YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

KONSTRUKSI SIPIL MODERN

Material, Metode, dan Aplikasi

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

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

KONSTRUKSI SIPIL MODERN

Material, Metode, dan Aplikasi

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 978-634-7227-16-4 (PDF)
9 786347 227164

KONSTRUKSI SIPIL MODERN
Material, Metode, dan Aplikasi

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

ISBN : 978-634-7227-16-4

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

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku berjudul **"*Konstruksi Sipil Modern*"** ini dapat disusun dan hadir di tengah-tengah para pembaca. Buku ini dirancang sebagai referensi utama bagi mahasiswa teknik sipil, arsitek, kontraktor, maupun praktisi konstruksi yang membutuhkan pemahaman menyeluruh tentang teknik dan metode konstruksi bangunan masa kini.

Dunia konstruksi terus berkembang seiring kemajuan teknologi dan kebutuhan masyarakat yang semakin kompleks. Oleh karena itu, buku ini hadir untuk menjawab tantangan tersebut dengan menyajikan materi yang sistematis, terstruktur, dan mudah dipahami. Penyusunan bab demi bab dilakukan secara runtut, mulai dari pemilihan lokasi bangunan, pemilihan material, teknik pengerjaan pondasi, rangka, hingga penyelesaian akhir bangunan.

Adapun cakupan materi dalam buku ini meliputi:

- Penentuan lokasi dan dokumen penting pembangunan (Bab 1)
- Teknik dan metode pengerjaan beton serta pondasi (Bab 2 & 3)
- Finishing dan perawatan beton (Bab 4)
- Sistem balok beton dan kayu, serta teknik membangun dengan material tersebut (Bab 5–10)
- Konstruksi dinding, rangka atap, dan pelapis bangunan (Bab 11–15)
- Instalasi jendela, pintu, tangga, serta lantai (Bab 16–21)
- Pembahasan khusus mengenai ventilasi, isolasi, pengendalian kelembapan, hingga metode pengurangan radon (Bab 22–24)

Setiap bab dilengkapi penjelasan teknis, ilustrasi, serta tips praktis yang dapat diaplikasikan di lapangan. Tidak hanya membahas teori, buku ini juga memuat contoh-contoh kasus dan solusi atas permasalahan yang sering dihadapi di dunia konstruksi.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan edisi berikutnya. Semoga kehadiran buku ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi kemajuan dunia konstruksi di Indonesia, serta menjadi sumber inspirasi dan referensi bagi para pembaca.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung proses penyusunan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Selamat Membaca.

Semarang, Juni 2025

Penulis

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

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Kata Pengantar ii
Daftar Isi 1
BAB I LOKASI BANGUNAN DI LOKASI 1
1.1 KONDISI DASAR 1
1.2 MENENTUKAN LOKASI LAHAN 3
1.3 DOKUMEN PENTING LAINNYA 9
BAB 2 BETON 12
2.1 SEMEN PORTLAND 12
2.2 METODE PENEMPATAN 17
2.3 KAIN KAWAT LAS 21
BAB 3 PONDASI 27
3.1 JENIS-JENIS PONDASI 27
3.2 PERSIAPAN LOKASI 41
3.3 LAYAR DRAINASE 48
3.4 FONDASI KAYU PERMANEN 54
BAB 4 FINISHING DAN PERAWATAN BETON 68
4.1 PEMASANGAN BETON 68
4.2 PEMADATAN ATAU JITTERBUGGING 68
4.3 PENYELESAIAN 69
4.4 FINISHING BETON YANG DICAMPUR UDARA 73
4.5 PENGERASAN 74
BAB 5 BALOK BETON 79
5.1 UKURAN BALOK 79
5.2 BLOK DEKORATIF 80
5.3 PONDASI 86
5.4 MEMBANGUN DENGAN BLOK BETON 88
5.5 DINDING RUANG BAWAH TANAH 94
5.6 TEKNIK BANGUNAN 95
BAB 6 CEROBONG ASAP DAN PERAPIAN 101
6.1 CEROBONG ASAP 104
6.2 KONSTRUKSI CEROBONG ASAP 105
BAB 7 KAYU YANG DIGUNAKAN DALAM KONSTRUKSI 123
7.1 PEMOTONGAN DI PABRIK 125
7.2 CACAT KAYU 127
7.3 PEMILIHAN KAYU 128
7.4 PEMBUSUKAN KAYU 133
7.5 PAPAN KERAS KHUSUS 142
BAB 8 BALOK KAYU RANGKA 145
8.1 UKURAN STANDAR KAYU MASSAL 145
8.2 TINGKAT KAYU 145
8.3 METODE PEMBUATAN RANGKA 148
8.4 KUSEN PONDASI 150
8.5 SEKAT INTERIOR 155

8.6 ATAP 156
8.7 PENGHENTI API DAN ANGIN 160
BAB 9 BALOK DAN KAYU REKAYASA 163
9.1 BALOK 163
9.2 KOLOM DAN PONDASI KOLOM 168
9.3 MEMILIH BALOK 170
9.4 JARAK KOLOM 177
9.5 KAYU REKAYASA 181
BAB 10 RANGKA LANTAI 184
10.1 METODE DAN BAHAN ALTERNATIF 185
10.2 SISTEM BALOK LANTAI KANTILEVER SEJAJAR 186
10.3 LANTAI YANG DIREKATKAN 187
10.4 PAKU YANG DIGUNAKAN 190
10.5 PEREKAT KONSTRUKSI 191
10.6 BALOK-I 192
BAB 11 RANGKA DINDING LUAR 198
11.1 REKAYASA NILAI 198
11.2 RUMAH ARKANSAS 200
11.3 SISTEM RANGKA YANG DIREKAYASA 202
11.4 JAMUR DAN LUMUT 206
11.5 KONFERENSI PRAPERANGKAAN 212
BAB 12 RANGKA ATAP 215
12.1 JENIS ATAP 215
12.2 KONSTRUKSI ATAP 218
12.3 KASAU 220
12.4 RANGKA ATAP PRACETAK 241
BAB 13 ATAP 245
13.1 KEMIRINGAN ATAP 247
13.2 ATAP ROLL 247
13.3 ATAP BANGUNAN (BUR) 248
13.4 SIRAP KAYU 250
13.5 SIRAP ASPAL 255
13.6 BATU TULIS 261
13.7 TALANG AIR DAN PIPA PEMBUANGAN AIR 263
13.8 MENDETEKSI KEBOCORAN ATAP 265
BAB 14 KONSTRUKSI CORNICE 268
14.1 CORNICE KOTAK 268
14.2 CORNICE TERTUTUP 268
14.3 CORNICE KOTAK LEBAR 269
14.4 CORNICE TERBUKA 270
14.5 CORNICE RETURNS 270
14.6 GABLE-END FINISH ATAU RAKE 272
BAB 15 PELAPIS DAN DINDING 275
15.1 PELAPIS PAPAN SERAT 275
15.2 SELUBUNG KAYU SOLID 275
15.3 PELAPISAN KAYU LAPIS 277
15.4 SELUBUNG BUSA EKSTERIOR KAKU 277

15.5 KERTAS SELUBUNG 279
15.6 PELAPIS DINDING KAYU 283
15.7 PEMASANGAN DINDING 288
15.8 PELAPIS DINDING ALUMINIUM 292
15.9 PELAPIS DINDING VINYL 292
BAB 16 JENDELA 295
16.1 KACA GANDA 296
16.2 JENIS JENDELA 303
16.3 JENDELA BERENGSEL ATAU JENDELA BERENGSEL 305
BAB 17 ISOLASI 308
17.1 JENIS ISOLASI 308
17.2 SELULOSA 313
17.3 PLASTIK SELULER 318
17.4 PENGHALANG RADIASI 328
17.5 DASAR-DASAR ALIRAN PANAS 333
17.6 PENGHALANG RADIASI LOTENG 336
17.7 PERTIMBANGAN NONENERGI PENTING 349
BAB 18 DINDING DAN LANGIT-LANGIT INTERIOR 355
18.1 PAPAN GIPSUM 355
18.2 KONSTRUKSI DENGAN PAPAN GIPSUM 357
18.3 DINDING DAN LANGIT-LANGIT TAHAN API 368
18.4 PANELING 391
BAB 19 TANGGA 407
19.1 KONSTRUKSI TANGGA 407
19.2 GLOSARIUM ISTILAH TANGGA 416
19.3 TANGGA YANG HILANG 420
BAB 20 LANTAI 427
20.1 LANTAI KAYU STRIP 427
20.2 PEMASANGAN LANTAI KAYU STRIP 428
20.3 LANTAI KEDAP SUARA 436
20.4 LANTAI PARKET 436
20.5 UBIN KERAMIK 436
20.6 LANTAI JADI LAINNYA 437
BAB 21 PINTU 440
21.1 JENIS PINTU 440
21.2 MEMASANG PINTU 442
21.3 PINTU GANTUNG BUATAN PABRIK 445
21.4 PINTU AYUN 447
21.5 PINTU GESER 448
21.6 PINTU TERAS 451
BAB 22 UBIN KERAMIK 454
22.1 APLIKASI UBIN 454
22.2 JENIS-JENIS UBIN 456
22.3 MEMASANG UBIN 456
BAB 23 VENTILASI LOTENG 462
23.1 PENGENDALIAN KELEMBAPAN 463
23.2 VENTILASI UDARA 463

23.3 POLA ALIRAN UDARA....464
23.4 VENTILASI ATAP 471
23.5 VENTILASI BUBUNGAN CHINGIE-OVER 474
BAB 24 RADON....478
24.1 METODE PENGURANGAN RADON....481
24.2 VENTILASI SUBSLAB....481
DAFTAR PUSTAKA 485

BAB I
LOKASI BANGUNAN DI LOKASI

Berbagai faktor turut menentukan penempatan bangunan di atas lahan, sekaligus memengaruhi jenis struktur yang dapat dibangun. Setelah lokasi ditetapkan, sejumlah metode dapat diterapkan untuk merancang rencana pembangunan. Untuk memperoleh persetujuan akhir dari otoritas terkait, diperlukan dokumen resmi seperti rencana tapak (plot plan), Rencana Tapak Bersertifikat, serta Sertifikat Laik Huni.

1.1 KONDISI DASAR

Sejumlah kondisi menentukan jenis bangunan yang dapat didirikan, serta di mana di lahan tersebut dapat ditempatkan, termasuk yang berikut ini:

- Perjanjian
- Tata ruang
- Lokasi sumur
- Lokasi sistem septik
- Kavling sudut
- Kavling yang tidak sesuai
- Kemiringan dan kontur alami

Perjanjian

Perjanjian adalah ketentuan hukum yang bersifat mengikat secara privat, yang dapat membatasi, misalnya, ukuran maksimum atau minimum rumah, melarang pembangunan bangunan utilitas, atau melarang pemasangan antena televisi di atap. Karena sifatnya yang privat, perjanjian ini tidak berada dalam kewenangan penegakan oleh pemerintah daerah. Sebuah lahan mungkin termasuk dalam zona yang mengizinkan pembangunan dupleks, tetapi perjanjian yang berlaku dapat membatasi penggunaannya hanya untuk rumah tinggal tunggal. Oleh karena itu, sebelum membeli lahan, penting untuk memeriksa akta kepemilikan atau menghubungi dinas pembangunan kota guna memastikan apakah ada perjanjian yang berlaku.

Peraturan Zonasi

Zonasi mengatur seberapa banyak lokasi yang dapat ditempati oleh sebuah bangunan, membatasi ukuran minimum hunian, dan membatasi tingginya. Zonasi juga menetapkan jarak mundur, yang merupakan jarak minimum yang diizinkan antara bangunan dan batas properti di sekitarnya. Karena jarak mundur dapat bervariasi menurut kondisi tanah, Anda harus mengonfirmasi persyaratan jarak mundur dengan administrator zonasi setempat.

Sumur dan Sistem Septik

Lahan bangunan yang memerlukan sistem septik dan sumur dapat mempersulit pencarian rumah. Desain sistem septik yang disetujui menunjukkan lokasi rumah yang diusulkan, sumur, sistem septik, dan jarak zona aman yang diperlukan. Zona aman yang umum

mengharuskan rumah dengan saluran drainase berada 25 kaki dari tangki septik dan 35 kaki dari bidang rembesan, dan sumur berada 75 kaki dari tangki septik. Jika saluran drainase tidak diperlukan, rumah dapat berada 5 kaki dan 10 kaki, masing-masing, dari tangki dan bidang rembesan. Jarak sumur konstan.

Pembeli tanah dengan desain septik yang disetujui mungkin tidak menyukai lokasi rumah dan ingin mengubahnya. Ukuran tanah, bentuk, tingkat kemiringan alami, kontur, dan persyaratan zona aman mungkin tidak memungkinkan pemindahan rumah. Jika jarak zona aman dapat dipertahankan, relokasi rumah dapat disetujui. Jika tidak, perkolasi tanah lain (uji perk) harus dilakukan dan desain baru diajukan ke negara bagian untuk disetujui. Sumur dapat direlokasi, tetapi beberapa peraturan zonasi tidak mengizinkannya di bagian belakang halaman depan.

Kavling Sudut

Kavling sudut menghadap dua jalan. Kavling ini memiliki dua halaman depan, halaman belakang, tetapi tidak ada halaman samping. Jalan mana yang harus dituju rumah tersebut adalah keputusan pembangun atau pembeli, tetapi peraturan pemerintah daerah mungkin melarang dua jalan masuk. Karena dua halaman depan, luas kavling di dalam halaman tersebut agak berkurang. Jika diperlukan sistem septik dan sumur, memasang semua ini di kavling yang lebih kecil akan sulit, dan akan lebih sulit lagi jika sumur dan kolam renang dilarang di halaman depan. Banyak negara bagian membatasi seberapa dekat bidang resapan dengan batas properti. Peraturan daerah juga dapat mencegah penempatan bidang resapan di antara halaman samping dan batas properti.

Merancang sistem septik memerlukan penggalian lubang uji lubang dalam untuk memeriksa tanah pada berbagai kedalaman untuk menemukan muka air tanah tinggi (SHWT) yang sesuai musim; untuk menentukan ada atau tidaknya air, langkan, tunggul, atau puing; dan untuk mendapatkan profil tanah. Informasi ini dicatat pada rencana desain. Data ini menunjukkan seberapa mahal penggalian yang mungkin dilakukan dan seberapa dalam dasar ruang bawah tanah seharusnya berada. Pada lahan dengan saluran pembuangan kota, untuk menemukan kedalaman muka air tanah dan jika ada tepian, gali lubang uji sedalam 8 kaki hingga 10 kaki di tempat rumah akan berada.

Lahan/Kavling yang Tidak Sesuai

Lahan yang tidak sesuai (yang sudah ada) adalah lahan yang luas, muka, kedalaman, atau kemundurannya tidak sesuai dengan peraturan zonasi saat ini. Mendapatkan izin bangunan mungkin sulit. Seperti pada lahan sudut yang lebih kecil, mencoba memasukkan rumah, sumur, sistem septik, dan zona aman ke dalam kemunduran bisa sangat sulit (jika tidak mustahil).

Kemiringan dan Kontur Alami

Topografi dan karakteristik alami tanah memiliki peran penting dalam menentukan penempatan sistem septik, bangunan rumah, sumur, serta akses jalan. Pertimbangan utama meliputi apakah lahan terletak di perbukitan, dataran, atau lembah. Jenis tanah yang ada juga perlu diperhatikan karena akan memengaruhi kelayakan dan cara penggunaan lahan. Selain itu, penting untuk mengevaluasi apakah tanah tersebut memiliki daya dukung yang cukup

untuk menopang struktur bangunan yang direncanakan.

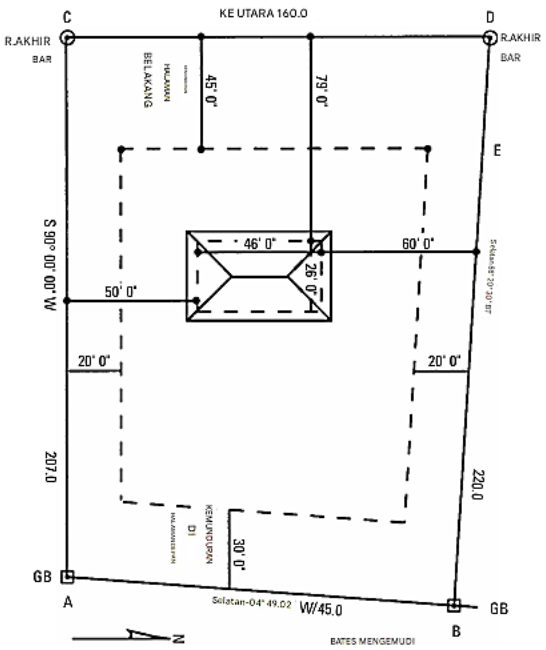
Keberadaan pepohonan di lahan dapat menjadi keuntungan sekaligus tantangan. Pohon-pohon dapat memberikan keteduhan, terutama dari arah selatan dan barat, serta berfungsi sebagai pelindung terhadap angin dari arah utara. Namun, saat lahan dibuka dan pohon-pohon ditebang, muncul pertanyaan mengenai penanganan sisa tunggul. Jika tempat pembuangan sampah setempat tidak menerima limbah tersebut, siapa pihak yang bisa menanganinya? Apakah otoritas konservasi lingkungan setempat mengizinkan tunggul-tunggul itu dikubur di area lahan?

Jika pembangunan rumah dilakukan di atas lahan timbunan, perlu diperhatikan dampaknya terhadap sistem drainase, khususnya aliran air ke properti sekitar. Apakah akan menimbulkan genangan, lahan rawa, atau menciptakan habitat yang mendukung perkembangbiakan nyamuk? Bila terdapat area lahan basah, penting untuk memastikan bahwa masih tersedia cukup lahan kering untuk pembangunan setelah area tersebut dikecualikan dari total luas lahan.

1.2 MENENTUKAN LOKASI LAHAN

Setelah tahap analisis lokasi selesai dan titik lokasi pembangunan telah ditentukan, langkah berikutnya adalah menetapkan posisi setiap sudut bangunan dan menarik garis batas konstruksi. Pada lahan datar berbentuk persegi panjang, proses ini relatif sederhana. Namun, pada lahan yang memiliki kemiringan atau bentuk tidak beraturan, penentuan lokasi menjadi lebih menantang. Dalam kedua situasi, ketepatan pengukuran sangatlah krusial. Terdapat dua pendekatan utama yang dapat digunakan untuk menentukan posisi bangunan:

- Mengukur dari garis referensi yang diketahui
- Menggunakan jalur transit



Gambar 1.1 Rencana plot yang menunjukkan batas properti dan penanda sudut, yang telah

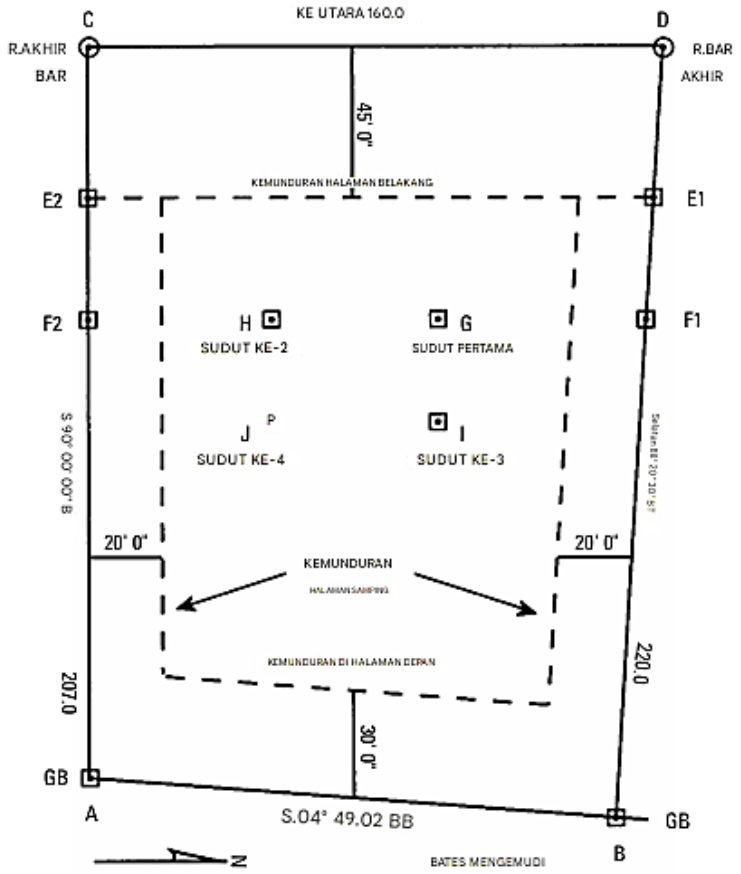
ditentukan lokasinya dan diidentifikasi, lokasi rumah, dan batas kemunduran.

Menentukan Lokasi Rumah dari Garis Referensi yang Diketahui

Jika bangunan akan dibangun sejajar dengan garis batas properti, maka garis tersebut berfungsi sebagai acuan yang sudah pasti dan dapat dikenali. Dalam hal ini, garis properti digunakan sebagai titik referensi, sehingga penentuan level bangunan tidak lagi diperlukan. Langkah pertama adalah memastikan keberadaan penanda sudut atau monumen biasanya berupa batu granit di bagian depan dan pipa besi atau pin logam di bagian belakang lahan. Jika penanda tersebut tidak ditemukan, segera hubungi juru ukur profesional. Selanjutnya, gunakan rencana plot (lihat Gambar 1.1) untuk menentukan jarak mundur (setback) dari batas properti.

Perhatian

Melakukan pengukuran sebenarnya lebih menantang daripada yang tampak. Jarak yang harus dicatat adalah jarak horizontal, bukan jarak sepanjang kemiringan. Jika lahan memiliki kontur miring dan posisi Anda berada di bawah titik referensi, gunakan alat pengukur vertikal serta waterpass genggam untuk memastikan pita ukur tetap sejajar secara horizontal. Pada lahan datar, sebaiknya pita ukur diletakkan langsung di atas permukaan tanah, bukan ditopang pada kedua ujungnya. Sebaliknya, di lahan miring, tarik pita dengan kencang untuk meminimalkan kelonggaran atau kendur. Dalam kondisi seperti ini, pita ukur berbahan baja merupakan pilihan yang paling tepat karena kekuatannya menjaga akurasi pengukuran.



Gambar 1.2 Langkah 1 hingga 8. Tata letak dengan tingkat transit.

Untuk menandai, lihat Gambar 1.2 dan lakukan sebagai berikut:

1. Siapkan 10 atau lebih patok sepanjang 3 kaki dengan menggambar diagonal pada kepala datar untuk menentukan titik tengah, dan tancapkan paku di tempat garis bersilangan.
2. Cari penanda properti belakang kanan D. Ukur 45 kaki-0 inci dari D ke arah penanda granit depan B. Ini adalah jarak kemunduran halaman belakang. Tancapkan patok. Patok ini bertanda E1 pada Gambar 1.2.
3. Cari penanda properti belakang kiri. Ukur 45 kaki-0 inci dari D ke arah penanda granit depan A. Patok ini bertanda E2.
4. Bentangkan garis yang rapat di sepanjang tanah di antara patok E1 dan E2 untuk menemukan garis batas halaman belakang. Selanjutnya, dua sudut belakang rumah harus ditemukan. Denah menunjukkan rumah berjarak 34 kaki dari garis batas halaman belakang. Dari patok kiri E2 ukur 34 kaki-0 inci ke arah depan dan tancapkan patok, F2. Dari patok kanan E1 ukur 34 kaki-0 inci ke arah depan dan tancapkan patok, F1. Konsultasikan denah plot untuk melihat seberapa jauh di sudut-sudut rumah dari batas properti kiri dan kanan.
5. Dari patok kiri F2 ukur 50 kaki-0 inci ke kanan, dan tancapkan patok. Ini adalah sudut belakang kiri rumah. Dari patok kanan F1 ukur 60 kaki-0 inci ke kiri, dan tancapkan patok. Ini adalah sudut belakang kanan rumah. Jarak antara kedua patok ini adalah panjang bagian belakang bangunan. Pastikan jarak ini, 46 kaki-0 inci, sesuai dengan panjang yang diberikan pada denah plot (Gambar 1.1).
6. Dapatkan kedalaman rumah dari denah plot. Dari patok sudut belakang kiri ukur 26 kaki-0 inci ke arah halaman depan, dan tancapkan patok. Ini adalah sudut depan kiri rumah. Dari patok sudut belakang kanan ukur 26 kaki-0 inci ke arah halaman depan, dan tancapkan patok. Ini adalah sudut depan kanan rumah. Jarak antara kedua patok ini adalah panjang bagian depan bangunan. Pastikan jaraknya sesuai dengan panjang yang ditunjukkan pada denah plot (Gambar 1.1). Jika garis properti membentuk sudut 90 derajat di sudut-sudutnya, sisi kiri dan kanan bangunan harus sejajar dengan garis properti kiri dan kanan. Panjang bagian depan dan belakang harus sejajar dengan garis properti bagian depan dan belakang.

Pada lahan yang tidak berbentuk persegi panjang, di mana sudut-sudutnya tidak membentuk sudut 90 derajat, metode ini tidak akan berhasil karena garis bangunan tidak akan sejajar dengan garis properti. Garis batas harus dipatok, dan sudut bangunan yang paling dekat dengan garis properti, tetapi di dalam batas tersebut, harus ditempatkan. Bangunan harus dipatok dari titik ini, dengan dumpy level atau transit level, menggunakan metode yang dijelaskan di bagian “Batter Boards and Offset Stake” di bagian akhir bab ini.

Menata Dengan Jenis Level

Terdapat dua jenis level survei yang umum digunakan: level optik otomatis (sering disebut dumpy level atau builder’s level, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.3) dan level transit (Gambar 1.4). Level optik hanya dapat dipasang dalam posisi horizontal dan tidak

dirancang untuk mengukur sudut. Sebaliknya, level transit memiliki kemampuan untuk diputar baik secara horizontal maupun vertikal, sehingga dapat digunakan untuk mengukur sudut vertikal, menarik garis lurus, serta memeriksa apakah kolom, sudut bangunan, atau struktur vertikal lainnya sudah tegak lurus.

Level laser (lihat Gambar 1.5), yang banyak digunakan dalam proyek konstruksi komersial, kini mulai menggantikan fungsi level transit dalam pembangunan perumahan.

Untuk memulai proses penataan bangunan menggunakan level transit, diperlukan sebuah titik referensi atau tolok ukur. Umumnya, penanda sudut di bagian kanan belakang lahan digunakan untuk tujuan ini. Panduan lengkap mengenai penataan bangunan dengan menggunakan level transit dapat dilihat pada Gambar 1.3 dan dijabarkan dalam langkah-langkah berikut.

Gambar 1.3 Level otomatis. *(Courtesy The Lietz Company)*

Gambar 1.4 Level transit. *(Courtesy The Lietz Company)*

Gambar 1.5 Level laser. *(Courtesy The Lietz Company)*

Perhatian

Saat memasang transit di atas penanda di lereng, letakkan dua kaki tripod di sisi menurun, dan kaki lainnya di sisi menanjak. Tempatkan bagian atas tripod sedekat mungkin dengan penanda.

1. Ratakan dan tegakkan transit di atas penanda D. Bidik ke penanda sudut seberang

B.

2. Jarak halaman belakang adalah 45 kaki-0 inci. Ukur 45 kaki-0 inci dari penanda D. Ambil salah satu patok yang telah disiapkan sebelumnya, sejajarkan tanda 45 kaki-0 inci pada pita pengukur dengan bagian tengah patok. Lepaskan teleskop transit, dan turunkan hingga garis bidik, paku di bagian tengah patok, dan tanda 45 kaki-0 inci sejajar. Ini adalah titik E.
3. Rumah tersebut berjarak 34 kaki dari garis batas belakang. Dari titik E1 ukurlah 34 kaki-0 inci. Sambil menahan pita penanda 34 kaki-0 inci pada paku di tengah pasak, angkat teleskop hingga garis bidik tepat berada pada tanda pita 34 kaki-0 inci, dan tancapkan pasak. Ini adalah titik F1.
4. Pindahkan transit ke tanda F1, sejajarkan dan tegakkan, dan bidik kembali ke penanda B. Sekarang putar teleskop 90 derajat ke kanan.
5. Jarak dari garis batas properti (Gambar 1.1) ke sisi kanan bangunan adalah 60 kaki-0 inci. Dari tanda F1 ukurlah 60 kaki-0 inci dan tancapkan pasak. Turunkan teleskop hingga garis bidik horizontal berada pada tanda 60 kaki-0 inci pada pita penanda. Ini adalah sudut pertama bangunan, dan ini adalah titik G.
6. Pindahkan transit ke titik G, dan sejajarkan dan tegakkan. Ukur 46 kaki-0 inci dari titik G. Ini adalah panjang bangunan. Sekarang angkat teleskop hingga garis bidik horizontal bertepatan dengan tanda 46 kaki-0 inci pada pita. Sejajarkan bagian tengah pasak dengan tanda 46 kaki-0 inci pada pita, dan tancapkan pasak. Titik H telah ditemukan dan merupakan sudut kedua bangunan.
7. Dengan transit masih di atas titik G, putar 90 derajat ke kiri. Ukur 26 kaki-0 inci dari titik G. Kemudian, turunkan teleskop hingga garis bidik horizontal berada pada tanda 26 kaki-0 inci pada pita. Sejajarkan paku dengan tanda pita 26 kaki-0 inci, dan tancapkan pasak. Titik I ditetapkan dan merupakan sudut ketiga bangunan.
8. Ratakan dan tegak luruskan transit di atas titik I, dan bidik kembali ke titik G. Putar teleskop 90 derajat ke kiri. Dari titik I ukur 46 kaki-0 inci. Turunkan teleskop hingga garis bidik horizontal berada pada tanda 46 kaki-0 inci pada pita. Sejajarkan bagian tengah pasak dengan tanda 46 kaki-0 inci pada pita, dan tancapkan pasak. Ini, sudut keempat dan terakhir bangunan, adalah titik J.

Papan Pemukul dan Pasak Offset

Setelah posisi sudut bangunan ditentukan, langkah berikutnya adalah menetapkan garis bangunan sebagai penanda batas fisik dari area pembangunan. Untuk tujuan ini, digunakan papan pemukul (batter boards), yang berfungsi sebagai penanda tetap untuk lokasi penggalian dan fondasi. Nantinya, cetakan (formwork) untuk dinding fondasi akan dipasang mengikuti garis ini.

Papan pemukul sebaiknya dipasang pada jarak 4 hingga 6 kaki dari setiap pasak sudut bangunan. Untuk menentukan lokasi garis secara presisi, rentangkan tali pengukur (string line) melintasi pasak sudut bangunan. Setelah semua garis bangunan terbentuk, periksa kembali bahwa jarak antar garis sesuai dengan ukuran yang tercantum dalam cetak biru.

Terakhir, lakukan pengukuran diagonal antar sudut dari garis papan pemukul untuk

memastikan bahwa keseluruhan garis bangunan membentuk sudut siku-siku atau benar-benar persegi.

Pasak offset (alternatif untuk papan pemukul) adalah pasak yang diimbangi beberapa kaki dari penanda sudut. Siapkan dan ratakan transit di atas salah satu pasak sudut, yang akan kita sebut A. Arahkan teleskop untuk menetapkan titik referensi yang disebut B, dan tancapkan pasak. Atur skala 360 derajat pada 0. Sekarang putar teleskop hingga skala menunjukkan putaran 90 derajat. Atur batang penyeimbang pada jarak yang diperlukan dari transit, bidik teleskop untuk menentukan titik C, dan tancapkan patok. Garis AC tegak lurus terhadap garis AB, membentuk sudut siku-siku di mana garis-garis tersebut berpotongan di titik A. Garis yang direntangkan di antara pasangan patok berpotongan di titik A, salah satu sudut rumah.

Pasak offset, yang berfungsi sebagai alternatif dari papan pemukul, adalah pasak yang dipasang dengan jarak tertentu dari titik sudut bangunan. Untuk memulainya, siapkan dan sejajarkan alat transit di atas salah satu pasak sudut kita sebut titik ini sebagai A. Arahkan teleskop pada transit ke titik referensi yang akan menjadi titik B, lalu tancapkan pasak di titik tersebut. Setelah itu, atur skala rotasi 360 derajat pada posisi nol (0°).

Selanjutnya, putar teleskop hingga skala menunjukkan sudut 90 derajat. Tempatkan batang pengukur pada jarak tertentu dari titik transit, lalu bidik menggunakan teleskop untuk menentukan posisi titik C, dan pasang patok di sana. Dengan demikian, garis AC akan tegak lurus terhadap garis AB, membentuk sudut siku-siku di titik A sebagai titik perpotongan.

Garis-garis yang direntangkan antara pasangan pasak ini akan berpotongan tepat di titik A, yang merupakan salah satu sudut utama dari bangunan yang akan didirikan.

Metode Teorema Pythagoras

Ketegaklurusan sudut dapat diuji dengan menerapkan teorema Pythagoras, yang digunakan untuk menghitung panjang sisi miring (hipotenusa) pada sebuah segitiga siku-siku. Teorema ini menyatakan bahwa kuadrat panjang sisi miring (C^2) sama dengan jumlah kuadrat dari dua sisi lainnya ($A^2 + B^2$).

Sebagai ilustrasi, bayangkan sebuah segitiga dengan panjang sisi A = 9 kaki dan B = 12 kaki. Berdasarkan rumus, $A^2 = 81$ dan $B^2 = 144$. Jumlah keduanya adalah 225, sehingga $C^2 = 225$. Jika diakarkan, C = 15 kaki. Artinya, jika sisi miring berukuran 15 kaki, maka sudut yang dibentuk benar-benar siku-siku.

Untuk menentukan panjang sisi miring (hipotenusa), kita perlu menghitung akar kuadrat dari hasil penjumlahan kuadrat dua sisi lainnya yakni, mencari angka yang jika dikalikan dengan dirinya sendiri menghasilkan 225. Sebagian besar kalkulator saku memiliki tombol fungsi akar kuadrat. Cukup masukkan angka 225, tekan tombol tersebut, dan hasilnya adalah 15.

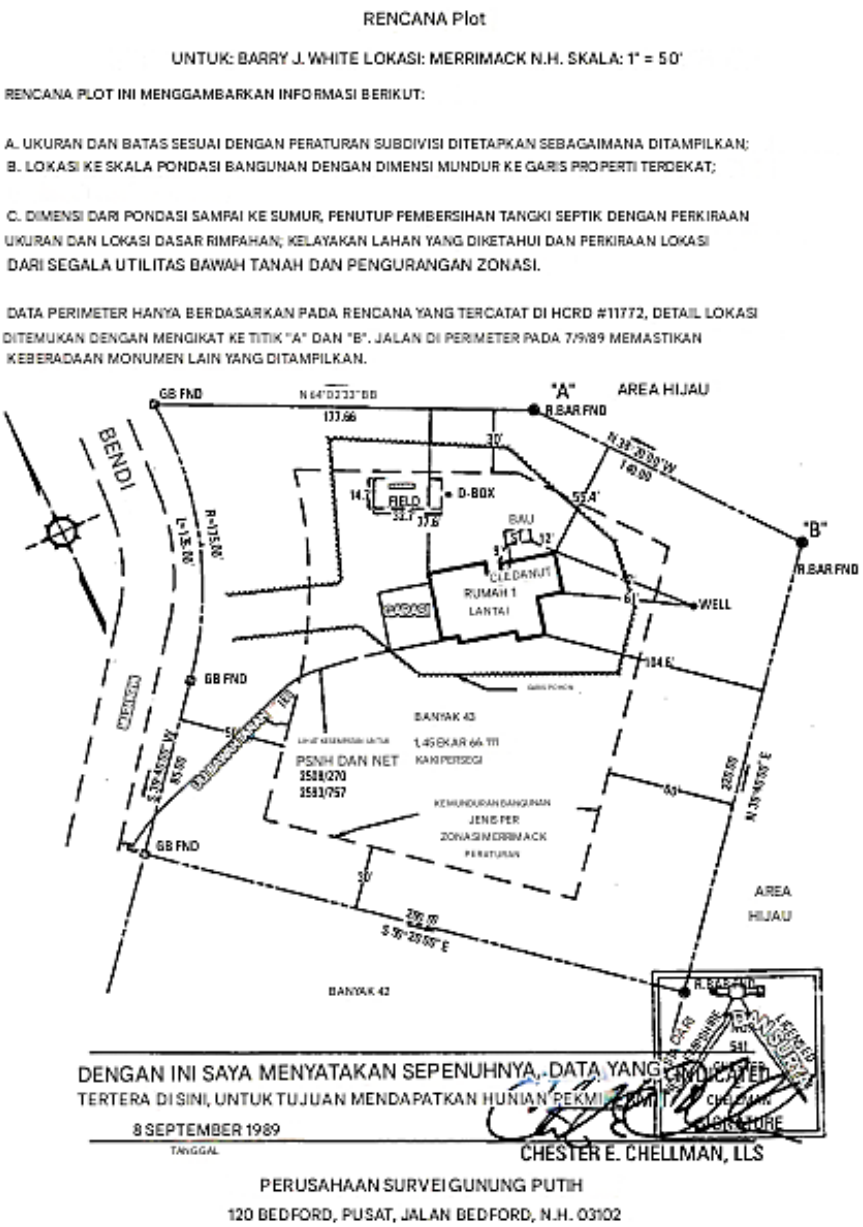
Jika sudut antara sisi A dan sisi B membentuk sudut siku-siku (90 derajat), maka panjang diagonal atau hipotenusa harus tepat 15 kaki. Prinsip ini juga berlaku untuk kelipatan dari bilangan-bilangan dalam segitiga Pythagoras. Dalam contoh ini digunakan segitiga dengan sisi 9, 12, dan 15 kaki, yang merupakan kelipatan dari 3 ($3 \times 3 = 9$, $3 \times 4 = 12$, dan $3 \times 5 = 15$). Dengan kata lain, angka-angka ini adalah kelipatan dari satu set segitiga 3-4-5, yang sering digunakan dalam konstruksi untuk memastikan sudut benar-benar siku-siku.

1.3 DOKUMEN PENTING LAINNYA

Selain denah plot, dokumen penting lainnya termasuk Denah Plot Bersertifikat dan Sertifikat Hunian.

Denah Plot Bersertifikat

Denah Plot Bersertifikat (lihat Gambar 1.6) menggambarkan kondisi aktual pembangunan properti, bukan rencana pembangunan awal. Dokumen ini juga dikenal sebagai denah as-built. Penting untuk memahami ketentuan hukum di masing-masing negara bagian terkait siapa yang berwenang untuk mengesahkan denah tersebut. Meskipun seorang insinyur profesional (PE) mungkin memiliki kualifikasi untuk melakukan survei properti, di beberapa negara bagian seperti New Hampshire hanya surveyor tanah berlisensi yang diizinkan secara hukum untuk mengesahkan denah plot.



Gambar 1.6 Rencana plot yang telah disertifikasi.

Sertifikat Hunian

Salah satu dokumen paling krusial dalam proses pembangunan adalah Sertifikat Hunian (SHM). Dokumen ini menjadi bukti akhir bahwa pembangunan suatu bangunan telah selesai dan dinyatakan layak untuk dihuni. Meski demikian, tidak semua pemerintah kota mensyaratkan keberadaan SHM sebelum sebuah properti dapat dihuni secara resmi.

Namun, kota-kota yang telah menerapkan ketentuan dari *Building Officials and Code Administrators* (BOCA) atau *Uniform Building Code* (UBC) umumnya mewajibkan SHM sebagai syarat legalitas hunian. Selain itu, banyak lembaga keuangan atau bank juga menetapkan SHM sebagai prasyarat sebelum dokumen pinjaman atau transaksi properti dapat diselesaikan.

Sering kali, untuk memperoleh Sertifikat Hunian (SHM), pemerintah kota mensyaratkan agar pengembang menyerahkan Rencana Plot Bersertifikat sebagai bagian dari dokumen pendukung. Jika pasokan air berasal dari sumur, maka sertifikat hasil uji kualitas air juga mungkin diwajibkan.

Perlu dicatat bahwa bangunan tidak selalu harus selesai 100 persen untuk memenuhi syarat penerbitan SHM. Namun, standar ini dapat berbeda-beda, baik antarnegara bagian maupun antarwilayah. Oleh karena itu, penting untuk berkonsultasi langsung dengan pejabat pengawas kode bangunan setempat guna mengetahui persyaratan yang berlaku secara spesifik.

Ringkasan

Berbagai ketentuan hukum dan teknis mengatur jenis bangunan yang dapat didirikan pada suatu bidang tanah, termasuk lokasi bangunan tersebut di dalam lahan. Selain itu, terdapat perjanjian pembatasan yaitu aturan yang mengikat secara hukum yang dapat menetapkan syarat-syarat tertentu, seperti ukuran minimum rumah, larangan pembangunan struktur utilitas, atau pembatasan pemasangan antena televisi di atap.

Peraturan zonasi juga mengatur hal-hal seperti batas jarak bangunan dari garis properti serta faktor-faktor lain yang memengaruhi penempatan rumah secara proporsional di atas lahan. Penempatan tangki septik juga memerlukan perhatian khusus, karena memiliki persyaratan teknis tersendiri.

Sertifikat Hunian (SHM) merupakan dokumen akhir yang sangat penting. Dokumen ini menjadi bukti sah bahwa proses pembangunan telah selesai dan properti tersebut layak untuk dihuni. Setiap kota yang mengadopsi kode bangunan BOCA atau *Uniform Building Code* (UBC) umumnya mensyaratkan keberadaan sertifikat ini. Dalam praktiknya, sebagian besar lembaga keuangan yang memberikan pinjaman hipotek juga menuntut SHM sebagai salah satu dokumen utama sebelum menyelesaikan transaksi.

Latihan Soal

1. Sebutkan empat ketentuan dasar yang menentukan jenis bangunan apa yang boleh dibangun di atas lahan?
2. Apa yang dimaksud dengan perjanjian?

