakan. Melebihi rasio jarak akan mengakibatkan celah di antara fikstur yang menyebabkan tugas tidak akan diterangi sesuai tingkat f_c rata-rata yang

diprediksi. Perhatikan juga bahwa fikstur asimetris seperti lampu neon linier memiliki dua rasio jarak yang berbeda untuk menunjukkan sebaran sinar di sepanjang lebar fikstur, bukan di sepanjang panjang fikstur.

Penentuan CU merupakan kunci dari proses ini, dan melibatkan serangkaian perhitungan berdasarkan geometri ruangan, tinggi pemasangan fikstur, dan reflektansi permukaan ruangan. Untuk tujuan estimasi yang sangat awal dan kondisi ruangan yang umum, CU biasanya dapat diasumsikan dalam kisaran 0,5 hingga 0,8. Perhatikan bahwa CU sebesar 0,6 menunjukkan bahwa hanya 60 persen cahaya yang dihasilkan dalam fikstur akan mencapai permukaan tugas yang dimaksud. Ditambah dengan LLF hipotetis sebesar 0,7, ini berarti bahwa hanya $0,6 \times 0,7 = 42$ persen dari keluaran perlengkapan yang akan digunakan secara efektif dan bahwa tingkat fc operasi rata-rata hanya akan menjadi 70 persen dari iluminasi saat sistem masih baru. Semua energi yang digunakan untuk cahaya langsung diubah menjadi panas di dalam ruangan, tetapi cahaya yang tidak pernah mencapai permukaan tugas menjadi dua kali lebih bermasalah. Seharusnya jelas bahwa desain pencahayaan sekitar yang terperinci tidak boleh dimulai sampai nilai CU dan LLF ditetapkan dengan baik. Yang sama jelasnya, desain komponen yang lebih baik dalam perawatan dan kualitas menghasilkan faktor CU dan LLF yang lebih tinggi yang memberikan tingkat iluminasi yang sama dengan lebih sedikit energi pencahayaan yang terbuang dan perolehan panas interior.

Ballast

Kontrol lampu pelepasan gas selama penyalaan dan pengoperasian memerlukan perangkat ballast. Banyak perlengkapan tersedia dengan opsi ballast 120V atau 277V. Peralatan tegangan tinggi memungkinkan sistem distribusi listrik bangunan yang lebih sederhana dan ekonomis dengan konduktor yang lebih kecil (ampasitas lebih rendah). Ballast mengonsumsi sekitar 10 hingga 20 persen energi lebih sedikit daripada lampu yang dikontrolnya.

Selama sekitar 50 tahun, ballast standar adalah jenis magnet yang dililitkan dengan kawat. Teknologi ballast elektronik kini sudah umum digunakan. Ballast elektronik umumnya lebih efisien dalam mengoperasikan lampu pelepasan muatan dan juga memiliki kehilangan energi yang lebih rendah terkait dengan daya yang ditariknya sendiri. Ballast elektronik yang lebih canggih juga memiliki keuntungan lain:

- Ballast frekuensi tinggi dapat digunakan untuk menggerakkan lampu neon pada 20.000 Hz atau lebih (40.000 pulsa per detik) dan, dengan demikian, menghilangkan kedipan yang menyebabkan ketegangan mata yang terkait dengan ballast standar 60 Hz (120 pulsa per detik). Frekuensi tinggi ini juga menyebabkan lampu neon beroperasi lebih efisien daripada ballast elektronik standar.
- Selain itu, ballast elektronik tersedia dalam konfigurasi yang dapat direduksi untuk memungkinkan kontrol tingkat pencahayaan yang bertahap atau variabel terus-menerus.

Kekurangannya, balast elektronik **lebih sensitif terhadap panas** daripada balast magnetik. Balast elektronik dirancang untuk suhu sekitar di bawah 40,6°C (105°F) dengan suhu internal balast kurang dari 75°C (167°F). Balast magnetik, di sisi lain, memiliki suhu interior

maksimum 90°C (194°F). Ballast elektronik dilengkapi dengan sirkuit perlindungan termal yang mati saat terjadi panas berlebih, tetapi panas berlebih yang berulang dapat menyebabkan kegagalan ballast.

Faktor penting lainnya adalah bahwa karakteristik ballast disesuaikan dengan sejumlah aplikasi lampu yang terbatas. Kombinasi lampu dan ballast yang tidak cocok dapat mengakibatkan lebih dari sekadar kinerja yang buruk; hal itu juga dapat menyebabkan kegagalan bencana yang segera atau dalam jangka dekat. Kegagalan yang fatal dapat terjadi karena lampu pelepasan cenderung memiliki impedansi listrik negatif setelah mencapai suhu operasi setelah dinyalakan, sehingga ballast yang tidak cocok dapat menyebabkan kegagalan sirkuit secara tiba-tiba jika tidak diprogram untuk lampu yang digunakan.

Ballast elektronik peredup dapat menggabungkan kontrol tegangan rendah, dan dapat dikelompokkan ke dalam zona berukuran khusus dan dikontrol secara independen. Kabel tegangan rendah untuk tujuan ini menghindari perlunya saluran yang mahal dan mudah dimodifikasi saat pola penggunaan berubah. Kontrol tegangan rendah juga berfungsi dengan komponen kontrol lain seperti fotosel, sensor penghuni, dan sistem manajemen energi.

4.17 LAMPU

Bagian ini membahas pertimbangan desain untuk lampu dan menjelaskan berbagai jenis lampu.

Meskipun rendering warna, masa pakai lampu, dan peringkat efisiensi biasanya akan menentukan pilihan umum di antara keluarga lampu pijar, lampu neon, dan lampu HID, masih ada faktor terperinci lain yang perlu dipertimbangkan saat memilih lampu tertentu.

Sumber Cahaya Kecil

Sumber cahaya yang lebih kecil lebih mudah difokuskan, sedangkan sumber cahaya difusif yang besar seperti tabung neon cukup sulit diarahkan. Sumber lampu konvensional terkecil adalah filamen lampu MR halogen bertegangan rendah. Dengan filamen kecil, jauh lebih mudah untuk merancang dan membangun profil reflektor ke dalam bohlam lampu atau rumah lampu yang akan menghasilkan sebaran sinar yang diinginkan, dari titik yang sangat sempit hingga sorot yang sangat lebar. Dengan demikian, lampu kecil dengan filamen kecil biasanya lebih cocok untuk aplikasi pencahayaan tugas di mana kontrol pola sinar yang tepat lebih penting. Sumber cahaya yang lebih besar lebih sesuai untuk penerangan latar belakang sekitar di mana tingkat cahaya cukup seragam.

Pemeliharaan Lumen Dan Umur Lampu

Penurunan khas keluaran lumen dari lampu yang sesuai dengan usia dalam jam pengoperasian disebut faktor penyusutan lumen lampu (LLD). LLD diukur sebagai persentase dari lumen lampu asli dan dinilai sebagai persentase lumen asli yang masih tersisa pada 40 persen dari umur lampu yang dinilai. Umur lampu pada gilirannya ditentukan oleh jumlah jam operasi di mana 50 persen dari sampel besar lampu akan padam sepenuhnya. Karena lampu memiliki berbagai jam masa pakai yang diharapkan, degradasi LLD tidak dapat dibandingkan secara langsung dari satu lampu ke lampu lainnya. LLD dan umur lampu juga dipengaruhi oleh berbagai faktor tergantung pada teknologi lampu yang dipertimbangkan; posisi lampu,

tegangan operasi, suhu operasi, dan jam per siklus operasi on/off juga dapat memiliki dampak yang signifikan. Penggunaan peredupan yang produktif lainnya adalah kompensasi bertahap untuk penyusutan lumen lampu, di mana daya lampu ditingkatkan dari waktu ke waktu untuk mengimbangi penyusutan lumen.

Distribusi Warna Spektral Dan Pelapis Bohlam Fosfor

Lampu pelepasan gas mengandalkan uap konduktif seperti merkuri, halida logam, atau natrium untuk memancarkan energi foton saat dikenai arus yang mengalir melalui gas yang tertahan di dalam bohlam lampu atau kapsul busur. Dalam kasus merkuri, foton-foton ini sebagian besar menghasilkan energi ultraviolet yang tidak terlihat. Namun, saat foton meninggalkan lampu, foton tersebut dicegat oleh lapisan fosfor pada permukaan bohlam, tempat foton diserap dan ditukar dengan energi foton dalam spektrum tampak. Pertukaran foton ini terjadi dengan sangat efisien.

Fosfor yang berbeda memancarkan spektrum cahaya tampak yang berbeda, sehingga keseimbangan warna lampu dapat disesuaikan dengan aplikasi tertentu. Jenis halofosfor digunakan dalam lampu neon putih hangat dan putih dingin. Campuran trifosfor mengandung satu fosfat masing-masing untuk memperkuat bagian spektrum merah, hijau, dan biru. Lapisan halofosfor dan trifosfor digabungkan dan disetel dalam desain lampu untuk memvariasikan keluaran warna di seluruh spektrum dengan menyesuaikan jenis dan jumlah fosfor tertentu yang dipilih.

Komponen

Meskipun fungsi dasar lampu adalah mengubah energi listrik menjadi cahaya tampak, konstruksi lampu juga dapat menggabungkan reflektor, lensa, dan ballast internal. Fitur tambahan ini memungkinkan penggunaan perlengkapan yang lebih murah dan pemasangan lampu ruangan yang lebih fleksibel.

Kandungan Merkuri Dan Pembuangan Lampu

Banyak jenis lampu mengandung logam berat merkuri, yang merupakan neurotoksin yang dapat mengganggu fungsi otak, kesehatan janin, dan tumbuh kembang anak. Lampu neon kompak mengandung sedikitnya 1,4 miligram. Di sisi lain, lampu stadion HID dapat mengandung sebanyak 225 miligram. Lampu neon linear berkisar antara 1,4 hingga 60 miligram merkuri. Perusahaan dilarang membuang lampu yang mengandung merkuri pada pertengahan tahun 1980-an. Pada bulan Januari 2000, Badan Perlindungan Lingkungan AS mengklasifikasi ulang lampu ini sebagai "limbah universal", bagian dari limbah berbahaya. Reklasifikasi ini dimaksudkan untuk menyederhanakan daur ulang lampu tersebut oleh siapa pun yang menanganinya dalam jumlah besar. Sebagian besar negara bagian telah memiliki metode mereka sendiri yang lebih ketat dan terperinci untuk menangani lampu merkuri. Namun, setiap tahun diperkirakan 30.000 pon limbah merkuri masih masuk ke lingkungan AS, mungkin ke air tanah, dan kemudian berpotensi masuk ke rantai makanan. Sekitar 1 persen merkuri tersebut diperkirakan berasal dari lampu yang dibuang.

Perancang dapat mengurangi sebagian risiko ini dengan mempertimbangkan kandungan merkuri pada lampu yang ditentukan dan perkiraan masa pakai lampu sebelum perlu didaur ulang.

Penyebutan Label

Memilih lampu juga berarti menafsirkan berbagai sebutan labelnya. Semua lampu memiliki banyak informasi yang dikodekan dalam pelabelannya, tetapi keluarga lampu yang berbeda menggunakan kode yang berbeda. Informasi ini dapat mencakup berbagai hal, seperti bentuk lampu, watt, jenis dan ukuran dasar, panjang tabung lampu dalam inci, diameter lampu dalam kelipatan seperdelapan inci, bentuk reflektor, suhu warna, dan pola sebaran sinar. Lampu pijar A-19 hanyalah lampu berdiameter 2,375 inci yang umum. Demikian pula, F25T8SPX30 adalah lampu neon 25 watt dengan alas T-pin dan bohlam berdiameter 1 inci yang beroperasi pada suhu berkorelasi warna 3000°K. Halogen 250PAR38SP menunjukkan lampu 250 watt dengan reflektor alumina parabola, berdiameter 4,75 inci, dan pola sebaran sinar spot, bukan pola sorot FL.

Karena produsen menggunakan kode yang sedikit berbeda, dan produk baru terus-menerus diperkenalkan, informasi teknis yang sesuai harus selalu dikonsultasikan. Beberapa produsen juga menawarkan bagan perbandingan kesetaraan merek produk pesaing.

Jenis Lampu

Berikut ini adalah jenis-jenis lampu umum:

- Lampu pijar
- Lampu pijar halogen
- Lampu debit intensitas tinggi (HD)
- Uap merkuri (MV)
- Natrium tekanan tinggi (HPS)
- Natrium tekanan rendah (LPS)
- Lampu induksi
- Dioda pemancar cahaya (LED)

Lampu Pijar

Lampu pijar menghasilkan cahaya dengan memanaskan filamen logam tungsten tipis dengan arus listrik. Untuk mencegah oksidasi, filamen disegel dalam bola gas inert.

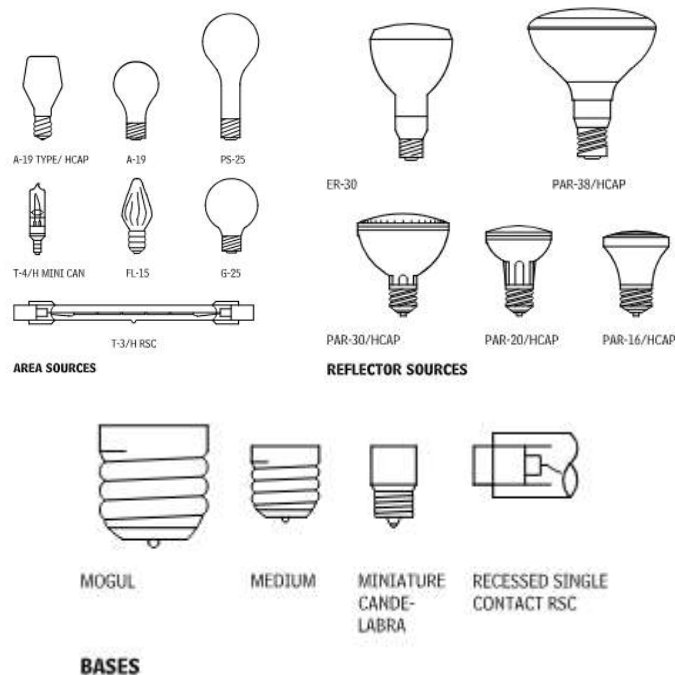
Lampu pijar A-lamp yang umum memiliki rentang suhu warna dari 2750 hingga 3200K, yang hangat dan menonjolkan warna merah sambil meredam warna biru. Lampu ini memiliki masa pakai yang pendek sekitar 750 hingga 1500 jam, tetapi sangat murah dan mudah diganti.

Karena lampu pijar memiliki sumber cahaya titik kecil yang dihasilkan pada filamen, profil reflektor yang efektif dapat dirancang ke dalam penutup bohlam lampu reflektif atau ke dalam rumah perlengkapan. Kemudahan kontrol ini menghasilkan kecocokan yang baik antara penyebaran sinar dan pola sinar untuk pencahayaan tugas dan tampilan karena cahaya dapat ditempatkan lebih spesifik di tempat yang diinginkan. Selain itu, karena filamen bekerja secara proporsional dengan arus listrik, lampu pijar dapat dengan mudah diredupkan. Peredupan sedikit mengurangi efisiensi dan suhu warna lampu pijar nonhalogen, tetapi sangat meningkatkan masa pakai lampu. Peredup solid-state mengurangi kebisingan dengungan lampu, dan koil penghilang debu lampu (LDC) dapat ditambahkan ke sirkuit untuk mengurangi getaran filamen lebih jauh.

Lampu pijar tersedia dalam beberapa ukuran dan bentuk. Label generiknya berbentuk

WWSDDBB. Istilah lain dapat digunakan untuk lampu berwarna, alas lampu, atau fitur khusus pabrikan.

- W: Watt daya
- S: Bentuk, termasuk lampu A untuk penggunaan umum, lampu reflektor, reflektor elips, PAR (reflektor aluminized yang ditekan), lilin, bola lampu, dan bentuk dekoratif
- D: Diameter bohlam lampu dalam seperdelapan inci
- B: Karakteristik sebaran sinar, jika berlaku: titik atau sorot



Gambar 4.148 bentuk lampu pir

Lampu Pijar Halogen

Baik lampu halogen tegangan rendah maupun tegangan listrik berbeda dari lampu pijar standar karena keduanya menggunakan gas yodium atau bromin di dalam bohlam untuk melindungi dari filamen tungsten yang terbakar dan menghitamnya bohlam, yang berkontribusi pada masa pakai lampu yang lebih lama. Selama pengoperasian lampu, gas halogen bergabung dengan tungsten yang menguap dari filamen lampu. Saat lampu dimatikan dan campuran gas mendingin, tungsten diendapkan kembali pada filamen, bukan pada bohlam. Efek ini sangat menghambat pelemahan filamen dan degradasi lumen lampu.

Lampu halogen memiliki masa pakai terukur sekitar 2000 hingga 3000 jam dengan faktor penyusutan lumen lampu sebesar 90 hingga 95 persen. Lampu ini menawarkan CRI sebesar 100 pada CCT 2600K hingga 3200K. Siklus penguapan/pendinginan halogen regeneratif memerlukan suhu operasi yang lebih tinggi, yang sedikit meningkatkan efisiensi dan memperbaiki tampilan warna, serta meningkatkan CCT. Bohlam lampu halogen biasanya terbuat dari kuarsa untuk menahan suhu internal yang tinggi ini. Namun, perlu dicatat bahwa kuarsa sangat sensitif terhadap minyak dan kotoran, jadi penanganan bohlam secara langsung harus dihindari. Kegagalan lampu prematur dapat terjadi jika kontaminasi dibiarkan merusak

permukaan kuarsa.

Kemajuan paling mengesankan dalam teknologi pencahayaan pijar selama bertahun-tahun adalah lampu halogen yang memantulkan inframerah (HIR). Lampu ini membungkus filamen lampu dalam kapsul kuarsa, yang dilapisi dengan film pemantul inframerah berlapis-lapis. Sembilan puluh persen energi yang dikonsumsi oleh lampu pijar diubah menjadi energi inframerah tak kasat mata, jadi energi yang dipantulkan dari kapsul kuarsa meningkatkan suhu filamen tanpa menarik daya ekstra. Penambahan pijaran pada filamen lampu HIR meningkatkan efisiensinya ke kisaran 40 LPW. Lampu HIR jauh lebih mahal daripada lampu pijar standar, namun, dan dengan munculnya lampu neon kompak yang murah, popularitas HIR terbatas.

Seperti lampu pijar konvensional, lampu halogen memiliki sumber cahaya titik filamen kecil yang mudah dikontrol. Halogen juga dapat diredupkan, sama seperti lampu pijar konvensional. Pencahayaan halogen paling sesuai untuk aplikasi yang memerlukan kontrol presisi dan kemudahan peredupan, seperti pencahayaan pajangan dan aksen. Namun, lampu neon dan lampu pelepasan gas lainnya memiliki efikasi yang lebih tinggi, sehingga halogen biasanya tidak boleh digunakan jika konsumsi energi dan pencahayaan ruangan umum menjadi prioritas.

Lampu halogen multicermin yang memantulkan, berlabel MR, adalah lampu tegangan rendah populer yang memiliki filamen kompak dan reflektor presisi untuk kontrol sinar yang sangat baik seperti yang diperlukan untuk lampu proyeksi. Lampu MR juga memiliki lapisan dichroic pada reflektor kaca bersegi yang memungkinkan sebagian besar energi inframerah melewati bagian belakang lampu tetapi memantulkan cahaya tampak ke depan melalui lensa. Penyaringan dichroic memberikan cahaya yang diproyeksikan rona yang lebih dingin dan kandungan panas yang lebih rendah. Beberapa lampu MR memiliki kapsul pemantul inframerah di sekitar filamen, yang meningkatkan efikasi. Biasanya, lampu MR dinilai berdasarkan daya lilin pusat sinar, bukan lumen awal, tetapi efikasi MR umumnya sekitar 30 LPW.

Lampu Neon

Lampu neon umum mengalirkan arus listrik melalui gas inert dan nonkonduktif secara elektrik dengan terlebih dahulu menguapkan setetes kecil merkuri yang tertahan di dalam tabung (biasanya, 10 hingga 23 miligram) setiap kali lampu dinyalakan. Penguapan dilakukan dengan arus awal bertegangan tinggi dari ballast perengkapan. Setelah merkuri diuapkan dan arus listrik mulai mengalir melalui lampu, spektrum cahaya ultraviolet (UV) yang sebagian besar tidak terlihat dihasilkan. Foton cahaya UV ini kemudian diserap oleh lapisan fosfor khusus pada bohlam lampu yang menggantikannya dengan sangat efisien oleh foton cahaya tampak. Ballast kemudian menyediakan arus yang dikurangi yang mempertahankan pelepasan cahaya.

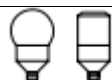

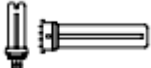


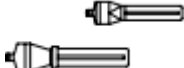
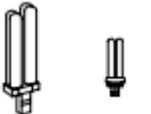


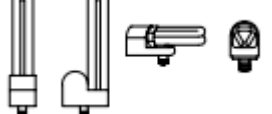
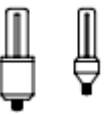
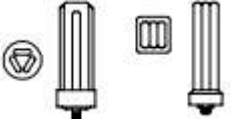


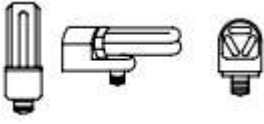
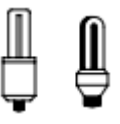




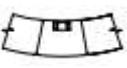

Meskipun lampu neon tidak memiliki kemampuan kontrol atau rendering warna seperti lampu pijar, atau efikasi lampu HID, lampu ini menawarkan kompromi yang baik antara efikasi, warna, dan masa pakai lampu dengan biaya awal yang sangat wajar. Titik tengah antara kinerja yang baik dan ekonomis ini telah memberikan lampu neon keuntungan pasar yang



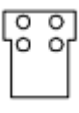

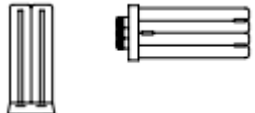
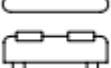




kuat. Masa pakai lampu berkisar antara 6000 hingga 30.000 jam pada siklus on/off standar industri selama 3 jam operasi per penyalaan. Banyak lampu neon menawarkan sekitar 20.000 jam masa pakai. Peringkat Suhu Korelasi Warna tersedia dari 2200K hingga 7500K dengan CRI 50 hingga 92 dan CRI tipikal sekitar 80. Efikasi dalam beberapa lampu neon mendekati 100 lumen per watt dengan nilai LPW tipikal berkisar antara 75 hingga 90 LPW. Kombinasi faktor-faktor ini dalam setiap contoh tunggal sangat bergantung pada kombinasi lampu dan ballast yang dipilih.

Lampu neons diidentifikasi dengan sebutan seperti F40T12CW. Format pelabelan secara umum adalah FSWWTDD-CCC dan dikodekan sebagai berikut:

- F: Lampu neons. Lampu UV gelombang pendek pembunuh kuman diberi nama G.
- S: Bentuk atau gaya lampu. Tidak ada huruf yang menunjukkan tabung lurus yang umum; lampu melingkar diberi nama C.
- WW: Daya dalam watt.
- CCC: CW = putih dingin (sekitar 4100K), warna. W = putih (sekitar 3500 K), WW = putih hangat (sekitar 3000K). Produsen dapat menggunakan sebutan khusus untuk produk tertentu seperti SPX.
- T: Bohlam tabung.
- DD: Diameter tabung dalam seperdelapan inci

Tabel 4.149 bentuk lampu neon kompak yang representatif

BENTUK KACA	Versi pasang masuk (untuk perlengkapan ballast)			Versi dengan sekrup(untuk penggunaan pada soket sedang	
	DUDUKAN			Perakitan MODULAR (LAMPU & BALLAST)	Perakitan INTEGRAL (SATU UNIT)
	LAMPU SAJA	2 PIN	4 PIN		
GLOBE, TABUNG	-	-	-		
Kembar					-
Empat					
Tiga					
Delapan	-	-	-	-	
Spiral		-	-	-	
Lingkar		-			-





Dua Dimensi					-
Datar		-		-	-
Reflektor	-	-	-		
CFL Panjang		-		-	-

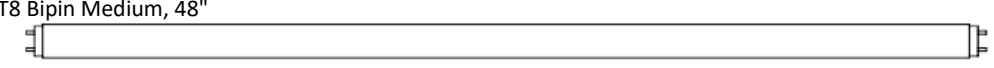

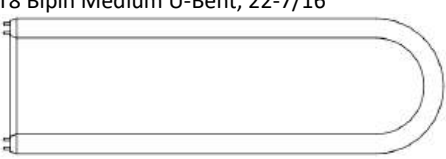

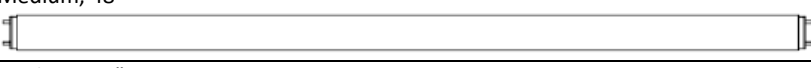









Kontrol pola sinar dan penyebaran sinar dari sumber pijar sulit dilakukan, mengingat permukaan selubung bohlamnya yang relatif besar dan menyebar. Hal ini biasanya menempatkan sumber neon pada situasi pencahayaan umum atau seragam, bukan pada aplikasi pencahayaan tugas atau tampilan. Kontrol peredupan lampu neon tidak terlalu bermasalah dibandingkan kontrol sinar, terutama dengan munculnya ballast elektromagnetik yang dapat memberikan peredupan rentang penuh dari kecerahan 10 hingga 100 persen. Selain itu, beberapa ballast elektronik dapat digunakan dengan fotosensor dan kontrol tegangan rendah lainnya untuk integrasi cahaya siang hari.

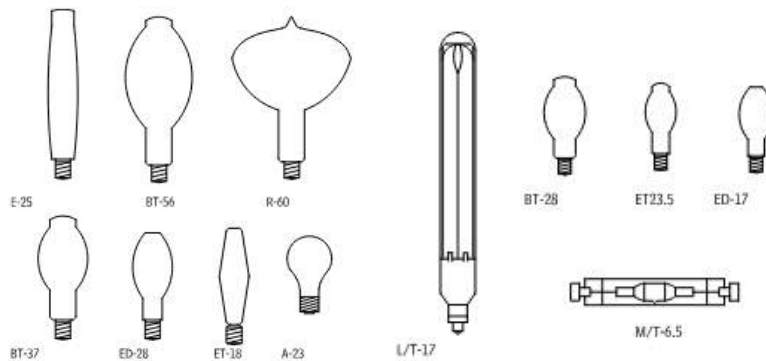
Teknologi lampu neon terbaru adalah lampu T5, yang memiliki keluaran lumen puncak pada suhu pengoperasian 95F, dibandingkan dengan suhu pengoperasian puncak yang jauh lebih rendah untuk lampu T12 dan T8. Hal ini membuat lampu T5 bermanfaat dalam lumener tertutup tempat sirkulasi udara dibatasi. Meskipun dinding bohlam hanya 0,625 inci. diameter, T5 memiliki kecerahan permukaan yang tinggi dan, oleh karena itu, harus dilindungi dengan hati-hati dari pandangan langsung, atau digunakan dalam aplikasi pencahayaan tidak langsung untuk menghindari silau.

Lampu neon kompak (CFL) tersedia dalam berbagai ukuran dan bentuk, serta konfigurasi pemasangan dasar, dan dapat menggunakan pemberat sendiri atau memerlukan pemberat eksternal. Penggunaan trifosfor dalam CFL menghasilkan warna yang memuaskan dengan CRI lebih dari 80 dan CCT dalam kisaran umum 2700 hingga 5000. CFL merupakan pengganti lampu pijar yang populer karena menawarkan cahaya dengan efisiensi sekitar 4 kali lipat dan masa pakai lampu 10 kali lipat. Lampu ini semakin kompetitif dalam hal biaya, efisiensi, dan warna, bahkan jika dibandingkan dengan beberapa teknologi lampu HID.

Tabel 4.150 bentuk lampu neon tabung lurus dan panjang nominal umum

Bentuk Tabung	Basis
T2 Sudut Kanan, 20" 	
T5 Bipin Miniatur, 46" 	

T8 Bipin Medium, 48"		
T8 Bipin Medium U-Bent, 22-7/16"		
T10 Bipin Medium, 48"		
T12 Bipin Medium, 48"		
T8 Pin Tunggal Slimline, 96"		
T12 Pin Tunggal Slimline, 96"		
T12 Kontak Ganda Terbenam, 96"		



Gambar 4.151 bentuk hid perwakilan

LAMPU HIGH-INTENSITY DISCHARGE (HID)

Teknologi HID mencakup lampu merkuri, metal halide, dan sodium-gas discharge. Secara umum, lampu-lampu ini memiliki efisiensi tinggi dan rendering warna rendah hingga rata-rata. Aplikasi yang paling umum adalah lampu industri, komersial, jalan raya, dan keamanan. HID memiliki pengoperasian yang mirip dengan lampu neon. Semuanya menggunakan ballast untuk memulai dan mengendalikan aliran arus listrik melalui amplop berisi gas. Gas tersebut memancarkan energi foton saat tereksitasi, seperti pada lampu neon. Namun, masing-masing jenis lampu HID memiliki karakteristik efisiensi, warna, dan kontrol masing-masing yang membuatnya lebih cocok untuk berbagai aplikasi tertentu.

Menurut Departemen Perdagangan AS, penjualan semua lampu teknologi HID meningkat dari 20 juta unit pada tahun 1990 hingga mencapai puncaknya yaitu 37 juta pada tahun 1999, dan pada tahun 2002 masih mendekati 34 juta lampu. Meskipun ada peningkatan berkelanjutan dalam beberapa efisiensi lampu HID dan rendering warna, namun, pangsa relatif

pasar HID berdasarkan watt lampu tetap tidak berubah dari tahun 1993 hingga 2001. Jumlah total lumener HID yang dikirim tetap konstan sekitar 12 juta sejak tahun 1996, dengan perlengkapan luar ruangan sekitar 8 juta, perlengkapan industri 3,5 juta, dan perlengkapan komersial sekitar 0,5 juta. Satu-satunya tren dalam pengiriman perlengkapan menunjukkan sedikit peningkatan pada perlengkapan komersial, dan penurunan kecil serupa pada perlengkapan luar ruangan.

Lampu HID dapat diredupkan baik dengan ballast peredupan bertahap maupun terus-menerus. Peredupan HID penting untuk lebih dari sekadar pemanenan cahaya matahari, fleksibilitas pencahayaan, dan penghematan energi; hal itu juga menghindari perlunya menyalakan dan mematikan lampu. Mengingat waktu nyala dan mati lampu yang dibutuhkan lampu HID untuk memanas sebelum mencapai atau kembali ke kecerahan penuh, peredupan dapat membantu memperpanjang masa pakai lampu HID dengan mempertahankan siklus pengoperasian 10 jam yang dirancang dan dinilai untuknya. Perhatikan bahwa efisiensi lampu HID akan berkurang saat diredupkan dan peredupan di bawah 50 persen dari daya lampu yang dinilai dapat menurunkan masa pakai, efisiensi, pemeliharaan lumen, warna, dan cakupan garansi.

Lampu Uap Merkuri (MV)

Lampu MV bening memiliki CRI yang sangat rendah, yaitu sekitar 15. Umumnya, bahkan dengan lapisan fosfor, CRI-nya masih rendah, sekitar 50 pada CCT 3200 hingga 6700. Efikasinya juga terbatas, yaitu sekitar 25 hingga 32 LPW untuk lampu kecil kurang dari 100 watt hingga mungkin 50 hingga 60 LPW untuk lampu MV 1000 watt. Efikasi pada 40 persen masa pakai lampu (LLD) adalah sekitar 75 persen dari efisiensi awal. Masa pakai lampu cukup panjang, dengan 24.000 jam yang cukup umum. Kecerahan dan efisiensi cenderung menurun perlahan selama masa pakai lampu MV, tetapi lampu ini dikenal kokoh dan tahan lama. Lampu merkuri memerlukan waktu pemanasan selama lima hingga tujuh menit dan waktu pemanasan ulang yang sama.

Corak kebiruan dari lampu merkuri yang tidak dilapisi bermanfaat untuk tampilan vegetasi hijau di pemandangan malam. Namun, secara umum, pencahayaan merkuri memiliki sedikit aplikasi di mana penglihatan yang baik penting. Lampu MV kecil sekitar 50 watt mengandung sekitar 15 miligram merkuri, dan lampu MV 1000 watt mungkin mengandung sebanyak 250 miligram, jadi semua lampu MV harus didaur ulang dan diperlakukan sebagai limbah berbahaya.

Lampu uap merkuri pada dasarnya tidak berubah sejak diperkenalkan pada tahun 1930-an. Satu-satunya perkembangan adalah penemuan lampu hibrida pijar/merkuri tipe B yang menggunakan filamen tungsten untuk mengatur arus tanpa adanya kontrol keseimbangan. Pelepasan busur di dalam tabung lampu B menghasilkan cahaya. Selanjutnya, filamen dipanaskan hingga berpijar. Bersama-sama, tabung busur dan filamen membentuk rangkaian seri yang mengatur sendiri. Efikasi lampu B sebanding dengan lampu pijar dengan watt yang sama. Lampu B memiliki waktu nyala sekitar tiga menit dengan nyala ulang lima menit.

Secara keseluruhan, lampu MV telah kehilangan popularitasnya karena perbaikan

teknis pada keluarga lampu lainnya. Diperkirakan pengiriman lampu MV turun dari 5,5 juta unit pada tahun 1993 menjadi kurang dari 3,0 juta pada tahun 1999 saja. Proyeksi menunjukkan bahwa jumlah ini dapat turun menjadi kurang dari 1,0 juta pada tahun 2008.

Lampu Halida Logam (MH)

Lampu MH dikembangkan dari teknologi lampu uap merkuri dengan penambahan halida logam ke merkuri dan argon dalam tabung busur. Perbaikan berkelanjutan telah menjadikan teknologi MH sebagai perpaduan warna, efikasi, dan masa pakai lampu yang sangat baik. CRI 70 hingga 90 umum terjadi pada CCT 2500K hingga 5000K; dan efikasi lampu berada dalam kisaran 75 hingga 125 LPW.

Lampu MH dengan probe-start dan pulse-start berbeda dalam tekanan gas di dalam kapsul busur. Lampu pulse-start memiliki masa pakai yang lebih baik (15.000 hingga 30.000 jam) dan pemeliharaan lumen (peningkatan hingga 33 persen, dari sekitar 65 persen menjadi mungkin 80 persen), serta efikasi yang lebih tinggi (biasanya, 90 versus 100 LPW dan bervariasi dengan watt lampu).

Perlu dicatat bahwa masa pakai lampu halida logam dinilai pada standar 10 jam per penyalaan. Lampu halida logam dengan penyalaan pulsa menyala lebih cepat daripada halida logam dengan penyalaan probe, dengan waktu nyala dan nyala ulang masing-masing 1 hingga 4 menit dan 2 hingga 8 menit, dibandingkan dengan waktu nyala probe 2 hingga 15 menit dan 5 hingga 20 menit. Lampu MH dengan penyalaan pulsa juga dapat digunakan dengan ballast peredupan elektronik untuk menyediakan kontrol iluminasi variabel dan penghematan energi. Ballast ini juga kompatibel dengan sistem kontrol tegangan rendah untuk integrasi cahaya siang dan sensor okupansi.

Penambahan teknologi tabung busur keramik, CMH, pada lampu di bawah 400 watt meningkatkan efikasi halida logam lampu kecil menjadi sekitar 90 LPW, dengan masa pakai 9000 hingga 15.000 jam, CRI mendekati 95 pada CCT 3000K hingga 4200K, dan faktor LLD 80 persen. Lampu halida logam dengan cepat mendapatkan popularitas dan pangsa pasar HID-nya pada dasarnya telah berlipat ganda sejak tahun 1991. Departemen Energi dan Asosiasi Produsen Listrik Nasional memperkirakan bahwa penjualan lampu halida logam meningkat dengan cepat dari 5,7 juta pada tahun 1990 menjadi 18,1 juta pada tahun 1999 dan kemudian meningkat lebih lambat menjadi 18,8 juta lampu pada tahun 2002.

Sodium Tekanan Tinggi (HPS)

Lampu HPS mengeluarkan arus busur melalui tabung busur keramik kecil di bagian tengah lampu. Tabung busur diisi dengan uap xenon, natrium, dan merkuri, tetapi volume bohlam luar yang lebih besar ditarik ke bawah hingga tekanan vakum. Kemanjuran bergantung pada tekanan uap natrium dalam tabung busur, tetapi sumber 35 watt berada dalam kisaran 65 LPW, 100 watt pada 100 LPW, dan 1000 watt pada 130 LPW. Masa pakai HPS standar adalah 24.000 jam dengan lampu tahan lama yang diberi peringkat hingga 40.000 jam. CCT biasanya 2100K dengan CRI yang sangat rendah yaitu 22. Perawatan biasanya diambil sebagai LLD = 90 persen dan sampel lampu HPS yang disertakan dalam Gambar 4.408 hingga 4.410 mengikuti nilai tersebut. Lampu HPS dengan warna yang lebih tinggi juga tersedia, tetapi CRI-nya 60 hingga 85 pada CCT 2200K hingga 2700K disertai dengan efikasi yang berkurang, dalam kisaran

50 hingga 95 LPW. Lampu HPS dingin memerlukan waktu nyala tiga atau empat menit dan waktu nyala ulang satu hingga tiga menit.

Warna kuning monokromatik dari HPS standar membatasi penggunaannya; dengan demikian, meskipun penjualan HPS relatif stabil, sekitar 11,0 juta lampu per tahun sejak 1994, pangsa pasar HID mereka terus menurun sejak 1991.

Seperti yang dibahas sebelumnya, mengenai faktor manusia dalam desain pencahayaan, desainer semakin menemukan bahwa tingkat iluminasi yang lebih rendah dari cahaya spektrum penuh yang disediakan oleh sumber lain seperti halida logam lebih diinginkan dan benar-benar memberikan ketajaman visual yang lebih besar daripada tingkat iluminasi yang lebih tinggi dengan warna yang lebih sedikit. Secara teknis, pada tingkat cahaya rendah, penglihatan manusia beralih ke "fungsi visibilitas skotopik", di mana distribusi spektral dan CCT yang lebih tinggi dari lampu halida logam memberikan visibilitas perifer yang lebih baik, bahkan pada footcandle yang lebih rendah. Selama tingkat pencahayaan yang dikurangi dapat diterima dan mengimbangi efikasi yang berkurang, ini mungkin merupakan pengorbanan yang wajar.

Natrium Tekanan Rendah (LPS)

Meskipun lampu LPS memiliki efikasi yang sangat tinggi, sekitar 100 hingga 150 LPW, lampu ini tidak memiliki kemampuan merender warna karena cahayanya yang benar-benar monokromatik, dengan CRI yang sangat rendah pada CCT 2000°K. Ballast LPS menambahkan daya sistem yang dibutuhkan sebesar 30 atau 40 watt dan mengurangi efikasi sistem secara keseluruhan. Aplikasi LPS yang paling umum mungkin adalah lampu pengganti pada perlengkapan uap merkuri, yang memiliki daya pengganti 18 hingga 180 watt dan menawarkan peringkat masa pakai 16.000 hingga 18.000 jam, dengan faktor pemeliharaan LLD sebesar 87 persen. Namun, ada pertimbangan lingkungan lain yang mendukung LPS. Pertama, lebar pita lampu LPS yang sempit mudah disaring oleh para astronom yang harus mengatasi "cahaya langit" malam yang semakin meningkat dari pencahayaan yang tidak terlindung; kedua, beberapa hewan seperti penyu laut tidak begitu tertarik pada lampu ini seperti pada lampu spektrum penuh. Banyak hewan yang secara tidak sengaja terbunuh saat meninggalkan habitatnya untuk mendekati pencahayaan spektrum penuh.

Lampu Induksi

Pencahayaan induksi adalah teknologi pencahayaan yang berkembang pesat dan revolusioner. Pada dasarnya, ini adalah teknologi neonsi tanpa katoda lampu. Pencahayaan induksi menyediakan sekitar 100.000 jam masa pakai lampu, yang sekitar 10 kali lipat masa pakai sumber HID dengan biaya sekitar tiga kali lipat. Efikasi sekitar 75 LPW, dan LLD karakteristik 0,70 berarti degradasi lumen kurang dari 30 persen setelah 60.000 jam pengoperasian. Induksi juga memiliki CRI 80 atau lebih baik pada CCT 3000K atau 4000K. Karena biayanya yang tinggi dan harapan hidup yang panjang, sistem pencahayaan induksi harus dibeli dengan garansi terhadap kegagalan dini.

Lampu induksi menyerupai lampu pijar A-lampu umum, tetapi beroperasi seperti lampu pelepasan gas. Di bagian tengah lampu itu sendiri terdapat koil induksi, yang menghasilkan medan magnet dan membangkitkan material plasma ion-elektron merkuri pada

rakitan kaca bagian dalam, yang menghasilkan cahaya ultraviolet. Lapisan fosfor pada selubung bohlam lampu mengganti foton energi ultraviolet dengan foton cahaya tampak. Lampu induksi tidak memiliki waktu nyala atau mati kembali, tidak ada perubahan warna seiring bertambahnya usia, dan sensitivitas rendah terhadap suhu pengoperasian. Lampu induksi memerlukan perlengkapan khusus, saat ini tidak dapat diredupkan, dan mungkin memiliki warna merah muda dalam beberapa menit pertama pengoperasian. Pada akhir masa pakai 100.000 jam, mungkin perlu mengganti seluruh sistem induksi beserta lampu, kopler daya, dan generator frekuensi tinggi.

Lampu Dioda Pemancar Cahaya (LED)

Penerangan LED menggunakan lampu dioda semikonduktor yang telah ada sejak tahun 1962. Awalnya, perangkat galium arsenida digunakan untuk menghasilkan cahaya merah. Perkembangan senyawa material baru baru-baru ini memungkinkan warna lain, tetapi LED tunggal memancarkan spektrum warna yang sempit. Menggabungkan LED galium nitrida biru dengan lebar pita yang relatif lebar dengan LED merah dan hijau, pada prinsipnya, akan menghasilkan cahaya putih. Namun, sebagian besar LED spektrum penuh yang diproduksi saat ini menggunakan LED galium nitrida biru dengan lapisan lensa fosfor kuning.

Lampu LED beroperasi pada tegangan arus searah dan peka terhadap polaritas; penyambungan yang tidak tepat dapat merusaknya. Jika tidak, lampu ini memiliki masa pakai yang sangat panjang, biasanya sekitar 10 tahun. LED biasanya gagal karena peredupan bertahap daripada padam secara tiba-tiba.

Lampu ini juga tidak peka terhadap getaran dan suhu. Sebagai pengganti lampu pijar dan lampu neon, LED disebut perangkat lampu solid-state (SSL) dan dikelompokkan dalam susunan beberapa semikonduktor untuk membentuk satu lampu. SSL saat ini memiliki efikasi sekitar 32 lumen per watt tetapi diperkirakan pada akhirnya akan mencapai 80 LPW.

Luminair

Kinerja lampu, sebagai artefak desain industri, telah sangat ditingkatkan oleh kemajuan dalam simulasi komputer dan desain CAD. Kemampuan untuk menggunakan ray tracing untuk desain reflektor, misalnya, dan munculnya manufaktur presisi secara paralel memungkinkan untuk merancang dan membuat lumener yang memiliki kinerja fotometrik yang terkontrol dengan baik.

Lumener memiliki komponen fungsional berikut. Beberapa di antaranya adalah elemen opsional yang tidak disertakan dalam setiap lumener, atau dapat dimasukkan ke dalam lampu yang digunakan dalam lampu. Dalam kasus lampu pijar PAR, misalnya (lampu reflektor aluminium parabola), reflektor dan lensa dipasang ke dalam penutup bohlam lampu reflektif dan lensa Fresnel ditekan ke dalam lubang lampu.

- Lampu: Sumber cahaya yang digunakan untuk mengubah energi yang disuplai menjadi energi cahaya tampak.
- Reflektor: Permukaan interior di sekitar lampu yang digunakan untuk mengendalikan penyebaran cahaya dari lampu atau menyebarkannya seluas mungkin. Profil reflektor dapat dirancang untuk pola cahaya yang menyatu atau menyimpang dalam bentuk parabola atau elips. Tingkat kendali ini hanya mungkin jika filamen penerangan kecil

digunakan, seperti lampu pijar. Sumber cahaya yang lebih besar seperti lampu neon dapat disebarkan dengan mudah, tetapi tidak dapat difokuskan. Sebagian besar reflektor terbuat dari enamel putih atau permukaan alumina. Kerucut dengan berbagai warna dan bahan yang dimasukkan ke dalam perlengkapan juga sesuai dengan fungsi ini, tetapi kerucut sering kali diredupkan atau digelapkan untuk mengurangi kecerahan perlengkapan yang tampak saat dilihat dari samping.

- Lensa: Elemen optik yang digunakan untuk mengendalikan arah dan penyebaran cahaya dari perlengkapan; untuk melindungi lampu dari kerusakan fisik, kelembapan, atau cuaca; dan, sebagai pilihan, untuk mewarnai cahaya saat keluar dari perlengkapan. Lensa dapat memfokuskan atau menyebarkan berkas atau kerucut cahaya yang terkendali dari perlengkapan melalui difraksi optik, dan lensa juga dapat menyebarkan cahaya dengan memiliki sifat tembus cahaya atau permukaan yang menyebar alih-alih transparan.
- Kisi-kisi dan penyekat: Elemen pelindung yang digunakan untuk menyembunyikan lampu dari pandangan langsung dan/atau untuk menyebarkan cahaya dari perlengkapan dalam pola yang lebar.

4.18 KOMUNIKASI DAN KEAMANAN

Sistem Alarm Kebakaran

Sistem alarm kebakaran yang paling sederhana adalah detektor asap rumah tangga yang telah disetujui UL. Sistem ini mendeteksi produk pembakaran, membunyikan alarm, dan memberi sinyal saat baterai perlu diganti. Sebagian besar kotamadya mewajibkan penggunaan detektor asap di rumah, apartemen, dan kamar motel/hotel. Periksa peraturan setempat untuk persyaratannya.

Sistem yang lebih kompleks diperlukan di gedung-gedung yang keselamatan publiknya menjadi masalah, seperti sekolah, rumah sakit, gedung perkantoran, dan bangunan atau lembaga komersial lainnya. Meskipun masih ada aplikasi untuk sistem sinyal alarm kecil yang dioperasikan dengan kabel dan relai, trennya adalah menggunakan sistem multipleks digital berbasis mikroprosesor yang tidak hanya memberi sinyal adanya kebakaran tetapi juga memulai tindakan lain, termasuk menyalakan kipas dan peredam untuk pengendalian asap, menutup pintu dan penutup kebakaran, membuka pintu yang terkunci, merekam lift, dan mengirimkan pesan suara. Komunikasi suara mungkin diperlukan di gedung-gedung tinggi dengan hunian kelompok tertentu. Komunikasi suara juga direkomendasikan untuk gedung-gedung besar bertingkat rendah guna meningkatkan keselamatan jiwa.

Sistem alarm kebakaran dapat berfungsi sendiri atau diintegrasikan dengan fungsi keamanan dan manajemen gedung. Prosesor dan peralatan periferalnya umumnya terletak di pusat komando berawak yang dapat diakses oleh petugas pemadam kebakaran. Bergantung pada tingkat keandalan yang diinginkan, redundansi dapat disediakan dalam kabel dan prosesor, beserta baterai cadangan.

Kabinet kontrol sistem alarm dapat berukuran lebar 36 inci dan kedalaman 8 inci. Kabinet tersebut harus memiliki baterai cadangan, disetujui UL, dan sesuai dengan NFPA No.

72, dan mungkin juga memerlukan persetujuan lokal. Dalam sistem kecil yang mungkin hanya memerlukan satu kabinet, semua fungsi yang diperlukan di pusat komando dapat digabungkan dalam kabinet yang sama dan ditempatkan di lobi pintu masuk utama. Dalam sistem yang lebih besar, kabinet jarak jauh umumnya terletak di lemari kabel di seluruh gedung dan dapat diprogram untuk berfungsi secara independen dari prosesor pusat, jika gagal.

Jenis Sistem Sinyal

Jenis sistem umum didefinisikan sebagai:

- Tidak berkode: Sinyal evakuasi berbunyi terus-menerus.
- Berkode master: Sinyal mengulang empat putaran.
- Berkode selektif: Sama seperti berkode master, kecuali kode nomor individual dan yang ditetapkan hingga tiga kelompok per putaran.
- Sinyal awal: Sama seperti kode selektif, kecuali sinyal hanya berbunyi di area tertentu untuk meminta penyelidikan. Jika bahaya terdeteksi, sinyal evakuasi dimulai dengan kunci.
- Suara: Pesan langsung (dengan mikrofon) atau otomatis yang direkam sebelumnya dikirimkan melalui pengeras suara, mengikuti sinyal peringatan.

Alarm Yang Dapat Didengar

Alarm yang dapat didengar harus memiliki intensitas dan frekuensi yang menarik perhatian mereka yang mengalami gangguan pendengaran sebagian. Alarm tersebut harus menghasilkan suara yang melebihi tingkat suara yang berlaku di ruangan tersebut setidaknya 15 dbA atau melebihi tingkat suara maksimum dengan durasi 60 detik sebesar 5 dbA, mana yang lebih keras. Tingkat suara tidak boleh melebihi 120 dbA.

Alarm Visual

Sinyal alarm visual harus diintegrasikan ke dalam sistem alarm gedung. Stasiun alarm harus memberikan sinyal suara dan visual. Sinyal alarm visual harus memiliki karakteristik berikut:

- Lampu: Jenis strobo Xenon atau yang setara.
- Warna lampu: Putih bersih atau nominal (yaitu, cahaya putih bersih yang tidak difilter atau tersaring).
- Durasi pulsa maksimum: 0,2 detik dengan siklus kerja maksimum 40 persen. Durasi pulsa didefinisikan sebagai interval waktu antara titik awal dan akhir 10 persen dari sinyal maksimum.
- Intensitas: minimal 75 candela.
- Laju Flash: minimal 1 Hz, maksimal 3 Hz.

Tempatkan alarm 80 inci di atas lantai tertinggi di dalam ruangan atau 6 inci di bawah langit-langit, mana yang lebih rendah. Di setiap ruangan yang diharuskan memiliki alarm visual, umumnya semua area harus berada dalam jarak 50 kaki dari sinyal (diukur secara horizontal). Di ruangan besar, seperti auditorium, yang lebarnya melebihi 100 kaki, tanpa penghalang setinggi lebih dari 6 kaki, perangkat dapat ditempatkan di sekeliling perimeter, dengan jarak maksimum 100 kaki, sebagai pengganti menggantung perangkat dari langit-langit.

BAB 5

PERALATAN DAN PERLENGKAPAN

5.1 PENDAHULUAN

Memahami kebutuhan spasial peralatan dan perabotan sangat penting untuk perencanaan dan desain bangunan. Tata letak peralatan dan perabotan interior yang tepat merupakan kontributor penting bagi persepsi keseluruhan ruang interior, belum lagi fungsinya. Perabotan yang berskala sensitif dan ditempatkan untuk memberikan kemudahan akses memastikan bahwa desain keseluruhan koheren dan berhasil.

Pada jenis bangunan yang digerakkan oleh program seperti rumah sakit, laboratorium, dan perpustakaan, tata letak peralatan dan perabotan dimulai pada tingkat pemrograman, karena akomodasi barang-barang tersebutlah yang menentukan alokasi ruang akhir. Pada jenis bangunan lain, keberhasilan akhir suatu proyek sering kali bergantung pada alokasi ruang yang tepat untuk perabotan dan peralatan yang dimaksud.

Bab ini membahas peralatan dan perabotan di bawah satu judul. Untuk banyak jenis bangunan, terutama perawatan kesehatan, laboratorium, perpustakaan, klub kesehatan, dan auditorium/ruang pertunjukan, masalah peralatan disajikan dalam konteks data perencanaan dan desain keseluruhan karena perencanaan sering kali ditentukan oleh pertimbangan peralatan tersebut. Bila tata letak furnitur menentukan perencanaan ruang, seperti halnya di restoran dan kantor perusahaan, furnitur disajikan dalam konteks perencanaan dan desain secara keseluruhan.

Bab ini tidak secara khusus merujuk pada peralatan atau furnitur menurut produsen; informasi yang disajikan bersifat umum. Anda dianjurkan untuk menggunakan daftar sumber daya berbasis Web guna menyelidiki rincian elemen perabotan dan peralatan yang disajikan di sini, karena mungkin ada variasi yang cukup besar dalam ketersediaan produk untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Demikian pula, data perencanaan disajikan seumum mungkin, untuk mendorong Anda mengeksplorasi kemungkinan desain.

5.2 PERALATAN

Peralatan Perpustakaan

Bagian tentang peralatan perpustakaan ini mencakup area desain berikut:

- Sistem penyimpanan dan pengambilan buku otomatis
- Peralatan perlindungan pencurian buku
- Tempat penyimpanan buku
- Pembaca mikro

Sistem Penyimpanan Dan Pengambilan Buku Otomatis

Sistem penyimpanan dan pengambilan buku otomatis menggunakan peralatan penyimpanan dan pengambilan otomatis yang dikendalikan komputer, yang komponennya mirip dengan sistem penyimpanan pergudangan otomatis.

Sistem perpustakaan dirancang untuk bekerja di lingkungan yang terkontrol suhu dan

debu yang diperlukan untuk penyimpanan koleksi buku langka dan berharga. Sistem otomatis menggunakan sistem kotak, dengan masing-masing item ditandai untuk menunjukkan penempatan kotak. Item diminta melalui sistem entri pesanan terkomputerisasi, yang berinteraksi dengan sistem otomatis untuk mengambil kotak. Operator mengeluarkan dan mengganti item dari kotak.

Sistem otomatis diperkirakan dapat mencapai penyimpanan buku dalam waktu kurang dari 15 persen dari ruang yang dibutuhkan oleh rak buku tumpukan konvensional dan mengambil buku dalam hitungan menit. Sistem ini semakin banyak digunakan untuk menggantikan penyimpanan di luar lokasi koleksi besar bahan cetak.

Instalasi penyimpanan buku otomatis dirancang khusus untuk setiap aplikasi proyek. Produsen sistem otomatis sering kali merancang dan memasang sistem penanganan bahan otomatis untuk berbagai aplikasi produk dan layanan.

Peralatan Perlindungan Dari Pencurian Buku

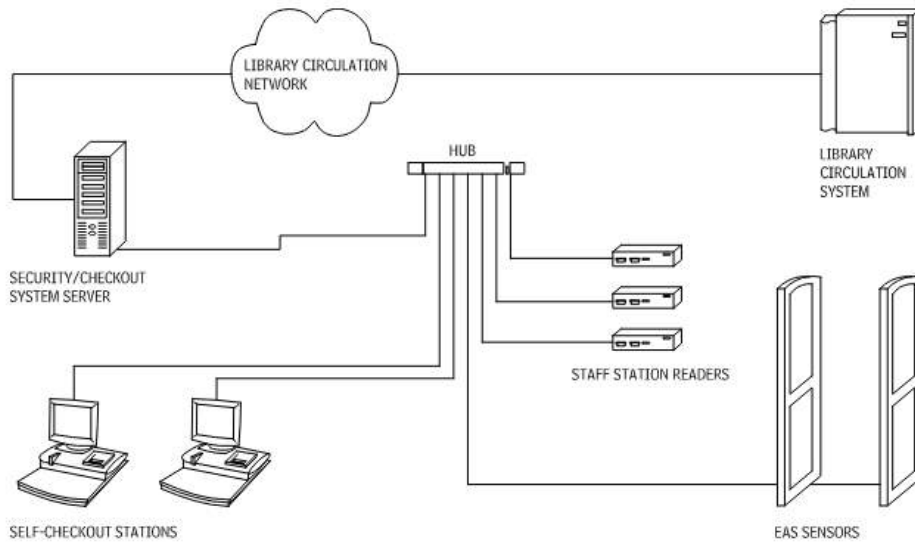
Perpustakaan menggunakan berbagai peralatan untuk mencegah pengambilan bahan perpustakaan yang tidak sah. Banyak fasilitas menggunakan sistem pengawasan barang elektronik (EAS), dengan perangkat deteksi walk-through dan label inventaris magnetik yang dinonaktifkan saat peminjaman. Sebagai alternatif, perpustakaan dapat memasang sistem keamanan dan peminjaman perpustakaan berdasarkan teknologi identifikasi frekuensi radio (RFID). Sistem ini, yang tersedia dengan kabel atau nirkabel, menggunakan ID magnetik di setiap barang, stasiun peminjaman mandiri point-of-service (POS), dan sensor EAS. Sistem ini bekerja sebagai berikut:

1. Pengguna membawa bahan pustaka ke tempat pembayaran mandiri atau meja sirkulasi.
2. Menggunakan kartu identitas, sistem komputer mendaftarkan artikel (memindai perangkat kode RF internal), dan mencetak tanda terima yang menunjukkan nama pengguna, daftar artikel, dan tanggal jatuh tempo.
3. Saat pengguna keluar dari perpustakaan, peralatan sensor EAS mendeteksi dan menginterogasi bahan pustaka, berkomunikasi dengan sistem komputer, dan menentukan status item.

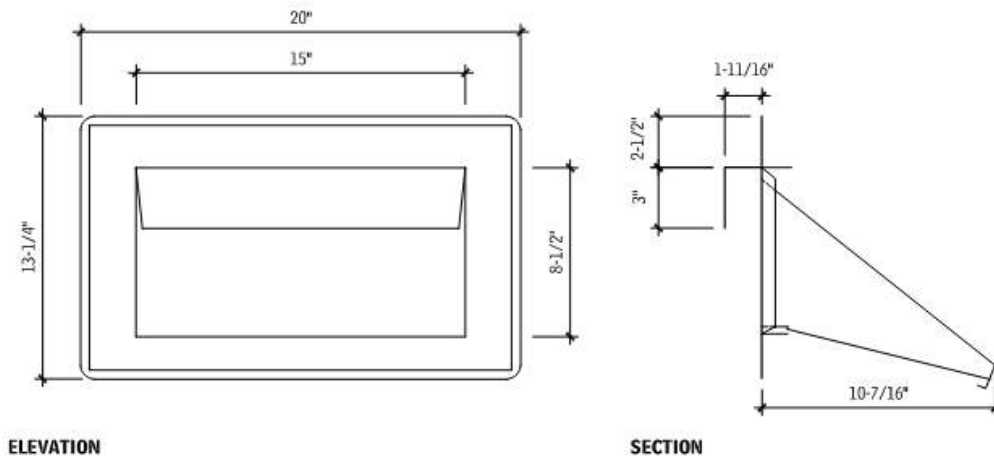
Sistem komputer ini umumnya terpisah dan berbeda dari sistem sirkulasi perpustakaan.

Tempat Penyimpanan Buku

Tempat penyimpanan buku, pengembalian buku, atau tempat pengembalian buku menyediakan tempat pengembalian bahan pustaka yang aman. Unit yang berdiri sendiri tersedia dalam berbagai ukuran, berdasarkan kapasitas buku. Unit yang terpasang di dinding umumnya mencakup pintu tarik-turun dan peralatan saluran untuk mengantarkan bahan pustaka dengan aman ke kereta atau tempat sampah di bagian dalam gedung.



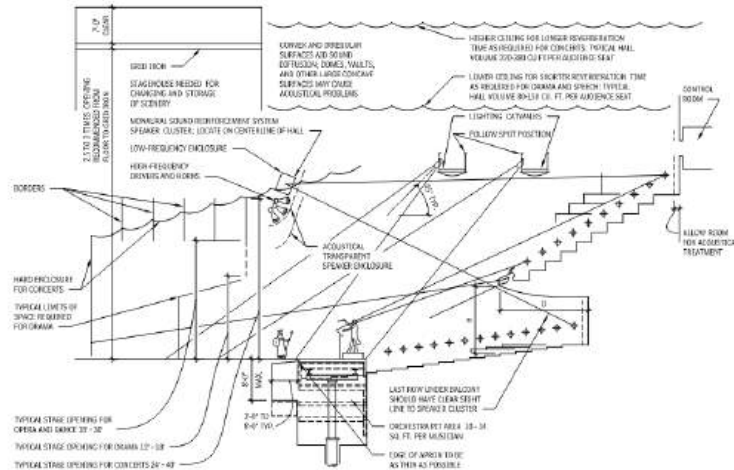
Gambar 5.1 komponen sistem keamanan dan peminjaman perpustakaan—kabel



Gambar 5.2 pengembalian buku di dinding Peralatan Teater Dan Panggung

Pertimbangan Desain Teater Pertunjukan

Di gedung pertunjukan yang digunakan untuk konser, panggung dan area tempat duduk penonton harus diperlakukan sebagai satu volume. Di gedung serbaguna, hal ini dicapai dengan rangka orkestra keras, yang harus dapat dibongkar untuk memungkinkan penggunaan panggung sepenuhnya untuk dekorasi dan set panggung. Persyaratan akustik dapat menentukan bahwa permukaan reflektif di langit-langit penutup orkestra memanjang di atas tempat duduk penonton.



Gambar 5.3 konfigurasi untuk pertunjukan langsung

Desain Area Duduk

Efisiensi luas lantai dalam kaki persegi per kursi merupakan fungsi dari jarak baris, lebar kursi rata-rata, dan alokasi ruang per kursi untuk lorong, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan ini:

$$Efisiensi (F) = faktor\ kursi \times faktor\ lorong$$

$$F[kaki\ persegi/kursi] = (WsT) \times (144) \div (IT) \times (144) \times (1) \div (Savg)$$

di mana:

Ws = Lebar kursi rata-rata dalam inci

T = Jarak baris ke baris (tapak) dalam inci

I Lebar lorong rata-rata dalam inci (lebar 42 inci, tipikal)

S_{avg} = Jumlah kursi rata-rata dalam satu baris per lorong tunggal: 8 atau kurang—tata letak tidak efisien; 14 hingga 16—efisiensi maksimum (tempat duduk dengan banyak lorong); 18 hingga 50 dan lebih—tempat duduk kontinental

Kapasitas Tempat Duduk Dan Area Audiens

Persamaan untuk menentukan kapasitas tempat duduk dan area audiens adalah:

$$Area\ Penonton = kapasitas \times efisiensi$$

Jarak baris kursi minimum mengurangi jarak maksimum ke panggung.

Kemudahan Lintas Di Depan Orang Yang Duduk

Pedoman untuk memberi jarak kursi agar menyediakan jalur yang nyaman di depan pengunjung yang duduk adalah sebagai berikut:

- 32 hingga 34 inci: Orang yang duduk harus berdiri untuk memungkinkan jalan.
- 36 hingga 38 inci: Beberapa orang yang duduk akan berdiri.
- 40 inci dan lebih: Orang yang duduk di depan orang yang duduk dapat lewat.

Kriteria Jarak Baris-Ke-Baris

Lihat peraturan setempat untuk jarak baris minimum yang diperlukan. Peraturan biasanya menetapkan jarak garis tegak lurus minimum yang diukur antara kursi yang tidak

ditempati dan bagian belakang kursi di depan, sebagai berikut:

- 32 hingga 33 inci: Minimum tipikal untuk tempat duduk dengan beberapa lorong.
- 34 hingga 37 inci: Minimum tipikal untuk tempat duduk kontinental yang dimodifikasi.
- 38 hingga 42 inci: Minimum tipikal untuk tempat duduk kontinental.

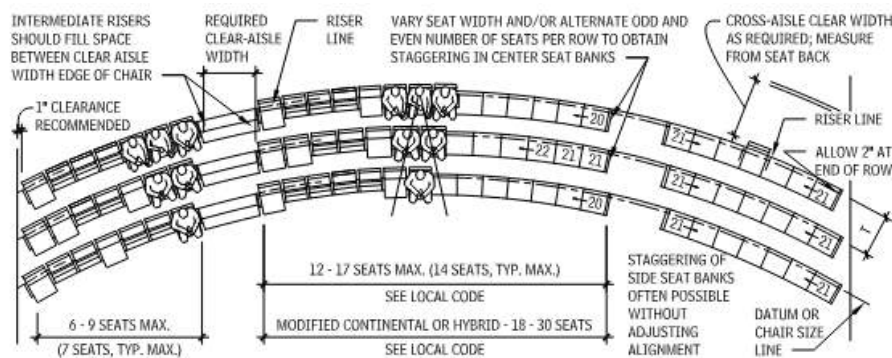
Kenyamanan Bagi Orang Yang Duduk

Pedoman untuk ruang kaki yang cukup untuk memberikan kenyamanan saat duduk adalah sebagai berikut:

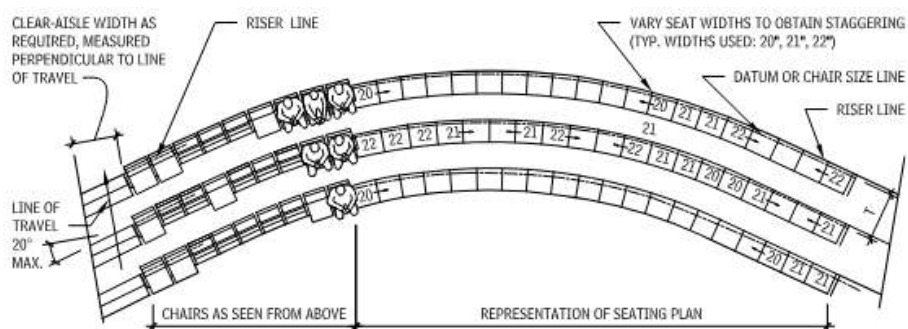
- 32 inci: Lutut akan menyentuh sandaran kursi—tidak nyaman.
- 34 in.: Jarak minimum untuk kenyamanan.
- 6 in.: Jarak ideal untuk kenyamanan maksimal.
- 38 in. dan lebih: Kekompakan penonton dapat terganggu.

Keselamatan Teater

Jarak garis tegak lurus yang berlebihan dapat menarik orang yang keluar untuk berdesakan di depan dan menyebabkan kemacetan. Lihat kode yang berlaku untuk lebar lorong dan jalur keluar.

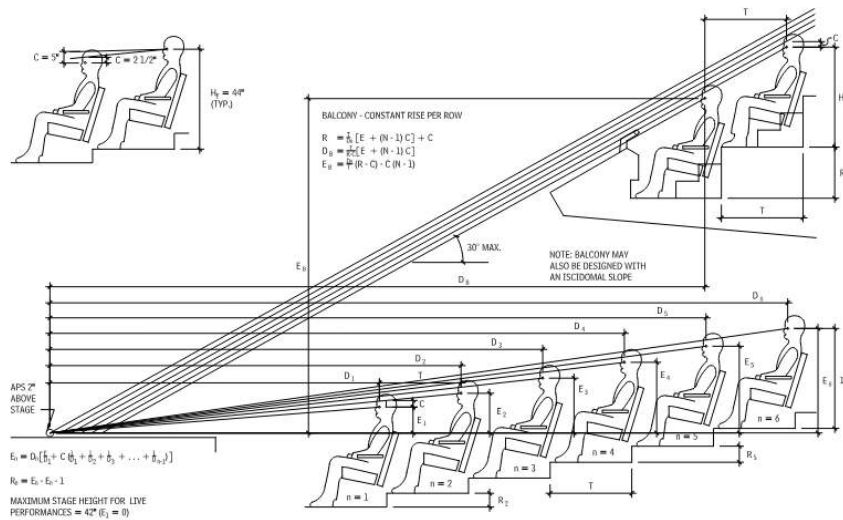


Gambar 5.4 duduk dengan banyak lorong



Gambar 5.5 kursi kontinental

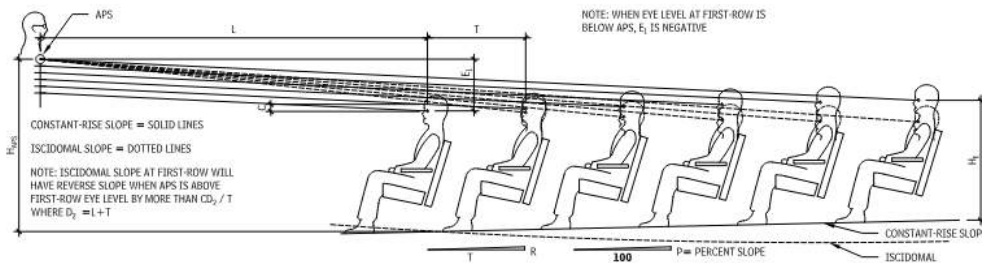
Garis Pandang Teater



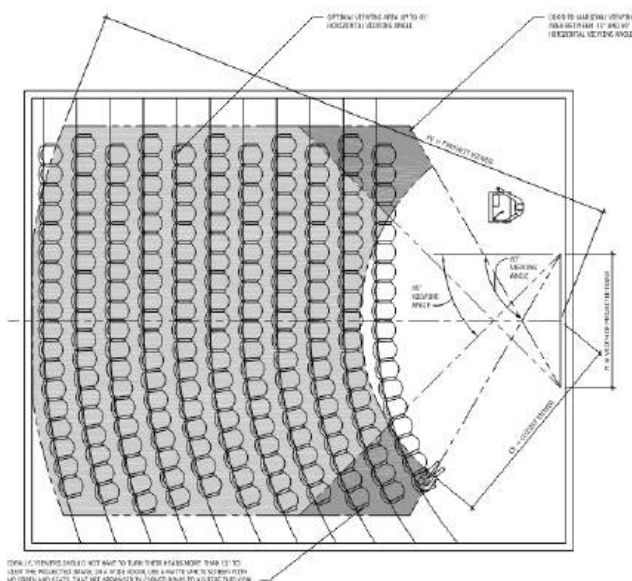
APS = Titik kedatangan garis pandang (titik fokus atau perpotongan garis pandang tertinggi dengan bidang fokus)
N = Jumlah baris pada bangku penonton
n = Nomor baris tempat perhitungan dilakukan
D₁ = Jarak horizontal dari APS ke posisi mata di baris pertama
D_n = Jarak horizontal dari APS ke posisi mata di baris ke-n

D_b = Jarak horizontal dari APS ke posisi mata di bagian depan baris balkon
L = Jarak horizontal dari posisi mata di baris pertama ke bidang fokus vertikal
E₁ = Ketinggian mata di baris pertama di atas APS
E_n = Ketinggian mata di baris ke-n di atas APS
H_e = Tinggi mata orang yang duduk (44 in. standar; 1.117 mm)

H_{APS} = Tinggi APS di atas lantai baris pertama
C = Jarak bebas garis pandang; 2 1/2 in. (63 mm) untuk melihat melewati dua baris di depan; 5 in. (127 mm) untuk melihat melewati satu baris di depan
T = Jarak antar baris (tapak)
R = Tinggi anak tangga antar baris
R_n = Tinggi anak tangga di depan baris ke-n
P = Kemiringan dalam persen



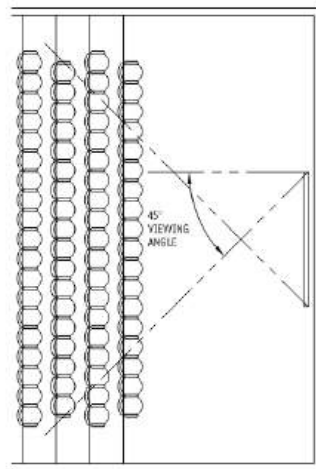
Gambar 5.7 garis pandang untuk lantai yang sedikit miring—bidang fokus vertikal



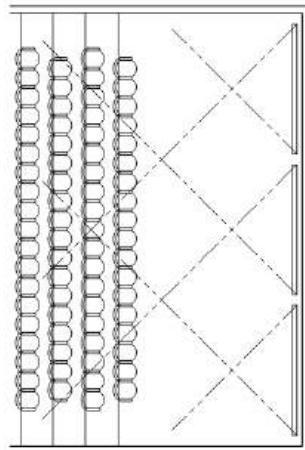
Gambar 5.8 menentukan area pandangan yang optimum

Gambar 5.9 area pandangan optimum

JENIS MEDIA	VIDEO KOMPUTER	HDTV	VIDEO STANDAR (NTSC)	SLIDE 35MM	FILM GAMBAR GERAK 16MM	TRANSPARANSI OHP
RASIO ASPEK GAMBAR (W:H)	(4:3)	(16:9)	(4:3)	(1:1.493)	(4:3)	(1:1)
H	$0.75 \times W$	$0.5626 \times W$	$0.75 \times W$	M	$0.4255 \times W$	-
W	$1.33 \times H$	$1.78 \times H$	$1.33 \times H$	-	$2.35 \times H$	-
FV	$\leq 4 \times W$	$\leq 6 \times H$	$8-10 \times H$	$\leq 6 \times H$	$\leq 4 \times W$	$\leq 6 \times H$
CV	$\geq 1.5 \times 2 \times W$	$\geq 1.5 \times 2 \times W$	$\geq 1.5 \times 2 \times W$	$\geq 1.5 \times 2 \times W$	$\geq 1.5 \times 2 \times W$	$\geq 1.5 \times 2 \times W$



Gambar 5.10 sudut pandang untuk satu layar datar



Gambar 5.11 sudut pandang untuk banyak layar— orientasi paralel

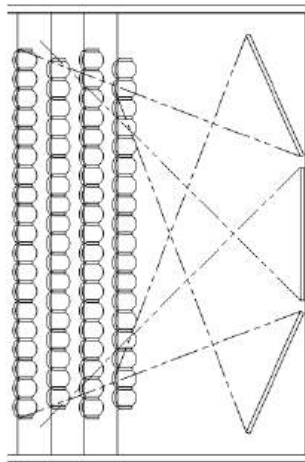
Peralatan Dan Layar Proyeksi

Proyektor video LCD lensa tunggal dan pemrosesan cahaya digital (DLP) menawarkan fleksibilitas dalam penempatan. Proyektor dapat ditempatkan pada jarak yang bervariasi dari layar dan difokuskan dengan menyesuaikan lensanya, dalam batasan yang ditawarkan oleh lensa yang tersedia untuk proyektor tertentu.