3. Mengapa tangki septik dibutuhkan?
4. Di mana muka air tanah yang tinggi dan sesuai musim berperan penting?
5. Apa yang memengaruhi lokasi tangki septik?
6. Apa nama lain yang digunakan untuk batas properti?
7. Apa saja dua jenis level surveyor?
8. Apa yang menggantikan level transit dalam konstruksi perumahan?
9. Apa yang dimaksud dengan Rencana Plot Bersertifikat?
10. Mengapa Sertifikat Hunian begitu penting?

BAB 2
BETON

Beton merupakan salah satu bahan bangunan paling tua dan paling luas penggunaannya. Penggalian di Yerikho, misalnya, mengungkap lantai beton yang sudah ada sejak ± 7000 SM. Sekitar 2,5 juta balok batu kapur Piramida Agung Giza diselubungi plester semen, sedangkan Pantheon di Roma dididirikan pada 27 SM bertahan sebagai struktur beton terbesar di dunia hingga menjelang akhir abad ke-19. Keunggulan beton terletak pada ketersediaan bahan penyusunnya yang murah dan melimpah di hampir setiap wilayah.

Hingga penghujung abad ke-19, beton lazim dibuat menggunakan semen alami dan tidak dilengkapi tulangan. Semen alami tersusun dari kalsium, kapur, dan tanah liat yang memang telah bercampur di alam.

Perubahan penting terjadi pada 1824, ketika pembangun Inggris Joseph Aspdin mematenkan semen Portland dinamai mengikuti warna batu kapur abu-abu di Pulau Portland. Kini, ± 95 % kebutuhan semen global dipenuhi oleh jenis Portland ini. Beton kerap dijuluki material mulia karena tidak mudah terbakar ataupun lapuk, harganya relatif terjangkau, memiliki kuat tekan tinggi, mudah dibentuk, dan secara mengejutkan bobonya tergolong ringan.

Namun, beton memiliki kelemahan inheren: kuat tariknya rendah dan ia mengalami susut seiring waktu, sehingga rawan retak. Untuk menahan beban berat dan meminimalkan keretakan, beton perlu diperkuat dengan batang baja *(reinforcement).*

2.1 SEMEN PORTLAND

Semen Portland diakui secara luas sebagai bahan pengikat paling vital dalam konstruksi modern. Berkat kombinasi keunggulannya ekonomis, serbaguna, dan tersedia di mana-mana material ini digunakan pada beragam proyek, mulai dari gedung, jembatan, drainase, gorong-gorong, fondasi, tapak, pilar, abutmen, dan dinding penahan, hingga perkerasan jalan.

Struktur beton, baik beton polos maupun beton bertulang, menempati posisi hampir unik di antara sistem bangunan kontemporer. Dalam kondisi plastis, campuran beton mudah diolah dan dapat dituangkan ke dalam cetakan apa pun, sehingga memungkinkan bentuk yang nyaris tak terbatas. Bila dikerjakan dengan mutu baik, beton menghasilkan struktur yang tahan lama, estetis, dan memerlukan perawatan minimal.

Akan tetapi, sejumlah keterbatasan inheren harus diantisipasi sejak tahap perancangan agar tidak menurunkan performa serta keindahan struktur. Beberapa kelemahan utama konstruksi beton meliputi:

- Kekuatan tarik rendah
- Penyusutan akibat pengeringan dan pergerakan air
- Permeabilitas

Semen

Ketika semen Portland, pasir, batu pecah (agregat), dan air dicampur, terjadi reaksi kimia yang membentuk kristal-kristal yang merekatkan agregat, menghasilkan bahan padat menyerupai batu yang dikenal sebagai beton. Selama proses pengerasan, beton melepaskan sejumlah besar panas yang dikenal sebagai panas hidrasi. Proses hidrasi ini yakni pengerasan akibat reaksi kimia dapat terus berlangsung selama bertahun-tahun, asalkan beton tetap lembap dan tidak mengering sepenuhnya.

Kekuatan beton terutama ditentukan oleh rasio air terhadap berat semen, biasanya dihitung dalam satuan galon air per kantong semen. Rasio ini merupakan faktor krusial dalam menentukan mutu akhir beton.

Semen Portland dibuat dari berbagai bahan, namun umumnya mencakup kapur, besi, silika, pasir, alumina, dan sejumlah mineral lainnya. Bahan-bahan ini terlebih dahulu digiling terpisah, lalu dicampur dan dibakar pada suhu tinggi sekitar 2700°F dalam tanur putar untuk membentuk pelet keras yang disebut klinker. Klinker tersebut kemudian digiling kembali bersama sedikit gipsum, menghasilkan bubuk halus yang kita kenal sebagai semen Portland.

Semen ini dipasarkan baik dalam bentuk curah maupun kantong. Satu kantong standar berisi 94 pon semen dan memiliki volume sekitar 1 kaki kubik (ft^3).

Jenis-Jenis Semen Portland

Spesifikasi *American Society for Testing and Materials* (ASTM) untuk semen Portland (C150–78) menetapkan kualitas semen dan mengidentifikasi delapan jenis yang berbeda:

- Tipe I—Ini paling umum digunakan untuk konstruksi umum dan disebut semen normal.
- Tipe IA—Ini adalah semen normal yang menyerap udara.
- Tipe II—Ini adalah semen yang dimodifikasi untuk digunakan dengan beton yang bersentuhan dengan tanah atau air yang mengandung sulfat, yang merupakan garam dari asam sulfat. Sulfat menyerang beton dan dapat menyebabkan beton retak dan pecah.
- Tipe IIA—Ini adalah semen yang menyerap udara dan tahan sulfat sedang.
- Tipe III—Ini adalah semen dengan kekuatan awal tinggi yang sama kuatnya dalam 3 hari seperti semen Tipe I atau Tipe II dalam 28 hari. Karena Tipe III menghasilkan panas yang signifikan (yang dapat merusak beton), sebaiknya tidak digunakan pada struktur masif. Tipe ini juga memiliki ketahanan yang buruk terhadap sulfat.
- Tipe IIIA—Ini adalah semen berkekuatan awal tinggi yang dapat menyerap udara.
- Tipe IV—Ini adalah semen dengan panas hidrasi rendah, yang dikembangkan untuk digunakan dalam struktur masif seperti bendungan. Jika beton tidak dapat menghilangkan panas saat mengering, suhunya dapat meningkat hingga 50◦F atau 60◦F. Peningkatan suhu menyebabkan beton lunak bertambah besar. Saat mengeras dan mendingin, penyusutan menyebabkan retakan muncul. Retakan mungkin tertunda dan tidak terlihat hingga lama kemudian.

  Retakan ini melemahkan beton dan memungkinkan zat berbahaya masuk dan menyerang bagian dalam beton.
- Tipe V—Ini adalah semen khusus yang tahan sulfat tinggi untuk digunakan dalam

struktur yang terpapar cairan yang mengandung sulfat (seperti air laut atau air alami lainnya). Beton Normal Beton normal dibuat dengan agregat halus (pasir), agregat biasa (batu pecah atau kerikil), dan air. Tidak ada campuran yang dapat menyerap udara yang ditambahkan. Beton berudara, beton ringan, beton berat, beton polimer, dan beton bertulang serat (FRC) bukanlah beton biasa.

Bahan-Bahan Penting

Bahan-bahan penting beton adalah semen dan air yang bereaksi secara kimia dalam suatu proses yang disebut hidrasi untuk membentuk material lain yang memiliki kekuatan yang berguna. Pengerasan beton bukanlah hasil dari pengeringan campuran, seperti yang dapat dilihat dari fakta bahwa beton segar yang ditempatkan di dalam air akan mengeras meskipun dalam keadaan terendam seluruhnya. Campuran semen dan air disebut pasta semen. Akan tetapi, campuran seperti itu, dalam jumlah besar, sangat mahal untuk keperluan konstruksi praktis dan mengalami penyusutan yang berlebihan setelah pengerasan.

Semen Alami

Semen alami diproduksi dengan cara menggiling dan membakar batuan semen alami yang merupakan batu kapur lempung yang mengandung hingga 25 persen material lempung. Semen alami biasanya berwarna kuning hingga cokelat. Kekuatan tarik dan kekuatan tekan mortar semen alami rendah, bervariasi dari sepertiga hingga setengah dari kekuatan semen Portland normal. Semen alam memiliki kualitas yang bervariasi dan jarang digunakan saat ini. Di Amerika Serikat, semen alam hanya mewakili 1 persen dari produksi semua semen.

Semen alam tersedia dalam dua jenis secara komersial: semen alam Tipe N dan semen alam tipe NA yang mengandung udara. Semen alam digunakan dalam persiapan semen pasangan bata untuk digunakan dalam mortar dan dalam kombinasi dengan semen Portland untuk digunakan dalam campuran beton sebagai berikut:

- Agregat—Bahan pengisi inert berupa pasir, batu, dan kerikil ditambahkan ke semen dan air dalam jumlah yang ditentukan untuk menambah volume campuran. Bila beton dicampur dengan benar, setiap partikel agregat dikelilingi oleh pasta dan semua ruang di antara partikel agregat terisi penuh. Pasta adalah media penyemenan yang mengikat partikel agregat menjadi massa padat.
- Nat—Nat adalah campuran semen Portland, kapur, agregat halus, dan air dalam proporsi sedemikian rupa sehingga campuran tersebut bersifat cair. Proporsi yang tepat dan ukuran maksimum agregat ditentukan oleh tujuan yang dimaksudkan.
- Mortar—Mortar adalah campuran semen Portland, kapur, agregat halus, dan air dalam proporsi sedemikian rupa sehingga campuran tersebut bersifat plastis. Proporsi yang tepat dan ukuran maksimum agregat ditentukan oleh tujuan yang dimaksudkan.

Campuran Tambahan

Apa pun selain semen, agregat, dan air yang ditambahkan ke beton untuk mengubah sifatnya disebut campuran tambahan. Lebih dari 70 persen dari semua beton siap pakai mengandung campuran bahan tambahan pengurang air. Bangsa Romawi menambahkan lemak babi, darah, susu, dan bahan lain untuk membuat beton lebih mudah dibentuk. Ada banyak jenis campuran, yang paling umum adalah sebagai berikut:

- Agen pengikat udara
- Akselerator
- Retarder
- Pengurang air
- Pengurang air jarak jauh
- Pozzolan

Pengurang Udara

Beton biasa secara alami hanya mengandung sedikit udara. Namun, dengan menambahkan bahan tambahan yang berfungsi sebagai *air-entraining agent* (pengikat udara), kandungan udara dalam beton dapat ditingkatkan hingga lebih dari 10 persen dari total volumenya. Udara yang terperangkap dalam bentuk gelembung-gelembung mikro ini berperan penting dalam meningkatkan kemudahan pengecoran serta daya tahan beton terhadap cuaca ekstrem.

Gelembung-gelembung tersebut berukuran sangat kecil satu inci kubik (in^3) beton yang mengandung udara bahkan dapat memuat hingga tujuh juta gelembung udara. Selain meningkatkan daya tahan, kehadiran udara juga memengaruhi tingkat kekakuan beton, yang dikenal sebagai kemerosotan (*slump*). Misalnya, dengan menambahkan udara ke dalam beton kaku dengan kemerosotan awal sebesar 2 inci, dapat dihasilkan campuran yang lebih lunak dengan kemerosotan mencapai 5 hingga 8 inci.

Penambahan udara ke dalam campuran beton secara signifikan meningkatkan daya tahannya terhadap siklus pembekuan dan pencairan berulang. Oleh karena itu, beton yang akan terpapar kondisi cuaca ekstrem atau zat kimia agresif wajib menggunakan aditif pengikat udara. Kode Bangunan dari *American Concrete Institute* (ACI) bahkan mensyaratkan penggunaan beton berpengikat udara untuk semua struktur yang kemungkinan terpapar suhu beku dalam kondisi basah.

Namun demikian, keberadaan udara dalam beton berdampak pada penurunan kekuatan tekan. Untuk mengimbangi hal ini, rasio air terhadap semen, atau kandungan air dalam campuran, perlu dikurangi. Meski demikian, penyesuaian tersebut tidak cukup untuk mengembalikan kekuatan beton jika kadar udara melebihi 6 persen. Oleh karena itu, kandungan udara idealnya dibatasi di kisaran 4 persen, dan tidak melebihi 6 persen sebagai batas maksimum.

Dalam konteks tertentu, seperti pembuatan beton ringan non-struktural yang memiliki sifat isolasi termal, kadar udara yang lebih tinggi justru sengaja ditambahkan untuk mencapai tujuan tersebut.

Akselerator

Campuran tambahan yang mempercepat mempercepat pengaturan dan pengerasan beton. Tujuan dari akselerator adalah untuk mengurangi waktu pengerasan dengan mengembangkan kekuatan 28 hari dalam 7 hari. Akselerator yang paling umum, kalsium klorida, digunakan terutama dalam cuaca dingin. Beton mengeras sangat lambat pada suhu di bawah 50◦F. Karena terlalu banyak kalsium klorida dapat menyebabkan korosi pada baja tulangan, maka harus dibatasi hingga 2 persen dari berat beton.

Akselerator terkadang keliru disebut antibeku, atau pengeras, tetapi mereka memiliki sedikit efek pada penurunan suhu beton. Beton yang dibuat dengan air hangat dan agregat yang dipanaskan dapat membuat penggunaan akselerator tidak diperlukan.

Retarder

Menuangkan beton saat cuaca panas, kering, dan berangin (pengecoran beton di cuaca panas) dapat menghasilkan beton yang melakukan hal berikut:

- Mengering terlalu cepat
- Mengeras terlalu cepat
- Memerlukan lebih banyak air agar beton dapat dikerjakan
- Kehilangan kemerosotan dengan cepat
- Lebih mungkin retak akibat penyusutan plastik karena permukaannya dapat mengering sebelum pengerasan dimulai
- Kehilangan kekuatan

Retarder adalah campuran yang memperlambat pengerasan awal dan pengerasan beton sebelum dapat dituang dan diselesaikan. Sebagian besar retarder juga merupakan pereduksi air.

Pereduksi Air

Campuran pereduksi air mengurangi jumlah air yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu yard kubik (yd^3) beton dengan kemerosotan tertentu. Karena kemampuan pengerjaannya tidak berkurang, beton dengan kekuatan yang lebih tinggi dihasilkan.

Pereduksi Air Jangkauan Tinggi

Pereduksi air jangkauan tinggi disebut super-plasticizer atau super. Mereka dapat mengubah beton dengan kemerosotan 3 inci menjadi beton dengan kemerosotan 9 inci tanpa menurunkan kekuatannya. Jumlah air dapat dikurangi hingga 30 persen untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tinggi 6000 psi atau lebih. Superplasticizer memungkinkan beton mengalir di sekitar sudut, melalui jalinan tulangan beton, dan ke rongga yang sulit dijangkau. Retak susut berkurang, tidak ada air yang ditambahkan, dan kekuatan tidak berkurang. Namun, superplasticizer lebih mahal daripada reduktor biasa. Aksi banyak plasticizer hanya berlangsung 30 menit pada suhu normal. Mereka harus ditambahkan di lokasi kerja. Superplasticizer dengan masa pakai yang lama tersedia yang mempertahankan kemerosotan yang meningkat selama satu hingga tiga jam dan dapat ditambahkan di pabrik batch.

Pozzolan

Pozzolan adalah abu vulkanik alami atau bahan buatan yang bereaksi dengan kapur dalam beton basah untuk membentuk senyawa semen. Mereka membantu mengurangi suhu pengerasan beton dan meningkatkan kemampuan kerjanya. Akan tetapi, karena pozzolan bereaksi lambat, diperlukan waktu pengeringan yang lebih lama. Pozzolan yang paling umum digunakan adalah abu terbang, limbah sampingan dari pembangkit listrik berbahan bakar batu bara. Pozzolan, yang dinamai berdasarkan sebuah kota di Italia, adalah tempat orang Romawi pertama kali mencampur abu dari Gunung Vesuvius dengan kapur, air, dan batu untuk membuat bentuk beton. Pozzolan digunakan dalam Saluran Air Romawi.

Penanganan dan Penempatan Beton

Beton adalah material yang mudah dimaafkan. Beton sering kali disalahgunakan oleh praktik konstruksi yang ceroboh, tetapi tetap berfungsi. Akan tetapi, beton tidak selalu berfungsi sebagaimana mestinya. Lamanya beton bertahan tergantung pada cara pembuatannya. Faktor penentu lainnya adalah agregat, campuran admixture, pengangkutan, penanganan, penempatan, perawatan, dan penyelesaian.

Beton bukanlah cairan, melainkan campuran bubur padat dan cair. Karena beton bukanlah campuran yang stabil, getaran yang berlebihan, pemindahannya dalam jarak yang jauh secara horizontal, atau jatuh dari ketinggian yang berlebihan, dapat menyebabkan campuran tersebut terpisah (yaitu, pecah). Agregat kasar bergerak ke bagian bawah cetakan, sedangkan pasta semen dan air naik ke atas.

Pemisahan agregat menyebabkan hilangnya kekuatan dan kekedapan air. Pemisahan harus dihindari selama semua fase penempatan beton: dari mixer (truk) ke titik penempatan, ke konsolidasi, hingga penyelesaian. Beton harus dipadatkan secara menyeluruh, harus mengisi semua sudut dan sudut, dan dikerjakan dengan hati-hati di sekitar tulangan beton atau benda tertanam lainnya. Suhu beton segar harus dikontrol selama semua operasi (dari pencampuran hingga penempatan akhir) dan dilindungi setelah penyelesaian.

2.2 METODE PENEMPATAN

Perhatian

Truk campuran siap pakai yang terisi penuh dapat berbobot hingga 80.000 pon. Saat pelat dituangkan di fondasi yang sudah ada, truk harus berada pada sudut 45 derajat terhadap fondasi; tidak pernah sejajar dengannya. Tekanan truk pada tanah meningkatkan tekanan lateral terhadap fondasi dan dapat retak atau runtuh di dinding fondasi. Aturan praktisnya adalah menjaga roda truk sejauh mungkin dari fondasi sejauh kedalaman fondasi. Jika penggalian sedalam 8 kaki, roda truk harus berjarak 8 kaki atau lebih dari dinding. Jalan landai mungkin harus dibangun untuk melindungi trotoar dan trotoar agar tidak retak karena beban truk.

Untuk mencegah segregasi, mixer harus mengeluarkan beton sedekat mungkin dengan lokasi akhirnya. Jika mixer tidak dapat mendekat, gunakan saluran, konveyor yang dipasang pada mixer, konveyor portabel, kereta bermotor, kereta tangan (kereta Georgia), atau pompa beton jalur kecil.

Konveyor yang dipasang pada mixer adalah konveyor sabuk yang dipasang pada truk campuran siap pakai. Konveyor ini dapat memindahkan beton sebanyak 100 yds^3 per jam, mencapai 40 kaki secara horizontal, lebih dari 25 kaki secara vertikal, dan 10 kaki di bawah permukaan tanah.

Jika mixer tidak dapat mendekat lebih dari 30 kaki, konveyor portabel bertenaga gas hingga panjang 30 kaki dapat digunakan. Konveyor akan menempatkan 50 yds^3 beton per jam untuk pekerjaan datar, dan 30 yds^3 per jam untuk dinding setinggi 12 kaki. Konveyor akan masuk melalui bukaan selebar 30 inci (Gambar 2.1). Kereta dorong bermotor yang dikendarai atau dikendarai di belakang dapat menangani 10 hingga 21 ft^3 beton, dapat melewati bukaan

36 inci dan 48 inci, dan melaju dengan kecepatan 5 hingga 10 mph (Gambar 2.2).

Pompa beton jalur kecil (Gambar 2.3) dapat memindahkan 25 hingga 40 yds³ per jam. Kecuali kereta dorong tangan, semua metode ini menawarkan kecepatan. Pemasok campuran siap pakai hanya mengizinkan beberapa menit per yd³ untuk mengeluarkan muatan, setelah itu akan ada biaya per menit. Metode yang paling ekonomis bergantung pada kondisi pekerjaan, peralatan, dan pengalaman kontraktor.

Jangan meletakkan beton di salah satu ujung bekisting dan memindahkannya melintasi atau melalui bekisting. Jangan menggunakan penggaruk atau vibrator untuk memindahkan beton.

Gambar 2.1 Konveyor portabel bertenaga gas. *(Courtesy Morgen Manufacturing Co.)*

Gambar 2.2 Kereta dorong bermotor yang dapat dinaiki.
(Courtesy Morrison Division of Amida Industries, Inc.)

Minimalkan jarak jatuh beton untuk membantu mencegah pemisahan agregat. Jatuh maksimum dengan tulangan beton tidak boleh lebih dari 5 kaki. Pertahankan ketinggian jatuh

maksimum 8 kaki dan gunakan parasut untuk menahan jatuhnya beton (Gambar 2.4).

Konsolidasi

Konsolidasi bertujuan menjaga seluruh komponen campuran beton tetap tercampur merata. Proses ini mengeluarkan udara terjebak, memastikan beton mengisi sempurna sekeliling tulangan serta mencapai setiap sudut, dan menjamin kontak rapat antara beton dan bekisting.

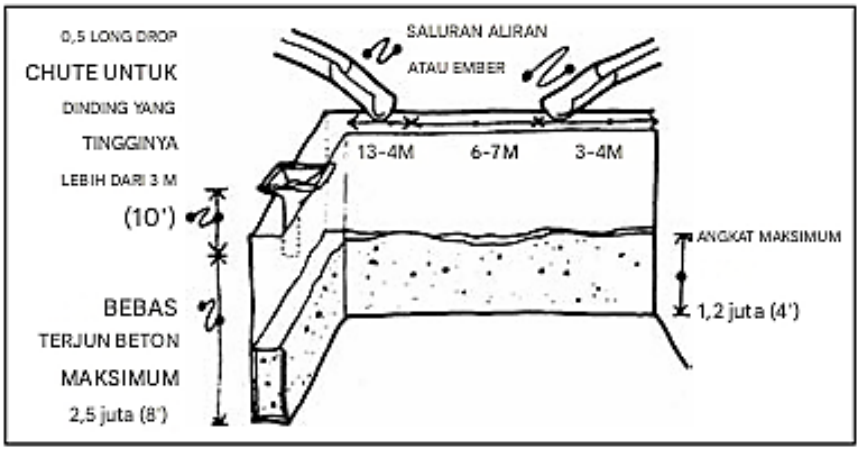
Beton harus dipadatkan dengan cermat. Hindari penggunaan vibrator mekanis, karena getaran yang sulit dikendalikan dapat menimbulkan segregasi (pemisahan agregat dan pasta semen). Sebagai gantinya, gunakan sekop atau alat tangan untuk menyingkirkan kantong udara di sepanjang permukaan bekisting.

Penguatan

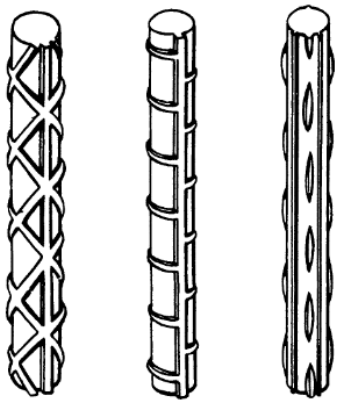
Percampuran antara baja dan beton mengatasi kelemahan utama beton: kurangnya tarikan, peregangan, dan kekuatan. Beton dan baja memuai dan menyusut pada tingkat yang hampir sama dengan perubahan suhu. Alkalinitas beton melindungi baja dari korosi. Namun, beton terikat dengan baja. Kombinasi ini memungkinkan beton digunakan untuk setiap jenis konstruksi.

Gambar 2.3 Pompa beton saluran kecil yang dipasang pada truk.
(Courtesy Morgen Manufacturing Co.)

Istilah tulangan lebih umum digunakan daripada frasa batang baja yang dideformasi. Tulangan digulung panas dengan rusuk permukaan atau deformasi untuk ikatan beton yang lebih baik dengan baja (Gambar 2.5). Tulangan tersedia dalam 11 ukuran standar dan diidentifikasi dengan nomor ukuran yang sama dengan jumlah perdelapan inci ($^1/_8$ inci) diameter batang (Tabel 2.1). Tulangan nomor 3 berdiameter $^3/_8$ inci, dan tulangan nomor 8 berdiameter $^8/_8$ inci atau 1 inci. Baik baja billet standar maupun baja poros diproduksi dalam dua tingkat kekuatan: 40 dan 60. Tingkat kekuatan standar untuk konstruksi bangunan adalah Tingkat 60. Angka tingkat menunjukkan kekuatan dalam 1000 pon per inci persegi (ksi).



Gambar 2.4 Saluran Pembuangan Beton.



Gambar 2.5 Batang baja yang dideformasi digunakan untuk ikatan yang lebih baik antara beton dan batang baja.

Tabel 2.1 Jumlah dan Dimensi Batang Tulangan

Tua (Inci)	Nomor Baru	Berat (lbs. per kaki)	Luas penampang (in^2)
$^1/_4$	2	0.166	0.05
$^3/_8$	3	0.376	0.1105
$^1/_2$	4	0.668	0.1963
$^5/_8$	5	1.043	0.3068
$^3/_4$	6	1.502	0.4418
$^7/_8$	7	2.044	0.6013
1	8	2.670	0.7854
1 persegi	9	3.400	1.0000
$1^1/_8$ persegi	10	4.303	1.2656
$1^1/_4$ persegi	11	5.313	1.5625

Penyangga Batang

Tersedia tiga jenis material penyangga batang: kawat, beton pracetak, dan plastik cetak.

Batang harus bebas dari lumpur, minyak, karat, dan lapisan bekisting. Penempatan tulangan harus sesuai dengan rencana. Batang bawah harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga setidaknya 2 inci penutup beton tertinggal di bawah dan di samping batang. Penutup melindungi tulangan dari api dan korosi. Jarak antar batang harus cukup lebar agar agregat dapat bergerak di antara keduanya.

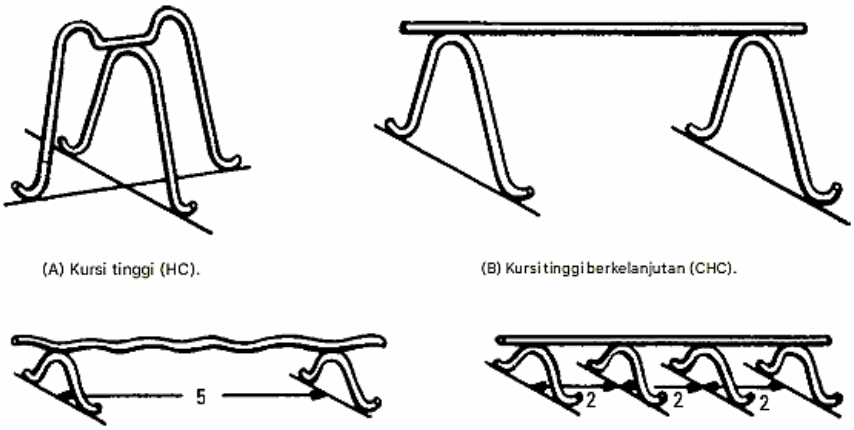
Untuk menjamin bahwa tulangan akan berada pada ketinggian penutup yang benar, kursi baja atau penopang panjang harus digunakan (Gambar 2.6). Jangan gunakan kaki kursi yang tidak berpenutup di tanah kosong. Kaki kursi dapat berkarat dan karat dapat menyebar ke atas hingga ke tulangan. Gunakan kursi berpenutup, penopang, blok beton, atau penyangga batang plastik cetak. Penyangga plastik dapat memuai (koefisien ekspansi suhu) pada tingkat yang berbeda atau lebih tinggi daripada beton, terutama di area dengan variasi suhu yang lebar. Tanyakan kepada produsen untuk memastikan bahwa koefisien ekspansi suhu penyangga batang plastik sama dengan beton.

2.3 KAIN KAWAT LAS

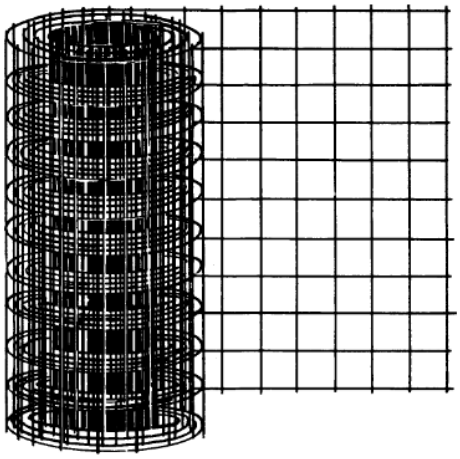
Kain kawat las (WWF) tampak seperti pagar dan dibuat dengan kawat polos atau yang telah dibentuk dengan pola kisi-kisi persegi atau persegi panjang (Gambar 2.7). Kain ini tersedia dalam gulungan sepanjang 150 hingga 200 kaki, lebar 5 hingga 7 kaki. Jarak antar gulungan berkisar antara 2 hingga 12 inci, serta jarak antar gulungan khusus. Kain ini juga tersedia dalam lembaran selebar 5 hingga 10 kaki dan panjang 10 hingga 20 kaki. Kain biasanya diberi label WWF pada gambar. Ukuran WWF diberikan dengan jarak antar gulungan diikuti dengan ukuran kawat. Misalnya, WWF 6 x 6-W1.4 W1.4 menunjukkan kawat halus, ukuran W1.4 berjarak 6 inci di setiap arah, dan diameter kawat 0,135 inci. WWF 6 x 6-W1.4 W1.4 adalah jenis yang paling umum digunakan pada pelat lantai perumahan.

Mungkin tidak ada dua bahan bangunan yang lebih sering disalahgunakan, kegunaannya lebih banyak disalahpahami (dan disebut dengan hal-hal yang tidak seharusnya) daripada kain kawat las dan penghambat difusi uap (yang disebut penghalang uap). Istilah yang paling umum digunakan untuk WWF dalam konstruksi perumahan adalah perkuatan. WWF dapat dipasang di pelat. Itu dianggap sebagai pelat polos (tanpa baja) karena jumlah baja kurang dari jumlah minimum yang diperlukan untuk memperkuatnya.

Oleh karena itu, WWF tidak hanya disalahgunakan, tetapi juga diberi nama yang salah. Persentase kecil baja yang digunakan dalam pelat perumahan ringan memiliki sedikit efek pada peningkatan kemampuan pelat menahan beban. Itu tidak membantu mendistribusikan beban ke tanah dasar, tidak memungkinkan pengurangan ketebalan pelat untuk beban yang sama, tidak akan menghentikan pengeritingan, dan tidak memperkuat pelat.



Gambar 2.6 Kursi atau guling yang digunakan untuk menyangga batang pada balok beton.



Gambar 2.7 Tulangan pelat beton biasanya berupa kasa kasa.

Tujuan dasar WWF adalah untuk menahan dengan kuat retakan acak yang mungkin terjadi di antara sambungan. Kain kawat las tidak akan menghentikan retakan, dan tidak dapat menghentikan retakan. Praktik umum yang tersebar luas, tetapi tidak tepat, dengan menempatkan WWF pada sub-grade/sub-base dan menuangkan beton di atasnya, membuat kain tidak berguna. Baja harus berukuran benar dan ditempatkan dalam 2 inci bagian atas permukaan atas pelat. Menempatkannya di bagian bawah pelat dan kemudian menariknya ke atas melalui beton dengan pengait sama buruknya dengan membiarkannya di tanah. Lokasinya yang tepat di dalam pelat tidak dapat dijamin.

Oleh karena itu, praktik ini hanya membuang-buang waktu dan uang. Untuk membuat lantai yang lebih kuat, dibutuhkan lebih banyak baja daripada yang digunakan untuk pengendalian retakan. Harus ada lapisan atas dan lapisan bawah. Ini untuk menahan tekanan yang bergantian dari atas ke bawah pelat saat beban bergerak menyebabkan pelat membelok di atas titik-titik lunak dan keras di sub-grade. Jumlah kecil baja yang biasanya digunakan adalah sekitar 0,1 persen dari luas penampang pelat.

Jika 0,1 persen ini ditempatkan di bagian atas dan bawah pelat beton 6 inci (dua kali lebih banyak dari yang biasanya digunakan), lantai akan menjadi lebih kuat hanya 3 persen.

Jelas, dengan demikian, menggandakan jumlah baja yang digunakan untuk pengendalian retak tidak memperkuat atau membuat lantai menjadi lebih kuat. Lantai yang lebih kuat dapat dicapai dengan biaya yang jauh lebih murah hanya dengan menambah ketebalan pelat beton. Kekuatan lentur pelat beton 4 inci adalah fungsi dari kuadrat ketebalannya, $4^2 = 16$.

Seberapa kuat pelat beton 5 inci dibandingkan pelat beton 4 inci? Karena $5^2 = 25$, rasio 25:16 adalah 25 dibagi 16, atau 1.56. Untuk memperoleh persentase, gunakan 1.56 x 100 = 156 persen. Pelat beton 5 inci 56 persen lebih kuat daripada pelat beton 4 inci, dengan peningkatan biaya beton hanya 25 persen. Pelat berukuran 6 inci 125 persen lebih kuat daripada pelat berukuran 4 inci, dengan kenaikan biaya material hanya sebesar 50 persen. Tidak ada kenaikan biaya persiapan tanah dasar, atau biaya penyelesaian lantai.

Kita telah melihat bahwa WWF yang biasanya digunakan pada pelat perumahan tidak menghentikan keretakan dan tidak memperkuat atau menguatkan lantai. Apakah WWF diperlukan? Jika ada tanah dasar/dasar yang dipadatkan dengan benar, seragam, tanpa titik keras atau lunak, dan jarak sambungan pendek (jarak sambungan dalam kaki, ketebalan pelat maksimum 2 inci), WWF tidak diperlukan. Namun, jika untuk tampilan (atau untuk mengurangi jumlah sambungan) jarak sambungan yang lebih panjang diperlukan, WWF diperlukan.

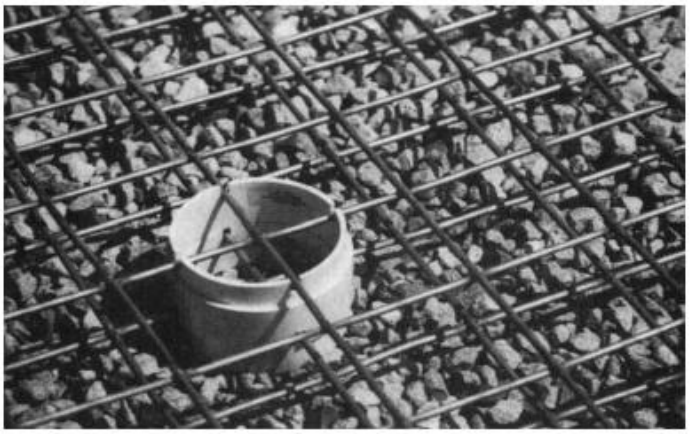
Keberhasilan WWF dalam mengendalikan retakan bergantung pada lokasinya. Karena retakan susut biasanya paling lebar di permukaan, dan untuk menjaga lebar retakan sekecil mungkin, WWF harus dipasang $1^1/_2$ hingga 2 inci di bawah permukaan pelat. Bila lempengan terkena air garam, atau garam pencair es, WWF harus dilindungi dengan menurunkannya ke tengah lempengan. Karena WWF harus diletakkan rata dan tidak melengkung, lembaran adalah pilihan terbaik. Lembaran tersedia dalam panjang 25 kaki di bagian barat negara tersebut.

Kursi

Kursi logam berpenutup, bata beton, atau Mesh-up plastik, yang diproduksi oleh Lotel, Inc. (Gambar 2.8) dapat digunakan. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, tanyakan kepada produsen mengenai koefisien ekspansi suhu plastik. Jarak kursi bergantung pada ukuran kawat dan jarak kawat. Praktik umum adalah menempatkan satu untuk setiap 2 atau 3 kaki mesh, pada titik perpotongan kawat. Kawat bawah pada perpotongan harus ditempatkan di slot bawah Mesh-up. Pada subbase berpasir, gunakan cakram pasir plastik untuk mencegah kursi tenggelam ke dalam subbase.

RE-RINGS diproduksi oleh Structural Components, yang berlokasi di East Longmeadow, Massachusetts. Terbuat dari PVC, cocok untuk digunakan dengan remesh dan rerod baja gulung 5 x 10 dan 8 x 20. Ini adalah pilihan yang sangat baik untuk digunakan dengan beberapa lapisan WWF (Gambar 2.9). Koefisien ekspansi termal sangat mendekati beton.

Gambar 2.8 Kursi plastik dua inci untuk digunakan dengan lempengan 3 hingga 5 inci ditunjukkan dengan cakram pasir.



Gambar 2.9 Kursi PVC RE-RINGS.

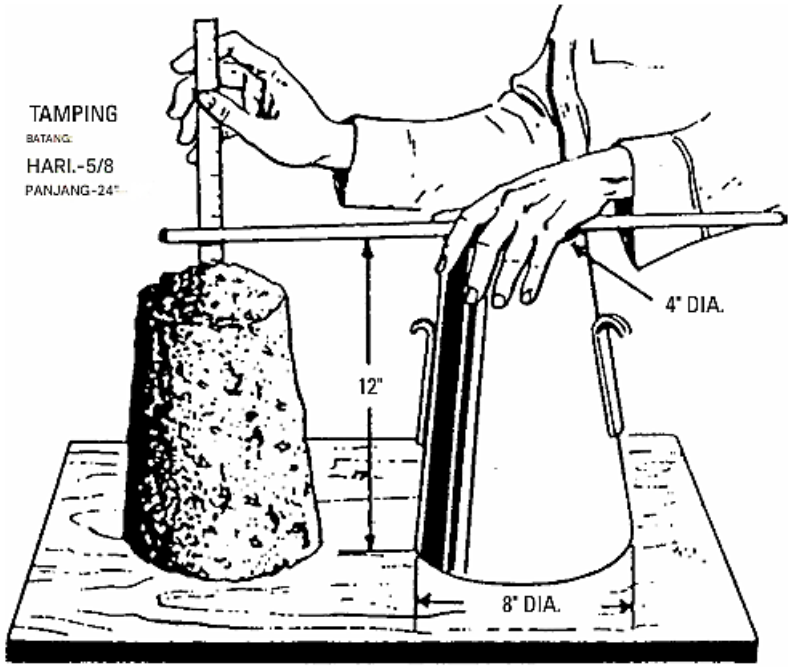
Kemerosotan Beton

Ada banyak pengujian yang dilakukan untuk menentukan apakah beton memenuhi spesifikasi pekerjaan. Sebagian besar pengujian ini telah distandarisasi oleh ASTM. Pengujian tersebut meliputi pengujian kekuatan, kemerosotan, kandungan udara, berat satuan, suhu, dan pantulan benturan. Sedikit, jika ada, pengujian yang dilakukan dalam konstruksi perumahan. Jika ada, pengujian tersebut akan terbatas pada pengujian kemerosotan.

Kemerosotan adalah ukuran seberapa konsisten, cair, dan mudah dikerjakannya campuran beton yang baru dicampur. Setiap perubahan pada kemerosotan dapat berarti bahwa jumlah air, suhu, hidrasi, atau pengaturannya berubah. Kemerosotan mengukur jumlah air dalam campuran.

Untuk melakukan pengujian kemerosotan, diperlukan kerucut kemerosotan, penggaris, sekop, dan batang pemadat standar. Kerucut kemerosotan terbuat dari lembaran logam dan tingginya 12 inci. Bukaan di bagian atas kerucut berdiameter 4 inci, dan bukaan di bagian bawah berdiameter 8 inci. Batang pemadat berukuran panjang 24 inci dan berdiameter $^5/_8$ inci, dengan ujung membulat seperti setengah lingkaran. Jika batang pemadat yang tidak standar digunakan, hasilnya tidak dianggap valid untuk menerima atau menolak beton.

Kerucut logam dibasahi, beton dilapisi, dan setiap lapisan ditusuk sebanyak 25 kali. Kerucut diangkat dengan hati-hati, dan beton basah dibiarkan merosot karena beratnya sendiri. Kemerosotan diukur hingga $^1/_4$ inci terdekat (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Mengukur kemerosotan beton.

Ringkasan

Pantheon Romawi dibangun pada 27 SM dan merupakan bangunan beton terbesar di dunia hingga akhir abad kesembilan belas. Semen Portland ditemukan oleh Joseph Aspdin, seorang pembangun Inggris, pada tahun 1824 saat ia mematenkan semen buatan. Ia memberinya nama pulau tempat tinggalnya.

Ada delapan jenis semen Portland. Jenis-jenis tersebut diberi tanda dengan angka Romawi dan dengan akhiran A pada tiga di antaranya.

Beton normal terbuat dari agregat halus (pasir) dan agregat biasa (batu pecah atau kerikil), ditambah air. Beton akan mengeras cukup keras dalam cuaca normal dalam waktu sekitar 3 jam. Namun, dibutuhkan waktu 28 hari untuk mencapai kekuatan penuhnya. Beton mungkin memiliki campuran. Bangsa Romawi menambahkan lemak babi, darah, susu, dan bahan-bahan lain untuk membuat beton lebih mudah dibentuk. Setidaknya ada 6 campuran yang diketahui.

Beton normal mengandung sedikit udara. Dengan menambahkan campuran udara, jumlah udara dalam beton dapat ditingkatkan hingga 10 persen atau lebih berdasarkan volume. Dengan menggunakan akselerator, beton dapat mencapai kekuatan penuhnya pada hari ke-28 hanya dalam waktu 7 hari. Kalsium klorida adalah akselerator yang paling umum.

Pozzolan adalah abu vulkanik alami atau material buatan yang bereaksi dengan kapur dalam beton basah untuk membentuk senyawa semen. Abu terbang merupakan produk sampingan dari pembangkit listrik berbahan bakar batu bara. Bangsa Romawi memperoleh

abu terbang dari letusan Gunung Vesuvius.

Truk pengaduk beton yang terisi penuh dapat berbobot hingga 80.000 lbs, atau 40 ton. Jika pengaduk tidak dapat cukup dekat untuk membongkar beton di tempat yang dibutuhkan, maka perlu menggunakan saluran, konveyor yang dipasang pada pengaduk, kereta bermotor, atau gerobak dorong.