Layar Proyeksi

Layar proyeksi belakang atau layar datar layar lebar (plasma atau LCD) dapat digunakan untuk konferensi video. Saat menggunakan layar proyeksi belakang, dimungkinkan untuk menggunakan lampu yang lebih terang di ruang konferensi selama menonton daripada dengan monitor video biasa.

Layar proyeksi depan biasanya tidak direkomendasikan untuk digunakan dalam aplikasi konferensi video, karena tingkat pencahayaan di dalam ruangan harus cukup agar kamera video dapat menangkap video dengan baik, dan kecenderungan tingkat cahaya yang lebih tinggi untuk memudahkan gambar yang diproyeksikan di layar.



Gambar 5.12 pandangan untuk banyak layar – orientasi rotasi

Projektor Dan Layar

Sistem proyeksi belakang ruang konferensi video menggunakan proyektor video dan layar proyeksi belakang yang terbuat dari bahan khusus yang menghasilkan gambar seragam dan kecerahan tinggi. Biasanya, sistem cermin juga digunakan, yang memungkinkan proyektor ditempatkan lebih dekat ke layar belakang dan meminimalkan ruang yang dibutuhkan di belakang layar belakang. Proyektor menggunakan teknologi LCD atau DLP dan memiliki lensa tunggal.

Layar panel datar (LCD atau plasma) digunakan karena memberikan gambar dengan kecerahan dan resolusi yang baik dan dapat dengan mudah dipasang di dalam atau di dinding.

Pilihan jenis layar yang akan digunakan sebagian besar didasarkan pada ukuran ruang konferensi video dan jarak antara layar dan penonton terjauh. Layar proyeksi belakang bisa jauh lebih besar daripada layar LCD atau plasma dan, oleh karena itu, dapat melayani ruangan yang lebih besar. Namun, sebagian besar ruang konferensi video cukup kecil untuk dilayani dengan baik oleh layar LCD atau plasma.

Peralatan Medis

Perawatan Akut Umum

Kamar pasien harus mudah diakses, mudah dirawat, dan cukup luas untuk menampung peralatan pendukung kehidupan dan pemantauan berteknologi tinggi. Pintu masuk harus

memiliki lebar minimal 48 inci. Bukaan yang lebih lebar terkadang diperlukan untuk menampung peralatan besar dan tim bedah selama situasi darurat. Area kosong seluas 48 inci harus disediakan di kaki tempat tidur pasien.

Lengkapi kamar pasien dengan fasilitas dasar seperti kursi pasien, kursi pengunjung, perangkat televisi (VCR dan komputer dengan akses Internet, opsional), lemari pakaian untuk pakaian panjang dan barang bawaan, laci untuk pakaian dan barang pribadi, dan rak meja atau rak terbuka untuk bunga dan kartu. Kamar pasien dilengkapi fasilitas toilet dengan akses langsung, meskipun area mandi sentral dapat disediakan sebagai pengganti pancuran individual.

Pintu ke kamar toilet yang dapat diakses harus menyediakan bukaan kosong minimal 32 inci saat dibuka 90°. Jika pintu berayun ke dalam, lengkapi dengan perangkat keras yang memungkinkan akses darurat. Tindakan pencegahan universal mengharuskan adanya toilet di dalam atau di dekat pintu masuk setiap kamar pasien untuk penggunaan klinis dan tempat untuk menyimpan sarung tangan, masker, dan gaun. Ruang untuk peralatan elektronik, seperti terminal data pasien dan printer, mungkin diperlukan. Kamar pasien semiprivasi harus memiliki tirai bilik untuk privasi visual.

Perawatan Intensif

Pasien di unit perawatan intensif (ICU) berada dalam pengawasan berkelanjutan, oleh karena itu setiap kamar harus terlihat dari pos perawat atau stasiun kerja koridor yang memiliki staf, dan unit harus memiliki peralatan untuk pemantauan berkelanjutan. Sediakan panggilan perawat di setiap tempat tidur untuk memanggil bantuan.

Tempat tidur harus berada dalam pandangan jendela eksterior, sebaiknya jendela yang dapat dibuka, meskipun ini tidak diwajibkan. Jika jendela yang dapat dibuka disediakan, batasi lebar bukaan untuk mencegah upaya melarikan diri atau bunuh diri. Sediakan ruang di samping tempat tidur untuk pengunjung dan tirai untuk privasi visual.

Pintu harus memiliki lebar minimal 48 inci. Pintu geser dapat digunakan untuk akses ke kamar atau bilik di dalam suite. Sediakan setidaknya satu ruang atau bilik pribadi di setiap ICU untuk pasien yang memerlukan isolasi dan/atau pemisahan.

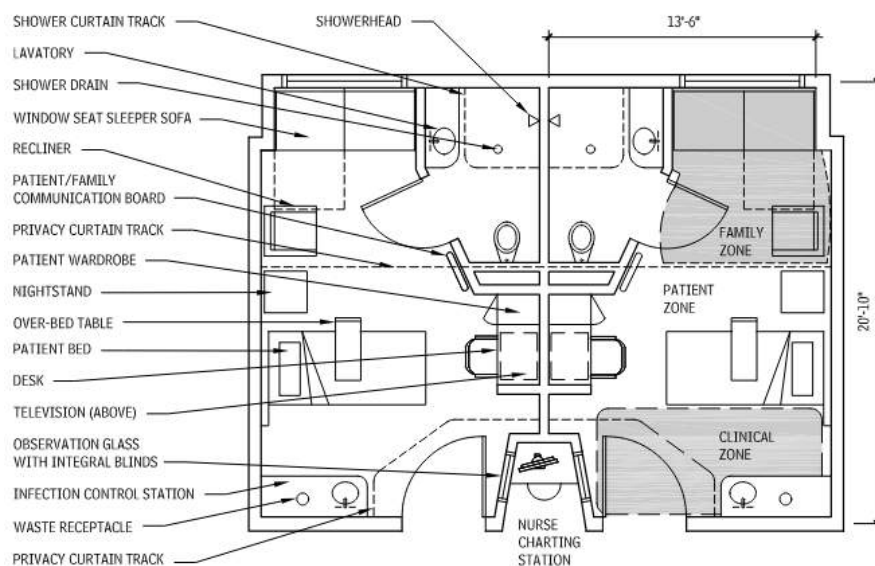
Unit toilet dapat disediakan di setiap area tempat tidur, bersama dengan wastafel, meja dapur untuk menyiapkan obat-obatan, dan tempat penyimpanan tindakan pencegahan universal. Jalur infus dan lampu pemeriksaan biasanya ditempatkan di atas setiap tempat tidur. Karena tingkat keparahan penyakit pasien ini, peralatan pendukung kehidupan yang dapat digulung sering kali menempati ruang di sisi dan kaki tempat tidur. Jaga jarak minimal 48 inci di tiga sisi setiap tempat tidur. Kolom utilitas yang berisi stopkontak dan perangkat gas medis serta komunikasi memungkinkan akses 360° di sekitar pasien.

Lapisan Akhir Dan Dinding Kepala Tempat Tidur

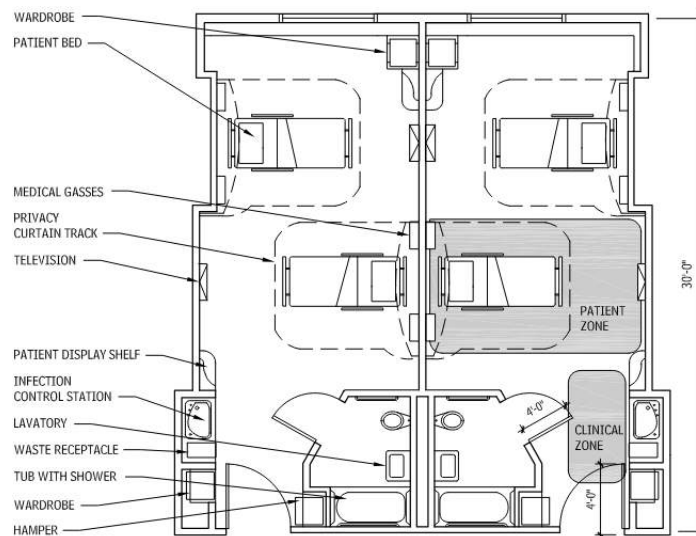
Lapisan akhir di kamar pasien harus tahan lama dan mudah dirawat; lantai elastis, penutup dinding atau partisi papan gips yang dicat, dan sebagainya, biasanya digunakan. Cat epoksi terkadang digunakan di area basah atau area persiapan obat. Beberapa rumah sakit menyediakan kamar pasien yang kurang institusional dengan lantai berkarpet dan lapisan akhir yang lebih menyerupai rumah, untuk mengurangi stres dengan membantu pasien merasa

lebih nyaman selama mereka menginap. Konsultasikan peraturan setempat untuk pembatasan lapisan akhir di kamar pasien.

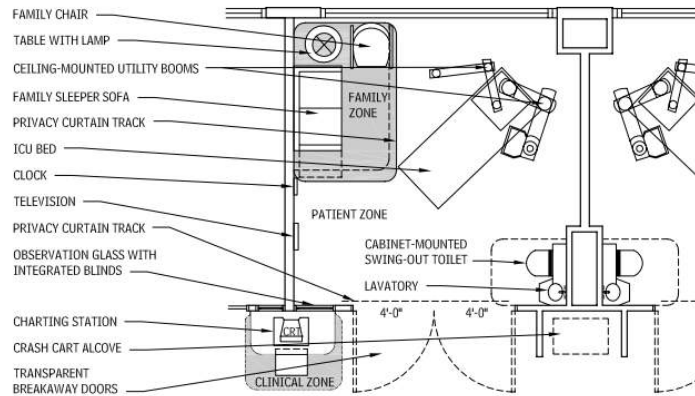
Tergantung pada jenis kamar, dinding kepala tempat tidur dapat mencakup tombol panggil perawat; lampu baca; sakelar lampu kamar; kontrol televisi; stopkontak listrik; kemampuan pemantauan terpusat; serta saluran hisap, vakum, dan berbagai saluran gas medis. Dinding kepala tempat tidur tersedia sebagai unit *prefabrikasi* atau dapat dibangun ke dalam partisi dengan kabinet yang mudah diakses, untuk membuat perangkat tidak terlalu mengancam. Ketebalan dinding dapat bervariasi tergantung pada jenis peralatan yang digunakan. Konsultasikan kode, standar, dan peraturan yang berlaku untuk persyaratan aksesibilitas.



Gambar 5.13 ruang pasien pribadi



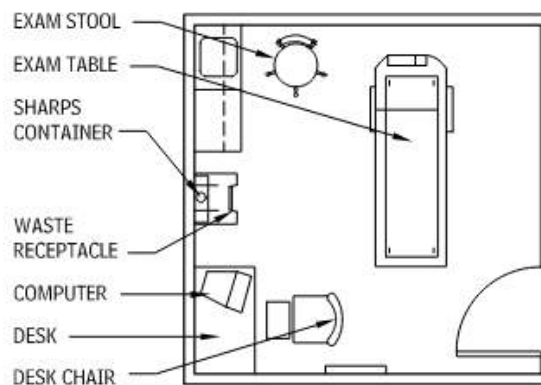
Gambar 5.14 kamar semi-privasi



Gambar 5.15 ruangan perawatan intensif

Ruangan Pemeriksaan Dan Tindakan **Ruangan Pemeriksaan (Ruang Periksa)**

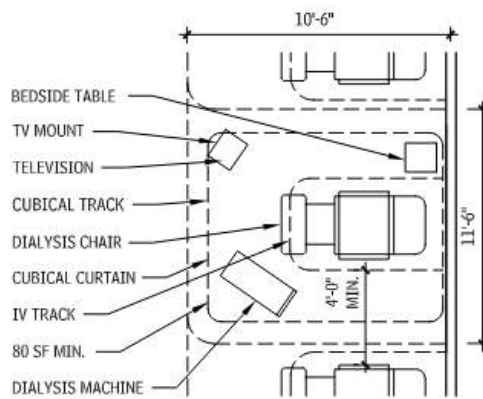
Ruang periksa serbaguna menjadi blok bangunan utama dalam desain fasilitas rawat jalan. Konfigurasi ruangan bervariasi, tetapi dimensi ruangan minimum umumnya adalah 8 kaki. Ukuran ruang periksa harus minimal 80 kaki persegi, tetapi 110 kaki persegi sangat direkomendasikan. Biasanya, penyedia layanan medis bekerja dari sisi kanan pasien (lihat Gambar 5.16); oleh karena itu, ruangan harus direncanakan untuk memungkinkan hal ini. Di fasilitas pediatri, meja periksa sering ditempatkan dengan sisi kiri pasien menempel dinding, untuk meningkatkan keamanan. Di fasilitas kesehatan wanita, meja diposisikan menghadap jauh dari pintu masuk ruangan. Seringkali, gorden bilik disertakan untuk melindungi pasien dari pandangan koridor saat pintu dibuka.



Gambar 5.16 ruangan pemeriksaan rawat jalan

Modul Dialisis

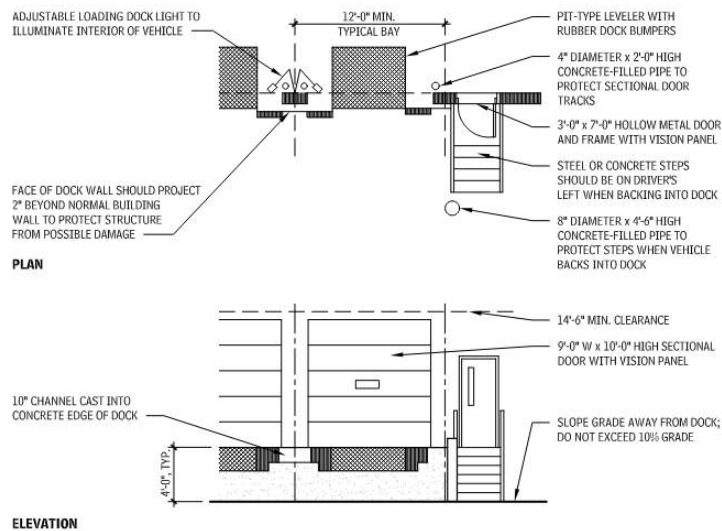
Fasilitas dialisis rawat jalan umumnya mencakup posisi perawatan terbuka. Pada Gambar 5.17, kursi bersandar diposisikan di dinding layanan dalam pengaturan yang privasinya terjaga melalui pengaturan tirai bilik. Minimal 80 kaki persegi diperlukan untuk setiap stasiun perawatan, dan 145 kaki persegi direkomendasikan dengan lorong di antara stasiun. Persyaratan ruang untuk pasien kemoterapi/onkologi serupa. Sering kali, tirai bilik diganti dengan layar atau partisi tetap untuk meningkatkan privasi.



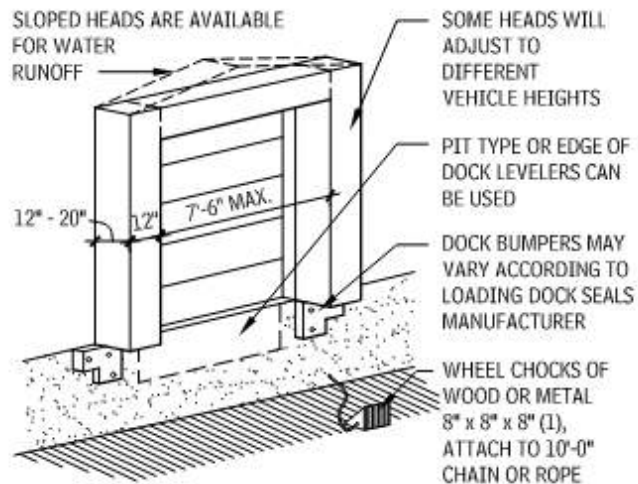
Gambar 5.17 modul dialisis

Peralatan Kendaraan

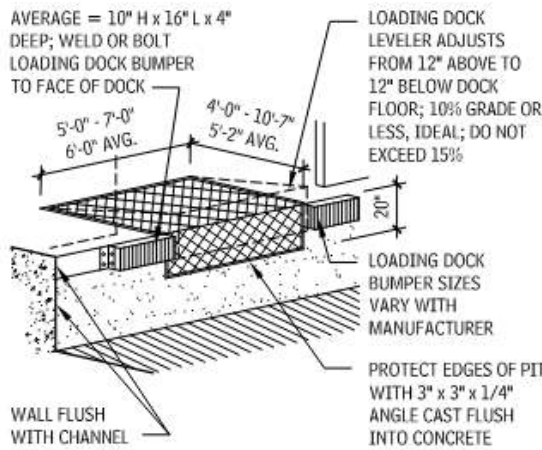
Peralatan Dermaga Pemuatan



Gambar 5.18 ruang dermaga pemuatan umum

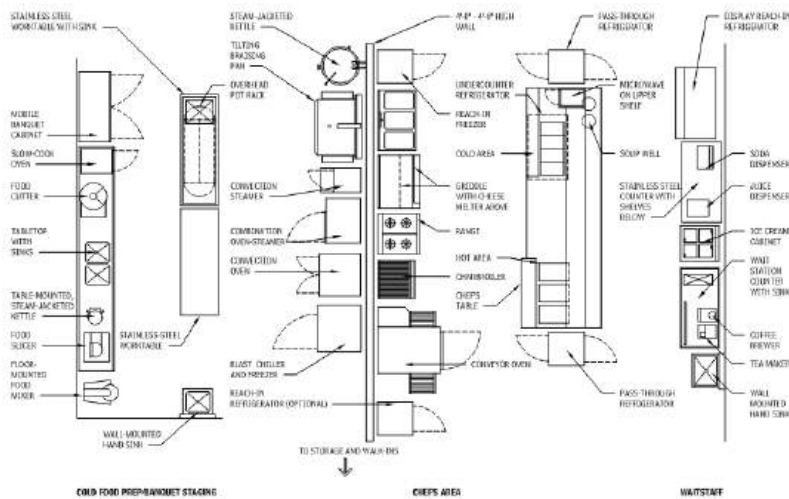


Gambar 5.19 perlindungan dermaga berbantal

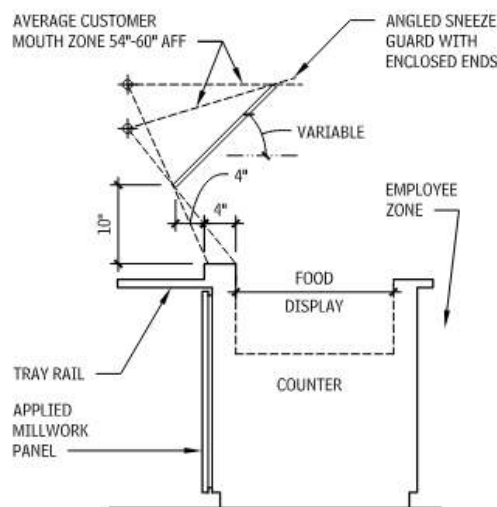


Gambar 5.20 penyeimbang dermaga jenis lubang

Peralatan Layanan Makanan Komersial



Gambar 5.21 rencana dapur komersial



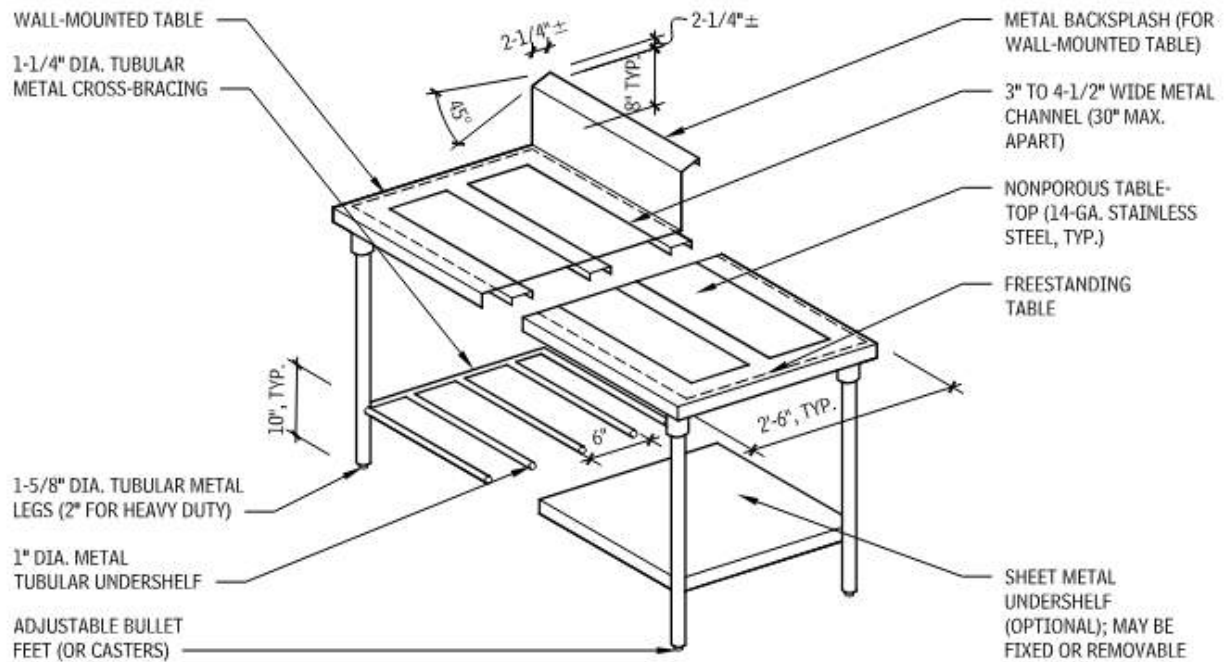
Gambar 5.22 penahan bersin

Tabel 5.23 ukuran dan penggunaan baja galvanis

Ketebalan	Penggunaan yang disarankan
12	Saluran penyangga dan penyangga tambahan
14	Rak bawah dan partisi (opsional)
16	Rak bawah dan panel samping (opsional)
18	Laci peralatan, tudung (hood), panel bodi, partisi interior (opsional)

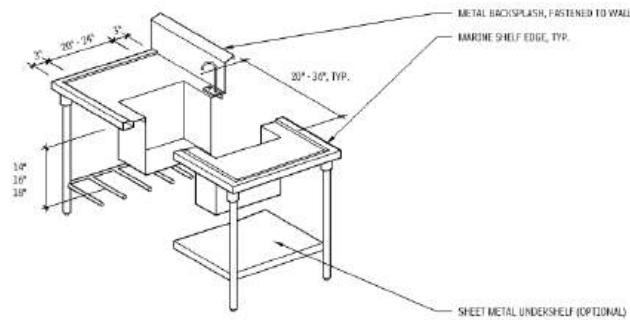
Gambar 5.24 ukuran dan penggunaan baja anti karat

Ketebalan	Penggunaan umum
8 dan 10	Elemen penyangga untuk peralatan berat atau pada titik-titik tekanan
12	Meja kerja, wastafel panci, atau permukaan lain yang sering digunakan dan akan mengalami banyak keausan
14	Meja kerja, wastafel, rak, dan penyangga yang akan sering digunakan atau menahan benda berat
16	Bagian atas dan samping peralatan kecil yang membawa benda ringan; rak di bawah peralatan dan panel samping yang sering digunakan
18	Panel samping yang tidak terkena banyak keausan dan pintu peralatan, tudung, serta partisi
20	Penutup untuk panel yang didukung atau berinsulasi, seperti pintu kulkas atau pintu berinsulasi lainnya



Gambar 5.25 meja kerja fabrikasi

Potongan logam berbentuk tabung harus dilas, disatukan dengan cekungan, dan diampelas hingga halus. Lapisan bahan peredam suara berbahan dasar gabus dapat diaplikasikan pada bagian bawah permukaan meja dan dilapisi dengan pernis aluminium. Lihat kode kesehatan untuk jenis pernis yang diizinkan.



Gambar 5.26 bak cuci fabrikasi

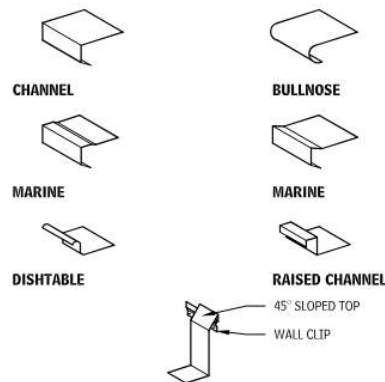
Peralatan Persiapan Makan

Pemotong makanan, atau sering disebut "penggiling kerbau", digunakan untuk memotong daging dan sayuran. Fungsinya mirip dengan pengolah makanan (food processor). Jenis yang lebih besar adalah pengaduk pemotong vertikal (VCM), dengan kapasitas 30 hingga 45 liter. Pengaduk makanan digunakan untuk mengaduk/mengolah makanan dalam jumlah besar, terutama jika diperlukan berbagai jenis lampiran.

Peralatan Memasak

Sembilan jenis peralatan memasak dijelaskan secara singkat di sini.

- Penggorengan memasak makanan saat makanan direndam dalam lemak panas yang dikandungnya. Ditenagai oleh gas atau listrik, penggorengan dapat berdiri sendiri, dipasang di meja, modular (hanya listrik), atau drop-in (hanya listrik). Kapasitas tipikal berkisar antara 15 hingga 75 pon shortening atau lemak. Dua unit modular dengan stasiun pembuangan filter di antara keduanya merupakan konfigurasi penggorengan yang umum.
- Wajan datar, juga disebut pemanggang, memiliki permukaan datar dan panas yang memasak makanan dengan cepat. Peralatan ini dapat berdiri sendiri, bagian dari kompor, model meja, atau bagian dari unit modular, dan bertenaga gas atau listrik.
- Kompor sering kali merupakan peralatan yang paling banyak digunakan di fasilitas layanan makanan. Koki lebih suka kompor gas terbuka, terutama untuk menumis karena apinya terlihat dan mudah diatur. Namun, model listrik juga tersedia.
- Pemanggang arang memasak makanan dengan cepat, satu sisi pada satu waktu, biasanya dengan panas radiasi yang dihasilkan oleh gas atau listrik. Ada banyak jenis: pemanggang pembakar atas yang berdiri sendiri, pemanggang arang, salamander (pemanggang kecil di atas kompor untuk pencoklatan menit terakhir), pemanggang konveyor, dan rotiserie.
- Panci miring, juga disebut wajan miring atau wajan penggorengan miring, digunakan untuk memanggang, mengukus, merebus, menumis, atau merebus makanan dalam jumlah besar, biasanya 20 hingga 40 galon. Badan panci dapat dimiringkan ke bawah sehingga cairan dapat dituang; ini juga membantu dalam pembersihan.
- Pengukus konveksi, versi tekanan rendah (5 pon per inci persegi) dan tanpa tekanan, secara efisien menyiapkan sayuran, makanan laut, telur, nasi, dan pasta. Pengukus biasanya ditenagai oleh gas, listrik, uap langsung, atau koil uap.



Gambar 5.27 profil tepi meja kerja

- Oven konveyor memindahkan makanan melalui rongga yang dipanaskan dengan kecepatan yang telah ditentukan sebelumnya, memastikan waktu memasak yang merata dan memungkinkan produksi volume tinggi. Pemanasan, yang dilakukan dengan konveksi atau panas radiasi, dilakukan pada satu atau kedua sisi sabuk. Pizza, kue, hamburger, dan makanan laut dapat dimasak menggunakan metode ini.
- Oven-pengukus kombinasi, disingkat combi, memadukan oven konveksi dengan pengukus dalam satu peralatan. Oven ini populer karena keserbagunaannya.
- Oven masak lambat, yang utamanya digunakan untuk memanggang daging, juga dapat digunakan untuk menghangatkan makanan panas dan membuat roti atau adonan mengembang. Dirancang untuk memasak pada suhu 200°F hingga 240°F, oven ini mengurangi penyusutan daging panggang hingga 40 persen—dan menghemat energi.

Peralatan Rumah Tangga

Bagian ini membahas peralatan yang umum digunakan di rumah tinggal, khususnya dapur dan ruang cuci.

Dapur

Desain dapur rumah yang ideal bergantung pada sejumlah faktor, khususnya kebiasaan hidup dan barang-barang milik pengguna dapur. Desain yang dianggap sangat baik bagi satu pengguna mungkin tidak cocok bagi pengguna lain.

Komponen utama dapur yang direncanakan dengan baik adalah lalu lintas dan alur kerja; lemari dan penyimpanan; penempatan peralatan dan ruang penggunaan/pembersihan; permukaan meja dapur dan ruang pendaratan; serta kontrol ruangan, peralatan, dan perlengkapan.

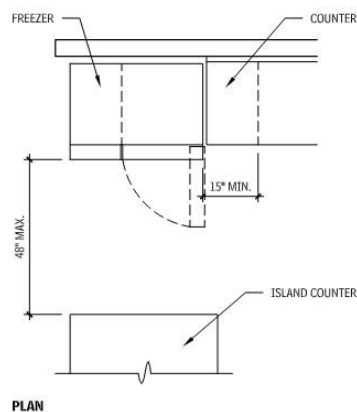
Pertimbangan Desain Dapur

Pedoman desain penting untuk bekerja dengan dapur rumah tangga meliputi:

- Jalur bebas: Pastikan tidak ada pintu masuk, pintu peralatan, atau pintu lemari yang saling menghalangi.
- Sistem ventilasi: Semua peralatan utama yang digunakan untuk memasak di permukaan harus memiliki sistem ventilasi dengan kipas minimal 150 CFM.
- Pusat kerja utama: Tidak boleh ada dua pusat kerja utama (wastafel utama, kulkas, area persiapan, atau kompor/oven) yang dipisahkan oleh kabinet tinggi dengan kedalaman

dan tinggi penuh (diukur dari lantai hingga bagian atas kabinet dinding).

- Lorong kerja: Lorong (jalur antara objek vertikal, yang keduanya merupakan meja kerja atau peralatan) harus memiliki lebar minimal 42 inci di dapur dengan satu juru masak, dan minimal 48 inci di dapur dengan banyak juru masak.
- Sudut meja dapur: Sudut meja dapur yang terbuka harus dipotong atau dibuat melengkung, dan tepi meja dapur harus dihaluskan untuk menghilangkan sudut tajam.
- Kontrol dan pegangan: Kontrol, pegangan, serta tarikan pintu/laci harus dapat dioperasikan dengan satu tangan; pengoperasiannya hanya membutuhkan sedikit kekuatan, tanpa perlu menggenggam erat, mencubit, atau memutar pergelangan tangan.
- Pengaman listrik: Saluran listrik dengan pengaman arus bocor (Ground Fault Circuit Interrupters) harus dipasang pada semua stopkontak di dapur.
- Keselamatan kebakaran: Alat pemadam api harus diletakkan terlihat jelas di dapur, jauh dari peralatan masak, dan berjarak 15 hingga 48 inci di atas lantai; alarm asap juga harus dipasang di dekat dapur.
- Pencahayaan alami: Luas area jendela/lubang cahaya di langit-langit harus setidaknya 10 persen dari total luas lantai dapur terpisah atau dari total ruang keluarga yang menyertakan dapur.
- Pencahayaan memadai: Setiap permukaan kerja di dapur harus diterangi dengan baik oleh pencahayaan tugas dan/atau pencahayaan umum yang sesuai.



Gambar 5.28 area kerja kulkas

Dalam konfigurasi tertutup, sediakan jarak minimal 3 inci dari dinding samping, dengan bahan permukaan tahan api. Permukaan memasak dan area meja dapur yang berdekatan harus memiliki tinggi yang sama.

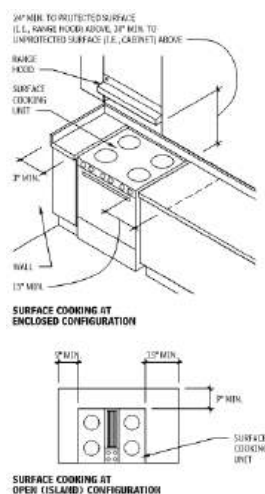
Pengukuran minimal 24 inci dari meja dapur yang berdekatan ke garis tengah wastafel memungkinkan ruang lantai yang bersih seluas 30 x 48 inci yang berpusat pada wastafel. Jika dapur hanya memiliki satu wastafel, wastafel tersebut harus terletak di antara atau di seberang permukaan memasak, area persiapan, atau lemari es.

Pusat Aktivitas

Meskipun dapur telah berkembang di sekitar tiga peralatan dasar—wastafel, kompor,

dan lemari es—dapur biasanya memiliki lebih banyak pusat aktivitas. Pertimbangan lainnya adalah wastafel pembersihan primer dan sekunder, pusat persiapan, pusat memasak, pusat oven microwave, pusat dapur, pusat penyajian, area makan, area binatu, pusat kantor rumah, atau pusat media.

- Pusat wastafel pembersih utama menampung pusat daur ulang, mesin pencuci piring, dan penghancur limbah makanan.
- Pusat wastafel sekunder mungkin juga berfungsi sebagai pembersih, tetapi umumnya terkait dengan pusat persiapan makanan.
- Pusat persiapan adalah meja panjang tanpa putus yang dapat ditempatkan di antara wastafel dan permukaan memasak atau wastafel dan kulkas. Di dapur untuk banyak juru masak, akan ada lebih dari satu area persiapan.
- Pusat memasak berputar di sekitar permukaan memasak. Oven *built-in* terpisah tidak harus menjadi bagian dari pusat ini kecuali jika termasuk oven *microwave*.
- Oven *microwave* harus ditempatkan dekat dengan area aktivitas utama karena seringnya penggunaan.
- Pusat penyimpanan makanan untuk menyimpan bahan makanan, termasuk kabinet penyimpanan dari lantai hingga plafon atau lantai hingga langit-langit, harus ditempatkan di dekat area persiapan.



Gambar 5.29 area kerja memasak di permukaan

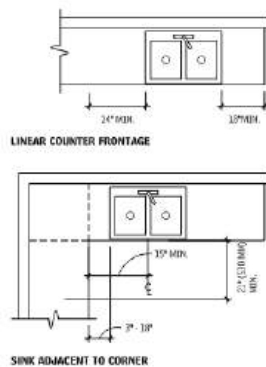
Tata Letak Dapur

Tata letak dapur dapat disesuaikan dengan kebutuhan setiap pengguna; dengan demikian, variasi yang tak terbatas dapat dilakukan.

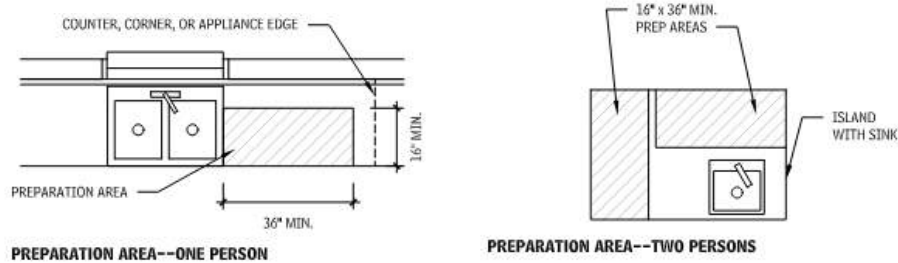
- Dapur berbentuk U biasanya dianggap sebagai denah yang paling efisien. Di dalamnya, langkah-langkah dapat dihemat karena juru masak dikelilingi oleh meja dapur dan sistem penyimpanan yang berkesinambungan di tiga sisi. Lalu lintas juga diarahkan secara alami di sekitar area kerja.
- Dapur berbentuk L dengan pusat kerja di dua dinding yang berdekatan membentuk segitiga alami yang memungkinkan lalu lintas melewati area kerja. Bentuk L memberi juru masak

sejumlah besar ruang meja dapur yang berkesinambungan. Jika bentuk L dikombinasikan dengan struktur tengah yang berdiri sendiri, semua manfaat dapur berbentuk U tersedia, dengan denah yang lebih terbuka dan mengalir bebas. Pulau dapur mengundang interaksi antara juru masak dan pengunjung serta pembantu karena lebih dari satu orang dapat bekerja di sekitar meja dapur terbuka ini.

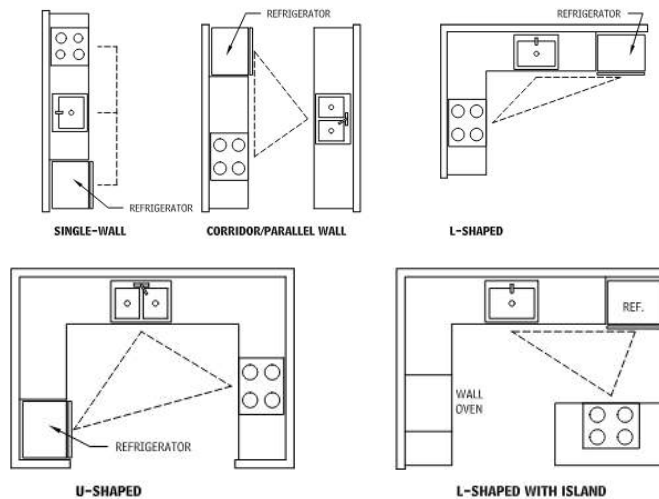
- Dapur koridor menawarkan satu juru masak keuntungan dari pengelompokan pusat kerja yang efisien dan rapat di dinding paralel. Kekurangannya adalah lalu lintas rumah tangga dapat bolak-balik melewati area tersebut dan bentuknya biasanya terlalu kecil untuk dua orang juru masak. Tipe dapur berdinding tunggal hanya dapat diterima di apartemen kecil atau unit yang efisien.



Gambar 5.30 area kerja bak cuci



Gambar 5.31 pusat persiapan

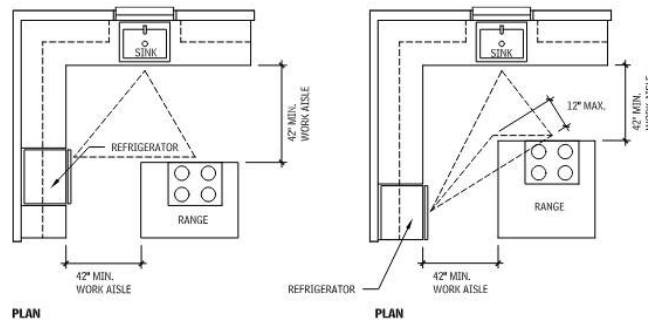


Gambar 5.32 tata letak dapur umum

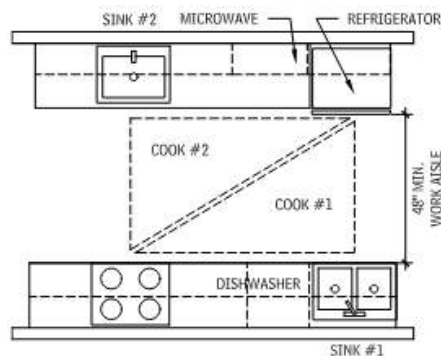
Segitiga Kerja Dapur

Segitiga kerja adalah jarak jalan kaki terpendek antara kulkas, wastafel persiapan makanan utama, dan permukaan memasak utama. Jarak ini diukur dari bagian tengah depan masing-masing peralatan.

Jalur pejalan kaki dan pola lalu lintas tidak boleh mengganggu segitiga kerja utama, dan lemari tidak boleh memotong salah satu sisi segitiga lebih dari 12 inci. Setiap sisi segitiga harus memiliki panjang antara 4 hingga 9 kaki, dan total jumlah ketiga sisinya harus kurang dari 26 kaki.

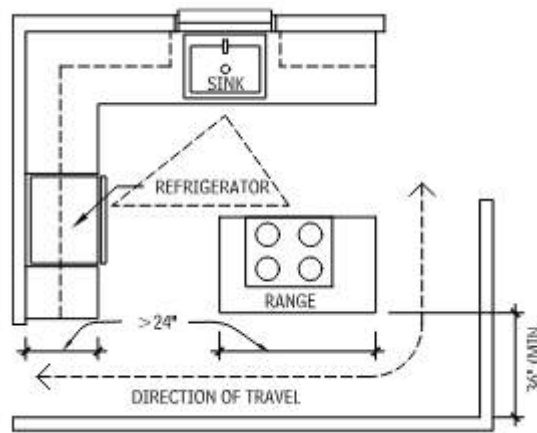


Gambar 5.33 segitiga kerja—satu juru masak



Gambar 5.34 segitiga kerja—dua koki

Jika dua orang atau lebih memasak secara bersamaan, segitiga kerja harus ditempatkan untuk setiap juru masak. Satu kaki segitiga primer dan sekunder dapat digunakan bersama, tetapi keduanya tidak boleh saling bersilangan. Peralatan dapat digunakan bersama atau terpisah.



Gambar 5.35 aliran lalu lintas yang berdekatan dengan segitiga kerja

Jalan setapak adalah lorong antara objek vertikal yang kedalamannya lebih dari 24 inci ke arah perjalanan, yang tidak lebih dari satu berupa meja kerja atau peralatan. Jalan setapak harus memiliki lebar minimal 36 inci dan tidak boleh melewati segitiga kerja.

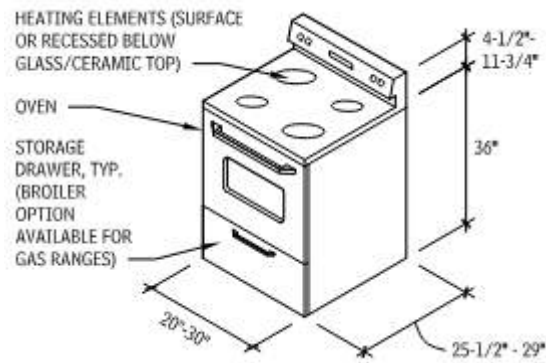
Kompur, Oven, Kompur Listrik, Dan Kap Udara Listrik Perumahan

Dimensi dan fitur peralatan dapur rumah tangga bervariasi untuk barang-barang ini; konsultasikan dengan produsen untuk fitur dan dimensi spesifik.

Kompur tersedia dalam model listrik dan gas. Kompur listrik permukaan halus memiliki elemen pemanas halogen dan radiasi atau kumparan induksi di bawah bagian atas kaca-keramik.

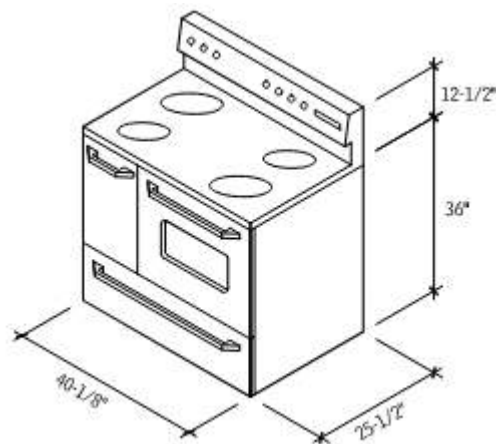
Elemen pemanas radiasi (di bawah permukaan atau unit permukaan, colokan, kumparan, atau pelat padat) menyediakan panas langsung dari elemen resistansi. Elemen jenis halogen biasanya menggabungkan elemen radiasi dengan sumber cahaya halogen, yang memungkinkan elemen memanaskan lebih cepat daripada elemen radiasi saja. Pilihan kompor lainnya termasuk wajan datar dan pemanggang arang. Elemen induksi terdiri dari kumparan induksi frekuensi tinggi di bawah permukaan keramik-kaca. Peralatan masak berbahan logam dipanaskan oleh gesekan magnetik tanpa memanaskan permukaan kompor secara langsung. Elemen induksi dianggap hemat energi.

Oven tersedia dalam bentuk gas atau listrik, baik sebagai model konvensional, kombinasi radiasi/konveksi, atau gelombang mikro. Oven konveksi memiliki elemen ketiga khusus (selain elemen atas dan bawah) yang mengelilingi kipas konveksi di bagian belakang oven, yang mengalirkan udara panas secara merata ke seluruh oven, menghilangkan ketidakrataan suhu. Dapur rumah tangga kini semakin banyak yang menyertakan peralatan komersial. Peralatan ini berukuran lebih besar, memiliki keluaran panas yang lebih besar, dan persyaratan utilitas dan ventilasi yang lebih besar. Konsultasikan dengan produsen untuk dimensi dan persyaratan peralatan.

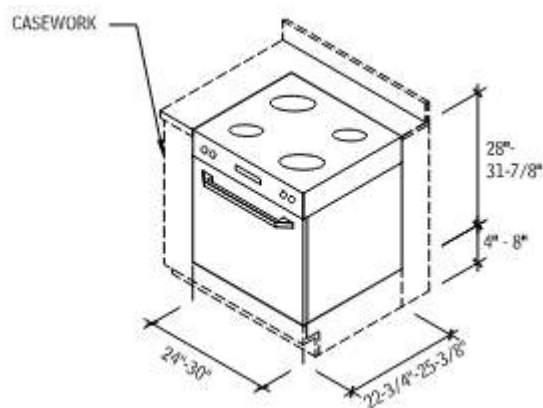


Gambar 5.36 kompor/oven yang berdiri sendiri

Kompor/oven yang berdiri sendiri mungkin memiliki kontrol yang dipasang di bagian depan; jika demikian, area backsplash dapat dihilangkan.

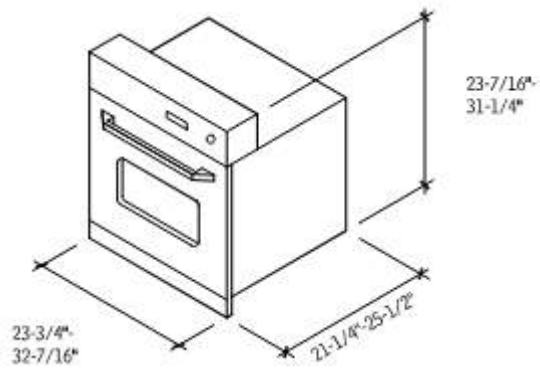


Gambar 5.37 kompor yang berdiri sendiri dengan oven besar dan kecil



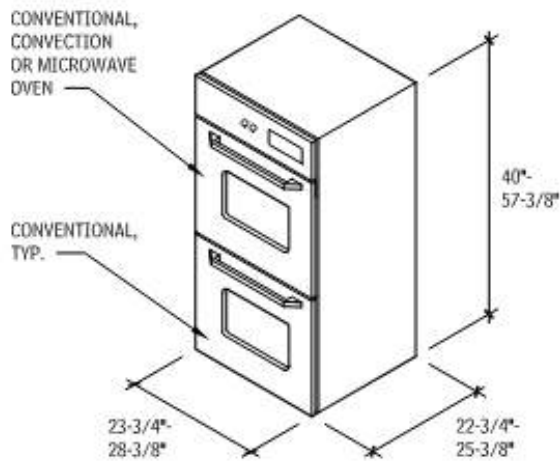
Gambar 5.38 oven kompor drop-in

Rentang bentang dalam biasanya digantung dan ditopang oleh meja dapur; rentang tersebut tidak bersandar pada kabinet atau lantai di bawahnya.

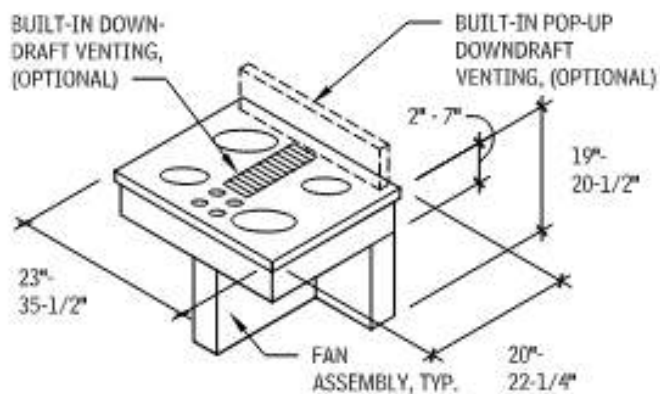


Gambar 5.39 oven dinding tunggal terpasang

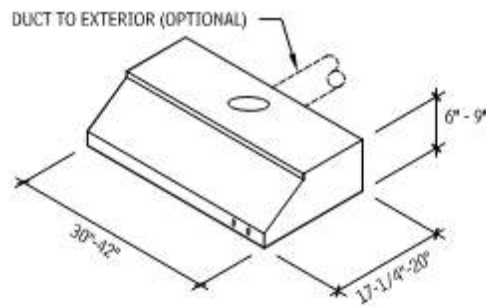
Oven dinding tunggal dapat dipasang di lemari dinding (setinggi mata) atau di bawah meja dapur di lemari dasar.



Gambar 5.40 oven dinding ganda terpasang

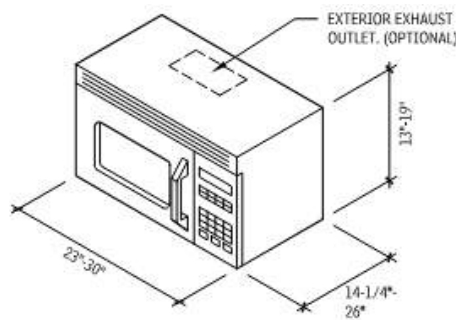


Gambar 5.41 kompor drop-in kompor



Gambar 5.42 kap range

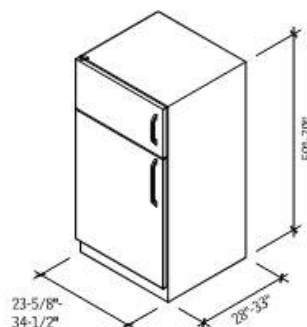
Kap mesin mengeluarkan udara melalui filter kembali ke dalam ruangan (ventilasi sendiri), atau melalui saluran dan filter ke luar ruangan. Aksesori seperti kipas, filter, dan lampu sangat bervariasi dalam konfigurasi desain. Beberapa kompor dan kompor dilengkapi dengan ventilasi aliran bawah, yang dapat menghilangkan kebutuhan akan kap mesin di atas kepala. Kipas biasanya mengeluarkan udara dari 50 hingga 350 CFM untuk penggunaan kompor rumah tangga standar. Untuk kompor komersial, konsultasikan dengan profesional desain untuk persyaratan CFM.



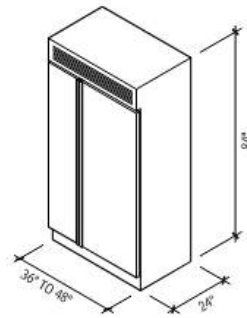
Gambar 5.43 oven microwave tanam

Kulkas, Freezer, Dan Unit Dapur

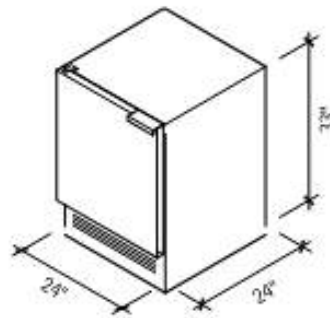
Peralatan kulkas, pembeku, dan dapur unit bervariasi. Konsultasikan dengan produsen untuk dimensi sebenarnya, fitur (seperti jumlah tungku, ukuran kulkas, ukuran wastafel, dan bahan finishing), serta pilihan tambahan (seperti penghancur sampah, penghisap asap, oven microwave, pembuat es, mesin pencuci piring, atau pembeku).



Gambar 5.44 kulkas dengan freezer atas

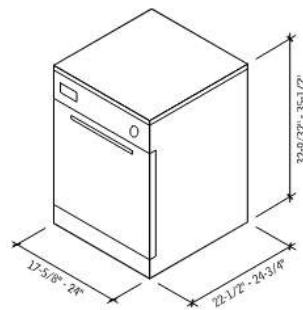


Gambar 5.45 kulkas/freez bersamping yang terpasang



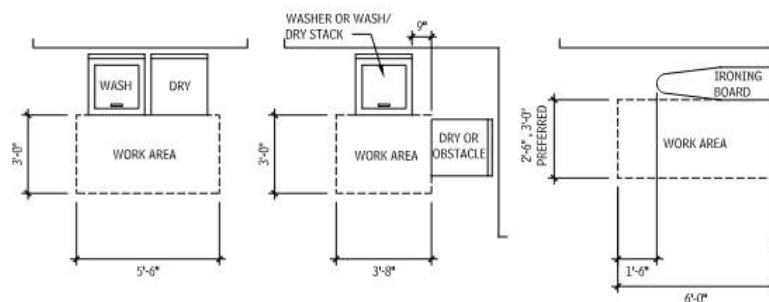
Gambar 5.46 kulkas di bawah meja

Mesin Pencuci Piring

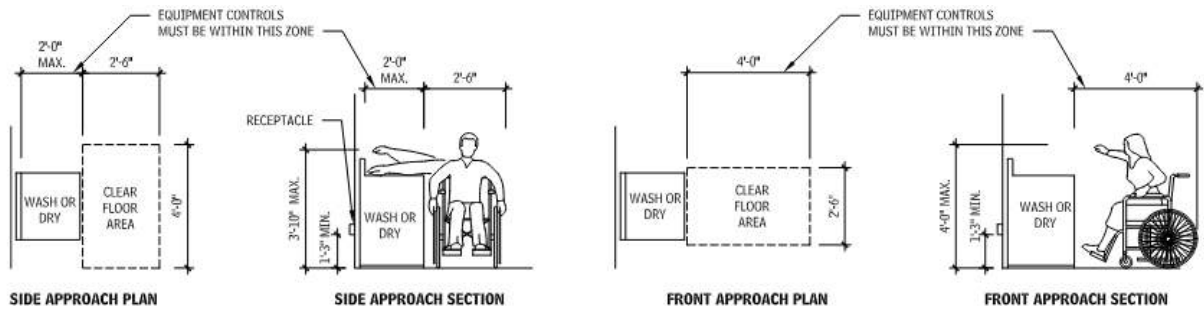


Gambar 5.47 mesin pencuci piring built-in

Biasanya, jangan letakkan mesin pencuci piring lebih jauh dari 10 kaki dari wastafel untuk pembuangan air yang baik.



Gambar 5.48 jarak ruang peralatan laundry



Gambar 5.49 aksesibilitas peralatan laundry

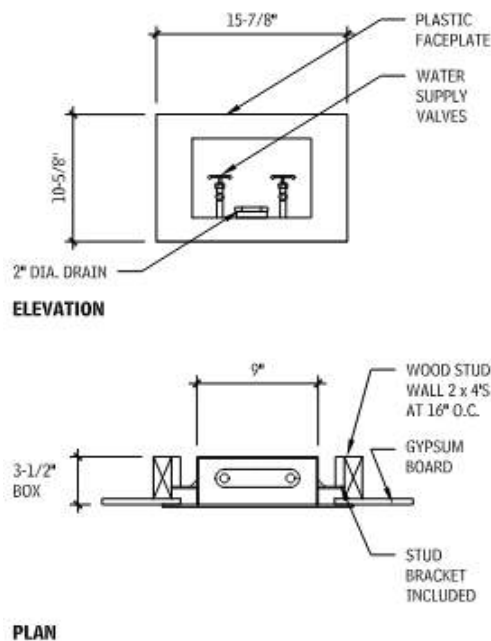
5.3 RUANG CUCI

Dimensi dan fitur peralatan binatu bervariasi; konsultasikan dengan produsen untuk detail spesifik.

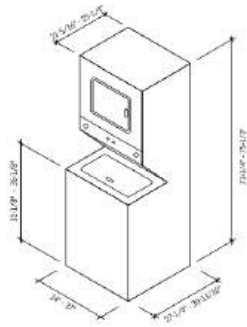
Ruangan Cuci Yang Dapat Diakses

Fasilitas cuci yang dapat diakses dapat menyediakan mesin cuci bukaan depan (dengan bagian bawah bukaan 15 hingga 34 inci di atas lantai) atau mesin cuci bukaan atas (dengan pintu kompartemen cuci maksimal 36 inci di atas lantai).

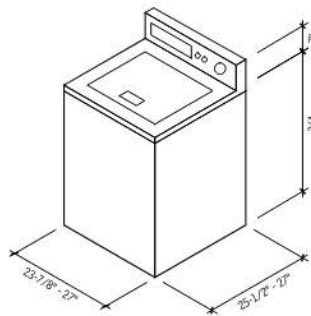
Tempatkan kontrol peralatan cuci dalam jangkauan depan atau samping yang tinggi. Kontrol harus dapat dioperasikan dengan satu tangan, tanpa perlu menggenggam erat, mencubit, atau memutar pergelangan tangan. Jika disediakan tempat penyimpanan perlengkapan, harus berada dalam jangkauan; semua permukaan kerja harus maksimal 34 inci, dengan ruang lutut di bawahnya.



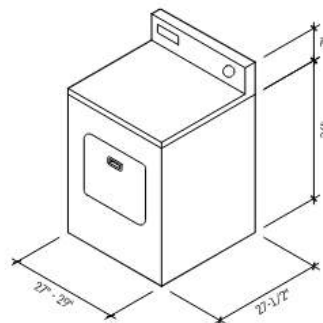
Gambar 5.50 kotak sambungan utilitas (tersembunyi)



Gambar 5.51 kombinasi mesin cuci-pengering bertumpuk

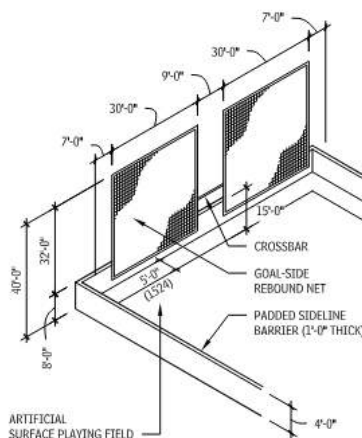


Gambar 5.52 mesin cuci bukaan atas yang berdiri sendiri



Gambar 5.53 mesin pengering bukaan depan

Peralatan Atletik

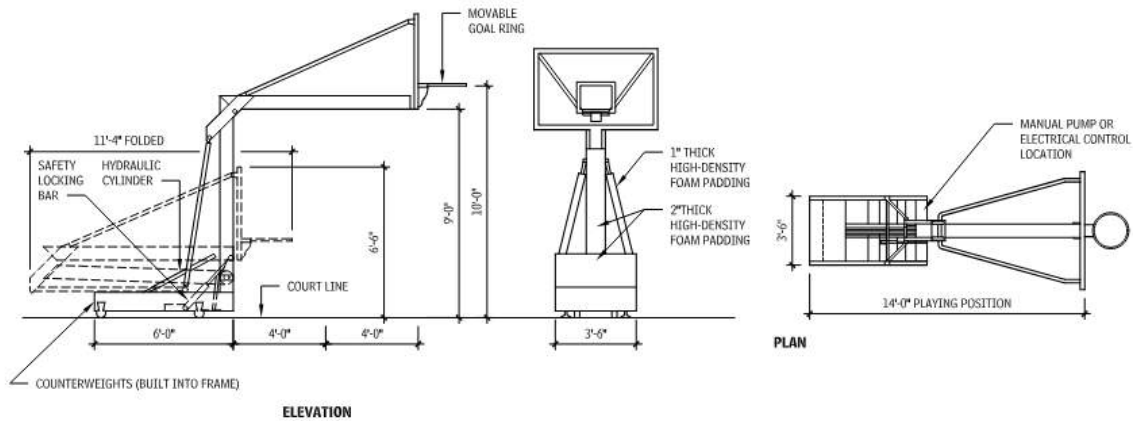


Gambar 5.54 gawang sepakbola arena dan jaring pantun

Bola Basket

Peralatan yang diilustrasikan pada Gambar 5.55 sampai 5.58 mencakup bentuk umum gawang hidrolik dan papan pantul.

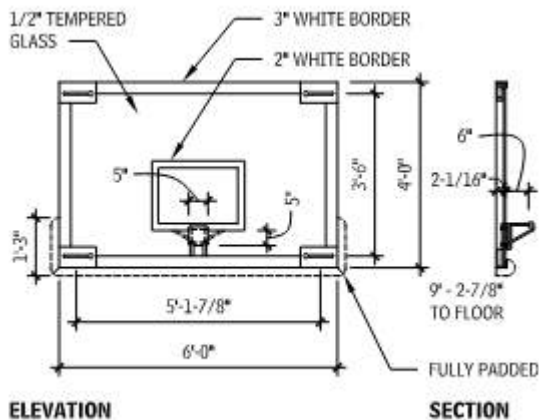
Peralatan papan skor elektronik tersedia dalam berbagai ukuran dan konfigurasi. Untuk informasi lebih lanjut dan nama produsen, lakukan pencarian kata kunci Internet pada “peralatan papan skor atletik.”



Gambar 5.55 tiang bola basket portabel

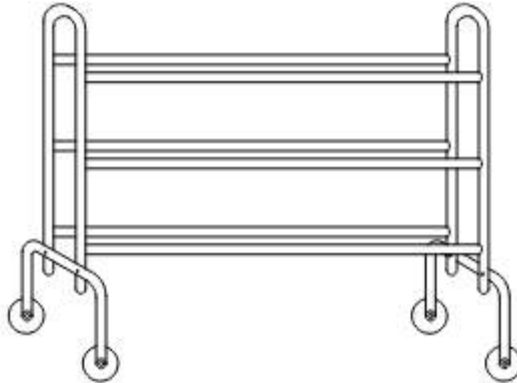
Gambar 5.56 dimensi lapangan basket

Lapangan	Panjang (FT)	Lebar (FT)	Jari-jari garis tiga poin (FT-IN)
NBA	94	50	23-9
Internasional	94	50	20-7
NCAA (putra)	94	50	19-9
WNBA, NCAA (putri)	94	50	19-9
SMA (putri)	84	50	19-9
SMA (putra)	84	50	19-9



Gambar 5.57 papan punggung

Gambar dan tabel 5.58 rak basket portabel



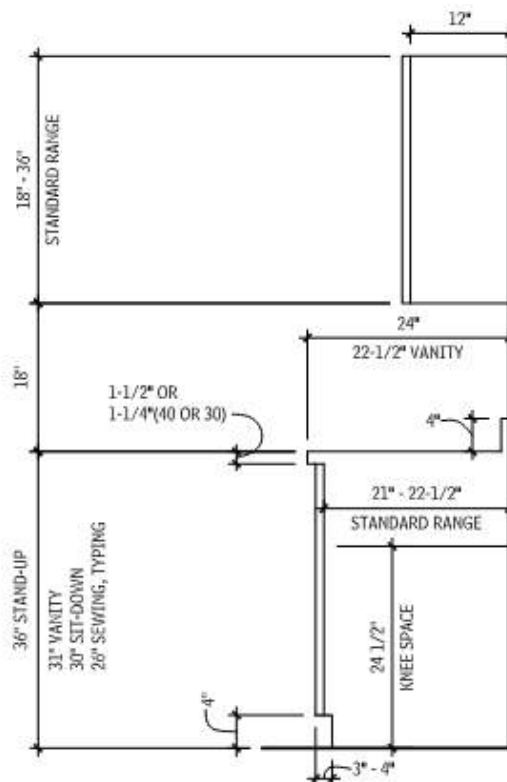
Jumlah bola basket	Jumlah tingkat	Lebar (INCI)	Kedalaman (INCI)	Tinggi (INCI)
12	3	41	14	39-3/4
16	4	41	14	51-3/4
30	3	45	20	33

5.4 PERABOT ATAU PERLENGKAPAN

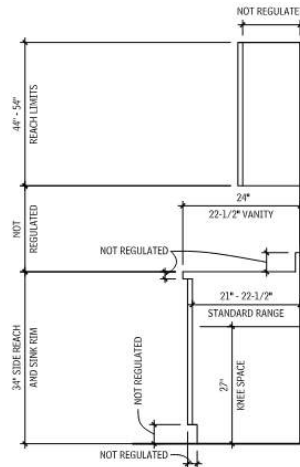
Perabot Tetap

Bagian ini membahas standar pengerjaan kayu khusus dan detail konstruksi kabinet.

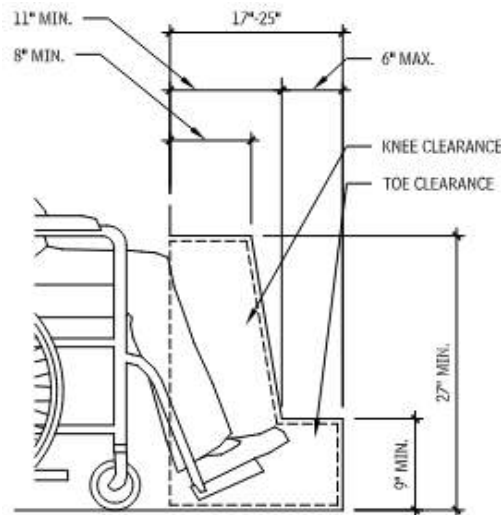
Lemari Yang Dipabrikasi Di Toko



Gambar 5.59 lemari yang digantung di dinding dan di dasar



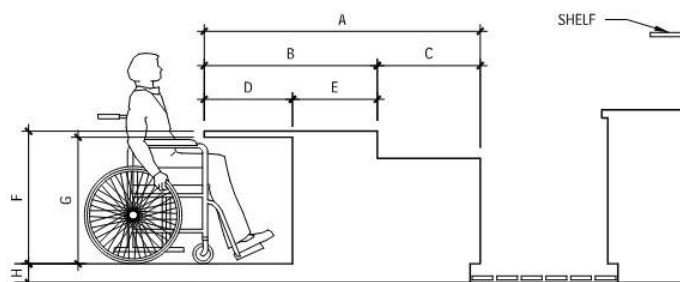
Gambar 5.60 lemari yang digantung di dinding dan di dasar yang mudah diakses



Gambar 5.61 jarak lubang di samping lutut dan di kaki

LOW COUNTER DIMENSIONS

- A = 4'-11" TO 5'-6"
- B = 3'-1" TO 3'-3"
- C = 1'-10" TO 2'-0"
- D = 17" TO 25"
- E = 1'-6" TO 2'-0"
- F = 2'-4" TO 2'-8"
- G = 2'-3" MIN.
- H = 4" - 8"



Gambar 5.62 bar dan konter

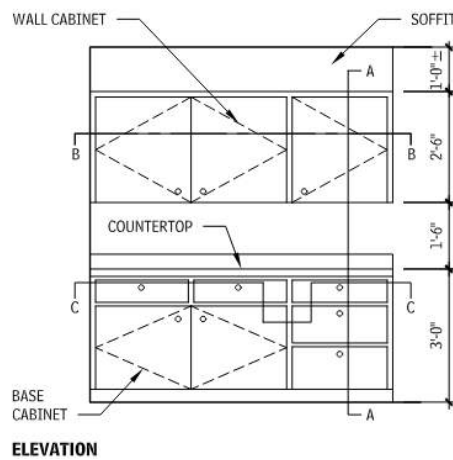
Rincian Lemari

Standar Kualitas *Architectural Woodwork Institute (AWI)* mengklasifikasikan lemari arsitektur dalam tiga kategori: premium, khusus, dan ekonomis. Bahan, sambungan, dan kualitas akhir dijelaskan untuk diikuti oleh bengkel pembuatan kabinet.

- Premium adalah mutu tertinggi, dengan toleransi ketat yang hanya diperuntukkan bagi lemari terbaik.

- Lemari mutu khusus, yang paling umum, terbuat dari bahan yang sangat bagus dengan sambungan yang tahan lama.
- Lemari mutu ekonomis digunakan untuk lemari hunian yang murah dan bermanfaat.

Standar Kualitas AWI selanjutnya mengklasifikasikan bagian lemari sebagai terbuka, setengah terbuka, dan tersembunyi, dan menentukan mutu minimum untuk masing-masing. Hasil akhir yang akan digunakan ditentukan sebagai mutu cat atau mutu pewarna, atau apakah laminasi plastik atau bahan lain akan digunakan. Untuk mencegah pergerakan yang disebabkan oleh penyusutan kayu, gunakan hanya kayu solid yang dikeringkan di tungku atau produk panel untuk penyangga dasar.

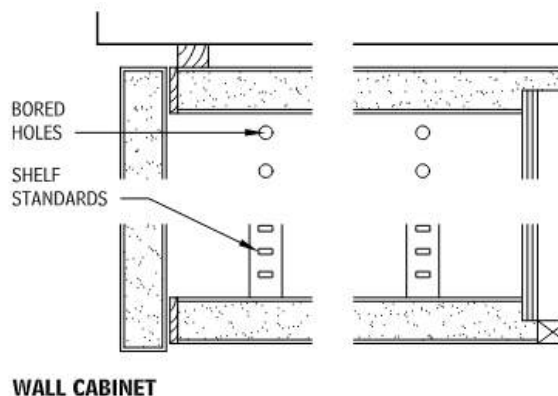


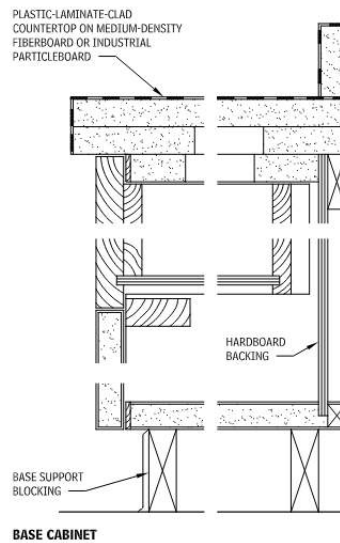
Gambar 5.63 ketinggian lemari umum

Konstruksi Pelapis Rata-Rata

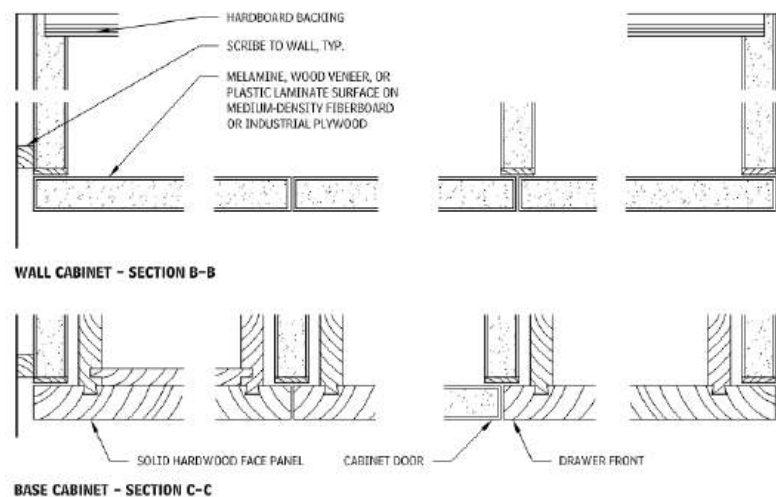
Konstruksi pelapis rata menawarkan desain kontemporer yang bersih karena hanya pintu dan bagian depan laci yang terlihat dari elevasi. Serat antara pintu dan bagian depan laci dapat disesuaikan dengan memotong semua bagian dari panel yang sama.

Gaya lemari ini cocok untuk penggunaan laminasi plastik untuk permukaan yang terbuka. Engsel konvensional dan tersembunyi tersedia untuk berbagai ketebalan pintu. Sambungan dan bahan pintu dan laci dapat bervariasi dari pilihan yang ditunjukkan dalam detail.





Gambar 5.64 konstruksi pelapis rata-rata—bagian vertikal a-a



Gambar 5.65 konstruksi pelapisan flush—bagian horizontal

Konstruksi Pelapis Yang Terungkap

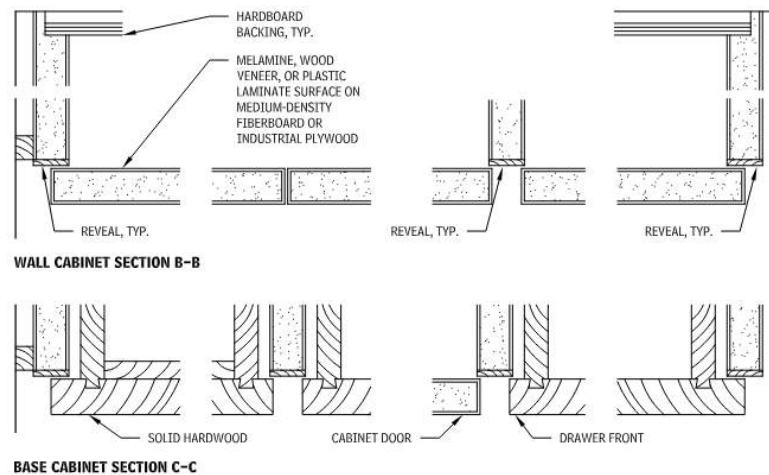
Pada gaya konstruksi kabinet ini, pemisahan antara pintu dan bagian depan laci diberi aksesoris dengan bagian yang terbuka. Gaya ini cocok untuk konstruksi laminasi kayu atau plastik. Gambar 5.63 menunjukkan bagian yang terbuka pada sambungan vertikal dan horizontal, tetapi perancang dapat mengubah pengaturan ini.