Istilah lain untuk tulangan beton adalah batang baja yang dideformasi. Ini adalah tulangan baja yang digunakan dalam beton untuk meningkatkan kekuatan tariknya. Tersedia tiga jenis bahan penyangga batang: kawat, beton pracetak, dan plastik cetak. Tulangan beton disangga oleh rangka yang terbuat dari plastik atau kawat las. Kain kawat las (WWF) tampak seperti pagar dan dibuat dengan kawat polos atau yang telah dibentuk dan ditarik dingin.

Kemerosotan adalah ukuran seberapa konsisten, cair, dan mudah dibentuknya campuran beton yang baru saja dicampur. Setiap perubahan pada kemerosotan dapat berarti bahwa jumlah air, suhu, hidrasi, atau pengaturan telah berubah. Kemerosotan adalah ukuran jumlah air dalam campuran.

Latihan Soal

1. Sejak kapan beton digunakan?
2. Siapa yang mengembangkan dan mematenkan semen Portland?
3. Apa lima dari delapan jenis semen Portland?
4. Bagaimana beton dibuat?
5. Apa yang dimaksud dengan campuran?
6. Apa yang dimaksud dengan superplasticizer?
7. Bagaimana beton ditangani di tempat kerja?
8. Apa yang dimaksud dengan tulangan beton?
9. Apa yang dimaksud dengan istilah kursi dalam pekerjaan beton?
10. Jelaskan tentang kawat las.
11. Apa yang dimaksud dengan kemerosotan beton?
12. Bagaimana kemerosotan beton diukur?
13. Seberapa dekat kemerosotan diukur?
14. Mengapa kemerosotan beton begitu penting?
15. Untuk apa batang pemadat digunakan dalam pekerjaan beton?

BAB 3
PONDASI

Meskipun pondasi menyangga bangunan, tanah merupakan penopang utama. Pondasi merupakan sistem yang terdiri dari dinding pondasi, tapak, dan tanah. Tujuan utama sistem pondasi struktural yang efisien adalah menyalurkan beban bangunan langsung ke tanah tanpa melebihi daya dukung tanah. Sistem pondasi yang dirancang dan dibangun dengan benar menyalurkan beban secara merata, meminimalkan penurunan, dan menahan struktur terhadap gaya geser dan gaya angkat. Karena jenis tanah dan daya dukung merupakan faktor penting dalam sistem pondasi, pondasi harus dirancang dan dibangun sebagai suatu sistem. Terlalu banyak pondasi perumahan yang dirancang dan dibangun tanpa memperhatikan tanah.

3.1 JENIS-JENIS PONDASI

Berbagai jenis pondasi dapat dipisahkan menjadi dua kelompok besar: pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal terdiri dari empat jenis: ruang bawah tanah dalam (dinding setinggi 8 kaki), ruang bawah tanah, pelat di atas tanah, dan pondasi dangkal yang terlindung dari embun beku. Pondasi tersebut meliputi pondasi sebar, pondasi tikar atau rakit, pondasi panjang, dan pondasi tali (Gambar 3.1).

Pondasi dalam membentang jauh lebih dalam ke dalam tanah. Pondasi tersebut meliputi caisson atau pilar yang dibor, kelompok tiang pancang (Gambar 3.2), tiang pancang beton yang ditancapkan dan dicor di tempat, dan pondasi terapung.

Sejumlah sistem konstruksi yang berbeda dapat digunakan. Beton cor di tempat merupakan material yang paling banyak digunakan untuk pondasi perumahan, diikuti oleh blok beton. Metode lainnya meliputi dinding pondasi pracetak, panel sandwich beton cor di tempat, pasangan bata atau pilar beton, pondasi kayu segala cuaca (AWWF), yang sekarang disebut pondasi kayu permanen (PWF), atau pondasi kayu pra-awet di Kanada. Blok polistirena yang diperluas (EPS), blok poliuretan, dan sistem serupa lainnya yang menggunakan blok EPS yang diisi dengan beton juga digunakan.

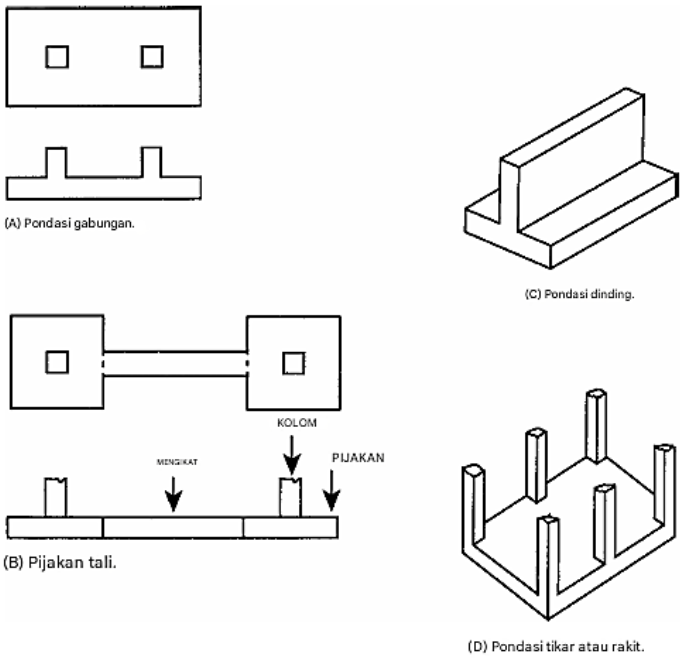
Pondasi

Pondasi (yang dapat berbentuk persegi, persegi panjang, atau lingkaran) adalah potongan beton atau blok beton yang diisi yang ditempatkan di bawah dinding pondasi. Pondasi kerikil atau batu pecah digunakan dengan PWF. Tujuan pondasi adalah untuk mentransfer beban dari dinding, pilar, atau kolom ke tanah.

Pondasi sebar adalah jenis yang paling umum digunakan untuk menopang dinding, pilar, atau kolom. *National Concrete Masonry Association* (NCMA) telah mengembangkan sistem blok beton padat yang saling terkait yang disebut blok pondasi IDR, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4. Lebar minimum pondasi didasarkan pada ketebalan dinding pondasi.

Dinding pondasi setebal 8 inci akan memiliki pondasi selebar 8 inci. Namun, pondasi dibuat lebih lebar dari dinding pondasi, dan lebar ekstra menonjol (atau kantilever) secara

merata di luar setiap sisi dinding (Gambar 3.1). Bertentangan dengan kepercayaan umum, tujuan pondasi bukanlah untuk menyebarkan dan mendistribusikan beban ke tanah. Lebar ekstra digunakan untuk menopang bentuk dinding saat beton dituang, atau sebagai dasar untuk blok pasangan bata beton atau batu bata.



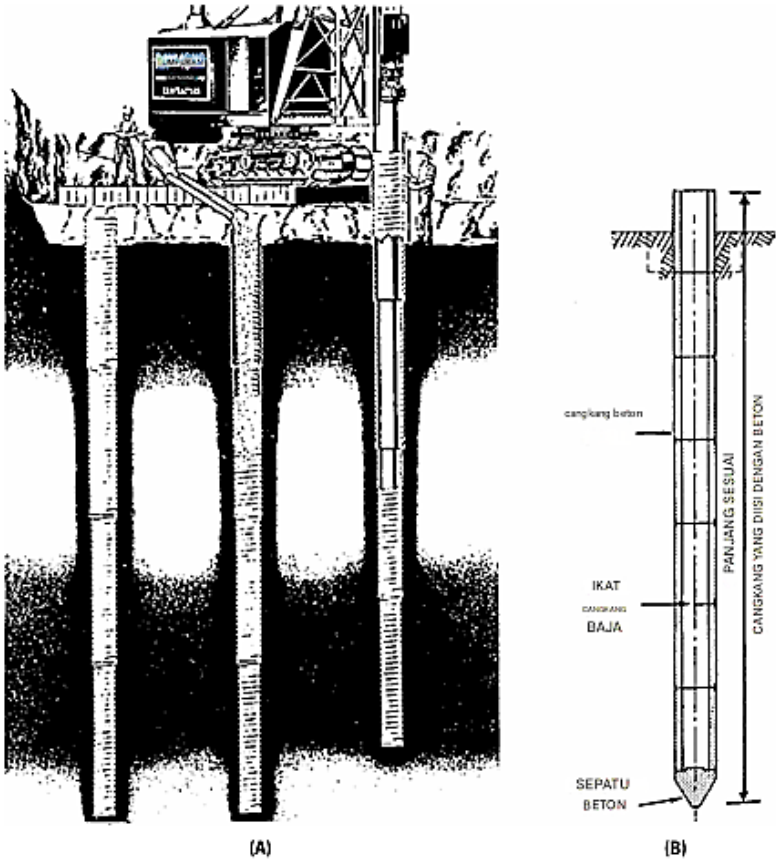
Gambar 3.1 Jenis pondasi dangkal.

Detail Desain Pondasi

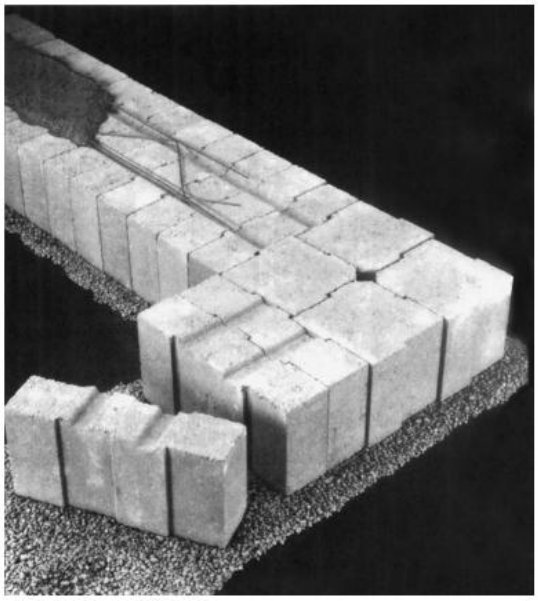
Menurut arsitek Renaisans Andrea Palladio dalam karyanya tahun 1570, The Four Books of Architecture:

Pondasi harus dua kali lebih tebal dari dinding yang akan dibangun di atasnya; dan pertimbangan dalam hal ini harus diberikan pada kualitas tanah, dan keluasan bangunan; membuatnya lebih besar di tanah lunak, dan sangat kokoh di mana mereka harus menahan beban yang cukup besar. Dasar parit harus rata, sehingga beban dapat menekan secara merata, dan tidak lebih tenggelam di satu sisi daripada di sisi lainnya.

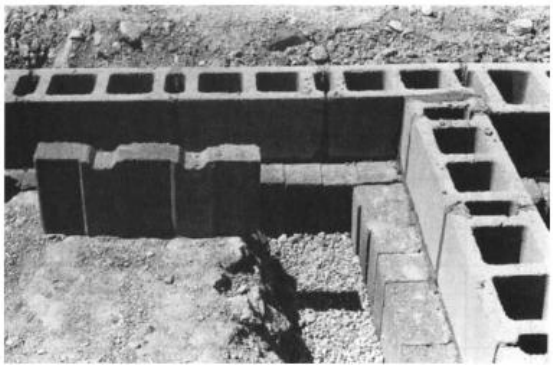
Ukuran pondasi ditentukan oleh ukuran beban yang diberikan dan daya dukung tanah. Tabel 3.1 mencantumkan daya dukung tanah. Dalam istilah yang paling sederhana, daya dukung adalah kemampuan tanah untuk menahan suatu struktur. Secara lebih teknis, daya dukung adalah tekanan yang diberikan struktur pada massa bumi tanpa membuatnya terlalu tertekan. Daya dukung ultimat adalah beban per kaki persegi (ft^2) yang akan menyebabkan kegagalan geser pada tanah (fondasi mengendap atau membuat lubang pada tanah). Untuk rumah tinggal satu dan dua lantai, yang menjadi perhatian adalah daya dukung yang diizinkan, atau daya dukung desain, yang ditandai dengan simbol q_a. Daya dukung adalah beban yang akan ditopang atau ditanggung tanah, tanpa pergerakan yang tidak aman atau keruntuhan.



Gambar 3.2 (A) Tiang pancang berbentuk kerucut. Di sebelah kanan, tiang pancang ditancapkan dengan inti baja, dan di bagian tengah, tiang pancang diisi dengan beton. Di sebelah kiri adalah tiang pancang yang sudah jadi. (B) Tiang pancang beton. Pita baja digunakan untuk menutup sambungan antar bagian.



Gambar 3.3 IDR Footer—Blok.



Gambar 3.4 IDR Footer—Balok di tempat dan lapisan pertama blok yang diplester di tempat.

Menentukan Ukuran Pondasi

Berikut ini adalah dua metode untuk menentukan ukuran pondasi:

- Aturan praktis
- Perhitungan

Aturan Praktis

Karena beban perumahan relatif ringan, untuk tanah yang menahan beban rata-rata, atau 2000 pon per kaki persegi (psf) atau lebih besar, ukuran pondasi dapat ditemukan dari aturan praktis yang menyatakan:

Lebar pondasi yang tidak diperkuat tidak boleh melebihi dua kali lebar dinding pondasi dan harus setidaknya setinggi dinding; tetapi dalam konstruksi perumahan, tingginya tidak boleh kurang dari 6 inci.

Dinding pondasi 8 inci akan memiliki pondasi selebar 16 inci dan tinggi 8 inci. Dengan dinding 10 inci, pondasi akan selebar 20 inci dan tinggi 10 inci. Rasio ketebalan dan lebar pondasi 2:1 harus dipertahankan. Jika pondasi terlalu lebar untuk ketebalan tertentu, pondasi dapat rusak karena geser. Kunci pondasi untuk membantu dinding pondasi menahan tekanan tanah lateral saat penimbunan kembali dilakukan sebelum lantai basement dituang.

Perhitungan

Untuk menghitung ukuran pondasi yang dibutuhkan, total beban hidup dan mati yang bekerja pada pondasi harus ditentukan. Beban hidup adalah berat orang, perabotan, angin, dan salju. Beban mati adalah berat bahan bangunan, seperti dinding eksterior pondasi, atap, dinding luar, dan bahan lainnya. Tabel 3.2 dan Gambar 3.5 mengilustrasikan cara mencari berat total pada satu kaki pondasi linier atau berjalan.

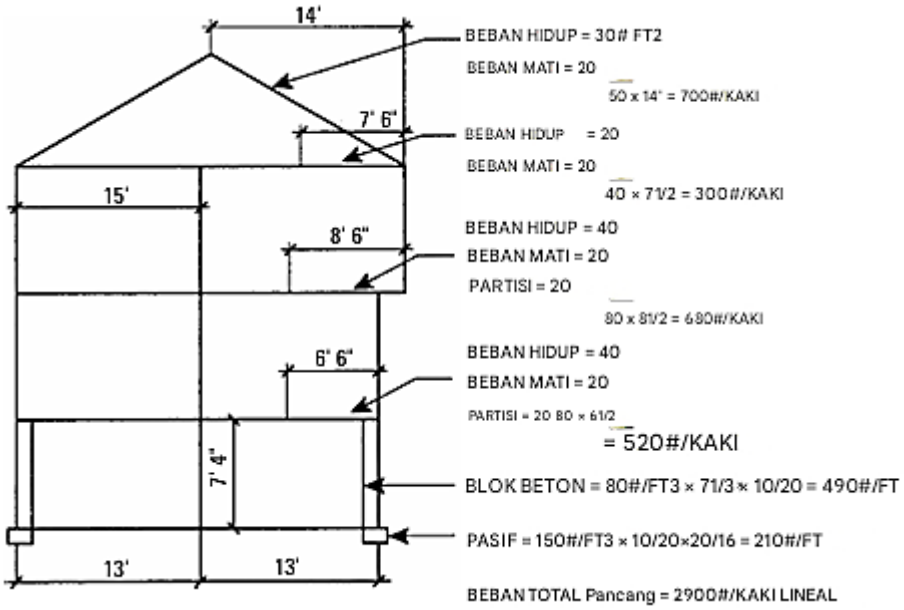
Tabel 3.1 Karakteristik Umum dan Daya Dukung Tanah

Simbol Grup	Nama Khas	Karakteristik Drainase	potensi kenaikan suhu beku	perubahan volume	potensi penimbunan kembali	kapasitas bantalan khas	kisaran (psf)	kesesuaian umum
GW	Kerikil dan kerikil serta campurannya yang bergradasi baik, sedikit atau tidak ada butiran halus	Bagus Sekali	Rendah	Rendah	Terbaik	8000 psf	1500 psf hingga 20 ton ft^2	Bagus

GP	Kerikil yang bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau tidak ada butiran halus	Bagus Sekali	Rendah	Rendah	Bagus Sekali	6000 psf	1500 psf hingga 20 ton ft²	Bagus
GM	Kerikil berlumpur, campuran kerikil-pasir dan lanau	Bagus	Sedang	Rendah	Bagus	4000 psf	1500 psf hingga 20 ton ft²	Bagus
GC	Kerikil lempung, campuran kerikil-pasir-lempung	Adil	Sedang	Rendah	Bagus	3500 psf	1500 psf hingga 10 ton ft²	Bagus
SW	Pasir bergradasi baik dan pasir berkerikil, sedikit atau tidak ada butiran halus	Bagus	Rendah	Rendah	Bagus	5000 psf	1500 psf hingga 15 ton ft²	Bagus
SP	Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau tidak ada butiran halus	Bagus	Rendah	Rendah	Bagus	4000 psf	1500 psf hingga 10 ton ft²	Bagus
SM	Pasir berlumpur, campuran pasir-lanau	Bagus	Sedang	Rendah	Adil	3500 psf	1500 psf hingga 5 ton ft²	Bagus
SC	Pasir lempung, campuran pasir-lempung	Adil	Sedang	Rendah	Adil	3000 psf	1000 psf hingga 8000 psf	Bagus
ML	Lumpur anorganik, pasir sangat halus, tepung batu, pasir berlumpur atau lempung halus	Adil	Tinggi	Rendah	Adil	2000 psf	1000 psf hingga 8000 psf	Adil
CL	Tanah liat anorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang, tanah liat kerikil, tanah liat tidak berpasir, tanah liat berlumpur, tanah liat kurus	Adil	Sedang	Sedang	Adil	2000 psf	500 psf hingga 5000 psf	Adil
MH	Lumpur anorganik, pasir halus mika atau diatom atau lanau, lanau elastis	Sangat Buruk	Tinggi	Tinggi	Sangat Buruk	1500 psf	500 psf hingga 4000 psf	Sangat Buruk
CH	Tanah liat anorganik dengan plastisitas rendah hingga tinggi	Sangat Buruk	Sedang	Tinggi	Buruk	1500 psf	500 psf hingga 4000 psf	Sangat Buruk
OL	Lumpur organik dan lempung berlumpur organik dengan plastisitas rendah	Sangat Buruk	Sedang	Sedang	Sangat Buruk	400 psf atau hapus	Umumnya menghilangkan tanah	Sangat Buruk
OH	Tanah liat organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi	Tidak Bagus	Sedang	Tinggi	Tidak Bagus	Menghapus		Sangat Buruk
PT	Gambut, lumpur, dan tanah organik lainnya	Tidak Bagus		Tinggi	Tidak Bagus	Menghapus		Sangat Buruk

Tabel 3.2 Berat Khas Beberapa Bahan Bangunan

Komponen	Pound per kaki persegi
Atap	
Sirap kayu	3.0
Sirap aspal	3.0
Tembaga	2.0
Atap yang dibangun, 3 lapis & kerikil	5.5
Atap yang dibangun, 5 lapis & kerikil	6.5
Batu tulis, tebal 4 inci	10.0
Ubin misi	13.0
1 inci Dek kayu, kertas	2.5
Kasau berukuran 2 inci x 4 inci, 16 inci o.c.	2.0
Kasau 2 inci x 6 inci, 16 inci o.c.	2.5
Kasau 2 inci x 8 inci, 16 inci o.c.	3.5
Kayu lapis 1/2 inci	1.5
Dinding	
Partisi Stud 4 inci, diplester kedua sisinya	22.0
Kaca jendela	5.0
Kancing 2 inci x 4 inci, selubung 1 inci	4.5
Veneer bata, 4 inci	42.0
Veneer batu, 4 inci	50.0
Pelapis kayu, ketebalan 1 inci	3.0
Papan dinding gipsum 1/2 inci	2.5
Lantai, Langit-Langit	
Balok kayu 2 inci x 10 inci, 16 inci o.c.	4.5
Balok kayu 2 inci x 12 inci, 16 inci o.c.	5.0
Lantai kayu ek, tebal 25/32 inci	4.0
Genteng tanah liat pada dasar mortar 1 inci	23.0
Pelat beton 4 inci	48.0
Plester gipsum, reng logam	10.0
Dinding Fondasi	
8 inci Beton tuang, pada 150 lb per kaki kubik	100.0
Balok beton 8 inci	55.0
Balok beton 12 inci	80.0
Ubin tanah liat 8 inci, struktural	35.0
Batu Bata 8 inci, dengan berat 120 lb per kaki kubik	80.0



Gambar 3.5 Perhitungan untuk pondasi dinding eksterior.

Contoh

Dengan menggunakan data yang diberikan pada Gambar 3.5, hitunglah ukuran pondasi yang diperlukan untuk menahan beban 2900 pon per kaki (lb/ft) yang berada di atas tanah dengan kapasitas desain (q_a) 2.000 pon per kaki persegi (psf).

$$\text{Footing area (ft}^2) = \frac{footing\ load\ (lb/ft)}{q_a\ \ (lb/ft^2)}$$

$$\text{Area} \qquad = \frac{2900\ lb/ft}{2000\ lb/ft^2} = 1.45\ \text{ft}^2$$

Luas tapak yang dibutuhkan per kaki linier dinding adalah 1.45 ft². Lebar tapak adalah 12 inci 1.45 17.4 inci. (Bulatkan menjadi 18 inci.)

Soal

Jika diketahui lebar tapak 18 inci dan daya dukung tanah (q_a) 2000 psi, berapakah beban pada tanah?

$$\text{L} = \frac{footing\ load\ (lb/ft)}{footing\ width\ (ft)} = \frac{2900\ lb/ft}{1.5\ ft} = 1933\ \text{psf}$$

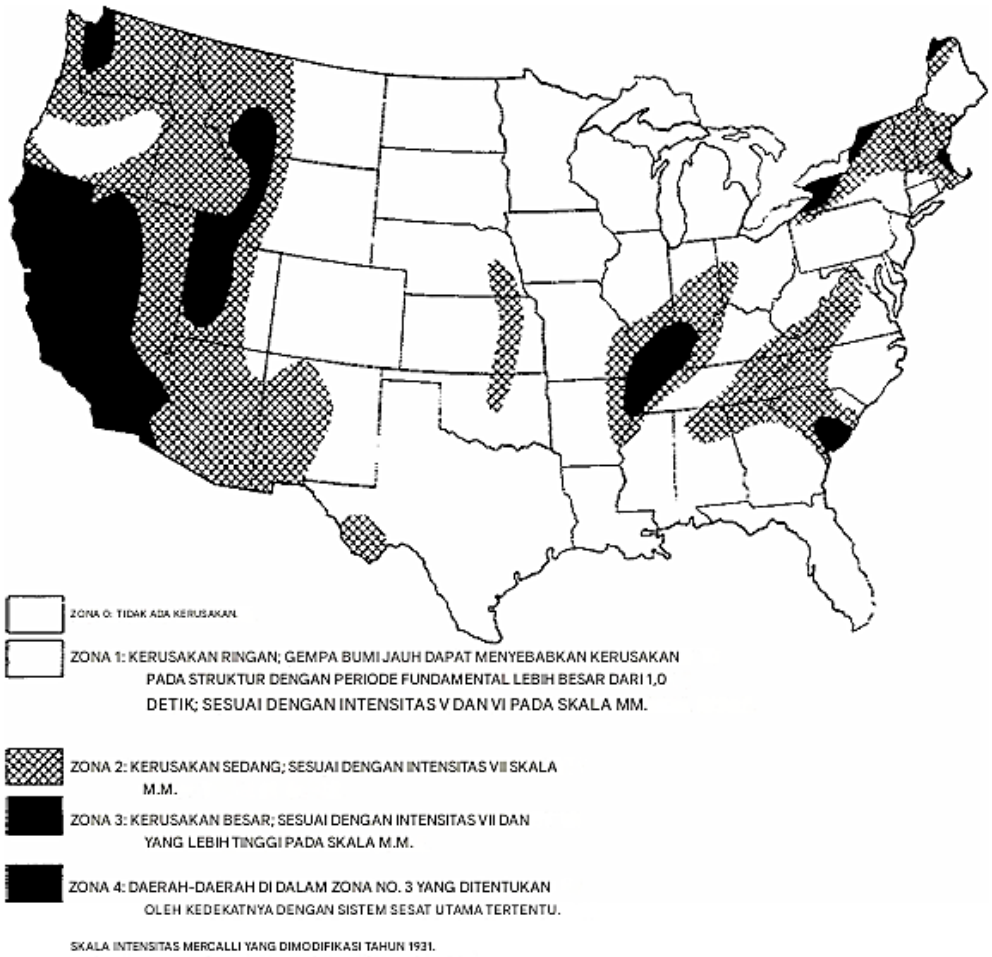
Ketebalan pondasi (8 inci) harus ditingkatkan menjadi 10 inci untuk mempertahankan rasio sekitar 2:1.

Penguatan

Penggunaan tulangan beton pada pondasi perumahan kurang konsisten: semua atau tidak sama sekali. Namun, hanya sedikit pondasi perumahan yang gagal karena kurangnya

tulangan beton. Kerusakan akibat es dan timbunan tanah lebih umum terjadi. Penguatan pondasi perumahan tidak diwajibkan oleh *Council of American Building Officials* (CABO) One and TwoFamily Dwelling Code, asalkan tinggi timbunan yang tidak seimbang untuk dinding setebal 8 inci tidak melebihi maksimum 7 kaki.

Namun, ketika tekanan tanah melebihi 30 pon per kaki kubik (pcf), ketika terdapat air tanah atau tanah yang tidak stabil, atau ketika berada di zona seismik 2 atau 3 (Gambar 3.6), pondasi harus diperkuat. Jumlah dan ukuran tulangan beton yang sedikit yang digunakan pada pondasi perumahan tidak memengaruhi kekuatan beton. Rumah dua lantai dengan luas 40 kaki 24 kaki dan ruang bawah tanah penuh beratnya sekitar 149.000 pon. Dinding 8 inci, dengan keliling 128 kaki linier, memiliki luas permukaan 85.3 ft². 149.000 pon memberikan 12.1 pon per inci persegi (psi) pada area ini, yang kurang dari $^{1}/_{2}$ dari 1 persen kekuatan tekan beton 2500 psi. Lalu, apa tujuan tulangan beton?



Gambar 3.6 Peta zona seismik Amerika Serikat.

Penurunan berbagai bagian pondasi pada waktu yang berbeda, dan penyusutan beton saat mengering, menyebabkan retakan pada dinding. Tingkat penyusutan dapat dikontrol dengan menggunakan sejumlah teknik:

- Beton dengan rasio air/semen rendah Diperlakukan dengan benar dengan

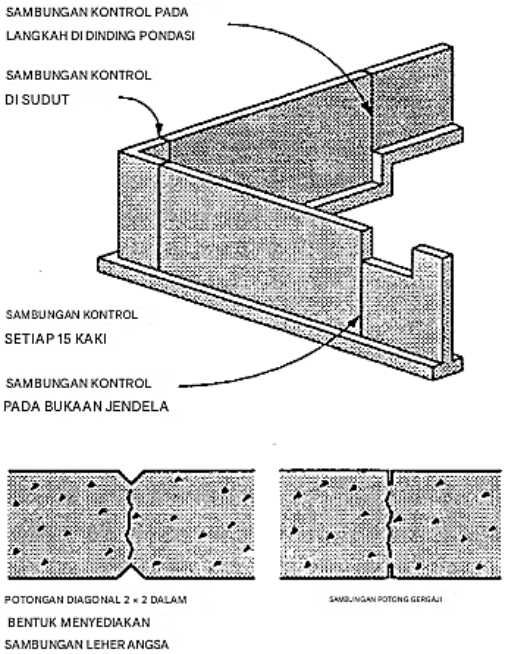
menjaganya tetap lembap.

- Beton dengan kemerosotan rendah (3 inci) Karena kekakuannya, beton ini sulit dikerjakan, dan mungkin diperlukan vibrator. Kemerosotan 5 hingga 7 inci dapat dicapai dengan menggunakan pereduksi air dan plasticizer.
- Tulangan beton Digunakan terutama untuk membantu mengendalikan keretakan saat pondasi bergerak; tulangan beton tidak akan menghentikan keretakan kekuatan yang cukup untuk meretakkan pondasi akan membengkokkan atau mematahkan tulangan beton. Namun, tulangan beton akan membantu menyatukan potongan-potongan tersebut.

Perhatian

Vibrator hanya boleh digunakan oleh pekerja beton yang berpengalaman.

Cara lain untuk mengendalikan retak pondasi adalah dengan menempatkan sambungan kontrol di tempat retakan paling mungkin terjadi (Gambar 3.7). Pondasi dengan lebar lebih dari 3 kaki harus dipertebal (atau diperkuat) untuk menahan tegangan lentur dan membatasi retak serta penurunan di dasar dinding. Pasang dua tulangan No. 4, 2 inci di bawah bagian atas pondasi dan pada arah memanjang, sejajar dengan dinding.



Gambar 3.7 Sambungan kontrol pada dinding beton. ***(Courtesy Canada Mortgage and Housing Corporation)***

Pondasi Berundak

Pondasi dinding berundak (Gambar 3.8) digunakan di lokasi miring untuk mempertahankan kedalaman pondasi yang diperlukan di bawah permukaan tanah. Harus diperhatikan untuk menjamin hal-hal berikut:

- Bahwa anak tangga vertikal tidak lebih tinggi dari tiga perempat panjang anak

tangga horizontal

- Bahwa beton dituang secara monolitik (pada saat yang sama)
- Bahwa pondasi dan anak tangga rata
- Bahwa anak tangga vertikal tegak lurus (pada sudut 90 derajat) terhadap anak tangga horizontal
- Bahwa anak tangga vertikal dan horizontal memiliki lebar yang sama

Pondasi harus berada di tanah yang tidak terganggu dan tidak boleh dipasang di tanah liat basah, tanah yang tidak memiliki drainase yang baik, tanah yang mudah tertekan, tanah organik, atau tanah yang rentan terhadap embun beku. Tanah yang mudah tertekan adalah tanah yang lemah dan mudah tertekan (hancur).

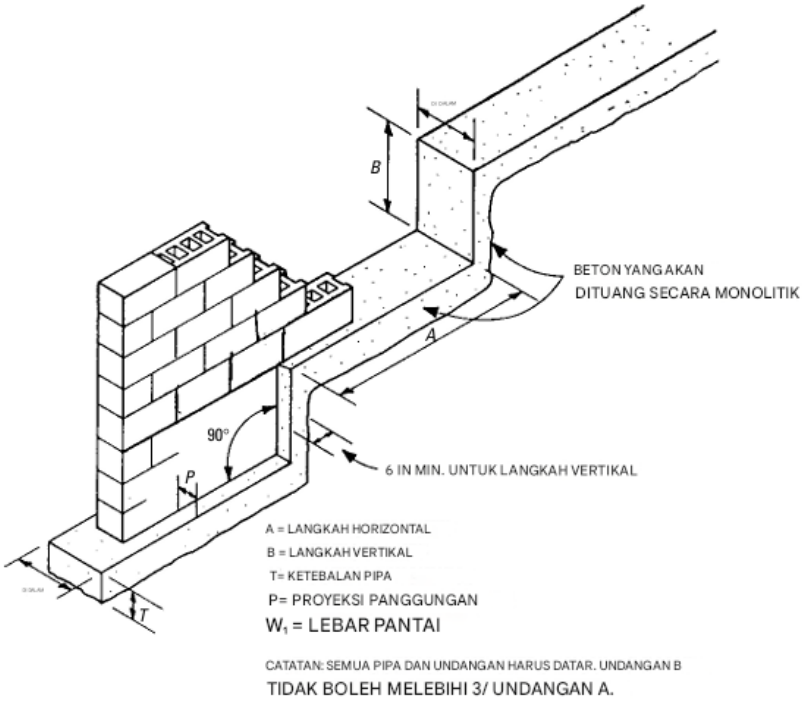
Tanah organik sering kali berwarna hitam atau abu-abu gelap. Tanah tersebut mengandung vegetasi yang membusuk/membusuk, dan dapat mengeluarkan bau yang tidak sedap. Tanah tersebut mudah tertekan, seperti spons, dan mudah hancur (rapuh). Jika tanah terganggu, tanah tersebut harus dipadatkan secara mekanis atau dibuang dan diganti dengan beton. Pondasi yang dipasang di tanah yang padat harus dirancang oleh seorang insinyur.

Perlindungan dari Embun Beku

Jangan pernah memasang pondasi selama cuaca dingin kecuali tanah di bawahnya telah dijaga agar bebas dari embun beku. Pondasi tidak boleh dipasang di tanah beku kecuali jika tanah tersebut beku secara permanen (permafrost). Tanah beku biasanya memiliki kadar air tinggi yang melemahkan tanah (kehilangan daya hancurnya) karena pencairan pada cuaca hangat mengubah embun beku menjadi air. Tanah mudah dipadatkan oleh berat bangunan, dan terjadi penurunan bangunan.

Karena tidak semua bagian bangunan dapat turun secara merata, kerusakan struktural dapat terjadi. Agar embun beku terjadi, tiga kondisi diperlukan: tanah yang rentan terhadap embun beku, cukup air, dan suhu yang cukup rendah untuk membekukan kombinasi air/tanah. Jika salah satu dari kondisi ini tidak ada, pembekuan tanah dan kenaikan suhu beku tidak akan terjadi.

Salah satu dari beberapa metode yang digunakan untuk mencegah kerusakan akibat embun beku adalah dengan menempatkan pondasi pada atau di bawah garis embun beku. Tiga kode bangunan model, *National Building Code* (BOCA) di Timur Laut, *Standard Building Code* (SBCCI) di Tenggara, dan *Uniform Building Code* (UBC) di Barat, serta CABO One and TwoFamily Dwelling Code, semuanya mengharuskan pondasi memanjang hingga atau di bawah garis embun beku. Hanya kode BOCA yang mengatakan bahwa pondasi tidak harus memanjang hingga garis embun beku jika "dilindungi dari embun beku". Karena BOCA adalah kode kinerja, kode ini tidak menentukan apa yang dimaksud dengan "dilindungi dari embun beku". Metode dan bahan yang digunakan untuk melindungi pondasi dari embun beku diserahkan kepada perancang atau pembangun.



Gambar 3.8 Pondasi dinding berundak.

Garis embun beku di Amerika Serikat didasarkan pada kedalaman embun beku maksimum yang pernah tercatat di lokasi tertentu. Informasi ini berasal dari penggali kubur dan pekerja utilitas yang memperbaiki saluran air beku. Ada dua metode lain untuk menentukan kedalaman embun beku: suhu udara dan indeks pembekuan udara (F), yang didasarkan pada jumlah jam setiap tahun saat suhu rata-rata per jam turun di bawah 32° F. Rata-rata tiga musim dingin terdingin dalam 30 tahun diasumsikan sebagai kedalaman embun beku normal. Karena catatan penggali kubur dan pekerja utilitas jarang menyertakan keberadaan salju, kondisi tanah, angin, dan data penting lainnya, hasilnya sering kali dipertanyakan.

Hari derajat pemanasan musiman (HDD atau DD) adalah ukuran jumlah hari suhu rata-rata di bawah dasar 65° F. Jika selama 24 jam sehari, suhu maksimum adalah 50◦, dan suhu minimum adalah 20◦, suhu rata-rata adalah $^1/_2$ (50 x 20) = 35. 65 - 35 = 30. Ada 30 DD untuk hari itu. Dengan menjumlahkan derajat-hari harian, Anda memperoleh jumlah derajat hari dalam setahun, yang menunjukkan seberapa dinginnya cuaca. Miami, Florida, memiliki 199 DD, sedangkan Bismarck, North Dakota, memiliki 9075 DD. Minneapolis, dengan 8200 derajat hari pemanasan (HDD), cukup dingin, memerlukan pondasi yang ditempatkan 42 inci di bawah permukaan tanah. New York City dengan 5200 HDD, dingin, memerlukan kedalaman pondasi 48 inci.

Pembekuan Udara

Menempatkan pondasi pada atau di bawah garis beku tidak menjamin pondasi tidak akan membeku. Kedalaman beku dapat sangat bervariasi di satu wilayah geografis. Kedalaman beku dipengaruhi oleh banyak faktor (termasuk suhu udara, kadar air tanah, jenis tanah,

vegetasi, lapisan salju, radiasi matahari, dan kecepatan angin). Jika pondasi diisi kembali dengan tanah yang rentan terhadap beku (seperti pasir berlumpur atau tanah liat berlumpur), pondasi dapat rusak karena pembekuan udara.

Hal ini terjadi ketika tanah membeku hingga ke permukaan pondasi. Saat tanah beku terangkat, fondasi terangkat keluar dari tanah. Di ruang bawah tanah yang dipanaskan, gaya-gaya ini minimal dan terputus-putus. Di ruang bawah tanah yang tidak dipanaskan, garasi, atau ruang bawah tanah yang tidak dipanaskan, ikatan beku dan gaya tangensial mungkin cukup tinggi. Ketika fondasi tidak dapat menahan gaya angkat, angkat tahunan bertambah. Hal ini dapat mengakibatkan fondasi naik beberapa inci hingga beberapa kaki.

Ruang Bawah Tanah

Hampir 90 persen ruang bawah tanah terletak di 15 negara bagian. Ruang bawah tanah terkonsentrasi di daerah yang panas dan lembap di Amerika Serikat. Biasanya, ruang bawah tanah dirancang agar tidak dipanaskan, tetapi berventilasi (dengan asumsi lantai di atasnya terisolasi). Di wilayah utara yang lebih dingin, suhu ruang bawah tanah mendekati suhu udara luar. Bahkan dengan lantai yang terisolasi (kabel, pipa ledeng, dan jembatan lantai dapat menyulitkan hal ini), ventilasi di musim dingin mengakibatkan hilangnya panas yang cukup besar melalui lantai. Saluran dan pipa yang terletak di sana harus diisolasi terhadap kehilangan panas, perolehan panas, atau keduanya, dan untuk mencegah pembekuan.

Ventilasi ruang bawah tanah direkomendasikan hingga penelitian lebih lanjut secara positif menetapkan kebutuhannya pada awal tahun 1950an sebagai sarana untuk menghilangkan kelembapan ruang bawah tanah. Dalam 40 tahun, rekomendasi tersebut menjadi persyaratan ruang bawah tanah harus berventilasi, kecuali yang digunakan sebagai ruang bawah lantai, sepanjang tahun. Ukuran dan lokasi ventilasi juga ditentukan.

Meskipun BOCA dan CABO One and TwoFamily Dwelling Code mengizinkan pengurangan area ventilasi bersih yang diperlukan jika "penghalang uap yang disetujui dipasang di atas permukaan tanah," ventilasi tetap menjadi sarana utama yang diperlukan untuk menghilangkan kelembapan. Kegagalan lantai (sebagian besar di Selatan, tetapi juga di California), tingkat kelembapan yang tinggi di ruang bawah tanah di seluruh negeri dan di Kanada, dan dominasi ruang bawah tanah di iklim lembab telah menyebabkan pertanyaan tentang pedoman yang diterima untuk ventilasi dan isolasi ruang-ruang ini.

Sebuah studi selama 15 bulan di California oleh Laboratorium Produk Hutan Departemen Pertanian AS (USDA), serta penelitian oleh Laboratorium Nasional Oak Ridge dan ilmuwan lain di seluruh negeri, menyimpulkan bahwa ventilasi ruang bawah tanah tidak hanya tidak diperlukan, tetapi di daerah yang panas dan lembap atau area dengan musim panas yang panas dan lembap, hal itu dapat menyebabkan pembusukan rangka kayu. Udara ventilasi, alih-alih menghilangkan kelembapan, membawa udara panas dan lembap ke ruang bawah tanah yang dingin, tempat udara tersebut mengembun. Kelembapan dapat terkumpul lebih cepat daripada kemampuan ventilasi untuk menghilangkannya. Studi-studi ini menegaskan bahwa dengan drainase yang tepat dan penutup tanah yang baik, ventilasi ruang bawah tanah memiliki sedikit pengaruh pada kadar air kayu.