Celah dengan lebar lebih dari 1/2 inci memerlukan penambahan bingkai muka, yang akan mengubah persyaratan engsel. Baik dengan atau tanpa bingkai muka, gaya ini memungkinkan penggunaan engsel konvensional atau tersembunyi. Sambungan pintu/laci dan materialnya dapat bervariasi dari pilihan yang ditunjukkan pada Gambar 5.66.

Konstruksi Rata Tersembunyi (Flush Inset) Tanpa Bingkai Muka

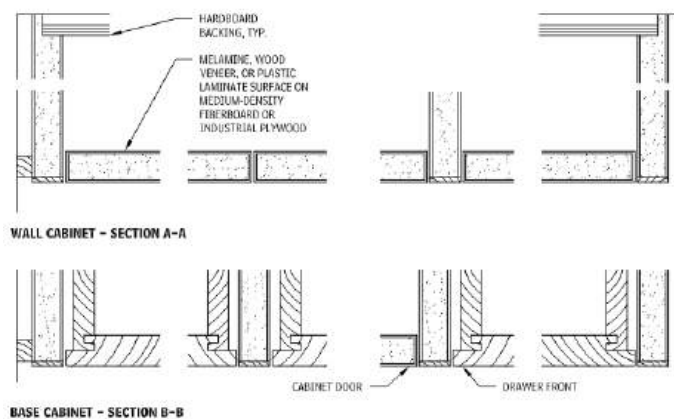
Pada gaya konstruksi ini, semua bagian depan pintu dan laci rata dengan bagian depan kabinet. Gaya ini memungkinkan penggunaan bagian depan pintu dan laci dengan ketebalan yang berbeda.

Engsel konvensional maupun tersembunyi tersedia untuk berbagai ketebalan pintu. Bahan yang dipilih untuk rangka, pintu, dan laci memengaruhi pilihan engsel. Secara umum, hindari engsel ujung konvensional saat sekrup engsel akan dipasang pada serat tepi produk panel.



Gambar 5.66 konstruksi overlay yang terungkap—bagian horizontal

Konstruksi sisipan rata tanpa rangka muka umumnya merupakan gaya yang mahal karena diperlukan perawatan yang lebih teliti untuk memasang dan menyelaraskan pintu dan laci. Fitur desain gaya rangka ini sama dengan konstruksi rata konvensional dengan rangka muka, kecuali bahwa, di sini, rangka muka telah dihilangkan. Gaya ini tidak cocok untuk penggunaan pelapis penutup laminasi plastik yang ekonomis. Sambungan dan bahan pintu/laci dapat bervariasi dari Gambar 5.67.



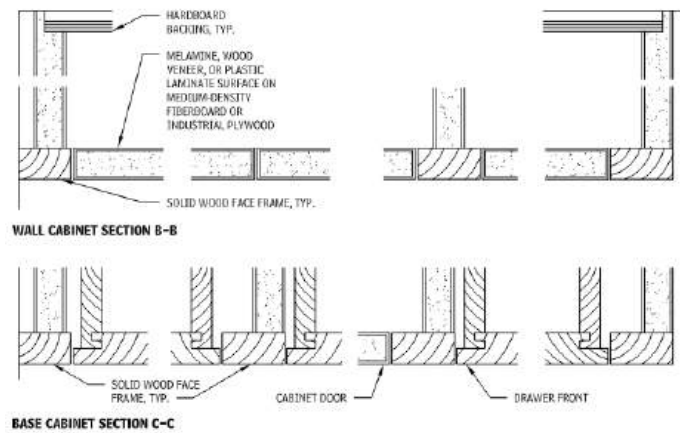
Gambar 5.67 konstruksi inset yang luas tanpa rangka mulut—bagian horizontal

Konstruksi Rata Tersembunyi (Flush Inset) Dengan Bingkai Muka

Dalam gaya konstruksi ini, semua permukaan pintu dan laci rata dengan permukaan kabinet. Gaya ini memungkinkan penggunaan ketebalan yang berbeda untuk pintu dan bagian depan laci.

Engsel konvensional maupun tersembunyi tersedia untuk berbagai ketebalan pintu. Engsel yang dipilih bergantung pada bahan kabinet dan pintu/laci. Secara umum, hindari engsel kupu-kupu konvensional jika sekrup engsel akan dipasang pada serat tepi produk panel.

Konstruksi rata tersemam dengan bingkai muka umumnya merupakan gaya pintu kabinet yang paling mahal. Selain biaya penyediaan bingkai muka, ada juga biaya untuk perawatan ekstra yang diperlukan dalam memasang dan menyelaraskan pintu dan laci. Gaya ini tidak cocok untuk penggunaan permukaan laminasi plastik secara ekonomis. Sambungan pintu/laci dan materialnya dapat bervariasi dari Gambar 5.68.



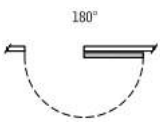
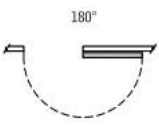
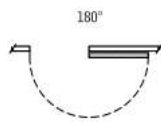
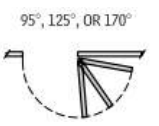
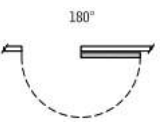
Gambar 5.68 konstruksi inset flush dengan rangka muka—bagian horizontal

Engsel Dan Penahan Lemari

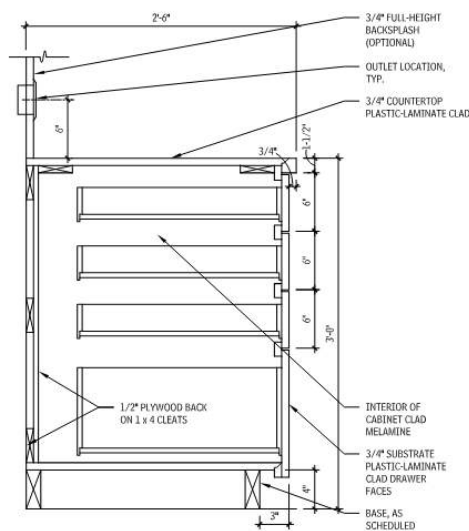
Engsel yang menutup sendiri akan menutup pintu lemari secara otomatis saat pintu berada dalam jarak 28° dari posisi tertutup. Saat pintu dibuka lebih dari 30°, penutup otomatis tidak akan berfungsi, sehingga pintu dapat dibiarkan terbuka. Fitur penutup otomatis menghilangkan kebutuhan akan penahan. Engsel ujung adalah satu-satunya engsel yang tercantum yang tidak tersedia dengan fitur penutup otomatis.

Table 5.69 engsel lemari

	Engsel Kupu-kupu	Engsel Pembungkus	Engsel pivot (pisau)	Engsel Tersembunyi	Engsel Pemasangan
Jenis Engsel					
Tampak Muka Kabinet					

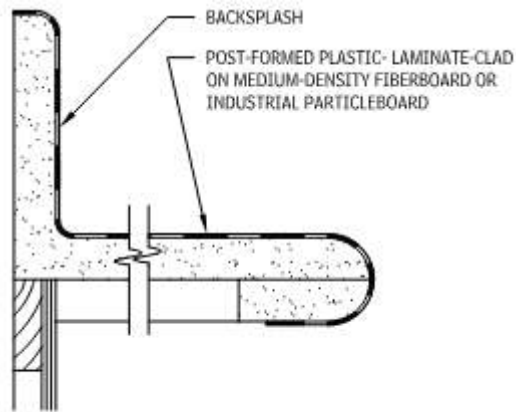
Ayunan Pintu					
Mudah disesuaikan setelah pemasangan	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Tidak
Kekuatan	Tinggi	Sangat tinggi	Sedang	Tinggi hingga sedang	Sedang
Perlu mortising	Ya	Kadang-kadang	Biasanya	Ya	Tidak
Biaya engsel	Rendah	Sedang	Rendah	Tinggi	Rendah
Kemudahan pemasangan	Sedang	Mudah	Sedang	Sangat mudah	Mudah
Kemampuan penyesuaian	Tidak	Satu arah	Dua arah	Tiga arah	Tidak
Mudah disesuaikan setelah pemasangan	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Tidak

Konstruksi Lemari Dasar

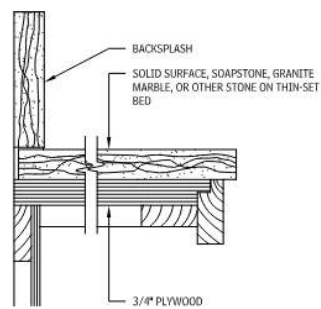


Gambar 5.70 lemari dasar

Meja Dapur

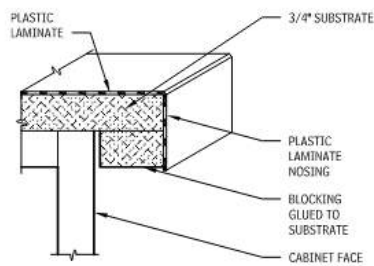


POST-FORMED PLASTIC-LAMINATE CLAD COUNTERTOP

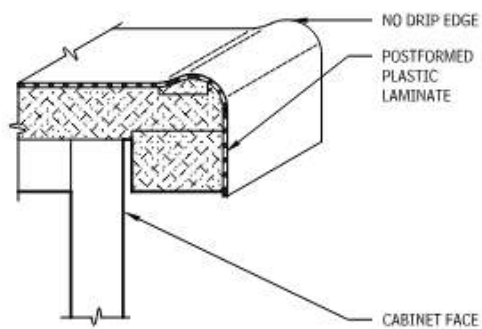


STONE COUNTERTOP

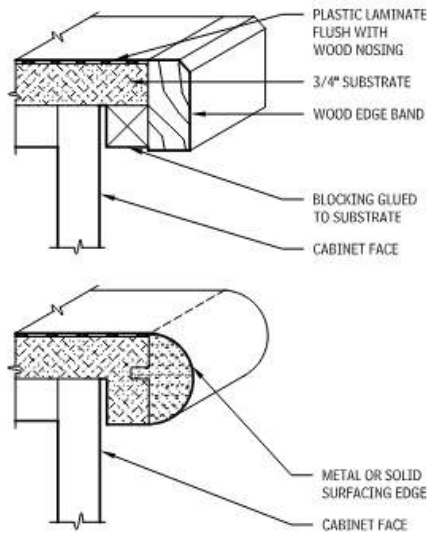
Gambar 5.71 rincian meja dapur dan dinding belakang



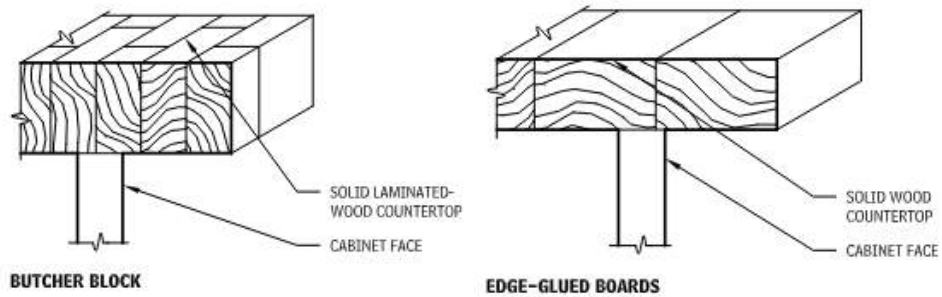
Gambar 5.72 pengenalan tepi sendiri



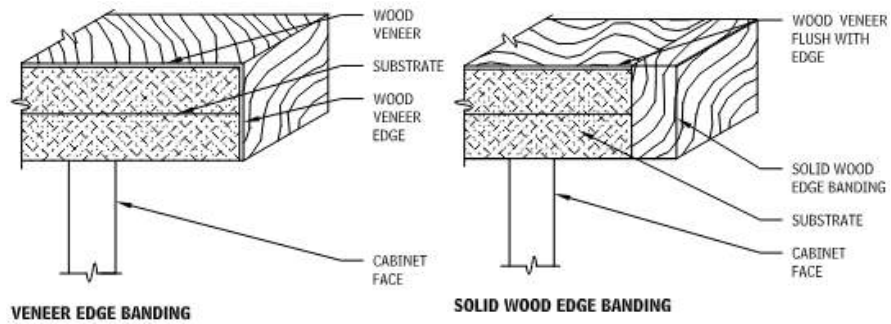
Gambar 5.73 postformed edge



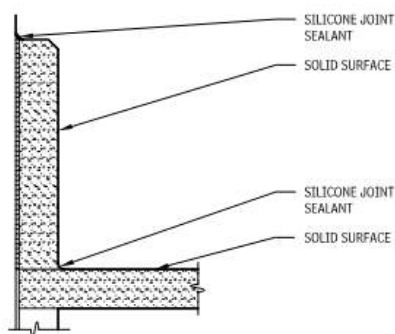
Gambar 5.74 applied edges



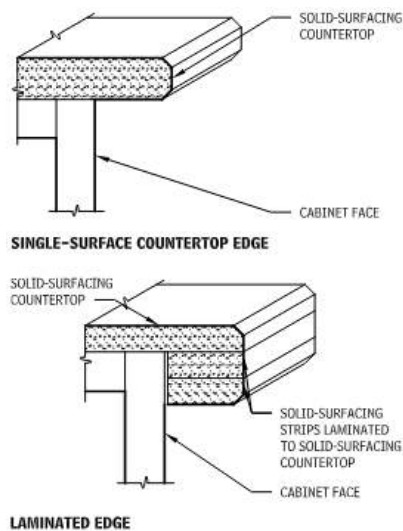
Gambar 5.75 meja kayu laminasi padat



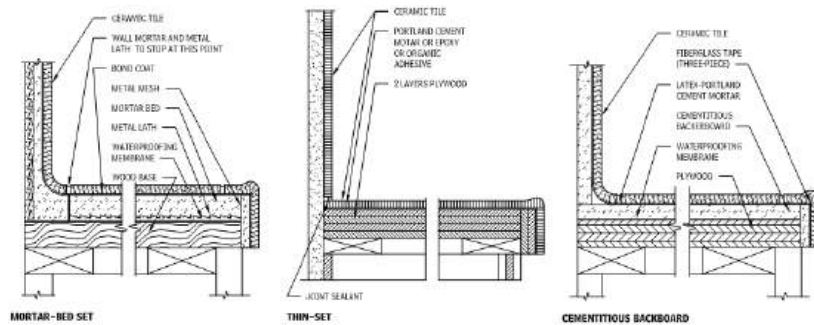
Gambar 5.76 meja kayu veneer



Gambar 5.77 backsplash permukaan padat



Gambar 5.78 tepi meja permukaan padat



Gambar 5.79 meja kerja ubin keramik

5.5 TEMPAT DUDUK DI RESTORAN DAN BAR

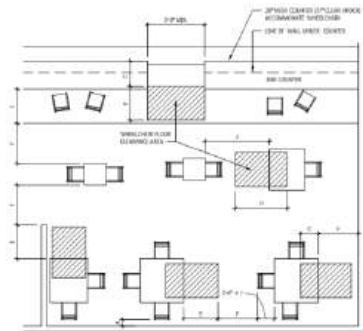
Ruang makan dan bar di restoran harus direncanakan secara efisien untuk mengoptimalkan pendapatan. Restoran kelas atas umumnya membutuhkan lebih banyak ruang antar meja untuk privasi. Konsep restoran, menu, dan gaya operasi juga memengaruhi alokasi ruang. Bergantung pada jenis restoran dan menu, area dapur berkisar antara 30 hingga 45 persen dari total area restoran.

Kode bangunan mengidentifikasi restoran sebagai ruang berkumpul. Patuhi persyaratan kode lokal untuk konstruksi, termasuk jumlah perlengkapan pipa.

Departemen kesehatan setempat meninjau restoran untuk kepatuhan terhadap peraturan sanitasi umum dalam penanganan makanan dan penyimpanan makanan yang tepat. Dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 5.81 adalah jarak bebas minimum, dan tata letak tempat duduk menunjukkan konfigurasi umum; tata letak tersebut tidak dimaksudkan untuk menggambarkan jenis operasi tertentu. Meja dapat diubah dari persegi menjadi bundar untuk menambah kapasitas tempat duduk. Tempat duduk bilik memanfaatkan ruang sudut secara efektif. Rute yang dapat diakses, selebar minimal 36 inci, diperlukan untuk menghubungkan pintu masuk, tempat duduk tetap yang dapat diakses, dan toilet.

Gambar 5.80 panduan awal untuk area depan rumah

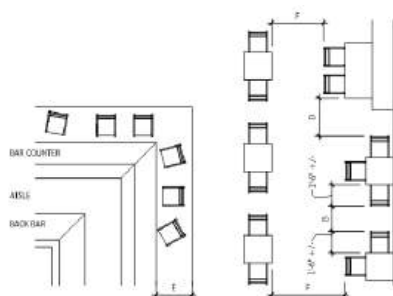
JENIS TEMPAT MAKAN	LUAS YANG DISARANKAN PER PENGUNJUNG (FT ²)
Fasilitas jamuan	10–11
Makanan cepat saji	11–14
Layanan penuh	15–18
Kafetaria	6–18
Restoran mewah	17–22

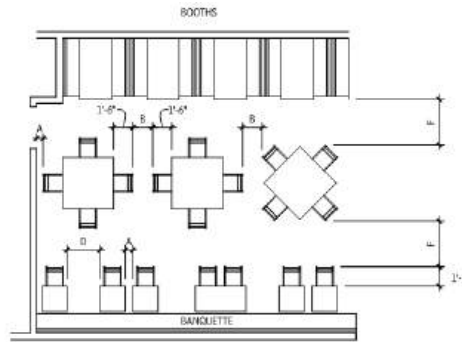


Gambar 5.81 pengaturan tempat duduk untuk orang yang menggunakan kursi roda Area Makan Dan Bar

Pengunjung restoran biasanya membentuk kesan pertama mereka tentang restoran dari ruang makan utama dan area bar. Konsep restoran dapat menawarkan berbagai jenis ruang, termasuk area makan terbuka atau bertingkat, ceruk tersembunyi, ruang makan pribadi, atau fitur seperti area memasak terbuka. Campuran jenis tempat duduk dan meja, area lorong dan penyajian yang memadai, serta pemilihan bahan dan pencahayaan yang baik berpadu untuk menciptakan lingkungan makan yang nyaman dan mengundang.

Sertakan alokasi tempat duduk yang dapat diakses sebesar 5 persen, didistribusikan di antara berbagai jenis tempat duduk, untuk mengakomodasi kelompok besar dan kecil. Konsultasikan dengan kode, standar, dan peraturan untuk persyaratan spesifik mengenai tempat duduk dan distribusi yang dapat diakses. Meja, yang seharusnya memiliki ujung membulat, seringkali 5 cm lebih pendek dari tempat duduk di bilik.





Gambar 5.82 pengaturan duduk yang umum

Fleksibilitas di ruang makan merupakan aset. Ruang makan pribadi dan kompartemen area makan utama menyediakan sarana untuk mengakomodasi kelompok pengunjung besar atau kecil tanpa mengganggu area makan umum.

Area bar dapat terbuka ke area makan atau terpisah, mungkin dengan estetika desain yang berbeda dari area makan utama. Jam penggunaan, area merokok (jika diizinkan), dan akustik memengaruhi lokasi dan kedekatan bar dengan area makan.

Tabel 5.83 jarak jauh

Simbol	Dimensi (Inci)
A	6 Minimum (TIDAK BOLEH DILEWATI)
B	18 (BOLEH DILEWATI TERBATAS)
C	19
D	30
E	36
F	42
G	48
H	54
I	72

Tempat Layanan Pelayan

Tempat layanan pelayan terletak di antara bagian depan rumah dan bagian belakang rumah. Tempat layanan biasanya dilengkapi dengan peralatan, perlengkapan, dan minuman pilihan. Banyak tempat layanan yang memiliki terminal point-of-service (POS) untuk menghitung tagihan pelanggan dan memproses tanda terima kartu kredit, tergantung pada preferensi operasional pemilik restoran. Ukuran dan konfigurasi ruang dapat menentukan jumlah tempat layanan pelayan/terminal POS.

Bilik Dan Bangku Tetap

Bangku dapat digunakan untuk menyediakan pengaturan tempat duduk yang nyaman dan fleksibel serta berfungsi sebagai penyekat privasi dengan ketinggian sedang. Campuran ukuran meja dapat bervariasi di area bangku dengan menempatkan meja di samping satu sama lain atau terpisah. Dua bagian atas, misalnya, dapat digabungkan untuk membuat meja untuk empat atau lebih pengunjung. Bangku diinginkan untuk kenyamanan, privasi, dan keintiman.

Perlu diketahui bahwa ukuran bilik dapat ditentukan oleh kode bangunan setempat.

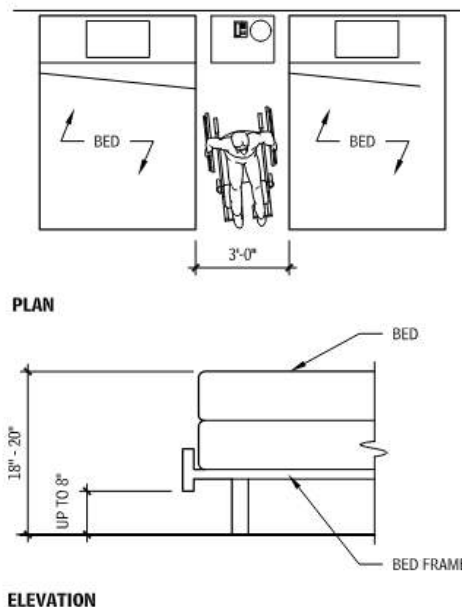
MEJA DAN BANGKU TETAP DI RESTORAN

Desain area layanan meja restoran harus menyediakan ruang kerja yang cukup di belakang meja. Ruang dari atas tempat duduk ke bagian bawah meja dan kedalaman bagian meja yang menjorok sangat penting. Sering kali, sandaran kaki yang dipasang di meja ditempatkan sedemikian rupa sehingga kaki pelanggan tidak tertopang; cara ini lebih mungkin berhasil bagi pelanggan yang duduk jika sandaran kaki menyatu dengan bangku. Pelanggan yang berdiri sering kali menggunakan sandaran kaki yang dipasang di meja. Sandaran kaki menghalangi aksesibilitas dan tidak boleh disertakan di bagian meja yang dapat diakses.

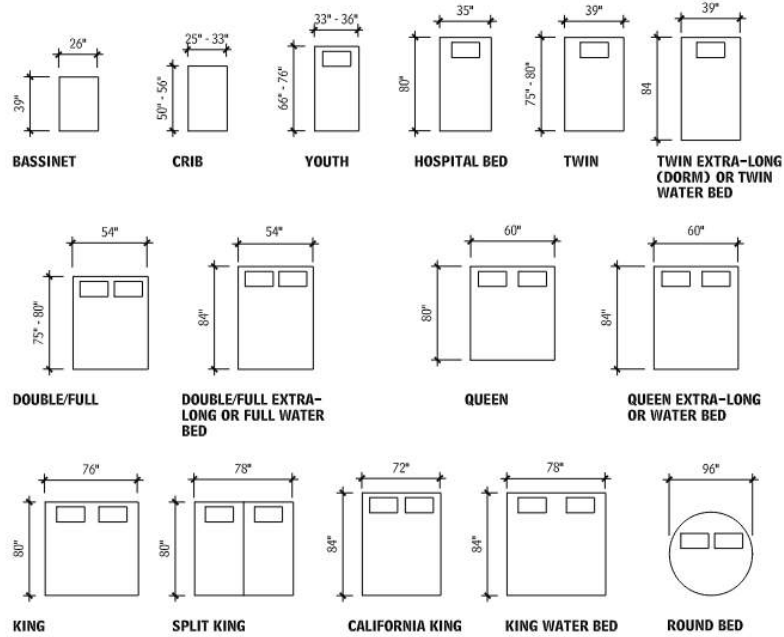
5.6 PERABOT YANG DAPAT DIPINDAHKAN

Tempat Tidur

Bagi pengguna kursi roda yang dapat berpindah secara mandiri antara tempat tidur dan kursi, ketinggian tempat tidur harus memudahkan pergerakan mereka maju mundur dalam posisi duduk. Pemandahan paling mudah bagi pengguna ini jika bagian atas kasur kira-kira sama tingginya dengan tinggi tempat duduk kursi roda mereka (biasanya, 18 hingga 20 inci). Pengguna kursi roda yang tidak dapat berpindah secara mandiri antara tempat tidur dan kursi dibantu oleh petugas, yang menggunakan lift portabel yang dipasang pada dudukan logam. Dasar lift memerlukan jarak sekitar 8 inci di bawah tempat tidur.

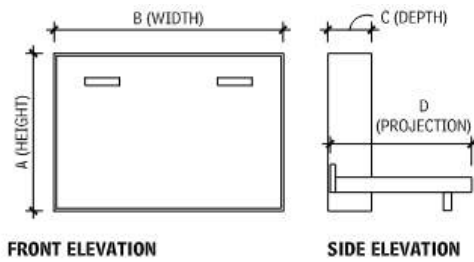


Gambar 5.84 aksesibilitas tempat tidur



Gambar 5.85 ukuran tempat tidur umum

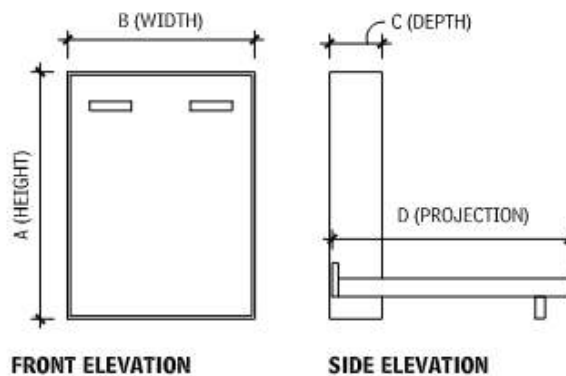
Perabot Yang Dapat Diubah



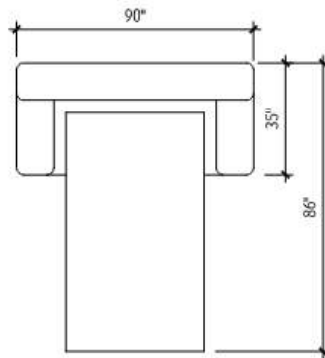
Gambar 5.86 tempat tidur samping (murphy)

Gambar 5.87 ukuran tempat tidur sisi dan dinding umum

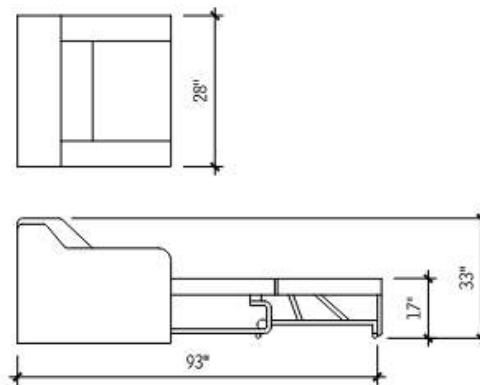
	SAMPING TEMPAT TIDUR		DINDING TEMPAT TIDUR			
	TWIN	DOUBLE	TWIN	DOUBLE	QUEEN	KING
A (IN.)	44-1/2	59	80	80	84	84
B (IN.)	79	79	42	57	63	79
C (IN.)	16	16	13-19	13-19	13-19	13-19
D (IN.)	43-1/2	57	82	82	88	88



Gambar 5.88 dinding tempat tidur (murphy)



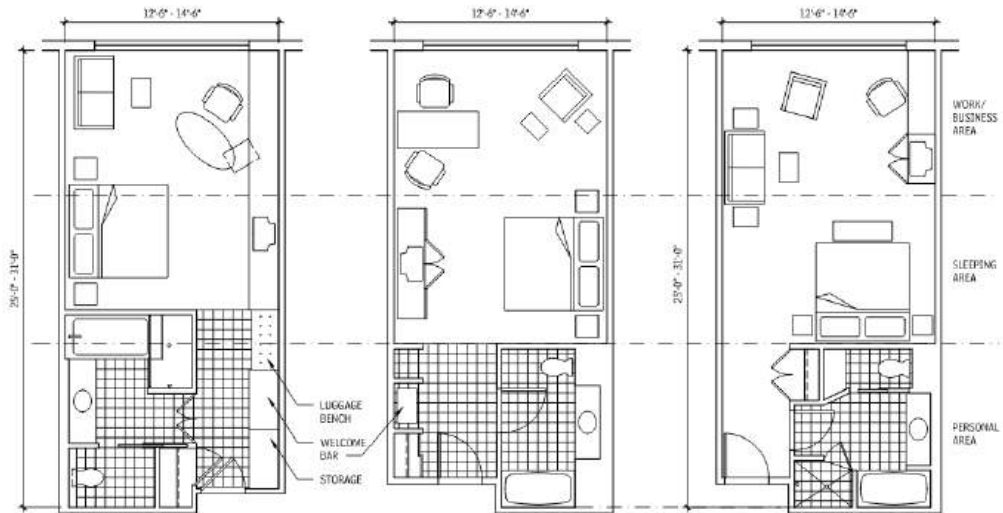
Gambar 5.89 sofa berukuran queen



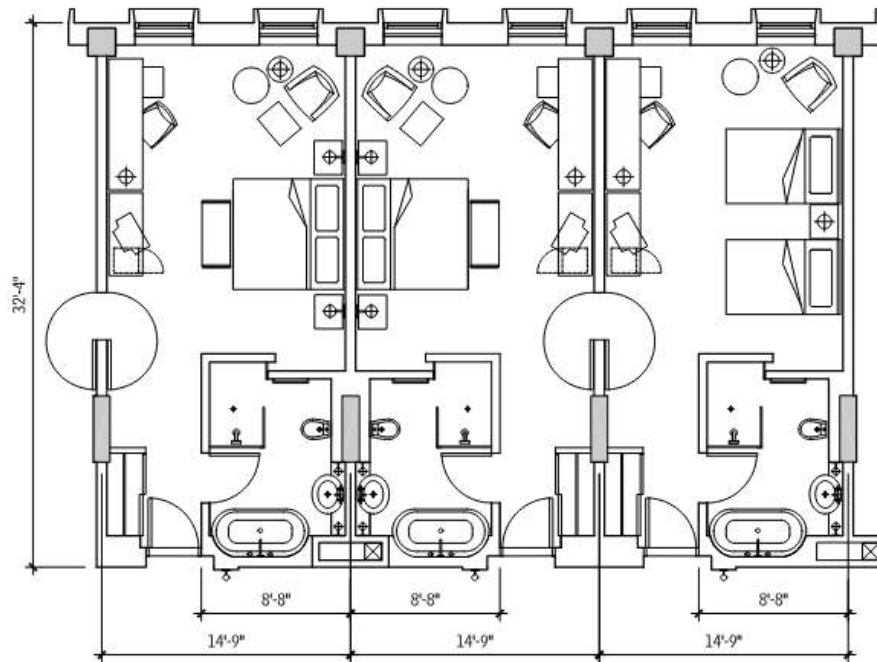
Gambar 5.90 kursi tidur

Perabot Perhotelan

Persyaratan dimensi modul kamar tamu dan koridor tamu ditetapkan oleh pemilik. Dimensi ini menentukan kedalaman ruang lantai tamu, yaitu sekitar 60 kaki untuk lantai dengan beban ganda dan 30 kaki untuk lantai dengan beban tunggal. Lantai tamu dengan beban ganda adalah tata letak yang paling efisien. Namun, karena lingkungan atrium populer, skema koridor dengan beban tunggal sering digunakan.



Gambar 5.91 konfigurasi untuk kamar tamu



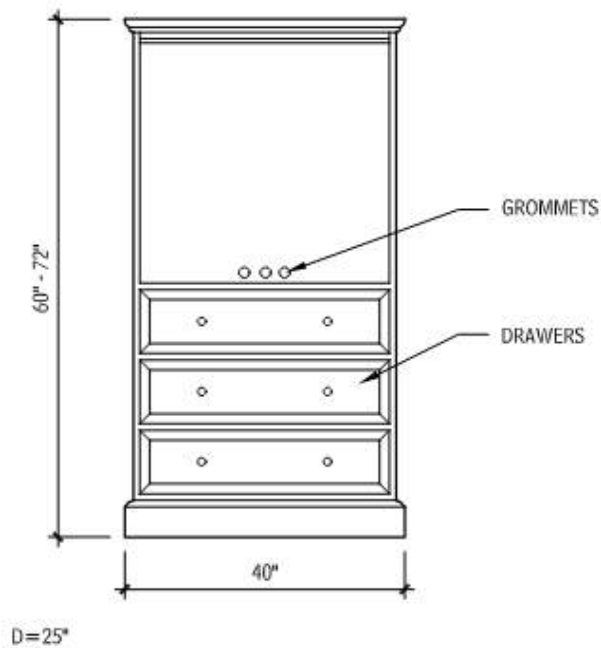
Gambar 5.92 kombinasi ruangan

Lemari, Lemari Pakaian, Dan Meja Rias

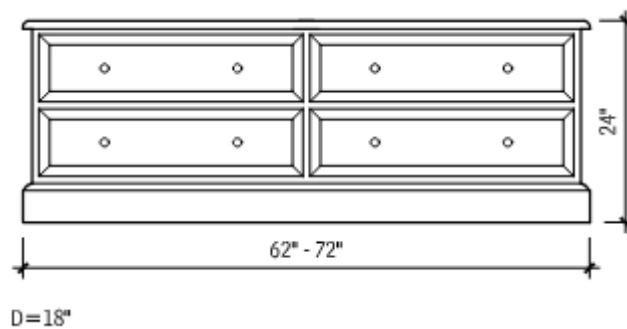
Meja, lemari pakaian, lemari laci, peti, dan kabinet tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran. Konsultasikan dengan produsen untuk pilihan dan dimensinya.

Lemari laci dan peti untuk pengguna kursi roda harus diletakkan sedemikian rupa sehingga ada jalur akses yang jelas, kira-kira selebar 107 cm, di depannya.

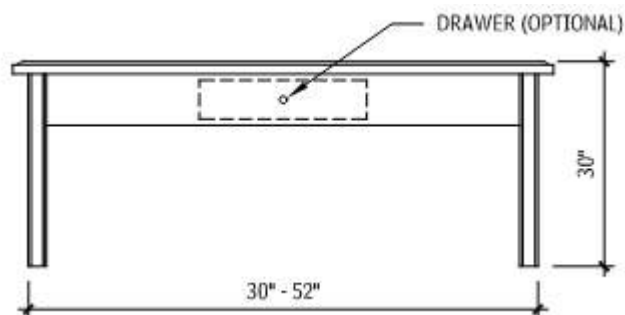
Kabinet, meja, dudukan, dan perabotan lain dengan pintu sebaiknya memiliki daun pintu yang relatif sempit sehingga bukaan ayunannya kecil saat dibuka.



Gambar 5.93 lemari tv



Gambar 5.94 meja lemari



Gambar 5.95 meja

Perabot Perpustakaan

Perpustakaan kini menghubungkan informasi digital, informasi kertas, sumber daya, dan koleksi cetak. Akibatnya, perpustakaan kini menjadi tempat orang tidak hanya membaca dan meminjam buku, tetapi juga menggunakan komputer untuk mencari informasi dan mengakses layanan daring. Perabotan perpustakaan tradisional untuk menampung buku cetak

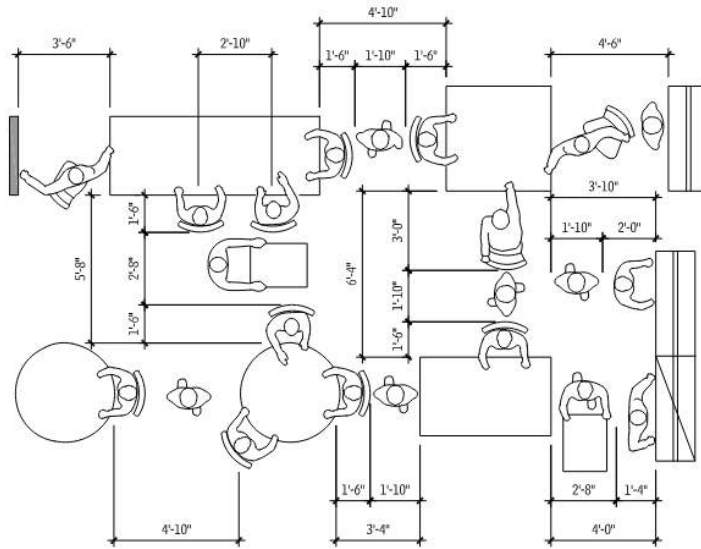
berkisar antara 13-1/2 hingga 19 buku per kaki persegi, dengan rata-rata 16 buku per kaki persegi dari luas kotor. Beban mati tambahan rata-rata adalah 25-lb/cu ft.

Perabotan khusus yang dirancang untuk penggunaan perpustakaan, meliputi meja perpustakaan, rak, bilik baca, katalog kartu, dan sebagainya. Perabotan khusus dapat mencakup rak kamus, lemari atlas, truk buku, lemari pajangan, dan sejenisnya. Pedoman desain untuk ruang kerja meliputi yang berikut:

- Sekitar 5 persen meja dan bilik baca tetap harus dapat diakses.
- Meja baca dan bilik baca sering kali harus dilengkapi stopkontak dan, mungkin, koneksi internet.
- Meja baca dan bilik baca harus berukuran cukup besar sehingga pengunjung perpustakaan dapat menyebarkan bahan bacaan mereka, terutama di area tempat bahan bacaan berukuran besar dilihat.
- Tinggi partisi bilik baca yang direkomendasikan adalah setidaknya 52 inci di atas lantai.
- Meja atau podium dengan bagian atas miring harus disediakan untuk memudahkan membaca bahan bacaan berukuran besar atau koran. Pedoman tempat duduk adalah sebagai berikut:
- Tempat duduk yang nyaman, seperti kursi dan sofa berlapis kain, umumnya paling baik untuk area baca informal atau ruang bersantai.
- Kursi lipat dengan sandaran tangan dari logam atau kayu biasanya digunakan di meja baca dan bilik baca.
- Kursi yang dapat diatur secara mekanis jarang dipilih untuk perpustakaan karena sering digunakan dan memerlukan perawatan rutin.
- Perabotan perpustakaan sangat sering dipakai, dan perlu dibersihkan serta dilapis ulang secara berkala; oleh karena itu, kain harus tahan lama karena masa pakainya hanya empat hingga lima tahun.

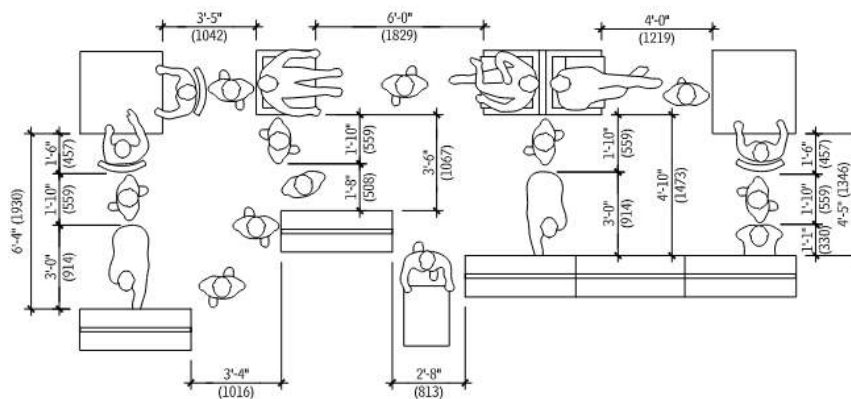
Rak Perpustakaan

Rak dapat berupa rak tetap atau rak bergerak/berkepadatan tinggi. Rak dapat dikhususkan untuk menampung media elektronik (CD/DVD), terbitan berkala, atau bahan cetak lainnya. Diperlukan lorong dengan lebar minimal 36 inci di antara tumpukan/rak, meskipun direkomendasikan 42 inci.

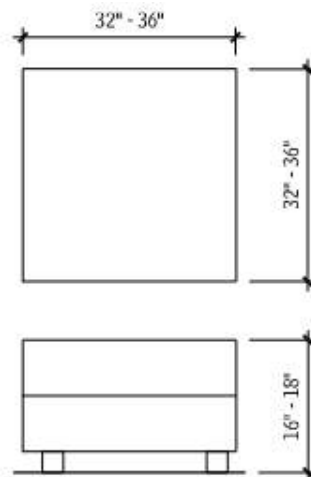


Gambar 5.96 tata letak meja ruang baca perpustakaan

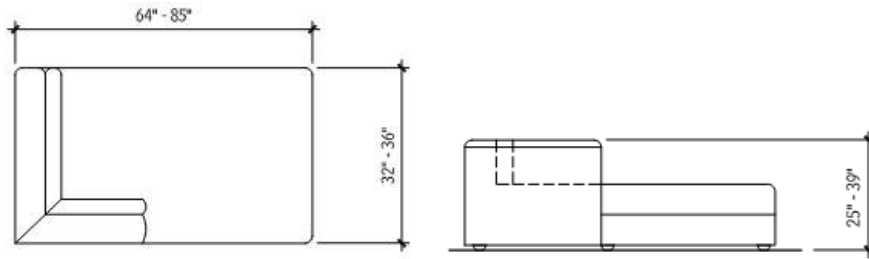
Meja bundar tidak direkomendasikan untuk keperluan penelitian, tetapi mungkin diinginkan di ruang staf atau di area yang dirancang untuk membaca ringan.



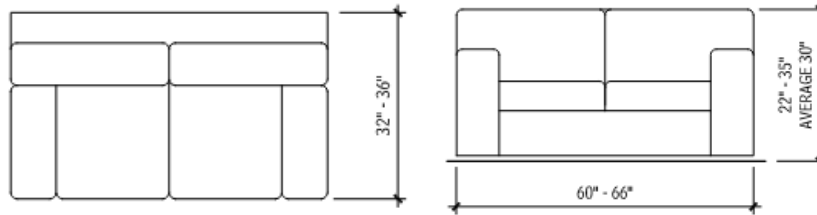
Gambar 5.97 kursi santai, meja, dan tata letak rak



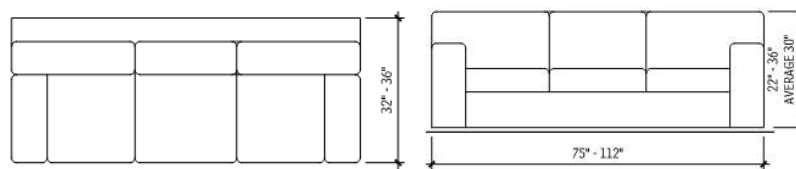
Gambar 5.98 ottoman



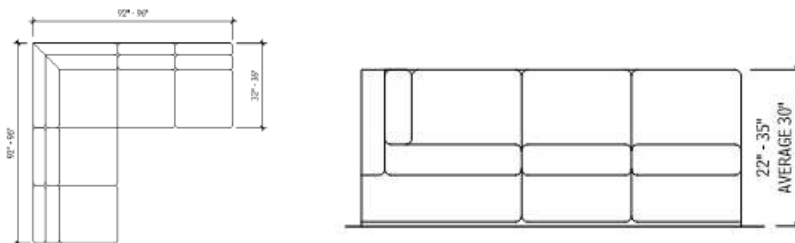
Gambar 5.99 kursi santai



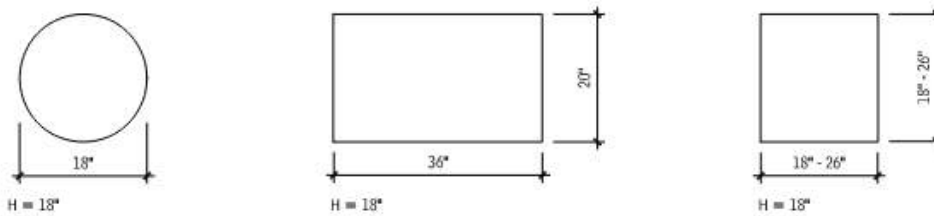
Gambar 5.100 kursi cinta



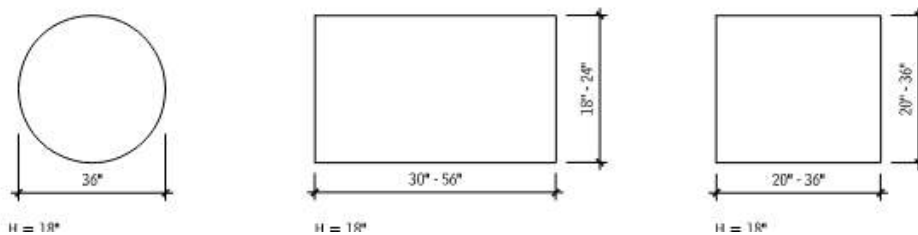
Gambar 5.101 sofa

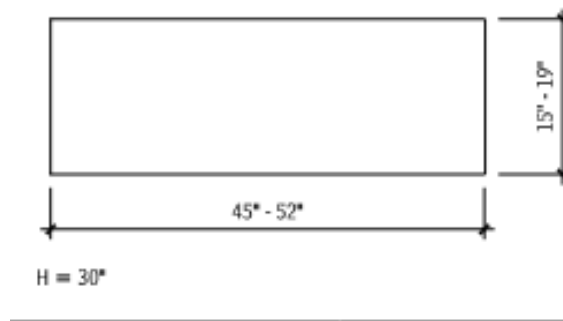


Gambar 5.102 sofa berbasis



COFFEE TABLE
5.1 04





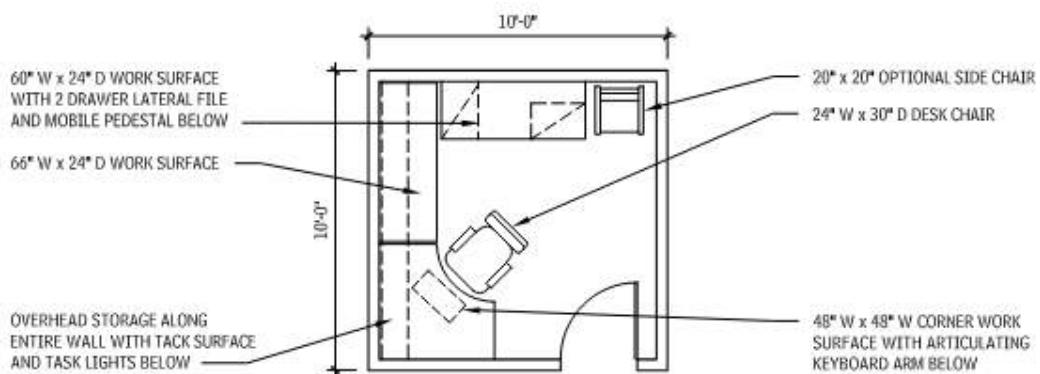
Gambar 5.103 meja samping

Perabot Kantor

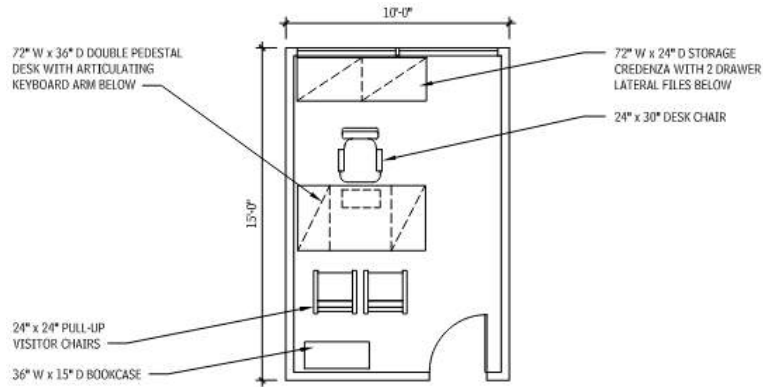
Pertimbangan Desain Perabot Kantor

Saat merencanakan perabotan ruang kantor, gunakan panduan berikut:

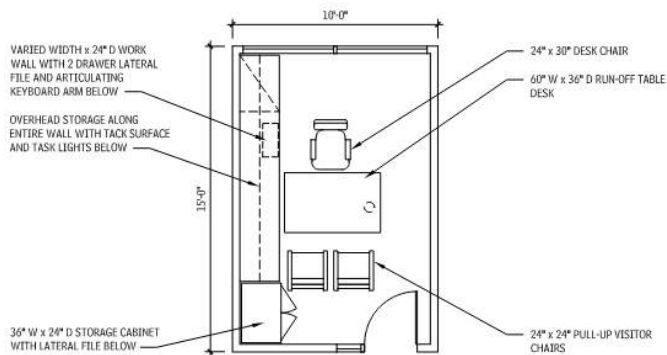
- Ketinggian standar untuk permukaan di kantor adalah 28 hingga 30 inci.
- Ketinggian standar untuk permukaan kerja yang dapat menampung komputer dan/atau keyboard berkisar antara 25 hingga 30 inci. Keyboard dapat ditampung di permukaan kerja dengan cara menurunkan permukaan kerja atau memasang lengan keyboard yang dapat diartikulasikan di bawah permukaan kerja dengan ketinggian standar.
- Kedalaman permukaan kerja biasanya berkisar antara 18 hingga 45 inci, tergantung pada jenis dan ukuran pekerjaan yang diselesaikan: 18 inci digunakan untuk penyimpanan, 30 inci adalah kedalaman meja standar, dan 45 inci digunakan untuk mengakomodasi konferensi.
- Terkadang, kantor harus mengakomodasi permukaan kerja yang dapat berdiri. Ketinggian permukaan kerja berkisar antara 36 hingga 52 inci.
- Penyimpanan di atas permukaan kerja adalah standar, dengan jarak bebas 15 hingga 18 inci.
- Ruang lutut merupakan bagian integral dari penggunaan meja, meja tulis, dan stasiun kerja. Untuk melayani pengguna kursi roda, ruang lutut dengan tinggi bersih sekitar 2 kaki-3 inci sudah cukup.



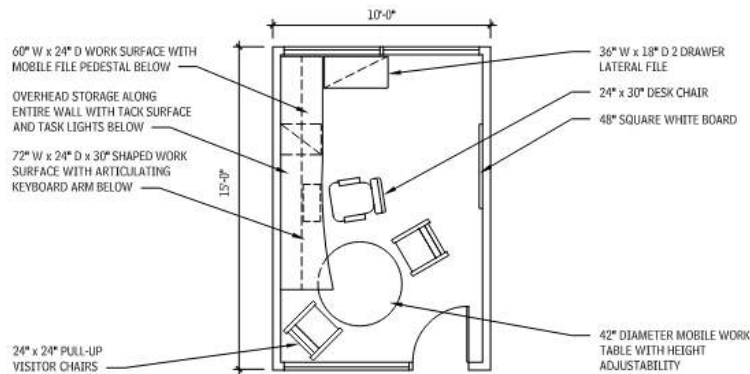
Gambar 5.106 kantor interior—100 kaki persegi



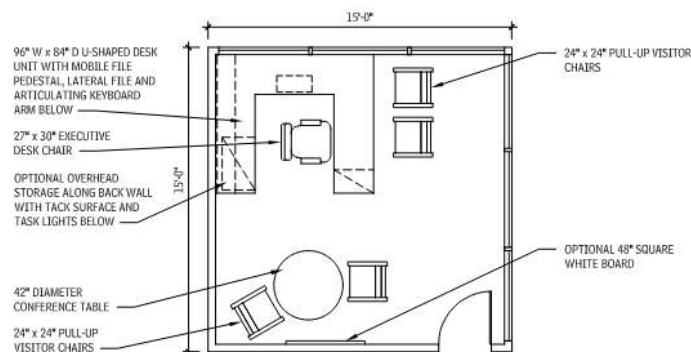
Gambar 5.107 kantor perimeter, tata letak tradisional—150 kaki persegi



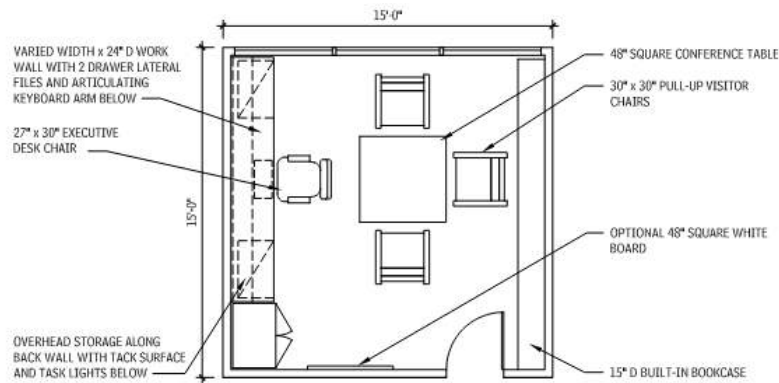
Gambar 5.108 kantor perimeter, tata letak intensif—150 kaki persegi



Gambar 5.109 kantor perimeter, tata letak kolaboratif—150 kaki persegi

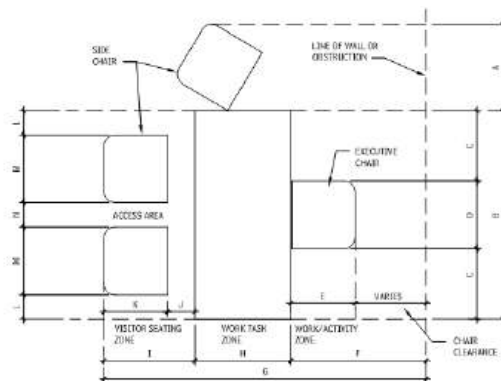


Gambar 5.110 kantor sudut, tata letak tradisional—225 kaki persegi



Gambar 5.111 kantor sudut, tata letak konferensi/rapat—225 kaki persegi

Gambar dan tabel 5.112 dimensi ruang kantor (in.)



A	30–42
B	60–84
C	18–28
D	24–30
E	23–29
F	Minimum 36
G	96–126
H	30–45
I	30–44
J	10–14
K	20–30
L	4–16
M	20–30
N	8–16

Ruang Konferensi

Ruang konferensi harus terletak di dekat kelompok pengguna. Ruang konferensi biasanya melayani beberapa kelompok atau departemen; oleh karena itu, ruangan di gedung perkantoran bertingkat tinggi dapat diatur di dekat deretan lift di lantai yang saling bersilangan untuk memudahkan akses bagi banyak pengguna. Bila ruang konferensi berfungsi sebagai ruang yang fleksibel, lokasi pintu masuk/keluar diposisikan sedemikian rupa sehingga partisi lipat akustik atau dinding yang dapat dipindahkan dapat digunakan untuk membagi ruang yang lebih besar menjadi area pertemuan yang lebih kecil.

Penyelesaian

Perhatian akustik mengharuskan penyelesaian akhir di ruang konferensi dipilih dengan kualitas penyerapan suara yang memadai, untuk mencegah gema, terutama di ruangan tempat telekonferensi atau konferensi video akan berlangsung. Karena alasan ini, karpet merupakan pelapis lantai yang umum di ruang konferensi; dan beberapa dinding ditutupi dengan panel dinding akustik atau penutup dinding kain.

Langit-langit umumnya merupakan kombinasi bahan akustik, baik ubin langit-langit atau panel yang dibungkus kain dan papan gips. Di ruangan yang lebih fungsional dan tidak terlalu formal, permukaan yang dapat ditempel atau permukaan papan tulis magnetik harus disediakan untuk memfasilitasi presentasi, bersama dengan rel bagan untuk papan presentasi dan alat tulis.

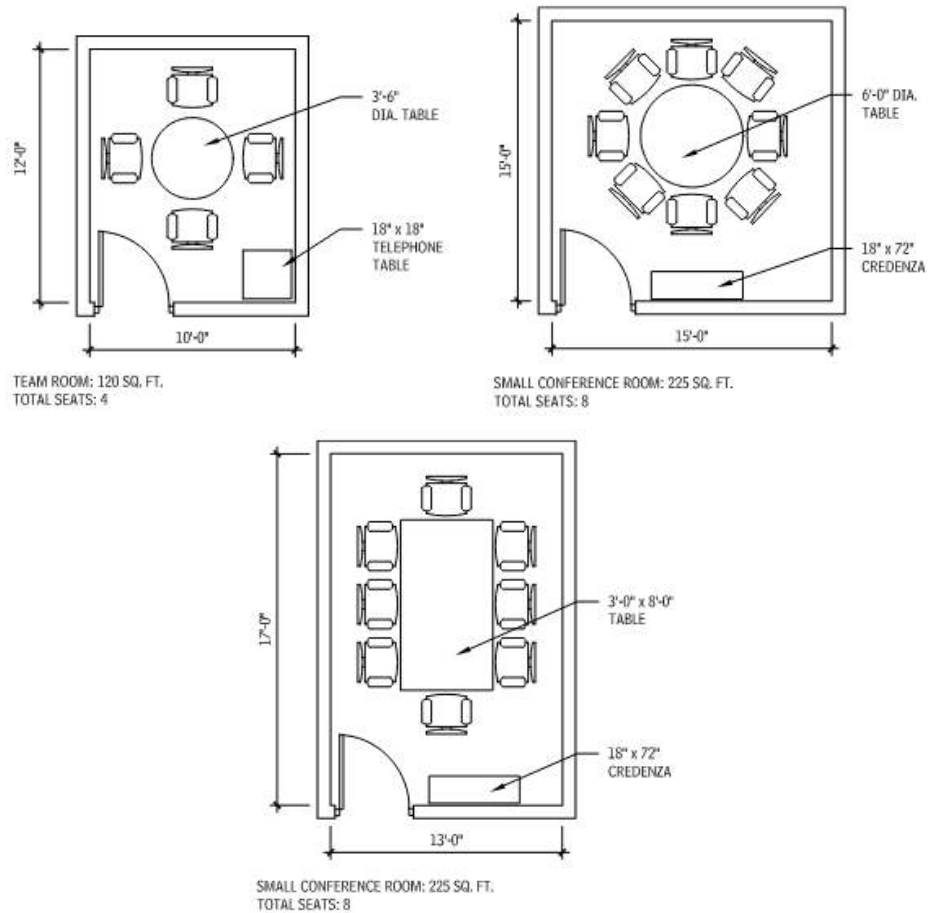
Table 5.113 rekomendasi desain ruang konferensi

	Optimal	Minimum
Jarak antar kursi	3'-0"	2'-6"
Ruang bebas di sekitar meja	5'-0"	3'-6"
Ruang bebas di ujung meja	7'-0"	5'-0"
Lebar kursi (termasuk sandaran tangan)	26"	22"
Kedalaman kursi	25"	21"
Kedalaman credenza	24"	18"
Lebar meja (kursi tunggal di ujung)	60"	30"
Lebar meja (dua kursi di ujung)	72"	60"
Kapasitas tempat duduk meja bundar	$(3.1425 \times D) \div 36"$	$(3.1415 \times D) \div 30"$

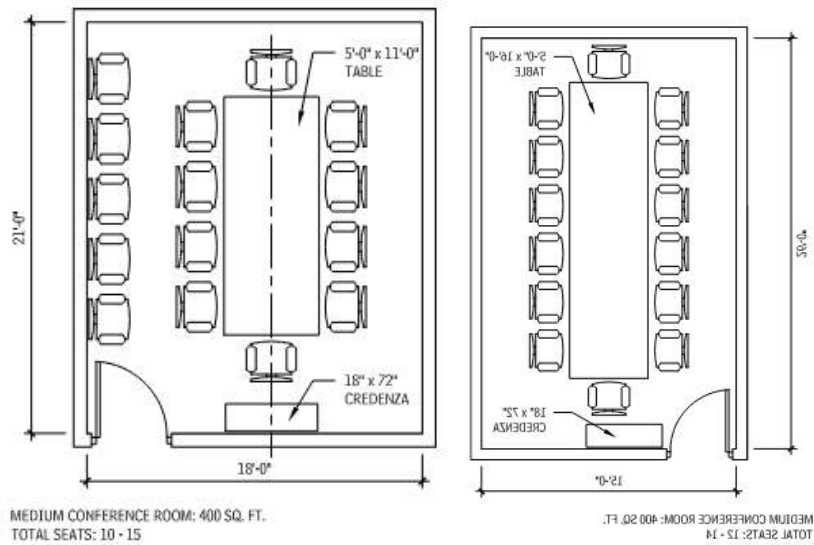
Warna permukaan dinding umumnya berwarna netral saat dinding digunakan untuk tampilan atau proyeksi. Jika ruangan akan digunakan untuk konferensi video atau rapat yang direkam dalam video, umumnya direkomendasikan agar warna dinding bernada sedang digunakan sehingga orang yang diproyeksikan pada monitor tidak tampak dalam bayangan. Hasil akhir harus diperiksa dengan cermat untuk mengetahui penyebaran api dan tingkat asap yang dihasilkan.

Pencahayaan

Pencahayaan ruang konferensi harus dipilih berdasarkan tugas yang dilakukan di ruangan tersebut. Di ruangan yang menawarkan fleksibilitas, pencahayaan yang dapat dinyalakan secara terpisah adalah yang terbaik sehingga pengguna memiliki kendali atas lingkungan. Perlengkapan terarah sesuai di atas meja konferensi, dengan lampu yang dapat diredupkan di dekat bagian depan dan samping ruangan, sehingga area tampilan dan presenter di ujung meja dapat disorot, atau jatuh ke latar belakang, sesuai keinginan.



Gambar 5.114 ruang konferensi kecil



Gambar 5.115 ruang konferensi sedang

5.7 PERABOT SEKOLAH

Bagian ini menjelaskan perabot untuk prasekolah, sekolah dasar, menengah pertama, dan atas.

Kelas Untuk Anak Usia Dini Dan Tk

Desain sekolah untuk pendidikan anak usia dini selalu diarahkan pada lingkungan yang nyaman, suportif, dan adaptif yang mendukung proses pembelajaran yang berasal dari permainan yang familier dan aktivitas langsung. Fitur-fitur khusus yang terkait dengan rumah dan sekolah dipertimbangkan dalam mengembangkan lingkungan transisi yang tepat. Jenis, ukuran, skala, dan variasi ruang publik dan privat yang lebih banyak mendasari desain dan perencanaan yang tepat.

Di antara tujuan umum yang harus dicapai oleh semua program anak usia dini dan taman kanak-kanak adalah sebagai berikut:

- Menciptakan lingkungan yang kaya secara visual, menyenangkan, dan mengejutkan.
- Menyediakan ruang dan permukaan untuk **memajang karya anak-anak**.
- Menyediakan berbagai pengaturan untuk pekerjaan yang sedang berjalan.
- Memperkenalkan berbagai pengaturan sosial untuk kelompok kecil dan besar.
- Membuat koneksi yang kuat antara dalam dan luar ruangan; menggunakan **pencahayaan alami** sebanyak mungkin.
- Menghubungkan ruang untuk mempromosikan komunikasi, orientasi, dan pemrograman serta staf yang fleksibel.
- Membangun fleksibilitas ruang untuk mengakomodasi praktik pengajaran yang berkembang.
- Menciptakan pintu masuk yang khas dan menyenangkan.
- Memberikan perhatian khusus pada skala dan tinggi elemen umum (seperti jendela, pintu, kenop dan pegangan pintu, wastafel, toilet, meja, perabotan, cermin, tangga, rak dan penyimpanan, sakelar lampu, dispenser handuk, dan aksesoris lainnya).

Perabot Anak-Anak

Bahan dan peralatan yang sesuai dengan usia dengan jumlah, variasi, dan daya tahan yang memadai harus mudah diakses oleh anak-anak dan disusun di rak rendah dan terbuka untuk meningkatkan penggunaan secara mandiri. Ruang individual bagi anak-anak untuk menyimpan barang-barang pribadi mereka harus disediakan.

Konsep Desain Pra Sekolah

Ruang untuk anak-anak berusia tiga tahun ke atas harus diatur untuk memfasilitasi berbagai kegiatan kelompok kecil dan individu, termasuk membangun balok, permainan sosiodramatis, seni, musik, sains, matematika, manipulatif, serta membaca dan menulis dengan tenang. Kegiatan lain seperti bermain pasir dan pertukangan kayu juga sering kali disediakan.

Kelas ini mengakomodasi berbagai kegiatan kelompok dan individu, dengan area khusus untuk instruksi, membaca kelompok, proyek basah, dan kelompok kecil.

Ruang yang lembut serta permukaan yang keras, seperti lantai kayu dan area yang cukup untuk merangkak dan berjalan, biasanya disediakan untuk bayi dan balita. Perabotan yang kokoh diperlukan untuk memungkinkan mereka yang belum bisa berjalan untuk berdiri atau menyeimbangkan diri saat berjalan. Anak-anak usia sekolah harus disediakan ruang terpisah yang diatur untuk memfasilitasi berbagai kegiatan yang sesuai dengan usia dan

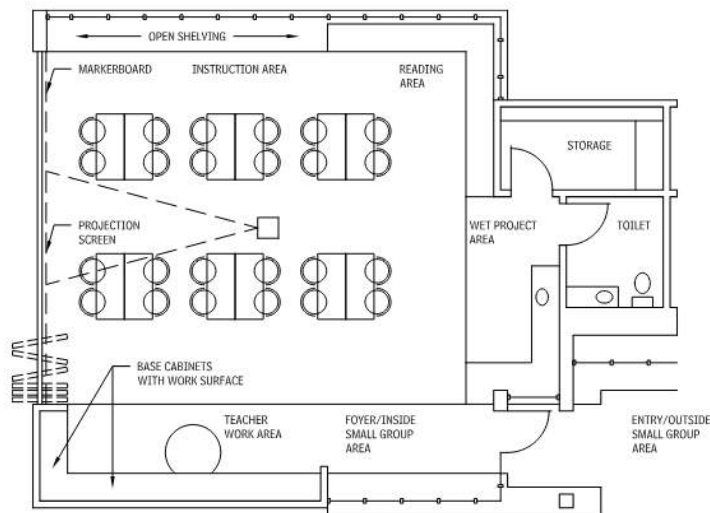
memungkinkan pengerjaan proyek yang berkelanjutan.

Area Pribadi

Area pribadi harus disediakan di dalam dan luar ruangan sehingga anak-anak dapat sesekali menyendiri. Elemen-elemen lembut seperti permadani, bantal, atau kursi goyang harus disediakan untuk kenyamanan anak-anak, selain bahan penyerap suara untuk meminimalkan kebisingan.

Area Kerja Staf

Lingkungan kerja bagi staf harus mencakup tempat bagi orang dewasa untuk beristirahat atau bekerja jauh dari anak-anak, kamar mandi berukuran dewasa, tempat yang aman bagi staf untuk menyimpan barang-barang pribadi mereka, dan area administratif yang terpisah dari area anak-anak untuk merencanakan atau menyiapkan materi.



Gambar 5.116 kelas tk dan kelas 1

Sekolah Dasar Dan Menengah

Untuk ruang kelas serbaguna, biasanya ukuran ruangan disesuaikan untuk sekitar 28 siswa. Perlu dicatat bahwa sebagian besar sekolah berupaya menjaga jumlah siswa per ruang kelas lebih rendah dari itu, biasanya 22 hingga 24 siswa. Meskipun demikian, kecuali ditetapkan sebaliknya, sebaiknya desain ruangan dirancang untuk 28 siswa dengan memperhitungkan pertumbuhan populasi, ukuran ruang kelas yang tidak seimbang, dan kemungkinan serupa.

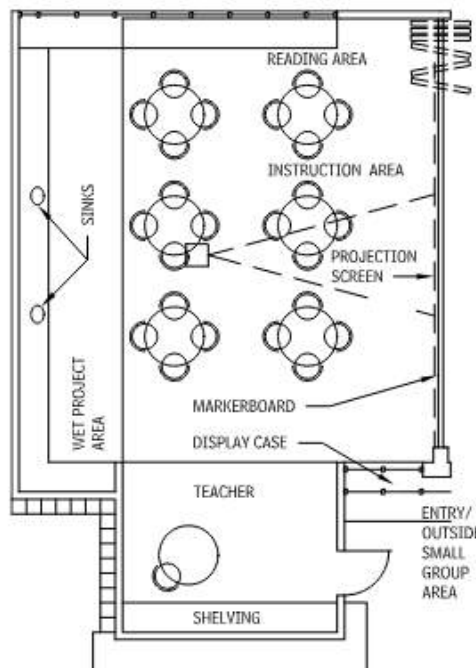
Ukuran ruang kelas biasanya berkisar antara 750 hingga 1000 kaki persegi bersih. Ruang yang memadai harus disediakan untuk bahan-bahan kelas dan penyimpanan siswa. Penyimpanan harus disesuaikan dengan ukuran mantel, tas kerja, dompet, ransel, dan perlengkapan lainnya. Sebagian besar sekolah dasar tidak memiliki loker di koridor, jadi area penyimpanan harus disediakan di dalam ruang kelas.

Banyak negara bagian memiliki standar minimum untuk ukuran ruang kelas, jadi konsultasikan dengan persyaratan setempat.

Sekolah Menengah Pertama Dan Sekolah Menengah Pertama

Bagi sebagian besar distrik sekolah di Amerika Serikat, sekolah menengah pertama masih berkembang, tetapi biasanya mencakup kelas 6 hingga 8. Siswa diperkenalkan pada pengajaran departemen, pengajaran interdisipliner, penjadwalan fleksibel, penjadwalan blok, pembelajaran kolaboratif, dan pengelompokan fleksibel.

Biasanya, ruang instruksi fundamental mencakup ruang kelas umum, perpustakaan, dan ruang gimnasium. Banyak program sekolah mencakup area umum yang luas yang telah dikembangkan untuk menawarkan kesempatan yang fleksibel dan multifungsi dalam ruang yang sama. Gimnasium, auditorium, dan kafetaria digabungkan dengan cara tertentu (terkadang hanya untuk dua fungsi ini).



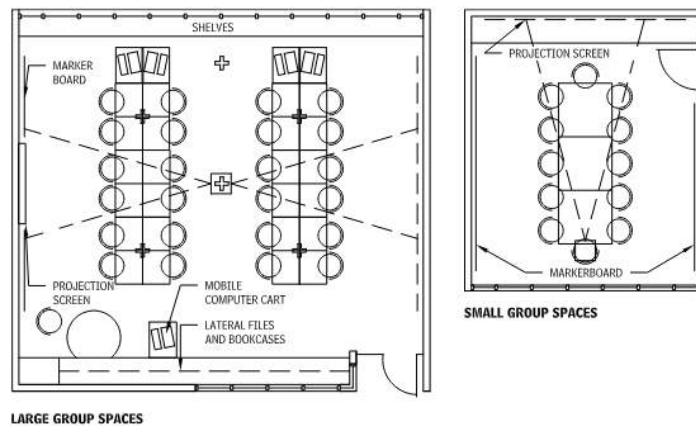
Gambar 5.117 kelas untuk kelas 2 sampai 5

Ruang kelas ini lebih kecil dari ruang kelas pra-TK dan TK-1. Ruang kelas ini mengakomodasi berbagai kegiatan kelompok dan individu, dengan area khusus untuk instruksi, bacaan kelompok, proyek basah, dan kelompok kecil.

Gambar 5.118 persyaratan ruang untuk elemen program sekolah menengah umum

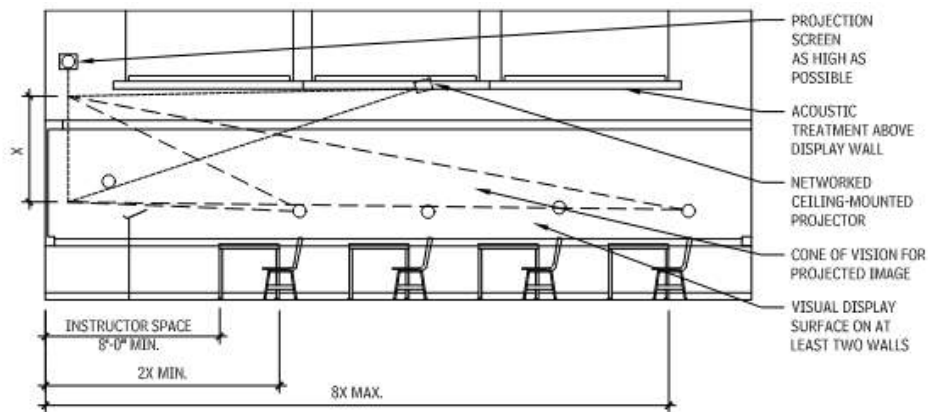
Elemen Program	Biasanya Diperlukan oleh Kode	Kisaran Luas Bersih (ft ²)
Pusat komputer	Tidak	850–1200 (1 per 250 siswa)
Ruang musik	Tidak	850–1200 (1 per 250 siswa)
Laboratorium	Tidak	1000–1200 (1 per 125 siswa)
Ruang seni	Tidak	1000–1200 (1 per 250 siswa)
Gimnasium	Ya	3500 (setara dengan satu stasiun; 1 stasiun per 250 siswa)
Kafetaria	Ya	Populasi sekolah × 50% × 10 (disarankan) (menyediakan dua periode makan siang)
Dapur	Tidak	Tergantung program makanan dan peralatan; biasanya setara dengan setengah luas area makan

Auditorium	Tidak	Kapasitas sekolah $\times 50\% \times 7$ (disarankan) (berdasarkan tempat duduk setengah dari populasi sekolah)
Perpustakaan	Ya	10 ft ² per siswa (disarankan)
Ruang khusus	Tidak	500–750 per penggunaan
Pusat media/video	Tidak	750–1000
Area pameran/display	Tidak	Standar dikembangkan berdasarkan sekolah masing-masing



Gambar 5.119 ruang belajar siswa

Ruang kelas direncanakan memiliki teknologi terpadu yang tersedia dalam berbagai konfigurasi, untuk memungkinkan penelitian simulasi dan streaming video. Ruang kelompok kecil dirancang sebagai area istirahat untuk penggunaan bersama di sekolah menengah.