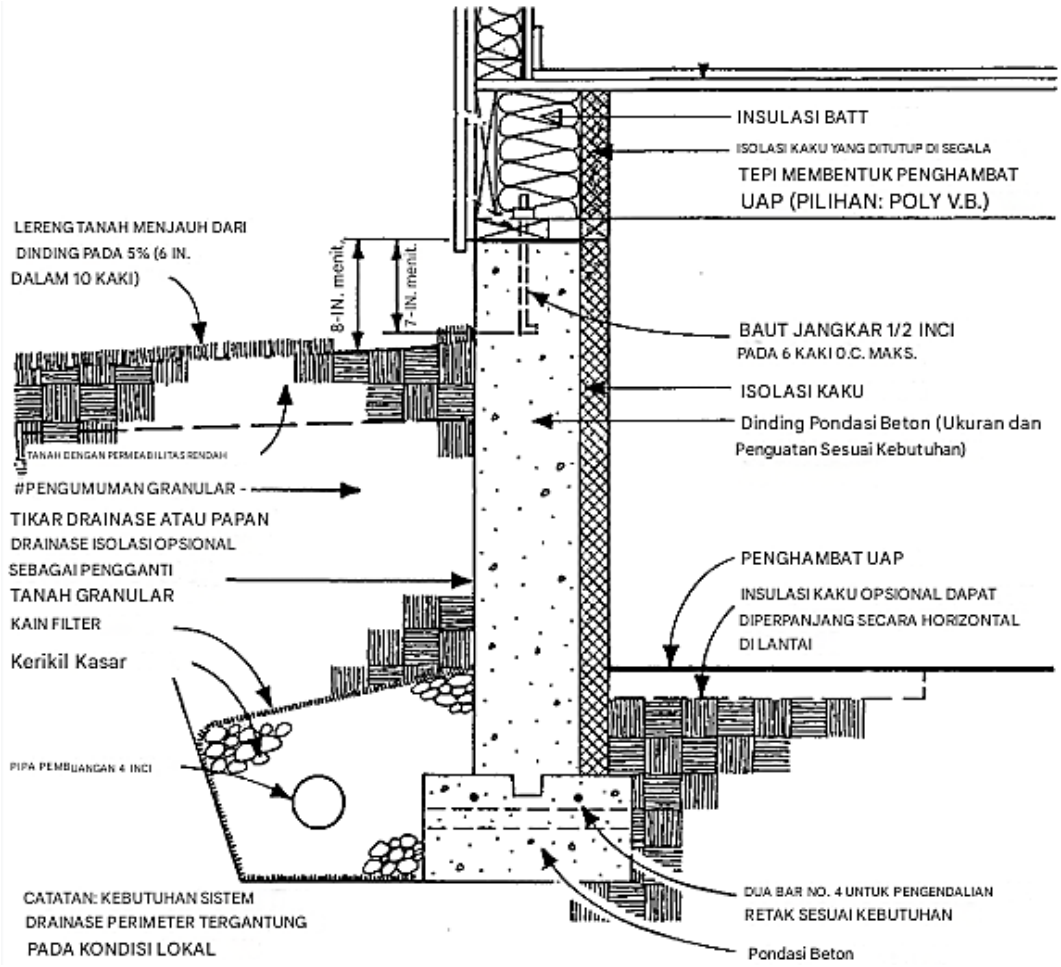
Meskipun ventilasi tidak diperlukan, pengendalian air tanah dan kelembapan

diperlukan. Buat kemiringan tanah 6 inci dalam jarak 10 kaki dari dinding ruang bawah tanah. Pasang talang dan pipa pembuangan untuk mengarahkan hujan dan air tanah menjauh dari ruang bawah tanah. Letakkan polietilena yang diperkuat dengan tugas berat seperti Tu-Tuf, atau *Ethylene Propylene Diene Monomer* (EPDM) yang menghambat kelembapan di atas tanah di ruang bawah tanah, rentangkan ke sisi dinding pondasi, dan rekatkan di sana. Tutupi plastik dengan lempengan beton (lebih disukai), atau dengan lapisan pasir. Isolasi dinding pondasi, bukan lantai di atasnya. Terutama di daerah beriklim panas dan lembap, tetapi juga di daerah dengan musim panas yang panas dan lembap, isolasi lantai memisahkan rumah dari efek pendinginan tanah, dan meningkatkan beban pendingin udara (Gambar 3.9).

Slabs on Grade

Istilah pelat di atas permukaan tanah sebenarnya mencakup pelat industri, komersial, apartemen, perumahan, rumah keluarga tunggal, pelat tempat parkir, dan perkerasan jalan. Pelat di atas permukaan tanah dapat terdiri dari tiga jenis (Gambar 3.10):

- Balok permukaan tanah dengan pelat yang ditopang tanah
- Balok permukaan tanah berlekuk yang menopang pelat
- Pelat dan balok permukaan tanah yang dicor secara monolitik (tepi yang menebal)

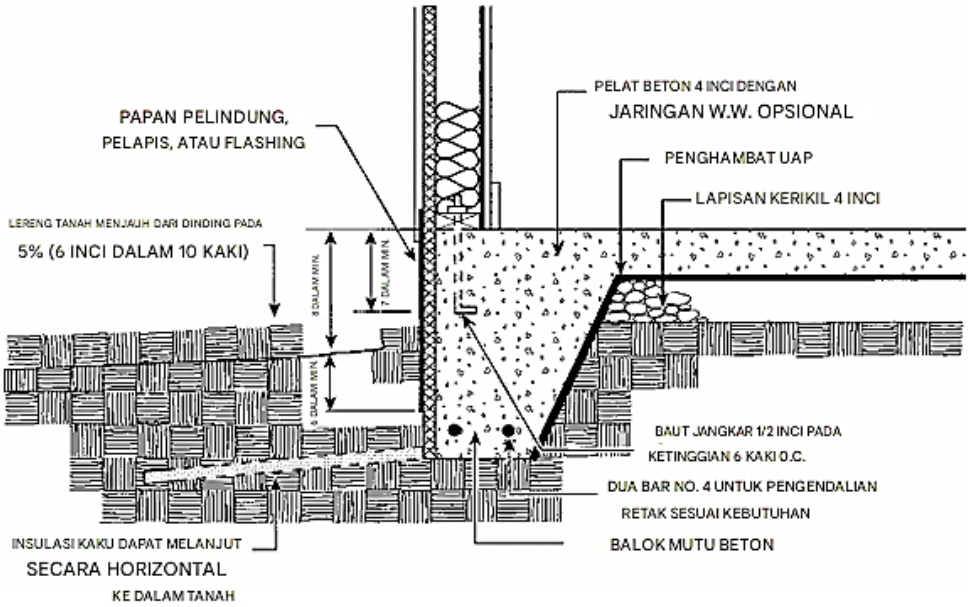


Gambar 3.9 Dinding ruang bawah tanah dari beton dengan insulasi interior.

Jenis

American Concrete Institute (ACI) mengklasifikasikan pelat ke dalam enam jenis berikut dan mengakui lima metode desain:

- ***Pelat Lantai Tipe A***—merupakan jenis pelat yang tidak dilengkapi dengan tulangan apa pun. Pelat ini dirancang sedemikian rupa agar tahan terhadap retak akibat beban permukaan, dan umumnya menggunakan semen Portland Tipe I atau Tipe II. Untuk memperkuat sambungan, dapat digunakan pasak atau desain tepi yang diperbesar. Selain itu, jarak antar sambungan konstruksi dan sambungan kontraksi sebaiknya dibuat sekecil mungkin guna meminimalkan risiko retak.



Gambar 3.10 Pelat lantai dan balok lantai integral dengan insulasi eksterior. *(Courtesy ORNL)*

- ***Pelat Lantai Tipe B***—memiliki karakteristik serupa dengan Tipe A, namun dilengkapi dengan sedikit tulangan susut dan tulangan suhu yang ditempatkan di bagian atas pelat. Berbeda dari anggapan umum, keberadaan tulangan biasanya 6 x 6, W1.4 x W1.4 WWF *(Welded Wire Fabric)* tidak bertujuan untuk mencegah terjadinya retak, melainkan untuk mengendalikan dan mempertahankan celah retak agar tetap rapat di antara sambungan. Agar posisinya tepat di bagian atas pelat, WWF perlu ditopang dengan kursi (support). Pada pelat lantai Tipe B, jarak antar sambungan dapat dibuat lebih lebar dibandingkan dengan pelat lantai Tipe A.
- ***Pelat Lantai Tipe C***—merupakan pengembangan dari Tipe B, dengan jumlah tulangan yang lebih banyak dan penggunaan beton kompensasi susut, seperti semen Tipe K. Jarak antar sambungan pada pelat ini dapat dibuat lebih lebar dibandingkan dengan pelat Tipe A maupun Tipe B. Meskipun beton cenderung menyusut, jenis beton yang digunakan pada pelat ini dirancang untuk terlebih dahulu mengalami ekspansi yang sedikit melebihi besarnya penyusutan yang diperkirakan. Tulangan yang diletakkan di bagian atas pelat berfungsi membatasi ekspansi pada bagian tersebut sekaligus

membantu mengendalikan penyusutan akibat pengeringan. Sementara itu, subbase berperan dalam membatasi ekspansi bagian bawah pelat. Agar pelat dapat mengembang secara bebas, elemen ini harus dipisahkan dari struktur permanen menggunakan material kompresibel yang memungkinkan terjadinya ekspansi.

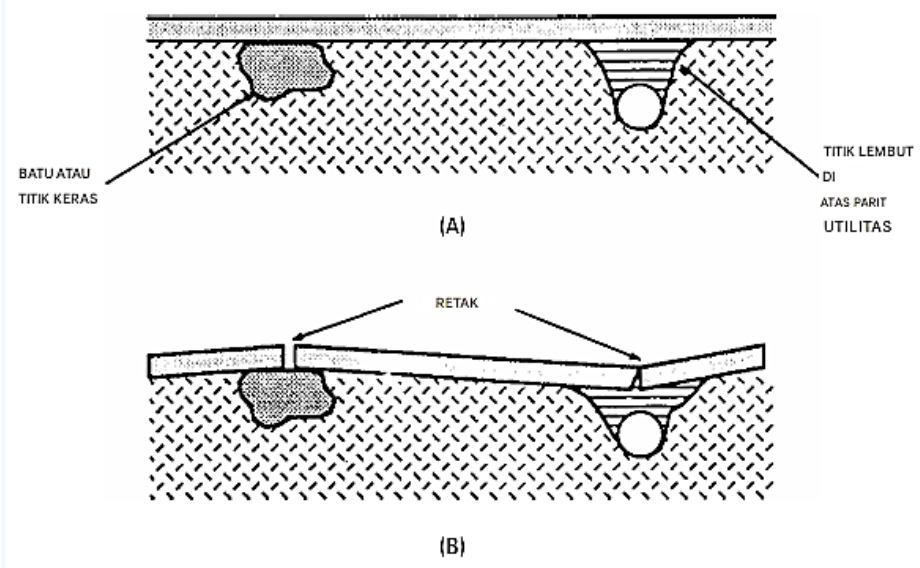
- ***Pelat Tipe D***—menggunakan sistem *post-tensioning* untuk mengendalikan retakan, dan umumnya dibuat dengan semen Portland Tipe I atau II. Metode prategang ini memungkinkan jarak antar sambungan dibuat lebih lebar dibandingkan dengan pelat Tipe A, B, maupun C.
- ***Pelat Tipe E***—dirancang sedemikian rupa agar bebas dari retakan, dan diperkuat secara struktural melalui *post-tensioning,* baja tulangan, atau kombinasi keduanya. Jenis pelat ini dapat didesain untuk menahan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh kondisi tanah yang tidak stabil.
- ***Pelat Tipe F***—dirancang dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya retak akibat beban permukaan. Oleh karena itu, pelat ini diperkuat secara struktural menggunakan satu atau dua lapis batang baja berprofil (deformasi) atau anyaman kawat berdimensi besar. Ketepatan penempatan tulangan sangat penting untuk memastikan efektivitas sistem perkuatan. Karena retakan telah diperhitungkan dalam desainnya, jarak antar sambungan tidak menjadi faktor utama. Sebagai alternatif dari penggunaan kawat las *(welded wire fabric)* untuk mengendalikan retak akibat penyusutan dan perubahan suhu, dapat digunakan beton bertulang serat (*Fiber-Reinforced Concrete* atau FRC). Serat yang digunakan dalam FRC dapat terdiri dari berbagai jenis, seperti:
  - Baja karbon rendah atau baja tahan karat
  - Mineral (seperti kaca)
  - Zat organik sintetis (seperti karbon, selulosa)
  - Polimer (seperti polietilena, polipropilena)
  - Zat organik alami (seperti sisal)

3.2 PERSIAPAN LOKASI

Salah satu aspek paling krusial dalam perencanaan dan pelaksanaan desain, baik untuk pelat lantai maupun pondasi dalam, adalah kondisi lokasi. Apabila tersedia desain sistem septik yang telah disetujui, gunakanlah sebagai sumber informasi mengenai kedalaman muka air tanah musiman (*Seasonal HighWater Table* atau SHWT), serta kemungkinan adanya puing, tunggul, batang kayu, dan karakteristik jenis tanah di lokasi tersebut. Disarankan untuk berkonsultasi dengan inspektur bangunan guna mengetahui riwayat bangunan sebelumnya yang pernah berdiri di lahan tersebut. Mintalah salinan peta tanah atau hubungi administrator zonasi untuk mengetahui apakah batas kemunduran lahan ditentukan berdasarkan kondisi tanah. Jika informasi tanah tidak tersedia melalui otoritas setempat, Anda dapat menghubungi USDA Soil Conservation Service untuk mendapatkan bantuan lebih lanjut.

Di lahan yang tidak memiliki riwayat yang diketahui (atau di lahan perawan), gali lubang uji sedalam 8 hingga 10 kaki di tempat rumah akan berdiri untuk menemukan muka air tanah,

aliran air tersembunyi, langkan, puing, atau fondasi terkubur yang dapat berdampak negatif pada pelat lantai. Vegetasi, kontur, drainase, dan kemungkinan dampak negatifnya pada pelat lantai harus diperhatikan. Investigasi lokasi yang menyeluruh adalah asuransi terbaik terhadap tindakan hukum. Gali pada atau di bawah garis beku, dan singkirkan semua tanah yang mengembang (lempung), tanah yang kompresif, dan tanah yang rentan terhadap embun beku. Berhati-hatilah saat menggali atau menimbun kembali untuk menghindari terbentuknya titik-titik keras dan lunak (Gambar 3.11).



Gambar 3.11 Titik keras dan lunak.

Pada lahan yang tidak memiliki riwayat penggunaan sebelumnya atau pada lahan perawan disarankan untuk menggali lubang uji sedalam 8 hingga 10 kaki di lokasi yang direncanakan sebagai tapak bangunan. Tujuan penggalian ini adalah untuk mengidentifikasi keberadaan muka air tanah, aliran air bawah permukaan, lapisan tanah bertingkat (langkan), puing-puing, atau fondasi lama yang terkubur, yang semuanya dapat berdampak negatif terhadap kestabilan pelat lantai. Selain itu, kondisi vegetasi, kontur tanah, sistem drainase, serta potensi dampaknya terhadap pelat lantai juga perlu diperhatikan secara cermat. Investigasi lokasi yang menyeluruh merupakan bentuk pencegahan terbaik terhadap potensi sengketa hukum di kemudian hari.

Penggalian harus dilakukan hingga mencapai atau melampaui kedalaman garis beku, dan seluruh jenis tanah yang bersifat mengembang (seperti lempung), tanah yang mudah terkompresi, serta tanah yang rentan terhadap pembekuan harus dibuang. Kehati-hatian sangat diperlukan saat proses penggalian maupun penimbunan kembali untuk menghindari terbentuknya area dengan kepadatan yang tidak merata, seperti titik keras atau lunak (lihat Gambar 3.11).

Gunakan hanya material yang stabil dan dapat dipadatkan secara efektif sebagai pengganti timbunan tanah asli. Meskipun subbase tidak wajib, penggunaannya dapat membantu meratakan permukaan tanah dasar yang tidak rata. Material seperti batu pecah

(idealnya berukuran $^3/_4$ inci), kerikil bebas partikel halus, serta pasir kasar dengan ukuran butiran minimal $^1/_{16}$ inci merupakan pilihan yang sesuai dan juga berfungsi memutus kapilaritas air. Material subbase harus dipadatkan hingga mencapai tingkat kepadatan tinggi dan tidak melebihi ketebalan 5 inci. Penambahan ketebalan subbase di luar batas tersebut tidak memberikan peningkatan berarti terhadap daya dukung tanah dasar, dan juga tidak dapat digunakan sebagai pengganti pengurangan ketebalan pelat lantai.

Kapilaritas dan Pecahnya Kapilaritas

Kapilaritas merujuk pada pergerakan naiknya cairan melalui tabung berdiameter sangat kecil, yang disebut kapiler mirip dengan helai rambut. Fenomena ini memungkinkan uap air meresap ke dalam material berpori. Sebagai contoh, spons yang diletakkan di atas permukaan basah akan menyerap air ke dalam pori-porinya melalui mekanisme kapilaritas, bahkan melawan gaya gravitasi. Kapilaritas terjadi ketika cairan mampu membasahi dinding kapiler dan diameter saluran cukup kecil, sehingga mendorong cairan naik ke dalam tabung. Namun, apabila cairan tidak dapat membasahi permukaan pori atau jika ukuran pori terlalu besar, maka gerakan naik tersebut tidak akan terjadi. Fenomena ini tidak ditemukan pada material non-pori seperti kaca, baja, dan sebagian besar jenis plastik.

Meski bersifat tidak berpori, celah sempit antara dua bagian material padat dapat bertindak sebagai kapiler jika jaraknya sangat rapat. Sebagai contoh, air hujan yang mengendap pada dinding papan dapat tersedot ke dalam celah tumpang tindih dan tertahan di sana, bahkan melawan gaya gravitasi. Untuk mengendalikan infiltrasi air hujan dan mencairnya salju, diperlukan perataan tanah yang memadai, penimbunan kembali dengan material berdrainase baik seperti kerikil sebagai pemutus kapiler dan sistem drainase yang efektif untuk mengalirkan air menjauh dari fondasi.

Selama muka air tanah tidak tinggi, air umumnya tidak akan masuk melalui celah antara dinding dan pelat. Namun, kondisi ini tidak menjamin ruang bawah tanah akan tetap kering dan hangat. Karena fondasi terdiri atas jaringan pori-pori kapiler, uap air dari tanah yang lembap dapat terserap ke dalam struktur, membasahi dinding dan pelat kecuali jika aliran kapiler tersebut diputus. Dampaknya dapat berupa ruang bawah tanah yang lembap dan pengap, pertumbuhan jamur dan lumut, meningkatnya kelembaban dalam ruangan, timbulnya endapan garam (efloresensi) pada dinding, serta peningkatan kehilangan panas akibat penguapan air dari permukaan dinding dan pelat. Dalam beton, kapilaritas mampu menarik air hingga setinggi 6 milimeter.

Rub-R-Wall

Pelapis Rub-R-Wall hanya dipasang oleh aplikator bersertifikat guna menjamin kualitas pemasangan yang optimal. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa pelapis ini memiliki umur pakai lebih dari 100 tahun, bahkan dalam kondisi paparan air secara terus-menerus. Aplikasinya dilakukan melalui metode penyemprotan. Produk ini telah digunakan secara luas, mulai dari kawasan perumahan dan komersial, hingga terowongan dan habitat harimau di kebun binatang. Membran berbahan dasar polimer karet tersebut dirancang khusus untuk memiliki ketahanan tinggi terhadap kerusakan.

Pelapis ini memiliki elastisitas tinggi, mampu meregang lebih dari 1800 persen. Sifat ini

memungkinkannya menjembatani retakan penyusutan dengan mudah dan melekat kuat pada permukaan semen. Tanpa memerlukan pengencang mekanis, pelapis ini mampu menahan papan pelindung atau sistem drainase dengan kuat. Sejak tahun 1989, pelapis ini telah diterapkan pada ribuan proyek perumahan dan komersial. Proses aplikasinya ditunjukkan pada Gambar 3.12 dan Gambar 3.13, menggunakan alat semprot khusus.

Gambar 3.12 Penyemprotan Rub-R-Wall ke bagian luar dinding ruang bawah tanah blok beton.

Gambar 3.13 Rub-R-Wall dapat diaplikasikan di atas atau di bawah permukaan tanah.

Perlu diperhatikan bahwa aplikator menggunakan masker saat proses aplikasi. Setelah mengering, pelapis ini menunjukkan ketahanan terhadap jamur dan serangan kimia pada konsentrasi yang umum ditemukan di dalam tanah, serta menunjukkan performa yang melampaui pelapis berbasis aspal yang dimodifikasi. Produk ini berbahan dasar polimer hidrokarbon dalam pelarut hidrokarbon, dan saat disemprotkan pada dinding ruang bawah tanah, warnanya tampak hijau.

Tahan Lembab

Terdapat dua metode utama untuk menghentikan hisapan kapiler. Metode yang paling umum digunakan adalah penerapan perlindungan terhadap kelembapan melalui senyawa

bitumen, pelapis, atau lapisan kedap air. Sementara itu, metode kedua melibatkan penggunaan saringan drainase, seperti papan fiberglass kaku atau material tenun terbuka yang memiliki celah udara cukup besar sehingga tidak memungkinkan terjadinya kapilaritas.

Tahan lembap berbeda dengan pelapisan kedap air. Senyawa tahan lembap dirancang khusus untuk menghambat transmisi uap air melalui beton akibat kapilaritas, namun tidak mampu mencegah penetrasi air yang disebabkan oleh tekanan hidrostatik.

Bitumen merupakan istilah umum untuk bahan aspal, termasuk aspal minyak bumi dan tar batubara. Dua jenis utama aspal adalah cutback asphalt dan emulsi aspal. Cutback merupakan aspal yang telah diencerkan dengan pelarut, sedangkan emulsi aspal berbasis air dan tidak mengandung pelarut. Aspal mentah harus dipanaskan sebelum aplikasi dan tidak dapat disemprotkan. Bitumen sendiri dapat diaplikasikan baik dalam kondisi panas maupun dingin, serta dapat diaplikasikan dengan cara disikat, disemprot, atau disekop.

Jika insulasi polistirena ekstrusi (XPS) akan digunakan pada bagian luar bangunan, maka pelapis antilembap tidak lagi diperlukan karena XPS berfungsi sebagai pemutus kapiler. Namun, bila XPS tetap digunakan bersamaan dengan lapisan antilembap, penting untuk tidak menggunakan antilembap jenis cutback. Kandungan pelarut dalam cutback merupakan senyawa organik mudah menguap (VOC) yang dapat merusak XPS dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Senyawa "mudah menguap" artinya pelarut tersebut dapat menguap ke udara dengan cepat.

VOC merupakan senyawa hidrokarbon yang, saat bereaksi dengan senyawa lain di bawah paparan sinar matahari, dapat membentuk ozon, komponen utama dalam kabut asap. Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan, produk antilembap berbasis emulsi yang diproduksi oleh Monsey, W.R. Meadows, dan Sonneborn tidak mengandung VOC dan aman digunakan bersama XPS.

Bitumen memiliki sejumlah kekurangan:

- Bitumen tidak dapat menjembatani retakan struktural berukuran normal.
- Bitumen rentan terhadap kerapuhan, retak, dan pecah.
- Bitumen sensitif terhadap sinar ultraviolet dan dapat menggelembung karena panas matahari.
- Bitumen larut jika terkena air (terutama air sadah karena garam) dan akhirnya menghilang.
- Dinding tersebut dapat pecah atau rusak akibat penimbunan kembali dan mungkin memerlukan penggunaan papan pelindung.

Salah satu produsen menyatakan bahwa produk emulsi aspal mereka mampu bertahan dalam kondisi kontak terus-menerus atau perendaman dalam air, baik yang bersifat lunak maupun keras. Namun, produk tersebut tetap memiliki sejumlah kekurangan lain yang belum teratasi.

Parging merupakan lapisan mortar setebal ¾ inci atau lebih, yang diaplikasikan secara merata pada permukaan luar pondasi untuk meningkatkan ketahanannya terhadap penetrasi kelembapan. Meski demikian, retak pada pondasi maupun parging dapat terjadi akibat penurunan pondasi yang tidak merata, penyusutan karena pengeringan, atau fluktuasi suhu. Retakan ini berpotensi menjadi jalur masuknya kelembapan ke dalam struktur.

Bitumen dan segel cair lainnya tidak efektif jika langsung diaplikasikan pada permukaan blok pasangan bata beton. Permukaan blok harus terlebih dahulu diparging untuk menutup pori-pori besar, kemudian dilapisi dengan parging kedap lembap guna menghentikan aliran kapiler. Namun, jika terjadi retak pada blok, lapisan parging pun akan ikut retak, sehingga memungkinkan kelembapan masuk.

Pelapisan polietilena merupakan solusi tahan lembap jangka panjang paling efisien dari segi biaya. Setelah bekisting dilepas, seluruh permukaan pondasi sebaiknya dibungkus menggunakan polietilena laminasi silang, seperti produk Tu-Tuf, Super Sampson, Griffolyn, Cross-Tuf, atau Ruffco namun hindari penggunaan Ruffco Wrap. Plastik harus dipasang pada bagian atas pondasi dan dibiarkan menjuntai hingga ke dasar pondasi.

Lapisan batu pecah dalam sistem drainase pondasi akan membantu menahan plastik tetap di tempatnya. Meskipun plastik ini cukup tahan terhadap kerusakan, untuk hasil optimal disarankan memberikan kelonggaran yang cukup, merekatkan setiap sambungan dengan baik, dan berhati-hati saat proses penimbunan kembali. Plastik ini akan tetap terpasang selama tahap konstruksi, mampu menjembatani retakan, serta menjadikan beton lebih kedap terhadap air. Dengan demikian, penggunaan pelapis atau sistem kedap air tambahan yang mahal dapat dihindari.

Selain itu, bagian atas pondasi juga perlu dilapisi kedap air untuk memutus jalur kapiler antara pondasi dan dinding atas. Lembaran plastik polietilena sangat direkomendasikan karena tetap memungkinkan garis kapur dari bekisting terlihat, sehingga mempermudah proses konstruksi.

Pelapisan Kedap Air

Pelapisan kedap air hanya boleh dilakukan oleh pekerja berpengalaman di bawah pengawasan profesional.

Karena peningkatan 1000 persen dalam jumlah dan jenis produk kedap air, kompleksitas subjek, dan keterampilan serta pengalaman yang dibutuhkan untuk menerapkannya, berikut ini adalah uraian singkat tentang poin-poin utama. Kedap air adalah lapisan di sekeliling struktur dengan membran kedap air yang sesungguhnya. Membran semacam itu benar-benar mencegah air (pasif atau bertekanan) mengalir melalui bahan bangunan. Membran kedap air hanyalah satu elemen dalam sistem yang mencakup hal-hal berikut:

- Pondasi yang dirancang, diawetkan, dan diselesaikan dengan benar
- Perataan dan penataan lanskap untuk mengendalikan hujan, salju yang mencair, dan banjir
- Penimbunan kembali yang benar untuk mencegah perkolasi dan mengendalikan penyedotan kapiler
- Sistem drainase bawah permukaan untuk menarik muka air tanah dan mengalirkan air yang meresap

Membran kedap air yang terbentuk dapat berbahan dasar aspal atau tar batubara, dan dapat diaplikasikan dalam kondisi panas maupun dingin. Aspal sendiri merupakan bahan utama yang digunakan dalam pelapis kedap air berbasis aplikasi dingin. Meskipun tar batubara memiliki

daya tahan lebih tinggi dibandingkan aspal, pada awal 1970an, *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) mengidentifikasi bahwa banyak senyawa dalam tar batubara bersifat toksik dan perlu dieliminasi. Penghilangan senyawa tersebut membuat tar batubara menjadi rapuh, khususnya saat digunakan dalam aplikasi bawah tanah.

Aspal karet, yang mengandung sekitar 5% karet, tersedia dalam bentuk lembaran atau gulungan. Beberapa produk dilengkapi dengan lapisan polietilena di sisi dalam atau luarnya. Karena polietilena rentan terhadap sinar ultraviolet, diperlukan perlindungan tambahan untuk mencegah degradasi. Selain itu, getaran berlebih saat pengecoran beton dapat menyebabkan permukaan menjadi berdebu, yang dapat mengganggu daya rekat membran. Oleh karena itu, permukaan pondasi harus dalam kondisi bersih dan halus agar membran dapat menempel dengan optimal.

Bituten adalah aspal karet yang dilapisi polietilena, umumnya digunakan sebagai pelapis atap untuk melindungi dari pembentukan bendungan es. Sementara itu, aspal polimer merupakan kombinasi antara aspal dan bahan kimia tertentu yang bereaksi untuk membentuk campuran yang menyerupai karet, menghasilkan material kedap air dengan performa yang lebih tinggi.

Aspal polimer memiliki kemampuan yang baik dalam menjembatani retakan, tahan terhadap pengaruh air, dan tetap fleksibel hingga suhu 0°F. Produk ini dipasarkan oleh Koch Materials Company yang sebelumnya didistribusikan oleh Owens/Corning dengan merek TUFF-N-DRI, melalui jaringan kontraktor kedap air independen bersertifikat Koch. Aplikasi produk ini dilakukan menggunakan metode *hot-spray* (penyemprotan panas).

Koch Materials Company memberikan garansi 10 tahun untuk produk ini, asalkan pemasangannya dilakukan dengan benar, termasuk sistem drainase yang memadai dan kemiringan permukaan yang positif. Ini menunjukkan bahwa perataan permukaan dan pengelolaan drainase merupakan komponen integral dari sistem pelapisan kedap air secara keseluruhan.

Dalam kondisi tertentu, seperti saat timbunan tanah mengandung batu tajam, TUFF-N-DRI mungkin memerlukan lapisan pelindung tambahan.

Sementara itu, monomer etilena propilena diena (EPDM) adalah jenis karet sintetis satu lapis. Karena beratnya, material ini cenderung meregang, sehingga pemasangan pada permukaan vertikal menjadi cukup menantang. Meski demikian, EPDM merupakan salah satu bahan atap yang umum digunakan, dan juga sering diaplikasikan sebagai flashing pada instalasi bawah tanah.

Neoprena adalah karet sintetis, tahan terhadap serangan kimia, dan digunakan di bawah tanah sebagai flashing. Ini lebih lentur dan lebih mudah disambung daripada karet sintetis lainnya. Meskipun kuat dan tahan lama, ia rentan retak. Retakan tersebut mengakibatkan tekanan yang cukup besar pada membran dan mulai robek di sepanjang retakan.

Tanah liat bentonit berasal dari gunung berapi. Jutaan tahun yang lalu, abu vulkanik yang jatuh ke lautan bercampur dengan air asin membentuk natrium bentonit. Bentonit adalah jenis batuan yang sebagian besar terdiri dari Montmorillonit, dinamai menurut kota

Montmorillon, Prancis, tempat pertama kali ditemukan. Bentonit sangat halus sehingga satu inci kubik memiliki triliunan partikel individu yang luas permukaan totalnya hampir satu hektar 43.000 kaki persegi. Kimia bentonit terlalu rumit untuk dijelaskan.

Bila dicampur dengan air, terjadi perubahan molekuler yang menciptakan lapisan kedap air yang sangat mengembang. Bentonit mentah dapat disemprotkan atau diaplikasikan dengan sekop, atau bentonit kering dapat disemprotkan dengan pengikat polimer. Bentonit mengering dengan cepat, harus dilindungi, dan harus ditimbun kembali sesegera mungkin. Bentonit juga dapat diperoleh dalam panel kardus, yang dipasang dengan gaya sirap dengan tumpang tindih kepala $1^1/_2$ inci.

Karton terurai secara hayati, meninggalkan bubur bentonit sebagai bahan kedap air. Panel dapat dipasang menggunakan tenaga kerja tidak terampil, tetapi sambungan dan jahitan pada membran kedap air apa pun merupakan titik lemah dan dapat merusak kedap air. Pemasangan harus dilakukan dengan hati-hati. Aplikasi pada cuaca dingin dimungkinkan karena panel diaplikasikan dalam keadaan kering, tetapi harus dilindungi dari pembasahan.

3.3 LAYAR DRAINASE

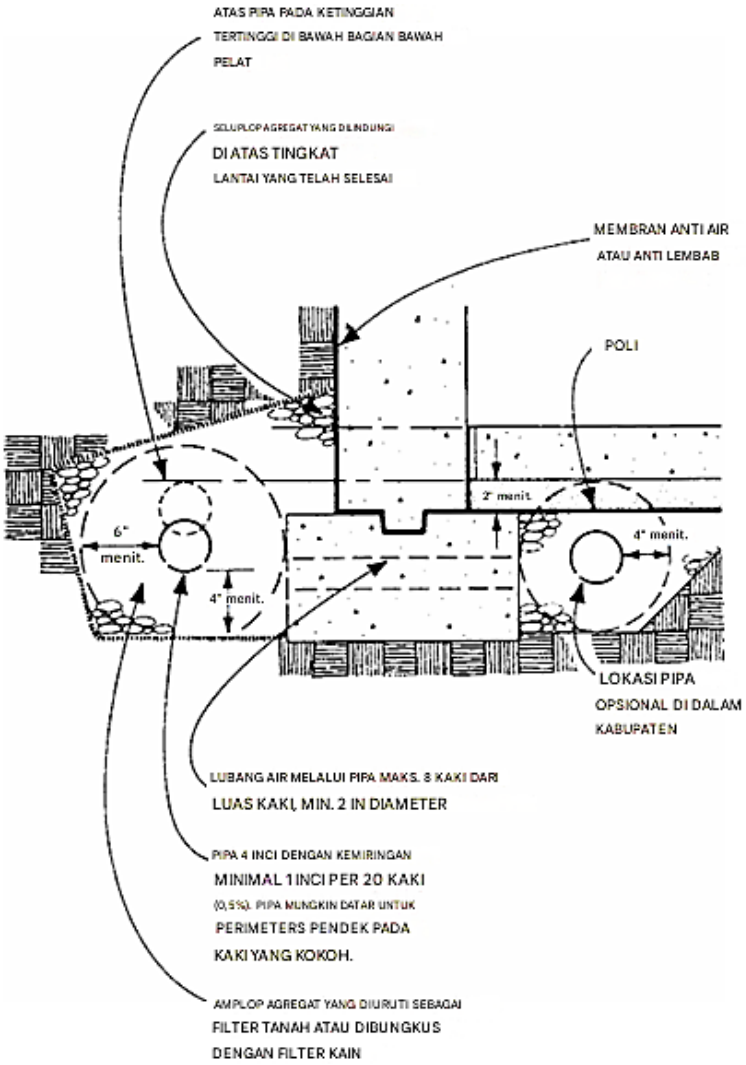
Sistem layar drainase konvensional terdiri atas kerikil drainase berpori yang diletakkan langsung di sepanjang dinding pondasi, serta sistem drainase pondasi di bagian bawah. Kerikil ini memungkinkan air mengalir secara vertikal ke bawah menuju sistem drainase bawah tanah, bukan menyebar secara horizontal. Fungsi utama drainase pondasi adalah menurunkan muka air tanah, serta mengumpulkan dan mengalirkan air yang meresap menjauh dari pondasi (lihat Gambar 3.14). Sistem ini terbukti efektif dalam menjaga ruang bawah tanah tetap kering, bahkan ketika terdapat retakan atau lubang pada dinding pondasi.

Namun, seiring waktu, tekanan persaingan dalam industri konstruksi mendorong pengurangan penggunaan material drainase yang mengalir bebas. Material seperti tanah liat, lanau, dan bahan organik mulai digunakan sebagai pengganti. Penimbunan kembali dengan tanah berkualitas rendah dan hanya mengandalkan sistem drainase pondasi tidak cukup untuk mencegah air genangan masuk melalui celah-celah fondasi.

Air yang meresap ke bawah melalui lapisan tanah yang permeabel akan terhalang oleh lapisan kedap air di bawahnya. Akibatnya, air tersebut mengendap dan membentuk muka air tanah yang stagnan. Ketika akumulasi air ini tidak dapat turun lebih jauh, air mulai mengalir secara horizontal baik melalui tanah maupun, secara tidak diinginkan, melalui celah atau lubang pada pondasi.

Sebuah teknik yang berasal dari Skandinavia dan telah diterapkan di Kanada sejak tahun 1970an memanfaatkan papan fiberglass kaku sebagai isolasi eksterior sekaligus sebagai layar drainase. Fiberglass dengan kepadatan tinggi (6.5 lb/ft^3) memiliki nilai isolasi termal sebesar R-4.5 per inci. Kinerja nilai R ini tetap stabil meskipun terpapar kelembapan, karena serat kaca tersebut bersifat menyerap kelembapan di permukaan tanpa benar-benar menyimpannya.

Para kontraktor di Kanada melaporkan bahwa papan serat kaca ini mengalami sedikit, bahkan hampir tidak ada, kompresi akibat proses penimbunan kembali tanah.



Gambar 3.14 Pondasi dengan drainase keliling.

Serat kaca berlapis-lapis, dan berorientasi sejajar satu sama lain. Orientasi ini memudahkan air mengalir ke bawah serat, di bawah pengaruh gravitasi, daripada melintasi lapisan serat. Bahkan di tanah basah, air tidak menembus lebih dari $^1/_8$ inci ke dalam insulasi. Sebagian besar serat yang tersisa tetap kering. Papan fiberglass harus dipasang secara vertikal sepanjang penuh ke bawah ke pondasi, di mana mereka harus terhubung langsung ke sistem drainase bawah permukaan perimeter.

Orientasi serat berfungsi sebagai jalur drainase yang mengalirkan air ke bawah melalui permukaan luar insulasi ke saluran pembuangan pondasi. Ini menghilangkan tekanan air terhadap pondasi, dan bahkan dengan lubang di dinding, air tidak akan masuk. Membran drainase bebas dapat menggantikan layar drainase kerikil/pasir kasar, tetapi untuk melakukannya dapat mengakibatkan kerusakan serius pada pondasi, seperti yang disebutkan dalam bagian "Penimbunan Kembali" dan "Praktik Penimbunan Kembali yang Benar" nanti dalam bab ini. Namun, membran harus dihubungkan ke sistem drainase bawah permukaan perimeter untuk mencegah genangan air di bagian bawah.

Gambar 3.15 Saringan pembuangan fiberglass.

Bagian membran yang berada di atas permukaan tanah harus dilindungi dengan flashing guna mencegah masuknya air melalui tepi atas.

Di Amerika Serikat, Koch Materials Company, melalui jaringan Koch Certified Waterproofing Contractors, memasarkan produk membran drainase berbahan fiberglass yang dikenal dengan nama WARM-N-DRI (lihat Gambar 3.15).

Selain itu, tersedia pula material drainase berpori lainnya yang terbuat dari polistirena mengembang cetak, serta dari polistirena mengembang ekstrusi dan berbagai jenis plastik lainnya. Hanya beberapa produk utama yang akan dibahas di sini. Salah satunya adalah Thermadry, papan drainase berukuran 2 kaki × 8 kaki yang diproduksi oleh Dow Chemical perusahaan yang juga memproduksi STYROFOAM (lihat Gambar 3.16).

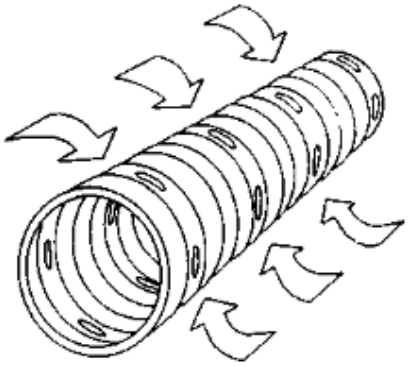
Tersedia dalam ketebalan 1,5 dan 2,25 inci. Panel memiliki saluran vertikal dan horizontal $^1/_4$ inci yang dipotong di satu sisi. Kain penyaring menutupi saluran untuk mencegah penumpukan lumpur di saluran. Harganya sekitar lima kali lebih mahal daripada Styrofoam biasa. Tikar plastik, seperti Miradrain dan TerraDrain, juga dapat digunakan, tetapi harganya juga cukup mahal. Keduanya tersedia dalam bentuk panel yang terdiri dari baris dan kolom cekungan timbul yang menyediakan saluran drainase. Panel tersebut ditutupi dengan kain penyaring untuk mencegah penyumbatan saluran drainase.

Gambar 3.16 Saringan pembuangan Styrofoam Thermadry.

Sistem Drainase Bawah Tanah

Drainase bawah tanah sudah ada sejak zaman Romawi kuno, di mana genteng digunakan sebagai genteng drainase. Selama berabad-abad, genteng setengah lingkaran pendek diganti dengan tabung melingkar yang lebih panjang, dan akhirnya lubang

ditambahkan di satu sisi. Saat ini, pipa plastik bergelombang, dengan slot yang terletak di lembah gelombang di sepanjang pipa, menggantikan genteng berlubang di satu sisi. Tabung dengan slot di mana-mana menghilangkan dugaan (lihat Gambar 3.17). Lubang-lubangnya naik, turun, atau menyamping.



Gambar 3.17 Pipa plastik bergelombang. Air masuk melalui celah di sepanjang saluran pembuangan.

Bentuk drainase bawah tanah yang paling sederhana adalah drainase Prancis, yang hanya terdiri dari selubung drainase. Selubung drainase dapat diletakkan di parit atau di tanah dasar. Bisa berupa pasir kasar bersudut, kerikil kacang, batu pecah, terak pecah, dan tanah kasar, tanpa pipa drainase, untuk menampung dan memindahkan air. Partikel tidak boleh lebih besar dari 1 inci dan harus bebas dari batu, tanah beku, gumpalan besar, dan puing. Filter pelindung harus dipasang sepenuhnya di sekeliling selubung saluran pembuangan. Kecuali jika terdapat muka air tanah musiman yang tinggi atau mata air bawah tanah, selubung saluran pembuangan kerikil/batu pecah sudah memadai.

Jika tidak, gunakan pipa pembuangan yang tertutup dalam selubung saluran pembuangan, yang dikelilingi dengan filter. Sistem drainase bawah permukaan lebih umum disebut saluran pembuangan pondasi. Tujuan dari selubung saluran pembuangan kerikil/batu pecah (sering kali disebut filter) adalah untuk menghentikan semua tanah (kecuali partikel yang sangat halus yang tersuspensi dalam air drainase) agar tidak memasuki pipa pembuangan, dan agar air dapat bergerak bebas ke dalam saluran pembuangan. Kerikil telah lama digunakan untuk tujuan ini.

Banyak kontraktor keliru percaya bahwa selubung kerikil adalah filter, dan tidak memasangnya di sekeliling selubung. Setiap selubung saluran pembuangan yang digunakan sebagai filter pasti akan gagal. Awalnya, selubung ini akan mencegah sedimen memasuki pipa pembuangan, tetapi seperti halnya filter lainnya, selubung ini mulai menggumpal, aliran air berkurang, dan akhirnya sistem drainase gagal. Karena kinerja sistem drainase bawah permukaan sangat krusial bagi kinerja saringan drainase, sistem ini akan rusak jika drainase pondasi rusak.