Gambar 5.120 bagian ruang kelas

Sekolah Menengah

Sekolah menengah atas didedikasikan untuk konsep pembelajaran kelompok dengan penekanan pada pentingnya pembelajaran individu. Banyak kampus dianggap "terbuka", yang memungkinkan siswa untuk bergerak bebas di dalam dan luar kampus dan memiliki jadwal kelas dan studi independen yang fleksibel. Banyak program studi yang ditawarkan, sehingga menciptakan kebutuhan akan ruang yang lebih terspesialisasi dan, sering kali, membutuhkan ruang yang lebih besar dan lebih fleksibel.

Desain Ruang Kelas

Tujuan desain untuk ruang kelas penggunaan umum harus membantu siswa untuk melihat dan mendengar presentasi dengan jelas. Oleh karena itu, perhatian khusus harus diberikan pada sudut pandang ke dinding tampilan atau gambar yang diproyeksikan.

Integrasi media elektronik, terutama proyektor overhead dan sumber daya jaringan, telah melengkapi alat tradisional papan tulis dan kursi tablet tetapi juga telah menghadirkan tantangan baru untuk merencanakan ruang kelas.

Penekanan yang lebih tinggi pada metodologi pengajaran yang menekankan diskusi dan interaksi telah menciptakan kebutuhan akan pengaturan furnitur yang lebih fleksibel daripada tempat duduk baris format kuliah tradisional. Kursi dan meja yang longgar dapat dikonfigurasi ulang untuk ruang diskusi dan format ceramah. Baik pengaturan meja dan kursi maupun kursi tablet digunakan. Demikian pula, kebutuhan untuk mengakomodasi laptop siswa dan teknologi seluler lainnya telah meningkatkan kebutuhan untuk area ruang kerja siswa individual dalam kedua situasi.

Masalah perencanaan bervariasi menurut ukuran ruangan. Saat kapasitas meningkat, menjadi lebih masuk akal untuk membangun konfigurasi furnitur tetap. Ruang kelas yang lebih kecil dapat dikonfigurasi ulang dengan lebih mudah.

Untuk merencanakan ruang kelas yang sukses, berikan perhatian khusus untuk mengintegrasikan berbagai komponen penting yang saling terkait, termasuk:

- **Pencahayaan listrik:** Penekanan yang sama harus diberikan pada kualitas cahaya seperti pada kuantitas: silau rendah, peralihan fleksibel untuk tingkat pencatatan selama presentasi, dan pencahayaan langsung pada permukaan tampilan.
- **Pencahayaan alami:** Cahaya matahari harus diperkenalkan di setiap ruang kelas, sebaiknya tegak lurus dengan dinding tampilan utama.
- **Akustik:** Tujuan dasar ruang kelas adalah komunikasi yang jelas; untuk tujuan tersebut, batasi kebisingan latar belakang, isolasi suara antarruangan, dan sesuaikan waktu gaung yang sesuai.
- **Teknologi audio/visual:** Penyediaan proyektor jaringan, beserta kemampuan untuk mengendalikannya dari mimbar berkabel, merupakan tingkat dasar integrasi media.
- **Tampilan permukaan tulisan dan proyeksi media:** Ini harus menutupi sebagian besar dinding pengajaran sejauh yang memungkinkan secara ekonomi dan spasial.
- **Perabotan:** Kemampuan untuk menata ulang perabotan yang longgar memungkinkan penggunaan ruangan yang sama untuk berbagai mode pembelajaran—kuliah, diskusi, seminar, dan kegiatan kelompok kecil.

BAB 6

KONSTRUKSI KHUSUS

6.1 PENDAHULUAN

Perencanaan, desain, dan konstruksi sebuah bangunan memerlukan banyak pertimbangan unik, mulai dari perencanaan lokasi hingga desain dan, akhirnya, pertimbangan teknis unik yang diperlukan untuk menerapkan desain melalui detail konstruksi yang dipikirkan dengan matang yang akan memungkinkan desain dibangun dengan cara yang paling efisien, hemat waktu, dan hemat biaya. Dokumentasi teknis sebuah proyek melibatkan penggabungan perincian khusus material, di mana beberapa material disatukan sedemikian rupa untuk memudahkan konstruksi sekaligus mencapai kriteria kinerja untuk memungkinkan aspek-aspek seperti beban struktural, kedap air, isolasi termal, keberlanjutan, dan kriteria teknis lainnya.

Perakitan berbagai material ini dapat didasarkan pada detail standar yang telah teruji waktu yang dimodifikasi untuk kondisi tertentu yang diperlukan untuk bangunan, lokasi, atau kriteria kinerja unik yang harus dicapai. Namun, ada proses lain yang dapat digunakan untuk menyatukan sebuah bangunan. Proses tersebut memanfaatkan pemilihan komponen bangunan yang difabrikasi, direkayasa, dan diproduksi secara cermat untuk mencapai desain bangunan atau persyaratan program.

Untuk tujuan tersebut, bab ini membahas berbagai rakitan buatan untuk mencapai desain bangunan. Rakitan ini dibedakan dari furnitur atau peralatan fabrikasi, seperti peralatan rumah sakit, yang memiliki tujuan berbeda dan biasanya dipasang mendekati penyelesaian ruang proyek. Komponen fabrikasi dan manufaktur yang dibahas dalam bab ini diintegrasikan di awal proses konstruksi, dengan perbedaan yang signifikan yaitu bahwa komponen tersebut terdiri dari komponen rakitan lengkap dan tidak dirakit sebagai serangkaian bagian, seperti, misalnya, penutup atap.

Topik "Struktur Khusus" menjelaskan bangunan portabel yang dapat tiba di lokasi proyek yang sudah dirakit, serta struktur kaca rumah kaca tempat sejumlah bagian rekayasa pabrikan tiba di lokasi untuk dirakit di lapangan dari model tertentu.

Bab ini tidak membuat referensi khusus untuk produk yang tersedia oleh pabrikan; sebaliknya, informasi yang disajikan di sini bukan hak milik. Anda dianjurkan untuk menggunakan sumber daya berbasis Web dan katalog produk pabrikan tertentu. Ketersediaan, pemilihan produk, dan detail dapat bervariasi. Demikian pula, informasi perencanaan disajikan seumum mungkin untuk mendorong Anda mengeksplorasi alternatif.

6.2 STRUKTUR YANG DUKUNG UDARA

Struktur yang didukung udara adalah struktur yang ringan, bentang bebas sepenuhnya yang menjaga stabilitas di ruang dan menahan beban dengan perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar. Metode dukungan ini membuat bagian dalam bebas dari perangkat

pendukung yang dapat mengganggu penggunaan ruang yang efisien. Atap dan dinding samping dapat menjadi elemen struktural tunggal dalam ketegangan murni, selubung kain. Satu-satunya anggota kompresi adalah udara yang sedikit bertekanan di dalam dan dasar membran yang kaku.

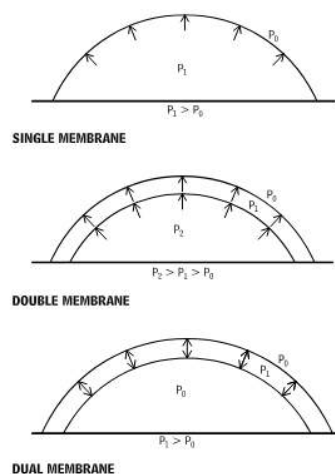
Sebagian besar struktur yang didukung udara terutama dirancang untuk menahan beban angin. Blower mekanis harus mempertahankan tekanan 3 hingga 5 psf di dalam struktur setiap saat. Elemen arsitektur bangunan harus dirinci untuk menghindari hilangnya tekanan udara.

Konsultasikan kode bangunan untuk menentukan persyaratan untuk semua struktur yang didukung udara.

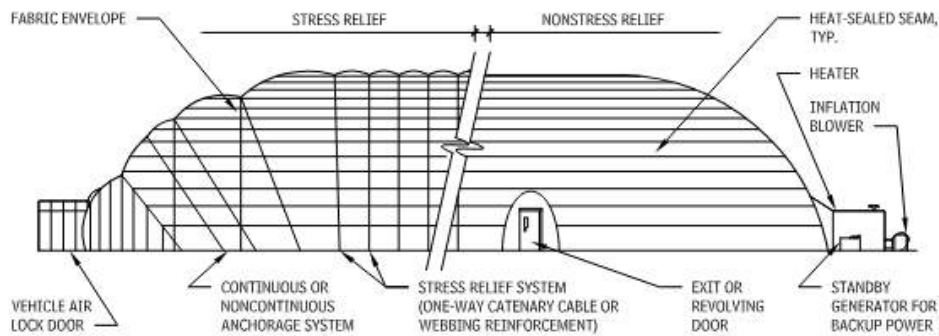
Membran Struktural

Membran struktural biasanya berupa kain nilon, fiberglass, atau poliester yang dilapisi dengan polivinil klorida (PVC). Membran tersebut memiliki masa pakai 7 hingga 10 tahun dan menawarkan peringkat ketahanan api yang memenuhi persyaratan NFPA 701. Lapisan atas uretan akan mengurangi daya rekat kotoran dan meningkatkan masa pakai. Lapisan atas fluorokarbon semakin meningkatkan karakteristik dan dapat menggandakan masa pakai. Membran fiberglass berlapis teflon memiliki harapan hidup lebih dari 25 tahun. Bahan ini tidak mudah terbakar, lulus ASTM E84, dengan peringkat penyebaran api 10, asap yang dihasilkan <50, dan kontribusi bahan bakar, 10. Pelapis akustik (NRC = 0,65) juga tersedia. Gambar 6.1 mengilustrasikan tiga konfigurasi membran umum:

- Membran tunggal: Ini adalah jenis struktur yang didukung udara yang paling umum. Tekanan internal (P_1) dijaga sekitar 0,03 psi di atas tekanan atmosfer eksternal (P_0). Perbedaan tekanan inilah yang membuat kubah tetap mengembang.
- Membran ganda: Ruang udara di antara kedua membran digunakan untuk isolasi dan keamanan. Jika kulit luar tertusuk, kulit bagian dalam akan tetap terdukung. Baik struktur yang didukung udara membran tunggal maupun ganda memerlukan penggunaan blower secara konstan agar tetap mengembang.



Gambar 6.1 struktur kain yang didukung udara



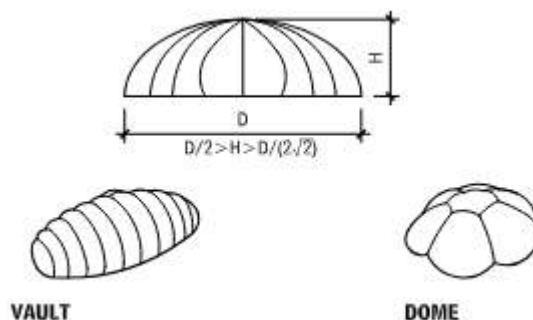
Gambar 6.2 struktur kain berdukkungan udara yang umum dipasang di tanah

- Membran ganda: Tekanan internal dan eksternal sama dalam struktur membran ganda. Hanya area di antara kulit yang diberi tekanan. Area yang dilegebungkan ini dapat disegel, sehingga tidak perlu lagi menggunakan blower secara konstan, meskipun blower direkomendasikan untuk mengganti kerugian akibat kebocoran.

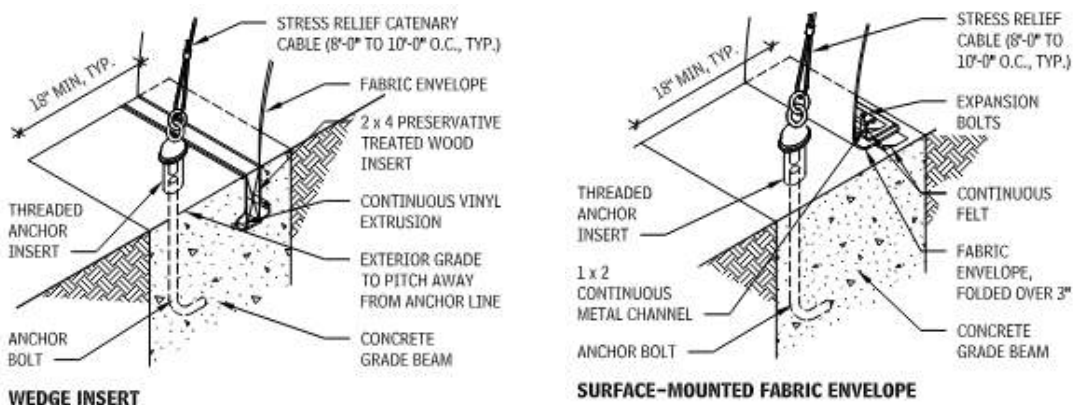
Struktur Udara Terpasang Di Tanah

Bentuk struktur udara yang terpasang di tanah memungkinkan struktur tersebut bertemu dengan tanah secara vertikal, memungkinkan beban gravitasi untuk menahan tegangan membran. Penampang melingkar semi-lingkaran dari struktur membran memiliki radius kelengkungan yang cukup besar untuk memungkinkan kain itu sendiri menahan gaya angin yang dapat memengaruhi struktur. Jika kain ringan digunakan, **kabel katenari** atau **jala** mungkin juga diperlukan untuk stabilisasi. Jala biasanya dijahit ke dalam jahitan kain, membentuk sistem satu arah; kabel digabungkan ke dalam kantong dalam sistem satu arah atau dibentuk menjadi jaring kabel yang ditempatkan di atas kain dalam sistem dua arah.

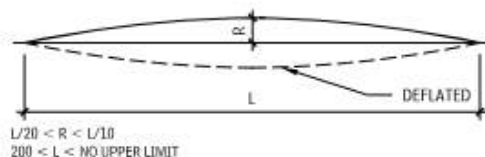
Gambar dan tabel 6.3 konfigurasi dasar struktur kain berdukkungan udara yang dipasang di tanah



Batas bentang	Kubah melengkung	Kubah bulat
Tanpa kabel	D = 150'	D = 150'
Dengan kabel	D = 400'	D = 600'

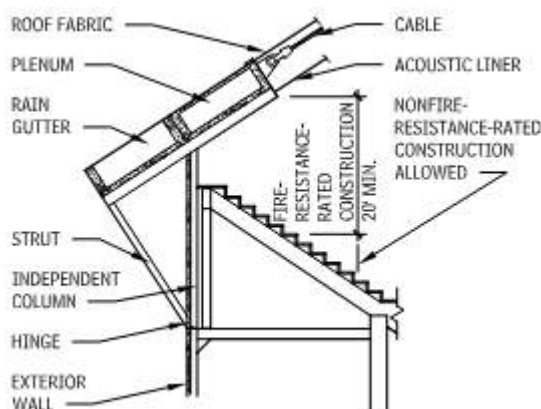


Gambar 6.4 rincian anchorage berkelanjutan



Gambar 6.5 struktur kubah bentang panjang

Membran pada struktur kubah bentang panjang harus berpola untuk menahan beban tanpa berkerut. Perilaku struktural bersifat nonlinear dengan perpindahan besar. Bentuk atap harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga di bawah beban maksimum, komponen horizontal dari gaya kabel menghasilkan momen lentur minimum pada cincin kompresi. Konsultasikan dengan **spesialis struktur dukungan udara** untuk mengintegrasikan persyaratan struktural dan arsitektural.



Gambar 6.6 detail dukungan struktur bentang panjang

Cincin kompresi di sekeliling struktur bentang panjang harus terpisah dari struktur pendukung untuk mencegah hambatan radial.

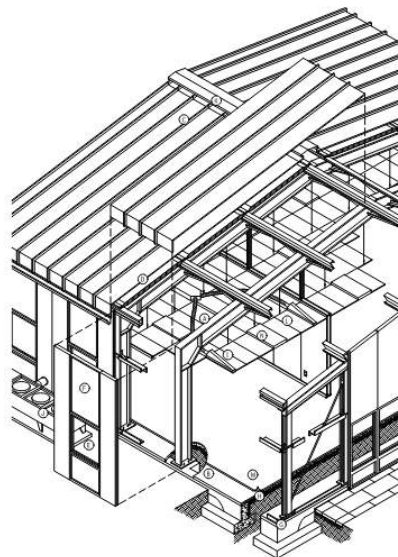
6.3 STRUKTUR PRA-REKAYASA SISTEM BANGUNAN LOGAM

Sistem bangunan logam tersedia dalam ukuran dan jenis rangka standar dari berbagai produsen. Istilah yang umum digunakan dalam industri bangunan logam:

- Ruang: Dimensi sepanjang dinding antara garis tengah kolom dinding dan dimensi dari luar kolom sudut dinding ujung ke garis tengah kolom dinding pertama yang berdekatan. Jarak berkisar dari 18 hingga 30 kaki, dengan jarak paling umum 20 hingga 25 kaki.
- Lebar: Diukur dari permukaan rangka dinding luar. Jarak bebas bagian dalam bervariasi.
- Tinggi atap: Diukur dari bagian bawah kolom dinding ke bagian atas penyangga atap. Penambahan nominal 2 kaki bervariasi dari 10 hingga 30 kaki.
- Penahan diagonal: Biasanya diperlukan pada bidang kolom dan balok dalam satu atau beberapa ruang untuk mencegah penumpukan dan menahan beban lateral yang tegak lurus terhadap bentang rangka.
- Rangka: Anggota struktural horizontal yang menyalurkan beban lateral (tekanan dan hisapan) dari dinding luar ke kolom. Batang sag mungkin diperlukan untuk menyangga rangka di sekitar sumbu lemah dan untuk mencapai desain yang ekonomis.
- Baut jangkar: Diperlukan untuk menahan reaksi di dasar kolom. Pondasi harus dirancang untuk reaksi yang disalurkan oleh dasar kolom dan baut jangkar.

Perancang harus memverifikasi bahwa praktik standar pabrikan dan pertimbangan desain khusus apa pun memenuhi atau melampaui prinsip teknik yang ditetapkan, praktik lokal, dan kode bangunan yang berlaku.

Huruf yang disertakan dalam tanda kurung mengidentifikasi masing-masing komponen pada Gambar 6.7.



Gambar 6.7 sistem bangunan logam

Komponen struktural

Rangka baja kaku (A), Fondasi dan pelat beton cor di tempat (B)

Komponen selubung

Atap: Atap logam dengan jahitan berdiri (C); insulasi selimut (D) Dinding: Perakitan jendela (E); panel dinding logam berinsulasi (F), Lantai: Kedap lembap (G) dan penghalang uap (H)

Komponen mekanik

HVAC: Saluran dan penyebar (I); pompa panas (J); ventilasi bubungan (K)

Komponen interior

Plafon: Plafon ubin akustik gantung (L), Lantai: Karpet (M), Pencahayaan: Perlengkapan lampu neon (N) dan cahaya alami

Sistem bangunan logam sebagian besar digunakan untuk gudang satu lantai, pertanian, dan fasilitas industri ringan, meskipun ada peningkatan permintaan untuk penggunaannya untuk fasilitas kantor dan ritel, dan bahkan perluasan ke pasar bertingkat. Pendekatan konstruksi ini khususnya menguntungkan untuk aplikasi yang memerlukan bentang interior yang besar, dukungan derek berat di atas kepala, atau bentangan atap yang substansial, industri sistem bangunan logam mampu menanggapi kebutuhan yang sangat terspesialisasi, sambil tetap menggunakan komponen struktural standar dan fabrikasi pabrik.

Sistem bangunan logam memanfaatkan teknik perakitan pabrik dan kontrol kualitas. Integrasi struktural komponen rangka dengan kulit bangunan, untuk kekuatan dan kekakuan, memungkinkan penghematan dalam ukuran dan jumlah komponen rangka baja. Anggota rangka primer dan sekunder, pengencang, dan panel berinteraksi untuk menghasilkan selubung bangunan yang ringan dan stabil. Komponen rangka dan pelapis dirancang, direkayasa, dan difabrikasi di pabrik, kemudian dikirim ke lokasi proyek untuk pemasangan. Sering kali, perusahaan yang sama merancang, merekayasa, dan membangun sistem tersebut.

Sistem bangunan logam mengintegrasikan komponen struktural dan selubung yang ringan, masing-masing menambah kekuatan dan kekakuan pada bentuk keseluruhan. Bobot ringan sistem selubung, yang merupakan aset untuk pengiriman, bagaimanapun, sangat rentan terhadap pengangkatan angin yang memerlukan kehati-hatian dalam desain. Sudut dan tepi bangunan sangat rentan terhadap pengangkatan dan hisapan yang diinduksi angin. Selain itu, panel dinding baja tipis dapat menimbulkan masalah akustik ketika privasi atau isolasi suara menjadi masalah.

Sistem atap logam berprofil lipat berdiri membutuhkan lebih sedikit perawatan daripada alternatif lain, dan rekam jejak kinerja jangka panjangnya sangat baik. Sebagian besar atap logam berprofil lipat berdiri menyediakan membran monolitik mengambang bebas, dihubungkan oleh serangkaian klip berlubang yang memungkinkan pergerakan. Metode ini secara bebas mengakomodasi siklus ekspansi/kontraksi yang disebabkan oleh perubahan termal. Selain itu, berbagai detail, warna, dan hasil akhir tersedia. Atap logam berprofil lipat berdiri mungkin menimbulkan beberapa area perhatian bagi arsitek: modularitas panel atap dan sambungan, penting untuk menempatkan saluran pipa, jendela langit-langit, dan peralatan atap lainnya.

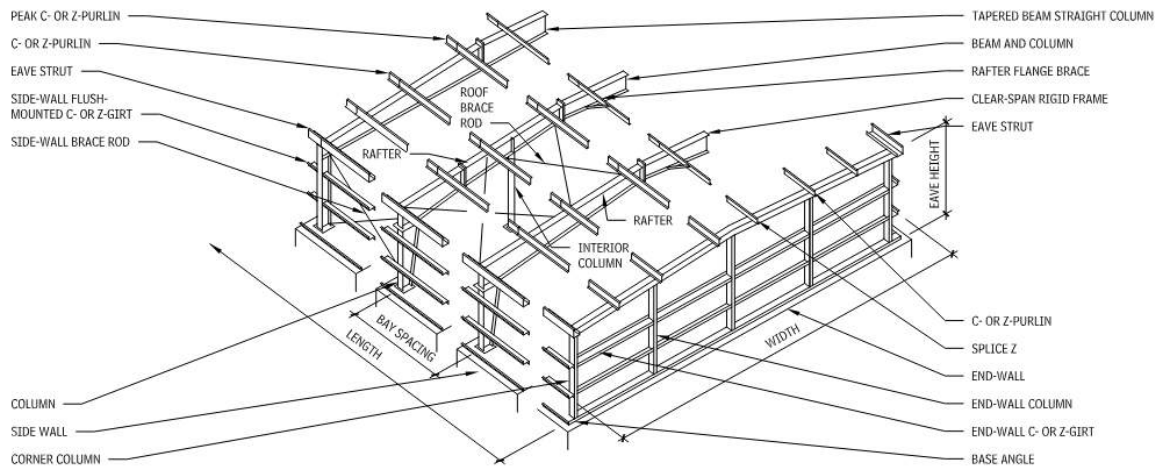
Meskipun sistem struktur dan selubung bangunan logam biasanya sangat terintegrasi, produsen sistem bangunan logam jarang mempertimbangkan komponen mekanis dan interior secara mendetail.

Saat menggunakan sistem bangunan logam, tersedia berbagai alternatif pelapis eksterior, termasuk logam bergelombang ringan, panel sandwich berinsulasi yang memberikan sentuhan akhir interior dan eksterior, pasangan bata, dan plesteran. Produsen sistem bangunan logam juga menawarkan komponen pintu, jendela, dan skylight sebagai bagian integral dari selubung dan interior. Penetapan tanggung jawab untuk rekayasa, fabrikasi, dan konstruksi dapat memungkinkan pengendalian biaya yang lebih baik. Arsitek yang bekerja dengan sistem bangunan logam dapat mengandalkan dukungan teknis dari produsen, termasuk persiapan dokumen rekayasa fabrikasi dan subsistem.

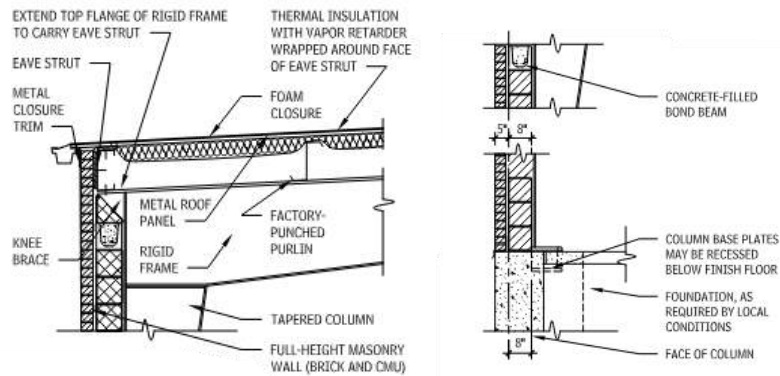
Sifat bujursangkar khas sistem bangunan logam sering kali menghasilkan bangunan yang lebih mudah diperluas. Komponen mekanis dan interior terintegrasi di langit-langit atau di struktur, tetapi peralatan mekanis biasanya disimpan di bagian luar, terkadang menimbulkan kesulitan dengan integrasi visual.

Tabel 6.8 jenis dan lebar bangunan

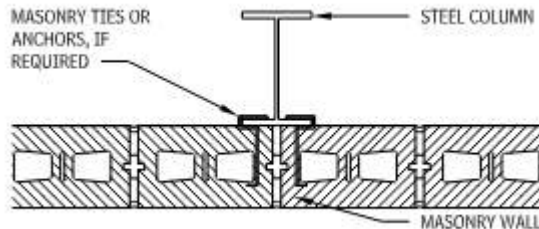
Jenis Bangunan (Kemiringan Atap)	LEBAR TOTAL(FT)				PALING UMUM								KETERSEDIAAN TERBATAS						Keterangan		
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340		360	
Bangunan kecil atau self-framing (1:12/1:48)		■	■	■	■																
Balok meruncing / kolom lurus (1:12/1:24)			■	■	■	■	■														Dengan kolom interior, lebar bertambah: 1 kolom/120'; 2 kolom/180'; 3 kolom/200'
Rangka kaku satu arah (1:12/1:48)			■	■	■	■	■														
Rangka kaku profil tinggi (4:12)				■	■	■	■	■	■	■											
Rangka kaku profil rendah (1:12/1:24)				■	■	■	■	■	■	■	■	■									
Balok dan kolom dengan 1 kolom dalam (1:12)					■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Balok dan kolom dengan 2 kolom dalam (1:12)						■	■	■	■	■	■	■	■	■							
Balok dan kolom dengan 3 kolom dalam (1:12)							■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Rangka kaku dengan ekstensi sayap (1:12/1:24/1:48)			■		■																
Rangka truss kolom lurus (1:12-3/24-5:24/1:48)			■		■	■	■														Dengan kolom interior, lebar bertambah: 1 kolom/100'; 2 kolom/120'; dst.



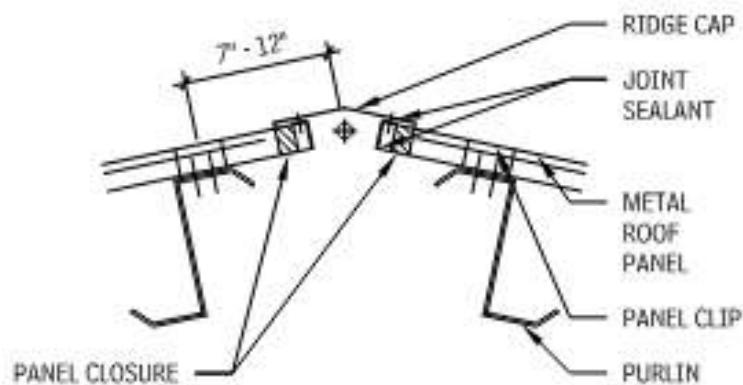
Gambar 6.9 komponen sistem pembangkaian



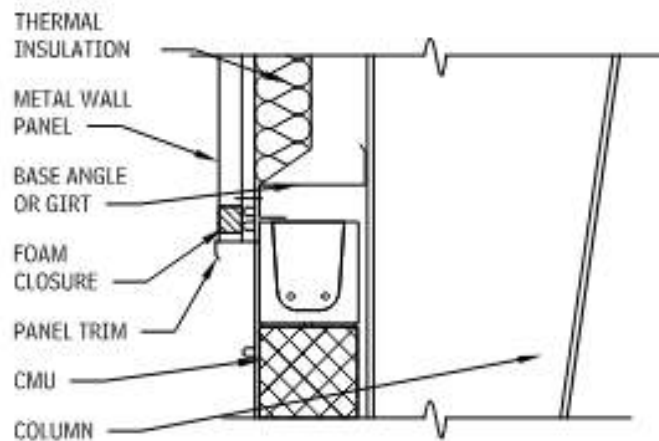
Gambar 6.10 bagian dinding batu bata dan pelapis bata



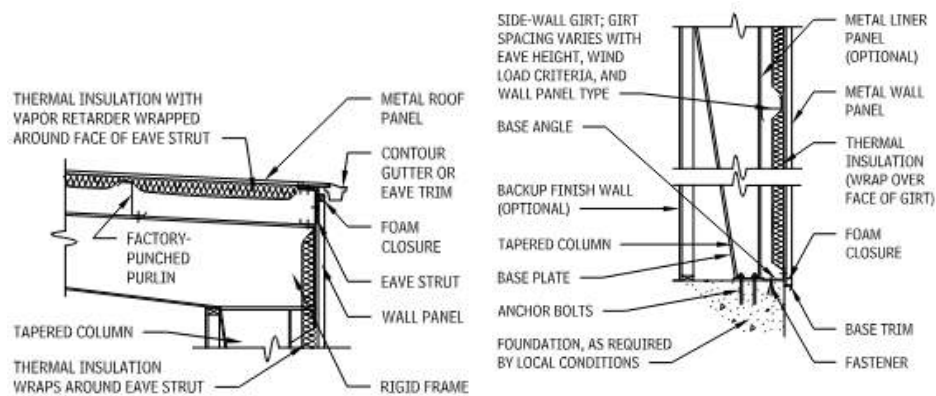
Gambar 6.11 sambungan batu bata ke kolom



Gambar 6.12 detail punggung



Gambar 6.13 sambungan dinding bata dan panel logam



Gambar 6.14 bagian panel dinding logam

Kubah Bola Aluminium Eksterior

Ada sejumlah produsen kubah proyeksi interior planetarium yang juga memproduksi, merancang, merekayasa, dan memasang rakitan kubah modular eksterior. Komponennya modular dan dapat dikirim ke lokasi yang siap dirakit bersama dengan rangka struktural modular. Perincian bersifat unik untuk setiap proyek dan harus dikembangkan bersama produsen.

Kulit eksterior biasanya terbuat dari aluminium ringan atau baja tahan karat dengan rangka aluminium khusus. Rangka rusuk aluminium yang terdiri dari pelat hub, rusuk, dan header yang terbuat dari tabung dan pelat aluminium menyangga panel dan sambungan aluminium eksterior. Sambungan utama mungkin selebar 1 inci dan sambungan minor 1/4 inci, bila tampilan yang mulus diinginkan, sambungan dapat dipersempit. Rangka rusuk dipasang dengan jangkar batang berulir dan ring ke kubah bulat kedua yang terbuat dari panel kayu lapis melengkung dengan peringkat ketahanan api yang dipasang ke sistem rangka tabung struktural aluminium melengkung. Lapisan kedap air dan atap busa semprot diaplikasikan pada panel kayu melengkung. "Zenith hub" di atas kubah menghubungkan unit panel aluminium. Permukaan eksterior aluminium memiliki pengencang tersembunyi yang menempelkan panel ke penyangga tabung, dan sambungan tersebut membentuk atap kubah kedap air.

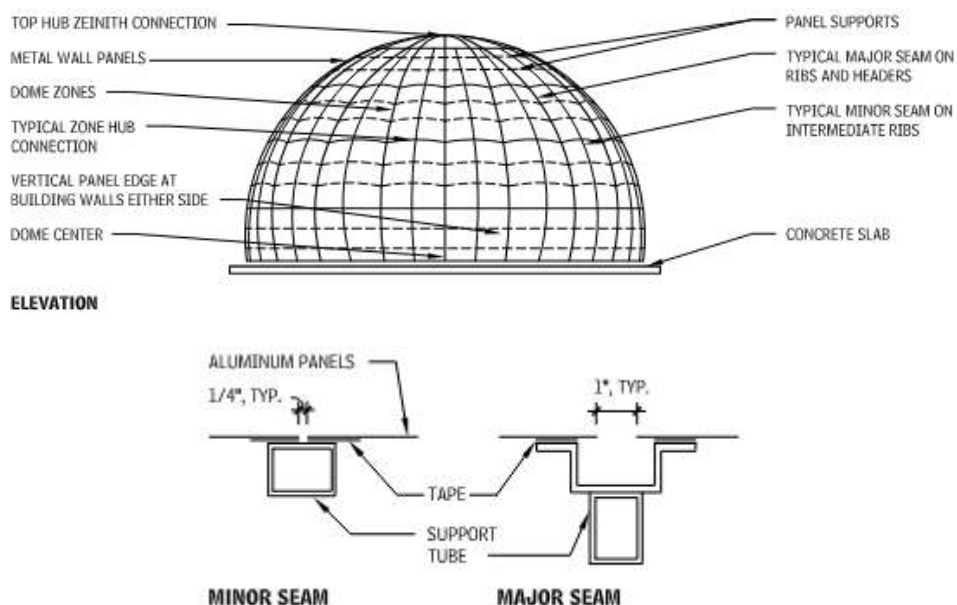
KUBAH RANGKA RUANG

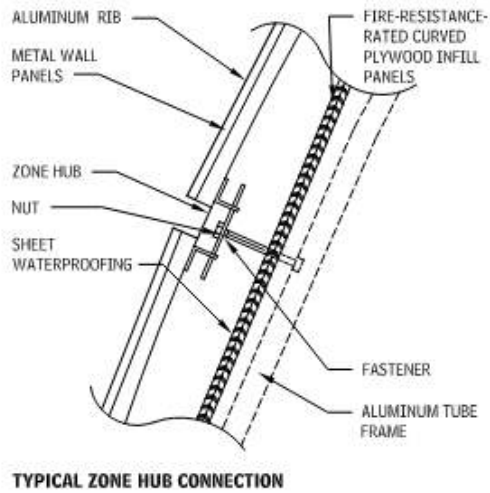
Rangka ruang adalah rangka tiga dimensi dengan anggota linier yang membentuk serangkaian polihedron segitiga. Rangka ruang dapat dilihat sebagai bidang dengan kedalaman konstan yang dapat menopang bentang yang cukup panjang dan konfigurasi bentuk yang bervariasi, termasuk bentuk kubah.

Rangka ruang biasanya merupakan modul yang direkayasa dan dibuat, yang dirakit di lokasi.

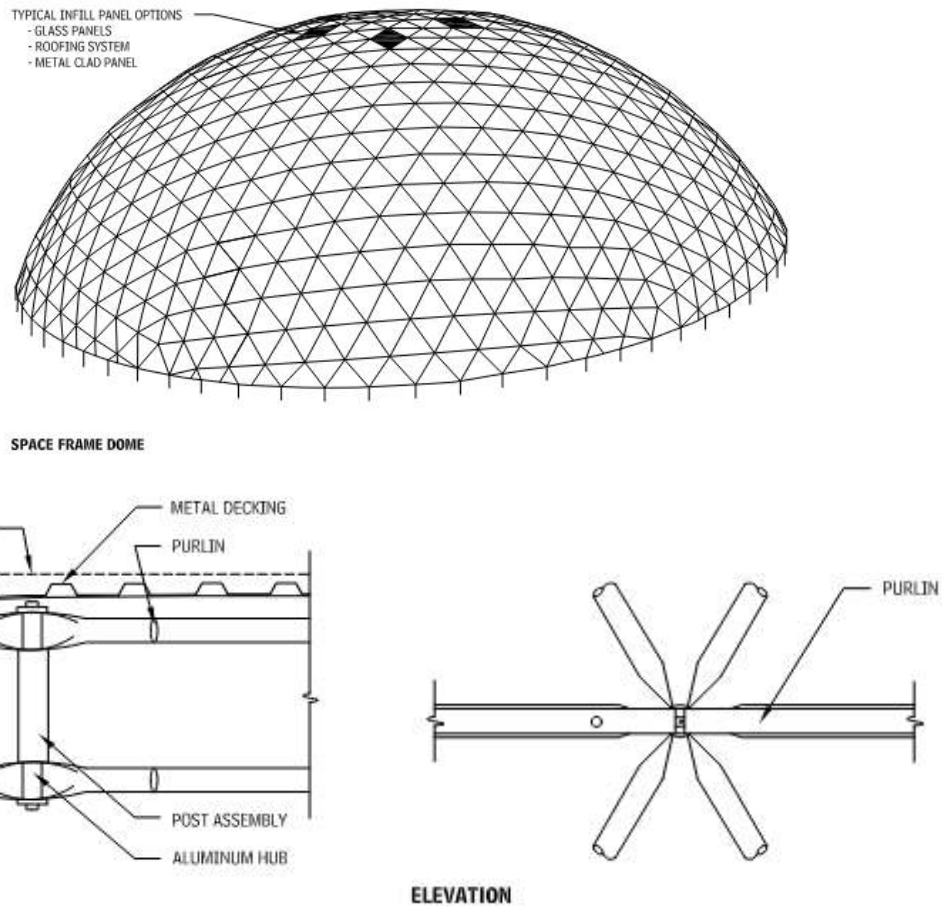
Modul atap kubah dapat berupa membran kisi satu lapis, dua lapis dengan diagonal dalam, atau dua lapis dengan tiang vertikal dalam konfigurasi rangka Vierendeel. Setiap produsen memiliki banyak pola geometri, seperti geodesik, lamela, dan lainnya dengan nama unik bagi produsennya; konsultasikan dengan vendor untuk pola struktur kubah yang tersedia. Kubah dapat berbentuk lingkaran, parabola, elips, parabola majemuk, dan parabola terbalik. Karena kekuatan bawaan dari permukaan lengkung ganda, kubah dapat membentang sejauh 1000 kaki. Kubah rangka ruang terbuat dari baja galvanis atau berlapis, baja tahan karat, atau aluminium ringan, dan dapat dicat.

Bagian struktural dapat berupa tabung, balok-I, atau bahkan bentuk sudut atau saluran. Sambungan simpul dapat berupa pelat bengkok yang dibaut, pelat gusset datar yang dibaut, dan bola penuh atau bola parsial dengan sambungan sekrup atau las dan hub silinder. Sistem ditawarkan dengan panel kaca atau aluminium berinsulasi termal yang terhubung langsung ke anggota struktural, menggunakan bentuk dan bahan yang diekstrusi untuk menerima panel. Panel kaca dapat memiliki sambungan kaca siram atau penutup reng. Tersedia sejumlah opsi permukaan pelapis eksterior, termasuk kaca berinsulasi, dek panel logam, dan panel sandwich berinsulasi termal. Manfaat kubah rangka ruang adalah bobotnya yang ringan, kekakuan yang melekat, variasi bentuk, ukuran, dan bentang, serta interaksi yang kompatibel dengan sistem pendukung infrastruktur mekanis bangunan.





Gambar 6.15 kubah bola eksterior aluminium



Gambar 6.16 kubah rangka ruang

Struktur Yang Didukung Kabel

Kabel dan rantai merupakan elemen struktural yang unik dalam hal karakteristik menahan beban; keduanya hanya mampu menahan beban dalam bentuk tarikan, bukan kompresi atau lenturan. Baja merupakan material yang paling efisien dalam menahan beban dalam bentuk tarikan, sehingga struktur yang sangat efisien dapat dibentuk jika elemen

struktural dapat diatur sedemikian rupa sehingga banyak atau semua elemen struktural berada dalam bentuk tarikan. Struktur yang rapuh dan ringan yang dapat dibuat dari sistem yang didukung kabel merupakan pilihan alami untuk dukungan struktural fasad dan atap kaca, permukaan yang potensi transparansinya paling menguntungkan.

Persepsi Beban Dan Getaran

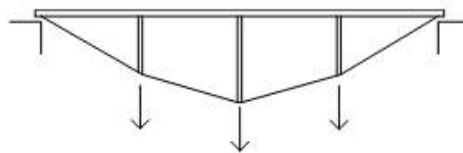
Beban angin sering kali menjadi kondisi pengendali untuk sistem fasad dan atap yang ringan, dan sering kali memiliki besaran yang sama dalam arah ke dalam dan ke luar. Sistem struktural yang ringan biasanya memerlukan kekakuan yang sama di kedua arah. Untuk sistem atap yang ringan, beban angin yang terangkat sering kali melebihi berat atap. Sistem fasad dan atap juga dapat mengakomodasi struktur pendukung yang lebih fleksibel daripada rangka lantai karena berkurangnya kemampuan penghuni untuk melihat gerakan melalui penglihatan saja.

Sistem Dinding Vertikal—Rangka Kabel

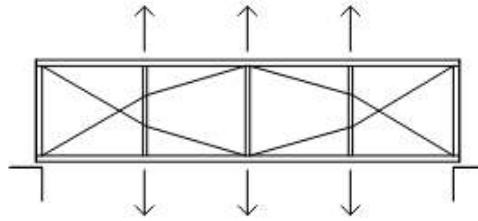
Sistem rangka kabel sering digunakan untuk menahan angin pada fasad kaca yang tinggi, dan kurang konvensional, untuk menopang jendela atap. Rangka dapat dibentuk menggunakan tali baja tekan struktural dan kabel sebagai tali tegangan (Gambar 6.17). Bentuk rangka ini ringan dan tidak mencolok secara visual, tetapi hanya mampu menahan beban dalam satu arah. Oleh karena itu, jenis rangka ini hanya sesuai untuk aplikasi tertentu di mana diketahui bahwa beban total pada permukaan akan diterapkan hanya dari satu arah.

Ketika dua rangka yang dijelaskan di atas dihubungkan kembali ke belakang, untuk membentuk rakitan rangka yang ringan, rangka tersebut dapat menahan beban di kedua arah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.18. Gambar tersebut menunjukkan konfigurasi dengan dua tali kompresi yang membentuk rangka yang berisi dua kabel lengkung. Konfigurasi alternatif tetapi serupa secara struktural dapat dicapai dengan dua kabel lengkung di luar tali kompresi tunggal. Jika titik tumpu tidak dapat digerakkan, tali kompresi dapat dihilangkan dan rangka kabel dapat menopang beban dengan setiap tali yang berfungsi sebagai kabel gantung (Gambar 6.54), mirip dengan kabel utama jembatan gantung.

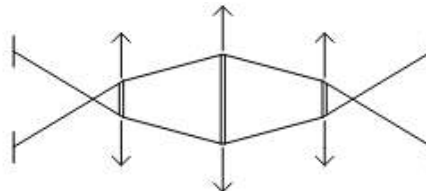
Dinding kaca yang ditopang rangka kabel di Forum Internasional Tokyo, yang dirancang oleh Rafael Viñoly adalah contoh dramatis dari dinding transparan yang dapat dihasilkan dari penggunaan jenis rakitan penyangga kabel ini.



Gambar 6.17 rangka kabel



Gambar 6.18 sistem truss ringan



Gambar 6.19 rangka kabel yang menopang beban pada setiap tali

Rakitan Dinding Vertikal Yang Ditopang Kabel

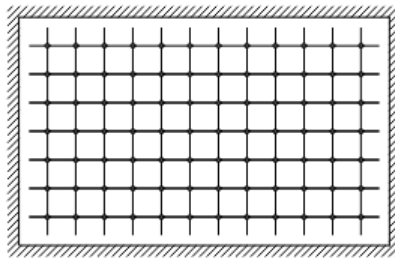
Ketika disusun dalam kisi-kisi bujursangkar dan dikencangkan hingga sekitar seperempat hingga sepertiga dari kekuatan putusnya, "jaring kabel" planar memiliki ketahanan yang signifikan terhadap deformasi yang keluar dari bidang. Karakteristik ini menghasilkan solusi struktural yang ideal untuk dinding kaca yang sangat transparan.

Jaring kabel dapat disusun sebagai sistem dua arah yang terdiri dari sistem horizontal dan vertikal (Gambar 6.20) atau sebagai sistem satu arah yang hanya terdiri dari kabel vertikal (Gambar 6.21). Sistem dua arah memungkinkan bentang yang lebih panjang untuk dibangun (100 x 100 kaki dapat dicapai; bentang yang lebih besar dimungkinkan, tetapi mungkin memerlukan solusi khusus). Sistem dua arah juga memungkinkan perincian sederhana pada kondisi batas, karena defleksi jaring kabel selalu nol di sekeliling. Sistem satu arah efisien untuk dinding yang relatif pendek (kurang dari 50 kaki) dan lebar, di mana penambahan kabel horizontal tidak menambah kekakuan dinding secara signifikan.

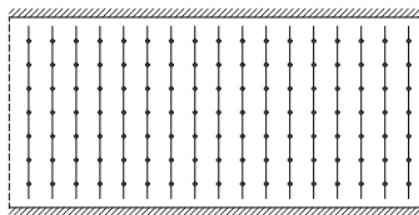
Panel kaca persegi panjang sekitar 5 x 5 kaki dipasang ke jaring kabel, biasanya dengan cara dijepit di sudut kaca dengan coran simpul, yang juga terhubung ke persimpangan kabel (Gambar 6.22). Satu-satunya elemen struktural yang terlihat adalah kabel yang sejajar dengan sambungan antara panel kaca. Perakitannya fleksibel, dengan defleksi maksimum dalam peristiwa angin periode ulang 50 tahun biasanya dibatasi pada $L/45$ hingga $L/50$, di mana L adalah bentang terpendek dari dinding jaring kabel. Coran simpul biasanya dirinci dengan cara yang memungkinkan beberapa putaran kaca pada titik penjepit, yang memungkinkan jaring kabel berubah bentuk tanpa memecahkan panel kaca.

Kabel vertikal biasanya terletak dekat dengan kaca, untuk meminimalkan beban gravitasi eksentrik pada kabel, yang jika tidak menyebabkan setiap jalur panel kaca miring ke luar dari bidang vertikal. Sambungan biasanya disegel untuk menjaga ketahanan cuaca. Penerapan awal yang paling menonjol dari sistem ini adalah dinding jaring kabel setinggi 70 kaki dan lebar 150 kaki di Hotel Kempinski di Munich, Jerman, yang rampung pada tahun 1993. Baru-baru ini, perkembangan signifikan dalam ukuran dinding jaring kabel yang dapat dicapai

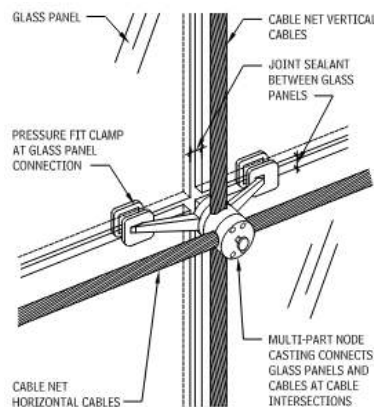
adalah dinding jaring kabel setinggi 300 kaki dan lebar 200 kaki di New Beijing Poly Plaza di Beijing, Cina, yang rampung pada tahun 2005.



Gambar 6.20 jaringan kabel horizontal dan vertikal



Gambar 6.21 jaringan kabel satu arah dengan kabel vertikal



Gambar 6.22 cor simpul yang digunakan untuk menjepit jaringan kabel

6.4 PERAKITAN ATAP YANG DIDUKUNG KABEL

Perakitan atap yang didukung kabel telah digunakan dalam berbagai konfigurasi dan skala, mulai dari penutup halaman hingga perakitan atap stadion olahraga. Perakitan atap yang didukung oleh rangka kabel sering digunakan menggunakan konsep balok dan balok lantai konvensional, tetapi dengan balok atau rangka baja struktural yang lebih berat diganti dengan rangka kabel.

Jaring kabel juga dapat digunakan untuk mendukung rakitan atap, meskipun jaring kabel planar umumnya tidak digunakan. Jaring kabel planar akan melorot karena berat kaca atap; dan ketika dalam posisi deformasi permanen ini, ia memiliki sangat sedikit hambatan terhadap gerakan ke atas karena terangkat oleh angin. Jaring kabel dapat diperkeras untuk digunakan sebagai rakitan atap dengan mengubah bentuk jaring menjadi bentuk parabola hiperbolik atau bentuk pelana. Dalam konfigurasi ini, kabel melengkung ke atas pada satu arah,

dan ke bawah pada arah lainnya, sehingga memberikan kekakuan di kedua arah.

Sistem struktur tambahan yang digunakan di atap stadion meliputi kubah tarik atau kubah terbalik (di mana pelapis dapat membentuk kubah cembung, tetapi strukturnya secara efektif merupakan kubah cekung dari elemen kabel yang ditarik), dan atap gantung yang digantung dari titik penyangga pada tiang di atas permukaan atap. Semua bentuk atap yang memungkinkan menggunakan atap kain juga dapat dibentuk dengan jaring kabel yang menggantikan kain struktural, kemudian dilapisi dengan kain, kayu, atau bahan lainnya.

Bahan Kabel

Kabel biasanya terbuka secara arsitektural dan sulit untuk dilapisi, oleh karena itu elemen kabel umumnya dibuat dari bahan yang tahan korosi. Kabel baja tahan karat adalah bahan yang paling umum digunakan dalam struktur yang didukung kabel, meskipun kabel baja galvanis juga dapat digunakan. Kabel baja tahan karat berdiameter 1/8 hingga 1-1/2 in. umumnya tersedia, dan kabel baja galvanis dapat diproduksi dengan diameter melebihi 6 in.

Kabel baja tahan karat biasanya dihubungkan ke elemen lain melalui sambungan ujung yang disambung, sebuah teknologi yang memungkinkan sambungan ujung yang relatif kecil (diameter sambungan kira-kira dua kali diameter kabel) tetapi sulit digunakan pada kabel yang berdiameter lebih besar dari 1-1/2 in. Kabel galvanis berdiameter lebih besar biasanya dihubungkan ke elemen lain menggunakan sambungan ujung yang dituang dengan seng.

Pembuatan Kabel Anti Api

Membuat elemen kabel anti api memang memungkinkan tetapi sulit. Struktur yang ditopang kabel umumnya paling cocok untuk digunakan dalam kondisi di mana pembuatan kabel anti api tidak diwajibkan oleh kode atau dapat dibuktikan tidak diperlukan melalui penggunaan analisis teknik. Biasanya, daya tarik utama penggunaan kabel dalam struktur, yaitu dimensi minimal elemen struktural, hilang ketika kabel diharuskan untuk dibuat anti api.

Teknik

Karena sifat sistem struktur ini yang tidak konvensional, seorang insinyur yang memahami desain struktur kabel atau produsen khusus biasanya diajak berkonsultasi saat merancang fasad yang didukung kabel dan rakitan atap jenis ini.

Pemasangan

Toleransi konstruksi yang diperlukan, baik dalam hal toleransi geometris maupun toleransi pada tegangan kabel terpasang yang diperlukan dalam konfigurasi akhir, membuat pemasangan fasad dan rakitan atap yang ditopang kabel harus dilakukan oleh kontraktor pemasangan yang berkualitas.

Struktur Kain

Ada dua jenis struktur kain nonpneumatik. Yang satu mendukung membran kain dengan rangka kaku, biasanya terbuat dari logam, yang lainnya adalah membran kain yang dapat menopang sendiri yang tetap dalam tegangan dengan struktur pendukung dari baja atau beton. Struktur rangka kaku biasanya berbentuk piramida atau bentuk geometris yang panjang dan berkesinambungan seperti gudang atau kubah tong. Struktur yang dapat menopang diri sendiri bergantung pada kurva yang berlawanan untuk mendistribusikan tegangan yang diperlukan dan biasanya membentuk bentuk pelana, kerucut, atau hiperboloid (antiklastik).

Struktur yang menciptakan dan mempertahankan tegangan pada kain dapat terdiri dari kabel dan tiang, cincin kompresi, rangka rangka, atau tepi yang diikat. Mekanisme ini menciptakan tegangan pada kain yang cukup untuk membuatnya tetap kencang. Beban kompresi yang dikenakan pada kain akan diseimbangkan atau, paling banyak, dikurangi oleh prategang yang diciptakan oleh struktur.

Bahan Struktur Kain

Masa pakai struktur yang dituju adalah faktor penting dalam keputusan desain, detail fabrikasi, dan biaya struktur kain arsitektural. Masa pakai paling dipengaruhi oleh bahan kain atau membran yang dipilih. Kain adalah bahan yang memiliki arah dan tidak memiliki kekuatan atau regangan yang sama di semua arah di bawah beban. Bahan dengan sedikit rambatan (creep) lebih disukai untuk struktur tegang, karena prategang asli dapat hilang jika kain meregang atau berubah bentuk. Detail yang memungkinkan pengencangan ulang harus disertakan jika bahan dengan rambatan sedang hingga tinggi digunakan.

Umumnya, bahan yang digunakan dalam membran adalah komposit yang terdiri dari substrat tenunan yang dilindungi dengan lapisan yang diterapkan. Membran adalah komponen struktural utama dari struktur kain yang menopang sendiri atau tegang. Dua bahan umumnya digunakan untuk membran: bahan berlapis polivinil klorida (PVC) dan kain serat kaca berlapis fluorokarbon (Teflon).

- Poliester berlapis PVC adalah material komposit yang terdiri dari lapisan vinil pada kedua sisi kain poliester tenun. Material ini murah, kuat, tembus cahaya, dan mudah dibuat, tetapi memiliki masa pakai terbatas dan hanya tahan api. Karena alasan ini, material ini hanya digunakan pada struktur sementara atau semipermanen.
- Kain serat kaca berlapis fluorokarbon tergolong material yang tidak mudah terbakar. Selain keunggulannya dalam hal keamanan kebakaran, kain ini sangat tahan lama, dapat membersihkan sendiri, dan tembus cahaya, serta merupakan material yang diterima untuk sebagian besar instalasi permanen.

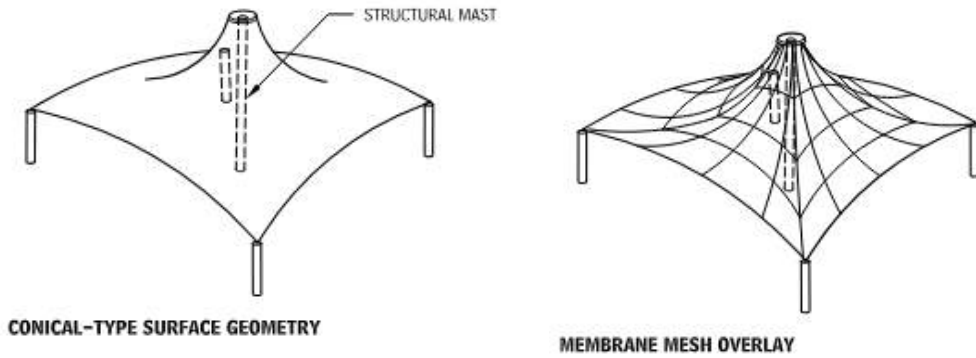
Pengembangan teknologi kain terus berlanjut, dan produk baru seperti serat kaca berlapis silikon dapat menawarkan peningkatan dalam berbagai karakteristik material.

Desain Struktur Kain

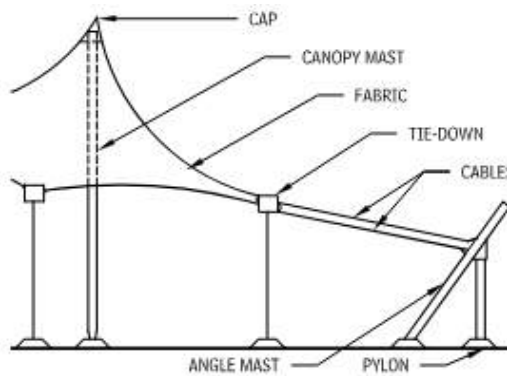
Dalam beberapa tahun terakhir, desain struktural struktur kain telah meningkat karena meningkatnya penggunaan komputer dalam proses rekayasa. Langkah pertama dalam proses desain yang dibantu oleh pemodelan komputer adalah definisi geometri permukaan yang dapat diterima, seperti hiperboloid. Jaring atau jaringan membran kemudian dikembangkan, yang menggambarkan permukaan sebagai kisi-kisi garis. Model grafik ini "diberi tekanan awal," dan reaksinya dianalisis dalam proses berulang atau berbasis pengulangan. Beban hidup seperti angin, hujan, atau salju diterapkan pada model, dan tegangan dihitung untuk memilih kain dan merancang struktur atau fondasi pendukung.

Perancangan, fabrikasi, dan konstruksi struktur kain memerlukan koordinasi yang erat antara arsitek, insinyur, perakit, dan pemasang selama proses berlangsung, untuk memastikan kontrol kualitas yang ketat yang dibutuhkan teknologi ini. Namun, karena sebagian besar pekerjaan diselesaikan di pabrik, sehingga meminimalkan waktu konstruksi di lokasi, tidaklah

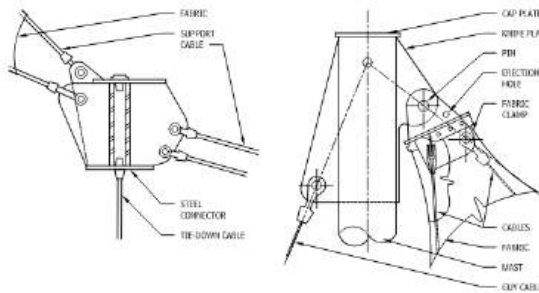
tidak masuk akal untuk mempertahankan spesifikasi yang ketat.



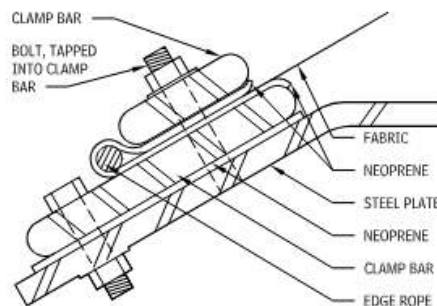
Gambar 6.23 desain struktur kain



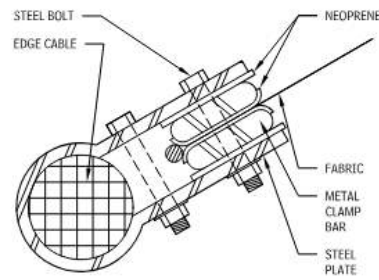
Gambar 6.24 struktur kain tarik berbentuk kerucut yang umum



Gambar 6.25 detail penahan struktur kain



Gambar 6.26 kain tepi klem—detail lampu



Gambar 6.27 Kabel tepi atau katenari—detail lampu

Dua cara utama untuk memasang kain ke jangkar adalah dengan kabel atau klem katenari tepi. Katenari memungkinkan desain bentuk bebas. Bila sambungan yang lebih rapat antara kain dan struktur bangunan diperlukan (misalnya, pada atap, skylight, dan struktur udara), sistem klem digunakan, di mana kain diapit di antara batang atau pelat penjepit, yang dibaut ke struktur. Beberapa struktur membran menggunakan kedua jenis pemasangan tersebut. Struktur udara terkadang memiliki selongsong dan kabel, ditambah panel penutup kain yang memanjang melampaui kabel.

Struktur tarik biasanya dirancang khusus; detail penjangkaran dan sambungan juga disesuaikan. Namun, dasar-dasar, seperti sistem penjepit, telah menjadi lebih standar. Beberapa bahan rangka dan sambungan telah diadaptasi dari industri lain, seperti rangka ruang dan perlengkapan laut. Untuk menentukan estetika desain yang tepat untuk suatu proyek, pertimbangkan aspek-aspek berikut:

- Struktur tarik bersifat fleksibel, dan detailnya harus dirancang untuk bergerak di bawah beban.
- Struktur tarik beratnya hanya sepersekian dari berat bangunan lain, dan banyak materialnya yang tembus cahaya.
- Gaya lateral memainkan peran yang jauh lebih besar dalam struktur tarik daripada dalam struktur konvensional.
- Resolusi fisik vektor gaya setiap elemen (sudut arah dan besarnya) harus akurat.
- Rincian, spesifikasi material, dan gaya reaksi yang memengaruhi struktur antarmuka harus dikembangkan dengan seorang insinyur atau fabrikator yang memiliki keahlian dalam desain struktur kain.

6.5 STRUKTUR KAYU GELONDONG

Bangunan kayu tempat tinggal telah menjadi bagian penting dari industri konstruksi rumah. Industri rumah kayu terdiri dari dua segmen utama: rumah kayu yang dibangun secara kit, yang diproduksi, atau digiling, dan rumah kayu yang dibangun secara khusus.

- Rumah yang dibangun dari kit menggunakan kayu gelondong yang telah dimesin atau digiling hingga bentuk seragam dalam berbagai profil. Meskipun rumah rakitan kit dapat dipasang dengan cepat dan dengan sedikit keterampilan konstruksi, produk jadinya cenderung terlihat kurang alami.
- Rumah kayu gelondong yang dibuat khusus diproduksi dari kayu gelondong yang dikupas

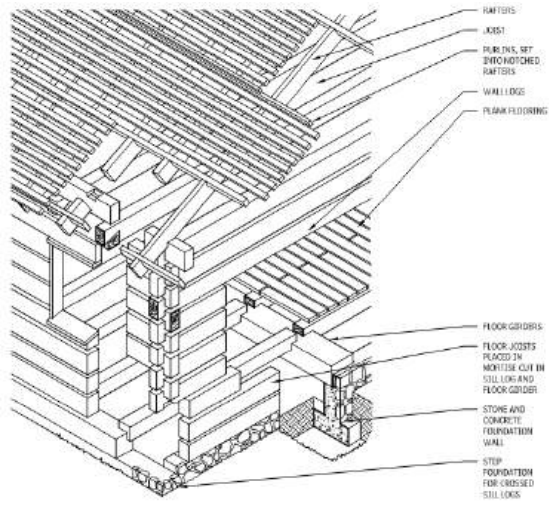
dan dipahat tangan dalam profil alaminya. Struktur ini lebih mirip dengan konstruksi kayu gelondong tradisional. Kit untuk rumah pahat tangan juga tersedia, tetapi rekonstruksinya di lokasi seringkali rumit karena panjang kayu gelondong yang lebih panjang dan berat kayu gelondong yang lebih berat. Alat pengangkat hidrolik biasanya diperlukan.

Banyak petugas bangunan mensyaratkan persetujuan insinyur struktural untuk menyertai rencana, apakah rumah kayu gelondong tersebut adalah dokumen konstruksi yang dihasilkan oleh arsitek yang disewa oleh pemilik.

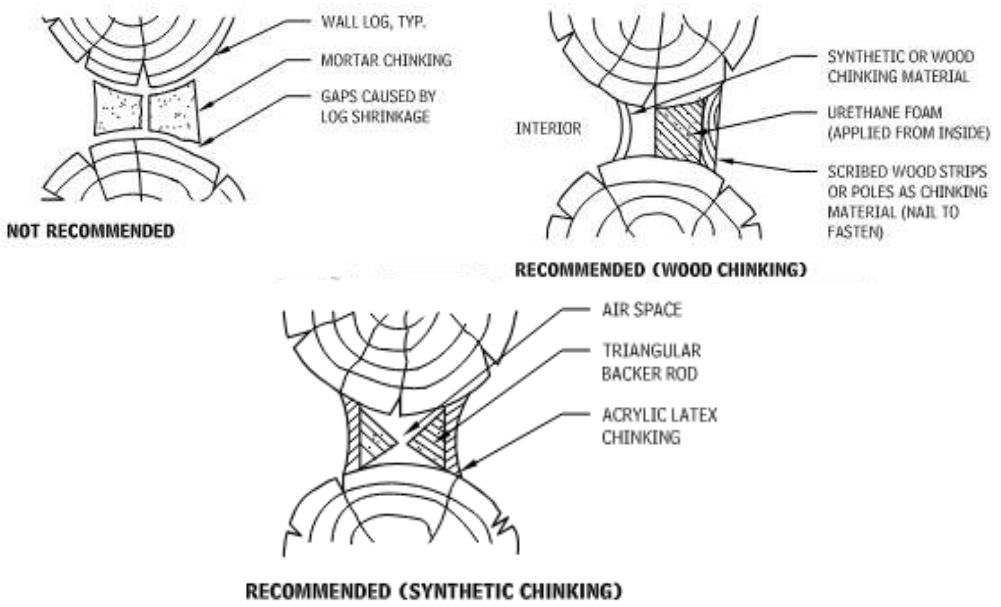
Pertimbangan Desain

Sejumlah masalah desain penting untuk dipertimbangkan saat membangun struktur kayu gelondong:

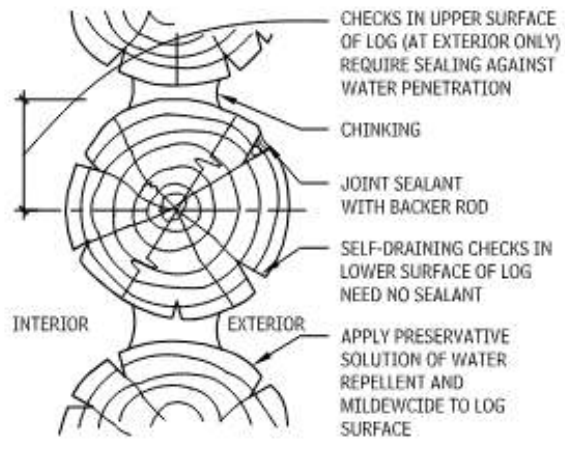
- Memotong kayu menjadi anggota persegi menghilangkan sebagian besar kayu gubal, yang mengurangi berat kayu dan kerentanannya terhadap kerusakan serangga dan pembusukan. Permukaan kayu persegi yang datar juga mudah dikerjakan.
- Kerusakan akibat pembusukan (pembusukan jamur) dapat dicegah atau dikendalikan dengan tiga cara: membuang kayu gubal, yang mengandung banyak selulosa dan lignum yang menjadi makanan jamur; mengurangi kadar air kayu hingga 20 persen atau kurang dengan udara atau pewarnaan tungku; atau menyediakan sirkulasi udara yang tepat di bawah lantai dan di sekitar fondasi. Atap yang menjorok dan talang yang dirawat dengan baik membantu menahan air dari sisi bangunan.
- Kerusakan serangga akibat rayap, kumbang, dan semut tukang kayu dapat dicegah dengan membubui kayu dengan benar (pengeringan di tungku atau udara) dan dengan menyediakan penghambat uap terus-menerus di permukaan tanah. Selain itu, sirkulasi udara yang baik dapat membantu mencegah serangan hama.
- Kayu gelondongan bagian dalam yang terbuka harus dikoordinasikan dengan hati-hati dengan penempatan pipa ledeng, kabel listrik, dan peralatan mekanis.
- Drainase yang baik di sekitar bangunan penting, karena bangunan kayu rentan terhadap pembusukan.
- Produsen struktur kayu gelondongan fabrikasi menawarkan detail kayu gelondongan yang digiling untuk mengurangi kebocoran udara dan meningkatkan ketahanan cuaca dinding. Detail tersebut meliputi sambungan lidah dan alur, sambungan ekor burung, penggunaan splines curam, dan gasket butil.
- Ruang antara masing-masing kayu gelondongan (area celah) diisi dengan celah, yang lebarnya dapat bervariasi.



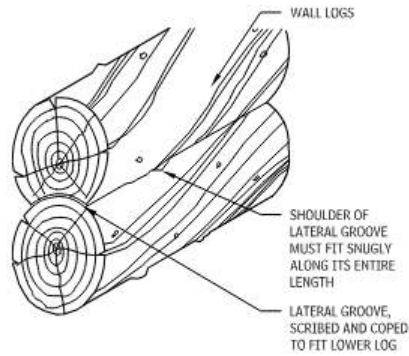
Gambar 6.28 pembuatan rangka kayu



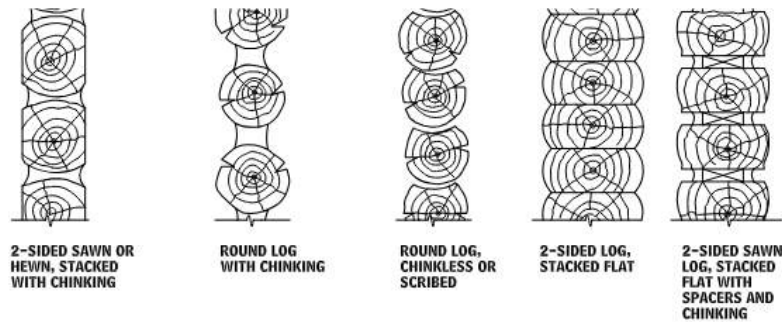
Gambar 6.29 detail pencak kayu



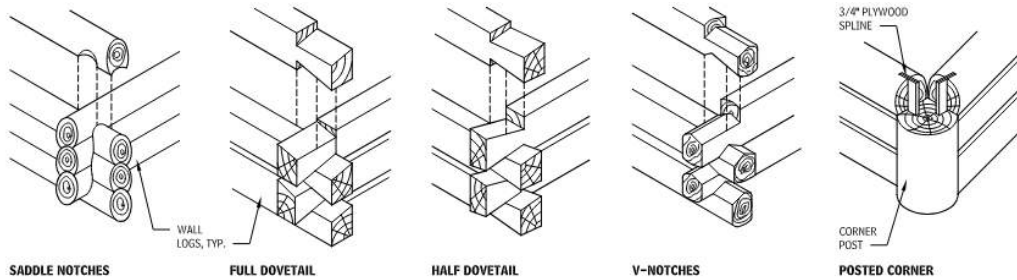
Gambar 6.30 pelestarian kayu—detail



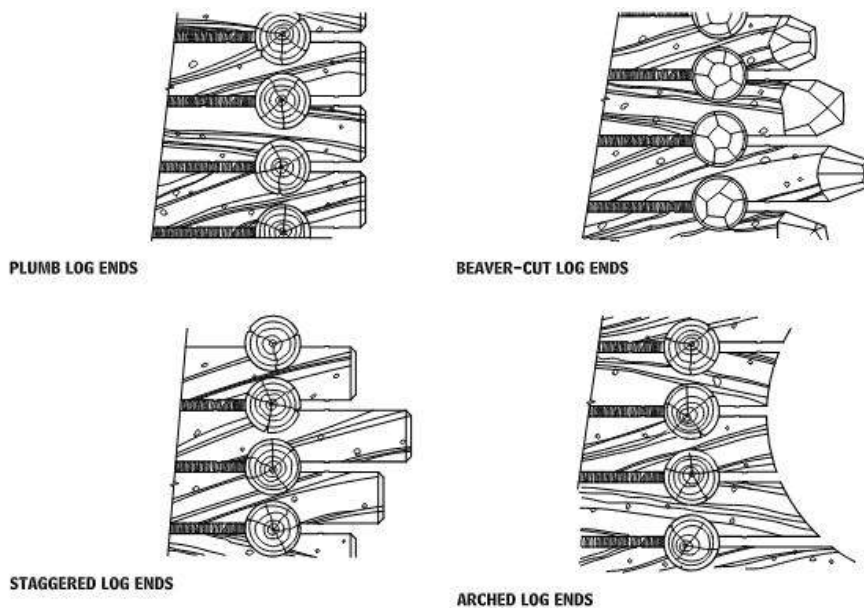
Gambar 6.31 persambungan kayu kayu berpengukur atau tanpa cakram



Gambar 6.32 profil dinding kayu kayu umum



Gambar 6.33 sudut umum



Gambar 6.34 profil ujung kayu kayu

BAB 7

MEMBANGUN SITEWORK

7.1 PENDAHULUAN

Lokasi dapat didefinisikan dengan berbagai cara:

- Lokasi sering dianggap sebagai real estat, komoditas yang dapat dibeli dan dijual, diinvestasikan, dan dikembangkan.
- Lokasi dapat dilihat sebagai badan hukum, area lahan yang secara geografis terletak, terdaftar, dan diidentifikasi oleh koordinat dalam grid survei.
- Lokasi dapat dilihat dari kesesuaiannya dengan pola zonasi dan potensi penggunaannya.
- Lokasi dapat dilihat sebagai bidang, atau permukaan, tempat membangun gedung atau fasilitas.
- Lokasi dapat dianggap sebagai latar, latar depan, atau area fungsional untuk sebuah bangunan.
- Tentu saja, banyak orang melihat tanah, atau lokasi mereka, sebagai milik mereka, tempat peristirahatan pribadi mereka, wilayah kekuasaan dan kerajaan mereka.

Semua persepsi umum ini benar, tetapi tidak menangkap esensi lokasi secara lengkap. Setiap lokasi merupakan bagian dari bentang alam atau wilayah yang lebih luas dan tidak dapat dibatasi oleh batas-batas buatan atau hukum. Sebagai entitas biofisik, lahan berinteraksi dengan sistem lingkungan seperti sinar matahari, curah hujan, dan hidrologi, angin, suhu udara, dan partikel udara. Lokasi tersebut merupakan interaksi dinamis antara permukaan, atmosfer di atas, dan bumi di bawah. Lokasi tersebut bukanlah entitas dua dimensi, melainkan entitas tiga dimensi. Sebagai ruang budaya, lokasi merupakan tempat interaksi manusia. Lokasi melayani kebutuhan sosial, psikologis, dan pengalaman; mengakomodasi pola perilaku, ritual, dan gerakan; memiliki sejarah; berada dalam pola lahan kontekstual; dan membangun karakter serta identitasnya sendiri. Singkatnya, lokasi tersebut merupakan bentang alam—ide kompleks dengan makna geografis, biologis, dan budaya yang mendalam.

Lalu, apa saja peluang dari lokasi tersebut? Tentu saja, pada tingkat dasar, lokasi tersebut harus berfungsi sesuai dengan programnya, menggabungkan unsur-unsur keselamatan dan keamanan, serta mengakui masalah regulasi. Lebih jauh lagi, ada gagasan tentang tapak sebagai pembangkit bentuk. Orientasi dan aspek, topografi, fitur geologi atau fitur alam lainnya yang ada, sejarah dan bukti penggunaan dan hunian manusia, pemandangan, kondisi tepi, dan hubungan tapak dengan lanskap sekitarnya, semuanya berpotensi menjadi penentu bentuk dan komposisi untuk bangunan dan pengembangan lokasi.

Lokasi juga dapat menjadi mediator antara sistem budaya dan lingkungan yang saling bergantung serta antara masa lalu, masa kini, dan masa depan. Sama seperti bangunan yang baik dapat beradaptasi dengan berbagai penggunaan dan kebutuhan seiring waktu, lokasi yang baik bersifat fleksibel dan dapat beradaptasi dengan kondisi yang berubah. Lokasi dapat menjadi penengah antara kekuatan masyarakat manusia dan kekuatan alam untuk

memfasilitasi koeksistensi yang sehat.

Lokasi harus menua dengan anggun seiring waktu. Materialnya harus diperkaya dan tidak rusak oleh kekuatan yang bekerja padanya, dan ruangnya harus mengatasi masalah skala, proporsi, dan cahaya dengan cara yang tak lekang oleh waktu. Lokasi adalah proses yang dinamis dan evolusioner, dan ini harus terungkap dalam desain.

Lokasi juga dapat menjadi sistem regeneratif; ia harus mampu mengedarkan dan mengubah energi dan material serta harus menyediakan penggantian energi berkelanjutan. Dengan cara ini, lokasi bekerja bersama, bukan melawan, kekuatan lingkungan. Regenerasi psikologis juga penting. Lokasi yang terus-menerus mendesain ulang dirinya sendiri sebagai respons terhadap rangsangan eksternal menjadi pemantau perubahan, sumber informasi, dan lingkungan yang menyenangkan. Lokasi yang dirancang dengan baik dapat dialami dengan cara yang sangat berbeda tergantung pada waktu hari dan waktu tahun.

Dengan pemikiran ini, lokasi harus menjadi bagian penting dari proses pembangunan mulai dari fase desain konseptual awal hingga konstruksi, dan terus berlanjut ke fase evolusi proyek.

7.2 PERSIAPAN LOKASI

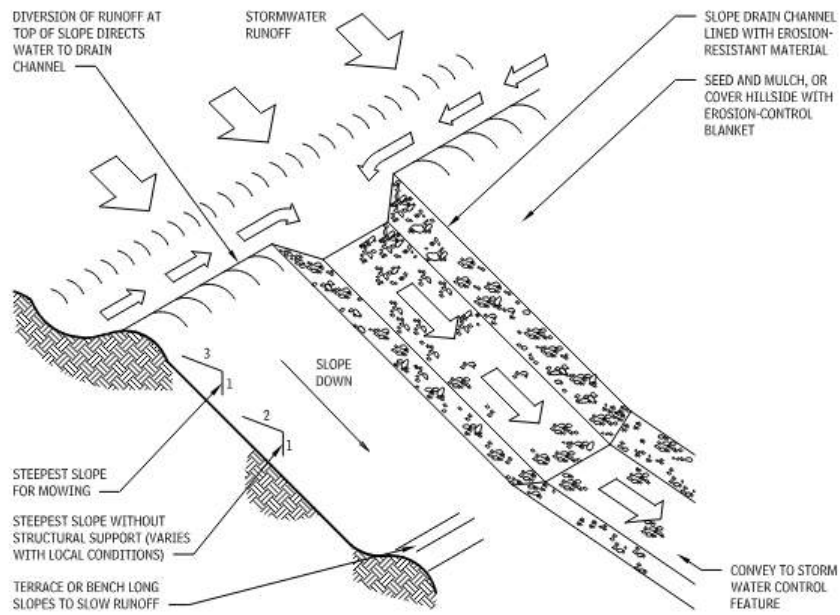
Perlindungan Lereng Dan Pengendalian Erosi

Perlindungan lereng dan pengendalian erosi diperlukan saat lereng curam rentan terhadap erosi akibat limpasan air hujan atau aliran sungai. Erosi dapat merusak lokasi dan mencemari saluran air dengan sedimen.

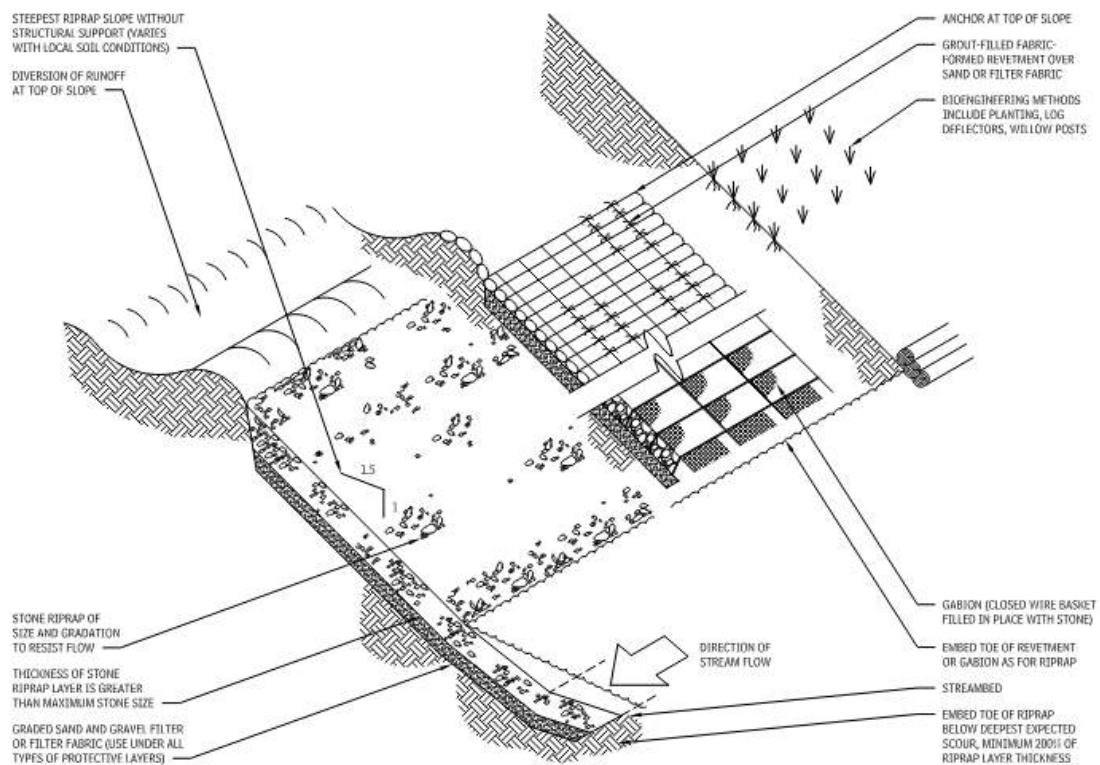
Kebutuhan akan stabilisasi mekanis dapat dikurangi melalui perataan lokasi yang cermat yang mengalihkan atau memperlambat kecepatan limpasan dan dengan menghindari gangguan pada tepian sungai alami yang stabil. Konsultasikan dengan badan pengatur sebelum merencanakan perataan tepian sungai, lahan basah, atau dataran banjir.

Banyak produk eksklusif tersedia untuk stabilisasi tepian sungai dan pengendalian erosi, jadi konsultasikan dengan produsen. Ikuti panduan desain umum berikut:

- Kendalikan erosi selama konstruksi dengan pagar lumpur, bal jerami, kolam sedimen, serta penyemaian dan mulsa. Patuhi panduan dan peraturan lokal dan negara bagian.
- Lapsi saluran dengan material tahan erosi (tanah berumput, batu pecah, selimut pengendali erosi). Dimensi dan lapisan saluran harus dirancang untuk mengantisipasi limpasan.
- Di bagian bawah saluran drainase lereng, salurkan aliran ke saluran pembuangan badai, kolam penampungan, lahan basah buatan, atau metode pengendalian lain yang memenuhi peraturan.



Gambar 7.1 pengendalian erosi dan penataan



Gambar 7.2 stabilisasi tepi aliran

7.3 PENINGKATAN LOKASI

Perkerasan berpori

Perkerasan berpori mengurangi atau menghilangkan masalah air hujan perkotaan langsung di sumbernya dengan mengubah cara struktur perkotaan dibangun dan cara pengoperasiannya secara hidrologis. Perkerasan ini mengembalikan fungsi alami lanskap

dalam menahan air dengan membawa air kembali agar bersentuhan dengan tanah di bawahnya, atau menirunya dengan menyaring dan menyimpan air dalam struktur perkerasan. Dengan menggabungkan fungsi pengendalian air hujan perkerasan menjadi satu struktur, perkerasan ini mengurangi biaya, dibandingkan dengan perkerasan padat yang memerlukan fasilitas pengendalian air hujan di hilir.

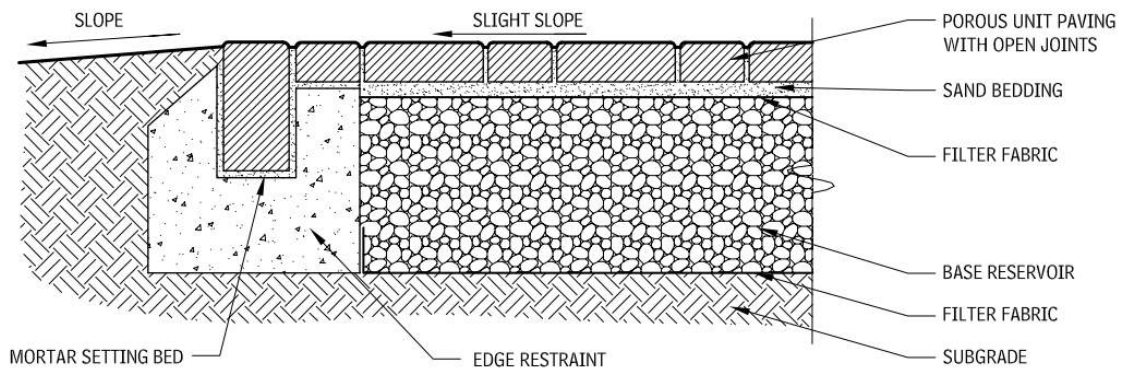
Dengan penerapan yang tepat, Perkerasan berpori juga dapat memperluas ruang perakaran pohon kota, mengurangi efek pulau panas perkotaan, mengurangi kebisingan lalu lintas, meningkatkan keselamatan berkendara, dan mempercantik tampilan. Oleh karena itu, pemilihan dan penerapannya merupakan bagian integral dari berbagai aspek desain perkotaan, dan semua dampaknya dipertimbangkan bersama dalam evaluasi manfaat dan biaya. Karena seiring penggunaan material perkerasan berpori semakin banyak digunakan, potensi efek kumulatifnya menjadi sangat besar, karena perkerasan adalah struktur buatan manusia yang paling umum, perkerasan menempati dua pertiga dari permukaan yang dibangun di daerah aliran sungai perkotaan.

Konstruksi Perkerasan Berpori

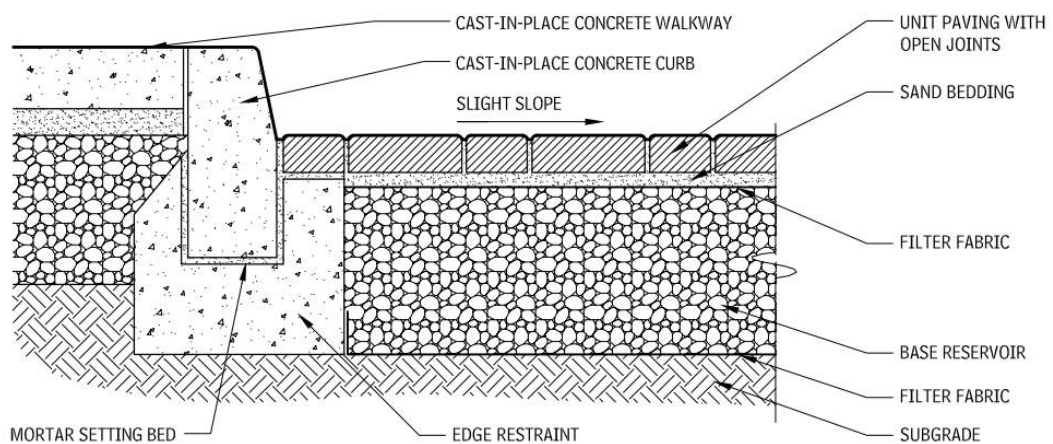
Agar perkerasan berpori berhasil, material perkerasannya harus dipilih dengan benar, dirancang dengan benar, dipasang dengan benar, dan dirawat dengan benar. Kegagalan penyumbatan dan kerusakan struktural disebabkan karena mengabaikan salah satu atau lebih langkah ini. Pembangunan perkerasan berpori tidak lebih sulit daripada perkerasan padat, tetapi berbeda, dan spesifikasi serta prosedur yang berbeda tersebut harus dipatuhi dengan ketat.

Komponen dominan dalam sebagian besar material perkerasan berpori adalah agregat, seperti batu pecah. Agregat ini harus "*diberi gradasi terbuka*" yaitu, memiliki rentang ukuran partikel yang sempit. Ruang hampa antara partikel berukuran tunggal biasanya berjumlah 30 hingga 40 persen dari volume agregat; permeabilitas agregat umumnya lebih dari 1000 inci per jam. Selama partikelnya bersudut, agregat bergradasi terbuka memperoleh stabilitas struktural dari saling mengunci antar partikel.

Untuk melindungi permukaan perkerasan dari penyumbatan sedimen, drainase permukaan harus menjauh dari tepi perkerasan di setiap arah yang memungkinkan, sehingga sedimen dicegah agar tidak masuk dan, sebaliknya, dapat terbawa keluar. Di sisi yang menurun, potongan trotoar yang besar dan banyak harus ditambahkan, jika perlu. Di sisi menanjak, selokan harus ditambahkan, jika perlu, untuk mengalihkan limpasan yang berpotensi mengandung sedimen. Ketentuan-ketentuan ini membatasi sebagian besar perkerasan berpori untuk menyerap air hujan yang jatuh langsung diatas perkerasan, bukan limpasan dari lereng tanah di sekitarnya.



Gambar 7.3 konstruksi perkerasan pori dengan troli silang



Gambar 7.4 konstruksi perkerasan pori dengan trotoar tinggi

Tabel 7.5 pengaturan perkerasan: jenis pengaturan perkerasan yang dapat dibedakan untuk memilih berbagai material perkerasan yang tepat

Jenis area	Jenis area yang dibedakan
Jalur pejalan kaki yang dapat diakses secara universal membutuhkan permukaan yang kokoh dan halus	Jalur pejalan kaki umum
Jalur belok di tempat parkir yang membutuhkan stabilitas permukaan untuk pengereman dan belok	Tempat parkir
Tempat parkir yang banyak digunakan di dekat pintu masuk bangunan komersial	Tempat parkir yang jarang digunakan jauh dari pintu masuk
Jalur lalu lintas jalan yang membutuhkan stabilitas permukaan untuk pengereman dan belok	Jalur parkir di jalan
Jalan dengan lalu lintas yang bergerak cepat dan lancar yang membutuhkan permukaan yang halus dan tenang	Jalan dengan lalu lintas yang "tenang", di mana tekstur kasar dan kebisingan yang terlihat mungkin diinginkan
Perkerasan dengan kemiringan curam	Perkerasan yang landai

(>5%±) yang membutuhkan permukaan dan bawah permukaan yang stabil	
Rutinitas pemeliharaan rumput andal	Rutinitas pemeliharaan rumput yang andal

Setiap material perkerasan berpori memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri untuk aplikasi spesifik, serta persyaratannya sendiri untuk desain, konstruksi, dan pemeliharaan. Sebuah lokasi pembangunan harus dianalisis secara rinci untuk membedakan pengaturan perkerasan dimana material yang berbeda, yang paling optimal, dapat ditempatkan. Di semua perkerasan, area dapat dibedakan berdasarkan kebutuhan yang berbeda untuk hidrologi, tampilan, perakaran pohon di bawah permukaan, dan biaya.

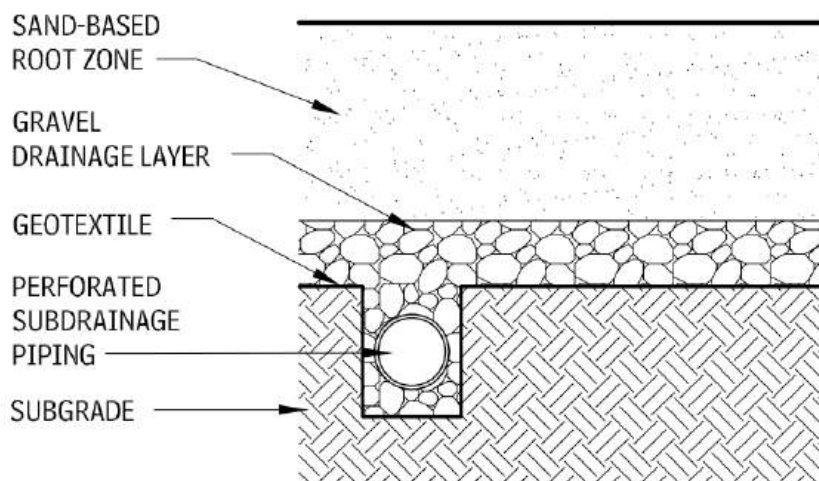
Bahan Alternatif Untuk Perkerasan Berpori

Ada sejumlah bahan alternatif untuk perkerasan berpori, di antaranya:

- Agregat berpori adalah kerikil lepas, batu pecah, bata daur ulang yang dihancurkan, atau granit yang terurai. Di sebagian besar wilayah, agregat lepas adalah bahan permukaan padat yang paling murah dan paling mudah menyerap air. Material ini cocok untuk lalu lintas yang sangat ringan, seperti di jalan masuk perumahan, bagian tempat parkir yang jarang digunakan, dan jalur pejalan kaki yang jarang digunakan. Perawatan tahunan untuk menyangi atau mengganti material yang hilang mungkin diperlukan.
- Rumput berpori membuat ruang terbuka "hijau" dimana transpirasi secara aktif mendinginkan efek pulau panas perkotaan. Material ini cocok untuk menahan lalu lintas yang sangat ringan, seperti di tempat parkir yang digunakan seminggu sekali atau selama periode puncak belanja musiman. Tanah zona perakaran harus berpasir, untuk menahan pemadatan. Rumput berpori harus dipangkas, diberi pupuk, dan diairi secara teratur; dan karena pemeliharaan harus dijadwalkan, material ini sebaiknya hanya digunakan di mana lalu lintas dapat dikendalikan atau dijadwalkan secara terprediksi.
- Geosel plastik adalah produk berbentuk kisi-kisi yang menahan agregat atau lapisan tanah atas di dalam selnya, sehingga menghambat perpindahan dan pemadatan. Permeabilitas permukaan, suhu, dan tampilan visual pada dasarnya sama dengan rumput atau agregat pengisi.
- Blok dengan sambungan terbuka dan kisi-kisi berongga terbuka adalah unit-unit beton, bata atau batu, dengan sambungan atau rongga terbuka. Agregat atau rumput berpori di dalam bukaan memberikan porositas dan permeabilitas pada perkerasan. Banyak produk blok dapat menahan lalu lintas yang sangat padat, tetapi menyerap air yang dimaksudkan untuk rumput dan menahan panas di iklim hangat.
- Beton berpori adalah beton semen portland yang dibuat dengan agregat berukuran tunggal. Diperlukan pemasang yang berkualifikasi. Daya tahan beton berpori di iklim dingin dapat ditingkatkan dengan penyerapan udara dan penguat serat polimer. Beton berpori yang dipasang dengan benar dapat menahan beban lalu lintas yang berat, dan permukaannya dapat diakses secara universal menurut sebagian besar ukuran.
- Aspal berpori adalah beton bitumen yang dibuat dengan agregat berukuran tunggal.

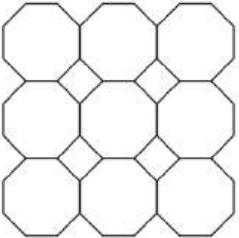
Serat polimer dan aditif polimer cair dapat mengurangi drainase pengikat melalui pori-pori anpa bahan tersebut, pengikat akan membiarkan partikel agregat permukaan tidak terikat sementara menumpuk menjadi lapisan penyumbat di dalam struktur. Aspal berpori yang yang terpasang dengan benar dapat menahan beban lalu lintas yang berat, dan permukaannya dapat diakses secara universal menurut sebagian besar ukuran.

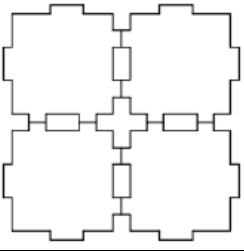
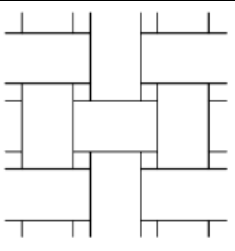
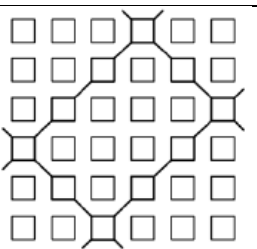
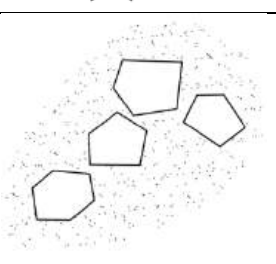
- Material paving "lunak" meliputi material organik granular atau daur ulang seperti mulsa kulit kayu, cangkang yang dihancurkan, dan butiran karet. Material ini cocok untuk lalu lintas yang sangat ringan seperti di jalur pejalan kaki, jalan masuk perumahan, jalur berkuda, dan tempat parkir yang jarang digunakan. Material dengan partikel berukuran tunggal yang tahan lama memiliki tingkat infiltrasi tertinggi dan paling tidak rentan terhadap perpindahan, penghancuran, dan pemadatan.
- Dek adalah pengganti perkerasan. Struktur ini dapat menyerap udara dan air selama komponen deknnya dilubangi atau diberi jarak satu sama lain. Pondasi dek membiarkan tanah di bawahnya hampir sepenuhnya bebas untuk infiltrasi dan perakaran pohon. Dek sangat cocok untuk lokasi dengan lereng curam atau tempat akar pohon asli atau dinamika ekosistem harus dilindungi dengan sangat hati-hati. Dek terbuat dari berbagai material alami, buatan, dan daur ulang; oleh karena itu, daya tahannya bervariasi tergantung pada material dan perawatan pengawetannya.)



Konstruksi rumput yang menahan lalu lintas 7.6

Tabel 7.7 pengaspalan unit berpori

Tipe	Pola permukaan khas
Unit Pavers dengan lekukan (e.g., Uni Eco-Stone)	

Unit Paving dengan spacer (e.g., SF-Rima)	
Paving blok yang dipasang dengan pola sambungan terbuka (e.g., brick)	
Kisi bersel terbuka (e.g., Turfstone)	
Paving Blok Berjarak Lebar (e.g., fieldstone)	

7.4 TEMPAT PARKIR

Menciptakan tempat-tempat penting adalah tugas mereka yang merancang, membangun, membiayai, dan merencanakan lingkungan binaan. Sayangnya, terlalu sering, seperti yang dibuktikan oleh berhektar-hektar aspal, standar teknik diterapkan secara sembarangan; standar tersebut tidak digunakan dengan benar untuk membantu merancang suatu tempat. Bahkan "hanya tempat parkir" pun dapat dibuat menjadi tempat yang menyenangkan.

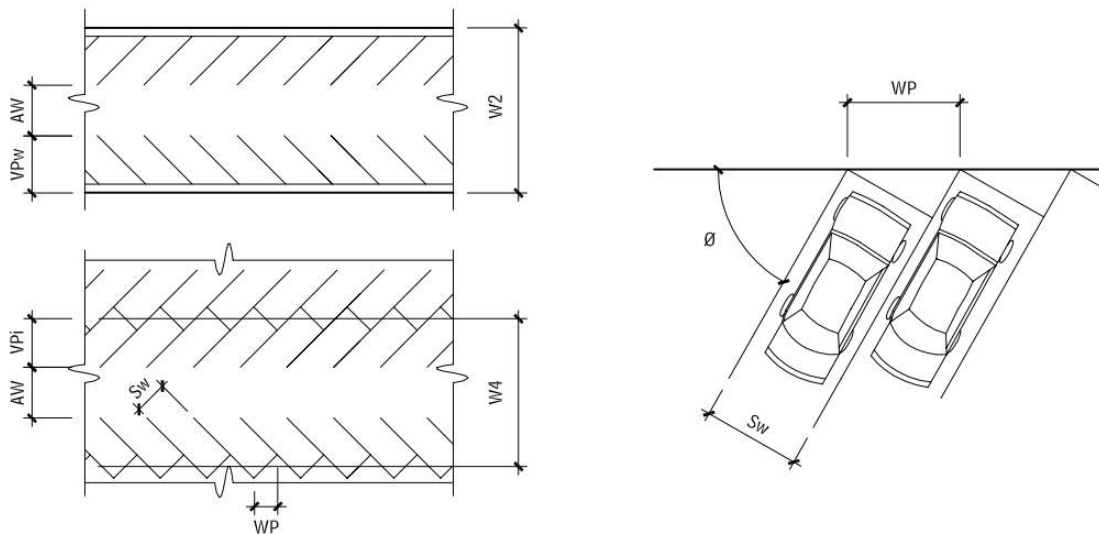
Beberapa strategi yang dapat digunakan yang melampaui rekayasa dasar adalah:

- Lapangan parkir: Seperti halaman depan rumah bangsawan Inggris yang megah, tempat parkir dapat berfungsi sebagai pengantar ke sebuah bangunan. Tempat ini bisa berupa taman formal, aula masuk, atau tempat untuk memajang karya seni.
- Berbagai kegunaan: Selama berjam-jam dalam setahun, bahkan tempat parkir yang ramai pun bisa kosong atau kurang dimanfaatkan. Cari dan rancanglah untuk kegiatan lain seperti lapangan bola basket remaja, atau halaman musim panas dari toko kebun.
- Desain untuk pejalan kaki: Jadikan aktivitas pejalan kaki sebagai prioritas tertinggi dalam penempatan, ukuran, lokasi, dan detail lain dari desain situs. Hampir semua orang yang berkendara ke tempat parkir akan berjalan keluar meninggalkan tempat

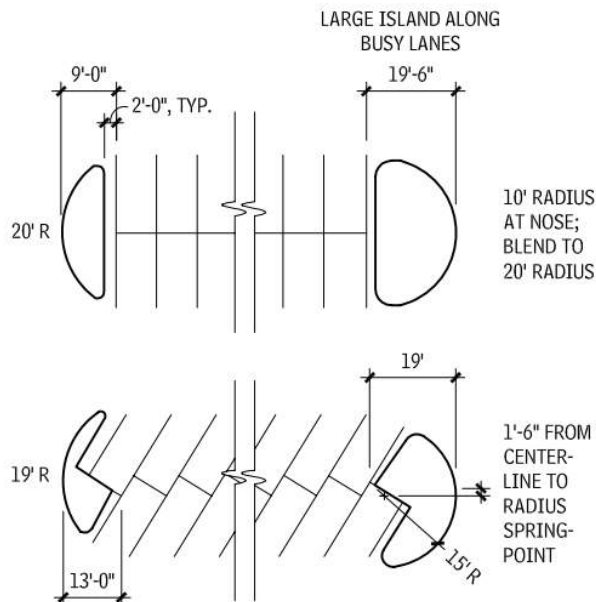
tersebut.

- Kurangi parkir: Temukan sarana untuk berbagai penggunaan agar dapat berbagi lahan parkir selama sehari atau seminggu. Desainlah agar orang dapat parkir sekali dan pergi ke berbagai tujuan. Desain agar tempat parkir tidak menghalangi moda transportasi lain seperti berjalan kaki, bersepeda, atau bus.

Tabel dan diagram di bagian ini memberikan panduan dasar untuk ukuran dan tata letak tempat parkir, kemiringan di tempat parkir, geometri pulau ujung, dan jumlah tempat parkir yang dapat diakses.



Gambar 7.8 tata letak ruang



Gambar 7.9 akhir pulau

Tabel 7.10 dimensi bilik dan modul

Sudut	Tipe Mobil	Memutar	Lebar area		Area depth parallel to aisle		Lebar Lorong	Modul minimum	
			SEJAJAR DENGAN JALUR KENDARAAN.	SEJAJAR DENGAN LORONG	DENGAN DINGDING	MENGAITKAN	MINIMAL	ANTAR DINGDING	SALING MENGUNCI
			(SW) (FT)	(WP) (FT)	(VP ^w) (FT)	(VP ⁱ) (FT)	(AW) (FT)	(W2) (FT)	(W4) (FT)
90	Campur	A	9.00	9.0	18.4	18.4	24.0	60.8	60.8
		B	8.75	8.8	18.4	18.4	24.0	60.8	60.8
		C	8.50	8.5	18.4	18.4	24.0	60.8	60.8
		D	8.25	8.3	18.4	18.4	24.0	60.8	60.8
	Kecil	A	8.00	8.0	15.1	15.1	22.3	52.4	52.4
		B	7.75	7.8	15.1	15.1	22.3	52.4	52.4
		C	7.50	7.5	15.1	15.1	22.3	52.4	52.4
		D	7.25	7.3	15.1	15.1	22.3	52.4	52.4
75	Campur	A	9.00	9.3	19.4	18.6	21.0	59.9	58.2
		B	8.75	9.1	19.4	18.6	21.0	59.9	58.2
		C	8.50	8.8	19.4	18.6	21.0	59.9	58.2
		D	8.25	8.5	19.4	18.6	21.0	59.9	58.2
	Kecil	A	8.00	8.3	16.2	15.4	20.0	52.5	50.8
		B	7.75	8.0	16.2	15.4	20.0	52.5	50.8
		C	7.50	7.8	16.2	15.4	20.0	52.5	50.8
		D	7.25	7.5	16.2	15.4	20.0	52.5	50.8
70	Campur	A	9.00	9.6	19.5	18.4	18.6	57.5	53.3
		B	8.75	9.3	19.5	18.4	18.6	57.5	53.3
		C	8.50	9.0	19.5	18.4	18.6	57.5	53.3
		D	8.25	8.8	19.5	18.4	18.6	57.5	53.3
	Kecil	A	8.00	8.5	16.4	15.3	17.9	50.6	48.4
		B	7.75	8.2	16.4	15.3	17.9	50.6	53.3
		C	7.50	8.0	16.4	15.3	17.9	50.6	53.3
		D	7.25	7.7	16.4	15.3	17.9	50.6	53.3
65	Campur	A	9.00	9.9	19.4	18.0	16.1	54.9	52.2
		B	8.75	9.7	19.4	18.0	16.1	54.9	52.2
		C	8.50	9.4	19.4	18.0	16.1	54.9	52.2
		D	8.25	9.1	19.4	18.0	16.1	54.9	52.2
	Kecil	A	8.00	8.8	16.4	15.0	15.7	48.5	45.8
		B	7.75	8.6	16.4	15.0	15.7	48.5	45.8
		C	7.50	8.3	16.4	15.0	15.7	48.5	45.8
		D	7.25	8.0	16.4	15.0	15.7	48.5	45.8
60	Campur	A	9.00	10.4	19.1	17.5	13.7	51.9	48.7
		B	8.75	10.1	19.1	17.5	13.7	51.9	48.7
		C	8.50	9.8	19.1	17.5	13.7	51.9	48.7
		D	8.25	9.5	19.1	17.5	13.7	51.9	48.7
	Kecil	A	8.00	9.2	16.3	14.7	13.6	46.1	42.9
		B	7.75	8.9	16.3	14.7	13.6	46.1	42.9

		C	7.50	8.7	16.3	14.7	13.6	46.1	42.9
		D	7.25	8.4	16.3	14.7	13.6	46.1	42.9
55	Campur	A	9.00	11.0	18.7	16.9	11.2	48.7	45.1
		B	8.75	10.7	18.7	16.9	11.2	48.7	45.1
		C	8.50	10.4	18.7	16.9	11.2	48.7	45.1
		D	8.25	10.1	18.7	16.9	11.2	48.7	45.1
	Kecil	A	8.00	9.8	16.0	14.2	11.5	43.5	39.8
		B	7.75	9.5	16.0	14.2	11.5	43.5	39.8
		C	7.50	9.2	16.0	14.2	11.5	43.5	39.8
		D	7.25	8.9	16.0	14.2	11.5	43.5	39.8
50	Campur	A	9.00	11.7	18.2	16.2	11.0	47.4	43.3
		B	8.75	11.4	18.2	16.2	11.0	47.4	43.3
		C	8.50	11.1	18.2	16.2	11.0	47.4	43.3
		D	8.25	10.8	18.2	16.2	11.0	47.4	43.3
	Kecil	A	8.00	10.4	15.7	13.6	11.0	42.4	38.2
		B	7.75	10.1	15.7	13.6	11.5	42.4	38.2
		C	7.50	9.8	15.7	13.6	11.5	42.4	38.2
		D	7.25	9.5	15.7	13.6	11.0	42.4	38.2
45	Campur	A	9.00	12.7	17.5	15.3	11.0	46.1	41.5
		B	8.75	12.4	17.5	15.3	11.0	46.1	41.5
		C	8.50	12.0	17.5	15.3	11.0	46.1	41.5
		D	8.25	11.7	17.5	15.3	11.0	46.1	41.5
	Kecil	A	8.00	11.3	15.2	12.9	11.0	41.4	36.9
		B	7.75	11.0	15.2	12.9	11.0	41.4	36.9
		C	7.50	10.6	15.2	12.9	11.0	41.4	36.9
		D	7.25	10.3	15.2	12.9	11.0	41.4	36.9

Tabel 7.11 dimensi kandang untuk kondisi khusus

	Lebar (FT)	Panjang (FT)	Tinggi bersih (FT)
Besar yang Ditunjuk	9	18.5 to 20	
Truk Penumpang ^a	9	18.5	
Mobil Aksesibel ^b	8 + 5 untuk lorong	17.5	
Van Aksesibel ^b	8 + 8 untuk lorong	17.5	8.16
Universal ^c (mobil atau van aksesibel)	11 + 5 untuk lorong		8.16
Valet ^d	7.5	17	
Tipe Umum Eropa ^e	7.83 hingga 8.16	15.58 hingga 16.42	
Sepeda ^e	2.5	6	
Sepeda Motor ^e	3.33	7	

Tabel 7.12 parkir di tepi jalan

	Area		Sumber
	Panjang	Lainnya	

Aksesibel Pemuatan	minimal 22'	Platform 5' lebar, 20' Panjang dan Tinggi bebas 9.5'	ADAAG 4.6.5 dan 4.6.6	
Pemuatan Truk	30'–60'	Tambahan panjang truk	Weant & Levinson	
Area Penurunan/Taksi	50'	Tambahan 25' per kendaraan	Weant & Levinson	
Paired (length per pair)	44'–50'	Area 20'	Hunnicut, p. 666	
kompak	19'		Hunnicut, p. 666	
Area ujung	20'		Hunnicut, p. 666	
Area dalam	22'–24'		Hunnicut, p. 666	
Pemuatan bus di pinggir jalan				
		Posisi Roda dari Trotoar		
	6"	1'	Satu bus 40'	Tambahan per bus
Sebelum Persimpangan	L + 85' +	L + 65' +	105'–125'	L + 5' +
Setelah Persimpangan				
lebar jalan lebih dari 39'	L + 55' +	L + 40' +	80'–95'	L
Lebar Jalan 32–39 Kaki	L + 70' +	L + 55' +	95'–110'	L
Tengah Blok				
Lebar Jalan lebih dari 39'	L + 135' +	L + 100' +	140'–175'	L
Lebar Jalan 32–39'	L + 150' +	L + 115' +	155'–190'	L

Tabel 7.13 kelas di tempat parkir

Kelas	Kondisi
Maksimum 6%	Kemiringan Berkesinambungan di Tempat Parkir
Maksimum 12%, panjang 30'	jalur landai Mobil Non-Parkir dengan Pejalan Kaki Diizinkan
Maksimum 15%	Mobil Non-Parkir dengan Tanda Melarang Pejalan Kaki
Perubahan lebih dari 6%	Transisi Kurva Vertikal Diperlukan; lihat Gambar 7

Minimum 1% /direkomendasikan 2%	Kemiringan untuk Mengeringkan Aspal
Minimum 5% / direkomendasikan 2%	Kemiringan untuk Mengeringkan Beton
Maksimum 2% (1:50)	Kemiringan dalam Area Aksesibel di Arah Mana Pun
5%	Kemiringan Jalur Aksesibel (kemiringan melintang 2%)

Catatan

Kategori omset tempat parkir meliputi: A (sangat tinggi, misal kantor pos), B (tinggi, misal toko ritel), C (sedang, misal bandara), dan D (rendah, misal parkir karyawan). Dimensi lebih lanjut dijelaskan di Gambar 7.11.

Dalam mendesain petak parkir, hindari sudut 90° hingga 75° karena membingungkan. Sudut 75° dengan lorong dua arah disukai beberapa pihak untuk manuver parkir kanan, namun sulit untuk belok kiri. Lorong dua arah memerlukan minimal 22 kaki, idealnya 24-25 kaki. Petak parkir bersudut 45° hingga 0° tidak disarankan karena tidak efisien. Garis petak sering dibuat 6-10 inci lebih pendek dari kedalaman petak untuk mendorong pengemudi masuk penuh. Lebar lorong minimum 11 kaki cukup, namun di area padat atau untuk lansia/anak-anak, pertimbangkan lorong lebih lebar atau jalur pejalan kaki.

Sumber informasi utama berasal dari Charles E. Dare (ITE Journal, 1985), pedoman ADAAG dan Buletin #6 dari ATBCB (1991, 1994), buku "Parking" oleh Burrage & Morgen (1957) serta Weant & Levinson (1990), dan "Transportation and Traffic Engineering Handbook" (1982) oleh Hunnicutt. Statistik pemuatan bus diadaptasi dari Homburger dan Quinby ("Urban Transit," 1982). 'L' merujuk pada panjang bus.

Catatan ini diadaptasi dari Chrest, Smith & Bhuyan (1996), ITE (1982), dan Untermann (1984). Kontributor utama adalah Mark Childs.

Tabel 7.14 jumlah tempat yang diperlukan untuk tempat yang dapat diakses

Kasus umum	
Total di tempat parkir	Jumlah minimum ruang aksesibel yang diperlukan
1–25	1
26–50	2
51–75	3
76–100	4
101–150	5
151–200	6
201–300	7
301–400	8
401–500	9
501–1000	2% dari total
1001 dan seterusnya	20 + 1 per 100 over 1000

Jumlah ruang aksesibel.	Jumlah Minimum Ruang Aksesibel Van yang Diperlukan
1–8	1
33 dan lebih	1 Tambahan ruang aksesibel van per 8 ruang aksesibel.
Kasus khusus	
Tempat	Persyaratan
Unit Rawat Jalan Medis	10% dari total area di tempat parkir yang melayani pengunjung dan pasien.
Unit Medis yang Mengkhususkan Diri pada Penyandang Gangguan Mobilitas	20% dari total area di tempat parkir yang melayani pengunjung dan pasien.
Parkir Valet	Tidak ada area yang disyaratkan; namun, area pemuatan yang aksesibel (accessible loading zone) disyaratkan, dan sangat direkomendasikan untuk menyediakan area parkir sendiri (self-park areas).
Perumahan	1 untuk setiap unit hunian aksesibel dan 2% untuk semua unit tambahan. Parkir tamu, karyawan, dan non-penghuni harus mematuhi tabel.

Tempat parkir yang dapat diakses oleh penyandang gangguan mobilitas

Parkir merupakan elemen penting aksesibilitas. Faktanya, kasus pengadilan federal pertama yang menghasilkan sanksi perdata berdasarkan Judul III Undang-Undang Penyandang Disabilitas Amerika (ADA) adalah karena kegagalan dalam menyediakan tempat parkir yang dapat diakses.

ADA merupakan undang-undang hak sipil, yang berarti Departemen Kehakiman bertugas menegakkan hukum ini. Orang yang merasa telah didiskriminasi dapat menuntut pemilik properti. Pedoman Aksesibilitas ADA untuk Bangunan dan Fasilitas (ADAAG) yang dikeluarkan oleh pemerintah bukanlah kode bangunan yang tunduk pada persetujuan atau varian negara bagian atau lokal.

Informasi di bagian ini disusun dari publikasi Badan Kepatuhan Hambatan Arsitektur dan Transportasi Amerika Serikat (United States Access Board) dan sumber lain yang disebutkan. Namun, perlu dicatat bahwa undang-undang dan praktik terbaik terus berkembang, sehingga perancang disarankan untuk meninjau materi dan kondisi yang spesifik untuk proyek yang sedang dikerjakan. Perlu diperhatikan juga bahwa lahan parkir yang dimiliki oleh lembaga pemerintah umumnya mengikuti aturan bab II, yang biasanya lebih ketat daripada aturan Judul III untuk lahan parkir milik pribadi yang dibahas dalam bagian ini.

Jumlah Tempat Parkir Yang Diperlukan Untuk Tempat Parkir Yang Dapat Diakses

Setiap kali area parkir disediakan, berapapun total kapasitasnya, sebagian dari tempat parkir harus bisa diakses oleh orang-orang dengan gangguan mobilitas (selanjutnya disebut

tempat parkir yang dapat diakses). Perlu diketahui, peraturan daerah mungkin saja mensyaratkan jumlah petak aksesibel yang lebih banyak dari persyaratan federal yang tercantum di Tabel 7.14; dalam kasus ini, aturan yang lebih ketat yang berlaku. Jika suatu fasilitas memiliki lebih dari satu area parkir, jumlah tempat parkir yang diperlukan untuk setiap area secara terpisah. Di area parkir karyawan atau kontrak, tempat parkir yang dapat diakses harus disediakan. Namun, " tempat parkir aksesibel dapat digunakan oleh orang tanpa disabilitas ketika tidak dibutuhkan oleh (orang) dengan disabilitas " (Buletin #6: Dewan Kepatuhan Hambatan Parkir, Arsitektur, dan Transportasi, 1994). Apabila penggunaan suatu fasilitas, misalnya pusat lansia menunjukkan bahwa area parker yang diperlukan melebihi jumlah yang disyaratkan menurut Tabel 7.14, maka perlu dilakukan studi untuk menentukan pasokan petak aksesibel yang memadai.

Lokasi Tempat Parkir Yang Dapat Diakses

Lokasi tempat parkir yang dapat diakses harus diprioritaskan untuk penyandang disabilitas dalam hal akses, dan tidak boleh mendiskriminasi mereka dalam hal fasilitas (misalnya, jika area parkir umum memiliki kanopi pelindung dari hujan, area parkir tersebut juga harus memilikinya). Aturan singkatnya adalah bahwa area parkir yang dapat diakses harus ditempatkan dengan rute sesingkat mungkin menuju pintu masuk. Peraturan AS yang relevan mencakup hal-hal berikut:

- "Tempat parkir yang melayani bangunan tertentu harus ditempatkan pada rute perjalanan terpendek dari area parkir terdekat menuju pintu masuk yang dapat diakses. Pada fasilitas parkir yang tidak melayani bangunan tertentu, tempat parkir yang dapat diakses harus ditempatkan pada rute perjalanan menuju pintu masuk pejalan kaki yang dapat diakses dari fasilitas parkir tersebut. Di gedung dengan beberapa pintu masuk yang dapat diakses dengan tempat parkir yang berdekatan, tempat parkir yang dapat diakses harus tersebar dan ditempatkan paling dekat dengan pintu masuk yang dapat diakses."
- "Tempat dapat disediakan di lahan parkir atau lokasi lain, atau dalam kasus garasi parkir, hanya pada satu lantai, asalkan akses yang sama atau lebih besar disediakan dalam hal kedekatan dengan pintu masuk yang dapat diakses, biaya, dan kenyamanan. Jumlah minimum tempat parkir masih harus ditentukan secara terpisah untuk setiap setiap area parker."

Pedoman Tata Letak Tempat Parkir Yang Dapat Diakses

Pedoman desain untuk tata letak tempat parkir adalah sebagai berikut:

- Dua petak tempat parkir yang mudah diakses dapat berbagi lorong akses. Namun, hal ini hanya boleh dilakukan jika tempat parkir berada pada sudut 90° dan memungkinkan parkir parkir maju maupun mundur.
- Jalan landai atau penghalang lainnya tidak boleh berada di dalam lorong akses tempat parkir, tetapi dapat dimulai di permukaan trotoar saat kendaraan menggantung di atas trotoar (Chrest, Smith & Bhuyan, 1996, hlm. 212).
- Bagian mobil yang menggantung tidak boleh menghalangi lebar bersih jalur akses trotoar. Pembatas roda dan/atau tiang rambu yang diperkuat dapat membantu

membatasi bagian mobil yang menjorok.

Rambu Yang Dapat Diakses

Ruang parkir yang diperuntukkan bagi penyandang disabilitas harus ditandai dengan rambu yang parkir menunjukkan bahwa ruang tersebut disediakan untuk penyandang disabilitas. Untuk ruang parkir yang diperuntukkan bagi mobil van harus memiliki kata-kata “dapat diakses oleh mobil van” yang dicetak di bawah simbol aksesibilitas universal. ADAAG mengharuskan agar rambu tersebut tidak terhalang oleh mobil atau mobil van yang diparkir. Memusatkan rambu pada lorong akses dapat meningkatkan visibilitasnya.

Peralatan Yang Dapat Diakses

Peralatan seperti meteran parkir, mesin ATM, tempat pembayaran, dan dispenser tiket harus memiliki kontrol yang dapat diakses. Sebagian besar peralatan tersebut sekarang dirancang dengan mekanisme pengoperasian yang dianggap dapat diakses, sehingga peran utama perancang adalah menempatkan kontrol pada tingkat yang tepat dan menyediakan akses yang jelas ke sana.

Secara khusus, meteran parkir untuk tempat parkir yang dapat diakses harus ditempatkan di dekat ujung depan atau belakang ruang parkir, untuk memastikan tidak ada halangan bagi pengoperasian lift samping atau transfer sisi penumpang. Meteran harus ditempatkan maksimal 42 inci (sekitar 106.68 cm) di atas trotoar umum. Tempat parkir yang dapat diakses harus berukuran minimal 30 inci x 48 inci (sekitar 76.2 cm x 121.92 cm).

Aksesibilitas Lahan Parkir Yang Sudah Ada

Tempat parkir yang sudah ada wajib dibuat mudah dalam pengaksesannya jika memungkinkan. ADAAG menetapkan persyaratan minimum untuk konstruksi baru atau perubahan. Namun, fasilitas yang sudah ada yang tidak diubah bisa jadi tunduk pada persyaratan aksesibilitas.

Persyaratan ini diatur oleh regulasi yang dikeluarkan oleh Departemen Kehakiman. Berdasarkan regulasi ini, pemindahan penghalang harus mematuhi sesuai dengan ADAAG sejauh hal tersebut dapat dicapai dengan mudah. Misalnya, saat mengecat ulang tempat parkir untuk menyediakan ruang yang dapat diakses, jika tidak mudah untuk menyediakan jumlah penuh ruang yang dapat diakses yang disyaratkan oleh ADAAG, jumlah yang lebih sedikit dapat disediakan.

Meski begitu, kewajiban untuk memindahkan penghalang tetap menjadi kewajiban yang tetap berlanjut; apa yang saat ini tidak mudah dicapai, bisa jadi bisa dicapai di masa depan. Ketika dilakukan perubahan (misalnya, penyejajaran ulang garis-garis atau pelapisan ulang permukaan, tetapi bukan pemeliharaan rutin), apa pun yang diubah harus dibuat dapat diakses kecuali jika secara teknis tidak memungkinkan dan perbaikan pada jalur perjalanan ke lokasi juga harus dilakukan, dengan biaya setara dengan 20 persen dari anggaran proyek.

Zona Pemuatan Penumpang

Jika disediakan zona pemuatan penumpang khusus, setidaknya harus ada satu zona pemuatan penumpang untuk penyandang cacat yang aksesibel bagi penyandang gangguan mobilitas. Zona ini harus memiliki lorong akses dengan lebar minimal 5 kaki dan panjang 20

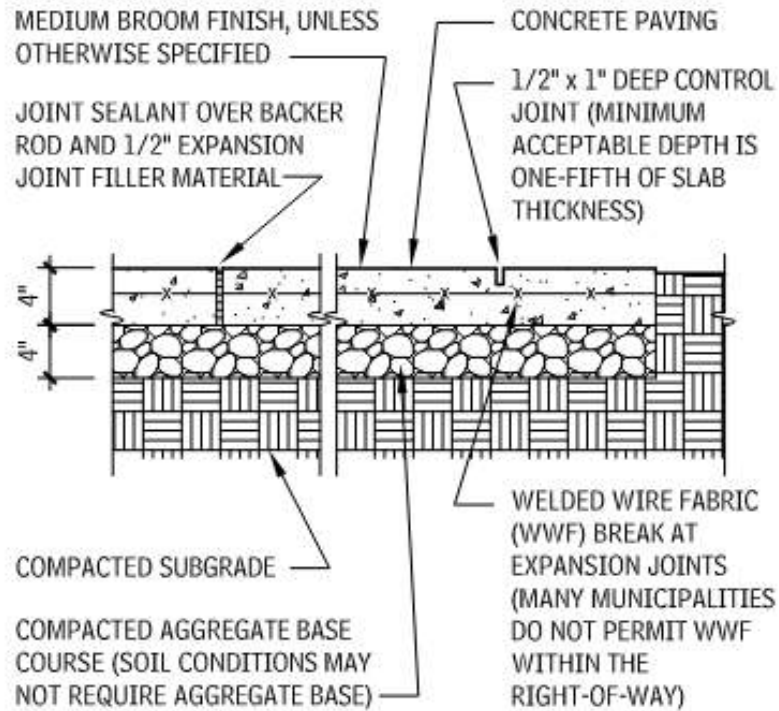
kaki yang berdekatan dan sejajar dengan ruang tempat kendaraan berhenti. Di zona pemuatan dan sepanjang rute kendaraan menuju, dari, dan di dalam zona tersebut, diperlukan ketinggian bebas minimal 9 kaki 6 inci. Ruang kendaraan dan lorong akses harus rata dengan kemiringan permukaan tidak melebihi 1:50 (2 persen) di semua arah. Baik ram trotoar maupun perabot jalan tidak boleh menempati ruang lorong akses.

7.5 JALAN UNTUK PEJALAN KAKI

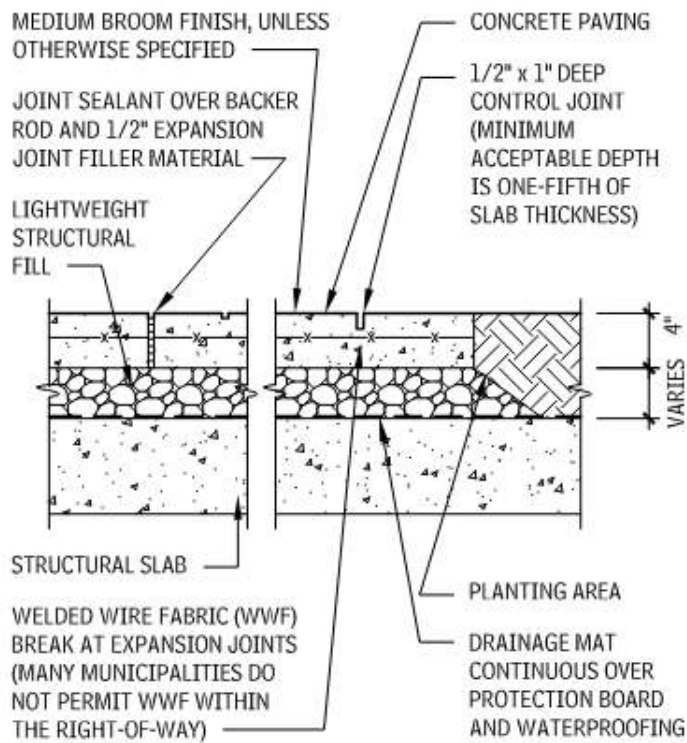
Pertimbangan Desain

Saat bekerja dengan sistem *unit paving*, ada beberapa pedoman desain tambahan untuk bekerja dengan sistem perkerasan unit meliputi yang berikut ini:

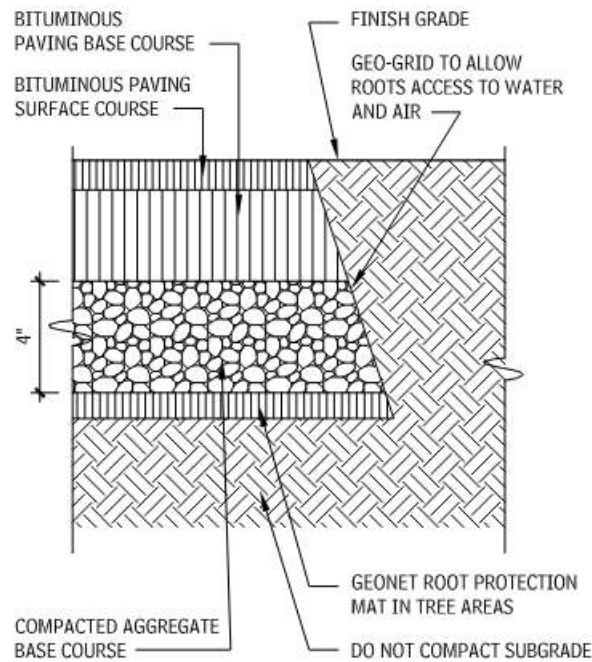
- Pipa pembuangan dapat dihilangkan di area yang memiliki drainase yang baik. Pastikan juga ada aliran keluar yang positif untuk pipa drainase yang dipasang.
- Jangan gunakan tanah yang tidak memuaskan (organik yang mengembang). Tanah yang memuaskan harus dipadatkan hingga 95 persen.
- Sambungan paving yang dikencangkan dengan tangan lebih disukai daripada sambungan beton. Namun, jika sambungan beton diperlukan, dan sering terjadi pembekuan serta pencairan, gunakan beton yang dimodifikasi dengan lateks.
- Pasang pondasi beton untuk tepian selebar 10 hingga 14 inci dan kedalaman 6 hingga 8 inci. Lebih baik menempatkan dasar pondasi pada kedalaman beku. Jika kedalaman beku lebih dalam dari dasar pondasi, sediakan kerikil 4 inci di bawah pondasi.
- Paving blok tersedia dalam bentuk beton, beton tekan hidrolik, aspal, dan bata, dengan berbagai klasifikasi berat, kekuatan tekan, tekstur permukaan, lapisan akhir, dan warna. Konsultasikan dengan pemasok lokal untuk ketersediaan.
- Sesuaikan pada rekomendasi produsen dan persyaratan kode lokal, gunakan paving blok beton blok di area yang dilalui kendaraan berat dengan kecepatan 30 hingga 40 mph.
- Perlu diketahui bahwa ukuran paver unit beton interlocking mungkin didasarkan pada dimensi metrik. Bila bentuk paver memungkinkan, gunakan pola herringbone untuk pengaspalan yang dilalui lalu lintas kendaraan.
- Trotoar kontinu atau penahan tepi lainnya diperlukan untuk menahan paver dalam aplikasi yang dilalui lalu lintas kendaraan.



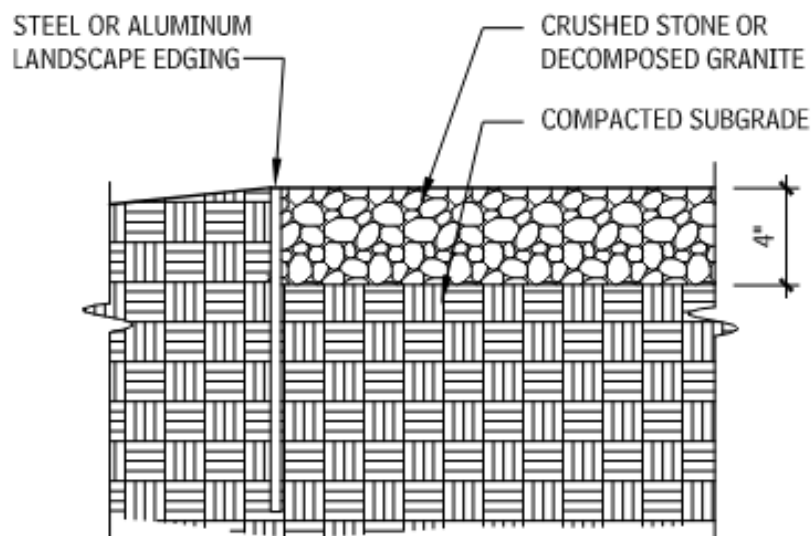
Gambar 7.15 jalan kaki beton untuk pejalan kaki



Gambar 7.16 struktur jalan kaki beton untuk pejalan kaki



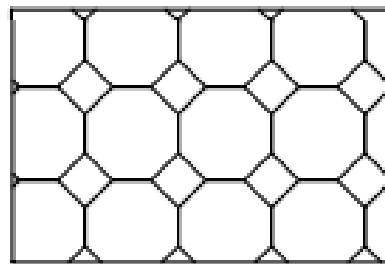
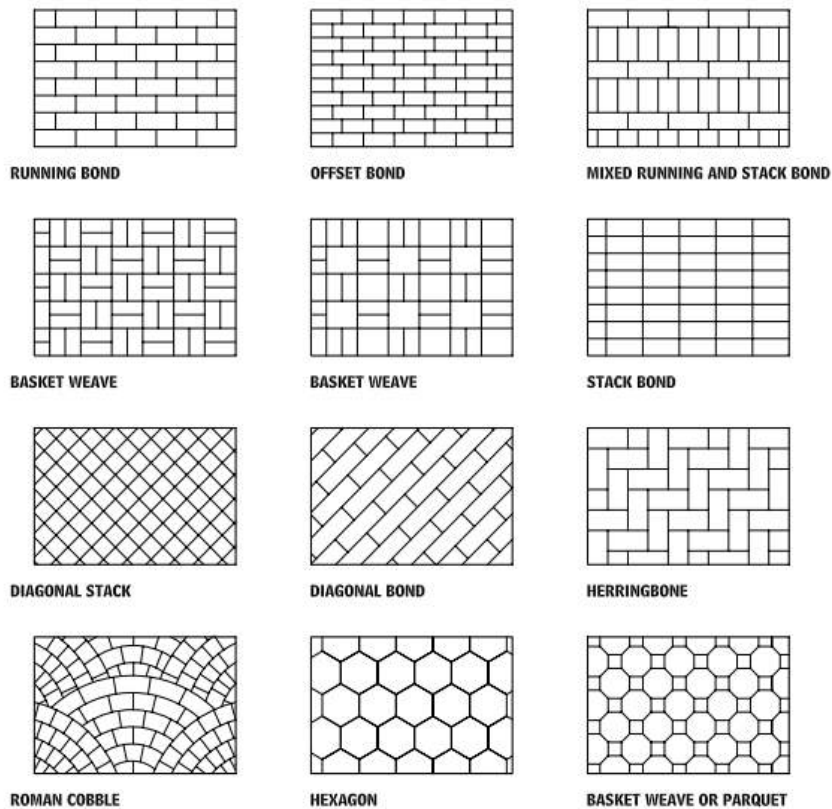
Gambar 7.17 bagian jalur jalan kaki/sepeda dari bituminus



Gambar 7.18 perkerasan batu pecah

Catatan

Pemasangan Sambungan Ekspansi (7.15 & 7.16) dengan sealant pada area paving yang berdekatan dengan permukaan vertikal, kerb, tangga, objek tetap, atau material paving kaku lainnya. Pemasangan ini juga diperlukan pada jarak maksimum 20 kaki secara *on center* (o.c.), kecuali ada catatan lain pada rencana. Pastikan sambungan tersebut rata dengan permukaan keras di sekitarnya. Detail Grid Tanaman (7.17) biasanya membutuhkan masukan dari seorang arboris (ahli pohon) untuk merinci sambungan dari grid bedeng ke permukaan tanah akhir.



OCTAGON AND DOT

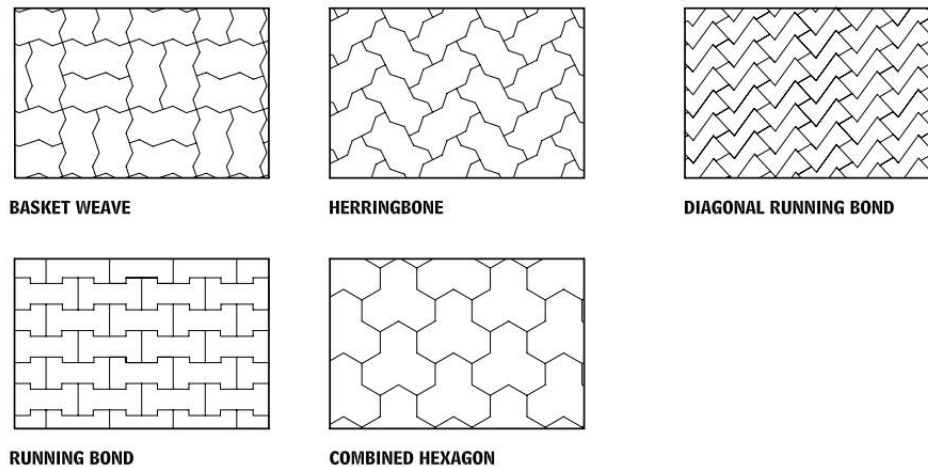
Gambar 7.19 pola paver unit

Pengaspalan Unit

Rangkaian pengaspalan unit terutama yang umum digunakan untuk berbagai aplikasi seperti pusat perbelanjaan, pintu masuk gedung, jalan setapak, teras, jalan masuk perumahan, dan area parkir perumahan. Namun, pengaspalan ini juga dapat digunakan untuk jalan dengan lalu lintas kendaraan yang padat dan untuk lantai industri atau kondisi khusus lainnya.

Ada beberapa jenis pengaspalan unit:

- Pengaspalan Unit Beton Pracetak
- Pengaspalan Unit Bata
- Pengaspalan Kayu
- Pengaspalan Karet Daur Ulang
- Pengaspalan Batu
- Pengaspalan Unit Berpori



Gambar 7.20 Pola Paving Unit Interlock

Pengaspalan Bata Untuk Pejalan Kaki Dan Lalu Lintas Ringan

Karena paparan terhadap cuaca yang lebih rentan dan tekanan lalu lintas yang konstan, bahkan pengaspalan bata untuk lalu lintas ringan pun harus memiliki kekuatan tekanan yang lebih tinggi dan porositas yang lebih rendah daripada bata permukaan. ASTM C 902, "Spesifikasi Standar untuk Pengaspalan Bata untuk Pejalan Kaki dan Lalu Lintas Ringan," menetapkan kriteria untuk pengaspalan bata untuk pejalan kaki dan lalu lintas ringan.

Lalu lintas ringan mengacu pada frekuensi atau permukaan perkerasan yang menerima lalu lintas kendaraan terbatas pada kecepatan rendah, seperti jalan masuk dan area kedatangan (ringan tidak mengacu pada berat kendaraan). Istilah "ringan" di sini tidak mengacu pada berat kendaraan. Misalnya, area kedatangan biasanya menerima lalu lintas mobil, tetapi truk pindahan sesekali tidak akan merusak paver ASTM C 902. Klasifikasi paver bata lalu lintas ringan ini tergantung pada tujuan aplikasi dan penggunaannya.

Ada tiga kelas ketahanan cuaca dan tiga jenis paver, berdasarkan lalu lintas yang diantisipasi dan tingkat ketahanan yang diperlukan terhadap abrasi oleh lalu lintas.

Kelas

- Kelas SX (paparan parah) harus digunakan di mana paving mungkin mengalami pembekuan saat jenuh air. Berbeda dengan batu bata, paving kelas SX harus memiliki kekuatan tekan rata-rata minimal 8000 psi. Kekuatan satu unit tidak boleh di bawah 7000 psi.
- Kelas MX (paparan sedang dapat digunakan di daerah beriklim selatan yang tidak diperkirakan akan membeku.
- Kelas NX (paparan dapat diabaikan) hanya untuk penggunaan di dalam ruangan.

Jenis

- Batu bata tipe I direkomendasikan jika lalu lintas yang sangat abrasif diantisipasi, seperti di jalan masuk atau zona pejalan kaki yang sangat padat.
- Batu bata tipe II paling cocok untuk lingkungan pejalan kaki umum seperti trotoar umum.

- Batu bata tipe III menawarkan ketahanan paling rendah terhadap abrasi dan harus digunakan dalam aplikasi perumahan dengan lalu lintas rendah.

Bata Pengaspal Kendaraan Berat

Ketika lalu lintas kendaraan memiliki kecepatan, volume, dan berat yang lebih besar, bata yang lebih kuat tentu diperlukan. Bata dalam situasi lalu lintas padat tidak hanya harus menahan beban struktural tambahan, tetapi juga menghadapi abrasi yang lebih besar serta kecenderungan gaya horizontal dan putar. ASTM C 1272, “Spesifikasi Standar untuk Bata Pengaspalan Kendaraan Berat,” menetapkan standar tersebut. ASTM mencantumkan dua jenis dan tiga klasifikasi aplikasi untuk bata pengaspalan kendaraan berat.

Jenis

- Tipe R dirancang untuk situasi di mana terdapat lapisan dasar dan alas yang kaku atau semikaku disediakan (seperti beton atau aspal). Dengan paver Tipe R, kekuatan tekan rata-rata minimum ditetapkan pada 8.000 psi, dengan lapisan dasar dan alas kaku yang berkontribusi pada kekuatan tekan keseluruhan penampang. Paving beton tipe R memiliki dimensi ketebalan minimal 2-1/4 in.
- Bata tipe F lebih kuat dan lebih cocok digunakan dengan dasar yang fleksibel (seperti agregat yang dipadatkan), bersama dengan tanah dasar yang dipadatkan dengan baik. Paving beton tipe F harus memiliki kekuatan tekan keseluruhan yang lebih tinggi daripada paving beton tipe R, dengan rata-rata minimum 10.000 psi. Paving beton tipe F harus memiliki ketebalan tidak kurang dari 2-5/8 in.

Aplikasi

- Aplikasi PS mengacu pada bata paving tebal untuk penggunaan umum dan serbaguna. Jika ada kekhawatiran yang lebih besar terhadap keseragaman keseluruhan, termasuk presisi dalam dimensi, tingkat lengkungan, dan pengelupasan, aplikasi PX harus ditentukan.
- Aplikasi PA berkaitan dengan bata paving dengan karakteristik visual tertentu, seperti ukuran dan warna.

Untuk panduan desain yang sesuai, sebaiknya konsultasikan dengan arsitek atau insinyur lanskap untuk pedoman desain yang sesuai.

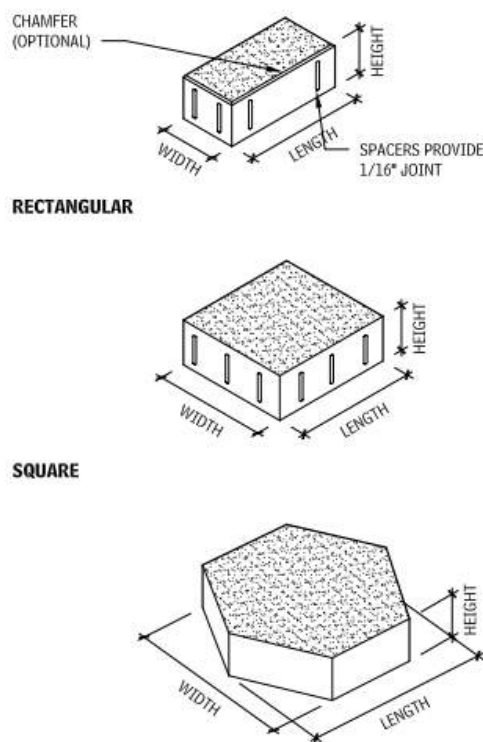
Pemilihan Paver

Unit paving dipilih berdasarkan warna, tekstur, ketahanan abrasi, dan ketahanan terhadap pelapukan. Tekstur unit memengaruhi ketahanan selip (semakin kasar teksturnya, semakin baik ketahanan selipnya). Ketahanan abrasi mengacu pada daya tahap terhadap keausan dan kerusakan yang dialami oleh suatu rakitan dalam penggunaan normal. Menurut ASTM C 902 (pavers bata) dan ASTM C 936 (pavers beton), klasifikasi indeks abrasi menentukan jenis unit yang diperlukan untuk paparan yang diinginkan. Bata ekstrusi padat yang dibakar dengan baik dengan kekuatan tekan 8000 psi yang sesuai dengan ASTM C 902, Kelas SX, Tipe 1 (penyerapan air kurang dari 5 persen, memenuhi/melebihi ASTM C 67 pembekuan/pencairan) tahan terhadap abrasi dan pelapukan serta memadai untuk sebagian besar aplikasi eksterior dengan lalu lintas padat. Bata cetak dengan kekuatan tekan 4000 psi yang sesuai dengan ASTM C 902, Kelas SX, Tipe 2, mungkin hanya memadai untuk sebagian

besar aplikasi pejalan kaki eksterior. Beberapa produsen merekomendasikan paver 8000 psi untuk aplikasi kendaraan dan pejalan kaki. Disarankan untuk berkonsultasi dengan produsen untuk mengetahui produk mana yang cocok untuk digunakan sebagai paver dalam aplikasi tertentu.

Untuk semua aplikasi lalu lintas kendaraan ringan atau berat, ketebalan paver 3-1/8 inci direkomendasikan; ketebalan 2-3/8 inci direkomendasikan untuk aplikasi pejalan kaki. Perkirakan beban lalu lintas potensial saat merencanakan instalasi paving unit. Beban kendaraan berat memerlukan pondasi menerus yang kaku atau semi kaku, sedangkan pondasi fleksibel dan perkerasan fleksibel cocok untuk beban kendaraan ringan (tipe perumahan). Gunakan salah satu jenis alas untuk lalu lintas pejalan kaki. Lapisan dasar yang sesuai untuk lalu lintas berat akan mencakup aspal di atas dasar jalan (Kelas 6), beton di atas dasar jalan Kelas 6, dan hanya dasar jalan Kelas 6. Ketika hanya menggunakan dasar jalan di bawah beban berat, tebalnya harus setidaknya dua kali lipat dari dasar jalan 6 inci yang direkomendasikan untuk lalu lintas pejalan kaki.

Pilih pola ikatan berdasarkan pola lalu lintas yang diharapkan lalu lintas harus berjalan tegak lurus terhadap dimensi panjang unit perkerasan. Untuk area kendaraan, gunakan subdasar kerikil (minimal 6 inci kerikil pecah) yang dipadatkan hingga 95 persen, dan ukuran paving 8 inci persegi atau lebih kecil. Konsultasikan dengan insinyur sipil untuk menentukan ukuran, bentuk, kedalaman kerikil, kedalaman dasar beton, dan persyaratan tulangan beton secara akurat.