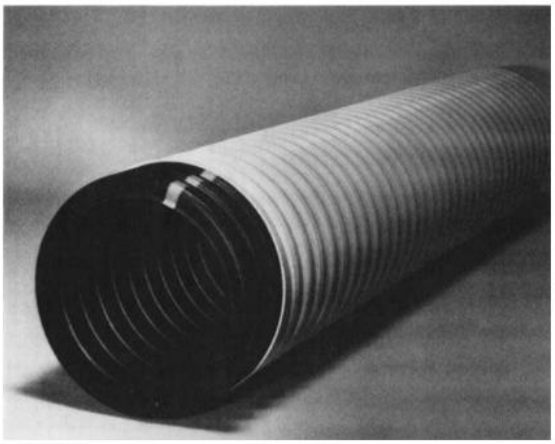
Beberapa saluran drainase memiliki filter. Biasanya, kain felt #15, atau kertas rosin, diletakkan di atas (tetapi tidak di sekitar) selubung drainase. Kertas rosin basah berubah

menjadi bubur kertas, meresap ke dalam pipa, dan akhirnya menyumbatnya. Air dan lumpur mengalir dari kain felt, ke dalam pangkuan atau sambungan, atau di antara tepi kain felt dan dinding pondasi. Jangan pernah menggunakan bahan-bahan ini di sini atau di atas batu pecah di dasar bidang resapan.

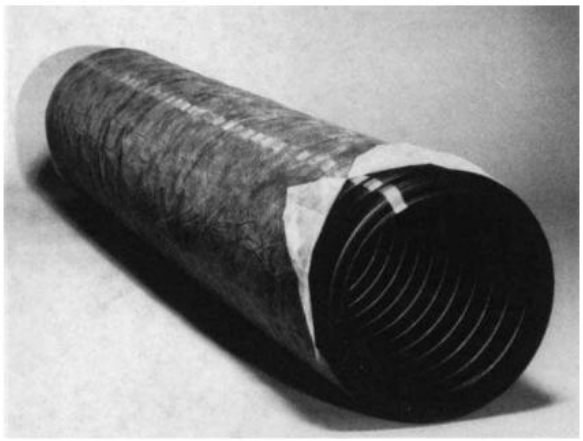
Pasang filter jerami, jerami, jarum pinus, atau kain sintetis sepenuhnya di sekitar selubung drainase atau pipa pembuangan. Sayangnya, sistem ini membutuhkan banyak bahan dan tenaga kerja. Jerami dan jerami bisa sulit dipasang pada hari-hari berangin. Solusi yang lebih efisien dan lebih murah adalah pipa polietilena berlubang dengan selubung drainase/selongsong filter kain sintetis eksternal, seperti yang diproduksi oleh *American Drainage Systems* (ADS).

Pipa ADS adalah pipa polietilena bergelombang dengan slot di lembah gelombang yang membentang sepanjang pipa. Diameter mulai dari 3 inci hingga 24 inci, dalam panjang gulungan hingga 300 kaki, tersedia. Pipa berdiameter 4 inci biasanya digunakan di fondasi perumahan.

Pelindung Saluran ADS (Gambar 3.18) dan Sock Saluran ADS (Gambar 3.19) disertakan dengan selubung/filter saluran yang dipasang di pabrik. Sistem ini berdiri sendiri sehingga kerikil atau batu pecah, selubung saluran, dan filter tidak diperlukan lagi. Slot di sekitar diameter pipa memastikan asupan air tanpa hambatan.



Gambar 3.18 Pelindung Saluran Air.



Gambar 3.19 Sock Drainase

Perhatian

Di banyak daerah di negara ini, di mana kerikil tidak tersedia atau terlalu mahal, pasir digunakan untuk saringan saluran air. Di daerah lain, tanah liat mungkin menjadi masalah. Dalam kasus ini, Sock ADS harus ditutup dalam kerikil atau selubung saluran air dari batu pecah.

Tempatkan saluran pembuangan di dasar pondasi, bukan di atas pondasi. Jangan biarkan pipa pembuangan lebih tinggi dari bagian bawah pelat lantai. Beberapa otoritas menganjurkan agar saluran pembuangan dibuat miring, bahkan hanya 0,2 persen. Kemiringan harus konstan, dan transisi antar bagian harus mulus untuk menghindari terbentuknya perangkap sedimen.

Namun, jika saluran pembuangan diletakkan di tanah yang relatif datar, air tidak akan terkumpul di dasar pondasi selama titik keluar menuju cahaya matahari miring ke bawah. Ujung pintu keluar menuju cahaya matahari harus ditutup dengan kasa kawat kasa tebal. Jika pintu keluar menuju cahaya matahari tidak memungkinkan, jangan arahkan ke sumur kering. Sumur kering tersebut pada akhirnya akan berlumpur dan rusak. Arahkan pipa pembuangan di bawah pondasi ke bak penampung di dalam ruang bawah tanah

Penimbunan

Penimbunan merupakan bagian dari beberapa sistem: pondasi, saringan drainase, kedap air/lembab, dan drainase tanah dasar. Demi alasan ekonomi, kontraktor dapat melakukan hal berikut:

- Menimbun kembali secepat mungkin dengan beton hijau untuk menghilangkan jalan menurun dan mempercepat pembuatan rangka
- Menggunakan tanah organik yang kuat, rentan terhadap embun beku, yang mungkin juga mengandung batu tajam, bongkahan batu, dan puing bangunan
- Tidak menempatkan dan mendistribusikan tanah secara berlapis dengan benar
- Mengabaikan kemungkinan keruntuhan pondasi yang tidak diperkuat
- Menolak perlunya saringan drainase

Dalam kasus tersebut, kontraktor dapat mengharapkan panggilan balik dan klaim garansi untuk ruang bawah tanah yang retak dan bocor atau tuntutan hukum.

Retakan dan kebocoran ruang bawah tanah merupakan beberapa sumber keluhan dan klaim garansi yang paling umum. Beberapa retakan tidak dapat dihindari dan tidak dapat dihindari. Namun, retakan yang tidak terkendali dapat dihindari dengan menggunakan salah satu teknik yang dibahas di bagian "Penguatan" sebelumnya dalam bab ini. Yang perlu diperhatikan di sini adalah retakan dan kebocoran yang disebabkan oleh pengabaian bahwa penimbunan kembali merupakan bagian dari banyak sistem dan penggunaan prosedur penimbunan yang tidak stabil dan penimbunan kembali yang tidak tepat.

Melindungi Dinding Selama Penimbunan Kembali

Dinding paling baik dilindungi dengan tidak menimbun kembali hingga pelat lantai dasar dan platform lantai pertama terpasang. Minimal, pasak pondasi dan tuang pelat. Jika lantai akan dituang setelah bekisting dilepas, pondasi yang dipasak tidak diperlukan. Jika tidak, pasak pondasi, dan gunakan penyangga diagonal hingga lantai dituang dan platform (dek) terpasang.

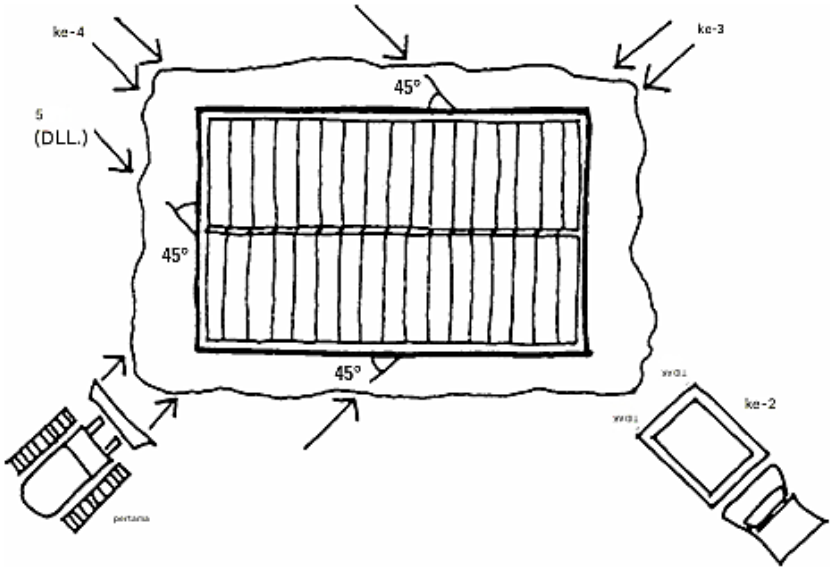
Praktik Penimbunan Kembali yang Benar

Jangan menimbun kembali hingga pondasi mencapai setidaknya dua pertiga dari kekuatan terukurnya dalam tujuh hari. Jika perlu, gunakan beton dengan kekuatan awal tinggi. Tekanan tanah terhadap beton hijau merupakan salah satu penyebab utama keretakan.

Gunakan hanya tanah yang mengalir bebas, bebas dari bebatuan berukuran 6 inci atau lebih besar atau puing bangunan, yang melaluinya air akan mengalir turun lebih cepat daripada yang dapat bergerak secara horizontal. Tanah yang kotor dapat menyumbat filter pipa pembuangan. Mereka dapat menyebabkan permukaan air tanah naik dan fondasi menjadi beku. Mulailah menimbun secara diagonal di sudut-sudut fondasi, lalu timbun sisi-sisinya. Ini

membantu mendistribusikan tekanan tanah (Gambar 3.20).

Letakkan timbunan di lapisan tanah setebal 6 inci, lalu padatkan atau padatkan. Meskipun tanah kasar cenderung memadat, lapisan kerikil tebal yang tidak padat dapat mengendap satu inci atau lebih. Penurunan tanah di sebelah fondasi (dan kebocoran air yang diakibatkannya ke ruang bawah tanah melalui retakan) merupakan masalah umum. Pemadatan dapat mencegah hal ini, tetapi kehati-hatian harus dilakukan dengan pemadat pelat getar di sebelah fondasi. Pemadatan akan mengganjal timbunan di dinding. Ini meningkatkan tekanan tanah lateral pada dinding fondasi. Pemadatan yang berlebihan dapat menciptakan tekanan yang cukup besar untuk membuat dinding retak.



Gambar 3.20 Penimbunan secara diagonal.

Jauhkan pemadat pelat getar yang dioperasikan dengan tangan sejauh 6 inci (minimum) dari fondasi. Pemadat rol getar yang berat harus dijauhkan sejauh 12 hingga 18 inci dari dinding. Jangan biarkan peralatan berat beroperasi sejajar atau tegak lurus dengan dinding (Gambar 3.21).

Urugan kerikil harus berada 24 inci di bawah ambang fondasi. Di samping dinding fondasi, letakkan 12 inci atau lebih tanah asli di atas kerikil, dan kurangi hingga 0 inci, 10 kaki dari fondasi. Lapisan semi-kedap air yang miring ini melindungi saringan drainase di bawahnya dan mengalirkan air dari fondasi. Akhiri dengan tanah lempung, ratakan agar miring menjauh dari fondasi. Gunakan rumput di samping fondasi dan hindari batu pecah, serpihan marmer, semak, dan hamparan bunga. Jika pembeli menginginkan semak dan hamparan bunga, jauhkan sejauh mungkin dari fondasi. Saluran drainase harus berakhir di blok penyiram (jangan pernah di bawah tanah).

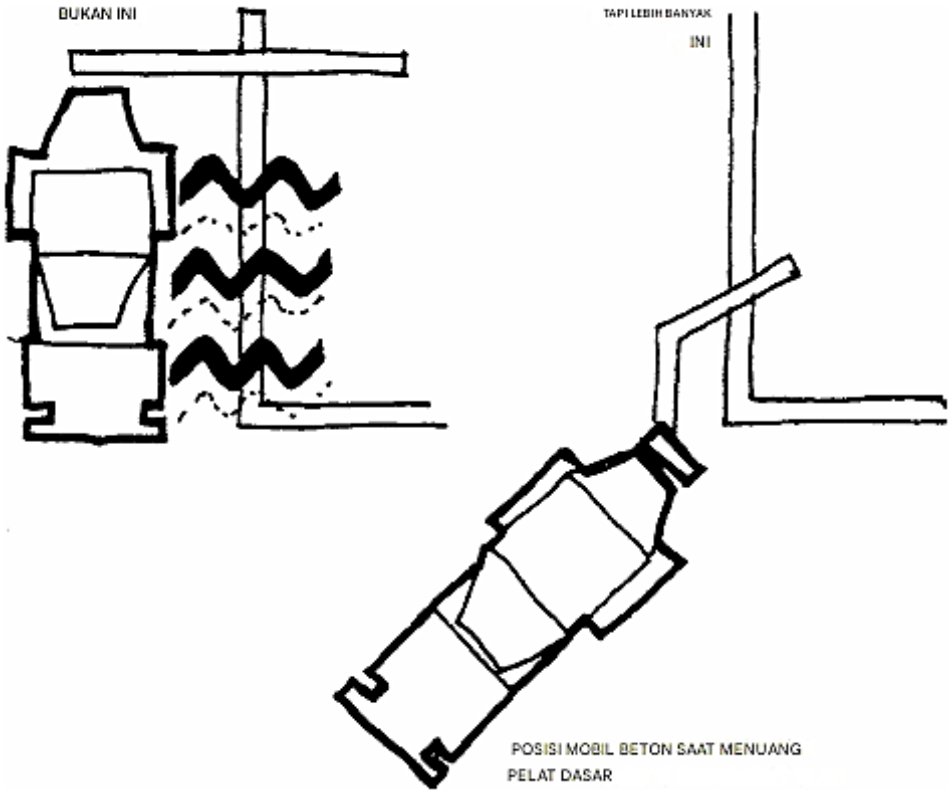
3.4 FONDASI KAYU PERMANEN

Fondasi kayu permanen (PWF) telah digunakan sejak awal tahun 1940an dan terbukti berhasil di lebih dari 300.000 rumah dan bangunan lain di Amerika Serikat dan Kanada. PWF

diakui oleh BOCA, UBC, SBCCI, CABO One- and Two- Family Dwelling Code, *Farmer's Home Administration* (FmHA), *Housing and Urban Development/Federal Housing Administration* (HUD/FHA), dan *Veterans' Administration* (VA).

PWF memiliki sejumlah keunggulan:

- Bebas dari jadwal kontraktor bentuk
- Dapat didirikan di hampir semua cuaca (termasuk beku)
- Tidak memerlukan rangka khusus atau kru rangka; kontraktor menggunakan rangka biasa
- Ruang bawah tanah mudah dan murah diubah menjadi ruang yang layak huni
- Lebih murah untuk diisolasi daripada beton cor atau blok pasangan bata



Gambar 3.21 Hindari meletakkan peralatan berat sejajar dengan pondasi.

Persiapan Lokasi

Persiapan lokasi sama dengan pondasi konvensional. Setelah penggalian selesai, letakkan minimal 4 inci kerikil, batu pecah, atau pasir kasar sebagai alas pondasi, sebagai alas pelat beton, dan sebagai lapisan drainase. Alas harus memanjang beberapa inci di luar pelat pondasi. Material ini harus bersih dan bebas dari tanah liat, lanau, atau bahan organik. Batasan ukuran adalah sebagai berikut:

- Kerikil—maksimum $^{3}/_{4}$ inci
- Pasir kasar—minimal $^{1}/_{16}$ inci
- Batu pecah—maksimum $^{1}/_{2}$ inci

Pasir halus, atau batu kacang, dapat menyebabkan aksi kapiler. Ini harus dihindari.

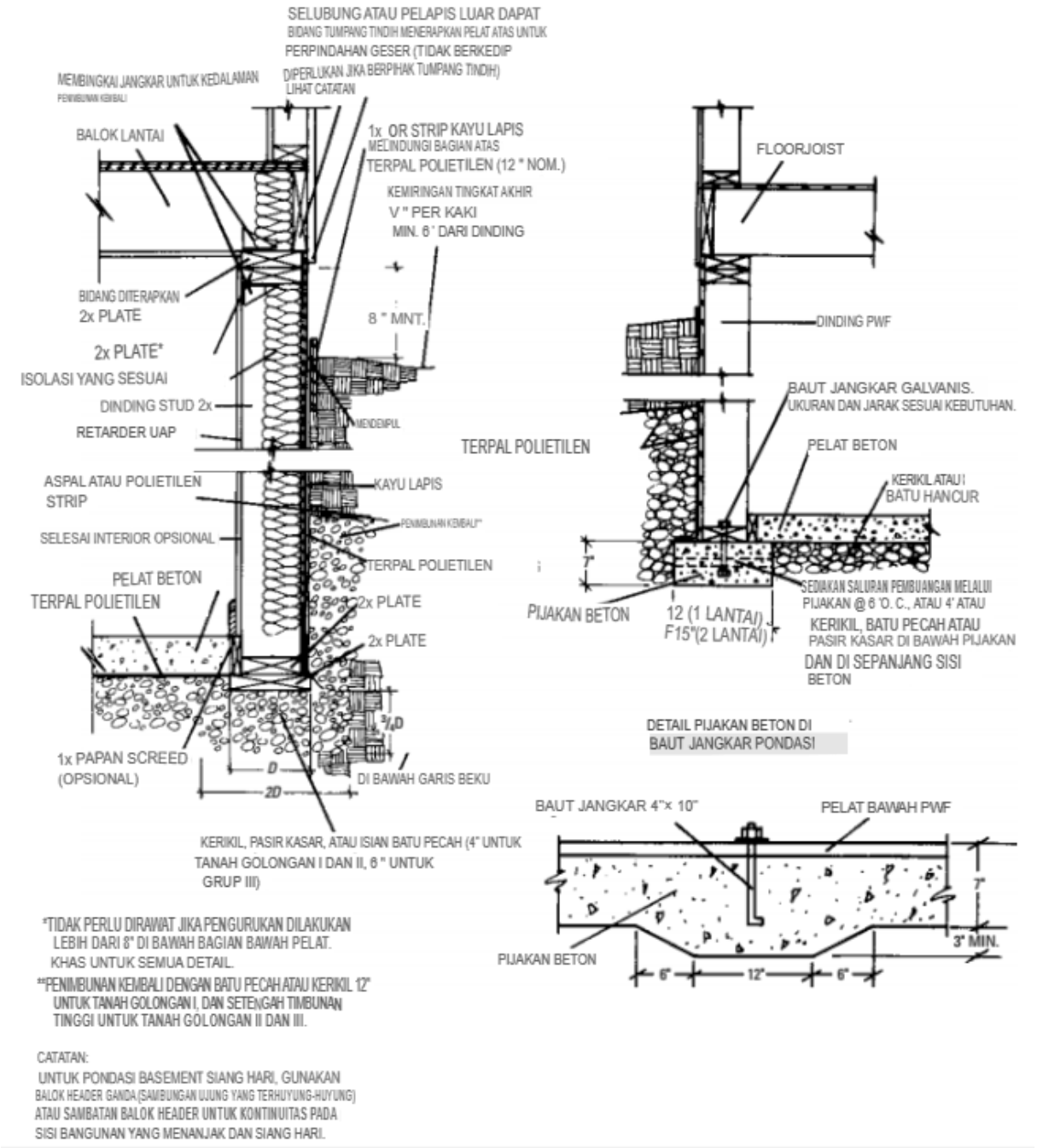
Alas kerikil/batu pecah harus dua kali lebar pelat pondasi dan kedalamannya tiga perempat lebar pelat pondasi. Pelat pondasi 2 inci x 10 inci akan membutuhkan kedalaman alas 8 inci. Setelah alas kerikil/batu pecah diratakan, pelat pondasi diletakkan. Gunakan pelat 2 inci x 8 inci dengan dinding 2 inci x 6 inci, dan pelat 2 inci x 10 inci dengan dinding 2 inci x 8 inci. Pondasi beton cor kontinu dapat digunakan sebagai alternatif pelat.

Namun, pondasi harus ditempatkan pada dasar batu/pasir/kerikil untuk menjaga kesinambungan dasar drainase. Di sisi lain, pondasi beton dapat dipasang pada parit dari batu pecah. Kedalaman parit harus minimal 12 inci. Lebar parit ditentukan oleh lebar pondasi. Gunakan pondasi beton 12 inci x 7 inci untuk rumah satu lantai dan pondasi 15 inci 7 inci dengan rumah dua lantai. Untuk mencegah penyumbatan dasar drainase batu pecah, tutup parit dengan 12 inci jerami, atau gunakan kain saring sintetis di bagian luar pondasi (Gambar 3.22).

Perawatan Kayu

Semua kayu yang digunakan di pondasi harus diberi perlakuan tekanan dengan arsenat tembaga krom (CCA) sesuai dengan persyaratan Standar Yayasan (FDN) dari *American Wood Preservers Bureau* (AWPB). Setiap potongan harus memiliki cap dari badan yang disetujui dan disertifikasi untuk memeriksa kayu yang diberi perlakuan pengawet. Tanda AWPB-FDN menunjukkan bahwa kayu tersebut cocok untuk pondasi. Kayu tersebut memiliki 0.60 pon pengawet yang dibutuhkan per kaki kubik kayu. Kayu tersebut telah dikeringkan di tungku hingga kadar air 19 persen.

Semua kayu yang dipotong atau dibor harus diberi perlakuan pengawet di lapangan dengan menyikat berulang kali hingga kayu tidak lagi menyerap pengawet. Setiap ujung potongan yang tingginya 8 inci atau lebih di atas permukaan tanah, atau pelat atas, header, atau lapisan atas kayu lapis, tidak perlu diberi perlakuan. Perpanjang pelat pondasi melewati sudut-sudut untuk menghindari pemotongan.



Gambar 3.22 Pondasi ruang bawah tanah, pada pondasi beton.

Pengencang

Semua pengencang yang digunakan dalam PWF harus tahan korosi. Penghambat kelembapan dari polietilen atau fiberglass tidak dapat diandalkan untuk menjaga kadar kelembapan tetap rendah. Paku aluminium, paku baja yang dilapisi kadmium, seng, dan timah kadmium tidak cocok untuk digunakan di bawah tanah. Gunakan hanya paku baja tahan karat tipe 304 atau 316. Paku di atas permukaan tanah, paku galvanis celup panas, aluminium, perunggu silikon, atau baja tahan karat dapat digunakan.

Rangka Dinding

Pelat dapat dituang sebelum atau setelah dinding didirikan. Pelat beton merupakan

permukaan kerja yang lebih mudah daripada kerikil/batu pecah. Banyak pembuat rangka merasa lebih mudah meratakan dinding pada pondasi beton daripada pada dasar kerikil. Rangka dinding pondasi tidak berbeda dengan rangka dinding di atas permukaan tanah. Mahkota tiang harus menghadap ke kayu lapis, karena tekanan tanah cenderung meluruskannya.

Tiang dipasang 16 inci di bagian tengah dan dipaku ke pelat bawah dengan paku baja tahan karat. Pelat pondasi dapat dipasang terlebih dahulu ke pelat dinding bawah dan sambungannya disusun berselang-seling pada satu tiang. Tutup rapat selubung kayu lapis $^5/_8$ inci di semua sambungan sebelum memakukannya ke tiang (Gambar 3.23 dan Gambar 3.24). Sil-Pruf adalah salah satu dari banyak dempul yang dapat digunakan. Daftar dempul dan sealant dapat ditemukan dalam publikasi H405 American Plywood Association, Dempul dan Perekat untuk Sistem Pondasi Kayu Permanen.

Gambar 3.23 Bagian dinding prafabrikasi yang sedang didirikan.

Gambar 3.24 Bagian dinding diberi dempul sebelum dipaku.

Setelah semua dinding ditinggikan dan disangga, bungkus seluruh bagian luar pondasi dengan salah satu produk polietilena laminasi silang, seperti Tu-Tuf atau yang lain, yang disebutkan di bagian “Damp Proofing” sebelumnya dalam bab ini. Pasang selubung poli ke pondasi di garis permukaan dengan strip permukaan bertekanan sepanjang 12 inci, dan dempul. Tutupi poli hingga ke pondasi. Rekatkan semua tumpang tindih, dan biarkan cukup longgar (Gambar 3.25).

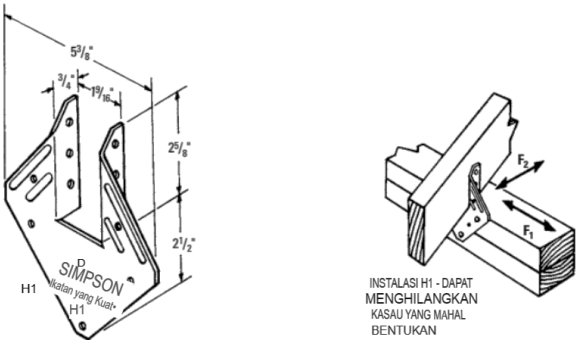
Dengan pondasi beton, biarkan poli menutupi dan melewati pondasi. Alternatif untuk polietilena adalah saringan drainase fiberglass (dibahas di bagian “Saringan Drainase” sebelumnya dalam bab ini), yang juga memberikan nilai insulasi tambahan. Pastikan saringan pembuangan fiberglass terhubung ke sistem drainase bawah permukaan, yang dalam hal ini berupa batu pecah di parit atau dasar kerikil/batu pecah. Sistem drainase bawah permukaan harus dilindungi dengan jerami setebal 12 inci atau kain penyaring sintetis. PWF yang telah selesai ditunjukkan pada Gambar 3.26.

Gambar 3.25 Polietilena yang diikatkan ke bagian luar PWF dengan strip mutu bertekanan 12 inci.

Gambar 3.26 PWF yang telah selesai dan siap untuk pelat beton dan platform lantai, sebelum penimbunan kembali.

Penimbunan

Penimbunan tidak dapat dimulai hingga pelat beton dituang dan balok lantai serta lantai dasar tripleks dipasang. Setiap balok lantai harus diamankan ke pelat ambang dengan penahan badai Simpson H1 (Gambar 3.27). Jika balok sejajar dengan fondasi, rongga pertama harus ditopang dengan penahan padat pada jarak 24 inci dari tengah. Rongga kedua ditancapkan pada jarak 48 inci dari tengah. Ikuti prosedur yang diuraikan di bagian sebelumnya, “Penimbunan” dan “Praktik Penimbunan yang Benar.”



Gambar 3.27 Penahan badai Simpson dan metode pemasangan.

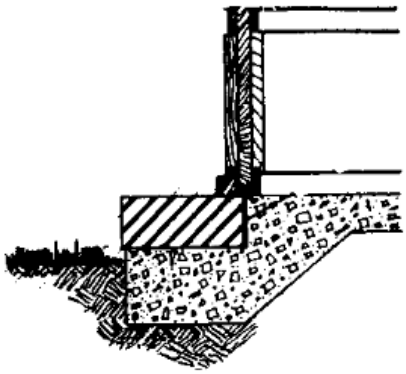
Fondasi Dangkal yang Dilindungi dari Embun Beku

Semua peraturan bangunan di Amerika Serikat mengharuskan pondasi diletakkan pada atau di bawah kedalaman embun beku maksimum yang diharapkan. Pengecualian yang mungkin untuk ini adalah peraturan BOCA 1990 yang menyatakan bahwa pondasi pada batu padat "atau yang dilindungi dari embun beku" tidak harus memanjang hingga ke garis embun beku. Orang Lapland Zaman Batu membangun rumah batu mereka langsung di tanah, dan menumpuk salju di sekeliling dinding luar sebagai insulasi.

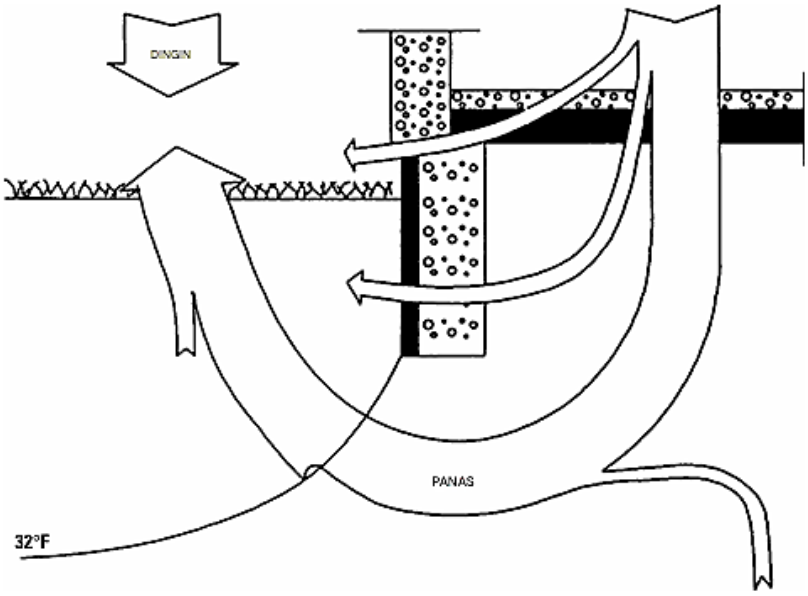
Panas dari api di dalam rumah yang digunakan untuk memasak dan memanaskan menjaga dinding eksterior aman dari embun beku. Pada awal tahun 1930an, Frank Lloyd Wright mengembangkan konsep Rumah Usonian-nya. Rumah Usonian pertama yang dibangun di Amerika Serikat adalah rumah Hoult tahun 1935 di Wichita, Kansas. Rumah Usonian merupakan perubahan radikal dari kotak berkompartemen standar Amerika dengan ruang bawah tanah. Wright juga menyingkirkan ruang bawah tanah dan fondasi beton besar.

Fondasi rumah Hoult tidak mencapai garis beku. Sebaliknya, fondasinya adalah hamparan kerikil yang dikeringkan yang di atasnya dituangkan lempengan monolitik dengan tepi yang menebal yang memanjang 6 inci di bawah permukaan tanah (Gambar 3.28). Rumah Jacobs tahun 1936 di Wisconsin dan rumah Richardson tahun 1951 di New Jersey juga dibangun di atas lempengan monolitik yang memanjang tidak lebih dari 6 inci di bawah permukaan tanah. Rumah-rumah ini menggabungkan pemanas di bawah lantai panas radiasi, yang melindungi fondasi dari embun beku. Wright mungkin merupakan orang pertama di zaman modern yang menggunakan pondasi dangkal yang terlindungi dari embun beku dan memahami bahwa pondasi yang memanjang hingga garis beku tidak diperlukan.

Dasar dari teknologi pondasi dangkal yang dilindungi dari embun beku (FPSF) adalah bahwa panas yang hilang melalui pondasi menjaga tanah di bawah pondasi agar tidak membeku dan terangkat. Efek pencairan pada tanah di sekitar bangunan cenderung menggerakkan kedalaman embun beku lebih dekat ke permukaan (artinya, embun beku tidak menembus sedalam yang terjadi pada bangunan yang tidak dipanaskan). Oleh karena itu, tidak perlu memperluas pondasi hingga ke garis embun beku atau lebih dalam. Jika pondasi diisolasi, embun beku tidak akan menembus di bawah pondasi meskipun pondasi hanya 12 inci di bawah permukaan tanah. Jalur utama kehilangan panas berada di bawah pondasi (Gambar 3.29).



Gambar 3.28 Pondasi dangkal yang digunakan oleh Frank Lloyd Wright di rumah Hoult tahun 1935.



Gambar 3.29 Jalur kehilangan panas di bawah tapak pondasi.

Insinyur Norwegia dan Swedia, yang memanfaatkan penelitian Amerika, mulai menyempurnakan pondasi dangkal yang terlindungi dari embun beku pada tahun 1946. Penelitian mereka membuat mereka menyimpulkan bahwa kehilangan panas melalui pelat akan melindungi tanah di bawah pondasi dari pembekuan dan tidak perlu memperluas tapak pondasi hingga ke garis beku. Kode bangunan Swedia mengizinkan pondasi dangkal yang terlindungi dari embun beku 10 inci di bawah permukaan tanah di manapun di negara tersebut.

Kode Bangunan Nasional Kanada kini mengizinkan pondasi dangkal. Lebih dari 1 juta rumah telah dibangun di atas pondasi dangkal di Skandinavia. Sebagian besar penelitian pondasi dangkal telah dilakukan di Skandinavia, Kanada, Tiongkok, dan Rusia. Hanya ada sedikit penelitian pondasi dangkal yang terlindungi dari embun beku di negara ini. Eich Construction Company of Spirit Lake, Iowa, telah membangun sekitar 50 rumah di Iowa barat laut (8000 DD, kedalaman beku 48 inci) di atas fondasi dangkal. Eugene Leger merancang dan membangun dua rumah di FPSF di New Hampshire selatan (7100 DD, kedalaman beku 42 inci). Rumah-rumah ini memasuki musim dingin ketiga belas, bebas dari masalah embun beku, atau penumpukan embun beku.

Detail Desain Fondasi Dangkal

Ada sejumlah langkah yang terlibat dalam desain/konstruksi FPSF:

- Persiapan lokasi
- Menentukan indeks derajat beku
- Isolasi pelat
- Isolasi dinding fondasi
- Isolasi tanah horizontal opsional, di bagian luar fondasi

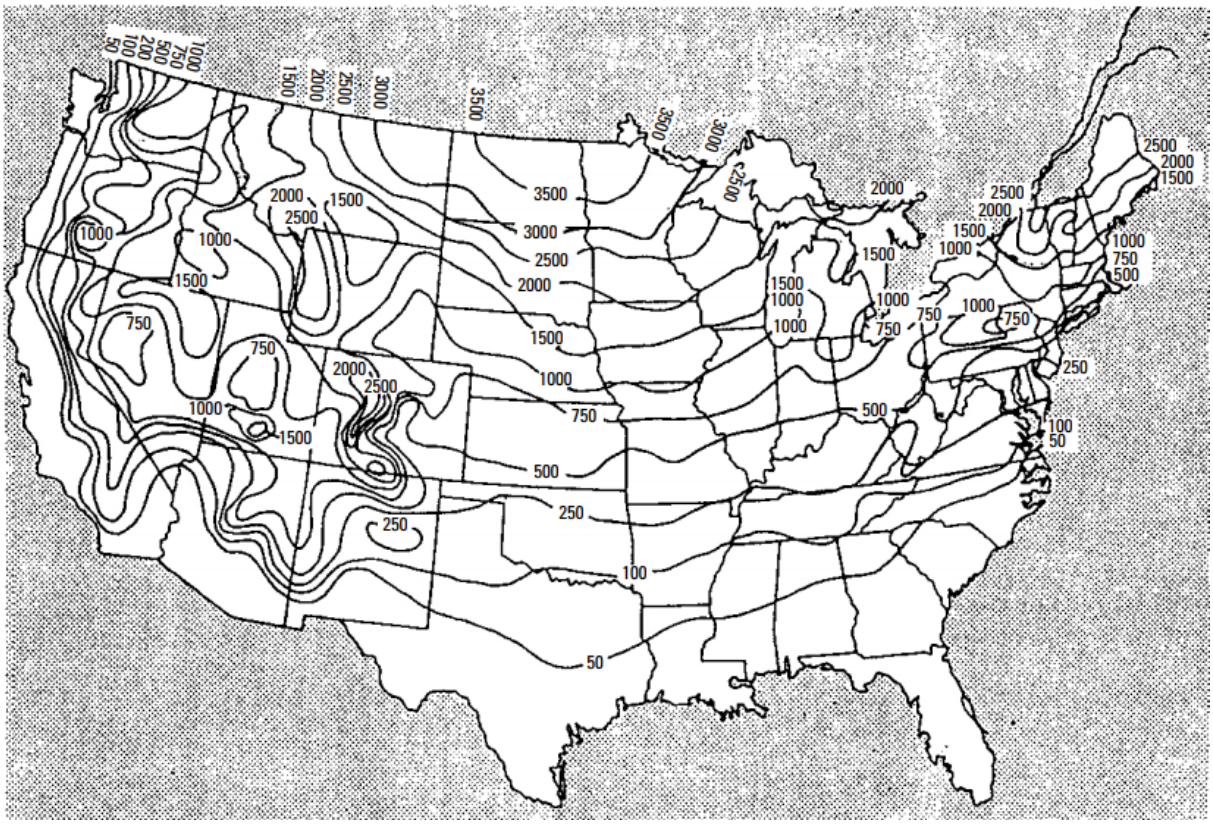
Persiapan Lokasi

Singkirkan semua tanah liat, lanau, organik, dan tanah yang mudah dipadatkan yang rentan terhadap embun beku. Muka air tanah yang tinggi atau tanah basah dapat menyumbat lapisan drainase dengan partikel tanah halus. Jika kondisi ini terjadi, letakkan kain penyaring sintetis terlebih dahulu sebelum meletakkan lapisan drainase. Letakkan subbase dari kerikil bersih setebal 6 inci (bebas dari butiran halus dan debu), pasir kasar (minimal butiran $^{1}/_{16}$ inci), atau batu pecah yang disaring berukuran $^{3}/_{4}$ inci hingga $1^{1}/_{2}$ inci. Idealnya, subbase harus cukup dalam untuk menjaga tanah dasar bebas dari embun beku. Basis kerikil berfungsi sebagai pondasi, saringan drainase, dan penahan kapiler dan tidak rentan terhadap embun beku. Basis harus dipadatkan dengan baik.

Indeks Derajat Beku

Indeks pembekuan udara, yang telah dibahas sebelumnya dalam bagian "Perlindungan terhadap Embun Beku" pada bab ini, merupakan metode yang lebih akurat untuk menentukan kedalaman penetrasi embun beku. Semakin tinggi nilai indeks tersebut, semakin dalam embun beku dapat menembus tanah.

Gambar 3.30 menunjukkan kedalaman embun beku berdasarkan rata-rata dari tiga musim dingin terdingin selama 30 tahun terakhir. Sebagai perbandingan, pedoman dari Norwegia menggunakan nilai maksimum dari musim dingin paling ekstrem yang diperkirakan terjadi sekali dalam 100 tahun. Untuk perancangan pondasi dangkal yang dilindungi terhadap embun beku, nilai dalam Gambar 3.30 sebaiknya dikalikan dengan faktor koreksi sebesar 1.4.



Gambar 3.30 Derajat-hari beku untuk wilayah benua Amerika Serikat.

Insulasi Subslab

Insulasi di bawah pelat lantai (*subslab insulation*) berfungsi untuk menjaga suhu pelat tetap hangat serta mengurangi kehilangan panas dari bangunan ke tanah. Nilai R-nya bervariasi antara R-5 hingga R-10, tergantung pada ketebalan yakni antara 1 hingga 2 inci dari insulasi XPS (ekstrusi polistirena), yang memiliki nilai R sebesar 5 per inci.

Apabila insulasi ini dipasang di bawah area pelat monolitik yang menanggung beban, seperti bagian tepi yang menebal atau di bawah tapak pondasi, kapasitas beban XPS perlu dihitung secara cermat. Ketika XPS atau jenis insulasi plastik lainnya menerima beban tekan, material tersebut dapat mengalami deformasi atau penurunan bentuk. Bila tekanan ini bersifat konstan dalam jangka panjang, deformasi akan semakin bertambah. Proses deformasi bertahap ini dikenal sebagai creep kompresif.

Pengalaman di negara-negara Skandinavia menunjukkan bahwa masalah creep atau penurunan stabilitas busa hampir tidak pernah terjadi. Namun, Dow Chemical merekomendasikan agar creep kompresif pada STYROFOAM dibatasi maksimal 2% dari ketebalannya dalam kurun waktu 20 tahun. Untuk mencapainya, beban yang diterapkan harus dijaga pada sepertiga dari kekuatan tekan desain STYROFOAM. Dengan demikian, deformasi jangka panjang dapat diminimalkan hingga di bawah ambang 2% selama dua dekade.

Misalnya, Square Edge STYROFOAM memiliki kekuatan tekan terukur sebesar 25 lb/in² (psi). Beban pondasi adalah 8.5 psi. Dengan menggunakan faktor keamanan 3, apakah Square Edge STYROFOAM 25 psi memadai untuk menahan beban mati pondasi?

$$^{1}/_{3} \text{ dari } 25 \text{ psi} = 25/3 = 8.33 \text{ psi} \quad \text{Beban pijakan} = 8.5 \text{ psi}$$
$$25 \text{ psi x } 144 \text{ in}^2 = 3600 \text{ psf} \quad {}^{3600}/_{3} = 1200 \text{ psf} \quad \text{Beban pijakan}$$
$$= 8.5 \text{ psi x } 144 \text{ in}^2 = 1224 \text{ psf}$$

Untuk beban yang lebih berat, dapat digunakan tipe busa insulasi seperti Dow HI-40, HI-60, atau HI-115, yang masing-masing memiliki kekuatan tekan sebesar 40, 60, dan 100 psi. Namun, jenis busa komersial ini umumnya sulit ditemukan dalam jumlah kecil. Sebagai alternatif yang lebih mudah diakses, Pittsburgh Corning Corporation memproduksi produk bernama FOAMGLAS, yang tersedia secara luas. Terbuat dari kaca murni, FOAMGLAS memiliki kekuatan tekan sebesar 100 psi dan nilai R sebesar R-2.78 per inci. Versi FOAMGLAS dengan kepadatan lebih tinggi juga tersedia, menawarkan kekuatan tekan hingga 175 psi. Produsen merekomendasikan penerapan faktor keamanan sebesar tiga untuk memastikan kinerja struktural yang andal.

Ketebalan Isolasi Dinding Pondasi

Insulasi pondasi eksterior paling efektif untuk perlindungan terhadap embun beku dan suhu pelat. Panas dari bangunan diarahkan ke bawah ke tepi bawah dinding. Bagian XPS di atas permukaan tanah harus dilindungi. Cat akrilik dapat digunakan, atau campuran semen dari 4 bagian Maxcrete dan satu bagian Thoroseal Acryl 60 dapat diratakan dengan sekop. Sebelum melapisi, rekatkan sambungan pada XPS dengan kasa nilon yang dapat menempel sendiri.

Tentu saja, insulasi yang dipasang di bagian dalam tidak memerlukan perlindungan. Jika insulasi interior digunakan, insulasi tersebut harus dipasang di bawah dinding atau pondasi. Seperti yang disebutkan sebelumnya, XPS dengan kekuatan tekan yang memadai harus digunakan di bawah dinding atau pondasi.

Ketinggian pelat di atas permukaan tanah dan indeks beku menentukan ketebalan insulasi dinding pondasi. Tabel 3.3 mencantumkan ketebalan untuk struktur pelat di atas permukaan tanah pada berbagai ketinggian di atas permukaan tanah. Semakin tinggi pelat (lantai) di atas permukaan tanah, semakin tebal insulasinya, untuk memastikan bahwa panas yang cukup tertahan di bawah pondasi.