Gambar tipe-tipe paver umum 7.21

Tabel 7.22 type ukuran paver umum

PERSEGI PANJANG ^a		Persegi	HEXAGONAL	
Lebar	Panjang	Panjang dan Lebar	Lebar	Panjang
4	8	4	6	6
3-5/8	7-5/8	6	8	8
3-1/2	7-1/2	8	12	12
7-5/8	7-5/8	12		
8	8	16		

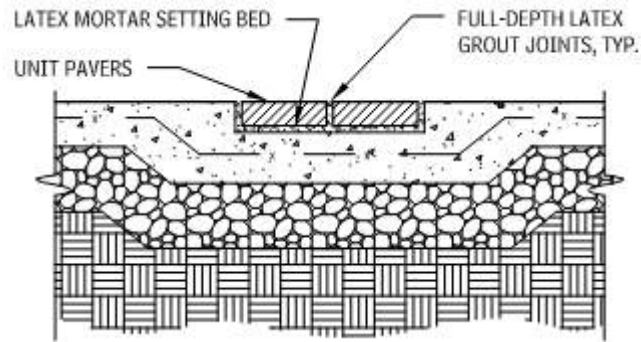
Persiapan Paver (Tanah Dasar)

Persiapan tanah dasar yang tepat untuk area yang akan diaspal adalah penting. Berikut adalah panduan yang relevan:

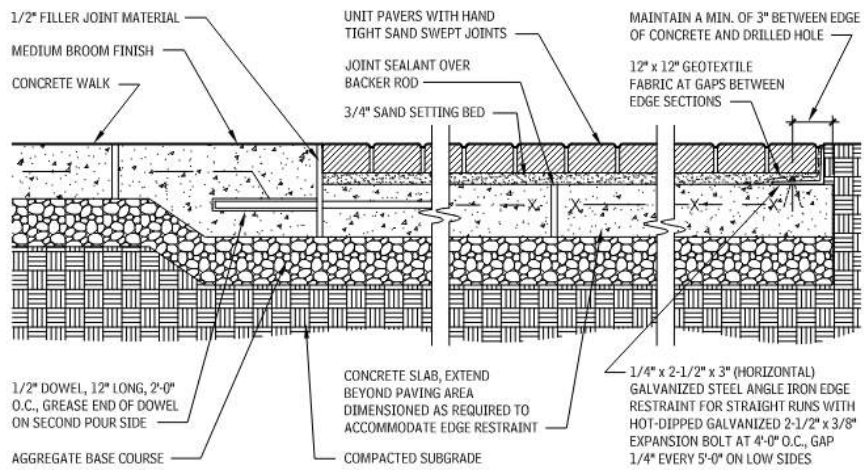
- Singkirkan semua tumbuhan dan material organik, dan pertimbangkan lokasi utilitas bawah tanah yang ada atau yang diusulkan serta drainase air hujan, dan juga kenyamanan pengguna.
- Rencanakan drainase permukaan dan bawah permukaan. Beri kemiringan pada paver menjauhi bangunan, dinding penahan, dan sebagainya, pada 1/8 hingga 1/4 inci per kaki. Paving kaku selalu membutuhkan drainase permukaan yang memadai, dengan dimensi panjang sambungan beton yang sejajar dengan arah aliran. Paving fleksibel membutuhkan drainase permukaan dan bawah permukaan.
- Mencegah pergerakan horizontal semua jenis rakitan paver unit tanpa beton ini sangat penting. Jika paver berada di atas lapisan agregat, sediakan penahan tepi plastik kaku menggunakan paku yang ditancapkan ke dasar batu yang dirancang untuk tujuan ini. Trotoar beton yang rata juga berfungsi. Jika sistem perkerasan berada di atas dasar beton, terlepas dari alas pemasangannya (pasir atau bitumen), paving di sepanjang tepi dapat direkatkan ke dasar dengan beton, tetapi berhati-hatilah untuk memastikan metode ini tidak menjebak air yang akan meresap ke dalam alas pemasangan. Metode lain adalah dengan mengamankan besi siku ke dasar beton dengan baut jangkar, dengan memberikan celah secara berkala untuk memungkinkan rembesan. Tutup celah vertikal dengan lembaran logam berlubang kecil untuk lapisan alas beraspal, atau kain saring untuk alas pasir, untuk mencegah erosi.

Selain itu, perlu diketahui bahwa talang pada paving tanah liat dan beton diperlukan untuk aplikasi mengemudi berat (misalnya, jalan umum dan tempat parkir). Tepiannya diberi talang menghindari pecahnya tepi yang dapat terjadi. Ada tiga jenis utama bahan sambungan paver unit:

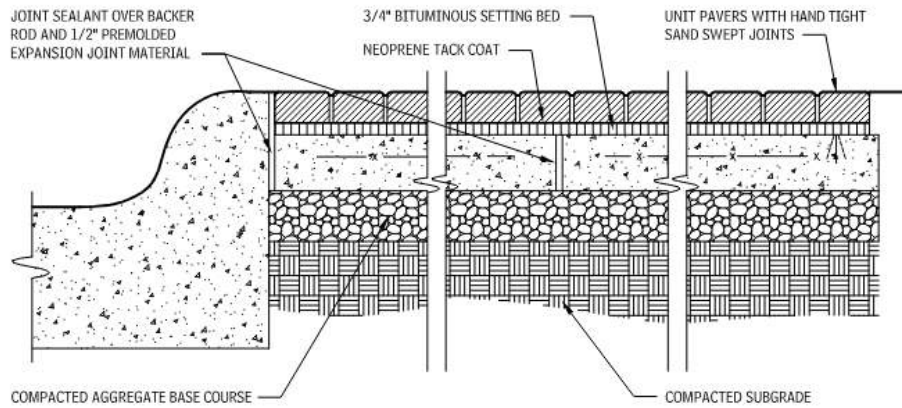
- Mortar
- Grout (semen portland dan pasir tanpa kapur terhidrasi)
- Campuran grout kering



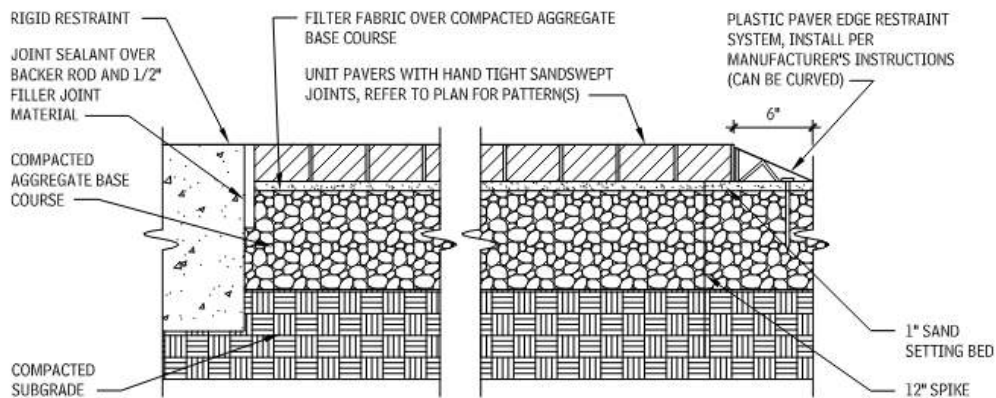
Gambar 7.23 inlay paver unit di dalam beton



Gambar 7.24 paver unit di atas pasir dengan dasar beton



Gambar 7.25 paver unit di atas bitumin dengan dasar beton



Gambar 7.26 unit pavers di agregat dasar

CATATAN

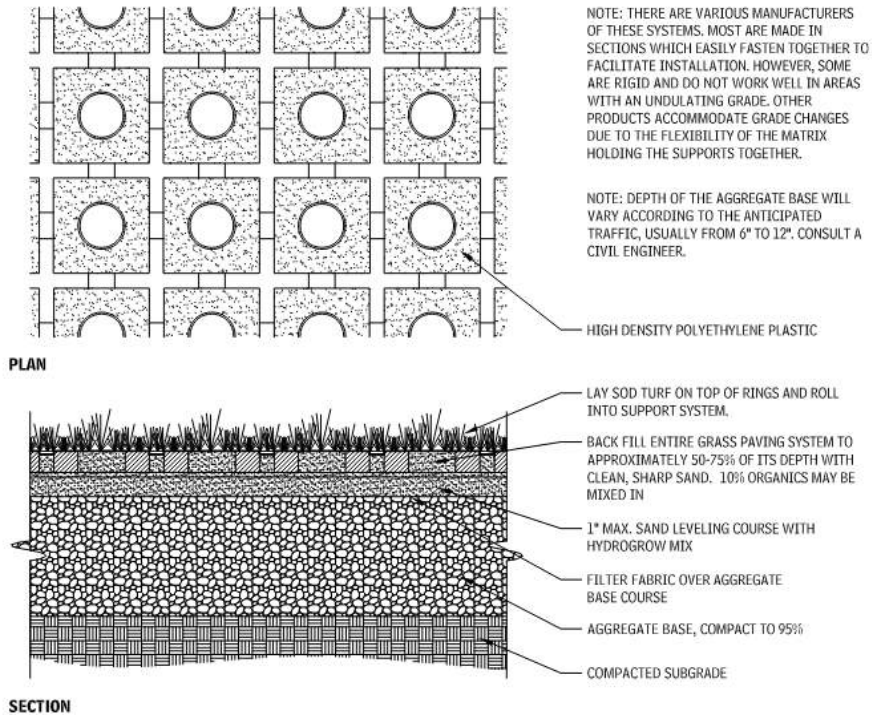
7.23 Pasang sambungan ekspansi dengan pengisi sambungan di semua sisi bangunan, trotoar, dinding, tangga, atau dekat objek tetap dan perubahan material paving, maksimal setiap 20 kaki (jika tidak ada di rencana). Untuk area melengkung, gunakan penahan tepi sudut pabrikan dengan baut ekspansi yang sesuai; tidak ada jangkar yang boleh lebih dari 6 inci dari celah atau ujung pemasangan. Jarak celah bisa bertambah tergantung desain penahan, namun disarankan tidak lebih dari 5 kaki. Jika pembatas lanskap aluminium, cat area kontak dengan beton menggunakan cat bitumen. Pastikan pemasangan rata dengan permukaan akhir di sekitarnya.

7.24 Untuk area melengkung, gunakan penahan tepi sudut pabrikan dengan baut ekspansi yang sesuai; tidak ada jangkar yang boleh lebih dari 6 inci dari celah atau ujung pemasangan. Jarak celah bisa bertambah tergantung desain penahan, namun disarankan tidak lebih dari 5 kaki. Jika pembatas lanskap aluminium, cat area kontak dengan beton menggunakan cat bitumen dan pasang ring serat isolasi. Pastikan pemasangan rata dengan permukaan akhir hardscape di sekitarnya. Lihat detail drainase jika paver unit miring ke arah penahan.

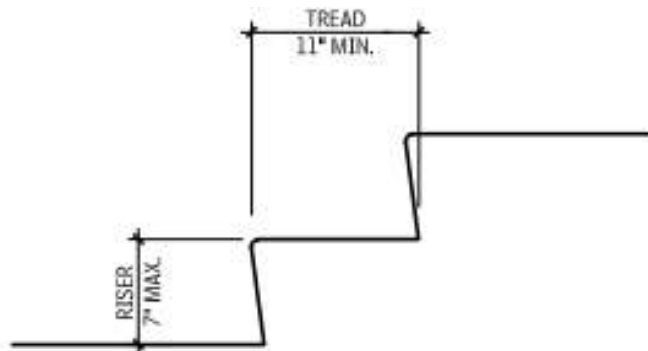
7.25 Pasang sambungan ekspansi dengan pengisi sambungan di semua sisi bangunan, trotoar, dinding, tangga, atau dekat objek tetap dan perubahan material paving, maksimal setiap 20 kaki (jika tidak ada di rencana). Untuk area melengkung, gunakan penahan tepi sudut pabrikan dengan baut ekspansi yang sesuai; tidak ada jangkar yang boleh lebih dari 6 inci dari celah atau ujung pemasangan. Jarak celah bisa bertambah tergantung desain penahan, namun disarankan tidak lebih dari 5 kaki. Jika pembatas lanskap aluminium, cat area kontak dengan beton menggunakan cat bitumen. Pastikan pemasangan rata dengan permukaan akhir di sekitarnya.

7.26 Ketebalan dasar agregat bervariasi sesuai kondisi tanah dan beban. Untuk area pejalan kaki, ketebalannya sekitar 6 hingga 8 inci, sedangkan untuk area kendaraan sekitar 8 hingga 12 inci.

PAVING RUMPUT

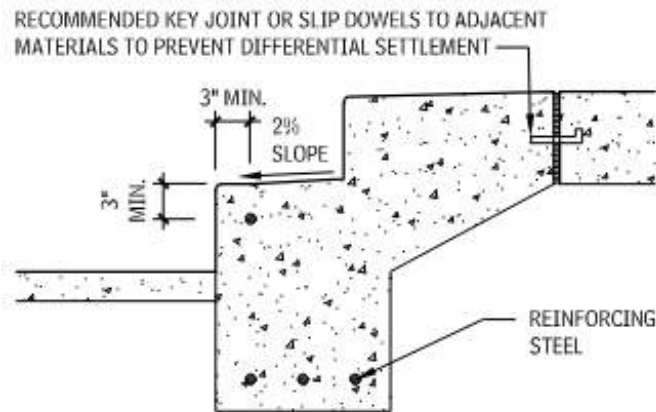


Gambar 7.27 sistem paving rumput



Tinggi Pijakan Tangga (IN.)	Kedalaman Pijakan Tangga (IN.)
4	18
4-1/2	17
5	16
5-1/5	15
6	14
6-1/2	13
7	12

Gambar dan tabel 7.28 detail proporsional riser dan tread



Gambar 7.29 detail sambungan tangga

7.6 TANGGA DAN LANDAI EKSTERIOR

Selama berabad-abad, tangga dan landai telah digunakan untuk mengatasi perubahan ketinggian di sebuah lanskap. Desainnya bisa megah atau sederhana, bernuansa atau lugas, terperinci atau polos. Bagi para desainer, elemen-elemen ini menawarkan kesempatan untuk menciptakan kesenangan, variasi, sudut pandang menarik, dan aksen dalam pergerakan orang melintasi suatu area. Selain itu, tangga dan landai juga merupakan area yang memerlukan perhatian lebih terkait aksesibilitas dan keselamatan. Bagian ini tidak akan membahas potensi penuh tangga dan ram sebagai elemen desain artistik, melainkan akan berfokus pada isu-isu desain aksesibilitas dan keselamatan.

Peraturan

Tangga dan landai sebagai komponen sistem jalur pejalan kaki diatur oleh standar desain minimum di tingkat federal, negara bagian, dan lokal. Dengan adanya Undang-Undang Penyandang Disabilitas Amerika (ADA), peran tangga dan landai dalam menciptakan aksesibilitas untuk semua orang menjadi fokus desain yang spesifik. Bagi desainer, persyaratan pertama adalah meninjau secara menyeluruh kode aksesibilitas dan keselamatan yurisdiksi yang relevan terkait dengan tangga dan landai. Setiap perbedaan antara informasi yang disajikan dalam diskusi ini dan peraturan apa pun harus selalu diselesaikan dengan mengutamakan peraturan tersebut. Ada perbedaan dalam persyaratan desain antara peraturan aksesibilitas dan keselamatan di tingkat lokal, negara bagian, dan federal. Mengidentifikasi dan menentukan peraturan yang relevan untuk suatu proyek memerlukan penelitian dan diskusi dengan klien proyek. Proyek pemerintah swasta dan pemerintah lokal biasanya harus mematuhi persyaratan lokal, negara bagian, dan federal. Proyek negara bagian dan federal biasanya mengecualikan diri mereka dari penerapan peraturan yang diberlakukan oleh tingkat yurisdiksi yang lebih rendah.

Rapat tinjauan di awal proses desain dengan kelompok penegakan kode bangunan yang relevan sangat disarankan. Menentukan peraturan yang berlaku dengan klien merupakan tanggung jawab profesional dari profesional desain.

Standar Desain Eksterior Versus Interior

Tangga dan di luar ruangan harus menghadapi masalah iklim yang tidak ada di dalam ruangan, contoh paling jelasnya adalah hujan dan salju. Selain itu, variasi desain dan dan ruang

pada lanskap eksterior membuat lokasi tangga dan landai menjadi kurang terduga bagi pejalan kaki. Oleh karena itu, dalam desain eksterior, faktor-faktor seperti kedalaman pijakan dan kemiringan tapak, traksi, serta zona peringatan yang terdeteksi menjadi masalah penting untuk dipertimbangkan. Menerapkan standar tangga dan tanjakan interior secara langsung ke lokasi eksterior umumnya bukan praktik yang baik.

Rincian Tangga Eksterior

Untuk tangga di luar ruangan, ada rumus praktis yang bisa Anda gunakan untuk menentukan kedalaman pijakan (tread) dan tinggi anak tangga (riser):

Tinggi dua anak tangga + kedalaman satu tapak = 26 inci

Khusus untuk lokasi eksterior, disarankan untuk tinggi anak tangga antara 4 dan 7 inci, sementara kedalaman tapak yang direkomendasikan 12 hingga 18 inci. Penting juga bagi pijakan tangga di lokasi eksterior memerlukan kemiringan pada tapak agar hujan dan salju bisa mengalir. Umumnya kemiringan yang direkomendasikan adalah kemiringan 2 persen dari depan ke belakang tapak, atau 1/4 inci pada tapak selebar 12 inci. Bagian terdepan dari anak tangga disebut ujung anak tangga. Detail ujung anak tangga ini bisa bervariasi tergantung pada bahan yang digunakan dan merupakan aspek keselamatan yang krusial. Standar aksesibilitas saat ini menetapkan bahwa ujung anak tangga harus memiliki radius 1/2 inci, tanpa tonjolan yang lebih dalam dari 1/2 inci pada anak tangga. Tujuannya adalah untuk mengurangi titik-titik potensial di mana sepatu seseorang dapat terjebak atau tersandung, seperti jari kaki di bawah anak tangga yang menjorok atau tumit di tepian yang tajam.

Konstruksi Tangga Eksterior

Dalam konstruksi tangga beton, penempatan tulangan besi adalah hal penting. Baja tulangan harus ditempatkan minimal 3 inci dari permukaan anak tangga yang terbuka. Jarak minimum 3 inci ini bertujuan untuk mengurangi potensi pecahnya anak tangga akibat pemuatan beku/cair antara baja tulangan dan beton. Pemasangan dowel slip dan sambungan berkunci di bagian atas tangga beton ke paving beton atau lapisan bawah di dekatnya adalah detail konstruksi yang baik untuk menghindari penurunan yang tidak merata dan bahaya tersandung. Bagian pondasi anak tangga terbawah pada tangga beton atau lapisan bawah beton untuk tangga harus mencapai kedalaman beku lokal minimum.

Terkadang, ujung tangga logam buatan terkadang digunakan di lokasi yang padat lalu lintas untuk mengurangi keausan pada ujung anak tangga. Di daerah beriklim dengan suhu beku, memilih produk dan metode pemasangan yang mempertimbangkan perbedaan efek beku/cair yang berbeda antara logam dan bahan anak tangga adalah penting.

Tangga logam di lokasi eksterior sebaiknya dibuat dengan kisi-kisi logam berongga atau pola timbul/menonjol pada permukaan pijakan, untuk memberikan daya tarik dan kemampuan memungkinkan air hujan atau salju cepat terlepas. Jika material logam berongga digunakan pada anak tangga, aturan bukaan bersih maksimum 1/4 inci untuk memberikan keamanan bagi tumit sepatu merupakan standar keselamatan yang baik untuk diikuti. Anak tangga eksterior yang terbuat dari kayu, plastik, atau komposit tidak memerlukan kemiringan pijakan jika terdapat celah 1/4 hingga 1/2 inci di antara setiap anggota kayu. Celah ini membantu mengalirkan hujan dan salju yang menumpuk yang dapat menyebabkan licin.

Untuk anak tangga kayu yang dipasang langsung ke permukaan tanah, pemilihan jenis kayu dan metode pemasangan yang tahan terhadap pembusukan akibat kelembaban sangat penting dilakukan untuk mencapai daya tahan jangka panjang. Kayu cedar, kayu merah, dan kayu yang diawetkan umumnya dianggap sebagai pilihan yang dapat diandalkan untuk anak tangga kayu yang dipasang di tanah. Lapisan bawah kerikil sering digunakan di lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi untuk mengurangi penumpukan kelembaban di bawah anak tangga kayu yang dipasang di tanah.

Batu yang digunakan untuk anak tangga yang diletakkan di tanah harus dipilih yang memiliki permukaan atas datar dan cukup besar agar tidak terbalik saat tekanan diterapkan pada ujung anak tangga. Menumpuk setiap anak tangga batu sekitar seperempat hingga sepertiga dari kedalaman pijakannya membantu mencegah terbaliknya anak tangga. Bila dipasang dengan jarak antar anak tangga batu, setiap batu harus ditanam hingga sepertiga ketebalan batu, dan rata dengan permukaan atasnya.

Lapisan kerikil atau campuran tanah struktural yang dirancang khusus seperti lapisan dasar harus dipertimbangkan jika terdapat kadar kelembaban tinggi atau kondisi tanah struktural yang buruk. Lapisan bawah yang kokoh berkontribusi pada ketahanan dan stabilitas jangka panjang dari serangkaian anak tangga.

Jalur, Lebar, Dan Pendaratan Tangga Eksterior

Sebaiknya hindari penggunaan anak tangga tunggal, karena dapat menimbulkan bahaya tersandung karena kurangnya visibilitas. Tangga dan anak tangga secara umum harus dibedakan dari area paving di sekelilingnya dengan perbedaan bahan, warna, atau pola, agar lebih menonjol dan mudah terlihat. Di sebagian besar wilayah hukum, jika terdapat lebih dari tiga anak tangga, pegangan tangan harus disediakan.

Sebagai aturan umum, lebar landasan tangga eksterior setidaknya harus sama dengan lebar tangga itu sendiri, dan memiliki kedalaman minimal 3 kaki. Jika tangga eksterior terletak di pintu masuk utama atau pintu keluar darurat bangunan, lebarnya minimal harus sama dengan lebar pintu keluar tersebut. Ini penting untuk menjaga zona evakuasi darurat yang aman.

Menyediakan landasan di depan pintu atau gerbang yang dapat diakses melalui tangga akan membuat penggunaan pintu lebih aman dan lebih nyaman. Ayunan pintu harus diperhitungkan dalam penskalaan kedalaman landasan, untuk menghindari keharusan berada di anak tangga untuk membuka atau menutup pintu atau gerbang.

Memasang landasan tangga pada lajur tangga yang telah mencapai ketinggian antara 2,5 dan 5 kaki akan menciptakan tempat istirahat yang nyaman bagi pengguna. Untuk lajur tangga yang lebih panjang, pertimbangkan landasan yang lebih besar dengan fasilitas tempat duduk. Landasan harus dibangun dengan kemiringan minimal 2 persen ke arah tepi bawah.

Landai

Standar kemiringan landai yang dapat diakses awalnya didasarkan pada penelitian yang menggunakan pria dewasa penyandang disabilitas sebagai populasi uji. Ini berarti bahwa mungkin, standar tersebut bukan yang terbaik untuk orang tua, anak-anak, atau individu yang lemah. Jadi, untuk akses universal terbaik dari suatu proyek, perancang harus menargetkan

tingkat kemiringan landai serendah mungkin yang praktis. Penelitian yang didasarkan pada orang tua dan anak-anak mulai menunjukkan bahwa tingkat kemiringan yang lebih baik untuk populasi tersebut adalah 1:16 atau lebih rendah. Tingkat kemiringan 1:12 atau 8,333 persen harus dianggap sebagai tingkat maksimum, bukan tujuan.

Sebagai pertimbangan biaya praktis, landai apa pun yang lebih datar dari 1:20 tidak memerlukan pegangan tangan dan, dengan demikian, dapat menghindari biaya tersebut.

Landai Jalan

Ada dua lokasi umum untuk landai eksterior: di sudut jalan dan persimpangan, serta dimana terjadinya perubahan tingkat permukaan. Desain landai jalan diatur secara ketat oleh peraturan daerah, negara bagian, dan federal. Pembahasan ini tidak memberikan standar landai jalan karena persyaratan desainnya beragam dan sering mengalami peninjauan dan modifikasi. Jadi, untuk standar landai jalan, profesional desain dirujuk langsung ke peraturan terkait yang ditentukan melalui diskusi dengan lembaga penegak hukum terkait dan klien.

Rincian Landai Eksterior

Fitur desain terpenting dari landai eksterior adalah permukaan landai. Memastikan permukaan landai tidak licin saat cuaca basah sangat penting untuk keselamatan. Ikuti panduan berikut:

- Pada landai beton, permukaannya minimal harus berupa sapuan sapuan sedang, dengan arah sapuan tegak lurus terhadap arus lalu lintas.
- Desain jalan landai berlapis batu harus mempertimbangkan permukaan yang diasah atau beralur, dan hindari permukaan yang halus dan datar.
- Desain jalan landai logam harus mempertimbangkan penggunaan panel kisi/jeruji struktural atau logam timbul atau berpola, dan hindari permukaan yang halus.
- Memasang pasak geser (dowel slip) atau sambungan pasak di bagian atas dan bawah jalan landai ke paving yang berdekatan untuk membantu menghindari pergerakan diferensial yang menyebabkan bahaya tersandung di pintu masuk jalan landai.

Lebar Dan Pendaratan Jalan Landai

Pedoman desain untuk lebar dan landasan jalan landai adalah sebagai berikut:

- Jalan landai yang dapat diakses harus memiliki jarak bebas antara pegangan tangan jalan landai minimal 36 inci, untuk memungkinkan orang yang menggunakan kursi roda memutar roda dengan tangannya.
- Pendaratan jalan landai harus ditempatkan pada jarak maksimum 30 kaki dari jalan landai. Pendaratan jalan landai harus memiliki kedalaman bersih minimal 60 inci.
- Jika Jalan landai berubah arah di tempat pendaratan, ukuran pendaratan minimum harus 60 X 60 inci.
- Jika ada pintu eksterior terletak di pendaratan Jalan landai, pendaratan harus mematuhi persyaratan keselamatan dan akses untuk pintu tersebut.

Pegangan Tangan Tangga Dan Jalan Landai

Sebagai bagian dari sistem yang dapat diakses, pegangan tangan tangga dan Jalan landai tercakup dalam peraturan akses dan keselamatan. Penempatan, tinggi, panjang, kekuatan, dan detail keselamatannya berada di bawah panduan desain peraturan ini. Dengan

demikian, pemahaman yang mendalam tentang kode yang relevan adalah yang terpenting.

Persyaratan umum untuk semua pegangan tangan adalah:

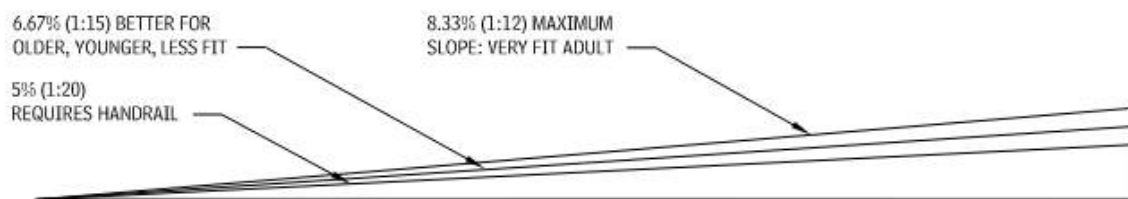
- Jarak dari bagian atas pegangan tangan ke ujung tangga atau permukaan jalan landai harus konstan, yaitu dalam ketinggian antara 34 hingga 38 inci.
- Diameter atau lebar pegangan tangan harus 1-1/4 hingga 1-1/2 inci.
- Secara struktural, pegangan tangan harus mampu menahan tekanan ke bawah sebesar 250 lb per inci.
- Ujung pegangan tangan tidak boleh tajam di ujungnya.

Standar umum untuk pegangan tangan tangga adalah:

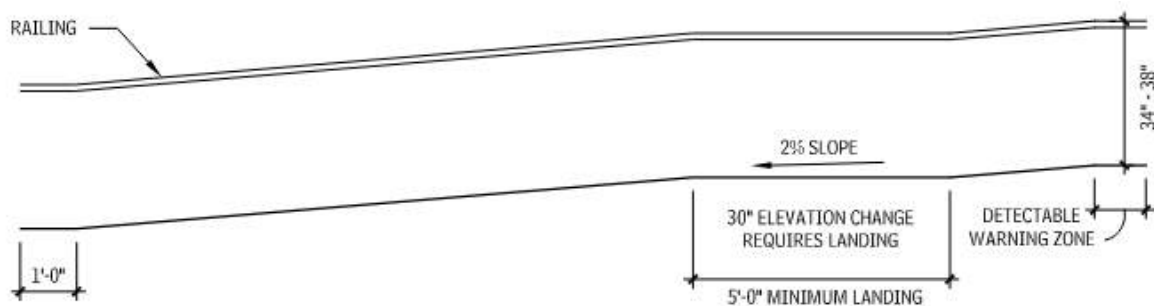
- Di bagian atas jalur tangga, rel harus rata sepanjang 12 inci sebelum ujung anak tangga pertama.
- Di bagian bawah jalur tangga, rel harus memanjang sepanjang satu kedalaman pijakan dengan kemiringan yang sama seperti pada sebagian besar tangga, lalu tetap rata selama 12 inci tambahan.

Standar umum untuk pegangan tangan landai adalah:

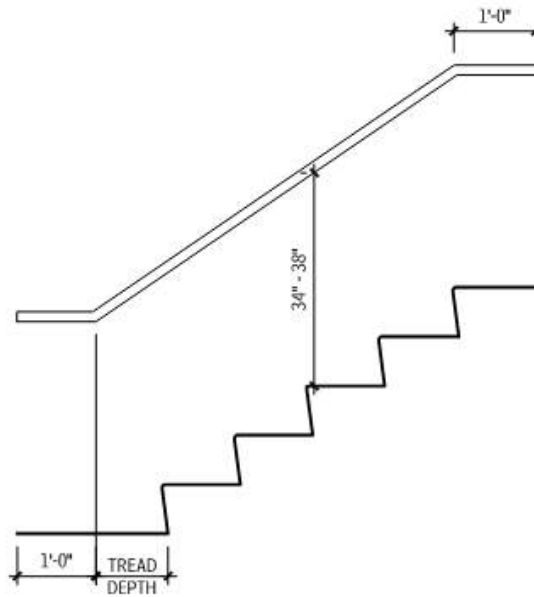
- Di bagian atas landai, rel harus sejajar dengan 12 inci sebelum bagian atas landai.
- Di bagian bawah landai, rel harus tetap sejajar dengan 12 inci setelah ujung landai.



Gambar 7.30 rasio lereng landai



Gambar 7.31 bagian landai



Gambar 7.32 detail rel tangga

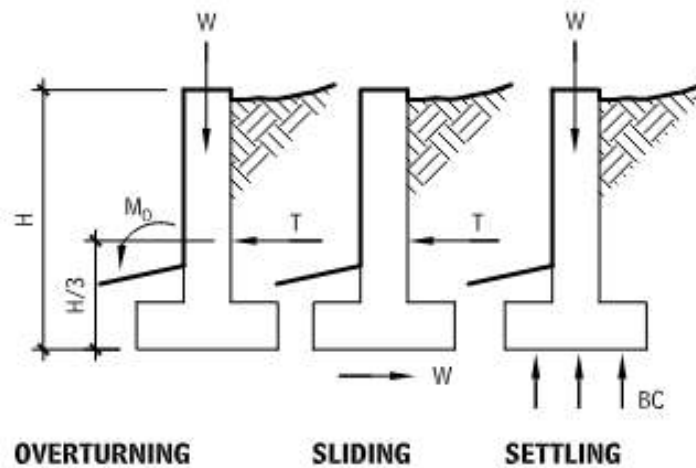
7.7 PENGEMBANGAN LOKASI

Dinding Penahan

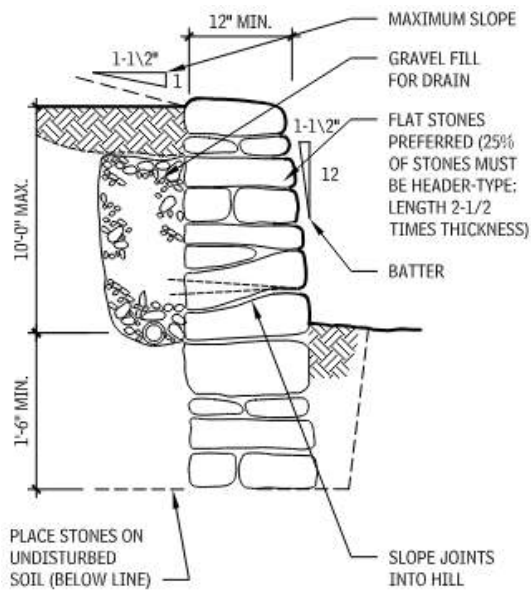
Dinding penahan dirancang dan dibangun untuk menahan tekanan tanah, yang dapat menyebabkan dinding runtuh karena terbalik, bergeser, atau ambles. Pada dinding batu, ketahanan terhadap tekanan tanah dapat dibantu dengan memiringkan batu (misalnya, membuat cekungan atau kemiringan pasangan bata secara berurutan).

Dinding penahan tipe taman, biasanya tidak lebih tinggi dari 4 kaki, umumnya terbuat dari unit bangunan kecil dari batu, pasangan bata, atau kayu. Untuk dinding yang lebih tinggi, beton bertulang lebih umum digunakan. Terasering dapat dibangun dengan dinding dari kayu, batu, bata, atau beton.

Dinding yang tingginya kurang dari 2 kaki tidak memerlukan saluran pembuangan atau lubang pembuangan. Kayu yang diawetkan direkomendasikan untuk desain apa pun di mana kayu bersentuhan dengan tanah. Kayu merah dapat diganti jika diinginkan.

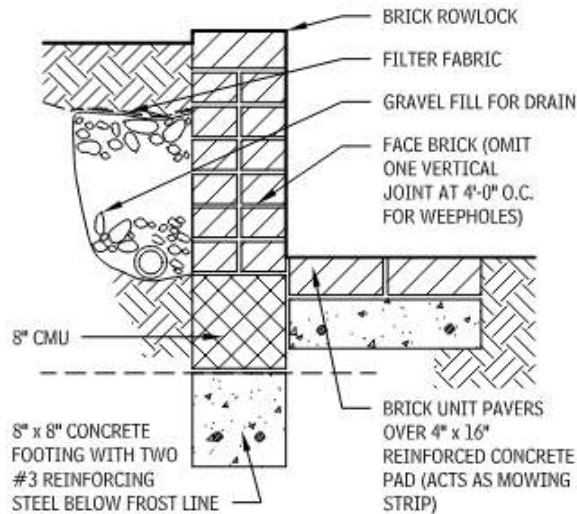


Gambar 7.33 gaya yang ditahan oleh dinding penahan

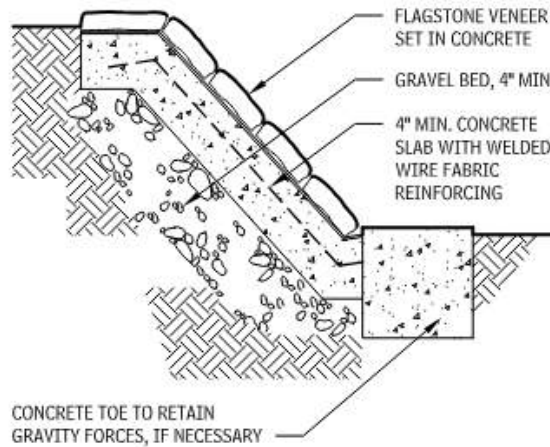


Gambar 7.34 dinding penahan batu yang ditetapkan kering

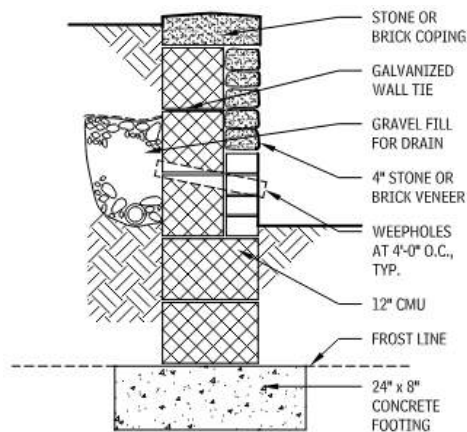
Sambungan vertikal yang disusun secara bertahap dari satu jalur ke jalur lainnya dengan jarak horizontal minimal 6 inci secara horizontal. Ketebalan dinding pada titik mana pun tidak boleh kurang dari setengah jarak dari titik tersebut ke bagian atas dinding



Gambar 7.35 dinding penahan batu bata



Gambar 7.36 tembok penahan batu batu



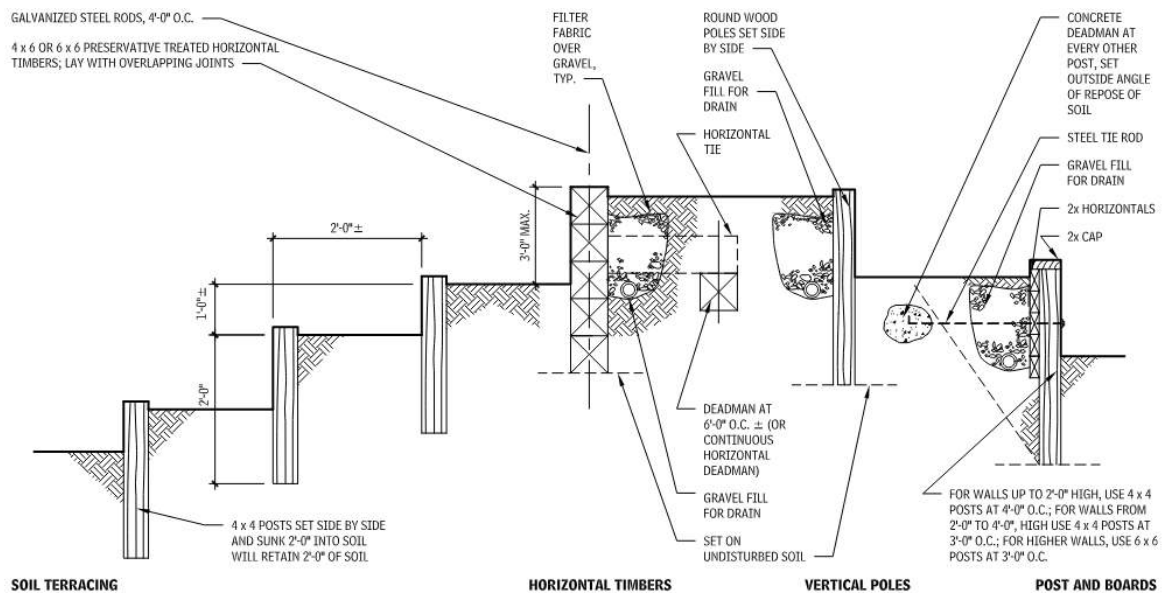
Gambar 7.37 unit venir batu/bata tembok penahan batu bata

7.33. Pertama, mari pahami definisi variabel yang digunakan. **H** adalah tinggi dinding, **A** adalah luas pondasi, **W** adalah berat gabungan dinding, **T** adalah gaya dorong lateral tanah pada dinding, dan **d** adalah lebar dasar dinding. Selanjutnya, **MO** merujuk pada momen guling

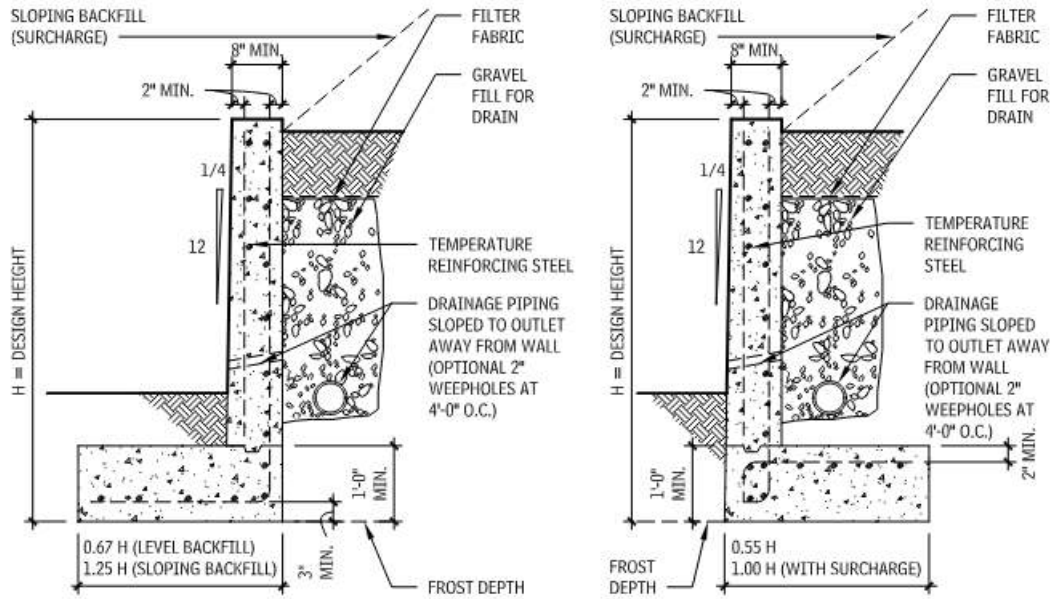
(overturning moment) dinding penahan, sementara **MR** adalah momen penahan. **W** (huruf besar) adalah gaya lateral pada dinding dalam satuan pon per kaki persegi (psf), dan **BC** adalah daya dukung tanah. Momen guling dinding penahan, yang nilainya sama dengan **T dikalikan H/3**, harus dilawan oleh momen penahan dinding. Untuk penampang simetris, momen penahan ini sama dengan **W dikalikan d/2**. Dengan menggunakan faktor keamanan 2, maka **MR** harus lebih besar atau sama dengan 2 dikalikan **MO** (dengan asumsi sudut istirahat tanah 33°).

Gaya dorong lateral (geser) tanah pada dinding harus dilawan. Gaya penahan ini didapatkan dari berat dinding dikalikan dengan koefisien gesekan tanah. Menggunakan faktor keamanan 1,5, maka **W** (berat dinding) harus lebih besar atau sama dengan 1,5 dikalikan **T**, di mana **T** sendiri adalah (**w dikalikan H kuadrat**) dibagi 2.

Terakhir, daya dukung tanah harus mampu menahan gaya vertikal yang dapat menyebabkan penurunan. Gaya vertikal ini mencakup berat dinding ditambah berat tanah yang berada di atas dasar pondasi, serta komponen vertikal dari gaya dorong tanah jika dinding memiliki beban tambahan (surcharge). Menggunakan faktor keamanan 1,5, maka **BC** (daya dukung tanah) harus lebih besar atau sama dengan **1,5 dikalikan W** (berat dinding) dibagi **A** (luas pondasi).



Gambar 7.38 dinding penahan kayu

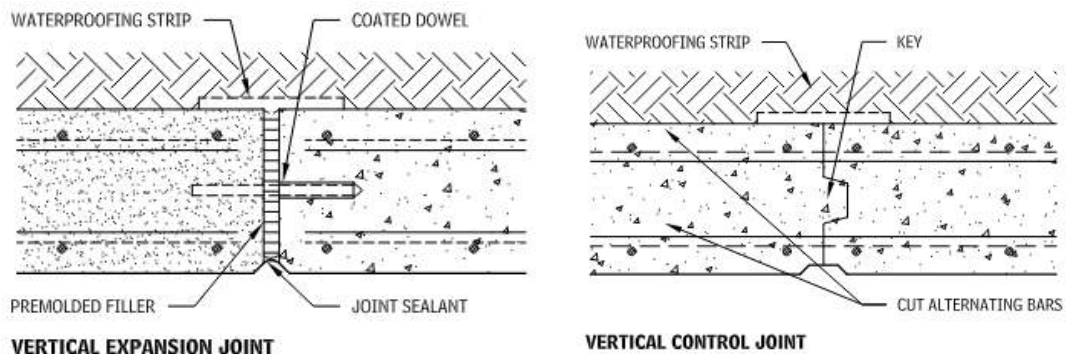


Gambar 7.39 dinding penahan jenis I

Dinding Penahan Beton Cor Di Tempat

Saat merancang dinding penahan beton cor di tempat, ingatlah panduan berikut:

- Sediakan sambungan kontrol dan/atau konstruksi pada dinding penahan beton kira-kira setiap 25 kaki. Setiap sambungan kontrol dan/atau konstruksi keempat harus berupa sambungan ekspansi. Pasak berlapis harus digunakan jika tinggi dinding rata-rata di kedua sisi sambungan berbeda.
- Konsultasikan dengan insinyur struktur untuk desain akhir semua dinding penahan beton.
- Kunci beton mungkin diperlukan di bawah tapak dinding penahan untuk mencegah geseran pada dinding tinggi dan yang dibangun di atas tanah liat basah.

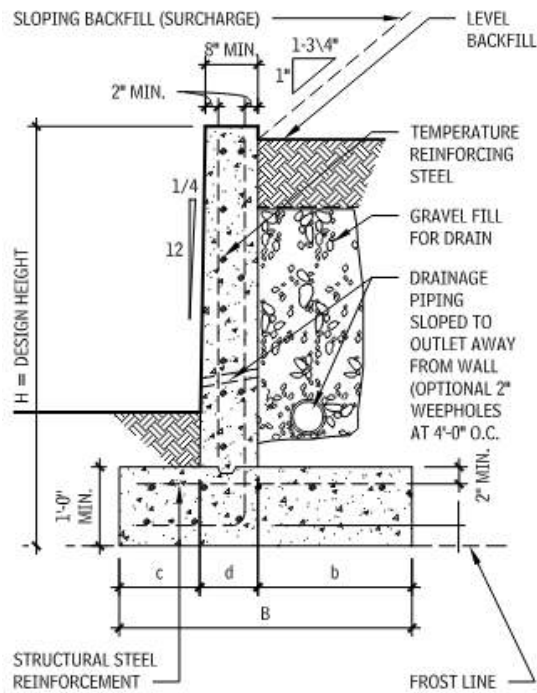


Gambar 7.40 sambungan dinding penahan

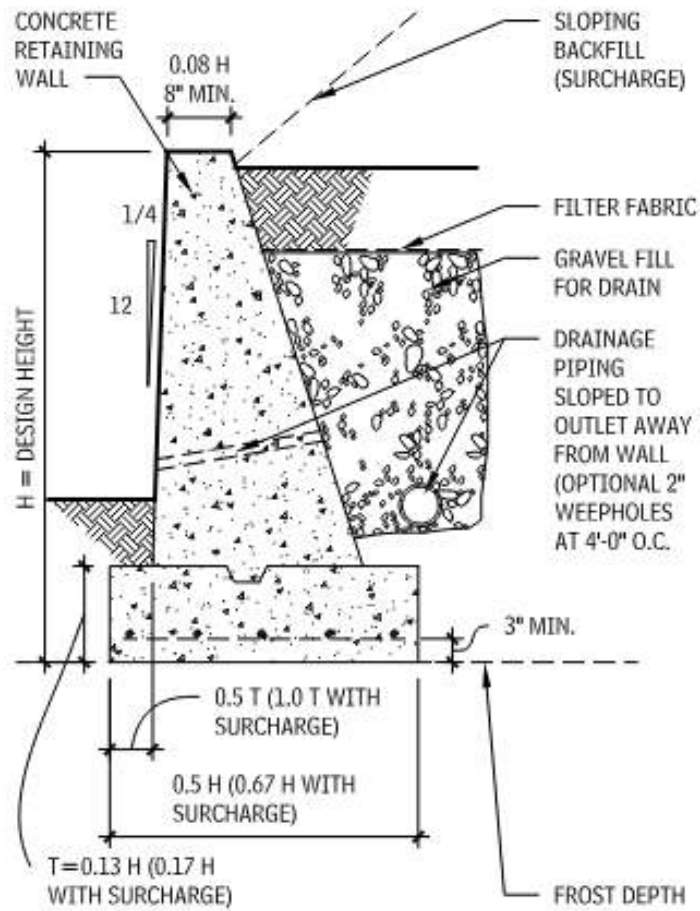
Tabel 7.41 dimensi awal untuk dinding penahan beton cor di tempat

PERKIRAAN DIMENSI BETON (FT-IN.)									
DIAMETER LERENG URUGAN = 29° 45' (13/4:1)					TINGKAT PENIMBUNAN KEMBALI — TANPA BIAYA TAMBAHAN				
TINGGI	LEBAR	LEBAR	DINDING	TIANG	TINGGI	LEBAR	TINGGI	DINDING	TIANG

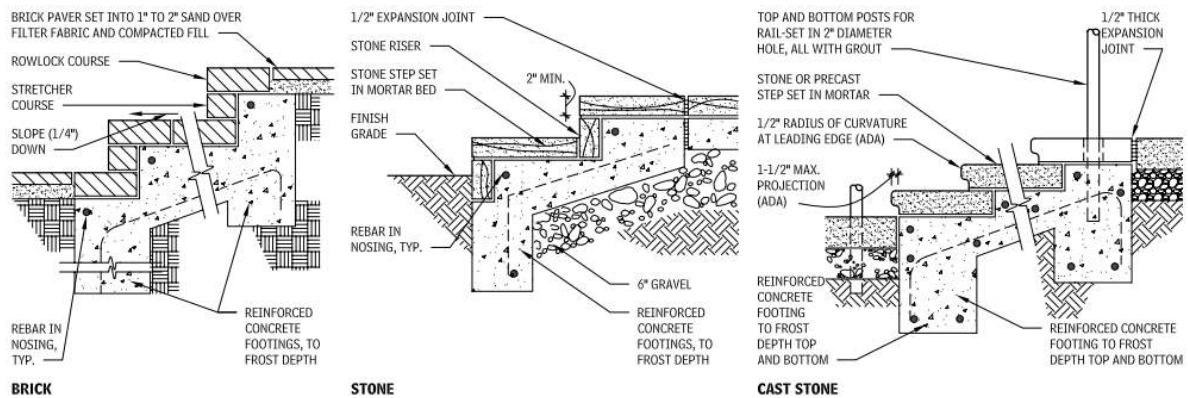
DINDING (H)	PONDASI (B)	PONDASI (D)	PENAHAN TANAH (B)	PANCANG (C)	DINDING (H)	PONDASI (B)	DINDING (A)	PENAHAN TANAH (B)	PANCANG (C)
3-0	2-8	0-9	1-5	0-6	3-0	2-1	0-8	1-0	0-5
4-0	3-5	0-9	2-0	0-8	4-0	2-8	0-8	1-7	0-5
5-0	4-6	0-10	2-6	1-2	5-0	3-3	0-8	2-2	0-5
6-0	5-4	0-10	2-11	1-7	6-0	3-9	0-8	2-5	0-8
7-0	6-3	0-10	3-5	2-0	7-0	4-2	0-8	2-6	1-0
8-0	7-0	1-0	3-8	2-4	8-0	4-8	1-0	2-8	1-0
9-0	7-6	1-0	4-2	2-4	9-0	5-2	1-0	3-2	1-0
10-0	8-6	1-0	4-9	2-9	10-0	5-9	1-0	3-7	1-2
11-0	11-0	1-1	7-2	2-9	11-0	6-7	1-1	4-1	1-5
12-0	12-0	1-2	7-10	3-0	12-0	7-3	1-2	4-7	1-6
13-0	13-0	1-4	8-5	3-3	13-0	7-10	1-2	5-0	1-8
14-0	14-0	1-5	9-1	3-6	14-0	8-5	1-3	5-5	1-9
15-0	15-0	1-6	9-9	3-9	15-0	9-0	1-4	5-9	1-11
16-0	16-0	1-7	10-5	4-0	16-0	9-7	1-5	6-2	2-0
17-0	17-0	1-8	11-1	4-3	17-0	10-3	1-6	6-7	2-2
18-0	18-0	1-10	11-8	4-6	18-0	10-10	1-6	7-1	2-3
19-0	19-0	1-11	12-4	4-9	19-0	11-5	1-7	7-5	2-5
20-0	20-0	2-0	13-0	5-0	20-0	12-0	1-8	7-10	2-6
21-0	21-0	2-2	13-7	5-3	21-0	12-7	1-9	8-2	2-8
22-0	22-0	2-4	14-4	5-4	22-0	13-3	1-11	8-7	2-9



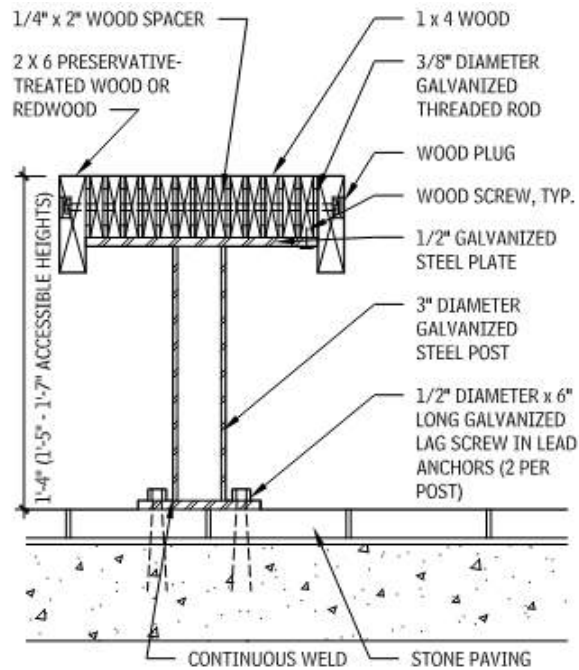
Gambar 7.42 dinding penahan tipe t



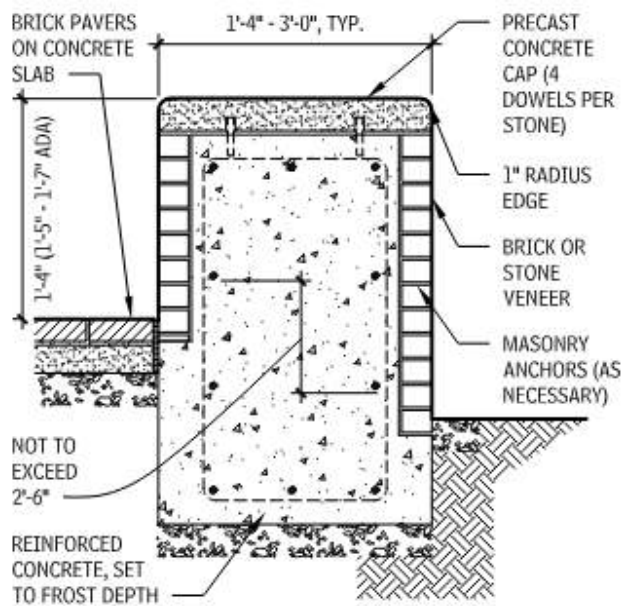
Gambar 7.43 dinding penahan gravitasi



Langkah-langkah pasang batu 7.44

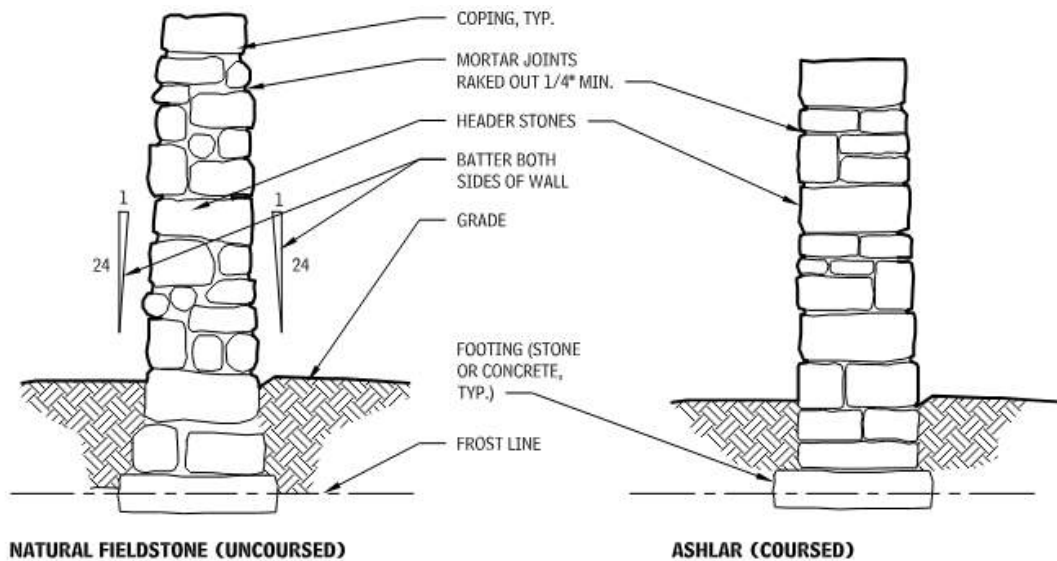


Gambar 7.45 tempat duduk di pasang batu

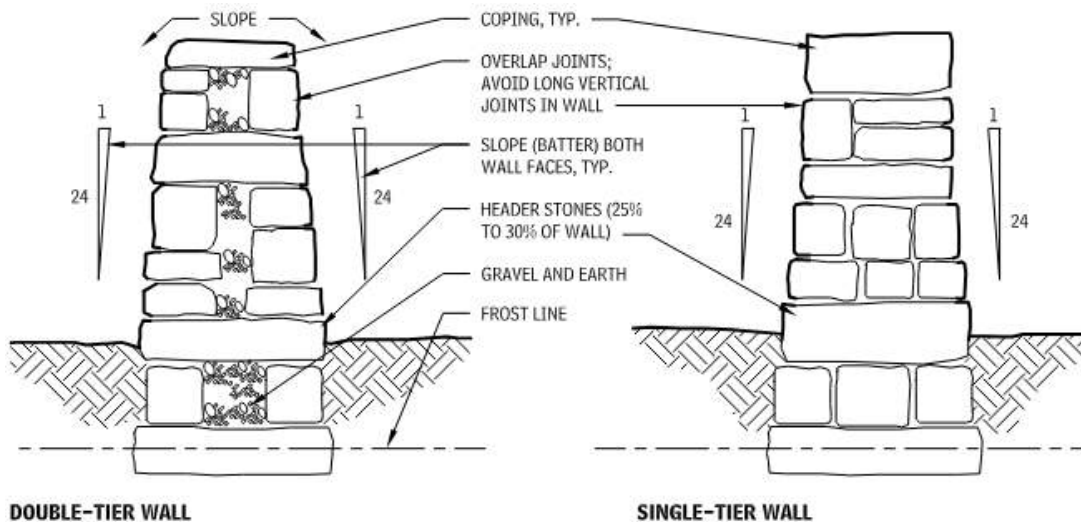


Gambar 7.46 dinding duduk dari pelapis bata

Dinding batu dan pagar yang berdiri sendiri



Gambar 7.47 dinding batu dengan mortar



Gambar 7.48 dinding batu yang dilepas kering

7.46 a. Sediakan pegangan tangan di kedua sisi semua tangga di sepanjang rute yang dapat diakses. b. Buat kemiringan pada permukaan anak tangga agar air tidak mengumpul di area pijakan. c. Detail ini hanya sebagai referensi. Selalu konsultasikan persyaratan aksesibilitas dari kode yang berlaku untuk proyek Anda

7.8 LANDSCAPING

Irigasi

Pertimbangan dalam desain sistem irigasi meliputi pasokan air, kondisi lokasi, iklim, dan pemilihan bahan tanaman. Volume pasokan air yang tersedia diukur dalam galon per menit (gpm). Tekanan pasokan air yang tersedia diukur dalam pon per inci persegi (psi). Pasokan air dapat berasal dari sistem utilitas publik atau swasta, atau dapat dipompa dari sumur atau kolam. Pemilihan peralatan irigasi dan penentuan pipa distribusi didasarkan pada volume dan tekanan pasokan air yang tersedia.

Kondisi lokasi yang harus dipertimbangkan adalah topografi, drainase, jenis tanah, dan paparan sinar matahari. Kondisi iklim yang penting meliputi arah angin yang dominan, curah hujan tahunan, dan variasi suhu. Ketika sistem irigasi terpapar suhu beku, tindakan pencegahan terhadap kerusakan komponen sistem akibat pembekuan harus dibangun ke dalam desain.

Bahan tanam memiliki kebutuhan air yang berbeda. Bahkan, variasi jenis rumput dapat memiliki kebutuhan penyiraman yang sangat berbeda. Kebutuhan air tanaman meliputi air yang hilang akibat penguapan ke atmosfer dari tanah dan permukaan tanah, serta melalui transpirasi, yaitu air yang benar-benar digunakan oleh tanaman. Kombinasi keduanya disebut evapotranspirasi (E.T.).

Karena rumput lapangan memiliki tingkat E.T. tertinggi dari semua bahan tanam di lanskap, dan karena E.T. rumput lapangan bervariasi tergantung pada musim, sistem irigasi dirancang untuk mengganti air yang hilang pada tingkat E.T. tertinggi untuk rumput lapangan di lanskap.

Komponen Sistem Irigasi

Ada beberapa sejumlah komponen sistem irigasi umum, di antaranya:

- PENCEGAH ALIRAN BALIK: Alat ini berfungsi untuk mencegah air dari sistem irigasi mengalir balik ke dalam pasokan air minum yang bersih.
- PENGONTROL: Ini adalah semacam timer yang berfungsi sebagai pengatur waktu yang mempertahankan status hari dalam seminggu dan waktu dalam sehari untuk mengaktifkan katup kontrol listrik pada hari, waktu, dan durasi tertentu.
- SALURAN PIPA UTAMA: Adalah saluran pasokan pipa utama yang mendistribusikan air dari titik sambungan sumber pasokan ke katup kontrol listrik. Pipa saluran utama berukuran diameter 2-1/2 inci atau lebih besar biasanya menggunakan PVC kelas 200. Sedangkan untuk ukuran 2 inci atau lebih kecil, umumnya menggunakan PVC schedule 40.
- KATUP KONTROL LISTRIK: adalah Katup yang dioperasikan oleh solenoida bertegangan rendah dan berfungsi mengontrol aliran air dari pipa utama ke pipa lateral. Katup ini diaktifkan oleh kontroler yang mengirimkan sinyal melalui kabel yang ditanam langsung.
- PIPA SALURAN LATERAL: adalah Saluran pasokan pipa yang mendistribusikan air dari katup kontrol listrik ke kepala sprinkler atau pemancar tetes. tergantung pada aplikasinya, pipa saluran lateral dapat berupa PVC jadwal 40, PVC kelas 200, atau PVC kelas 160. Untuk irigasi tetes, pipa lateral biasanya menggunakan tabung polietilen.
- KEPALA SPRINKLER: Adalah alat distribusi air yang dipasang pada pipa saluran lateral. Kepala sprinkler putar dan tumbukan digunakan untuk mengairi area yang luas dan bisa ditempatkan dengan jarak dari 20 hingga 80 kaki dari permukaan tanah. Kepala sprinkler semprot pop-up digunakan untuk mengairi area yang lebih kecil dan dapat diberi jarak dari 5 hingga 20 kaki dari permukaan tanah. Kepala sprinkler umumnya digunakan untuk mengairi rumput lapangan atau area luas semak yang tumbuh rendah atau penutup tanah. agar efisiensi, kepala sprinkler dipasang dengan jarak tertentu untuk memastikan cakupan yang tumpang tindih dari kepala ke kepala.

- Kepala gelembung: Adalah alat distribusi air yang digunakan untuk mengairi semak dan penutup tanah dengan menempatkan air tepat di sebelah tanaman, atau dengan membanjiri bedengan tanaman.
- Pemancar tetes: Adalah alat distribusi air yang mendistribusikan air dengan sangat lambat, dalam hitungan dalam galon per jam. Pemancar tetes digunakan untuk menyiram tanaman satu per satu.

Pertimbangan Koordinasi Sistem Irigasi

Pastikan Anda memeriksa kontrak proyek untuk memastikan sistem irigasi memang termasuk. Kadang, sistem ini bisa jadi pilihan, dan itu seharusnya sudah diklarifikasi saat penandatanganan kontrak. Rencana irigasi harus mencakup:

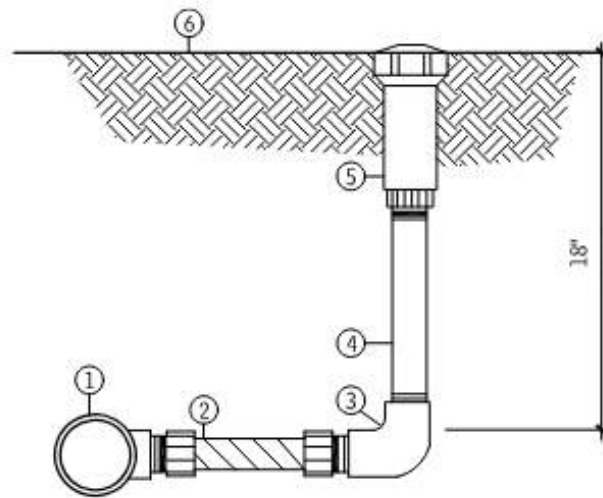
- Batas area irigasi.
- Perkiraan batas area rumput, semak dan penutup tanah
- Titik koneksi sumber air (POC)
- Lokasi pengendali
- Rencana perataan ketinggian tanah
- Kondisi yang tidak biasa (misalnya, halangan di bawah tanah, area di atas bangunan, area penanaman yang terisolasi, lubang pohon, atau pot) lengkap dengan catatan yang menjelaskan apakah area ini akan diairi atau tidak.

Koordinasi dengan teknisi pipa harus dilakukan sejak awal fase dokumen konstruksi. Hal ini penting karena kebutuhan layanan untuk sistem irigasi sama dengan layanan untuk sistem air domestik bangunan, termasuk penentuan lokasi meteran air dan perhitungan volume galon per menit (gpm) dan tekanan pon per inci persegi (psi). Saat mengerjakan proyek yang memiliki ruang meteran air di dalam gedung, sebaiknya beri tahu teknisi perpipaan (bahkan sejak tahap pengembangan desain) bahwa pencegah arus balik dan meteran irigasi yang terpisah dari meteran air rumah tangga akan dibutuhkan.

Minta teknisi perpipaan untuk menunjukkan POC 2 kaki di luar permukaan luar dinding, atau didalam kubah pada kedalaman 18 inci di bawah permukaan tanah, dan dilengkapi penutup. Ini sangat penting untuk proyek komersial di mana ruang meteran air berada di bawah permukaan tanah dan dinding luar kemungkinan besar dari beton cor di tempat. Jika pasokan utama irigasi sudah terlihat pada gambar perpipaan, ini akan memastikan pipa terpasang di dinding dengan benar, dengan penghenti air, dan memiliki segel yang rapat di sekeliling pipa.

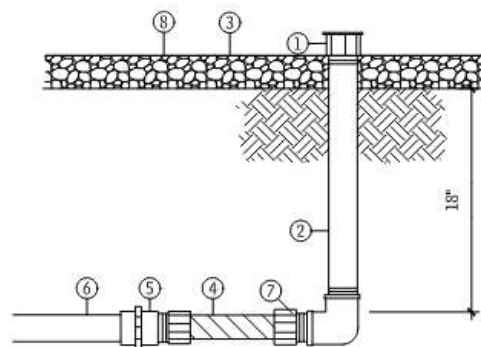
Tidak ada keharusan untuk menempatkan sumber air dan listrik ditempatkan berdekatan; keduanya hanya perlu bertemu di katup kendali jarak jauh. Perlu ada serangkaian kabel (satu untuk setiap katup, ditambah kabel netral) yang dapat melewati dinding luar bangunan sedalam 18 inci di bawah permukaan tanah atau melalui bagian bawah alas, yang harus dipasang pada alas beton. Kabel-kabel ini harus selalu terbungkus dalam "selongsong", yang biasanya terbuat dari PVC. Setelah di luar, kabel harus tetap dalam pipa PVC hingga mencapai parit jalur utama. Dari sana, kabel akan menyebar ke segala arah menuju katup kontrol jarak jauh yang sebaiknya dikubur di bawah pipa dalam parit yang sama. Selubung irigasi harus dipasang sebelum pekerjaan pengerasan jalan, namun setelah elevasi *subgrade*

akhir ditetapkan. Terakhir, kontroler paling baik diletakkan di tempat yang tidak terlihat oleh masyarakat umum.



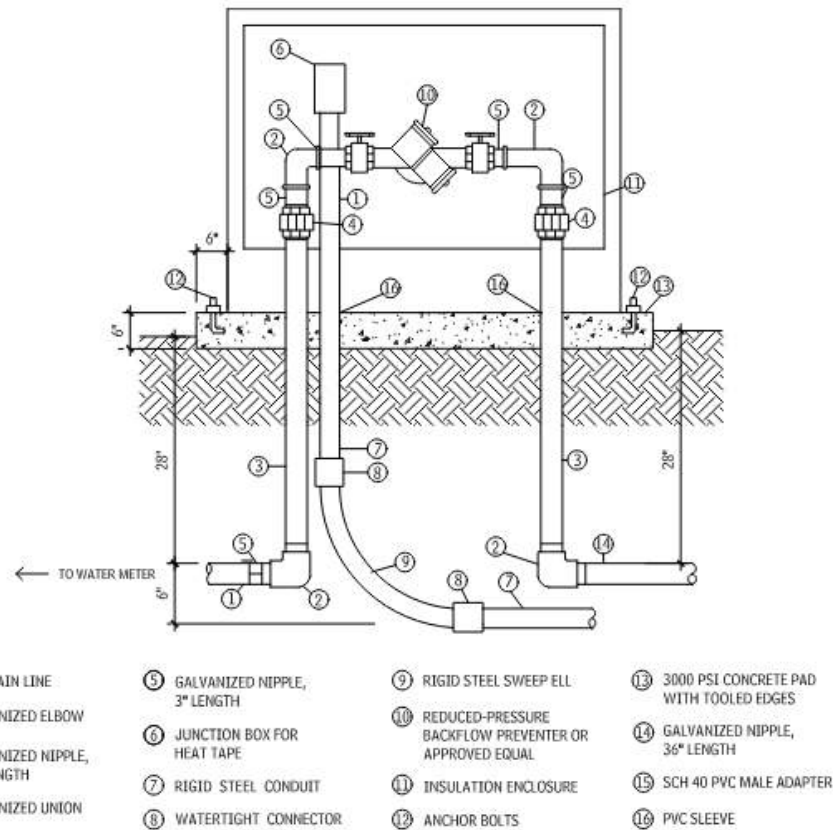
- ① PVC LATERAL PIPE FITTING
- ② 1/2" x 6" FLEX NIPPLE
- ③ 1/2" SCH 40 PVC THREADED ELBOW
- ④ 1/2" SCH 80 PVC THREADED NIPPLE, LENGTH AS REQUIRED
- ⑤ POP-UP SPRINKLER
- ⑥ TOP OF MULCH OR TOP OF SOD BED

Gambar 7.51 perakitan semprotan pop-up



- ① PRESSURE-COMPENSATING BUBBLER
- ② 1/2" SCH 80 THREADED NIPPLE, LENGTH AS REQUIRED
- ③ FINISH GRADE
- ④ 1/2" x 6" PVC FLEX NIPPLE
- ⑤ 3/4" x 1/2" SCH 40 PVC FEMALE ADAPTER
- ⑥ PVC LATERAL PIPING
- ⑦ 1/2" SCH 40 PVC THREADED ELBOW
- ⑧ TOP OF MULCH

Gambar 7.52 perakitan bubbler



Gambar 7.53 pencegah aliran balik dengan tekanan yang dikurangi

7.9 PENANAMAN POHON DAN SEMAK

Pohon Tanaman Dan Penutup Tanah

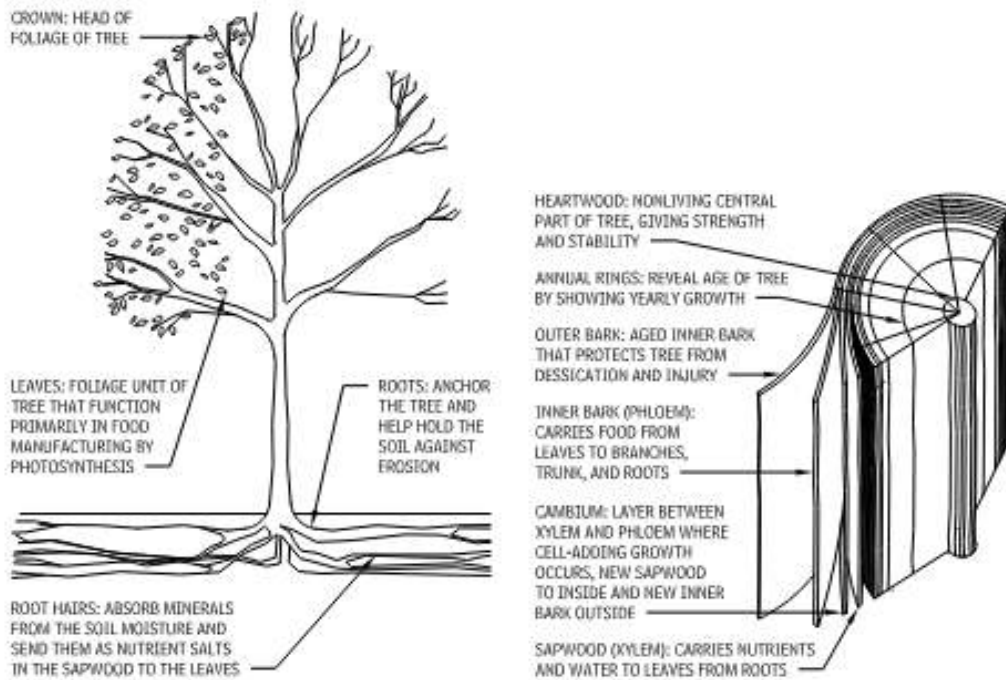
Lingkungan fisik lokasi, kebutuhan desain proyek, dan karakter desain pohon merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih pohon dan menyiapkan rencana lanskap untuk sebuah bangunan.

Kondisi tanah (keasaman, porositas) di lokasi, jumlah dan intensitas sinar matahari dan curah hujan, serta rentang suhu musiman di area tersebut menciptakan lingkungan fisik di mana pohon harus dapat bertahan hidup. Selain itu, penting untuk mempertimbangkan bagaimana lokasi dan topografi lokasi akan mengarahkan angin, yang mengakibatkan angin dingin dan angin sepoi-sepoi yang sejuk yang dapat memengaruhi kesehatan pohon.

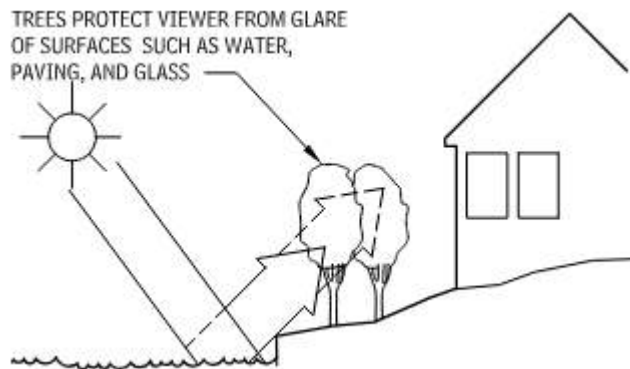
Pohon dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan desain proyek dengan mengarahkan pergerakan pejalan kaki atau kendaraan, membingkai pemandangan, menyaring pandangan yang tidak diinginkan, dan menentukan serta membentuk ruang eksterior. Pohon juga dapat digunakan untuk mengubah iklim mikro suatu lokasi dan membantu menghemat penggunaan energi bangunan dari sistem pemanas, pendingin, dan pencahayaan.

Karakter desain pohon itu sendiri berperan dalam menentukan spesies mana yang paling cocok untuk aplikasi tertentu. Bentuk pohon dapat berbentuk kolom, kerucut, bulat, atau menyebar, dan tinggi serta massa yang dihasilkan akan berubah seiring waktu saat pohon tersebut tumbuh dewasa. Beberapa pohon tumbuh dengan cepat, dan yang lainnya lebih lambat, dan warna teksturnya bervariasi dari kasar hingga sedang hingga halus, yang

memengaruhi karakternya. Penampakan pohon peluruh berubah seiring musim, sementara efek pohon cemara relatif konstan.

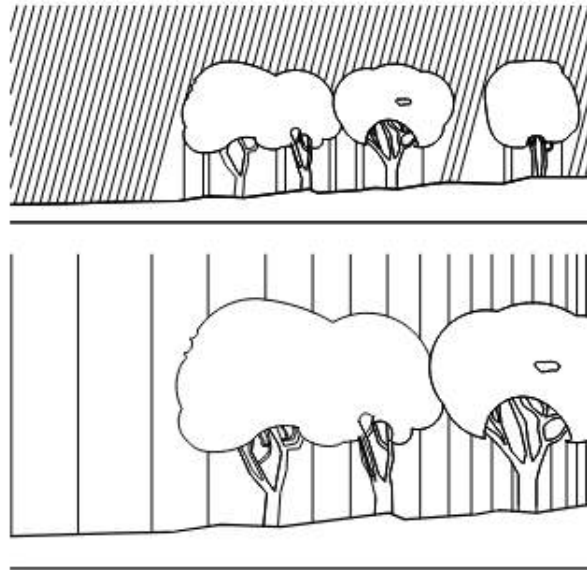


Gambar 7.54 ciri-ciri fisik pohon



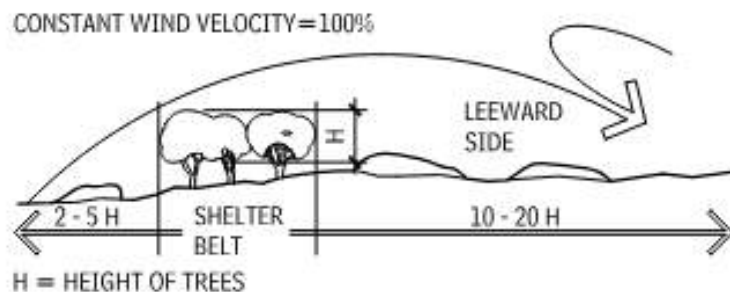
Gambar 7.55 perlindungan silau

Sudut vertikal matahari berubah secara musiman; oleh karena itu, area bangunan yang terkena silau pantulan sinar matahari pun bervariasi. Tanaman dengan ketinggian yang berbeda-beda dapat menyaring silau matahari (dan cahaya buatan) dari permukaan yang berdekatan.



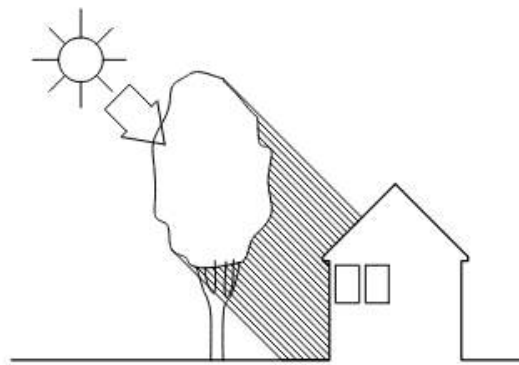
Gambar 7.56 penyaringan udara

Sejumlah besar tanaman secara fisik dan kimiawi menyaring dan menghilangkan bau udara, sehingga mengurangi polusi udara. Atas: Partikel-partikel yang terperangkap di daun tersapu ke tanah saat hujan turun. Polutan gas diserap oleh daun. Bawah: Tanaman harum dapat secara mekanis menutupi asap dan bau. Selain itu, polutan ini dimetabolisme secara kimiawi dalam proses fotosintesis.



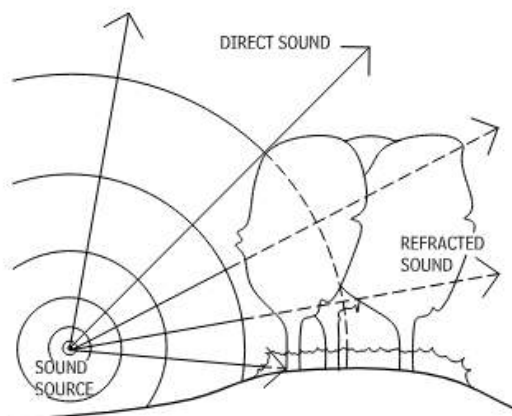
Perlindungan angin 7.57

Perlindungan angin sabuk pelindung mengurangi penguapan di permukaan tanah, meningkatkan kelembaban relatif, menurunkan suhu di musim panas dan mengurangi hilangnya panas di musim dingin, serta mengurangi debu yang beterbangan dan salju yang beterbangan. Jumlah perlindungan yang diberikan berhubungan langsung dengan tinggi dan kepadatan sabuk pelindung.



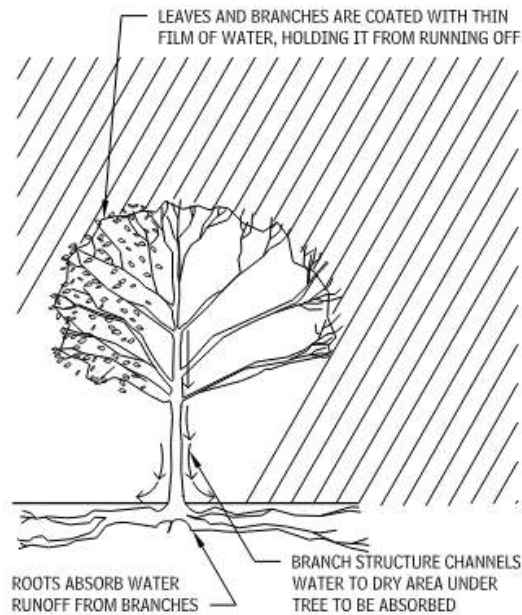
Gambar 7.58 penahanan

Di musim panas, pepohonan menghalangi atau menyaring radiasi kuat dari matahari, mendinginkan dan melindungi area di bawahnya. Di musim dingin, pepohonan yang selalu hijau masih memiliki efek ini, sedangkan pepohonan yang berganti daun, setelah kehilangan daunnya, tidak memiliki efek ini.



Gambar 7.59 peredaman lingkungan

Kombinasi pohon gugur dan pohon berdaun lebat dan hijau sepanjang tahun mengurangi suara lebih efektif daripada tanaman berdaun lebat saja. Menanam pohon dan semak di gundukan tanah meningkatkan efek peredaman sabuk penyangga.



Gambar 7.60 penurunan aliran

Pohon yang sudah dewasa menyerap atau menunda limpasan air hujan dengan laju empat hingga lima kali lipat dari tanah kosong.

7.10 RINCIAN PENANAMAN

Bagian ini membahas detail penanaman rincian penanaman untuk pohon dan semak, kiat-kiat perbaikan tanah, dan pertimbangan desain umum adalah topik-topik yang dibahas dalam bagian ini.

Rincian Penanaman Pohon

Ketiga panduan ini akan membantu keberhasilan penanaman pohon:

- Untuk pohon yang ditanam dalam pot, gunakan jari atau alat tangan kecil untuk menarik akar keluar dari lapisan luar tanah pot; lalu potong atau cabut akar yang mengelilingi sekeliling pot. Campurkan spora mikoriza yang telah disiapkan secara komersial ke dalam tanah tepat di sekitar gumpalan akar dengan laju yang ditentukan oleh produsen.
- Selama fase desain, pastikan air mengalir keluar dari tanah; rancang sistem drainase alternatif sesuai kebutuhan.
- Siram gumpalan akar pohon dan tanah yang telah disiapkan di dekatnya secara menyeluruh beberapa kali selama bulan pertama setelah penanaman, dan secara teratur selama dua musim panas berikutnya. Perlu dicatat bahwa proses penanaman ini serupa untuk pohon gugur dan pohon hijau abadi.

Rincian Penanaman Semak

Untuk penanaman semak yang berhasil, ikuti panduan berikut:

- Untuk semak yang ditanam dalam pot, gunakan jari atau alat tangan kecil untuk menarik akar keluar dari lapisan luar tanah pot; lalu potong atau cabut akar yang mengelilingi sekeliling pot. Campurkan spora mikoriza yang telah disiapkan secara

komersial ke dalam tanah tepat di sekitar gumpalan akar dengan takaran yang ditentukan oleh produsen.

- Pastikan air mengalir keluar dari tanah selama fase desain; rancang sistem drainase alternatif sesuai kebutuhan.

Perbaikan Tanah

Kualitas tanah yang tersedia untuk penanaman sangat bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lain, terutama setelah aktivitas konstruksi terjadi. Sifat konstruksi menyebabkan pemadatan, penimbunan, kontaminasi, dan perataan tanah asli di suatu lokasi, yang dengan cepat membuatnya tidak dapat digunakan untuk penanaman. Aktivitas manusia sebelumnya di suatu lokasi juga dapat memengaruhi kemampuan tanah untuk mendukung tanaman.

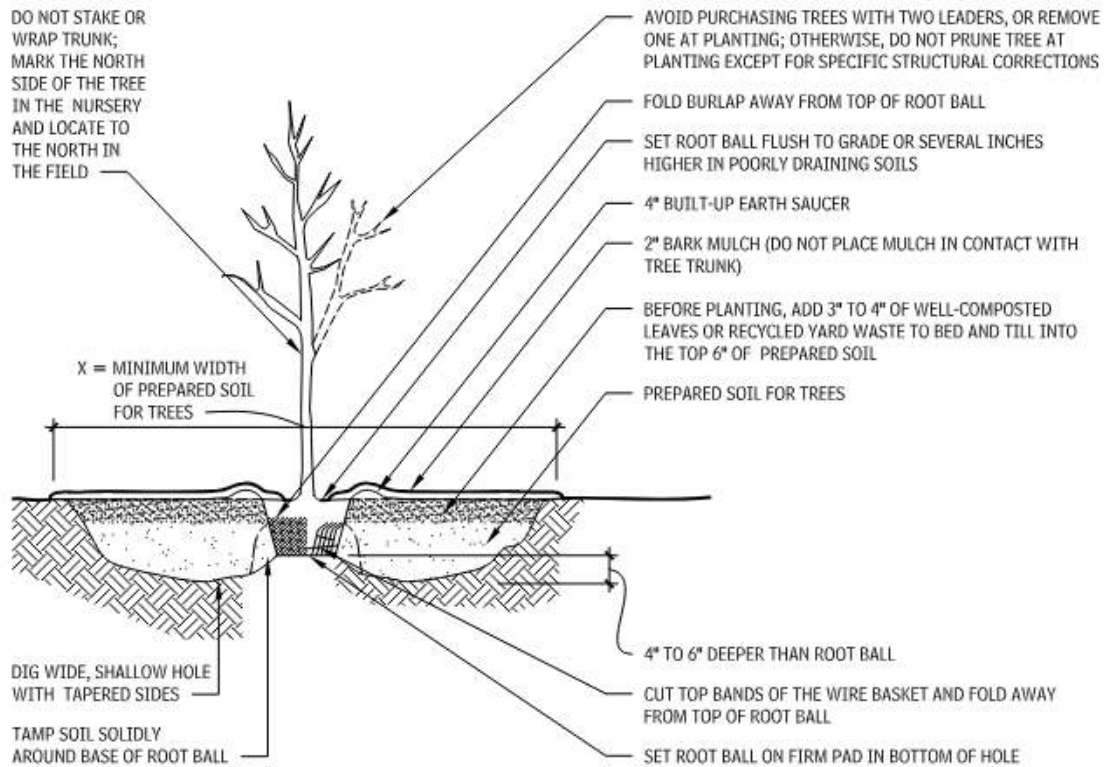
Selama fase desain, asumsi harus dibuat mengenai kemungkinan kondisi tanah setelah konstruksi selesai. Kesehatan tanah yang ada atau yang tersisa menentukan jenis persiapan tanah yang akan dibutuhkan dan volume tanah yang akan disiapkan. Kondisi akan bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lain dalam suatu proyek, dan rinciannya harus spesifik sesuai kondisi. Untuk proyek besar atau kondisi ekstrem, ada baiknya berkonsultasi dengan ahli yang berpengalaman dalam memodifikasi tanah tanam di lokasi perkotaan.

Untuk memastikan kesehatan tanah yang baik di lokasi proyek, ikuti panduan berikut:

- Jika memungkinkan, hubungkan area perbaikan tanah dari pohon ke pohon.
- Selalu uji tanah untuk mengetahui pH dan kadar nutrisi, dan sesuaikan jika diperlukan.
- Gemburkan tanah dengan backhoe atau peralatan pengolah tanah kasar besar lainnya, jika memungkinkan. Pengolah tanah yang menghasilkan potongan tanah besar dan kasar lebih baik daripada pengolahan tanah yang menghasilkan butiran halus dengan tekstur yang seragam.
- Pastikan dasar galian tanah tanam kasar, untuk menghindari lapisan tanah yang menggumpal saat lapisan tanah baru ditambahkan. Sebaiknya tanah tanam pertama (2 hingga 3 inci) diolah ke dalam tanah dasar.

Pembuatan Di Sekitar Pohon Yang Ada

Perhatian besar harus diberikan agar tidak memadatkan, memotong, atau menimbun tanah di dalam area tajuk pohon yang sudah ada. Sebagian besar akar pohon terletak pada kedalaman atas 6 hingga 18 inci tanah, dan sering kali menyebar jauh lebih lebar dari batas tetesan air pohon. Pemadatan dapat menyebabkan kerusakan akar yang parah dan mengurangi pergerakan air dan udara melalui tanah. Untuk menghindari pemadatan tanah, jangan mengoperasikan peralatan atau menyimpan material di dalam area tajuk pohon.

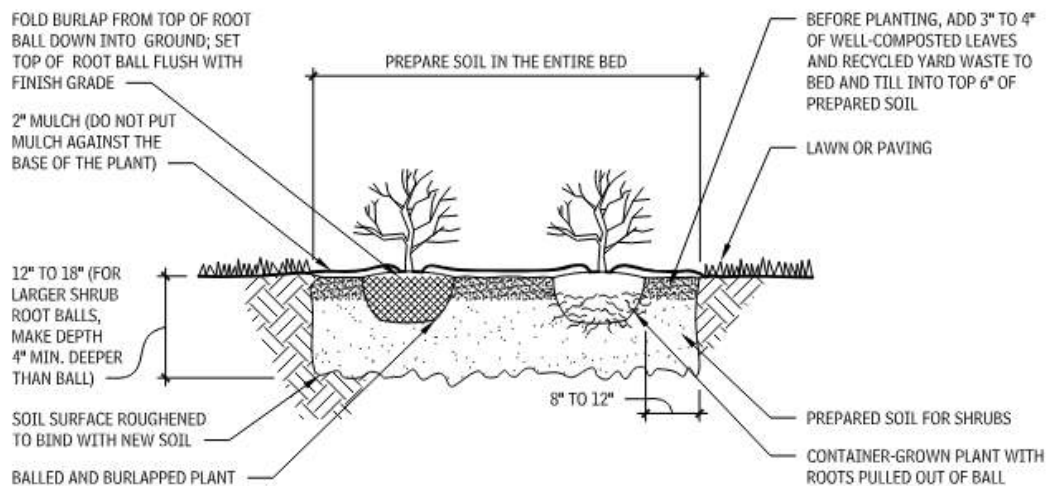


Gambar 7.61 detail penanaman pohon (tanam yang digulung dan dikulitkan dengan kain goni)

Sebelum pembangunan dimulai, suntikkan tanah di dalam area tajuk pohon dewasa terdekat dengan pupuk berbasis rumput laut dan jamur mikoriza yang disiapkan secara komersial, yang dikembangkan untuk menyegarkan akar pohon. Pangkas akar pohon di tepi area penyimpanan akar, karena akar yang dicabut selama perataan dapat patah atau terbelah jauh ke dalam area penyimpanan akar. Pembusukan dan penyakit yang masuk ke akar yang sekarat di area yang padat atau terisi dapat berpindah ke pohon jika pemangkasan akar belum dilakukan. Pasang pagar pelindung pohon dan pelindung lumpur di batas aktivitas konstruksi di dekat pohon.

Selama konstruksi, siram area tajuk tambahan untuk mengompensasi kehilangan akar di luar penyebaran tajuk. Mintalah semua pohon dewasa diperiksa oleh ahli pohon bersertifikat sebelum konstruksi dimulai, untuk mengidentifikasi masalah khusus. Buang semua kayu mati, dan obati semua pohon dari masalah serangga dan penyakit yang ada. Jika memungkinkan, mulailah pemupukan dan perawatan masalah setidaknya satu musim tanam penuh sebelum konstruksi.

Pembuangan sebagian besar tajuk akan memengaruhi kesehatan pohon dengan mengurangi kemampuannya untuk berfotosintesis sebanding dengan massa batangnya. Pohon yang lebih muda dan lebih sehat menahan dampak konstruksi lebih baik daripada pohon yang lebih tua.



Tabel 7.62 detail penanaman semak

Kondisi tanah pasca-konstruksi	Lebar minimum tanah yang disiapkan untuk pohon (x)	Tipe persiapan
Tanah baik (belum pernah digrading atau dipadatkan; lapisan topsoil utuh)	6' atau dua kali lebar bola akar, mana saja yang lebih besar.	Gemburkan tanah yang ada sesuai dengan lebar dan kedalaman yang ditunjukkan pada Gambar 7.101 dan 7.102.
Tanah padat (belum pernah digrading; lapisan topsoil terganggu tetapi tidak hilang)	15'	Gemburkan tanah yang ada sesuai dengan lebar dan kedalaman yang ditunjukkan pada Gambar 7.101 dan 7.102; tambahkan bahan organik kompos untuk meningkatkan kandungan organik hingga mencapai 5% berat kering.
Lapisan bawah tanah (subsoil) yang digrading dan urugan bersih dengan kandungan lempung antara 5% dan 35%	20'	Perlakuan minimum: Gemburkan tanah yang ada sesuai dengan lebar dan kedalaman yang ditunjukkan pada Gambar 7.101 dan 7.102; tambahkan bahan organik kompos untuk meningkatkan kandungan organik hingga 5% berat kering. Perlakuan optimal: Buang 8–10 inci teratas dari material yang ada, gemburkan tanah yang ada sesuai dengan lebar dan kedalaman yang ditunjukkan pada Gambar 7.101 dan 7.102; tambahkan 8–10 inci

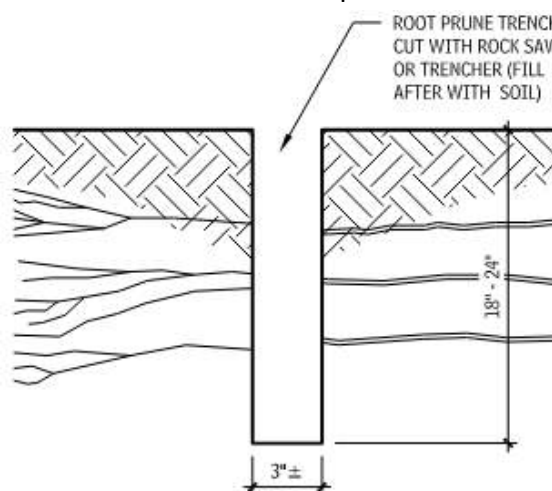
		<i>loam topsoil.</i>
Isian berkualitas buruk, tanah liat berat, tanah yang terkontaminasi puing atau material beracun.	20'	Buang tanah yang ada sesuai dengan lebar dan kedalaman yang ditunjukkan pada Gambar 7.101 dan 7.102; ganti dengan <i>loam topsoil</i>

Tabel 7.64 ukuran bola akar standar untuk pohon penahan yang tumbuh di pembibitan

Kaliber (in.)	Rentang tinggi (ft-in.)	Tinggi maksimum (ft)	Diameter bola akar minimum (in.)	Kedalaman bola akar minimum (in.)
1/2	5–6	8	12	9
3/4	6–8	10	14	10-1/2
1	8–10	11	16	12
1-1/4	8–10	12	18	13-1/2
1-1/2	10–12	14	20	13-1/2
1-3/4	10–12	14	22	14-1/2
2	12–14	16	24	16
2-1/2	12–14	16	28	18-1/2
3	14–16	18	32	19-1/2
3-1/2	14–16	18	38	23
4	16–18	22	42	25
5	18–20	26	54	32-1/2

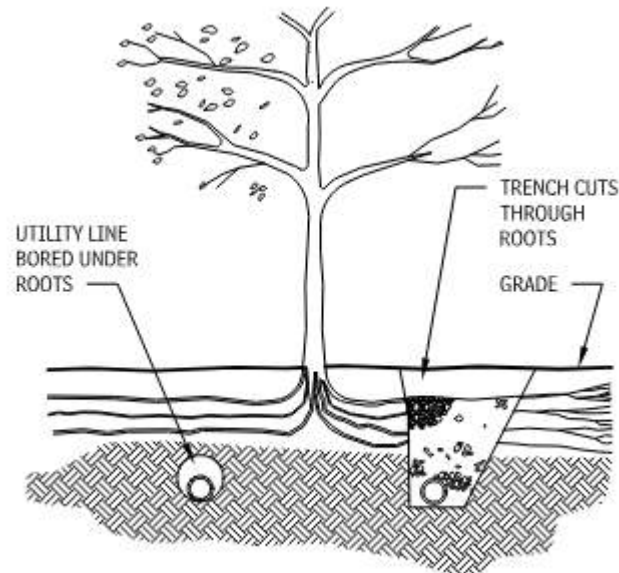
Catatan

7.64 a: Pengukuran Diameter Batang Pohon Hingga ukuran kaliper 4 inci, pengukuran kaliper menunjukkan diameter batang pohon 6 inci di atas permukaan tanah. Untuk ukuran yang lebih besar, pengukuran kaliper dilakukan 12 inci di atas permukaan tanah.



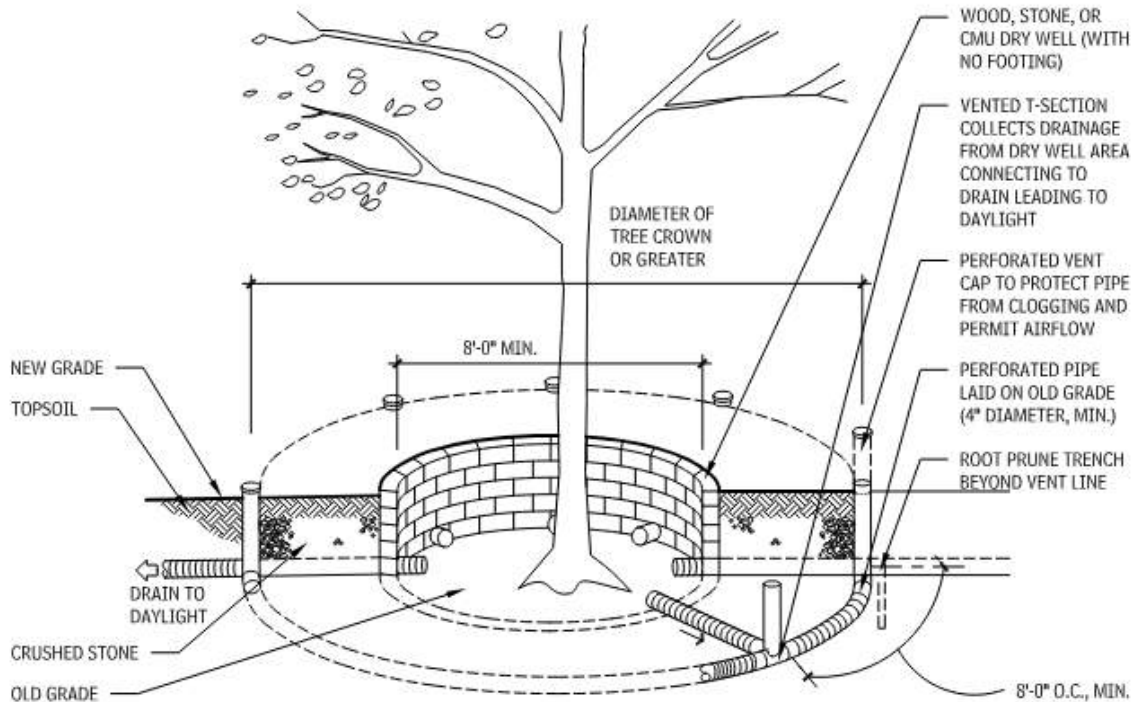
Gambar 7.65 parit pangkas akar

Parit pemangkasan akar memotong akar dengan potongan yang bersih, melindungi akar yang tersisa dari keretakan, pembusukan, dan penyakit.

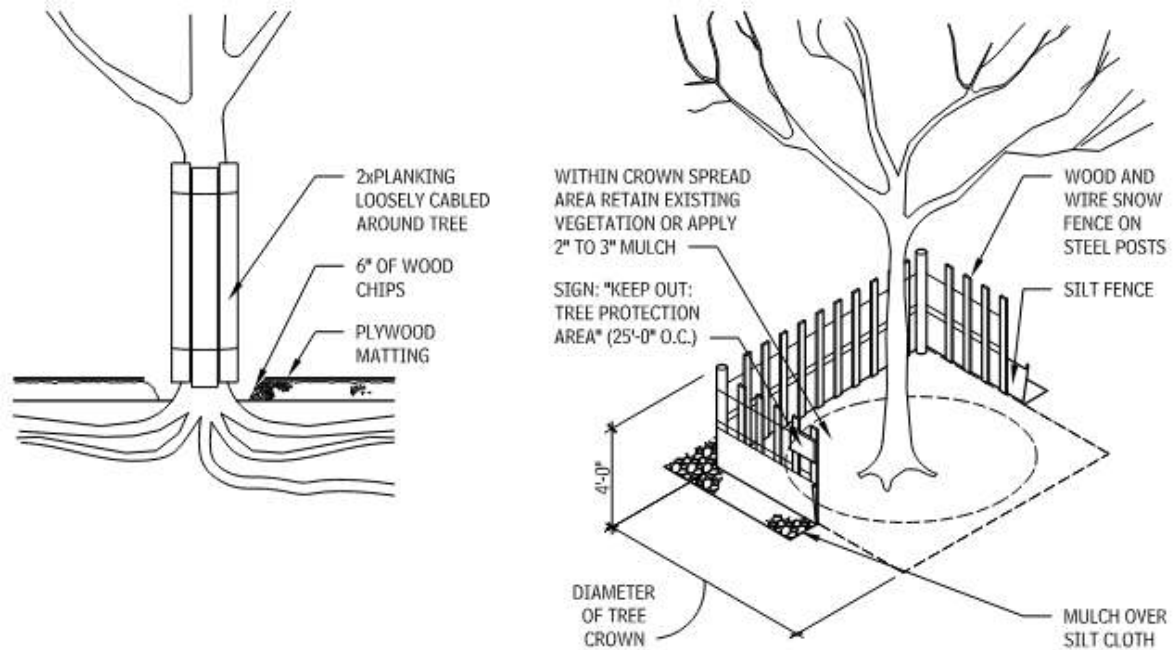


Gambar 7.66 saluran utilitas bawah tanah di dekat pohon yang ada

Lebih sedikit akar yang terputus dengan membuat terowongan di bawah pohon daripada dengan menggali parit di sampingnya.

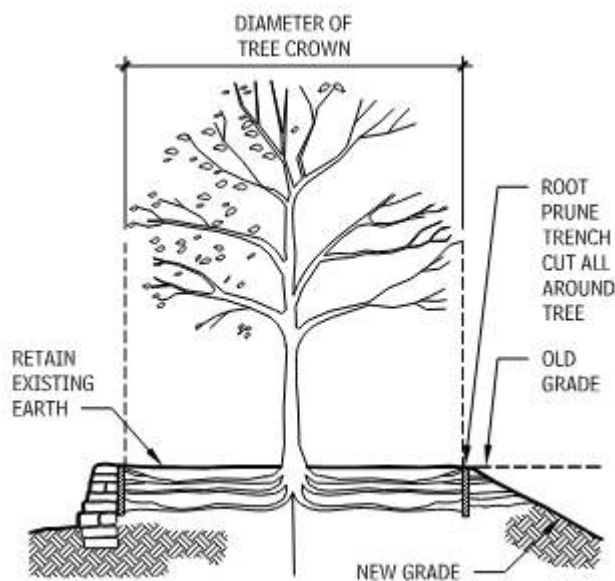


Gambar 7.67 pengisian di sekitar pohon yang ada

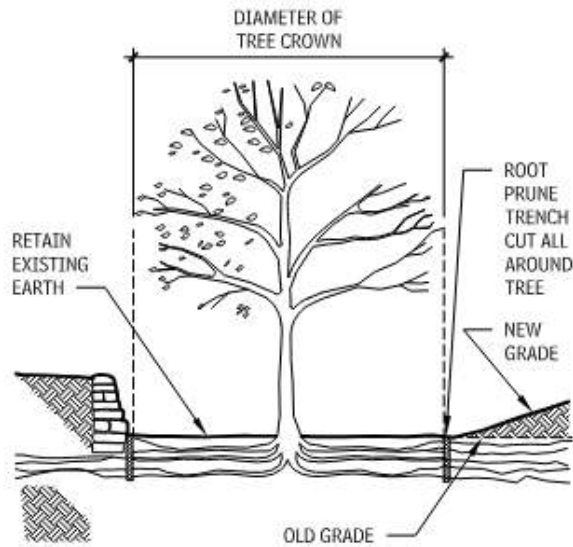


Gambar 7.68 perlindungan pohon dan akar

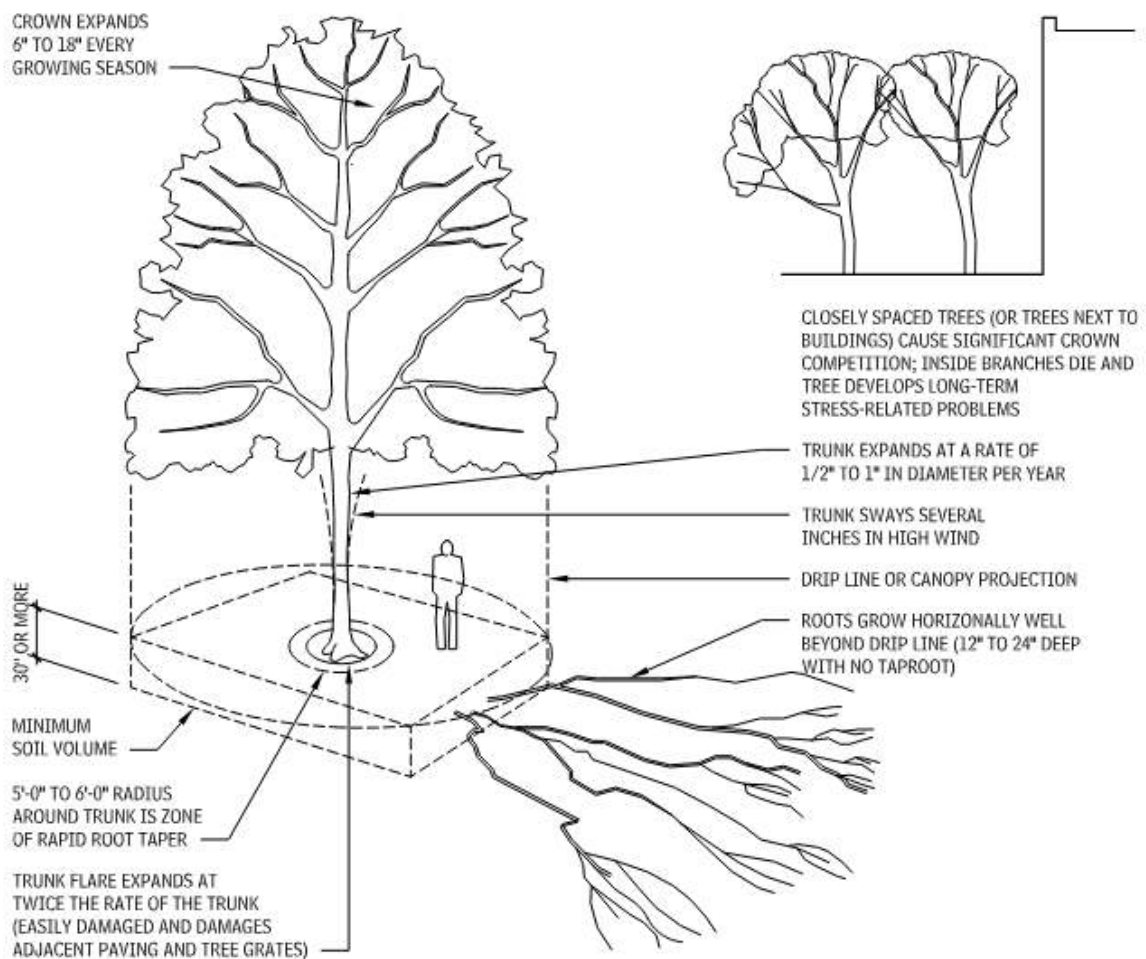
Jika operasi konstruksi harus dilakukan di dalam area penyebaran tajuk, pasang serpihan kayu setebal 6 inci di atas tanah untuk melindunginya. 1. Gunakan alas kayu lapis di atas mulsa di area tempat peralatan harus beroperasi. 2. Lindungi batang pohon dengan papan yang diikat longgar di sekeliling pohon untuk mengurangi kerusakan akibat peralatan. 3. Singkirkan papan, alas, dan mulsa segera setelah operasi selesai. 4. Pasang penghalang seperti yang diilustrasikan dapat mencegah peralatan konstruksi dan personel memadamkan tanah di sekitar akar pohon.



Gambar 7.69 kelas pemotongan di sekitar pohon yang ada



Gambar 7.70 kelas pengisian di sekitar pohon yang ada



Gambar 7.71 struktur pohon bagian dan ciri-ciri tumbuh

Untuk informasi lebih lanjut, tentang topik ini, rujuk ke Standar Amerika untuk Bibit, ANSI Z60.1, yang berisi daftar lengkap standar pembibitan untuk jenis dan ukuran pohon dan

semak lainnya.

Penanaman Pohon Di Daerah Perkotaan

Desain perkotaan tradisional di mana pohon-pohon ditanam dengan jarak yang teratur di celah-celah kecil di dalam area beraspal umumnya menghasilkan kinerja pohon yang buruk karena desain tersebut umumnya tidak menyediakan tanah yang cukup untuk pertumbuhan akar, dan mengabaikan fakta bahwa pohon harus meningkatkan ukuran batang secara signifikan setiap tahun. Selain itu, persaingan untuk mendapatkan ruang, baik di permukaan tanah maupun di bawahnya, sangat ketat di daerah perkotaan.

Meskipun memungkinkan untuk merancang volume tanah yang tidak padat untuk pohon di bawah aspal, namun ini sangat mahal dan tanah itu tidak pernah seefisien di area tanam terbuka. Peningkatan ukuran batang hanya dapat diakomodasi dengan menggunakan bahan fleksibel yang dapat berubah konfigurasi dari waktu ke waktu. Desain perkotaan yang memiliki hubungan fleksibel antara pohon, paving, dan hamparan tanaman serta lahan tanam terbuka yang luas menawarkan peluang terbaik untuk kesehatan pohon jangka panjang dan biaya perawatan yang lebih rendah.

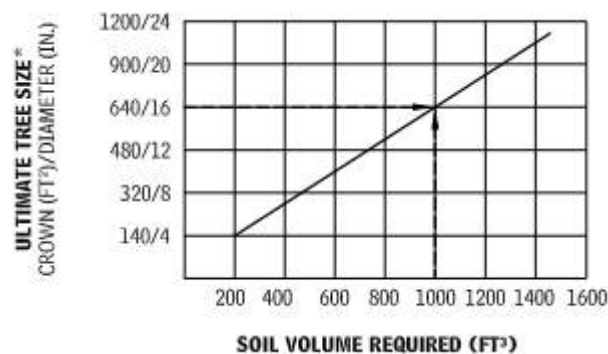
Area pembangunan perkotaan yang padat menyisakan sedikit ruang bagi akar pohon untuk berkembang. Area paving yang luas, persaingan dengan fondasi dan utilitas untuk mendapatkan ruang di bawah tanah, serta pemadatan dan gangguan tanah yang luas membatasi jumlah tanah yang tersedia untuk pohon. Jika area tanah di sekitar pohon terbuka terhadap hujan dan matahari kurang dari 400 hingga 500 kaki persegi per pohon, pedoman desain berikut harus diikuti untuk mendorong pertumbuhan pohon besar yang sehat.

Lima bagian utama struktur pohon harus diakomodasi dalam proses desain:

- **Pertumbuhan tajuk:** Tajuk pohon mengembang setiap musim tanam dengan kecepatan 6 hingga 18 inci per tahun. Setelah tajuk mencapai objek pesaing seperti bangunan atau tajuk pohon lain, pertumbuhan tajuk di area tersebut melambat dan kemudian berhenti. Akhirnya cabang-cabang di sisi pohon tersebut mati. Karena potensi perluasan tajuk berkurang, laju pertumbuhan keseluruhan dan kesehatan pohon akan menurun.
- **Pertumbuhan batang:** Batang pohon membesar sekitar 1/2 hingga 1 inci per tahun. Saat pohon bertambah besar, cabang-cabang yang lebih rendah mati dan batang memanjang. Batang pohon bergerak cukup jauh saat tertiuip angin, terutama selama tahun-tahun awal perkembangan, dan rusak oleh benda-benda di dekatnya.
- **Pelebaran batang:** Pada titik saat batang keluar tanah, sebagian besar spesies pohon mengembangkan pembengkakan atau perluasan yang menonjol saat pohon tumbuh dewasa. Pelebaran ini tumbuh lebih dari dua kali lipat kecepatan diameter batang utama dan membantu pohon tetap stabil secara struktural. Benda keras apa pun yang ditempatkan di area ini, seperti kisi-kisi pohon atau trotoar pembatas, akan merusak pohon atau tergeser oleh kekuatan pertumbuhan yang luar biasa ini.
- **Zona lancip akar yang cepat:** Akar pohon mulai terbentuk di perluasan batang dan terbagi beberapa kali di area sekitar batang. Di area ini, sekitar 5 hingga 6 kaki dari batang pohon, akarnya cepat meruncing dari diameter sekitar 6 inci menjadi sekitar 2

inci. Kerusakan terbesar terjadi pada paving yang berdekatan terjadi di area sekitar pohon. Menjaga zona lancip cepat bebas dari halangan sangat penting untuk kesehatan pohon jangka panjang. Setelah pohon terbentuk, zona lancip cepat umumnya kurang rentan terhadap kerusakan akibat pemadatan daripada bagian lain dari zona akar.

- Zona akar: Akar pohon tumbuh secara radial dan horizontal dari batang pohon dan hanya menempati lapisan atas (12 hingga 24 inci) tanah. Pohon-pohon, kecuali di tanah yang paling baik drainasinya, tidak memiliki akar tunggang. Ada hubungan antara jumlah tajuk pohon dan volume tanah penyangga akar yang dibutuhkan (lihat Gambar 7.71). Hubungan ini merupakan faktor paling penting dalam menentukan kesehatan pohon jangka panjang. Tanah penyangga akar umumnya didefinisikan sebagai tanah dengan drainase yang memadai, pemadatan rendah, dan komponen organik dan nutrisi yang cukup untuk menopang pohon. Zona akar harus dilindungi dari pemadatan selama dan setelah konstruksi. Zona akar yang terhubung dari pohon ke pohon umumnya menghasilkan pohon yang lebih sehat daripada zona akar yang terisolasi.



Gambar 7.72 volume tanah untuk pohon

Volume Tanah untuk Pohon

Ukuran akhir pohon ditentukan oleh ukuran tajuk yang diproyeksikan dan diameter pohon pada ketinggian dada. Misalnya, pohon berdiameter 16 inci membutuhkan 1000 kaki kubik tanah.

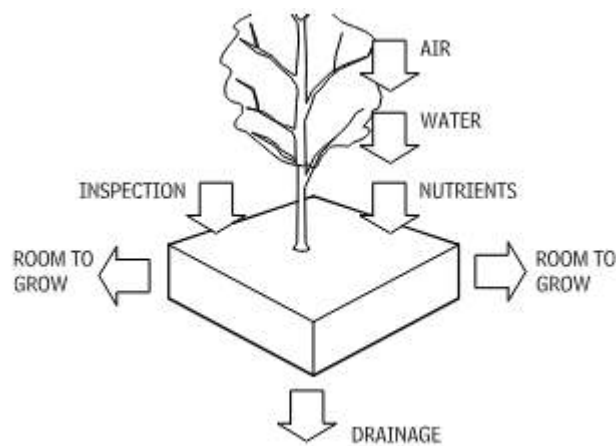
Modifikasi Tanah

Untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air dan nutrisi, lakukan beberapa modifikasi berikut:

- Campur bahan organik secara menyeluruh ke dalam 6 hingga 12 inci teratas dari sebagian besar tanah tanam. (Jangan tambahkan bahan organik ke tanah dengan kedalaman lebih dari 12 inci.) Gunakan kulit kayu yang dikomposkan, limbah halaman yang didaur ulang, lumut gambut, atau lumpur limbah olahan kota. Semua produk harus dikomposkan hingga berwarna gelap dan bebas dari potongan-potongan dengan struktur daun atau kayu yang dapat dikenali. Bahan daur ulang harus diuji pH-nya dan disertifikasi bebas dari bahan beracun oleh pemasok. Hindari bahan dengan pH lebih tinggi dari 7,5.
- Modifikasi tanah liat atau lempung yang berat (lebih dari 40 persen tanah liat atau

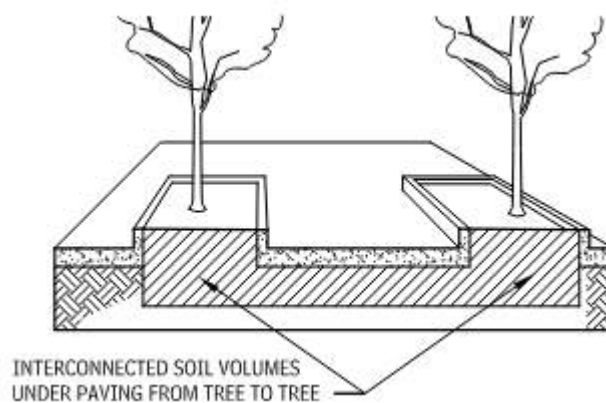
lempung) dengan menambahkan kulit pohon pinus yang dikomposkan (hingga 30 persen berdasarkan volume) dan/atau gipsium. Pasir kasar dapat digunakan jika cukup ditambahkan dalam jumlah yang cukup untuk membuat kandungan pasir mencapai lebih dari 60 persen dari total campuran.

- Perbaiki drainase pada tanah yang berat dengan menanam di gundukan atau bedengan yang ditinggikan dan menyertakan saluran drainase bawah permukaan.
- Modifikasi tanah yang sangat berpasir (lebih dari 85 persen pasir) dengan menambahkan bahan organik dan/atau lempung liat kering yang diparut hingga 30 persen dari total campuran.



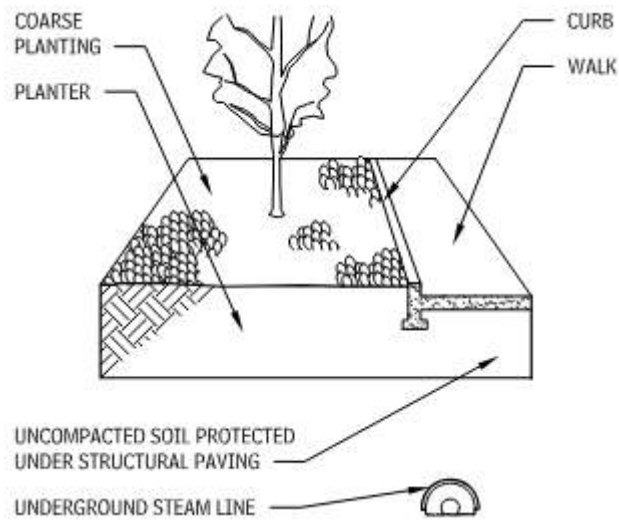
Gambar 7.73 volume tanah persyaratan untuk pohon

Volume tanah yang disediakan untuk pepohonan di daerah perkotaan harus cukup untuk pemeliharaan jangka panjang.



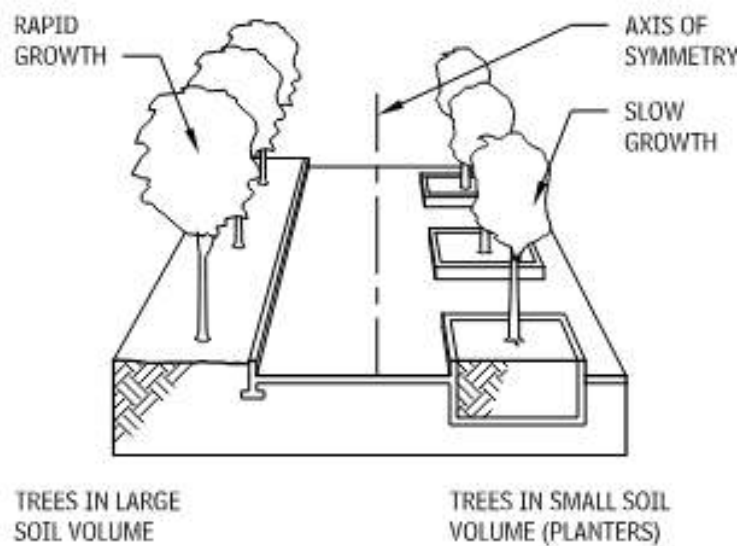
Gambar 7.74 volume tanah kesalahan

Keterhubungan volume tanah dari pohon ke pohon telah diamati dapat meningkatkan kesehatan dan kekuatan pohon.



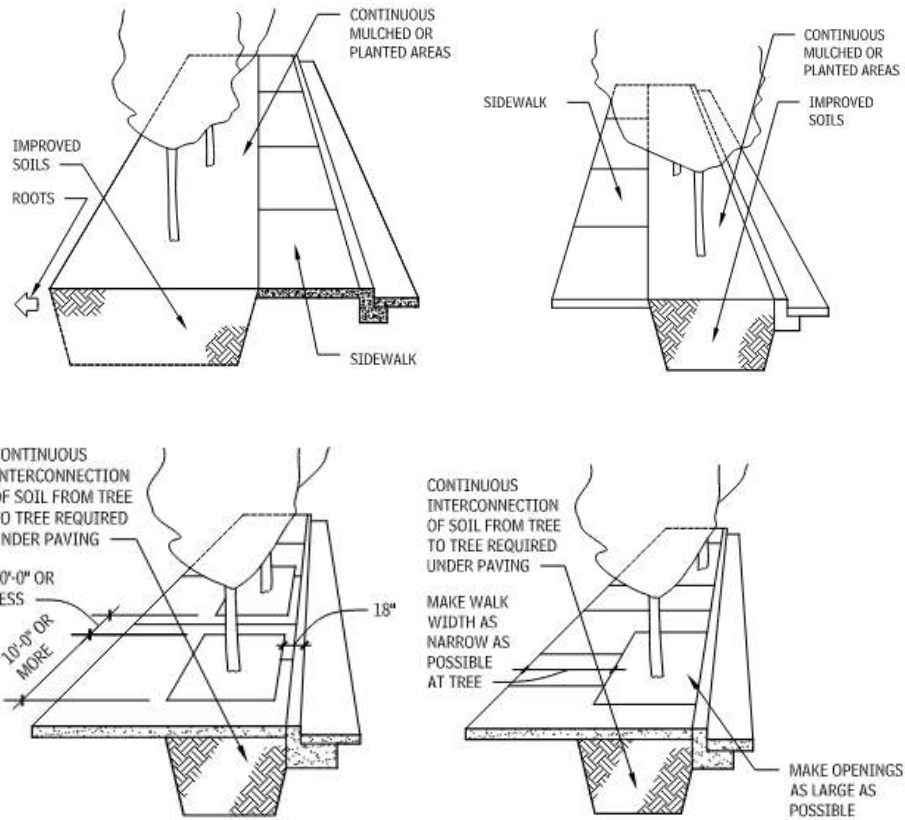
Gambar 7.75 perlindungan tanah dari pemadatan dan penurunan

Penanaman yang menggunakan tanaman kasar berfungsi untuk mencegah pejalan kaki masuk ke dalam area penanaman. Pembatas jalan berfungsi melindungi area penanaman dari pejalan kaki dan garam antibeku. Saluran uap bawah tanah harus diisolasi atau diberi ventilasi untuk melindungi tanah pot tanaman.

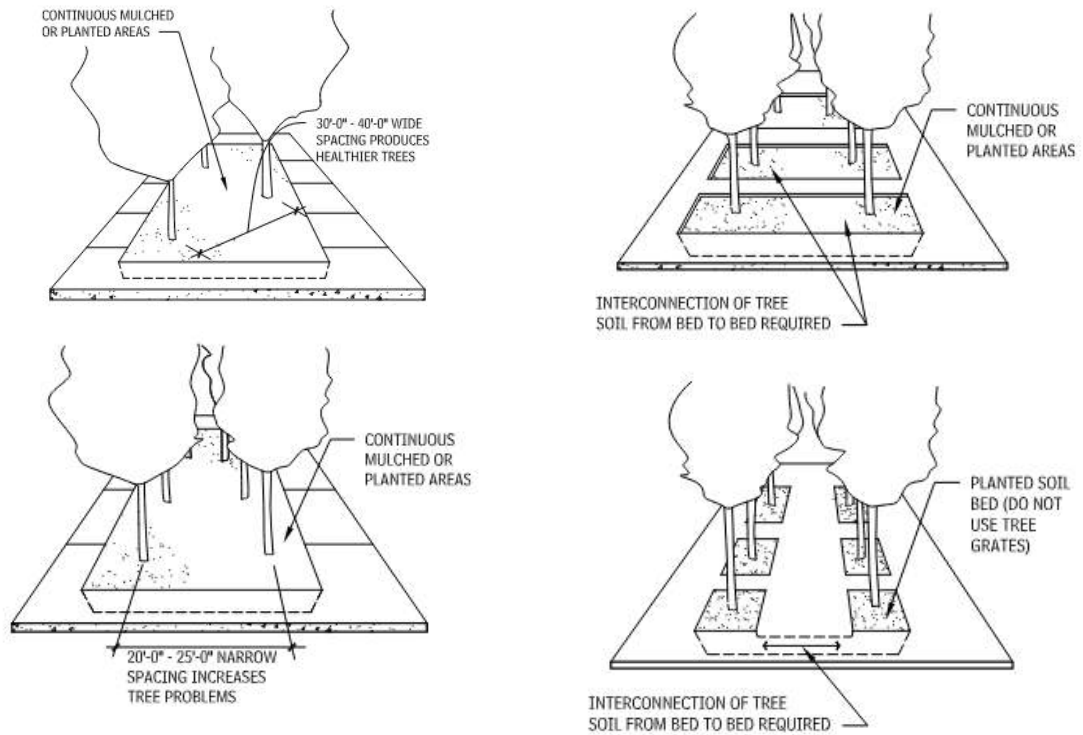


Gambar 7.76 pohon yang simetris secara visual

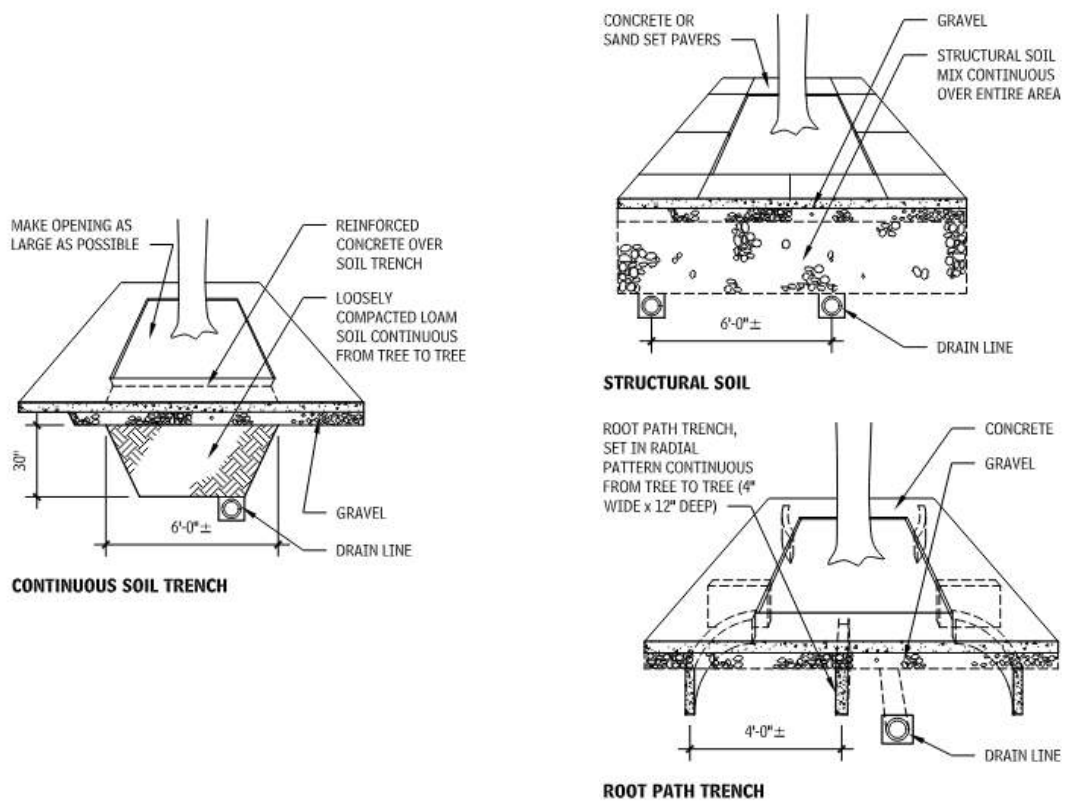
Jika penanaman pohon yang simetris secara visual diperlukan, maka volume tanah yang simetris juga diperlukan untuk menghasilkan pohon dengan ukuran tajuk yang sama.



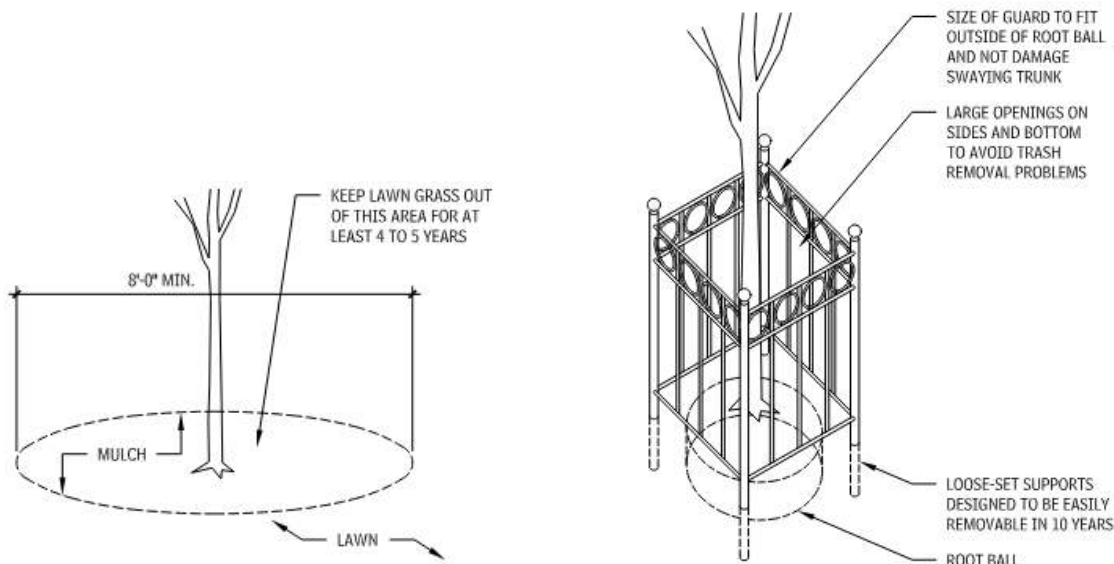
Gambar 7.77 pilihan penanaman di trotoar



Gambar 7.78 pilihan penanaman pohon plaza



Gambar 7.79 pilihan interkoneksi tanah pohon di bawah pengaspalan



Gambar 7.80 pohon yang ditanam di rumput

Gambar 7.81 tree guards (pelindung pohon)

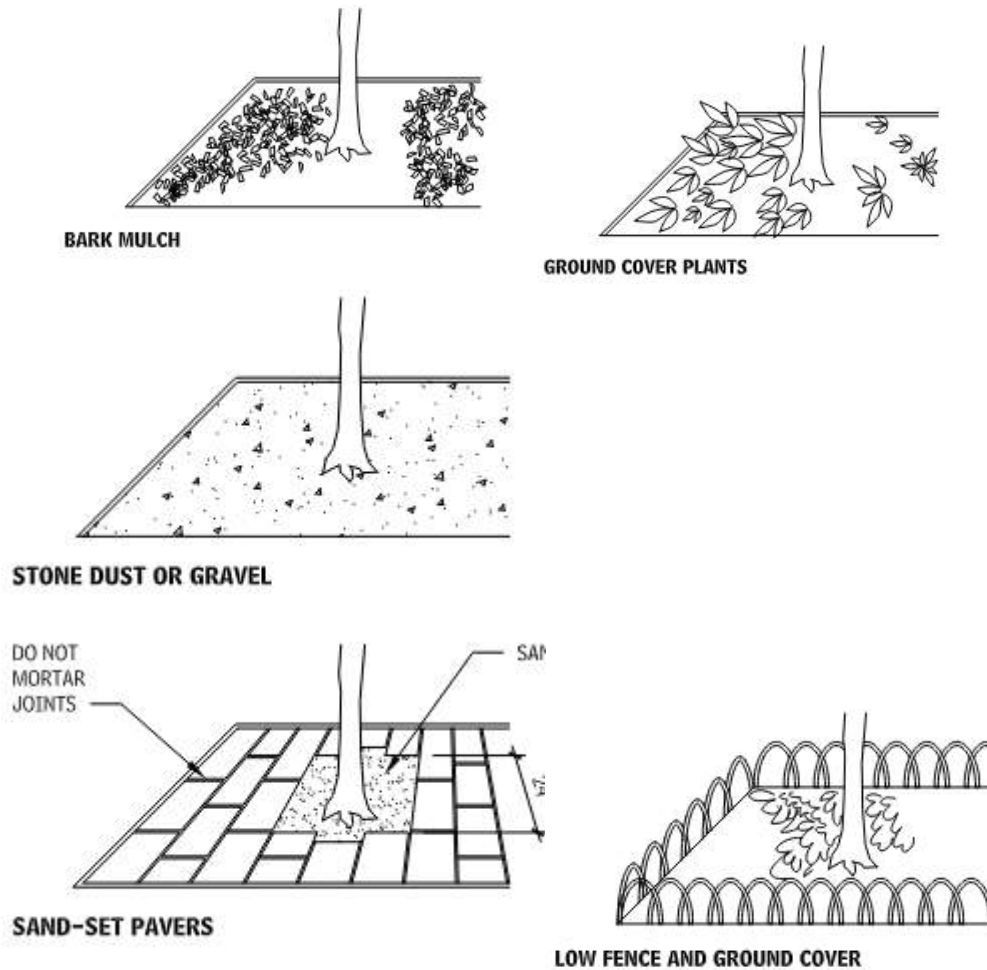
Pohon muda yang ditanam di area halaman rumput menghadapi persaingan yang cukup ketat dari akar rumput. Pelindung pohon (tree guards) bisa melindungi pohon muda dari kerusakan batang yang disebabkan oleh sepeda. Namun, jika ukurannya terlalu kecil (kurang dari 30 inci diameter), pelindung ini justru dapat merusak pohon seiring pertumbuhannya dan sulit untuk dilepas. Biaya yang tinggi serta potensi bahaya bagi pohon

jauh melebihi perlindungan kecil yang diberikan pelindung pohon pada batang. Oleh karena itu, pelindung pohon sebaiknya hanya digunakan di area dengan lalu lintas yang sangat padat.

Catatan

7.78 Opsi Desain Penanaman Pohon di Area Perkotaan. a. Opsi Desain Terbaik: Pisahkan Area Tanam dan Area Pejalan Kaki. Desain ini menyarankan untuk memisahkan area penanaman (taman/bedeng) dan area pejalan kaki. Hindari volume tanah yang kecil dan terputus-putus untuk meminimalkan konflik antara akar pohon dan perkerasan (paving). Opsi ini mendukung kesehatan pohon jangka panjang dan mengurangi biaya pemeliharaan. b. Opsi Desain yang Dapat Diterima: Kanopi Lebih Kecil dan Pertumbuhan Tahunan Kurang. Pada opsi ini, setiap pohon memiliki kanopi (mahkota) yang lebih kecil dengan pertumbuhan tahunan yang kurang. Akibatnya, masalah penyakit dan serangga lebih mungkin terjadi. Seiring waktu, tanaman penutup tanah (ground plantings) akan mati karena naungan dari kanopi pohon. c. Opsi Desain yang Sulit: Masalah Pertumbuhan dan Konflik Akar.

Opsi desain ini kemungkinan akan menimbulkan masalah seperti naungan berlebihan, pertumbuhan pohon yang lambat, dan kesehatan pohon yang buruk. Konflik antara akar dan perkerasan juga cenderung terjadi. d. Opsi Desain Paling Sulit (dan Paling Mahal): Pertumbuhan Lambat dan Konflik Akut. Ini adalah opsi desain yang paling sulit dan paling mahal. Pada desain ini, pertumbuhan pohon yang lambat dan konflik akar/perkerasan yang parah sangat mungkin terjadi. 7.79 Sistem Jalur Akar di Bawah Perkerasan. a. Jalur Akar di Area Perkotaan dengan Subgrade yang Baik: Di area perkotaan di mana lapisan dasar perkerasan (pavement subgrade) adalah tanah yang padat, bebas dari puing-puing, bahan toksik, atau timbunan tanah dengan drainase buruk, sistem jalur akar (root paths) dapat dipasang. Tujuan sistem ini adalah untuk memandu akar tumbuh di bawah perkerasan, di mana mereka memiliki ruang untuk berkembang. Akar-akar ini tumbuh lebih dalam di tanah, menyebabkan lebih sedikit konflik akar/perkerasan dibandingkan akar yang dibiarkan mengeksploitasi kelemahan kecil normal pada perkerasan dan lapisan dasar. b. Pembuatan Parit Jalur Akar: Parit jalur akar dibuat dengan memasang selebar bahan drainase strip (drain strip material)—yaitu inti drainase plastik selebar 12 inci dan tebal 1 inci yang dibungkus dengan kain filter—dalam parit sempit, kemudian menimbunnya kembali dengan tanah gembur (loam topsoil). Ini memungkinkan udara dan air mengalir lebih bebas ke dalam tanah di bawah perkerasan. Setelah itu, pasang kain geotekstil dan bahan dasar kerikil, barulah kemudian pasang perkerasan. c. Batasan Penggunaan Jalur Akar: Jalur akar tidak dapat menggantikan parit tanah yang lebih besar atau tanah tanam struktural di area di mana kondisi tanah yang ada sangat buruk untuk eksplorasi akar. Ini berarti jalur akar adalah solusi pelengkap, bukan pengganti untuk kebutuhan volume tanah yang memadai di kondisi tanah yang sangat menantang.



Gambar 7.82 perlindungan dasar pohon

Pagar rendah dan tanaman penutup tanah

Alternatif untuk kisi-kisi pohon (dan pelindung) meliputi penutup organik yang lebih lembut yang lebih sesuai dengan tujuan, lebih murah, dan memerlukan lebih sedikit perawatan selama umur pohon.

Memilih Tanaman untuk Penanaman di Atap

Saat memilih tanaman untuk area atap, ada beberapa faktor penting yang perlu Anda pertimbangkan dengan cermat:

- **Toleransi Angin:** Lokasi yang lebih tinggi dan paparan angin kencang bisa menyebabkan defoliasi (rontoknya daun) serta meningkatkan laju transpirasi (penguapan air dari tanaman). Dinding parapet tinggi dengan kisi-kisi (louvers) dapat membantu mengurangi kecepatan angin dan memberikan perlindungan bagi tanaman Anda.
- **Tingkat Penguapan Tinggi:** Efek pengeringan dari angin dan matahari pada tanah di dalam wadah tanam (*planter*) akan mengurangi kelembapan tanah dengan cepat. Irigasi, mulsa, dan bahan tambahan tanah penahan kelembapan seperti *diatomaceous earth* atau bahan organik sangat membantu mengurangi kehilangan kelembapan ini.
- **Fluktuasi Suhu Tanah yang Cepat:** Perbedaan kapasitas konduksi material *planter* menyebabkan rentang suhu tanah yang luas pada *planter* dari bahan yang berbeda.

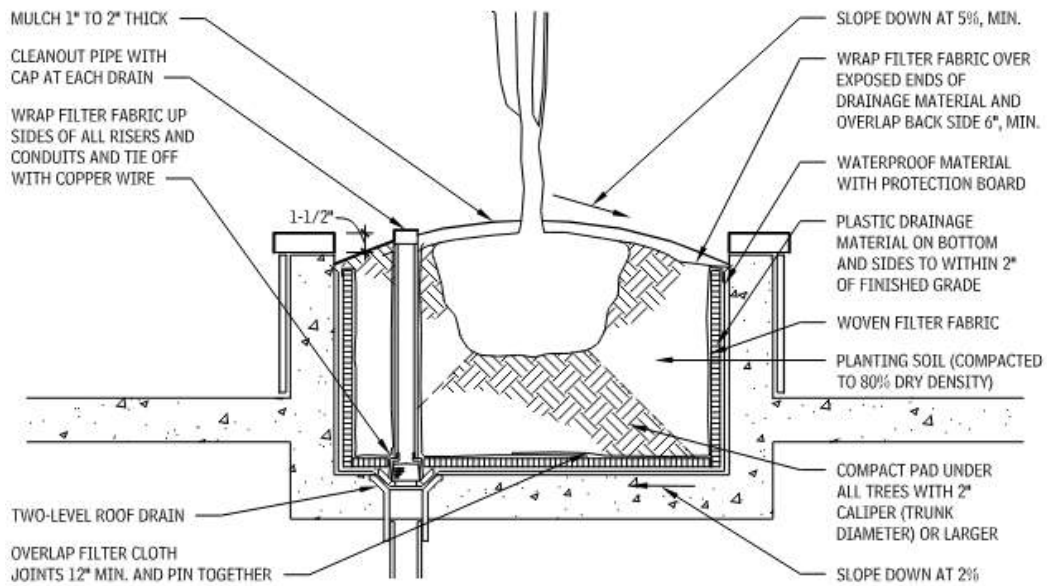
Suhu dingin atau panas ekstrem bisa menyebabkan kerusakan akar parah pada beberapa spesies tanaman. Drainase yang baik membantu meringankan kondisi ini.

- Lapisan Tanah Atas (Topsoil) Perbaiki kualitas lapisan tanah atas (*topsoil*) di dalam *planter* untuk menyediakan kondisi pertumbuhan optimal bagi tanaman yang dipilih. Formula umum menyarankan penambahan pupuk (ditentukan berdasarkan uji tanah) dan satu bagian lumut gambut (peat moss) untuk lima bagian tanah liat berpasir (*sandy loam topsoil*). Persyaratan yang lebih spesifik untuk varietas tanaman atau rumput tertentu juga perlu dipertimbangkan.
- Kapasitas Akar Pilih spesies tanaman dengan hati-hati, pertimbangkan adaptasinya terhadap ukuran bedengan tanaman (*plant bed*). Jika Anda menggunakan spesies dengan akar dangkal dan berserat alih-alih spesies dengan sistem akar kasar, konsultasikan dengan penasihat pembibitan. Penting juga untuk mempertimbangkan ukuran kematangan akhir spesies tanaman saat menentukan ukuran *planter*.

Detail Penanaman di Atap

Ada lima faktor utama yang harus dipertimbangkan ketika merancang penanaman di atap:

- Kedalaman Tanah minimum dalam wadah tanam (*planter*) bervariasi tergantung jenis tanamannya: Untuk pohon besar, tanah sebaiknya sedalam 36 inci, atau 6 inci lebih dalam dari *root ball* (gumpalan akar). Untuk pohon kecil, kedalamannya 30 inci. Untuk semak-semak, kedalamannya 24 inci. Dan untuk rumput, kedalamannya 12 inci (atau 10 inci jika dialiri irigasi).
- Volume Tanah Untuk menentukan volume tanah yang cukup, Anda bisa merujuk pada grafik yang terdapat di Gambar 7.72, "Volume Tanah untuk Pohon."
- Berat Tanah jenuh campuran tanah normal berkisar antara 100 hingga 120 *pcf* (pon per kaki kubik), tergantung pada jenis tanah dan tingkat pemadatannya. Tanah bisa dibuat lebih ringan dengan menambahkan serpihan serpih yang diperluas (*expanded shale*) atau perlite. Penting untuk dicatat bahwa tanah yang lebih ringan dari 80 *pcf* tidak dapat menyediakan struktur yang memadai untuk menopang pohon.
- Kain Drainase sebaiknya memiliki ketebalan minimal 1/2 inci. Meskipun sebagian besar bahan drainase datang dengan kain filter yang sudah terpasang, sambungan tumpang tindihnya seringkali tidak cukup lebar untuk tanah yang belum terkonsolidasi di dalam *planter*. Oleh karena itu, Anda perlu memasang lapisan kedua kain filter tenun yang lebarnya lebih dari 10 kaki. Selipkan kain ini di atas bagian atas bahan drainase yang terbuka untuk mencegah tanah masuk ke lapisan drainase.
- Isolasi Kebanyakan *planter* tidak memerlukan isolasi. Namun, di iklim yang lebih dingin, *planter* dengan volume tanah kecil yang berada di atas struktur yang dipanaskan mungkin membutuhkan isolasi. Untuk daftar tanaman yang tahan dingin, sebaiknya konsultasikan dengan sumber informasi lokal.

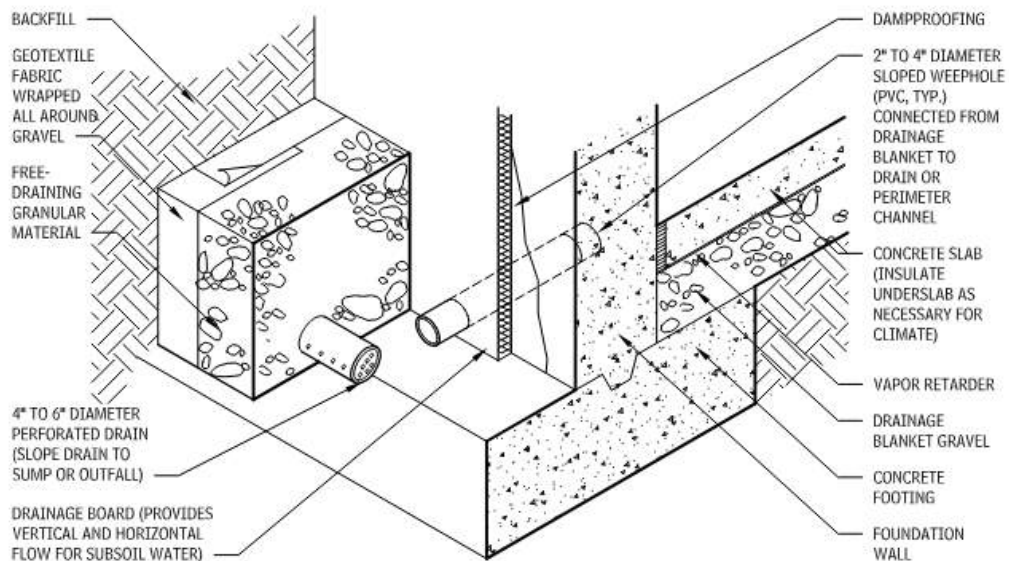


Gambar 7.83 potongan atap

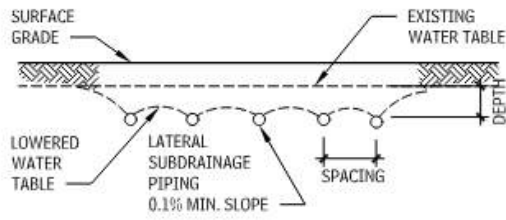
7.11 UTILITAS SIPIL/MEKANIK DI LOKASI Sistem Drainase Bawah Permukaan

Sistem drainase bawah permukaan memiliki desain teknik yang sangat berbeda dari sistem drainase permukaan. Sistem drainase permukaan mencepat dan mengumpulkan limpasan air hujan dan menyalurkannya menjauh dari bangunan dan lokasi dengan menggunakan saluran masuk dan saluran pembuangan air hujan yang besar.