Tabel 3.3 Ketebalan Insulasi untuk Berbagai Ketinggian Lantai di Atas Permukaan Tanah

Indeks Beku Maksimum	**Ketinggian Lantai Di Atas Tanah, mm**		
h◦C (lihat Gambar 3-25)			
(Ekuivalen Derajat Hari Beku)			
	300 (12 inci) atau kurang	301 sampai 450	451 sampai 600
		(12 inci+)	(18 inci+)
		(18 inci)	(24 inci)
30,000 (2250) atau kurang	40 ($1^5/_8$ inci)	50 (2 inci)	60 ($2^3/_8$ inci)
40,000 (3000)	50 (2 inci)	60 ($2^3/_8$ inci)	70 ($2^3/_4$ inci)
50,000 (3750)	60 ($2^3/_8$ inci)	70 ($2^3/_4$ inci)	80 ($3^1/_8$ inci)
60,000 (4500)	80 ($3^1/_8$ inci)	90 (3 ½ inci)	100 (4 inci)

Isolasi Tanah

Kebutuhan akan isolasi tanah bergantung pada indeks beku maksimum dan kedalaman pondasi. Pada tanah yang rentan terhadap kenaikan suhu beku, atau di iklim yang lebih dingin, isolasi tambahan harus ditempatkan secara horizontal di dasar pondasi di sudut-sudut, tempat kehilangan panas lebih tinggi.

Di iklim yang sangat dingin, isolasi tanah horizontal ditempatkan sepenuhnya di sekeliling perimeter pondasi. Tabel 3.4 mencantumkan kedalaman pondasi minimum dengan isolasi tanah hanya di sudut-sudut dan di luar ruangan yang tidak dipanaskan. Tabel 3.5 mencantumkan ketebalan, lebar, dan panjang isolasi pondasi yang dibutuhkan saat pondasi berada 16 inci di bawah permukaan tanah.

Ringkasan

Dua kategori besar pondasi adalah pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal terdiri dari empat jenis. Pondasi dalam dapat terdiri dari lubang dalam di tanah dengan beton yang dirancang untuk menopang bangunan atau pondasi yang dibuat dengan tiang pancang yang ditancapkan ke tanah untuk menopang struktur.

Pijakan adalah potongan beton atau blok beton yang diisi yang ditempatkan di bawah dinding pondasi. Pondasi kerikil atau batu pecah digunakan dengan pondasi kayu permanen. Pondasi harus dua kali lebih tebal dari dinding yang akan dibangun di atasnya. Sejak tahun 1570, ada publikasi yang membahas tentang desain pondasi.

Kemampuan menahan berbagai jenis tanah diplot dan dimasukkan ke dalam bagan dan tabel. Insinyur dapat merujuknya untuk mendapatkan panduan dalam merencanakan tapak dan fondasi bangunan yang tepat. Berat berbagai material yang digunakan untuk membangun juga telah dipetakan dan dimasukkan ke dalam tabel untuk memudahkan dalam menentukan beban yang dapat ditopang dengan tepat.

Penggunaan tulangan baja pada fondasi perumahan kurang konsisten: semua atau tidak sama sekali. Namun, hanya sedikit fondasi yang runtuh karena kurangnya tulangan baja. Cuaca merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam desain fondasi. Lokasi geografis fondasi sangat penting dalam kaitannya dengan pengaruh cuaca. Perlindungan terhadap embun beku sangat penting.

Garis embun beku di Amerika Serikat didasarkan pada kedalaman embun beku maksimum yang pernah tercatat di lokasi tertentu. Kode BOCA menyatakan bahwa tapak tidak harus memanjang hingga ke garis embun beku jika "terlindungi dari embun beku". Kode tersebut tidak menjelaskan secara rinci apa yang dimaksud dengan “dilindungi dengan cara lain”.

Tabel 3.4 Kedalaman Pondasi Minimum dengan Isolasi Hanya di Sudut

Dinding Fondasi			
Indeks titik beku Maksimum ◦C (Derajat Hari Titik Beku Setara) (Lihat 3-25)	Subtitel Vertikal di Luar Woll	Isolasi ertical pada bagian dalam dinding blok beton berisolasi, ketebalan 250 mm (10 inci)	Isolasi Tanah yang Diperlukan (Polistirena 30 kg/m^3 [1.87 $lblft^3$]) di sudut dan (t x B x L) dalam mm (Lihat Gambar 5.3)
30,000 (2250) atau kurang	0.40 (16 inci)	0.40 (16 inci)	Insulasi tanah tidak diperlukan
35,000 (2625)	0.40 (16 inci)	0.50 (20 inci)	50 x 500 x 1000
40,000 (3000)	0.50 (20 inci)	0.60 (24 inci)	(2 inci x 20 inci x 40 inci)
45,000 (3375)	0.60 (24 inci)	0.70 (28 inci)	(polistirena)
50,000 (3750)	0.70 (28 inci)	0.85 (33 inci)	50 x 500 x 1500
55,000 (4125)	0.85 (33 inci)	1.05 (41 inci)	(2 inci x 20 inci x 60 inci)
60,000 (4500)	1.00 (39 inci)	1.20 (47 inci)	(polistirena)

Kedalaman minimum pondasi, dinyatakan dalam meter, berlaku untuk kondisi di mana insulasi tanah hanya dipasang pada sudut-sudut bangunan dan area luar ruangan yang tidak dipanaskan. Apabila dinding pondasi telah dilengkapi dengan insulasi pada sisi dalam, maka

pemasangan insulasi tanah tambahan di bawah dinding pondasi bersifat opsional.

Drainase merupakan salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan pondasi. Penimbunan kembali merupakan pertimbangan penting dalam beberapa sistem: pondasi, saringan drainase, kedap air/kedap air, dan drainase tanah dasar.

Pondasi kayu permanen telah digunakan sejak awal tahun 1940an. Pada jenis bangunan ini, dimungkinkan untuk menggunakan bagian dinding prefabrikasi untuk dinding ruang bawah tanah.

Frank Lloyd Wright menggunakan pondasi dangkal di rumah Hoult tahun 1935. Isolasi tanah dasar menjaga pelat tetap hangat dan mengurangi kehilangan panas dari rumah ke tanah. Ketinggian di atas tanah, atau tingkat pelat, dan indeks beku menentukan ketebalan isolasi dinding pondasi. Kebutuhan akan isolasi tanah bergantung pada indeks beku maksimum dan kedalaman pondasi.

Tabel 3.5 Ketebalan, Lebar, dan Panjang Isolasi Pondasi yang Diperlukan Saat Pondasi 16 inci di Bawah Tanah

Indeks Pembekuan Maksimum Indeks Pembekuan Maksimum h·°C (Derajat Hari Pembekuan Setara)	**Isolasi Tanah (Polistirena 30 kg/m³ [1,87 lb/ft³])**	
	Di Sudut: Ketebalan, Lebar, dan Panjang (T × B × L) dalam mm	**Sepanjang Dinding: Ketebalan dan Lebar (T × B) dalam mm**
30.000 (2250) atau kurang	Tidak perlu	Tidak perlu
35.000 (2625)	50 × 500 × 1000 (2 inci) (20 inci) (40 inci)	50 × 250 (2 inci) (10 inci)
40.000 (3000)	50 × 750 × 1000 (2 inci) (30 inci) (40 inci)	50 × 250 (2 inci) (10 inci)
45.000 (3375)	50 × 750 × 1500 (2 inci) (30 inci) (60 inci)	50 × 250 (2 inci) (10 inci)
50.000 (3750)	80 × 750 × 1000 ($3^1/_8$ inci) (30 inci) (60 inci)	50 × 500 (2 inci) (20 inci)
55.000 (4125)	80 × 1000 × 1500 ($3^1/_8$ inci) (40 inci) (60 inci)	80 × 500, 50 × 750 ($3^1/_8$ inci) (20 inci) (2 inci) (30 inci)
60.000 (4500)	80 × 1000 × 1500 ($3^1/_8$ inci) (40	80 × 750 ($3^1/_8$ inci) (30 inci)

	inci) (80 inci)	

Isolasi tanah yang diperlukan dengan kedalaman pondasi 0,4 m (16 inci). Jika dinding pondasi memiliki isolasi bagian dalam, isolasi tanah juga harus diletakkan di bawah dinding pondasi.

Latihan Soal

1. Apa tujuan utama pondasi bangunan?
2. Apa saja dua jenis pondasi?
3. Sebutkan tiga dari empat jenis pondasi dangkal.
4. Apa yang dimaksud dengan pondasi telapak?
5. Bagaimana tiang pancang digunakan dalam konstruksi?
6. Sebutkan dua metode untuk menentukan ukuran pondasi telapak?
7. Apa salah satu jenis tanah yang tidak stabil?
8. Apa yang dimaksud dengan pondasi dinding berundak?
9. Apa yang dimaksud dengan perlindungan terhadap embun beku?
10. Apa yang dimaksud dengan pembekuan?
11. Sebutkan lima jenis pelat di atas tanah.
12. Apa yang dimaksud dengan kapiler?
13. Apakah kedap air sama dengan kedap air?
14. Apa yang dimaksud dengan neoprena?
15. Di mana penimbunan kembali digunakan dalam konstruksi?
16. Jelaskan pondasi kayu permanen.
17. Apakah PWF memerlukan pondasi beton?
18. Arsitek terkenal mana yang menggunakan fondasi dangkal di rumahnya?
19. Apa yang dimaksud dengan istilah hari derajat beku?
20. Bagaimana pemanasan ruang bawah tanah di musim dingin dapat meningkatkan masa pakainya?

BAB 4
FINISHING DAN PERAWATAN BETON

Saat bekerja dengan beton, metode dan teknik tertentu harus digunakan untuk memastikan produk akhir terbaik. Bab ini membahas hal-hal berikut:

- Pemasangan beton
- Pemadatan dan jitterbugging
- Finishing (termasuk pengapungan, penyekopan, penyapuan, pembuatan alur, dan tepian)
- Perawatan (termasuk waktu perawatan dan metode perawatan)

4.1 PEMASANGAN BETON

Pemasangan beton adalah mencoret atau meratakan pelat beton setelah dituang. Umumnya, semua bahan kering yang digunakan untuk membuat beton berkualitas lebih berat daripada air. Jadi, segera setelah penempatan, bahan-bahan ini akan cenderung mengendap di dasar dan memaksa kelebihan air ke permukaan. Reaksi ini umumnya disebut bleeding. Bleeding ini biasanya terjadi pada beton yang tidak mengandung udara. Sangat penting bahwa operasi pertama penempatan, pemasangan beton, dan darbying dilakukan sebelum bleeding terjadi. Beton tidak boleh dibiarkan berada di gerobak dorong, kereta dorong, atau ember lebih lama dari yang diperlukan.

Beton harus segera dituang dan disebar secepat mungkin, kemudian diratakan dengan tanah yang sesuai, kemudian segera diratakan, diikuti dengan pemadatan. Dua operasi terakhir ini harus dilakukan sebelum air bebas dibuang ke permukaan. Beton tidak boleh disebar di area yang luas sebelum dipadatkan dan area yang luas tidak boleh dipadatkan dan dibiarkan sebelum dipadatkan. Jika operasi apa pun dilakukan di permukaan saat air buangan masih ada, dapat terjadi pengelupasan, debu, atau keretakan yang serius. Hal ini tidak dapat diabaikan dan merupakan aturan dasar untuk penyelesaian permukaan beton yang berhasil.

Permukaan dipadatkan atau dipaku dengan menggerakkan penggaris maju mundur dengan gerakan seperti gergaji di bagian atas bekisting atau papan beton. Sejumlah kecil beton harus selalu diletakkan di depan penggaris untuk mengisi semua tempat yang rendah dan mempertahankan permukaan yang datar. Untuk sebagian besar pekerjaan pelat, pemasangan screed biasanya merupakan pekerjaan dua orang karena ukuran pelat.

4.2 PEMADATAN ATAU JITTERBUGGING

Pemadatan tangan atau jitterbug digunakan untuk memaksa partikel besar agregat kasar sedikit di bawah permukaan agar tukang semen dapat melewati darby di atas permukaan tanpa menggeser agregat besar apa pun. Setelah beton dipukul atau ditusuk (dan, dalam beberapa kasus, dipadatkan), beton dihaluskan dengan darby untuk meratakan titik-titik yang menonjol dan mengisi cekungan. Pelampung bergagang panjang dari kayu atau logam (disebut

pelampung bull) terkadang digunakan sebagai pengganti darby untuk menghaluskan dan meratakan permukaan.

Pemadatan tangan harus digunakan dengan hemat dan, dalam banyak kasus, tidak sama sekali. Jika digunakan, sebaiknya hanya digunakan pada beton yang memiliki kemerosotan rendah (1 inci atau kurang) untuk memadatkan beton menjadi massa yang padat. Jitterbug terkadang digunakan pada konstruksi lantai industri karena beton untuk jenis pekerjaan ini biasanya memiliki kemerosotan yang sangat rendah, dengan campuran yang cukup kaku dan mungkin sulit untuk dikerjakan.

4.3 PENYELESAIAN

Ketika air rembesan dan kilau air telah meninggalkan permukaan beton, penyelesaian dapat dimulai. Penyelesaian dapat dilakukan dalam satu atau beberapa bentuk, tergantung pada jenis permukaan yang diinginkan.

Proses penyelesaian tidak boleh dilakukan secara berlebihan, atau air di bawah permukaan akan naik ke atas. Ketika ini terjadi, lapisan tipis semen juga akan terangkat dan kemudian, setelah mengeras, lapisan tipis tersebut akan menjadi kerak yang akan terkelupas karena pemakaian. Penyelesaian dapat dilakukan dengan tangan atau dengan sekop atau pelampung bertenaga listrik yang berputar. Ukuran pekerjaan menentukan pilihan, berdasarkan pada ekonomi.

Jenis alat yang digunakan untuk penyelesaian memengaruhi kehalusan beton. Pelampung kayu memberikan permukaan yang sedikit kasar pada beton. Sekop atau pelampung baja (atau logam lainnya) menghasilkan hasil akhir yang halus. Permukaan yang sangat kasar diberikan pada beton dengan menyapukan sapu berbulu kaku di atasnya.

Mengapung

Sebagian besar trotoar dan jalan masuk diberi permukaan yang sedikit kasar dengan penyelesaian menggunakan pelampung. Pelampung dapat berupa alat kecil yang dapat digenggam (Gambar 4.1), yang dikerjakan sambil berlutut di atas papan (Gambar 4.2), atau dapat juga menggunakan pegangan panjang untuk bekerja dari tepi. Gambar 4.3 memperlihatkan seorang pekerja menggunakan pelampung bergagang panjang, dan Gambar 4.4 memperlihatkan detail konstruksi untuk membuat pelampung.

Saat bekerja dari papan yang berlutut, beton harus cukup kaku untuk menopang papan dan berat pekerja tanpa mengalami deformasi. Ini akan terjadi dalam waktu dua hingga lima jam sejak air permukaan meninggalkan beton, tergantung pada jenis beton, campuran apa pun yang disertakan, ditambah kondisi cuaca. Pengalaman dan pengujian kondisi beton menentukan hal ini.

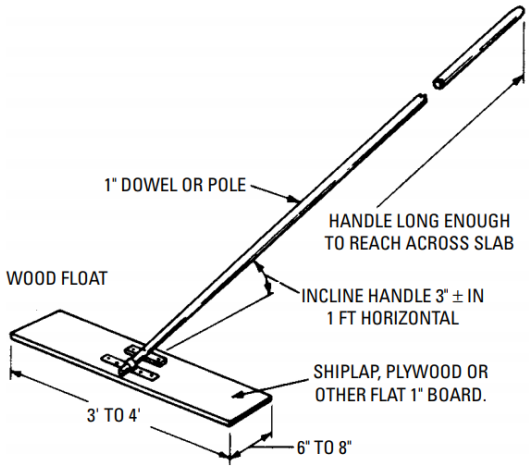
Pengapungan memiliki keuntungan lain. Pengapungan juga menanamkan agregat besar di bawah permukaan, menghilangkan ketidaksempurnaan kecil seperti benjolan dan rongga, dan mengkonsolidasikan mortar di permukaan sebagai persiapan untuk hasil akhir yang lebih halus, jika diinginkan. Pengapungan dapat dilakukan sebelum atau setelah pembuatan tepi dan alur. Jika garis yang ditinggalkan oleh pembuat tepi dan alur akan dihilangkan, pengapungan harus dilakukan setelah operasi pembuatan tepi dan alur. Jika garis akan dibiarkan untuk

tujuan dekoratif, pembuatan tepi dan alur akan dilakukan setelah pengapungan.

Gambar 4.1 Pelampung kayu biasa.

Gambar 4.2 Menggunakan pelampung kayu tangan dari tepi lempengan. Sering kali pekerja akan mengerjakan lempengan di atas papan berlutut.

Gambar 4.3 Pelampung bergagang panjang.



Gambar 4.4 Detail konstruksi untuk membuat pelampung bergagang panjang.

Troweling

Troweling adalah tindakan yang, saat digunakan, mengikuti pengapungan. Tujuan troweling adalah untuk menghasilkan permukaan yang halus dan keras. Untuk troweling pertama (baik dengan tenaga atau dengan tangan), bilah trowel harus dijaga agar tetap datar terhadap permukaan. Jika bilah trowel dimiringkan atau dimiringkan pada sudut yang terlalu besar, permukaan akan menjadi kasar atau bergerigi. Untuk troweling pertama, trowel baru tidak direkomendasikan.

Trowel lama yang sudah rusak dapat dikerjakan dengan cukup datar tanpa tepinya menancap ke dalam beton. Kehalusan permukaan dapat ditingkatkan dengan troweling tambahan yang tepat waktu. Harus ada selang waktu antara troweling berikutnya untuk memungkinkan beton meningkatkan pengerasannya. Saat permukaan mengeras, setiap

troweling berikutnya harus dilakukan dengan trowel berukuran lebih kecil agar tukang semen dapat menggunakan tekanan yang cukup untuk penyelesaian yang tepat.

Menyapu

Untuk permukaan bertekstur kasar (terutama di jalan masuk), sapuan memberikan garis-garis yang tergores halus untuk cengkeraman ban mobil yang lebih baik. Garis sapuan harus selalu tegak lurus dengan arah perjalanan.

Untuk goresan yang parah, gunakan sikat kawat atau sapu dorong berbulu kaku. Operasi ini dilakukan setelah mengapung. Untuk tekstur yang lebih halus (seperti yang mungkin digunakan di lantai pabrik), gunakan sapu berbulu lebih halus. Operasi ini paling baik dilakukan setelah meratakan dengan sekop hingga halus.

Sapuan harus dilakukan dalam garis lurus (Gambar 4.5), jangan pernah dalam gerakan memutar. Tarik sapu ke arah Anda, satu sapuan pada satu waktu, dengan sedikit tumpang tindih di tepi setiap sapuan.

Gambar 4.5 Sapu berbulu kaku membuat garis paralel pada beton untuk pegangan yang lebih baik.

Pembuatan Alur dan Tepi

Di iklim dingin mana pun, ada sejumlah pembekuan dan pencairan tanah lembap di bawah beton. Saat air membeku, ia mengembang. Hal ini menyebabkan tanah di bawah beton terangkat, dan pengangkatan ini dapat menyebabkan retak beton di tempat-tempat acak. Terkadang dasar tanah akan mengendap karena tidak semua kantong udara dipadatkan, atau karena pipa air yang bocor di bawah tanah menghanyutkan sebagiannya. Akar pohon di dekatnya di bawah bagian tanah tersebut dapat menyebabkannya terangkat saat akar tumbuh. Karena semua alasan ini, beton dapat mengalami tekanan yang dapat menyebabkan keretakan acak, bahkan bertahun-tahun kemudian.

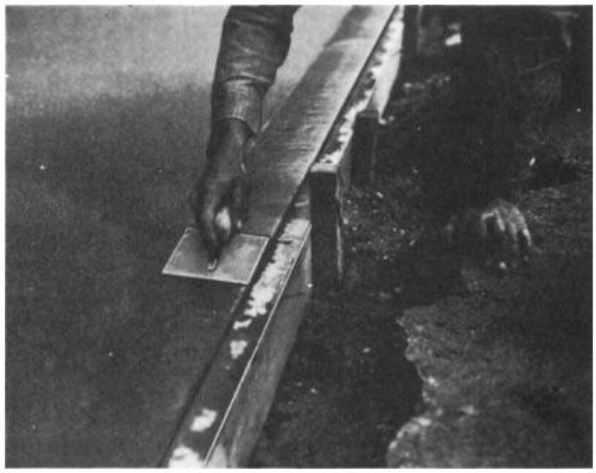
Untuk menghindari keretakan acak yang disebabkan oleh pengangkatan, alur dipotong ke dalam beton secara berkala. Alur ini akan menjadi bagian terlemah dari beton, dan keretakan apa pun akan terjadi di alur tersebut. Karena dalam banyak kasus, pengangkatan atau pengendapan tidak dapat dihindari, lebih baik retakan terjadi di tempat yang paling tidak mencolok.

Gunakan alat pembuat alur di sepanjang jalan setapak, gunakan papan sebagai panduan untuk menjaga garis tetap lurus, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6. Alur sedalam sekitar 1 inci akan dipotong, dan pada saat yang sama, tepi sempit beton yang

dihaluskan akan dibuat oleh bagian datar alat pembuat alur.

Dengan menggunakan alat pembuat tepi, tepi yang membulat harus dipotong di sepanjang semua tepi beton tempat bertemunya dengan bekisting. Menjalankan alat pembuat tepi di sepanjang tepi beton, di antara beton dan bekisting, akan membuat tepi beton sedikit membulat, yang membantu mencegah tepi retak dan juga menghasilkan batas permukaan yang halus (Gambar 4.7).

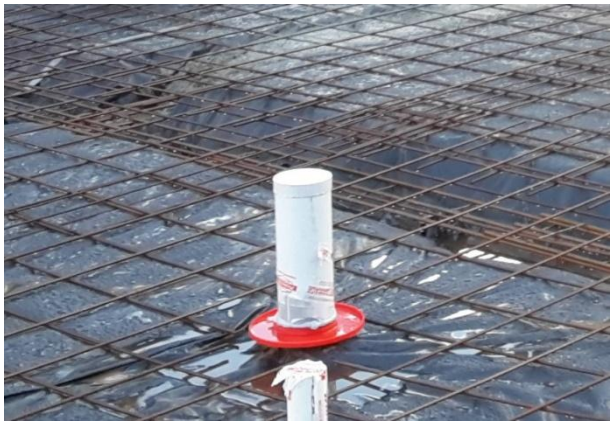
Gambar 4.6 Pemotongan alur pada jalan setapak. Jika terjadi keretakan, retakan akan terjadi pada alur, yang tidak terlalu terlihat.



Gambar 4.7 Edger digunakan untuk membulatkan tepi jalan masuk.

Pada Gambar 4.8, tukang batu sedang memberikan sentuhan akhir pada trotoar beton. Seorang pekerja menggunakan alat pembuat tepi, sementara dua pekerja sedang meratakan permukaan. Pada Gambar 4.9, pelat lantai untuk rumah baru saja selesai. Teksturnya kasar karena lantainya akan ditutupi karpet saat rumah sudah berdiri dan siap untuk ditempati. Saluran air dan saluran pembuangan air diletakkan di tempatnya sebelum beton dituang.

Gambar 4.8 Meletakkan lapisan akhir pada trotoar beton.



Gambar 4.9 Pelat rumah yang sudah jadi dalam tahap pembangunan. Pipa air dan saluran pembuangan dipasang sebelum beton dituang.

4.4 FINISHING BETON YANG DICAMPUR UDARA

Pencampuran udara memberikan konsistensi yang agak berbeda pada beton yang memerlukan sedikit perubahan dalam operasi finishing dari yang digunakan pada beton yang tidak dicampur udara.

Beton yang dicampur udara mengandung gelembung udara mikroskopis yang cenderung menahan semua bahan dalam beton (termasuk air) dalam suspensi. Jenis beton ini membutuhkan lebih sedikit air untuk pencampuran daripada beton yang tidak dicampur udara dan tetap memiliki kemampuan kerja yang baik dengan kemerosotan yang sama. Karena airnya lebih sedikit, dan beton tertahan dalam suspensi, sedikit atau tidak terjadi pendarahan. Inilah alasan untuk prosedur finishing yang sedikit berbeda.

Tanpa pendarahan, tidak ada penantian untuk penguapan air bebas dari permukaan sebelum memulai operasi pengapungan dan pengerasan. Ini berarti pengapungan dan pengerasan umum harus dimulai lebih awal sebelum permukaan menjadi terlalu kering atau lengket. Jika pengapungan dilakukan dengan tangan, penggunaan pelampung aluminium atau magnesium sangat penting.

Pelampung kayu menyeret dan sangat meningkatkan jumlah pekerjaan yang diperlukan untuk mencapai hasil yang sama. Jika pengapungan dilakukan dengan tenaga, praktis tidak ada

perbedaan antara prosedur penyelesaian untuk beton yang mengandung udara dan yang tidak mengandung udara, kecuali bahwa pengapungan dapat dimulai lebih awal pada beton yang mengandung udara.

Hampir semua cacat dan kegagalan permukaan horizontal disebabkan oleh operasi penyelesaian yang dilakukan saat air rembesan atau kelebihan air permukaan masih ada. Oleh karena itu, hasil yang lebih baik umumnya dicapai dengan beton yang mengandung udara.

4.5 PENGERASAN

Dua faktor penting memengaruhi kekuatan beton pada akhirnya: Rasio air/semen harus dijaga konstan. Hal ini telah dibahas secara terperinci dalam bab-bab sebelumnya.

Pengerasan yang tepat penting untuk kekuatan akhir. Beton yang diawetkan secara tidak tepat dapat memiliki kekuatan akhir hanya 50 persen dari beton yang diawetkan sepenuhnya.

Hidrasi yang terjadi antara air dan semen menghasilkan beton yang kuat. Jika hidrasi dihentikan karena penguapan air, beton menjadi berpori dan tidak pernah mengembangkan kekuatan tekan yang mampu dihasilkannya.

Berikut ini terkait berbagai metode dan waktu pengawetan dibandingkan dengan kekuatan beton 28 hari saat diawetkan secara basah terus-menerus pada suhu 70°F:

- Beton yang diawetkan dengan air secara menyeluruh akan memiliki kekuatan akhir lebih dari 130 persen dari kekuatan 28 harinya.
- Beton yang diawetkan dengan air selama 7 hari, dan dibiarkan kering di udara selama sisa waktu, akan memiliki sekitar 90 persen dari kekuatan 28 hari dan hanya sekitar 75 persen dari kekuatan akhirnya.
- Beton yang diawetkan dengan air hanya selama 3 hari akan memiliki sekitar 80 persen dari kekuatan 28 hari dan tetap seperti itu sepanjang masa pakainya.
- Beton yang tidak diberi perlindungan terhadap penguapan akan memiliki sekitar 52 persen dari kekuatan 28 hari dan tetap seperti itu.

Oleh karena itu, pengawetan berarti menerapkan beberapa cara untuk mencegah penguapan air dari beton. Ini dapat berupa penambahan air, penerapan penutup untuk mencegah penguapan, atau keduanya.

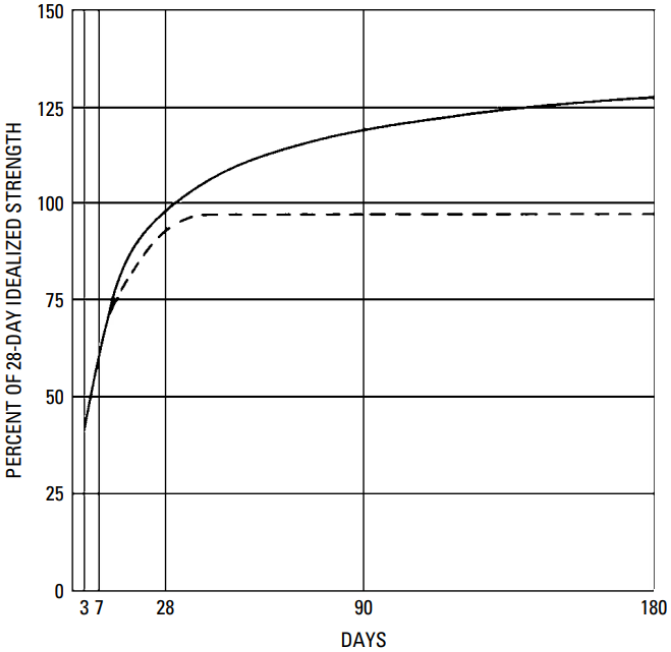
Waktu Pengeringan

Hidrasi dalam beton mulai terjadi segera setelah air dan semen dicampur. Awalnya berlangsung cepat, kemudian berkurang seiring berjalannya waktu. Secara teori, jika tidak ada air yang menguap, hidrasi berlangsung terus-menerus. Namun, dalam praktiknya, semua air hilang melalui penguapan, dan setelah sekitar 28 hari, hidrasi hampir berhenti, meskipun beberapa berlanjut selama sekitar satu tahun.

Sebenarnya, waktu pengeringan tergantung pada aplikasi, suhu, dan kondisi kelembapan. Campuran ramping dan struktur masif besar, seperti bendungan, mungkin memerlukan periode pengeringan selama satu bulan atau lebih. Untuk pelat yang diletakkan di tanah, dengan suhu sekitar 70°F dan kondisi lembab dengan sedikit angin, pengeringan efektif dapat dilakukan hanya dalam waktu 3 hari. Dalam sebagian besar aplikasi, pengeringan

dilakukan selama 5 hingga 7 hari.

Gambar 4.10 menunjukkan kekuatan relatif beton antara waktu pengeringan ideal dan waktu praktis. Garis utuh adalah kekuatan relatif beton yang dijaga dari penguapan. Perhatikan bagaimana kekuatannya terus meningkat tetapi pada tingkat yang agak lambat seiring bertambahnya waktu. Garis putus-putus adalah kekuatan relatif beton yang telah diawetkan selama 7 hari dan kemudian dibiarkan terkena udara bebas setelah itu. Kekuatan terus terbentuk hingga sekitar 28 hari dan kemudian mendatar ke nilai konstan setelah itu. Metode pengawetan harus segera diterapkan pada beton dalam cetakan dan segera setelah penyelesaian pelat datar.



Gambar 4.10 Kekuatan beton relatif versus metode pengawetan.

Metode Pengawetan

Pada permukaan datar (seperti trotoar, jalan setapak, dan lantai), beton dapat diawetkan dengan cara penggenangan. Tanggul tanah atau pasir di sekeliling permukaan beton menahan genangan air di dalam area tertutup. Meskipun penggenangan merupakan metode yang efisien untuk mencegah hilangnya kelembapan dari beton, metode ini juga efektif untuk menjaga suhu yang seragam dalam beton. Karena penggenangan umumnya memerlukan banyak tenaga kerja dan pengawasan, metode ini sering kali tidak praktis kecuali untuk pekerjaan kecil. Penggenangan tidak diinginkan jika beton segar akan terkena pembekuan dini.

Penyiraman air terus-menerus merupakan metode pengawetan yang sangat baik. Jika penyiraman dilakukan secara berkala, harus diperhatikan untuk mencegah beton mengering di antara pengaplikasian air. Semprotan air halus yang diaplikasikan terus-menerus melalui sistem nosel menyediakan pasokan kelembapan yang konstan. Ini mencegah kemungkinan retak atau retak yang disebabkan oleh siklus pembasahan dan pengeringan yang bergantian. Kerugian dari penyiraman mungkin adalah biayanya. Metode ini memerlukan pasokan air yang cukup dan pengawasan yang cermat.

Penutup basah seperti goni, tikar katun, atau kain penahan kelembapan lainnya banyak digunakan untuk proses pengeringan. Goni yang diolah yang memantulkan cahaya dan tahan terhadap pembusukan dan kebakaran tersedia.

Bekisting yang dibiarkan di tempat memberikan perlindungan yang memuaskan terhadap hilangnya kelembapan jika permukaan beton yang terbuka di bagian atas tetap basah. Selang peresapan tanah merupakan cara yang sangat baik untuk menjaga beton tetap basah. Bekisting harus dibiarkan di atas beton selama mungkin.

Gambar 4.11 Lembaran plastik merupakan penutup yang populer untuk perawatan pelat beton.

Gambar 4.12 Pelat beton dengan senyawa pengawet disemprotkan pada permukaannya.

Tabel 4.1 Metode Pengeringan

Metode	Keuntungan	Kekurangan
Penyiraman dengan air atau penutup goni basah	Hasil sangat baik jika terus-menerus dijaga tetap basah	Kemungkinan mengering di antara waktu penyiraman. Sulit diterapkan pada dinding vertikal.
Jerami	Isolator di musim	Dapat mengering, terbawa angin, atau

	dingin	terbakar.
Senyawa pengawet	Mudah diaplikasikan. Murah.	Memerlukan alat semprot. Penutupan yang tidak merata menyebabkan pengeringan. Film dapat rusak sebelum pengerasan selesai. Jika tidak berpigmen, bisa menyebabkan beton menjadi terlalu panas.
Tanah lembap	Murah, tetapi kotor	Meninggalkan noda pada beton. Bisa mengering. Sulit untuk dibersihkan.
Kertas tahan air	Perlindungan sangat baik, mencegah pengeringan	Biaya tinggi bisa berlebihan. Harus disimpan dalam gulungan. Masalah penyimpanan dan penanganan.
Plastik film	Benar-benar tahan air, perlindungan sangat baik. Ringan dan mudah ditangani.	Harus di pigmentasi untuk perlindungan panas. Memerlukan perhatian khusus dan mudah robek. Harus diberi pemberat agar tidak terbawa angin.

Bekisting kayu yang dibiarkan di tempat harus tetap lembap dengan cara ditaburkan, terutama selama cuaca panas dan kering. Kecuali jika bekisting kayu tetap lembap, bekisting tersebut harus segera disingkirkan dan metode pengeringan lainnya segera dimulai.

Penggunaan lembaran plastik atau kertas kedap air di atas pelat beton merupakan salah satu metode pengeringan yang paling populer. Untuk melakukannya, taburkan selapis air di atas pelat dan letakkan lembaran di atasnya. Tempelkan tepi lembaran ke bekisting tepi atau screed untuk mencegah air menguap. Jika lembaran tidak cukup lebar untuk menutupi seluruh area dengan satu lembar, gunakan tumpang tindih 12 inci di antara lembaran. Gunakan plastik berpigmen putih untuk memantulkan sinar lintasan, kecuali pada cuaca dingin saat Anda ingin mempertahankan suhu hangat pada beton. Kertas tahan air tersedia untuk aplikasi yang sama. Biarkan lembaran tetap di tempatnya selama seluruh periode pengeringan. Gambar 4.11 memperlihatkan lembaran plastik yang diletakkan di lintasan yang baru selesai.

Penggunaan senyawa pengeras cair yang dapat disemprotkan pada beton semakin populer. Senyawa ini disemprotkan dengan semprotan tangan atau semprotan listrik. Senyawa ini membentuk lapisan kedap air pada beton yang mencegah penguapan. Kerugiannya adalah lapisan tersebut dapat pecah jika beton menahan beban manusia atau kendaraan sebelum periode pengerasan selesai.

Keuntungannya adalah senyawa ini dapat disemprotkan pada bagian vertikal beton cor di tempat setelah bekisting dilepas. Gambar 4.12 menunjukkan pelat setelah mengaplikasikan senyawa pengeras. Penampakan hitam adalah warna senyawa pengeras yang disemprotkan di atas beton. Senyawa berpigmen putih lebih baik jika beton terkena terik matahari. Tabel 4.1 mencantumkan berbagai metode pengerasan beserta kelebihan dan kekurangannya.

Ringkasan

Penataan beton bertujuan untuk meratakan atau meratakan pelat setelah dituang. Jika

ada operasi yang dilakukan pada permukaan saat air rembesan masih ada, dapat terjadi pengelupasan, debu, atau retakan yang serius. Pemadatan, pengapungan, penyekopan, dan penyapuan merupakan bagian dari proses penyelesaian beton.

Penambahan udara memberikan konsistensi yang agak berbeda pada beton yang memerlukan sedikit perubahan dalam operasi penyelesaian dari yang digunakan pada beton tanpa penambahan udara.

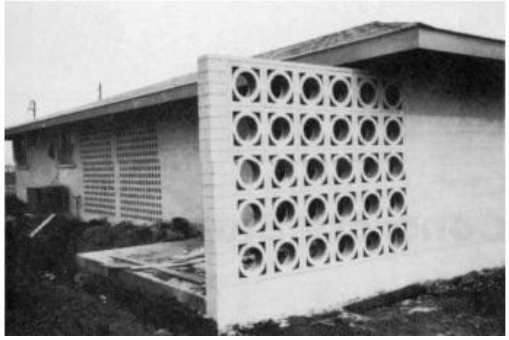
Dua faktor penting memengaruhi kekuatan beton pada akhirnya. Rasio air/semen harus dijaga konstan, dan pengerasan yang tepat penting untuk kekuatan akhirnya. Hidrasi pada beton mulai terjadi segera setelah air dan semen dicampur. Awalnya cepat dan kemudian berkurang seiring berjalannya waktu. Pengeringan tergantung pada aplikasi, suhu, dan kondisi kelembapan. Penyiraman air secara terus-menerus merupakan metode pengeringan yang sangat baik. Lembaran plastik merupakan penutup yang populer untuk pengeringan beton.

Latihan Soal

1. Apa yang dimaksud dengan screeding?
2. Apa yang menyebabkan kebocoran pada pekerjaan beton?
3. Mengapa harus ada jeda waktu antara pengecoran beton?
4. Mengapa brooming digunakan dalam penyelesaian beton?
5. Apa perbedaan antara penyelesaian beton dengan penambahan udara dan tanpa penambahan udara?
6. Apa tujuan dari pembuatan alur pada beton?
7. Sebutkan dua faktor yang penting dalam kekuatan beton pada akhirnya.
8. Mengapa Anda harus terus-menerus menyemprotkan air pada beton yang sudah mengeras?
9. Sebutkan setidaknya empat metode pengawetan beton.
10. Mengapa senyawa pengawet putih harus disemprotkan pada beton yang sudah mengeras selama bulan-bulan musim panas?

BAB 5
BALOK BETON

Banyak orang menganggap balok beton sebagai balok abu-abu yang tidak menarik yang digunakan untuk fondasi dan dinding gudang. Namun, hal ini tidak berlaku saat ini. Balok beton modern tersedia dalam berbagai bentuk dan warna. Balok ini digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk dinding partisi (Gambar 5.1).



(A) Menggunakan blok kisi-kisi di dinding partisi.

(B) Menggunakan blok standar dan sambungan rake pada dinding partisi.

Gambar 5.1 Contoh blok beton yang digunakan dalam konstruksi rumah.

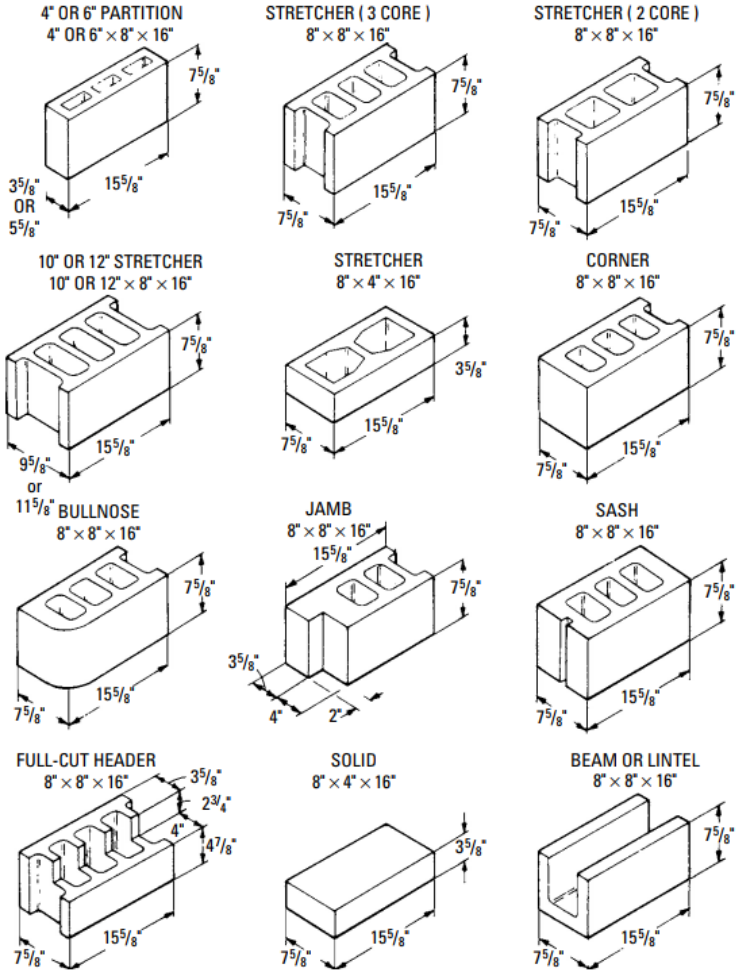
5.1 UKURAN BALOK

Balok beton tersedia dalam berbagai ukuran dan bentuk. Gambar 5.2 menunjukkan beberapa ukuran yang umum digunakan. Semuanya berukuran berdasarkan kelipatan 4 inci. Dimensi pecahan yang ditunjukkan memperhitungkan mortar (Gambar 5.3). Beberapa balok beton adalah beton cor yang terbuat dari semen, pasir, dan agregat standar. Balok berukuran 8 inci x 8 inci x 16 inci beratnya sekitar 40 hingga 50 pon. Beberapa menggunakan agregat alami yang lebih ringan, seperti abu vulkanik atau batu apung. Beberapa adalah agregat buatan (seperti terak, tanah liat, atau serpih).