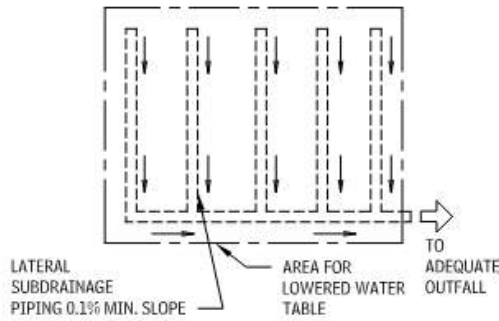
Sistem drainase bawah permukaan biasanya berukuran dan berkapasitas lebih kecil dan dirancang untuk mencepat aliran bawah tanah yang lebih lambat dari muka air tanah alami, aliran air bawah tanah, atau infiltrasi tanah dari sumber permukaan. Sistem permukaan dan bawah permukaan biasanya memerlukan pembuangan melalui stasiun pompa atau dengan drainase gravitasi ke saluran pembuangan yang memadai.



Gambar 7.84 pipa drainase pondasi

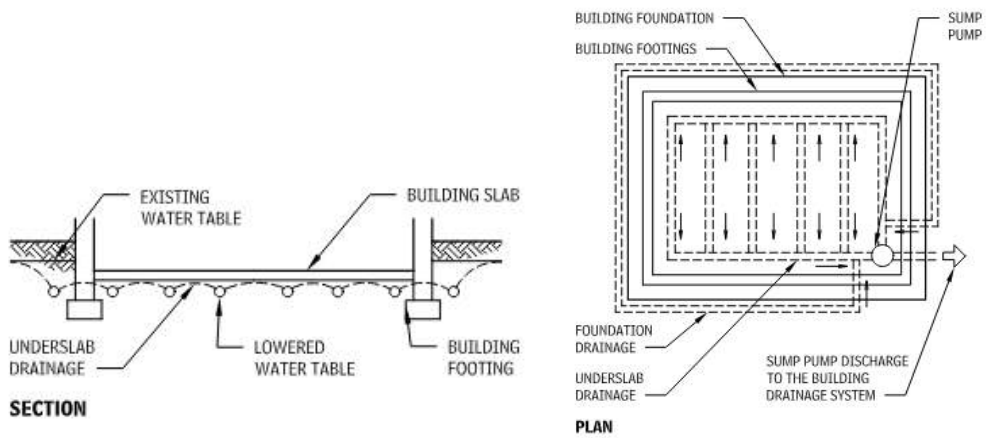


SECTION



PLAN

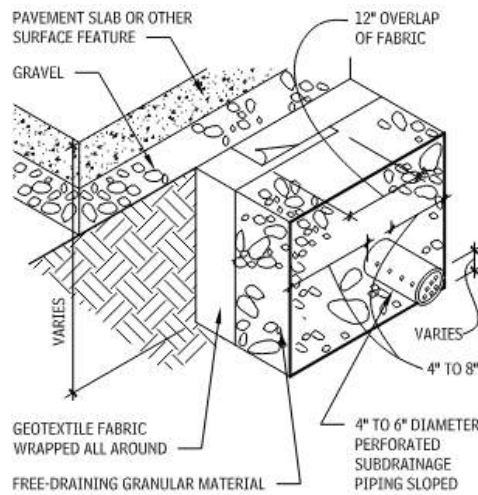
Gambar 7.85 perpipaan subdrainase



SECTION

PLAN

Gambar 7.86 drainase bawah pelat



Gambar 7.87 detail subdrainase umum

Utilitas Drainase Air Hujan

Utilitas drainase air hujan dirancang untuk mengumpulkan dan membuang limpasan air hujan untuk mencegah aliran air merusak struktur bangunan (melalui kebocoran pondasi), struktur lokasi, dan permukaan tanah (melalui erosi). Dua jenis dasar drainase permukaan adalah sistem terbuka dan sistem tertutup.

- Sistem terbuka, yang memanfaatkan parit/swale dan gorong-gorong, umumnya digunakan di daerah yang berpenduduk lebih sedikit, lebih terbuka, di mana aliran air di atas permukaan tanah dapat diakomodasi dengan cukup mudah.
- Sistem tertutup, yang memanfaatkan pipa, bak masuk/tangkapan, dan lubang got, umumnya digunakan di daerah perkotaan yang lebih padat penduduk, di mana lahan harus digunakan secara efisien dan air dibawa ke bawah permukaan dengan cepat untuk menghindari gangguan dari aktivitas manusia.

Kedua sistem tersebut biasanya digabungkan jika medan, kepadatan manusia, dan penggunaan lahan menentukan.

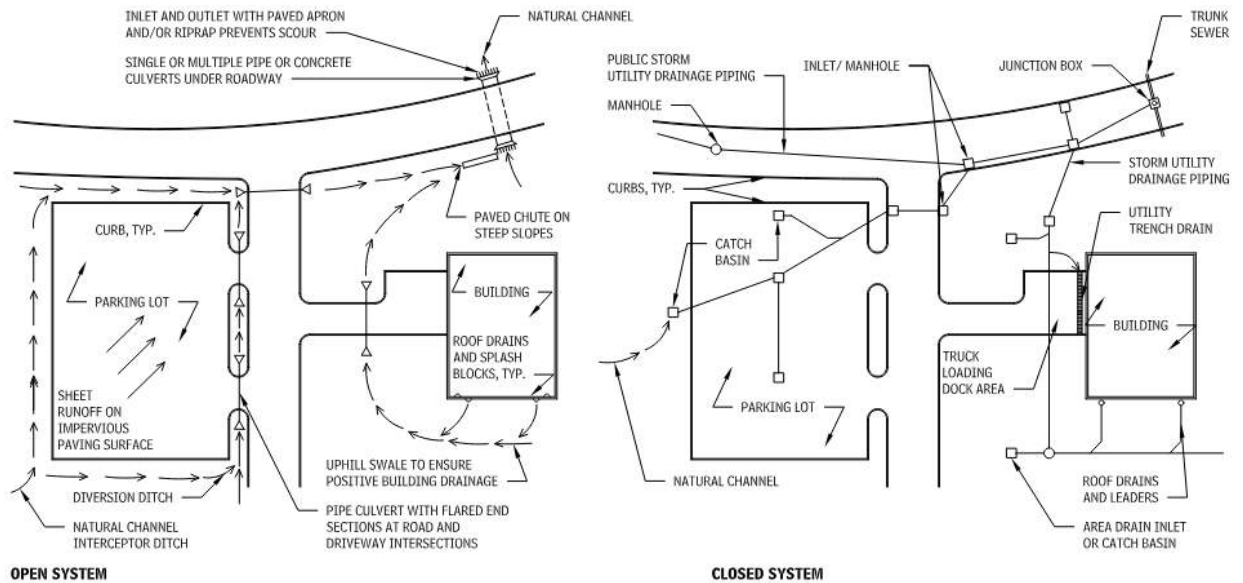
Perkerasan berpori atau tembus air sering digunakan untuk parkir dan permukaan lokasi keras lainnya. Sistem drainase ini memungkinkan air meresap melalui permukaan beraspal ke dalam tanah, mirip dengan cara tanah menyerap air secara alami.

Pertimbangan Desain Untuk Sistem Drainase Permukaan

Saat mendesain sistem drainase permukaan, ikuti panduan berikut:

- **Aksesibilitas (ADA):** Rancang semua kemiringan, kisi-kisi, saluran, dan fitur drainase lainnya sesuai dengan ADA (Americans with Disabilities Act), tanpa membatasi rute yang dapat diakses oleh penyandang disabilitas. Selalu rujuk kode, standar, dan peraturan yang berlaku mengenai persyaratan aksesibilitas.
- **Perlindungan Bangunan:** Atur kemiringan agar air limpasan dapat mengalir dengan aman menjauhi bangunan. Jika saluran drainase tersumbat, jangan biarkan air yang tergenang menumpuk di sekitar pondasi.
- **Efisiensi Biaya:** Ingatlah bahwa sistem terbuka, atau sistem di mana air tetap berada di permukaan selama mungkin, umumnya lebih ekonomis daripada sistem tertutup.
- **Dampak Es:** Pertimbangkan efek pembentukan es di permukaan saat menentukan kemiringan untuk kendaraan dan pejalan kaki, terutama di daerah dengan musim dingin yang ekstrem.
- **Peraturan Lokal:** Konsultasikan kode lokal mengenai kriteria seperti intensitas dan durasi hujan badai, serta limpasan yang diizinkan untuk wilayah setempat.

Perlu dicatat bahwa rumus yang diberikan dalam pembahasan ini hanya dimaksudkan sebagai perkiraan. Konsultasikan dengan insinyur atau arsitek lanskap yang berkualifikasi untuk merancang sistem khusus lokasi.



Gambar 7.88 utilitas drainase badai (perkerasan kedap air)

Tabel kecepatan aliran 7.89

KECEPATAN (SALURAN)	MINIMAL (FT/SEC)	MAKSIMAL (FT/SEC)
Rumput—lapangan atletik	0.5	2
Jalur pejalan kaki—memanjang	0.5	12*
Jalur pejalan kaki—melintang	1	4
Jalan—memanjang	0.5	20
Parkir	1	5
Saluran—alur rumput	1	8
Saluran—alur beraspal/berpaving	0.5	12

Catatan:

7.89 Untuk aksesibilitas, kemiringan maksimum adalah 8,3 persen.

7.90 Berikut adalah metode sederhana untuk menghitung perkiraan limpasan air pada area kurang dari 100 hektar:

Rumus: $Q=C \times I \times A$

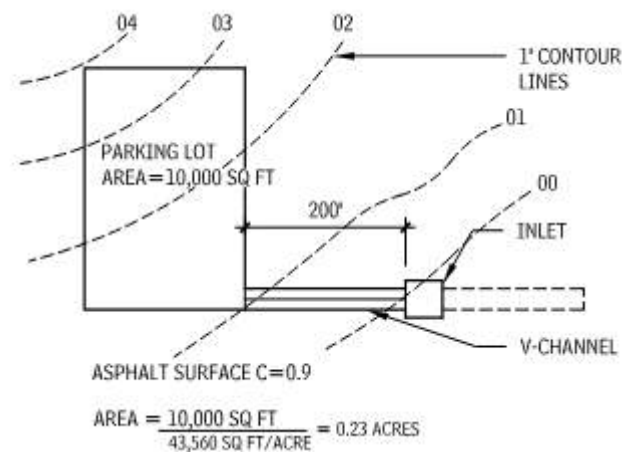
Keterangan:

- Q = Debit aliran (kaki kubik/detik)
- C = Nilai limpasan permukaan (lihat Tabel 7.91)
- I = Intensitas curah hujan (inci/jam; dapat diperoleh dari layanan cuaca)
- A = Luas area (hektar)

Contoh: Misalnya, kode lokal mensyaratkan intensitas curah hujan (I) = 5 inci/jam:

$Q=C \times I \times A$ $Q=0,9 \times 5 \times 0,23$ $Q=1,04$ kaki kubik/detik

Q adalah perkiraan volume air per detik yang masuk ke saluran V dari area parkir.



Gambar 7.90 perhitungan air limpasan

Gambar 7.91 nilai aliran permukaan (c)

Permukaan	Value*
Atap	0.95–1.00
Perkerasan	0.90–1.00
Jalan	0.30–0.90
Tanah kosong—pasir	0.20–0.40
Tanah kosong—tanah liat	0.30–0.75
Rumput	0.15–0.60
Pengembangan komersial	0.60–0.75
Pengembangan perumahan kepadatan tinggi	0.50–0.65
Pengembangan perumahan kepadatan rendah	0.30–0.55

7.12 SISTEM PERKERASAN BERPORI

Material perkerasan berpori, metode untuk menentukan ukuran saluran, dan pertimbangan desain untuk sistem perkerasan berpori merupakan topik bagian ini.

Material Perkerasan Berpori

Dua jenis utama perkerasan berpori adalah material permukaan monolitik dan unit paver.

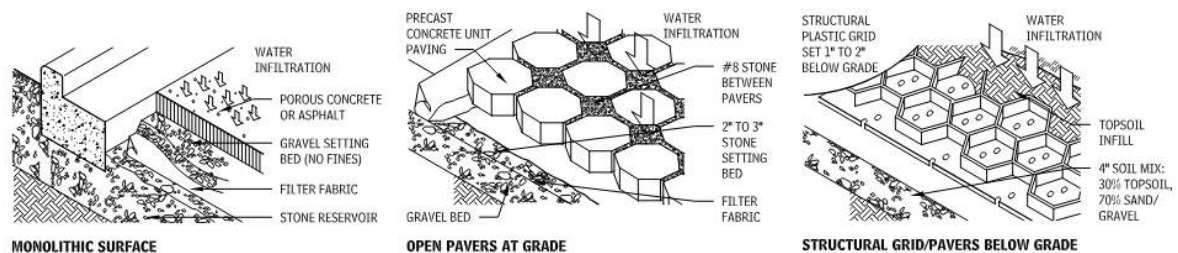
- Perkerasan berpori monolitik adalah agregat batu yang diikat dengan aspal atau semen portland. Agregat tersebut harus disortir untuk menyingkirkan partikel "halus" atau berukuran pasir yang biasanya mengisi rongga di antara potongan-potongan yang lebih besar. Tanpa partikel halus, air dapat mengalir melalui material perkerasan. Secara umum, aspal dan beton berpori cukup kuat untuk permukaan tempat parkir dan jalan raya serta penggunaan pejalan kaki.
- Unit paver beton pracetak, dengan bentuk yang memungkinkan air mengalir melaluinya, sambil tetap memberikan stabilitas permukaan untuk tempat parkir atau jalan masuk. Jenis paver tersedia untuk penempatan yang terbuka, atau untuk

penguburan tepat di bawah permukaan. Dalam kasus terakhir, kerikil tanah-kacang atau vegetasi di paver terbuka dan dapat membantu meresapkan presipitasi ke dalam tanah.

Untuk mengurangi limpasan dan meningkatkan penyerapan air, paving berpori harus dilapisi dengan lapisan agregat tak terikat. Agregat tak terikat tersebut berfungsi sebagai penopang struktural dan membentuk reservoir untuk menampung curah hujan hingga dapat meresap ke dalam tanah. Penggunaan paving berpori dapat memungkinkan penggunaan sistem drainase badai yang jauh lebih kecil dan lebih sederhana.

Metode Untuk Menentukan Ukuran Saluran

Saluran dan pipa untuk menangani limpasan air dapat diukur dengan menentukan aliran air (Q) dengan rumus $Q = Va$. V adalah kecepatan air limpasan dalam kaki/detik sebagaimana ditentukan oleh rumus Manning, dan a adalah luas penampang air yang diberikan dalam kaki persegi. Untuk nilai Q tertentu, sesuaikan bentuk, ukuran, dan/atau kemiringan saluran atau pipa untuk mendapatkan kecepatan yang diinginkan (yang tidak akan mengikis tanah, parit rumput, atau fitur lainnya). Rumus Manning adalah $V = 1,486/n \times r^{0,67} \times S^{0,5}$, di mana n = nilai yang berkaitan dengan karakteristik permukaan saluran (lihat Tabel 7.94), r = radius hidrolis (lihat Tabel 7.95), dan S = kemiringan (penurunan dalam ft/panjang).



Gambar 7.92 jenis perkerasan porous

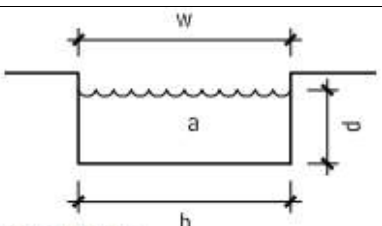
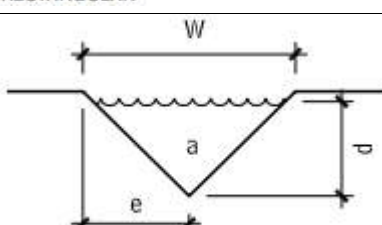
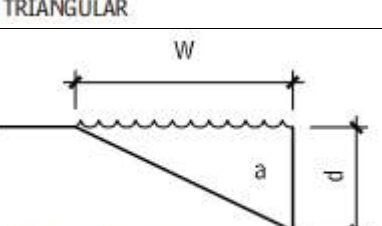
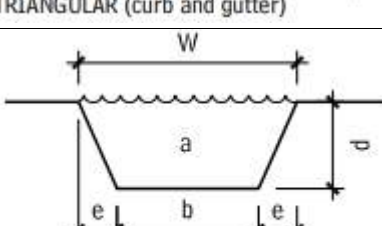
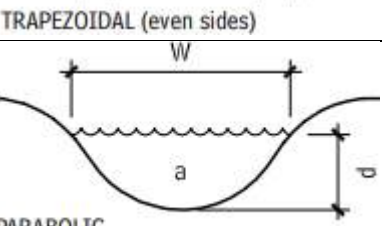
Tabel 7.93 lereng

Deskripsi	Minimum %	Maksimum %	Rekomendasi%
Rumput—dipotong	1	25	1.5–10
Rumput—lapangan atletik	0.5	2	1
Jalur pejalan kaki—memanjang	0.5	12a	1.5
Jalur pejalan kaki—melintang	1	4	1–2
Jalan—memanjang	0.5	20	1–10
Parkir	1	5	2–3
Saluran—alur rumput	1	8	1.5–2
Saluran—alur beraspal/berpaving	0.5	12	4–6

Tabel 7.94 nilai untuk rumus manning

Permukaan saluran	N
Besi cor	0.012
Baja bergelombang	0.022
Ubin tanah liat	0.014
Mortar semen	0.013
Beton	0.015
Selokan tanah	0.023
Saluran batuan potong	0.033
Saluran berliku	0.025

Tabel 7.95 sifat hidrolik pada bagian saluran umum

Jenis penampang	Lebar (w)	Dasar (b)	Kedalaman (d)	Luas penampang air (a)	Keliling basah (p)	Jari-jari hidraulic (r)
 <p>RECTANGULAR</p>	$b \text{ or } \frac{a}{d}$	$W \text{ or } \frac{a}{d}$	$\frac{a}{b}$	wd	$W + 2d$	$\frac{d}{\frac{1 + 2d}{w}}$
 <p>TRIANGULAR</p>	$2e$	—	$\frac{a}{e}$	ed	$e\sqrt{e^2 + d^2}$	$\frac{ed}{2\sqrt{e^2 + d^2}}$
 <p>TRIANGULAR (curb and gutter)</p>	$\frac{2a}{d}$	—	$\frac{2a}{W}$	$\frac{Wd}{2}$	$d\sqrt{d^2 + w^2}$	$\frac{2Wd}{d\sqrt{W^2 + W}}$
 <p>TRAPEZOIDAL (even sides)</p>	$b + 2e$	$W - 2e$	$\frac{a}{b + e}$	$d(b + 2e)$	$b + 2\sqrt{e^2 + d^2}$	$\frac{d(b + e)}{b + 2\sqrt{e^2 + d^2}}$
 <p>PARABOLIC</p>	$\frac{a}{0.67d}$	—	$\frac{a}{0.67W}$	$0.67Wd$	$w + \left(\frac{82d^2}{3w}\right)$	$\frac{a}{w + \left(\frac{8d^2}{3w}\right)}$

Misalnya, asumsikan saluran beton berbentuk V sepanjang 200 kaki yang $W = 2$ kaki
 $h = 0,5$ kaki
 $S = 0,005$ (1 kaki/200 kaki)
 $r = 0,37$ (dihitung menggunakan properti saluran berbentuk V)
 $V = (1,486/0,015) \times 0,250,67 \times 0,0050,5$
 $V = 2,6$ kaki/detik (lihat Tabel 7.141).

Untuk memeriksa aliran, ikuti langkah-langkah berikut:

$Q = Va$ (a dari properti saluran)

$Q = 2,6 \times 0,5 = 1,3$ kaki kubik/detik

Gunakan rumus untuk menghitung limpasan ($Q = C \times I \times A$) untuk menentukan aliran yang diperlukan untuk suatu lokasi; bandingkan dengan kapasitas saluran yang berukuran sesuai dengan rumus Manning untuk menentukan apakah desain saluran tersebut memuaskan.

Pertimbangan Desain Untuk Sistem Perkerasan Berpori

Pertimbangan desain saat bekerja dengan sistem perkerasan berpori meliputi hal berikut:

- Tanah di sekitar pemasangan perkerasan berpori harus memiliki laju perkolasi minimum sekitar 1/2 inci/jam, dan tanah liat tidak boleh lebih dari sekitar 30 persen. Di lokasi dengan kemiringan lebih dari 3 persen, pembuatan teras pada area beraspal memungkinkan dasar setiap reservoir tetap rata.
- Spesifikasi dan pengawasan yang tepat penting dalam pemasangan material perkerasan berpori. Tanah di bawah reservoir tidak boleh dipadatkan secara berlebihan selama konstruksi.
- Beton berpori dapat menahan beban yang lebih berat daripada aspal berpori. Karena tidak melunak dalam cuaca panas dan mungkin lebih rentan terhadap kerusakan akibat pembekuan/pencairan, beton berpori lebih cocok untuk iklim yang lebih hangat. Aditif dapat ditambahkan untuk meningkatkan kinerja iklim dingin.
- Aspal berpori memiliki ketahanan yang baik terhadap pembekuan/pencairan, tetapi paling cocok untuk area dengan lalu lintas terbatas, seperti tempat parkir karyawan.
- Meskipun penyumbatan pada paving berpori monolitik umumnya tidak menjadi masalah, perawatan yang disarankan dapat mencakup penggunaan penyedot debu hidro sekali atau dua kali setahun, serta pembuangan daun dan pasir yang tertiuip angin dengan segera.
- Waduk di bawah paving berpori tidak memiliki kedalaman tetap, tetapi dirancang sesuai dengan kemiringan lokasi, laju perkolasi tanah, dan ukuran badai yang direncanakan. Konsultasikan dengan insinyur sipil atau arsitek lanskap.

7.13 SISTEM PENGENDALIAN AIR LIMPASAN

Sistem Lahan Basah Alami

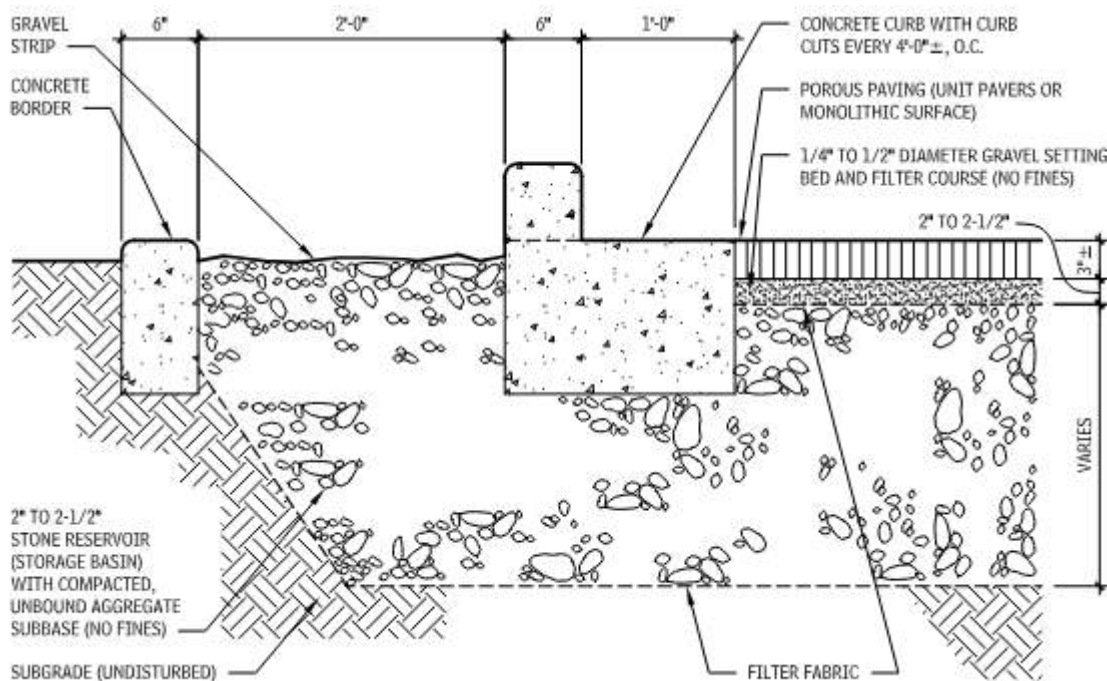
Lahan basah secara alami menahan dan menyaring air. Tersebar di seluruh Amerika Serikat, dari daerah tropis hingga tundra, lahan basah terbentuk di cekungan lanskap tempat muka air tanah berada dekat atau di permukaan tanah. Ukurannya bisa sekecil meja atau

membentang puluhan ribu hektar. Tidak ada satu definisi yang tunggal, benar, dan secara ekologis tepat untuk lahan basah, terutama karena keragamannya. Sistem ini adalah bagian penting dari ekosistem karena mereka memproduksi makanan dan kayu, memurnikan air minum, menyerap dan menyimpan air banjir, menekan gelombang badai, dan membantu menjaga keanekaragaman hayati. Air disuplai ke lahan basah baik dari sumber permukaan (misalnya, aliran atau sungai) atau dari air tanah

Sensitivitas lahan basah menentukan jarak penyangga yang tepat antara lahan basah dan area yang dikembangkan. Zona penyangga, yang dapat berkisar dari 30 hingga 300 kaki atau lebih, harus menanggapi dampak limpasan yang mungkin terjadi pada ekosistem lahan basah. (Konsultasikan dengan ilmuwan lahan basah untuk merumuskan jarak penyangga.)

Secara umum, empat isu sensitivitas lahan basah harus dipertimbangkan:

- Hidrologi: Sumber air lahan basah dapat diubah oleh pembangunan.
- Vegetasi: Spesies tanaman di lahan basah memiliki tingkat ketahanan yang berbeda.
- Kondisi ekologis: Sistem yang lebih murni lebih sensitif terhadap polusi pembangunan dan limpasan.
- Spesies hewan: Burung yang bersarang, misalnya, membutuhkan jarak penyangga yang lebih besar daripada unggas air yang berhibernasi.



Gambar 7.96 detail wadah batu dan paving berpori

Tindakan Pengendalian Limpasan Di Tempat

Arsitek dapat menggunakan beberapa tindakan di tempat untuk mengendalikan limpasan dalam proyek pembangunan. Salah satu yang paling umum digunakan adalah area penyimpanan terbuka sederhana untuk limpasan. Konfigurasi sistem terbuka tersebut bervariasi, tergantung pada tingkat penanganan polutan yang diinginkan. Biasanya disebut kolam penyimpanan, cekungan retensi, atau (jika dibuat menyerupai lingkungan alami) lahan

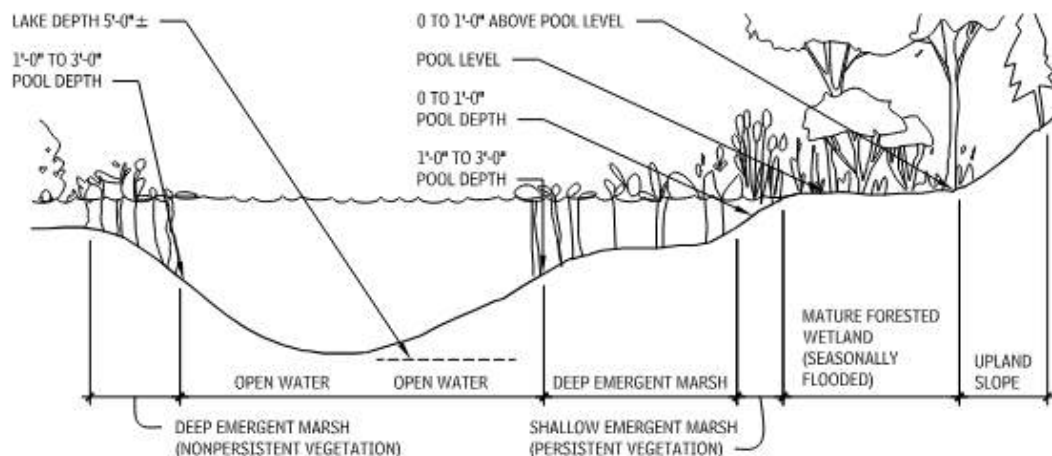
basah air hujan buatan, sistem terbuka umumnya beroperasi lebih menyeluruh dengan waktu retensi yang lebih lama.

Kolam penyimpanan sederhana biasanya kering di antara badai setelah limpasan menguap atau meresap ke dalam air tanah. Kolam kering terkadang mencakup area bawah yang basah untuk retensi limpasan tambahan. Kolam basah secara permanen basah, yang memungkinkan polutan mengendap di dasar. Kolam basah yang memperpanjang waktu retensi limpasan dengan perangkat kontrol dapat menghilangkan persentase polutan partikulat yang sangat tinggi.

Lahan basah buatan (daerah rawa dangkal yang direkayasa) menahan limpasan untuk jangka waktu lama, yang memungkinkan polutan mengendap keluar dari kolom air dan menyediakan proses biologis, kimia, dan fisik untuk mengurai polutan. Vegetasi lahan basah memperlambat kecepatan air hujan, mengurangi erosi, dan memungkinkan polutan mengendap. Banyak senyawa organik dan anorganik dihilangkan dari lahan basah melalui proses kimia penyerapan, presipitasi, dan penguapan.

Lahan basah buatan juga dapat menyaring nutrisi berlebih seperti nitrogen dan fosfor yang terkandung dalam limpasan dari kebun dan tangki septik. Untuk menentukan ukuran lahan basah yang digunakan untuk pengendalian limpasan air hujan dengan benar, pertimbangkan total volume dan kecepatan air yang masuk dan keluar dari sistem.

Keuntungan potensial dari penggunaan lahan basah buatan adalah biaya modal dan operasinya relatif rendah, menawarkan kepatuhan yang konsisten terhadap persyaratan izin, dan sangat mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan.



Gambar 7.97 penampang lintang air tawar alami, tanah basah nonidal

Lahan Basah Air Hujan

Lahan basah air hujan dapat didefinisikan sebagai sistem buatan yang dirancang secara eksplisit untuk mengurangi efek kualitas dan kuantitas air hujan pada pembangunan perkotaan. Sistem ini menyimpan limpasan air hujan sementara di kolam dangkal yang menciptakan kondisi tumbuh yang cocok untuk tumbuhan lahan basah *emergent* dan *riparian*. Kombinasi dari penyimpanan limpasan, mikrotopografi yang kompleks, dan tumbuhan *emergent* di lahan basah buatan membentuk matriks ideal untuk menghilangkan polutan

perkotaan.

Gambar 7.98 perbandingan efektivitas praktik pengelolaan terbaik perkotaan (bmps)

Opsi Bmp Perkotaan	Keandalan Penghapusan Polutan	Harapan Hidup ^b	Penerapan Pada Sebagian Besar Pengembangan	Potensi Habitat Satwa Liar	Masalah Lingkungan	Biaya Komparatif	Pertimbangan Khusus
Lahan Basah Air Hujan	Sedang hingga tinggi, tergantung desainnya.	20+ tahun diharapkan	Dapat diterapkan pada sebagian besar lokasi jika lahan tersedia.	Tinggi	Pemanasan aliran sungai, perubahan lahan basah alami	Sedikit lebih tinggi dari kolam basah.	Direkomendasikan dengan perbaikan desain dan penggunaan kolam mikro serta lahan basah.
Kolam Detensi Diperpanjang	Sedang tetapi tidak selalu andal.	20+ tahun, namun sering terjadi penyumbatan dan detensi singkat umum	Banyak diterapkan tetapi membutuhkan area drainase minimal 10 hektar.	Sedang	Kemungkinan pemanasan aliran sungai dan kerusakan habitat	Alternatif biaya terendah dalam rentang ukuran.	Direkomendasikan dengan perbaikan desain dan dengan detensi umum pada area drainase, penggunaan kolam mikro, dan lahan basah.
Kolam Basah	Sedang hingga tinggi.	20+ tahun	Banyak diterapkan tetapi membutuhkan area drainase lebih dari 2 hektar.	Sedang hingga tinggi	Kemungkinan pemanasan aliran sungai, pergeseran trofik, perubahan habitat	Sedang hingga tinggi dibandingkan dengan konvensional.	Direkomendasikan, dengan evaluasi lokasi yang cermat.
Sistem Kolam Berganda	Sedang hingga tinggi (reduksi meningkatkan keandalan)	20+ tahun	Banyak diterapkan.	Sedang hingga tinggi	Pemilihan opsi kolam yang tepat meminimalkan dampak lingkungan secara keseluruhan	Opsi kolam termahal.	Direkomendasikan.
Parit Infiltrasi	Diperkirakan sedang.	Tingkat kegagalan	Sangat terbatas	Rendah	Sedikit risiko	Hemat biaya	Direkomendasikan dengan

		50% dalam 5 tahun	(tanah, air tanah, kemiringan, area, masukan sedimen).		kontaminasi air tanah	lokasi yang lebih kecil, tetapi biaya rehabilitasi bisa sangat besar.	praterapi dan evaluasi geoteknik.
Cekungan Infiltrasi	Diperkirakan sedang, jika berfungsi.	Tingkat kegagalan 60–100% dalam 5 tahun	Sangat terbatas (tanah, air tanah, kemiringan, area, masukan sedimen).	Rendah hingga sedang	Sedikit risiko kontaminasi air tanah	Biaya konstruksi sedang, tetapi biaya rehabilitasi tinggi.	Tidak direkomendasikan secara luas hingga masa pakainya ditingkatkan.
Perkerasan Berpori	Tinggi, jika berfungsi.	Tingkat kegagalan 75% dalam 5 tahun	Sangat terbatas (lalu lintas, tanah, air tanah, kemiringan, area, masukan sedimen).	Rendah	Kemungkinan dampak air tanah, limpasan yang tidak terkontrol	Hemat biaya, dibandingkan dengan aspal konvensional jika berfungsi dengan baik.	Direkomendasikan untuk aplikasi yang sangat terbatas dengan konstruksi yang cermat dan perawatan yang efektif.
Filter Pasir	Sedang hingga tinggi.	20+ tahun	Dapat diterapkan untuk pengembangan berskala kecil (kecil).	Rendah	Kecil	Biaya konstruksi relatif tinggi dan perawatan sering.	Direkomendasikan, dengan demonstrasi lokal.
Saluran Rumput	Rendah hingga sedang, tetapi tidak andal.	20+ tahun	Pengembangan kepadatan rendah dan jalan.	Rendah	Kecil	Rendah dibandingkan dengan <i>curb and gutter</i> (kerb dan selokan).	Direkomendasikan, dengan bendungan penahan, sebagai salah satu bagian dari sistem BMP.
Jalur Filter	Tidak andal di lingkungan perkotaan.	Tidak diketahui tetapi mungkin terbatas	Terbatas pada area kepadatan rendah.	Sedang, jika berhutangan	Kecil	Rendah	Direkomendasikan sebagai salah satu elemen dari sistem BMP.
Inlet Kualitas	Diperkirakan rendah.	20+ tahun	Tangkapan air kecil	Rendah	Pensuspensian kembali	Tinggi, dibanding	Saat ini tidak direkomendasi

Air			dengan tingkat kedap air (impervious) tinggi (kurang dari 2 hektar).		beban hidrokarbon, pembuangan sisa hidrokarbon dan zat beracun	kan dengan parit dan filter pasir.	kan sebagai opsi BMP utama.
-----	--	--	--	--	--	------------------------------------	-----------------------------

Tidak seperti lahan basah alami, yang sering kali menunjukkan tingkat air tanah di bawahnya, lahan basah air hujan didominasi oleh limpasan permukaan. Lahan basah air hujan dapat digambarkan sebagai semitidal, karena lahan basah tersebut memiliki periode hidro yang dicirikan oleh pola siklus genangan dan penarikan berikutnya, yang terjadi 15 hingga 30 kali setahun, tergantung pada curah hujan dan kedap air daerah aliran sungai yang berkontribusi. Lahan basah akibat air hujan biasanya terbagi dalam salah satu dari empat desain dasar:

- Sistem rawa dangkal: Luas permukaan yang besar dari desain rawa dangkal membutuhkan pasokan air tanah atau aliran dasar yang andal untuk mempertahankan elevasi air yang cukup untuk mendukung tanaman lahan basah yang muncul. Sistem rawa dangkal membutuhkan banyak ruang, sehingga membutuhkan daerah aliran sungai yang cukup besar (seringkali lebih dari 25 hektar) untuk mendukung kolam permanen yang dangkal.
- Sistem kolam/lahan basah: Desain kolam/lahan basah menggunakan dua sel terpisah untuk pengolahan air hujan, kolam basah dan rawa dangkal. Fungsi ganda dari rawa dangkal adalah untuk memerangkap sedimen, mengurangi kecepatan limpasan yang masuk, dan membuang polutan. Sistem kolam/lahan basah menggunakan lebih sedikit ruang daripada sistem rawa dangkal karena sebagian besar pengolahan disediakan oleh kolam dalam daripada rawa dangkal.
- Lahan basah dengan penahanan yang diperpanjang: Di lahan basah dengan penahanan yang diperpanjang, penyimpanan limpasan ekstra dibuat dengan menahan limpasan sementara di atas rawa dangkal. Fitur penahanan yang diperpanjang ini memungkinkan lahan basah menempati lebih sedikit ruang, karena penyimpanan vertikal sementara sebagian menggantikan penyimpanan rawa dangkal. Zona pertumbuhan dibuat di sepanjang lereng samping yang landai dari lahan basah dengan penahanan yang diperpanjang, dari tingkat kolam normal hingga permukaan air penahanan yang diperpanjang maksimum.
- Lahan basah kantong: Lahan basah kantong disesuaikan untuk melayani lokasi kecil (dari 1 hingga 10 hektar). Karena daerah drainase kecil, lahan basah kantong biasanya tidak memiliki aliran dasar yang andal, sehingga menciptakan tingkat air yang sangat berfluktuasi. Dalam kebanyakan kasus, tingkat air di lahan basah didukung dengan penggalian hingga ke muka air tanah. Di daerah yang lebih kering, lahan basah kantong hanya didukung oleh limpasan air hujan, dan selama periode cuaca kering yang

panjang, lahan basah tersebut tidak akan memiliki kolam dangkal sama sekali (hanya tanah yang jenuh). Karena ukurannya yang kecil dan tingkat air yang berfluktuasi, lahan basah kantong sering kali memiliki keanekaragaman tumbuhan yang rendah dan nilai habitat satwa liar yang buruk.

Pemilihan desain lahan basah tertentu biasanya bergantung pada tiga faktor:

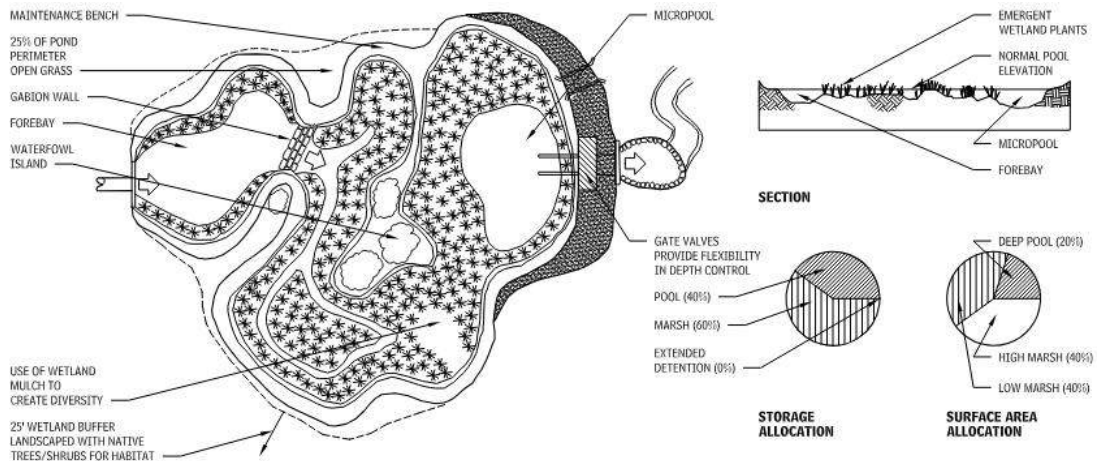
- Ruang yang tersedia
- Daerah DAS yang berkontribusi
- Fungsi lingkungan yang diinginkan

Namun, lahan basah air hujan biasanya tidak biasanya terletak di dalam daerah lahan basah alami yang telah dibatasi, yang menyediakan habitat penting dan layanan ekosistem, serta dilindungi berdasarkan undang-undang lokal, negara bagian, dan federal. Penting juga untuk menunjukkan bahwa lahan basah air hujan tidak boleh disamakan dengan lahan basah buatan, yang digunakan untuk mengurangi hilangnya lahan basah alami yang diizinkan berdasarkan peraturan perlindungan lahan basah. Tujuan utama mitigasi lahan basah adalah untuk mereplikasi keanekaragaman spesies dan fungsi ekologis lahan basah alami yang hilang, sedangkan tujuan yang lebih terbatas dari lahan basah air hujan adalah untuk memaksimalkan penghilangan polutan dan menciptakan habitat lahan basah generik.

Lahan basah air hujan juga dibedakan dari lahan basah alami yang menerima limpasan air hujan sebagai akibat dari pembangunan di hulu. Meskipun tidak dimaksudkan untuk pengolahan air hujan, lahan basah yang dipengaruhi oleh air hujan umum ditemukan di lingkungan perkotaan. Limpasan air hujan yang menjadi komponen utama keseimbangan air lahan basah alami dapat mengubah kualitas fungsional dan struktural lahan basah secara drastis. Hasil akhirnya adalah lahan basah alami yang dipengaruhi air hujan yang lebih merupakan karakteristik lahan basah air hujan daripada lahan basah alami.

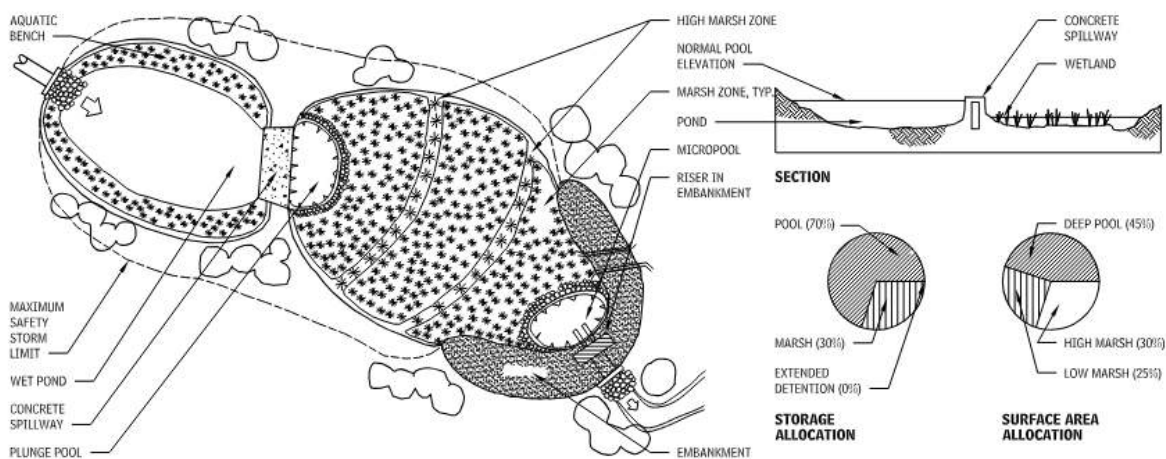
Catatan

7.98a. Berbagai BMP perkotaan (*Best Management Practices* - Praktik Pengelolaan Terbaik) yang tersedia untuk menghilangkan polutan dari limpasan perkotaan sangat bervariasi dalam kinerja, umur pakai, kelayakan, biaya, dan dampak lingkungan. Seperti yang ditunjukkan dalam matriks, lahan basah air hujan adalah pilihan BMP yang menarik di banyak lokasi pengembangan. 7.98b. Berdasarkan desain saat ini dan praktik pemeliharaan yang berlaku.



Gambar 7.99 sistem rawa dangkal

Sebagian besar sistem rawa dangkal memiliki kedalaman 0 hingga 18 inci, kedalaman yang menciptakan kondisi yang baik untuk pertumbuhan tanaman lahan basah yang muncul. Teluk depan yang lebih dalam terletak di saluran masuk utama, dan kolam mikro yang dalam terletak di dekat saluran keluar.



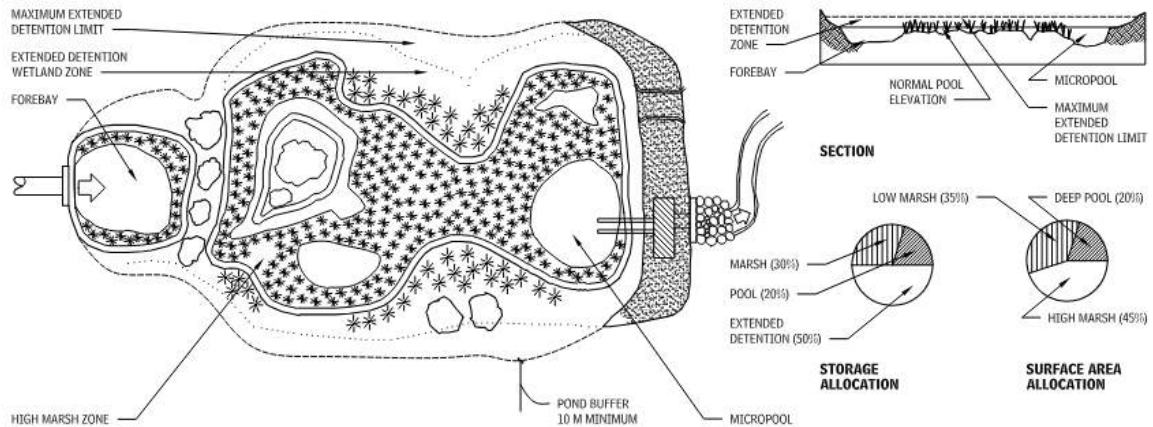
Gambar 7.100 sistem kolam/lahan basah

Sistem kolam/lahan basah terdiri dari kolam dalam yang mengarah ke lahan basah dangkal. Kolam tersebut menghilangkan polutan dan mengurangi ruang yang dibutuhkan untuk sistem tersebut.

Tabel 7.101 atribut perbandingan dari empat desain lahan basah air hujan

Atribut	Rawa dangkal	Kolam/lahan basah	Lahan basah detensi diperpanjang	Lahan basah saku
Kemampuan penghilangan polutan	Sedang; penghilangan sedimen dan nutrisi yang andal.	Sedang hingga tinggi; penghapusan nutrisi dan sedimen yang andal.	Sedang; penghilangan nutrisi dan sedimen kurang andal.	Sedang; bisa rentan terhadap resuspension dan perpindahan air tanah.

Konsumsi lahan	Tinggi; penyimpanan rawa dangkal mengonsumsi ruang.	Sedang, karena kolam vertikal menggantikan penyimpanan di rawa.	Sedang, karena detensi diperpanjang vertikal menggantikan penyimpanan di rawa.	Sedang, tetapi dapat disesuaikan dengan lahan yang terbatas.
Keseimbangan air	Aliran dasar cuaca kering biasanya direkomendasikan untuk menjaga elevasi air; air tanah tidak direkomendasikan sebagai sumber air utama.			Pasokan air disediakan melalui penggalian hingga ke air tanah.
Luas lahan basah/luas daerah tangkapan air	Rasio minimum 0,02.	Rasio Minimum 0,01.	Rasio minimum 0,01	Rasio minimum 0,01
Luas daerah tangkapan air yang berkontribusi	Area drainase 25 hektar atau lebih, dengan Q cuaca kering.	Area Drainase: 25 hektar atau lebih, dengan Q cuaca kering.	Minimum 10 hektar diperlukan untuk detensi diperpanjang.	1–10 Hektar
Sel air dalam	Kolam awal (forebay), saluran, kolam mikro.	Kolam, kolam mikro.	Kolam Awal, Kolam Mikro	Kolam Mikro, jika memungkinkan
Konfigurasi saluran keluar	Pipa kemiringan terbalik memanjang dari riser, ditarik sekitar 1 kaki di bawah muka air normal; pipa dan drainase kolam dilengkapi dengan katup gerbang.			Ambang Pelimpah Lebar dengan Saringan Sampah Setengah Bulat dan Drainase Kolam
Siklus pembersihan sedimen (kira-kira)	Pembersihan kolam awal setiap 2–5 tahun.	Pembersihan kolam setiap 10 tahun.	Pembersihan kolam awal setiap 2–5 tahun.	Pembersihan lahan basah setiap 5–10 tahun; pembuangan di lokasi dan penumpukan mulsa.
Keanekaragaman tumbuhan asli	Tinggi, jika ada mikrotopografi yang kompleks.	Tinggi, dengan kompleksitas dan area lahan basah yang memadai.	Sedang; fluktuasi permukaan air menimbulkan batasan fisiologis.	Rendah hingga sedang, karena luas permukaan yang kecil dan kontrol permukaan air yang buruk.
Potensi habitat satwa liar	Tinggi, dengan kompleksitas dan zona penyangga.	Tinggi, dengan zona penyangga, menarik unggas air.	Sedang, dengan zona penyangga	Rendah, karena area kecil dan keanekaragaman rendah.



Gambar 7.102 tanah basah penahanan yang diperpanjang

Ketinggian air di lahan basah dengan penahanan yang diperpanjang dapat meningkat hingga 3 kaki setelah badai, dan kembali ke ketinggian normal dalam waktu 24 jam. Sebanyak setengah dari total volume pengolahan dapat disediakan sebagai penyimpanan penahanan yang diperpanjang, yang membantu melindungi saluran di hilir dari erosi dan mengurangi ruang yang dibutuhkan untuk lahan basah. Bagian ini membahas pencahayaan lokasi sebagai komponen utilitas listrik lokasi.

7.14 PENCAHAYAAN DI LOKASI

Pertimbangan Desain Pencahayaan Di Lokasi

Menciptakan desain pencahayaan lokasi yang baik bukan hanya tentang memilih teknologi terbaru atau perlengkapan terbaik. Ini tentang menggunakan pencahayaan untuk menyampaikan keseluruhan cerita sebuah proyek. Ceritanya bisa tentang keselamatan di tempat parkir kasino atau mungkin tentang kegembiraan di mal luar ruangan tempat pengunjung dapat berkumpul dengan keluarga mereka untuk makan malam dan menonton film.

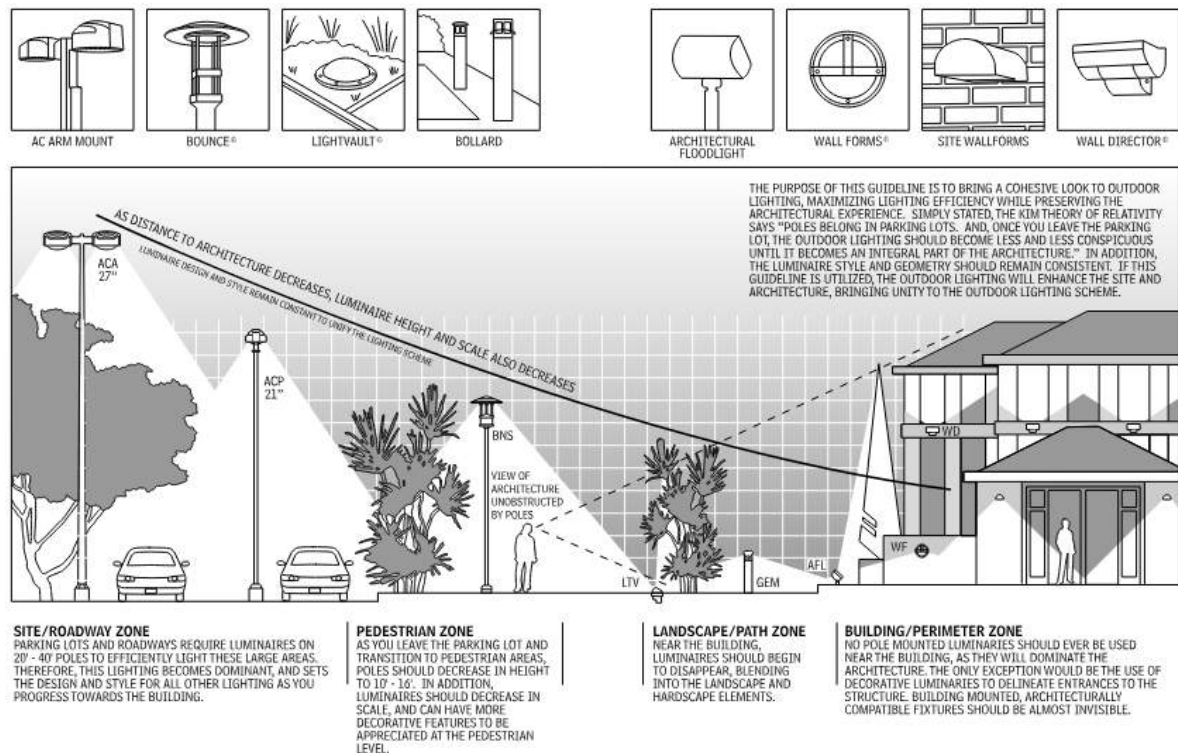
Persyaratan desain pencahayaan lokasi bervariasi dari satu proyek ke proyek lainnya, dan karenanya perlu ditetapkan dengan tim proyek masing-masing sebelum menyiapkan desain. Persyaratan pencahayaan lokasi biasanya mencakup pencahayaan jalur pejalan kaki, lanskap, fitur air, dan fitur arsitektur seperti patung dan jalan umum yang berdekatan, area parkir, dan fasad di dekatnya.

Desain pencahayaan lokasi, pada intinya, adalah tentang menerangi lingkungan sedemikian rupa yang merespons fungsi yang diinginkan dari para tamu dalam ruang tersebut. Mungkin ada beberapa fungsi seperti penunjuk arah (*wayfinding*), menciptakan ruang berkumpul, berinteraksi dengan lingkungan alami dan buatan, dan memenuhi persyaratan keamanan, yang semuanya harus dipertimbangkan. Niat desain keseluruhan dari ruang tersebut harus memungkinkan fungsi-fungsi ini untuk hidup berdampingan dengan mulus, atau pengalaman tamu akan negatif.

Sebagai bagian dari persiapan desain, desainer akan ingin mengenal desain lanskap dan spesifikasi dedaunan saat ini pada proyek. *Fixture* pencahayaan dapat digunakan untuk menyoroti pohon, menonjolkan semak, dan dipasang di pohon untuk menerangi jalur di

bawahnya. Penting untuk mengetahui pohon mana yang meranggas dan pohon mana yang mempertahankan kanopinya saat membuat penentuan ini. Sangat disarankan juga agar desainer pencahayaan bekerja sama secara erat dengan arsitek lanskap untuk memahami pohon mana yang memungkinkan pemasangan perangkat keras pencahayaan dan tali pengikat.

Setelah tugas dan persyaratan pencahayaan lokasi ditentukan, desainer dapat mulai memilih *fixture*, menentukan jenis lampu, dan menyiapkan tata letak.



Gambar 7.103 hubungan pencahayaan luar ruangan dengan situs dan arsitektur

Peraturan Dan Kode Pencahayaan Lokasi

Faktor lain yang perlu dipertimbangkan saat merancang pencahayaan lokasi adalah kode energi lokal dan nasional, setiap peraturan langit gelap khusus lokasi, dan tingkat pencahayaan terkini di area sekitar dan berdekatan. *International Dark-Sky Association* (IDA) adalah kelompok nirlaba yang misinya adalah "melestarikan dan melindungi lingkungan malam hari dan warisan langit gelap kita melalui pencahayaan luar ruangan yang berkualitas." Asosiasi ini (www.darksky.org) telah menjadi suara aktif dalam pembuatan banyak peraturan langit gelap lokal.

Bagian tersulit dalam menciptakan desain pencahayaan yang baik adalah memenuhi semua persyaratan fungsional dan kode lokasi sambil memadukan estetika proyek yang diinginkan. Memberikan identitas malam hari yang tepat untuk sebuah lokasi adalah kunci untuk menjadikan setiap proyek sukses.

Dokumentasi Pencahayaan Lokasi

Dokumentasi yang diperlukan untuk pengajuan desain pencahayaan akan bervariasi

dari satu proyek ke proyek lainnya, tetapi elemen dasarnya akan tetap sama. Minimal, dokumentasi yang disarankan minimal meliputi:

- Tata letak yang menggambarkan maksud desain
- Lembar potongan perlengkapan dan spesifikasi yang menunjukkan perlengkapan yang diinginkan pada proyek
- Detail pemasangan yang menunjukkan persyaratan integrasi khusus

Pencahayaan Area

Perlengkapan penerangan jalan setapak umumnya meliputi penerangan tiang/pilar, tiang pembatas, dan lampu tangga. Penerangan tiang dapat bersifat dekoratif agar sesuai dengan arsitektur, memberikan kesan tertentu, atau murni fungsional. Ketinggian dan jarak tiang, dan tiang pembatas ditentukan dengan menghitung nilai iluminasi yang diinginkan dan/atau diperlukan, beserta pembuatan tata letak yang memenuhi kualitas estetika sebagaimana ditentukan oleh tim desain proyek. Sebagai aturan umum, tinggi pemasangan minimum tidak boleh kurang dari setengah jarak proyeksi maksimum dari satu kepala perlengkapan.

Saat menggunakan tiang, pilar, atau tiang pembatas, perancang harus siap mengoordinasikan detail baut jangkar dan kebutuhan untuk fondasi tambahan yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan beban angin setempat. Insinyur proyek harus diajak berkonsultasi, serta produsen perlengkapan, untuk memastikan produk dapat memenuhi persyaratan beban angin.

Detail pemasangan harus disesuaikan untuk setiap persyaratan khusus lokasi, dan produsen yang ditentukan harus diperlakukan sebagai daya yang berharga untuk informasi yang diperlukan guna menyelesaikan upaya ini. Sangat disarankan pula agar Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) menjadi sumber daya utama untuk semua proyek yang berlokasi di Amerika Utara. IESNA telah menyusun serangkaian persyaratan pencahayaan dan nilai iluminasi yang direkomendasikan untuk banyak tugas yang terlibat dalam menciptakan pencahayaan lokasi. Ada berbagai tingkat iluminasi pencahayaan, tergantung pada arsitektur yang berdekatan. Misalnya, tempat parkir bank mungkin memerlukan tingkat iluminasi yang lebih tinggi, karena masalah keamanan, daripada tempat parkir perpustakaan di jalan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelalim, A. M., et al. (2024). Construction site layout planning considering travelling distance cost and safety relationships using a genetic algorithm technique. *Journal of Engineering, Management & Construction*, 14(1), 3–20.
- Ala-Juusela, M., Rehman, H. u., Hukkalainen, M., & Reda, F. (2021). Positive energy building definition with the framework, elements and challenges of the concept. *Energies*, 14(19), 6260.
- Alvina, F. R., & Sembiring, S. G. (2022). Study on the application of biophilic architecture in the design of creative industry center buildings. *International Journal of Architecture and Urbanism*, 6(1), 43–56.
- Al-Zaghal, N., & Al-Rimawi, A. (2020). The role of building orientation and location in reducing energy consumption in Jordanian arid region. *Renewable Energy*, 148, 1320–1332.
- Asdrubali, F., Fronzetti Colladon, A., Segneri, L., & Gandola, D. M. (2024). LCA and energy efficiency in buildings: Mapping more than twenty years of research. *arXiv*.
- Barros, B. F. S., & Sotelino, E. D. (2023). Constructability and sustainability studies in conceptual projects: A BIM-based approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(4).
- Biljecki, F., Chew, L. Z. C., Milojevic-Dupont, N., & Creutzig, F. (2021). Open government geospatial data on buildings for planning sustainable and resilient cities. *arXiv*.
- Dosumu, O. S., Mahame, C., Niyitegeka, S., & Hahiruwambaza, J. A. (2023). Applications and challenges of adopting the Internet of Things (IoT) in the Rwandan construction industry. *Journal of Construction in Developing Countries*, 28, 81–100.
- Ferreira, L., Silva, G., & Costa, A. (2023). Energy-efficient buildings: Comparison across locations in Portuguese temperate regions. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104091.
- Genkin, M., & McArthur, J. J. (2022). B-SMART: A reference architecture for artificially intelligent autonomic smart buildings. *arXiv*.
- Ghaffarianhoseini, A., Al-Obaidi, K. M., Husain, A., & Omrany, H. (2023). Digital twins in the construction industry: A comprehensive review. *Sustainability*, 15(14), 10908.
- Gómez, F. J., & Rodríguez-Mosquera, J. (2022). Influence of geographical location on the structural behavior of wind-resistant buildings: A Spanish case study. *Engineering Structures*, 254, 113897.
- Grafiati, E. A. (2024). Kajian eksistensi bangunan cagar budaya di Jl. Dr. Cipto Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 18(1), 83–90.
- Hamzah, S., Latief, R. U., Arifuddin, R., & Pangemanan, D. (2023). Study on the application of

sustainable construction in the development of the Likupang Special Economic Zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1134(1), 012051.

- Hamzah, S., Pangemanan, D., & Aprianti, E. (2023). The environmental and sustainable factors on the special economic zones development. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 9(2), 334–342.
- Hassan, G. M., & Elmualim, A. (2021). BIM–GIS integration for optimal building placement within urban blocks. *Automation in Construction*, 125, 103585.
- Kim, Y., & Kang, J. (2023). Seismic performance of tall reinforced-concrete buildings in different seismic zones. *Journal of Structural Engineering*, 149(2), 04023001.
- Lavikka, R., Kallio, J., Casey, T., & Airaksinen, M. (2021). Digital disruption of the AE C industry: Technology-oriented scenarios for possible future development paths. *Construction Management and Economics*, 36, 635–650.
- Lee, S., & Yoon, K. (2024). Location-based acoustical design strategies for multi-storey residential buildings in urban Korea. *Applied Acoustics*, 213, 109553.
- Li, Y., Li, Y., & Ding, Z. (2024). Building information modeling applications in civil infrastructure: A bibliometric analysis from 2020 to 2024. *Buildings*, 14(11), 3431. <https://doi.org/10.3390/buildings14113431>
- Liu, H., Song, J., & Wang, G. (2021). A scientometric review of smart construction site in construction engineering and management: Analysis and visualization. *Sustainability*, 13(16), 8860. <https://doi.org/10.3390/su13168860>
- Liu, J.-C., Hossain, M. U., Ng, S. T., & Ye, H. (2023). High-performance green concrete with high-volume natural pozzolan: Mechanical, carbon emission and cost analysis. *Journal of Building Engineering*, 68, 106087.
- Lu, A., McNiven, B., & Holzer, D. (2022). Fostering integrated design in an academic environment: Process and a method. *Journal of Architecture and Urbanism*, 46(1), 1–10.
- Madirisha, M. M., Dada, O. R., & Ikotun, B. D. (2024). Chemical fundamentals of geopolymers in sustainable construction. *Materials Today Sustainability*, 27, 100842.
- Manoharan, K., Dissanayake, P., Pathirana, C., Deegahawature, D., & Silva, R. (2024). Assessing the performance and productivity of labour in building construction projects through the application of work-based training practices. *Construction Innovation*, 24(2), 558–583.
- Manzoor, B., Othman, I., & Pomares, J. C. (2021). Digital technologies in the architecture, engineering and construction (AEC) industry: A bibliometric-qualitative literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 6135.
- Özmen, A., Maraş, M. M., Ayaz, Y., & Sayın, E. (2023). Assessments of masonry buildings and

historical structures during the 2020 Sivrice–Elaziğ earthquake. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 67(2), 530–544. <https://doi.org/10.3311/PPci.21442engineering.org.cn>

- Priya, S., & Balasubramanian, R. (2021). Impact of location on building energy performance: A comparative study across climatic zones in India. *Energy and Buildings*, 243, 110990. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110990>
- Sirko, W., Kashubin, S., Ritter, M., Annkah, A. A., Bouchareb, Y. S. E., Dauphin, Y., Keyzers, D., Neumann, M., Cisse, M., & Quinn, J. (2021). Continental-scale building detection from high resolution satellite imagery. *arXiv*.
- Süer, F. Z., & İlerisoy, Z. Y. (2022). Effects of exterior wall details and building locations on energy consumption of residential buildings in Turkey. *Gazi University Journal of Science Part B: Architecture and Urbanism*, 10(2), 69–81.
- Suprapti, A., Sejati, A. W., Pandelaki, E. E., & Sardjono, A. B. (2022). Archiving traditional houses through digital social mapping: An innovation approach for living heritage conservation in Java. *Journal of Architecture and Urbanism*, 46(1), 33–47.
- Tan, C., & Chow, T. (2022). Impacts of location and façade design on thermal comfort in tropical high-rise buildings. *Building Simulation*, 15, 901–918.
- Tawashi, A., Alamoudi, S., & Akkash, M. (2025). Environmental risks and the impact of rehabilitation on the sustainability of affected buildings in urban communities. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 10(1), 22–38.
- Torzoni, M., Tezzele, M., Mariani, S., Manzoni, A., & Willcox, K. E. (2023). A digital twin framework for civil engineering structures. *arXiv*.
- Vilbikienė, G. (2022). The structure of a modern school – case study. *Journal of Architecture and Urbanism*, 46(1), 11–19.
- Wu, D., Sun, K., & Huang, X. (2021). Urban canyon effect: Impact of building location and height on pedestrian wind comfort. *Building and Environment*, 199, 107914.
- Yap, J. B. H., Lee, K. P. H., Skitmore, M., Lew, Y. L., Lee, W. P., & Lester, D. (2023). Predictors to increase safety technology adoption in construction: An exploratory factor analysis for Malaysia. *Journal of Civil Engineering and Management*, 29, 157–170.
- Zhang, S., Li, Z., Li, T., & Yuan, M. (2021). A holistic literature review of building information modeling for prefabricated construction. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(7), 485–499. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15600>
- Zhang, W., & Li, H. (2020). GIS-based spatial analysis of urban building density and its effects on microclimate in Shanghai. *Urban Climate*, 34, 100691.
- Zhao, Y., Fan, L., & Seo, H. (2023). Deformation measurement of a soil mixing retaining wall using terrestrial laser scanning.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku berjudul *Teknologi Konstruksi* ini dapat tersusun dan hadir di tengah-tengah pembaca. Buku ini dirancang sebagai referensi yang komprehensif untuk mahasiswa, dosen, praktisi, serta siapa pun yang ingin memperdalam pengetahuan mengenai dunia konstruksi modern. Perkembangan teknologi telah merevolusi bidang konstruksi, mulai dari metode perancangan, pemilihan material, hingga implementasi sistem bangunan yang efisien dan ramah lingkungan. Buku ini disusun secara sistematis, menguraikan setiap aspek konstruksi dari fondasi hingga penyelesaian akhir, agar pembaca memperoleh pemahaman yang utuh dan aplikatif.

Isi buku ini terbagi dalam beberapa bab utama, **Bab 1** Membahas eksplorasi dan karakteristik tanah, perancangan pondasi untuk berbagai kondisi, hingga teknologi ruang bawah tanah yang kini semakin relevan. **Bab 2** Mengupas tuntas tentang struktur utama bangunan, pertimbangan desain, superstruktur, pelat atap, serta sistem insulasi dan pelindung eksterior. **Bab 3** Menjelaskan konstruksi dan desain interior, mulai dari pemilihan material, sistem pintu dan tangga, hingga teknik finishing yang menunjang estetika dan fungsi ruangan. **Bab 4** Membahas sistem transportasi vertikal (lift, eskalator), distribusi air, HVAC, sistem pencahayaan, hingga keamanan dan komunikasi dalam bangunan. **Bab 5** Mengulas berbagai peralatan penting, ruang cuci, perabot, hingga perlengkapan khusus untuk restoran, sekolah, dan ruang publik lainnya. **Bab 6** Memperkenalkan inovasi seperti struktur pra-rekayasa, atap kabel, hingga konstruksi kayu gelondong yang semakin berkembang seiring kemajuan teknologi. **Bab 7** Mencakup persiapan dan peningkatan lokasi, sistem drainase, pengelolaan lanskap, serta penerapan teknologi ramah lingkungan untuk pengendalian air limpasan.

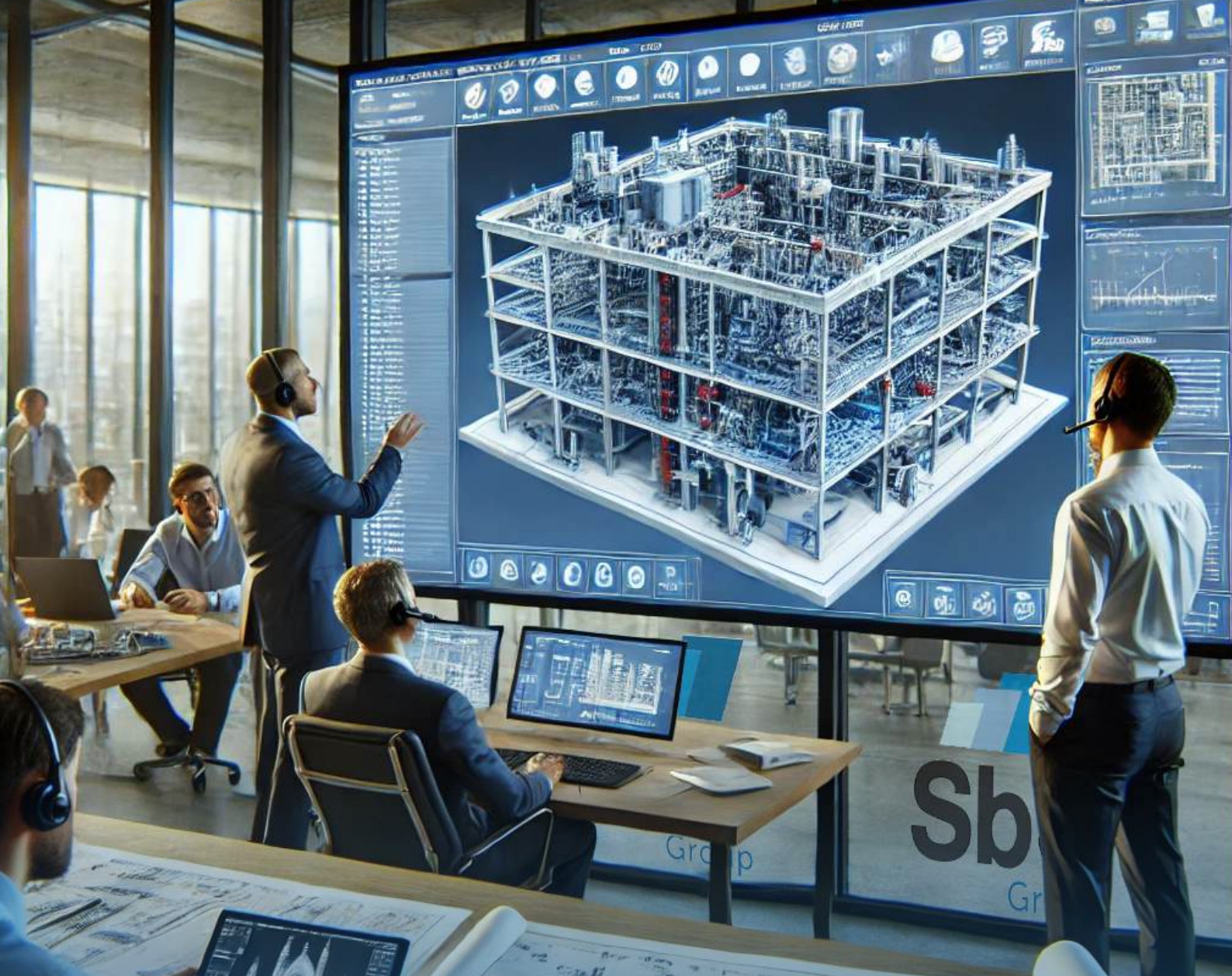
Penyusunan buku ini tidak terlepas dari dukungan, masukan, dan kritik konstruktif dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua rekan, kolega, dan pembaca yang telah berkontribusi dalam proses penulisan dan penyempurnaan buku ini.

Akhir kata, semoga buku *Teknologi Konstruksi* ini dapat menjadi sumber inspirasi dan pengetahuan yang bermanfaat, serta mendorong lahirnya inovasi baru di bidang konstruksi. Penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran demi perbaikan buku ini di masa mendatang.

Selamat membaca dan semoga bermanfaat!

Semarang, Juli 2025
Penulis

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.



TEKNOLOGI KONSTRUKSI

Peralatan dan Sitework

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :
YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK
Jl. Majapahit No. 605 Semarang
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144
Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id