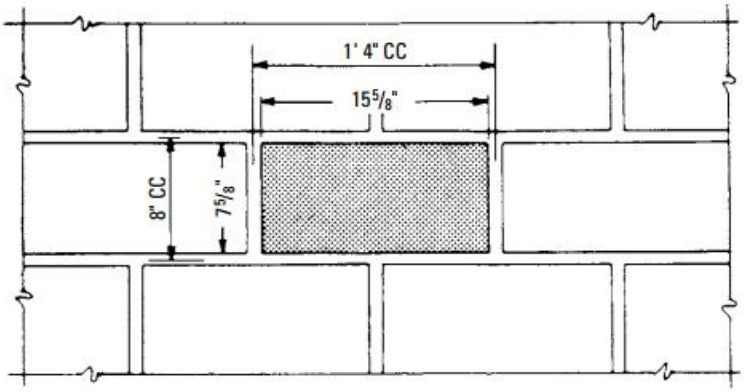
Balok ini beratnya 25 hingga 35 pon. Selain tipe berongga yang ditunjukkan, blok beton tersedia dalam bentuk padat. Di beberapa daerah, blok beton tersedia dalam ukuran selain yang ditunjukkan. Banyak tipe yang sama memiliki tinggi setengahnya, biasanya 4 inci, meskipun sebenarnya $3^5/_8$ inci untuk mengakomodasi mortar. Tandu berukuran 8 inci, 8 inci, 16 inci (ilustrasi tengah atas Gambar 5.2) paling sering digunakan. Ini adalah blok utama dalam membangun dinding halaman atau dinding bangunan. Blok sudut atau bull-nose dengan ujung datar digunakan di sudut dinding. Yang lain memiliki penahan khusus untuk kusen jendela, ambang pintu, dan kusen pintu.

Kekuatan tekan merupakan fungsi dari ketebalan permukaan. Ketebalan permukaan blok beton bervariasi, tergantung pada apakah blok tersebut akan digunakan untuk dinding yang tidak menahan beban (seperti dinding halaman) atau dinding yang menahan beban

(seperti untuk bangunan).



Gambar 5.2 Ukuran dan bentuk standar balok beton.



Gambar 5.3 Ukuran blok untuk memungkinkan sambungan mortar**.**

5.2 BLOK DEKORATIF

Selain bentuk persegi panjang standar, blok pasangan bata beton dibuat dengan desain yang tidak biasa dan dengan warna serta lapisan khusus yang dicetak untuk menjadikannya desain arsitektur yang sesuai untuk konstruksi dalam dan luar ruangan. Beberapa blok

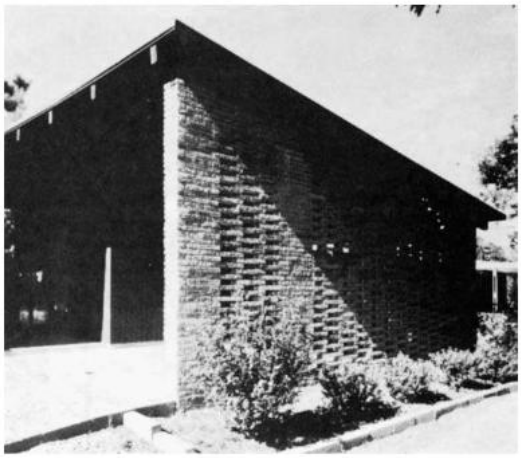
dekoratif dijelaskan dan diilustrasikan di bagian berikut.

Blok Terbelah

Menyerupai batu alam, blok terbelah dibuat dari potongan standar setebal 8 inci yang dibelah oleh prosesor menjadi blok menghadap setebal 4 inci.

Sisi kasarnya menghadap ke luar. Balok beton biasanya berwarna abu-abu, tetapi beberapa memiliki warna merah, kuning, krem, atau cokelat yang dibuat sebagai bagian integral dari beton cor.

Blok beton sangat cantik sebagai pagar rendah. Dengan meletakkannya dalam bentuk kisi-kisi, ia membuat carport yang cantik, menahan cuaca tetapi memungkinkan udara dan cahaya masuk (Gambar 5.4).



Gambar 5.4 Blok yang dibelah dan disusun dalam pola kisi-kisi akan memberikan sentuhan yang bagus.

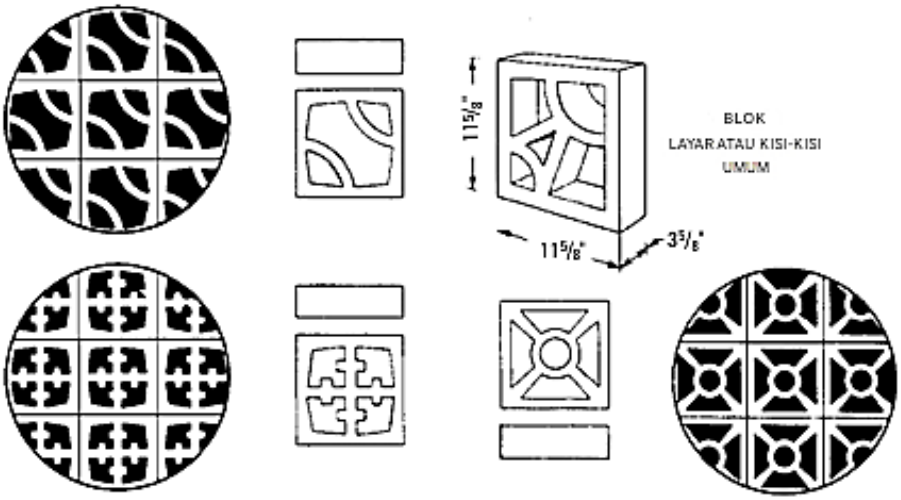
Blok Slump

Bila prosesor menggunakan campuran yang sedikit melorot saat blok dikeluarkan dari cetakan, tampilannya akan tidak beraturan seperti cetakan tangan kuno. Blok slump sangat menyerupai adobe atau batu lapuk, dan juga tersedia dengan warna yang menyatu dan sangat cocok untuk rumah bergaya ranch, perapian, dan dinding taman (Gambar 5.5).

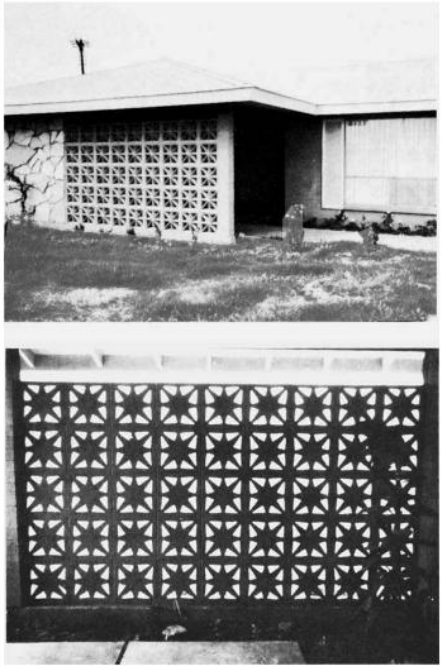
Gambar 5.5 Dinding dari blok bangunan menambah pesona pedesaan dan sangat cocok untuk rumah tipe peternakan.

Balok Kisi-kisi

Beberapa balok beton baru yang paling menarik adalah balok kisi-kisi, yang tersedia dalam berbagai macam pola, beberapa di antaranya ditunjukkan pada Gambar 5.6. Selain keindahannya, balok kisi-kisi memberikan perlindungan praktis pada dinding beton, namun tetap memungkinkan sinar matahari dan cahaya masuk (Gambar 5.7). Balok ini sangat berguna untuk meredam efek angin kencang tanpa menghalangi semua sirkulasi udara untuk ventilasi. Balok ini biasanya setebal 4 hingga 6 inci dan memiliki permukaan berukuran 12 hingga 16 inci persegi.



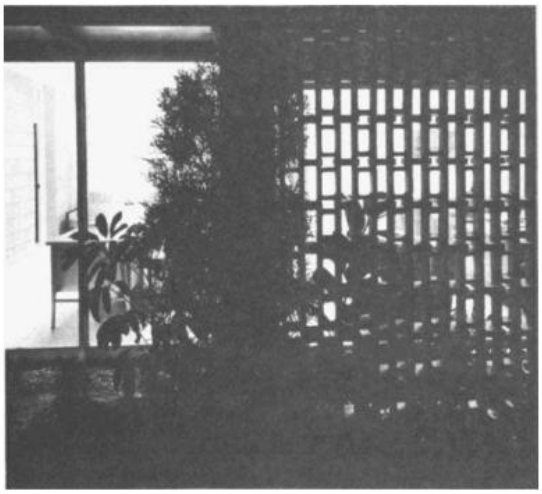
Gambar 5.6 Contoh blok kisi-kisi. Pola aktual yang tersedia bervariasi tergantung pada prosesor di berbagai daerah.



Gambar 5.7 Tampilan luar dan dalam dinding blok kisi-kisi.

Blok Layar

Mirip dengan balok kisi-kisi, namun lebih ringan dan lebih terbuka, balok layar semakin banyak digunakan sebagai penutup untuk area jendela besar. Dengan cara ini, keindahan dan sedikit kontrol suhu ditambahkan. Balok ini melindungi kaca jendela besar dari hembusan angin musim dingin yang dingin dan terik matahari musim panas, namun tetap memberikan privasi dan keindahan pada rumah. Tersedia desain khusus, atau dapat dibuat dengan meletakkan balok standar inti tunggal di sisinya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hamparan kaca yang luas di rumah dapat diberi privasi tanpa menghalangi semua cahaya.

Blok Berpola

Blok padat juga dapat diperoleh dengan pola artistik yang dibentuk untuk menghasilkan efek yang tidak biasa baik di dalam maupun di luar ruangan. Beberapa blok memiliki nama dagang Shadowal dan Hi-Lite. Blok pertama memiliki bagian diagonal yang cekung, dan blok kedua memiliki setengah piramida yang ditinggikan. Keduanya dapat ditempatkan untuk membentuk pola dengan keindahan yang luar biasa.

Finishing Khusus

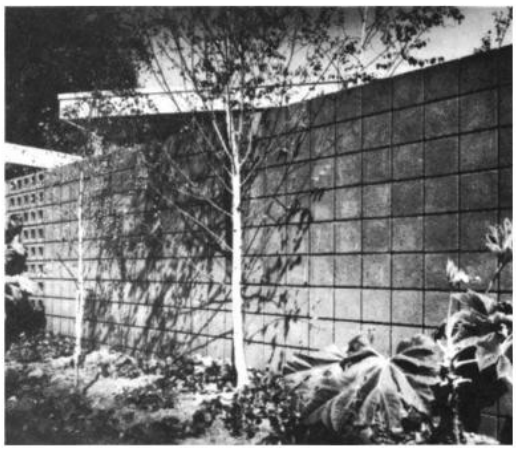
Blok beton diproduksi oleh beberapa produsen dengan permukaan yang direkatkan secara khusus untuk memberikan finishing khusus. Beberapa dibuat dengan pengikat resin termoset dan pasir silika kaca, yang menghasilkan blok dengan permukaan halus. Finishing marbel diproduksi oleh produsen lain glasir kaca oleh produsen lain lagi. Beberapa blok dapat diperoleh dengan tekstur seperti kulit kayu yang bergaris-garis. Blok dengan agregat khusus dapat ditemukan beberapa digiling halus untuk efek teraso.

5.3 BLOK BETON STANDAR

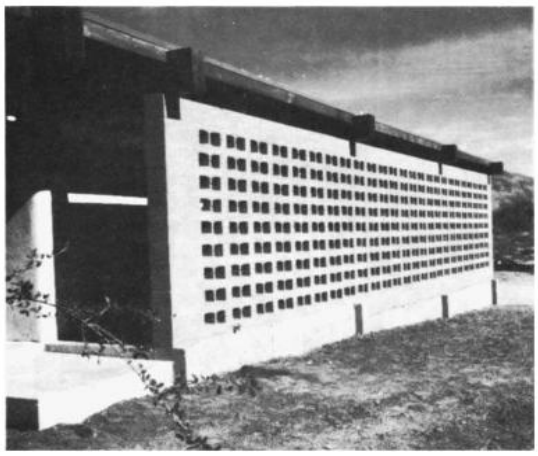
Blok beton standar dengan inti berongga dapat menghasilkan dinding yang indah, tergantung pada cara pemasangannya dan ukuran yang dipilih. Gambar 5.9 menunjukkan dinding tinggi yang kokoh dari blok standar yang memberikan privasi maksimal. Beberapa diletakkan dengan inti berongga untuk sirkulasi udara. Gambar 5.10 adalah blok standar

dengan sebagian besar blok diletakkan menyamping untuk memperlihatkan inti. Gambar 5.11 menunjukkan blok beton inti tunggal dan bertepi tipis yang digunakan untuk menopang permukaan tanah yang miring. Ini mencegah limpasan tanah dan menambahkan sentuhan keindahan yang tidak biasa.

Pada Gambar 5.12, blok beton pracetak berukuran standar diletakkan seperti batu bata untuk digunakan sebagai lantai teras. Ratakan tanah dan buat lereng yang landai untuk memungkinkan limpasan air hujan. Letakkan lapisan pasir sekitar 2 inci, dan letakkan blok dalam pola silang dua blok. Sisakan ruang tipis di antara blok dan sapukan pasir ke dalam ruang setelah blok diturunkan. Gambar 5.13 menunjukkan jalan setapak yang terbuat dari blok beton pracetak berukuran ekstra besar. Ini tidak standar, tetapi tersedia.

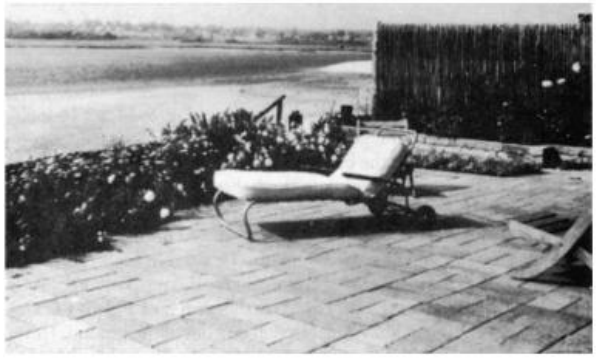


Gambar 5.9 Dinding taman yang menarik dengan pola simetris.



Gambar 5.10 Blok inti ganda standar diletakkan dengan inti terbuka untuk ventilasi.

Gambar 5.11 Blok sudut berinti tunggal yang digunakan di lereng taman.



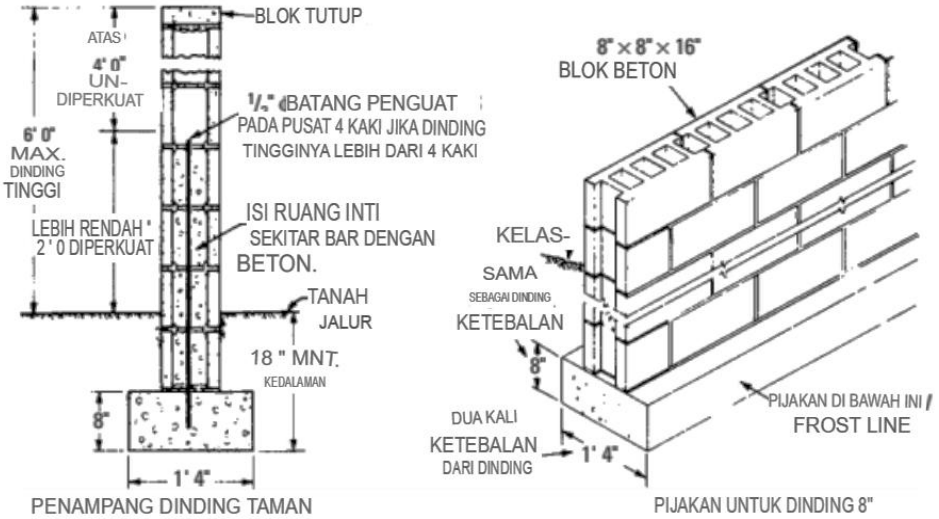
Gambar 5.12 Blok beton padat yang digunakan sebagai lantai teras.

Gambar 5.13 Pelat beton pracetak ekstra besar yang digunakan untuk membuat jalan setapak yang menarik.

Ketebalan Dinding

Dinding taman yang tingginya kurang dari 4 kaki bisa setipis 4 inci, tetapi sebaiknya dibuat setebal 8 inci. Dinding yang tingginya lebih dari 4 kaki harus setebal setidaknya 8 inci agar cukup kuat.

Dinding yang tingginya hingga 4 kaki tidak memerlukan tulangan. Bangun saja pagar dari fondasi dengan balok atau bata dan mortar. Namun, di atas 4 kaki, tulangan akan diperlukan, dan pagar harus terbuat dari balok, bukan bata. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.14, pasang batang baja berdiameter $^1/_2$ inci di fondasi beton cor pada titik tengah 4 kaki. Setelah Anda meletakkan balok (dengan mortar) hingga setinggi bagian atas batang, tuang beton ke dalam rongga di sekitar batang. Kemudian lanjutkan dengan lapisan balok lainnya.



Gambar 5.14 Ini adalah potongan melintang dan tampilan dinding blok sederhana. Batang penguat vertikal ditempatkan di inti berongga pada berbagai interval.

Di area yang rentan terhadap guncangan gempa bumi atau angin kencang, batang tulangan horizontal juga harus digunakan di dinding tinggi. Gunakan batang No. 2 ($^1/_4$ inci)

atau tali pengikat khusus yang dibuat khusus untuk tujuan tersebut. Gambar 5.15 adalah foto dinding blok berdasarkan sketsa yang ditunjukkan pada Gambar 5.14. Fondasinya adalah beton yang dituang dalam parit yang digali dari tanah. Tulangan horizontal berada di dalam beton, dengan anggota vertikal ditekuk ke atas pada interval tertentu. Blok kolom tinggi diletakkan (16 inci x 16 inci x 8 inci) pada batang vertikal. Kolom terlihat jelas pada dinding yang sudah jadi pada Gambar 5.16.

Gambar 5.15 Batang penguat vertikal melalui blok kolom setebal dua kali lipat.

Gambar 5.16 Dinding blok beton yang baru selesai. Perhatikan kolom penguat pada berbagai interval

Dinding penahan beban adalah dinding yang digunakan sebagai dinding eksterior dan interior pada bangunan perumahan dan industri. Dinding tidak hanya harus menopang struktur atap, tetapi juga harus menahan beratnya sendiri. Semakin banyak jumlah lantai pada bangunan, semakin tebal lantai bawah yang harus menopang berat blok beton di atasnya, serta struktur atap.

5.3 PONDASI

Setiap dinding bata atau blok beton memerlukan pondasi yang baik untuk menopang beratnya dan mencegah pergeseran posisi yang dapat menyebabkan retakan. Pondasi atau tapak pondasi adalah beton yang dituangkan ke dalam cetakan atau parit di tanah. Bab 4 menjelaskan cetakan dan konstruksinya untuk tapak pondasi. Untuk dinding yang tidak menahan beban (seperti pagar halaman, misalnya), parit terbuka dengan sisi yang halus sering kali memuaskan. Kedalaman tapak pondasi yang disarankan adalah 18 inci di bawah permukaan tanah. Di daerah dengan suhu beku yang tinggi, tapak pondasi harus dimulai di bawah garis beku.

Tapak pondasi atau pondasi harus diperkuat baja, dengan batang penguat tepat di atas permukaan tanah. Batang penguat harus ditekuk agar muncul secara vertikal pada interval yang teratur ke dalam inti kolom dinding yang terbuka, jika digunakan, atau bagian dinding

yang teratur jika kolom tidak digunakan. Kolom dengan ketebalan ganda direkomendasikan jika tinggi dinding melebihi 6 kaki. Dinding dengan ketinggian yang lebih rendah pun lebih baik jika menyertakan kolom setebal dua kali lipat (Gambar 5.17). Dasar tanah di bawah fondasi harus dipadatkan dengan baik dan diberi lapisan pasir untuk drainase.

Gambar 5.17 Dinding taman dari blok beton. Kolom-kolom diberi jarak 15 kaki.

5.5 MORTAR

Meskipun beton dan mortar mengandung bahan utama yang sama, tujuan dan persyaratan fisiknya sangat berbeda. Banyak arsitek, kontraktor, dan insinyur yang keliru percaya bahwa semakin besar kekuatan tekan mortar, semakin baik kinerjanya.

Beton adalah elemen struktural yang membutuhkan kekuatan tekan yang besar. Mortar berfungsi untuk merekatkan dua unit pasangan bata, sehingga kekuatan tarik (peregangan) dan kekuatan lenturnya lebih penting daripada kekuatan tekan.

Kekuatan beton sebagian besar ditentukan oleh rasio air/semen: semakin sedikit air, semakin kuat betonnya. Namun, mortar membutuhkan jumlah air maksimum yang konsisten dengan kemampuan pengerjaan, untuk memberikan kekuatan ikatan tarik maksimum. Mortar akan mengeras karena penguapan. Mortar dapat ditempa ulang, agar lebih mudah dikerjakan, dengan menambahkan lebih banyak air.

Ada delapan jenis semen Portland, tiga di antaranya (IA, IIA, dan IIIA) mengandung udara. Karena persyaratan ikatan mortar berbeda dari persyaratan beton, tidak semua semen ini cocok untuk konstruksi pasangan bata.

ASTM C270–89 adalah standar untuk mortar pasangan bata. Kode Bangunan Nasional BOCA 1990 dan UBC 1988 merujuk pada ASTM C270. Ada dua jenis semen mortar: campuran semen Portland/kapur dan campuran semen pasangan bata. Campuran semen Portland/kapur adalah campuran semen Portland, kapur terhidrasi, dan agregat. Semen pasangan bata adalah campuran yang sudah dicampur sebelumnya, dikemas dalam kantong, dengan jenis mortar yang tertera pada kantong.

Berikut ini adalah lima jenis semen:

- ***Tipe M***—Ini adalah campuran berkekuatan tinggi dan tahan lama yang direkomendasikan untuk pasangan bata yang mengalami beban tekan tinggi, embun beku yang parah, tekanan tanah, badai, dan gempa bumi. Kualitasnya yang tahan lama menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk pondasi di bawah permukaan

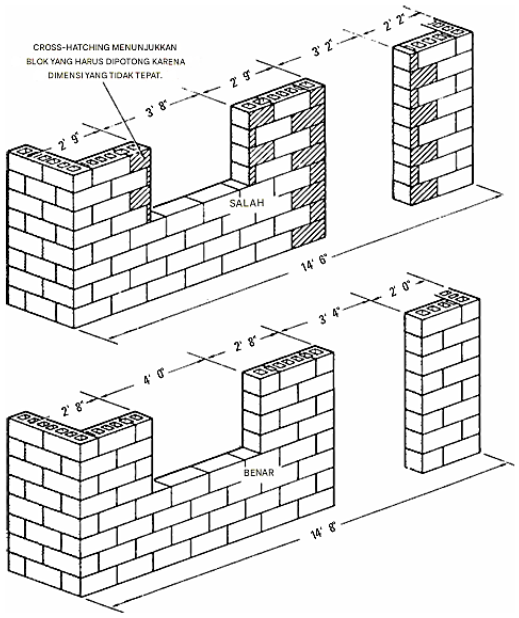
tanah, dinding penahan, lubang got, dan saluran pembuangan.

- ***Tipe S***—Ini adalah mortar berkekuatan sedang tinggi, digunakan di mana kekuatan ikatan lentur tinggi diperlukan, dalam struktur yang mengalami beban tekan normal.
- ***Tipe N***—Ini adalah mortar serbaguna untuk digunakan pada pasangan bata di atas permukaan tanah. Mortar berkekuatan sedang ini sangat cocok untuk pelapis pasangan bata dan untuk dinding dan partisi interior.
- ***Tipe O***—Ini adalah mortar berkapur tinggi, berkekuatan rendah untuk digunakan pada dinding dan partisi yang tidak menahan beban. Dapat digunakan pada pelapis eksterior yang tidak akan membeku saat basah dan pada dinding yang menahan beban yang dikenai beban tekan kurang dari 100 psi. Ini adalah mortar yang sangat mudah dibentuk, sering digunakan pada bangunan hunian satu dan dua lantai.
- ***Tipe K***—Ini adalah mortar dengan daya tekan yang sangat rendah dan daya rekat tarik yang rendah. Penggunaannya terbatas pada partisi yang tidak menahan beban yang hanya menahan berat matinya sendiri.

Selain kelima jenis tersebut, ada mortar tahan api yang digunakan pada perapian dan ketel uap industri dengan panas tinggi, mortar tahan bahan kimia, mortar dengan kekuatan ekstra tinggi, dan nat.

5.4 MEMBANGUN DENGAN BLOK BETON

Konstruksi dinding blok beton yang tepat (baik untuk pagar halaman atau struktur bangunan) memerlukan perencanaan yang tepat. Blok beton standar dibuat dalam ukuran modular 4 inci. Ukurannya memungkinkan sambungan mortar setebal $^3/_8$ inci. Dengan mengingat hal ini, lebar dinding dan bukaan untuk jendela dan pintu dapat direncanakan tanpa perlu memotong blok apa pun agar pas.



Gambar 5.18 Cara yang benar dan salah untuk merencanakan bukaan pintu dan jendela pada dinding blok.

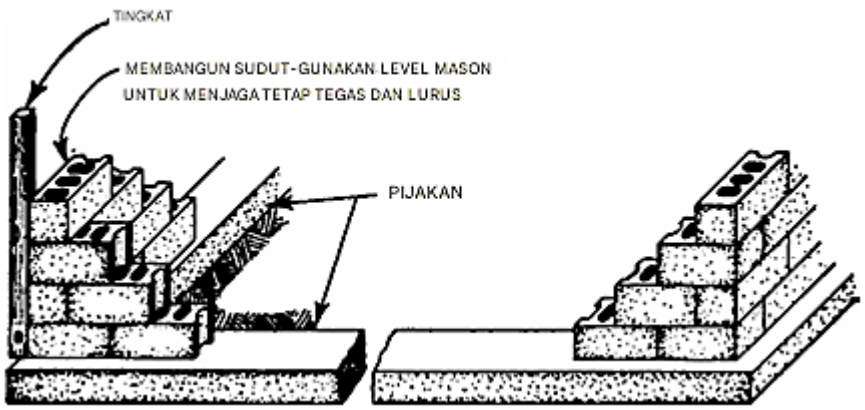
Gambar 5.18 menunjukkan cara yang benar dan salah untuk merencanakan bukaan. Ilustrasi di atas tidak memperhitungkan konsep modular 4 inci, dan sejumlah blok harus dipotong agar sesuai dengan bukaan jendela dan pintu. Ilustrasi di bawah menunjukkan perencanaan yang benar, dan tidak ada blok yang perlu dipotong untuk bukaan.

Setelah menetapkan panjang dinding berdasarkan konsep modular 4 inci (panjang total harus kelipatan 4 inci), konstruksi sebenarnya dimulai dengan sudut-sudut. Blok-blok penyangga kemudian diletakkan di antara sudut-sudut.

Meletakkan Blok di Sudut-Sudut

Saat memasang sudut-sudut dengan blok-blok pasangan bata beton, buat garis yang kencang di sekeliling fondasi dengan ujung-ujung tali diikat bersama-sama. Merupakan kebiasaan untuk memasang blok-blok sudut, setinggi tiga atau empat baris, dan menggunakannya sebagai panduan dalam memasang dinding.

Mortar dengan lebar penuh diletakkan pada pondasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.19, dan lapisan pertama dibangun sepanjang dua atau tiga blok di setiap sisi dari sudut. Lapisan kedua setengah blok lebih pendek di setiap sisi daripada lapisan pertama; lapisan ketiga, setengah blok lebih pendek daripada lapisan kedua, dan seterusnya. Dengan demikian, sudut-sudutnya diinjak hingga hanya blok sudut yang diletakkan. Gunakan garis, dan sering-seringlah mengukur untuk memastikan blok-blok diletakkan lurus dan sudut-sudutnya tegak lurus. Merupakan kebiasaan bahwa unit-unit khusus seperti blok sudut, blok kusen pintu dan jendela, pengisi, dan blok pelapis disediakan sebelum memulai pemasangan blok.



Gambar 5.19 Pemasangan sudut-sudut saat membangun dengan unit-unit blok pasangan bata beton.

Membangun Dinding di Antara Sudut

Saat memasang dinding di antara sudut, garis direntangkan dengan kencang dari sudut ke sudut untuk dijadikan panduan (Gambar 5.20). Garis diikatkan ke paku atau baji yang ditancapkan ke sambungan mortar sehingga, saat direntangkan, garis tersebut hanya menyentuh tepi luar atas blok yang diletakkan di sudut. Blok di dinding di antara sudut diletakkan sedemikian rupa sehingga akan menyentuh kabel dengan cara yang sama. Dengan cara ini, sambungan horizontal lurus dapat diamankan. Sebelum memasang dinding luar, rangka pintu dan jendela harus sudah siap untuk dipasang sebagai panduan guna memperoleh

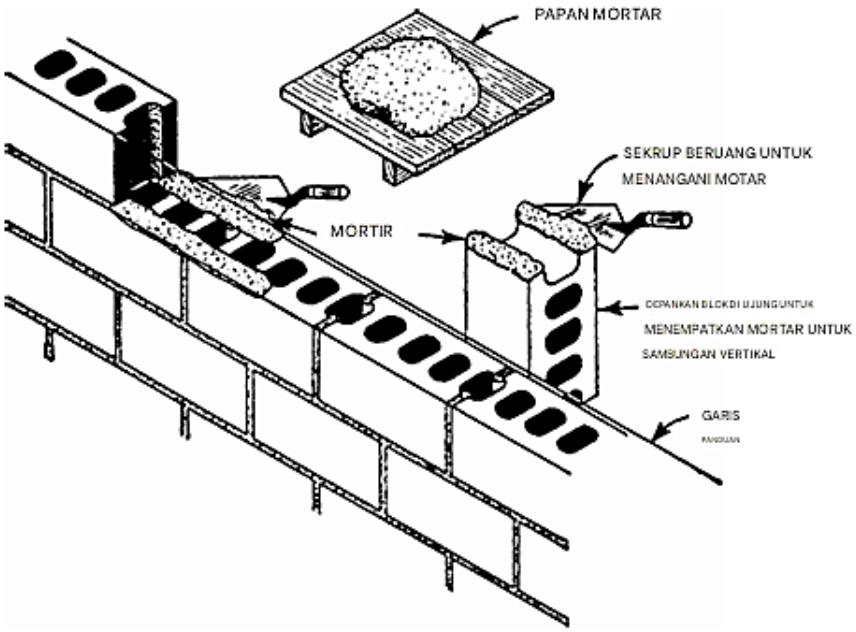
bukaan yang benar.

Mengaplikasikan Mortar ke Blok

Praktik yang umum adalah menempatkan mortar dalam dua strip terpisah, baik untuk sambungan horizontal atau alas, maupun untuk sambungan vertikal atau ujung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.21. Mortar hanya diaplikasikan pada cangkang muka blok. Ini dikenal sebagai alas cangkang muka. Ruang udara yang terbentuk di antara strip mortar bagian dalam dan luar membantu menghasilkan dinding kering.

Tukang batu sering kali meletakkan balok secara tegak lurus dan mengoleskan mortar pada sambungan ujung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.21. Mortar yang cukup dioleskan untuk memastikan bahwa semua sambungan terisi dengan baik. Beberapa tukang batu mengoleskan mortar pada ujung balok yang telah diletakkan sebelumnya dan juga pada ujung balok yang akan diletakkan di sebelahnya untuk memastikan bahwa sambungan vertikal terisi penuh.

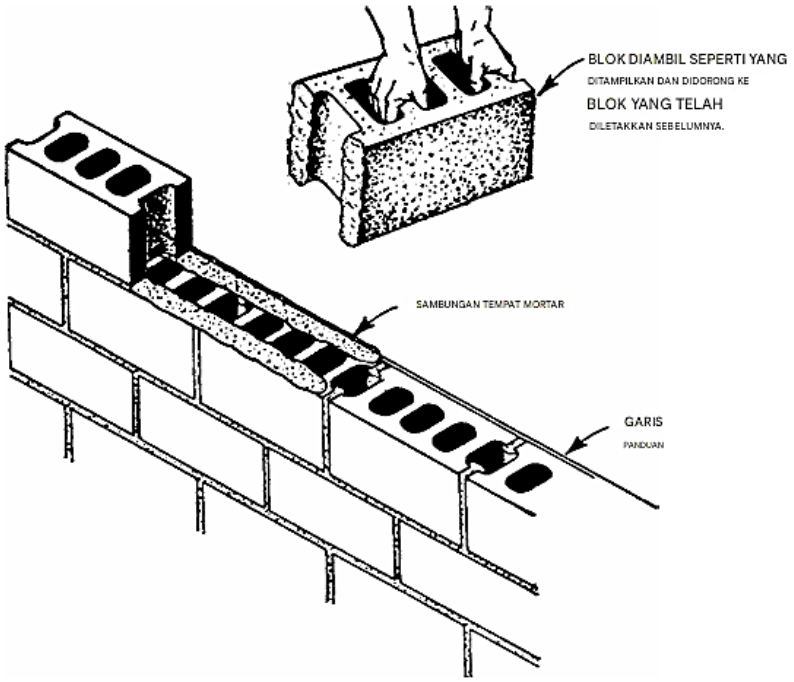
Gambar 5.20 Prosedur pemasangan dinding blok beton.



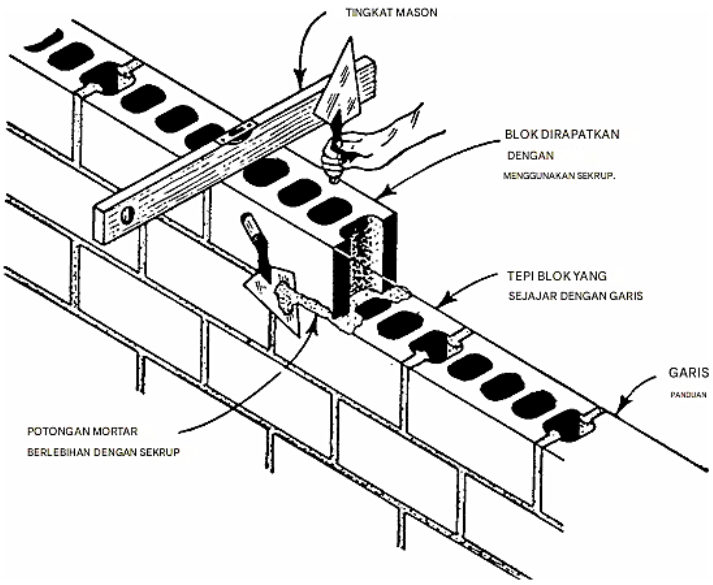
Gambar 5.21 Praktik umum dalam penerapan mortar pada blok beton.

Menempatkan dan Mengatur Blok

Saat menempatkan, blok yang telah diberi mortar di salah satu ujungnya diangkat (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.22) dan diletakkan dengan kuat pada blok yang telah diletakkan sebelumnya. Perhatikan bahwa mortar sudah terpasang di alas atau sambungan horizontal.



Gambar 5.22 Metode umum yang digunakan dalam mengambil dan memasang balok beton.



Gambar 5.23 Metode pemasangan blok beton. Pengerjaan yang baik memerlukan jalur lurus dengan permukaan dinding tegak lurus.

Mortar yang diperas dari sambungan dikikis dengan hati-hati dengan sekop dan dioleskan di ujung blok yang lain atau dilemparkan kembali ke papan mortar untuk digunakan

nanti. Blok diletakkan hingga menyentuh garis dan diketuk dengan sekop agar lurus dan rata, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.23. Pada dinding yang dibangun dengan baik, sambungan mortar akan setebal rata-rata $^3/_8$ inci. Gambar 5.24 menunjukkan seorang tukang batu membangun dinding blok beton.

(A) Beberapa blok menerima mortar di ujungnya.

(B) Blok-blok diketuk pada posisinya.

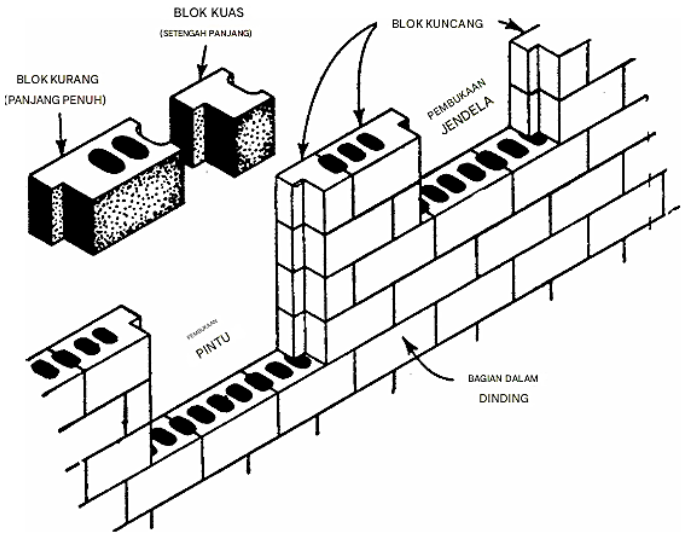
C) Mortar yang berlebih dibuang dan keselarasannya diperiksa.

Gambar 5.24 Konstruksi dinding blok beton.

Membangun di Sekitar Rangka Pintu dan Jendela

Ada beberapa metode yang dapat diterima untuk membangun rangka pintu dan jendela pada dinding pasangan bata beton. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan meletakkan rangka pada posisi yang tepat di dinding. Rangka kemudian diluruskan dan disangga dengan hati-hati, setelah itu dinding dibangun di kedua sisi rangka. Kusen beton dapat dituang kemudian.

Rangka sering diikat ke dinding dengan baut jangkar yang melewati rangka dan tertanam pada sambungan mortar. Metode lain untuk membangun rangka pada dinding pasangan bata beton adalah dengan membuat bukaan untuk rangka tersebut, menggunakan blok kusen khusus yang ditunjukkan pada Gambar 5.25. Rangka dimasukkan setelah dinding dibangun. Satu-satunya keuntungan dari metode ini adalah rangka dapat dilepas tanpa merusak dinding, jika diperlukan.

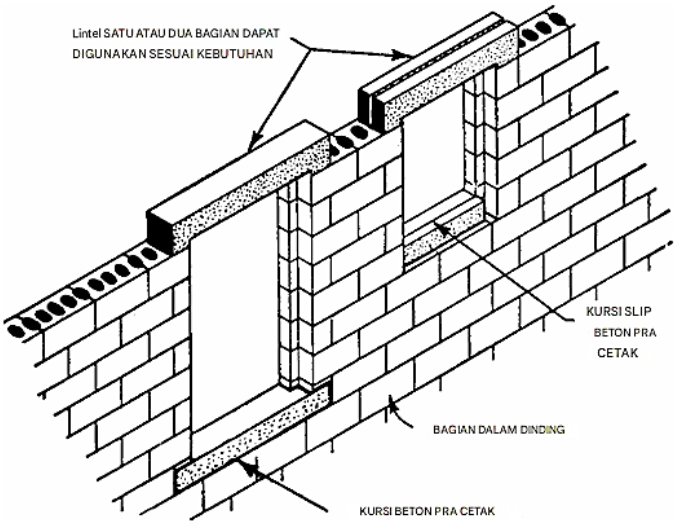


Gambar 5.25 Metode pemasangan bukaan pintu dan jendela.

Menempatkan Kusen dan Ambang

Peraturan bangunan mengharuskan dinding blok beton di atas bukaan harus ditopang oleh lengkungan atau ambang dari logam atau pasangan bata (polos atau bertulang). Lengkungan dan ambang harus memanjang ke dalam dinding tidak kurang dari 4 inci di setiap sisi. Batu atau ambang pintu dari batu bata yang tidak diperkuat tidak boleh digunakan kecuali jika dilengkapi dengan ambang pintu besi atau baja di bagian dalam dinding.

Gambar 5.26 mengilustrasikan metode umum pemasangan ambang pintu yang diperkuat beton untuk menyediakan bukaan pintu dan jendela. Biasanya ambang pintu ini dibuat terlebih dahulu, tetapi dapat dibuat sendiri di tempat kerja jika diinginkan. Ambang pintu diperkuat dengan batang baja yang ditempatkan $1^1/_2$ inci dari sisi bawah. Jumlah dan ukuran batang penguat bergantung pada lebar bukaan dan berat beban yang akan dipikul.



Gambar 5.26 Metode pemasangan ambang pintu dan kusen beton pracetak pada konstruksi dinding blok beton.

Kusen berfungsi untuk menyediakan alas kedap air di bagian bawah bukaan dinding. Karena dibuat dalam satu bagian, tidak ada sambungan yang memungkinkan air bocor ke dinding di bawahnya. Kusen dibuat miring pada permukaan atas untuk mengalirkan air dengan cepat. Kusen biasanya dibuat menjorok $1^1/_2$ hingga 2 inci di luar permukaan dinding dan dibuat dengan alur di sepanjang tepi luar bawah untuk menyediakan saluran pembuangan sehingga air yang menetes dari kusen akan jatuh bebas dan tidak mengalir ke permukaan dinding yang dapat menyebabkan noda.

Kusen geser populer karena dapat disisipkan setelah dinding dibangun dan, oleh karena itu, tidak memerlukan perlindungan selama konstruksi. Karena ada sambungan yang terbuka di setiap ujung kusen, perhatian khusus harus diberikan untuk memastikan bahwa kusen terisi penuh dengan mortar dan sambungannya tertutup rapat.

Kusen lug menjorok ke dinding pasangan bata (biasanya 4 inci di setiap ujungnya.) Bagian yang menjorok disebut lug. Tidak ada sambungan mortar vertikal di persimpangan antara kusen dan kusen. Seperti kusen geser, kusen geser biasanya dibuat menonjol dari $1^1/_2$ hingga 2 inci di atas permukaan dinding. Kusen dilengkapi dengan alur di bawah tepi luar bawah untuk membentuk saluran pembuangan. Sering kali, kusen dibuat dengan alur di kedua ujungnya untuk mengalihkan air dari persimpangan antara kusen dan kusen. Ini sebagai tambahan untuk kemiringan luar pada kusen.

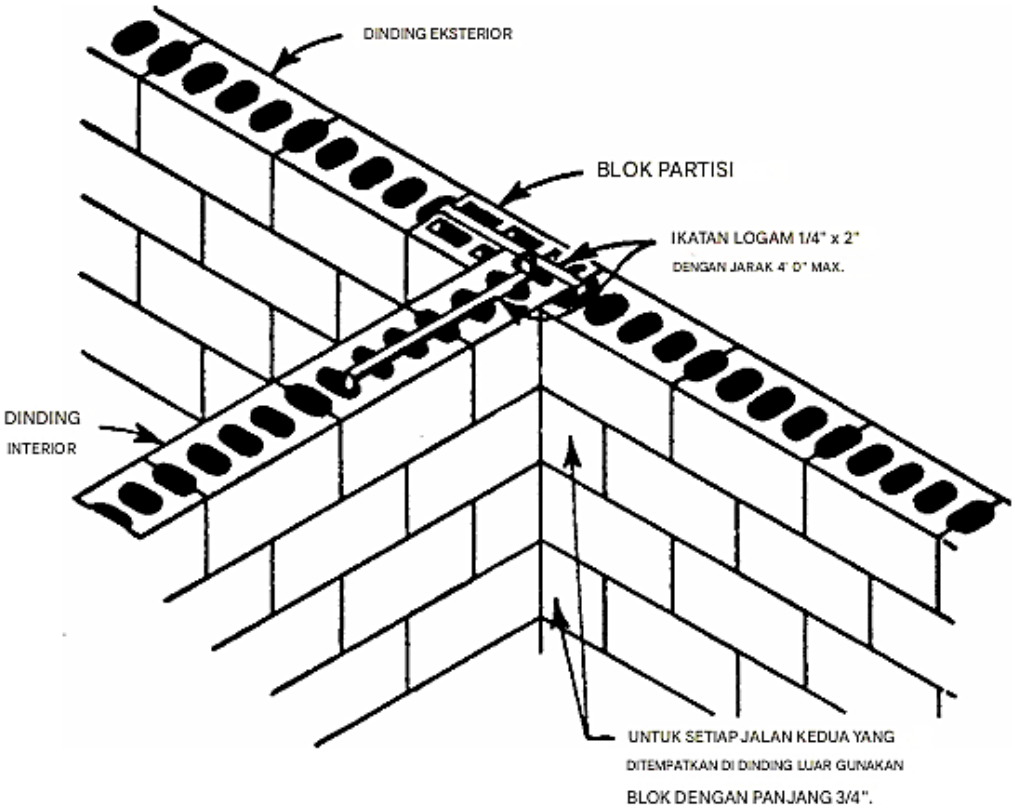
Pada saat kusen geser dipasang, hanya bagian yang menonjol ke dalam dinding yang dilapisi mortar. Bagian tepat di bawah bukaan dinding dibiarkan bebas dari kontak dengan dinding di bawahnya. Ini dilakukan jika terjadi penurunan kecil atau penyesuaian pada pekerjaan pasangan bata selama konstruksi, sehingga menghindari kemungkinan kerusakan pada kusen selama periode konstruksi.

5.5 DINDING RUANG BAWAH TANAH

Dinding ruang bawah tanah tidak boleh kurang tebalnya dari dinding tepat di atasnya, dan tidak kurang dari 12 inci untuk dinding pasangan bata. Dinding beton cor di tempat yang kokoh terkadang diperkuat dengan setidaknya satu batang tulangan deformasi $^3/_8$ inci (dengan jarak setiap 2 kaki) yang tersambung dari pondasi ke bagian atas dinding pondasi. Dinding ruang bawah tanah dengan blok beton berongga 8 inci sering kali terbukti sangat merepotkan. Semua dinding pondasi blok berongga harus ditutup dengan blok beton kokoh 4 inci, atau bagian tengahnya harus diisi dengan beton.

Dinding Interior Bangunan

Dinding interior dibangun dengan cara yang sama seperti dinding eksterior. Dinding interior yang menahan beban biasanya dibuat setebal 8 inci; dinding partisi yang tidak menahan beban, biasanya setebal 4 inci. Gambar 5.27 menunjukkan metode yang direkomendasikan untuk menyambung dinding penahan beban interior ke dinding eksterior.



Gambar 5.27 Detail penyambungan dinding interior dan eksterior pada konstruksi blok beton.

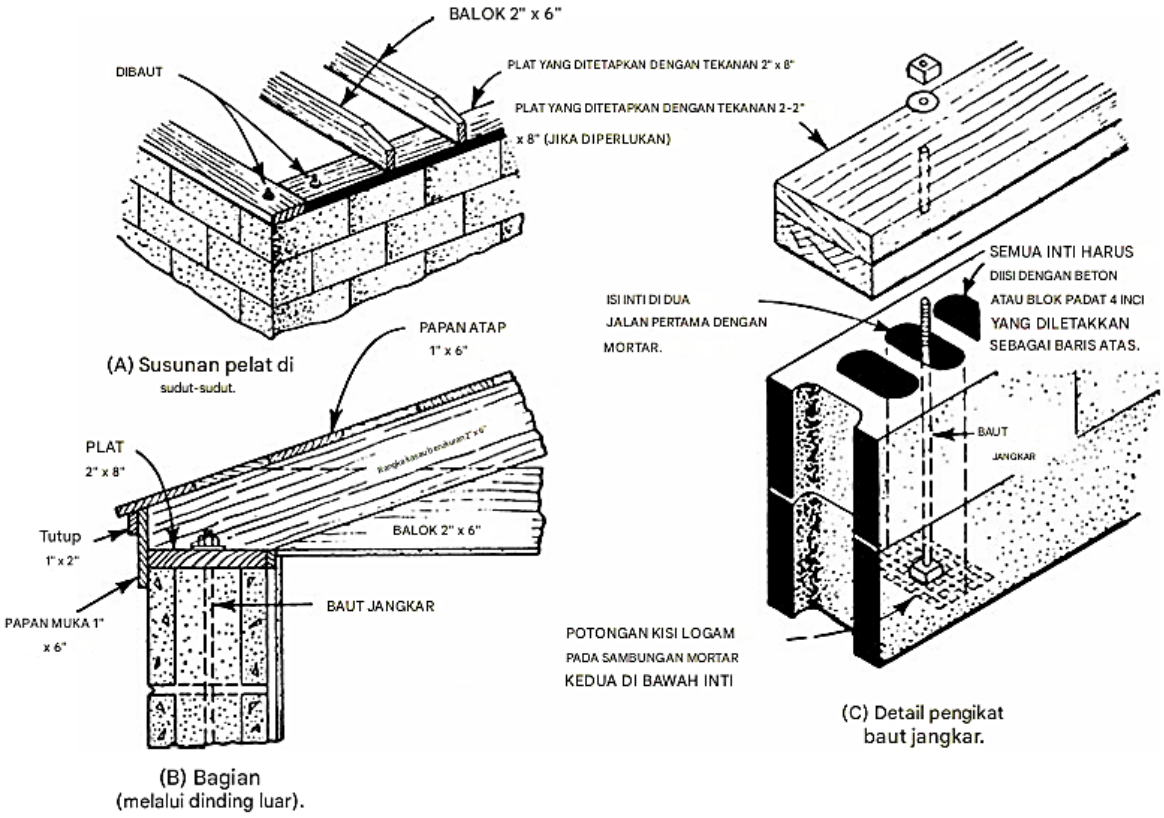
5.6 TEKNIK BANGUNAN

Ambang dan pelat biasanya dipasang ke dinding blok beton dengan baut jangkar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.28. Baut-baut ini dipasang di inti balok dan inti tersebut diisi dengan beton. Baut-baut tersebut diberi jarak sekitar 4 inci dalam kondisi rata-rata. Biasanya baut berukuran $^1/_2$ inci digunakan dan harus cukup panjang untuk melewati dua jalur balok dan menonjol melalui pelat sekitar 1 inci untuk memungkinkan penggunaan ring besar dan mur baut jangkar.

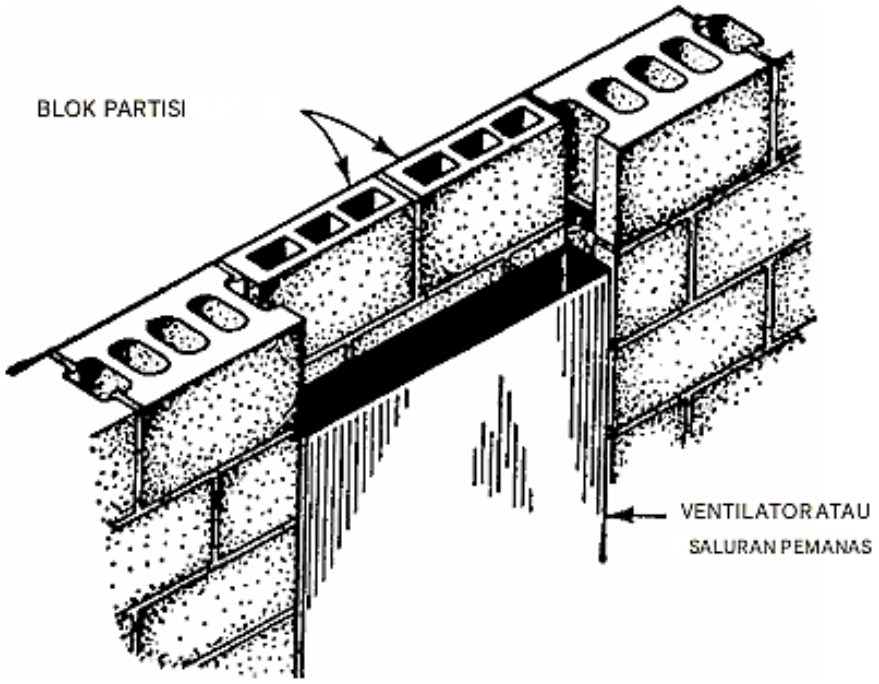
Pemasangan Saluran Pemanas dan Ventilasi

Hal ini disediakan sebagaimana ditunjukkan pada rencana arsitek. Penempatan saluran pemanas bergantung pada jenis dinding apakah menahan beban atau tidak. Gambar 5.29 menunjukkan contoh umum penempatan saluran pemanas atau ventilasi pada dinding pasangan bata beton interior.

Dinding blok beton interior yang tidak menahan beban, dan yang akan diplester pada kedua sisinya, sering kali dipotong untuk menyediakan saluran pemanas, dinding harus rata dengan saluran di kedua sisinya. Kisi logam digunakan di atas saluran.



Gambar 5.28 Rincian metode yang digunakan untuk menjangkarkan kusen dan pelat ke dinding blok beton.

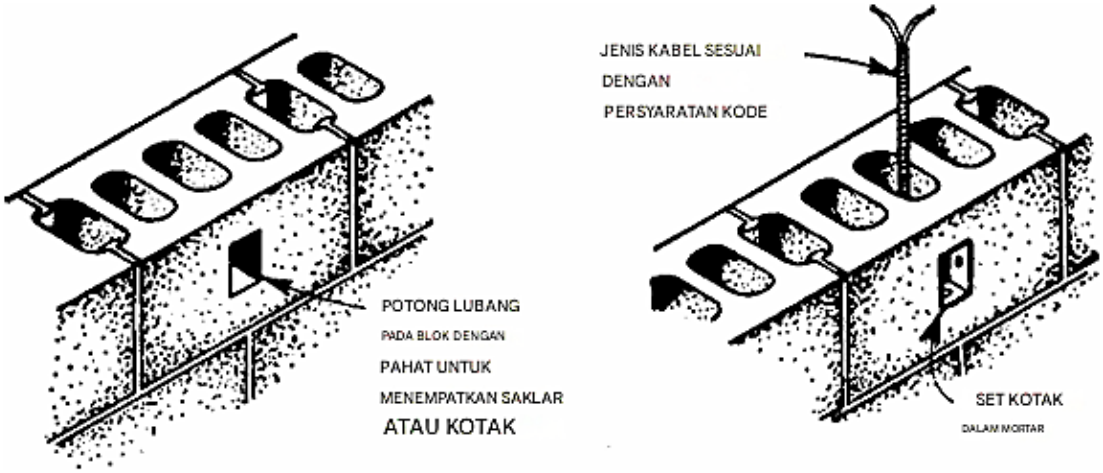


Gambar 5.29 Metode pemasangan saluran ventilasi dan pemanas di dinding blok beton.

Soket Listrik

Hal ini disediakan dengan memasukkan kotak soket di dinding, sebagaimana

ditunjukkan pada Gambar 5.30. Semua kabel harus dipasang agar sesuai dengan persyaratan Kode Listrik Nasional (NEC) dan kode lokal di area tersebut.



Gambar 5.30 Metode pemasangan sakelar listrik dan kotak stopkontak di dinding blok beton.

Isolasi Isi

Pasangan beton merupakan konduktor panas yang baik dan isolator yang buruk. Di daerah panas dan gersang, pasangan bata beton tanpa isolasi merupakan salah satu cara untuk menjaga rumah tetap sejuk di siang hari yang panas dan hangat di malam hari yang dingin. Namun, di daerah beriklim utara, nilai-R dari dinding tersebut terlalu rendah dan harus ditingkatkan.

Dinding blok pasangan bata beton dapat diisolasi di bagian luar atau dalam, atau rongga blok dapat diisi dengan isolasi. Sisipan plastik busa khusus dibuat untuk tujuan ini, tetapi tidak sepenuhnya mengisi rongga. Metode yang lebih baik adalah mengisi rongga dengan isolasi isi longgar seperti Zonolite (Gambar 5.31) yang diproduksi oleh W. R. Grace. Zonolite sebenarnya adalah vermikulit, yang terbuat dari mika yang mengembang. Ia tidak terbakar, membusuk, atau mengendap dan diolah untuk menolak air.

Gambar 5.31 Insulasi Zonolite yang digunakan untuk mengisi rongga pada blok beton.

Sayangnya, baik sisipan plastik maupun Zonolite tidak akan menghentikan hilangnya panas melalui jaringan blok. Isolasi lain yang dapat digunakan adalah busa berbasis semen yang disebut Airkrete. Tidak beracun, tidak terbakar atau membusuk, dan antiserangga. Pada kepadatan terukurnya, busa ini memiliki nilai R 3.9 per inci. Busa tripolymer, dengan R-4.8 per inci, juga dapat digunakan. Namun, tanyakan kepada pejabat bangunan setempat apakah busa ini diizinkan di negara bagian Anda. Jangan gunakan insulasi busa urea formaldehida (UFFI).

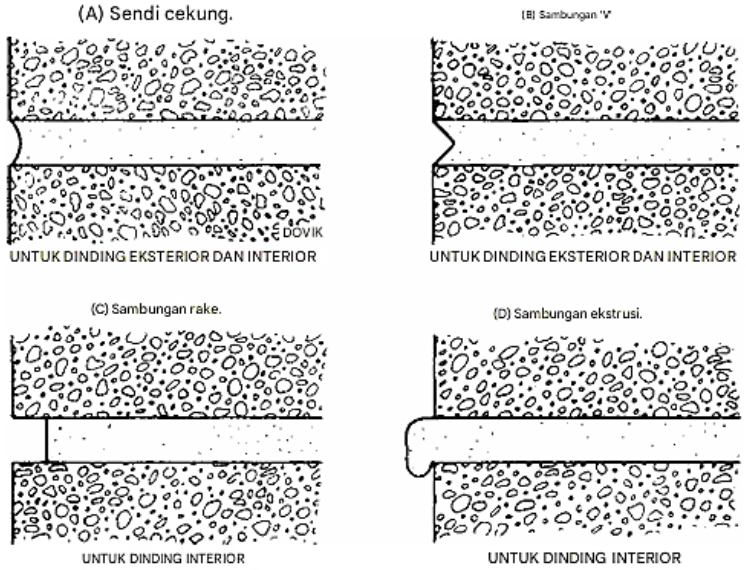
Flashing

Flashing yang memadai dengan material antikarat dan korosi merupakan hal yang paling penting dalam konstruksi pasangan bata karena mencegah air masuk melalui dinding pada titik-titik yang rentan. Berikut ini adalah titik-titik yang memerlukan perlindungan dengan flashing:

- Bagian atas dan sisi lis yang menonjol di bawah coping dan kusen
- Di persimpangan dinding dan atap
- Di bawah talang air yang terpasang
- Di persimpangan cerobong asap dan atap
- Di semua titik lain tempat masuknya uap air

Material flashing biasanya terdiri dari lembaran tembaga ukuran No. 26 (14-oz) atau material antikarat lain yang disetujui.

Sambungan cekung dan sambungan berbentuk V paling cocok untuk sebagian besar area. Gambar 5.32 menunjukkan empat sambungan yang populer. Meskipun sambungan miring dan sambungan menonjol direkomendasikan hanya untuk dinding interior, sambungan ini dapat digunakan di luar ruangan di daerah beriklim hangat dengan curah hujan dan cuaca dingin yang minim. Di daerah beriklim dingin, penting untuk tidak membiarkan air terkumpul di sambungan.



Gambar 5.32 Empat gaya sambungan yang populer dalam konstruksi dinding blok.

Di area tempat sambungan yang digaruk dapat digunakan, Anda mungkin akan

mendapati sambungan tersebut tampak menawan dengan blok yang kendur. Matahari memberikan bayangan dramatis pada jenis konstruksi ini. Blok standar dengan sambungan yang diekstrusi memiliki tampilan pedesaan dan menjadi latar belakang yang bagus untuk tanaman ivy dan tanaman merambat lainnya (Gambar 5.33).

Gambar 5.33 Dinding bata dengan konstruksi sambungan ekstrusi.

Perkakas Sambungan

Perkakas sambungan terdiri dari pemadatan mortar sambungan yang diperas kembali ke dalam sambungan dan pembuangan mortar yang berlebih. Perkakas harus lebih lebar dari sambungan itu sendiri (lebih lebar dari $^1/_2$ inci). Anda dapat membuat perangkat perkakas yang sangat baik dari pipa tembaga $^3/_4$ inci yang ditekuk menjadi bentuk S. Dengan menekan perkakas ke mortar, Anda akan membuat sambungan cekung sambungan yang umum tetapi salah satu yang terbaik. Perkakas tidak hanya memengaruhi tampilan, tetapi juga membuat sambungan kedap air, yang merupakan fungsi terpenting. Perkakas membantu memadatkan dan mengisi rongga dalam mortar. Gambar 5.34 menunjukkan perkakas sambungan V pada blok.

Gambar 5.34 Blok dengan sambungan berbentuk V. Blok dapat dicat—cat dengan bantalan akan bekerja dengan baik di atasnya.

Ringkasan

Balok beton berukuran kelipatan 4 inci. Blok ini tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran. Blok ini tersedia dengan inti berongga dan padat.

Blok sudut atau blok bull-nose dengan ujung yang rata digunakan di sudut dinding. Ketebalan permukaan blok beton bervariasi, tergantung pada apakah blok tersebut akan digunakan untuk dinding yang tidak menahan beban. Ada blok dekoratif, blok split, blok slump, blok kisi, blok kasa, blok berpola, dan blok dengan lapisan khusus.

Blok beton standar dengan inti berongga dapat membuat dinding yang indah, tergantung pada cara pemasangannya dan ukuran yang dipilih. Dinding setinggi hingga 4 kaki tidak memerlukan tulangan.

Blok beton atau dinding bata memerlukan fondasi yang baik untuk menopang beratnya dan mencegah pergeseran posisi. Meskipun beton dan mortar mengandung bahan utama yang sama, tujuan dan persyaratan fisiknya sangat berbeda.

Dinding ruang bawah tanah tidak boleh kurang tebalnya dari dinding tepat di atasnya, dan tidak kurang dari 12 inci untuk dinding pasangan bata. Kusen dan pelat biasanya dipasang pada dinding blok beton dengan baut jangkar. Dinding blok beton dapat diisolasi di bagian luar, atau bagian dalam, atau rongga blok dapat diisi dengan isolasi. Flashing yang memadai dengan bahan antikarat dan korosi sangat penting dalam konstruksi pasangan bata karena mencegah air masuk melalui dinding pada titik-titik yang rentan. Bahan flashing biasanya berupa lembaran tembaga ukuran 26 atau bahan antikarat lain yang disetujui. Sambungan cekung dan sambungan V digunakan pada bangunan dinding blok beton. Perkakas terdiri dari pemadatan mortar yang diperas dari sambungan kembali ke dalam sambungan dan pembuangan mortar yang berlebih.

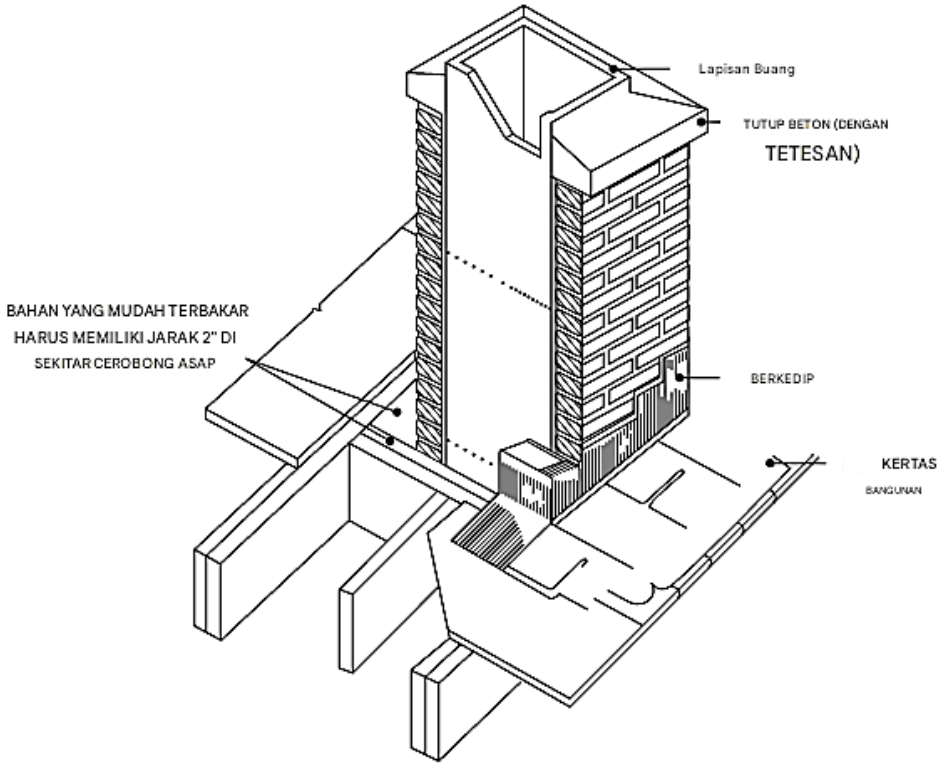
Latihan Soal

1. Berapa dimensi blok beton berongga?
2. Di mana blok dengan ujung datar digunakan?
3. Jelaskan blok split.
4. Apa tiga desain blok dekoratif?
5. Jelaskan blok beton standar.
6. Mengapa dinding beton memerlukan fondasi yang baik?
7. Apa persamaan beton dan mortar?
8. Apa yang terkandung dalam campuran semen Portland/kapur?
9. Apa yang dimaksud dengan face-shell bedding?
10. Apa yang dimaksud dengan lug? Di mana lug ditemukan?
11. Di mana flashing digunakan? Berapa ukuran flashing gage?
12. Apa metode terbaik untuk mengecat dinding blok beton?
13. Jelaskan sambungan V yang digunakan pada dinding blok beton.
14. Apa istilah perkakas yang digunakan dalam pemasangan blok?
15. Apa perbedaan antara sambungan raked dan sambungan ekstrusi?

BAB 6
CEROBONG ASAP DAN PERAPIAN

Istilah cerobong asap secara umum mencakup cerobong asap itu sendiri dan (dalam konstruksi rumah) perapian. Tidak ada bagian rumah yang lebih mungkin menjadi sumber masalah daripada cerobong asap. Hal itu terutama berlaku jika cerobong asap tidak dibangun dengan benar. Oleh karena itu, cerobong asap harus dibangun sedemikian rupa sehingga kuat dan dirancang serta proporsional sehingga memberikan aliran udara yang memadai.

Untuk kekuatan, cerobong asap harus dibangun dari batu bata yang kokoh dan tidak boleh memiliki bukaan kecuali yang diperlukan untuk peralatan pemanas. Jika terjadi kebakaran cerobong asap, panas yang cukup besar dapat dihasilkan di cerobong asap, dan keselamatan rumah akan bergantung pada integritas dinding cerobong asap. Sedikit kehati-hatian yang cerdas dalam konstruksi perapian dan cerobong asap akan terbukti menjadi asuransi terbaik. Sebagai tindakan pencegahan pertama, semua rangka kayu lantai dan atap harus dijaga setidaknya 2 inci dari cerobong asap dan tidak ada kayu apa pun yang boleh menonjol ke dalam batu bata yang mengelilingi cerobong asap (Gambar 6.1).



Gambar 6.1 Konstruksi cerobong asap di atas atap.

Pahami bahwa satu-satunya daya yang tersedia untuk menghasilkan aliran udara alami di cerobong asap adalah perbedaan antara udara panas dan dingin. Perbedaan kecil dalam berat kolom gas panas di cerobong asap dan kolom udara dingin serupa di luar menunjukkan

perlunya membangun cerobong asap dengan benar. Hal ini terutama terjadi jika aliran gas menghadapi hambatan paling kecil.

Intensitas aliran udara cerobong asap diukur dalam inci kolom air yang ditopang oleh tekanan yang dihasilkan dan bergantung pada hal berikut:

- Perbedaan suhu di dalam dan di luar cerobong asap
- Ketinggian cerobong asap

Draf teoritis dalam inci air di permukaan laut adalah sebagai berikut:

$$D = 7.00H \frac{1}{461 + \tau} - \frac{1}{461 + \tau_1}$$

jika berikut ini benar:

D = Draft teoritis

H = Jarak dari atas cerobong asap ke kisi-kisi

τ = Suhu cerobong luar

τ_1 = Suhu gas di cerobong asap

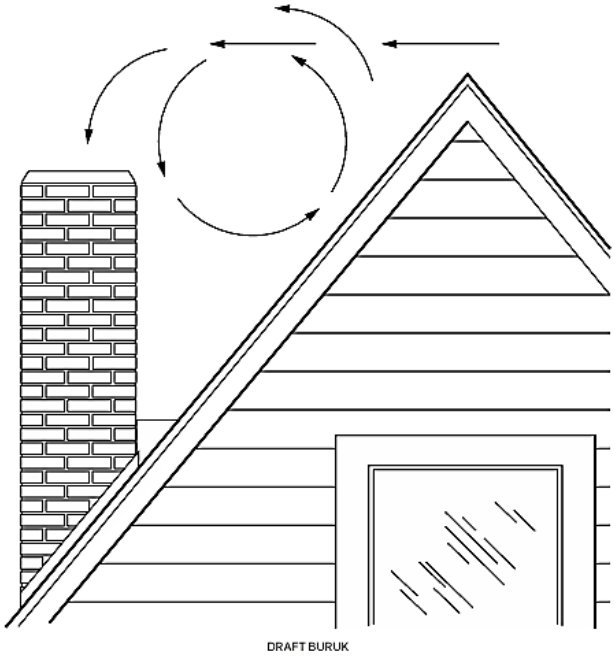
Hasil yang diperoleh menunjukkan draft teoritis di permukaan laut.

Untuk ketinggian yang lebih tinggi, perhitungan dapat dikoreksi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.1.

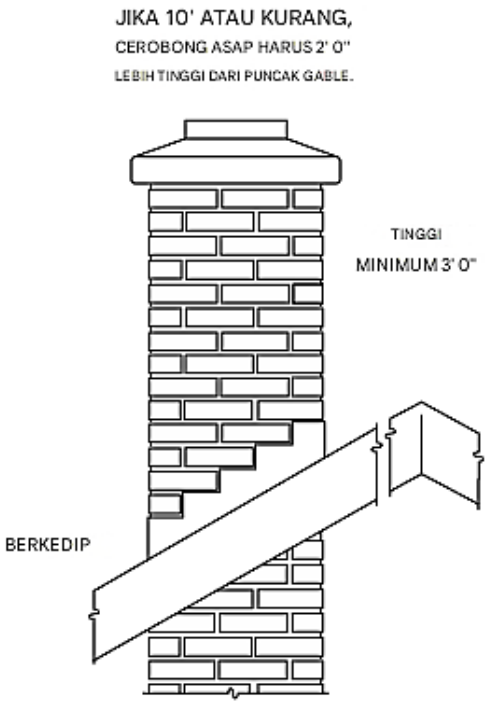
Tabel 6.1 Koreksi Ketinggian

Untuk Ketinggian (dalam Kaki)	Kalikan dengan
1000	0,966
2000	0,932
3000	0,900
5000	0,840
10.000	0,69

Penyebab umum draft yang buruk di cerobong asap rumah adalah puncak atap yang memanjang lebih tinggi dari cerobong asap. Dalam kasus seperti itu, angin yang bertiup melintasi atau melawan atap akan membentuk arus eddy yang mendorong cerobong asap atau menghentikan kenaikan alami gas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.2. Untuk menghindari hal ini, cerobong asap harus diperpanjang setidaknya 2 kaki lebih tinggi dari atap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.3.



Gambar 6.2 Bagaimana puncak atap yang lebih tinggi dari puncak cerobong asap dapat menyebabkan aliran udara ke bawah.



Gambar 6.3 Diperlukan jarak yang cukup antara puncak atap dan bagian atas cerobong asap.

Untuk mengurangi hambatan atau gesekan yang disebabkan oleh dinding cerobong asap seminimal mungkin, cerobong asap harus dibuat selurus mungkin dari bawah ke atas. Hal ini tidak hanya memberikan aliran udara yang lebih baik tetapi juga memudahkan pembersihan. Namun, jika diperlukan pergeseran dari satu lantai ke lantai lainnya, pergeseran

tersebut harus dilakukan secara bertahap. Pergeseran tersebut tidak boleh terlalu jauh sehingga pusat gravitasi bagian atas berada di luar area bagian bawah. Dengan kata lain, pusat gravitasi harus berada dalam lebar dan tebal cerobong asap di bawah pergeseran tersebut.

6.1 CEROBONG ASAP

Cerobong asap yang melayani dua lantai atau lebih harus memiliki cerobong asap terpisah untuk setiap perapian. Cerobong asap harus selalu dilapisi dengan bahan tahan api. Faktanya, undang-undang bangunan kota-kota besar mengatur hal ini. Cara yang paling murah untuk membangunnya adalah dengan membuat dinding setebal 4 inci, dilapisi dengan lapisan cerobong asap tanah liat yang dibakar.

Dengan dinding setebal ini, jangan pernah menghilangkan lapisan dan jangan pernah mengganti lapisan dengan plester. Pemuaian dan penyusutan cerobong asap akan menyebabkan plester retak dan lubang dari bagian dalam cerobong asap akan terbentuk. Pastikan semua sambungan terisi penuh dengan lempung tahan api atau mortar tahan api. Ketika tungku pembakaran batu bara umum digunakan, cerobong asapnya dibuang ke cerobong asap yang tidak dilapisi. Jelaga melapisi dan melindungi dinding cerobong asap. Tungku pembakaran batu bara telah digantikan dengan tungku pembakaran minyak dan gas.

Kotoran dalam gas berubah menjadi asam yang merusak mortar biasa. Banyak produsen peralatan gas memperingatkan agar tidak membuangnya ke cerobong asap pasangan bata. Kode Mekanik Nasional BOCA 1990 mengharuskan "pelapis lempung tahan api harus dilapisi dengan hati-hati satu sama lain dengan mortar tahan api tugas sedang." Meskipun KODE UBC mengizinkan cerobong asap yang tidak dilapisi jika dindingnya setebal 8 inci, cerobong asap tersebut tidak memiliki perlindungan terhadap serangan asam. Jangan bergantung pada inspektur bangunan yang memberlakukan penggunaan mortar tahan api untuk merekatkan cerobong asap. Pastikan lempung tahan api atau mortar tahan api akan digunakan dan sedang digunakan.

Pelapis tanah liat untuk cerobong asap juga mengikuti sistem ukuran modular. Tabel 6-2 mencantumkan ukuran umum yang tersedia saat ini. Lapisan cerobong asap harus memanjang sepanjang tinggi cerobong asap, menjorok sekitar 4 inci di atas tutup dan lereng yang dibentuk dari semen hingga 2 inci dari bagian atas lapisan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.3. Ini membantu memberikan arah ke atas pada arus angin di bagian atas cerobong asap dan cenderung mencegah hujan dan salju tertiup ke bawah di dalam cerobong asap.

Informasi yang diberikan di sini terutama ditujukan untuk cerobong asap di rumah tinggal. Cerobong asap biasanya memiliki suhu di bawah 600◦F. Cerobong asap yang lebih besar, yang digunakan untuk sekolah dan bangunan besar lainnya, memiliki kisaran suhu antara 600◦F dan 800◦F. Cerobong asap industri dengan suhu di atas 800◦F sering kali sangat tinggi dan memerlukan rekayasa khusus untuk perencanaan dan pelaksanaannya. Cerobong asap bata bersuhu tinggi harus menyertakan batang penguat baja untuk mencegah retak yang disebabkan oleh pemuaian dan penyusutan akibat perubahan suhu.

Tabel 6.2 Ukuran Standar Pelapis Cerobong Tanah Liat Modular

Luas Bersih Minimum Dalam (inci persegi)	*Nominal (1) Dimensi (di dalam)*	*Luar (2) Dimensi (di dalam)*	*Ketebalan Dinding Minimum (di dalam)*	*Perkiraan Radius Sudut Luar Maksimum (inci)*
15	4 x 8	3.5 x 7.5	0.5	1
20	4 x 12	3.5 x 11.5	0.625	1
27	4 x 16	3.5 x 15.5	0.75	1
35	8 x 8	7.5 x 7.5	0.625	2
57	8 x 12	7.5 x 11.5	0.75	2
74	8 x 16	7.5 x 15.5	0.875	2
87	12 x 12	11.5 x 11.5	0.875	3
120	12 x 16	11.5 x 15.5	1.0	3
162	16 x 16	15.5 x 15.5	1.125	4
208	16 x 20	15.5 x 19.5	1.25	4
262	20 x 20	19.5 x 19.5	1.375	5
320	20 x 24	19.5 x 23.5	1.5	5
385	24 x 24	23.5 x 23.5	1.625	6

(1) Penampang melintang lapisan cerobong harus sesuai dengan persegi panjang berdimensi yang sesuai dengan ukuran nominal.
(2) Panjang dalam setiap kasus harus 24 ± 0,5 inci.

6.2 KONSTRUKSI CEROBONG ASAP

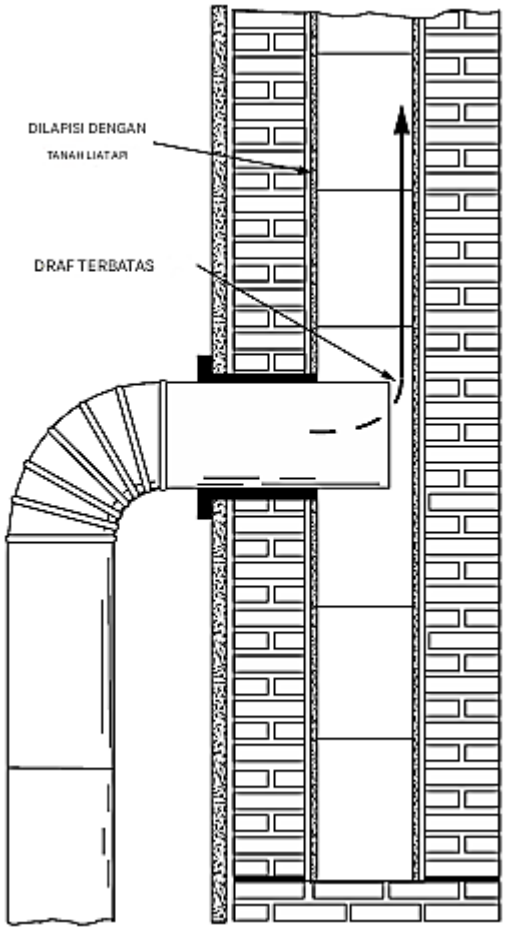
Setiap pemikiran yang mungkin harus diberikan untuk menyediakan aliran udara yang baik, pelapisan mortar antibocor, dan perlindungan dari perpindahan panas ke bahan yang mudah terbakar. Aliran udara yang baik berarti cerobong asap tanpa halangan. Cerobong asap harus lurus dari sumber ke saluran keluar. Pipa logam dari tungku ke cerobong asap harus berakhir rata dengan bagian dalam cerobong asap dan tidak menonjol ke dalam cerobong asap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.4. Cerobong asap harus lurus dari sumber ke saluran keluar, tanpa tikungan jika memungkinkan.

Ketika dua sumber (seperti tungku dan perapian) mengalirkan satu cerobong asap, masing-masing harus memiliki cerobong asap yang terpisah. Untuk mencegah kebocoran asap dan gas dari cerobong asap ke dalam rumah, dan untuk meningkatkan aliran udara, pekerjaan khusus pelapisan mortar yang cermat harus diperhatikan. Lapisan mortar pada setiap lapisan bata harus rata dan menutupi seluruh bata. Pelapisan mentega di ujung harus lengkap. Namun, yang terbaik adalah melapisi lapisan cerobong asap dengan mortar tipis di antara lapisan dan bata. Gunakan secukupnya untuk menahan lapisan dengan kuat. Ruang udara yang tersisa berfungsi sebagai insulasi udara tambahan antara lapisan dan bata serta mengurangi perpindahan panas.

Tidak ada bahan yang mudah terbakar (seperti kayu rangka atap atau balok lantai) yang

boleh menempel pada cerobong asap itu sendiri. Harus ada jarak setidaknya 2 inci antara kayu dan bata cerobong asap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.1. Bata dan lapisan cerobong asap dibuat bersama-sama. Tanah liat lapisan ditempatkan terlebih dahulu dan bata dibangun di sekitarnya. Bagian lapisan lainnya ditempatkan, bata dibangun, dan seterusnya.

Cerobong asap yang membawa keluar gas buang tungku pembakaran minyak dan batu bara (jika masih digunakan) memerlukan perangkap pembersih. Pintu besi cor kedap udara dipasang pada titik di bawah pintu masuk pipa asap tungku.



Gambar 6.4 Pipa tungku tidak boleh menjorok ke cerobong asap.

Karena berat bata di cerobong asap lebih berat, bagian dasarnya harus dibangun untuk menahan beban. Pondasi untuk cerobong asap rumah tangga harus setebal sekitar 4 inci. Jika perapian disertakan, ketebalan pondasi harus ditingkatkan menjadi sekitar 8 inci.

Setelah cerobong asap selesai, cerobong asap harus diuji kebocorannya. Buat api unggun di bagian bawah dan tunggu asap keluar dari bagian atas. Tutup bagian atas dan periksa dengan saksama bagian cerobong asap lainnya untuk mencari kebocoran. Jika ada, tambahkan mortar di titik kebocoran.

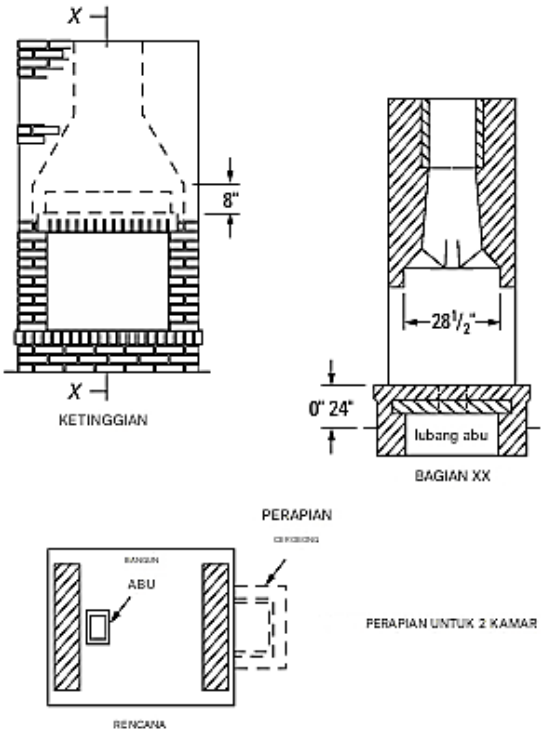
Pembangun harus memahami kode lokal untuk konstruksi cerobong asap. Konsultasikan kode bangunan dan mekanik yang berlaku serta kode *National Fire Protection Association* (NFPA).

6.3 PERAPIAN

Selama bertahun-tahun, perapian menjadi bahan pembicaraan yang dekoratif. Dengan munculnya krisis Organisasi Negara-negara Penghasil dan Pengekspor Minyak (OPEC), perapian mulai digunakan sebagai sumber panas tambahan. Karena penggunaan yang meningkat untuk jangka waktu yang lebih lama dan pada suhu pengoperasian yang lebih tinggi, diperlukan kehati-hatian yang lebih dalam desainnya. Suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan masalah.

Uji coba selama berabad-abad telah menghasilkan standarisasi ukuran peredam dan cerobong asap, ukuran kotak api, hubungan area cerobong asap dengan area bukaan perapian, dan sebagainya. Meskipun ada ratusan desain individual, sebenarnya ada tiga jenis dasar perapian perumahan: satu sisi, Rumford, dan multisisi.

Perapian satu sisi telah ada selama berabad-abad dan merupakan jenis perapian yang paling umum digunakan.



Gambar 6.5 Perapian dua sisi ideal sebagai pembatas ruangan.

Perapian Rumford adalah perapian satu sisi yang berbeda dari perapian konvensional yang lebih dalam dan bersisi hampir lurus. Pada perapian konvensional, sekitar 75 persen panas digunakan untuk memanaskan gas buang, asap, dan dinding perapian. Meskipun ini menghasilkan api yang lebih panas, ini tidak memungkinkan banyak panas yang terpancar masuk ke ruangan dan menghangatkannya. Rumford memiliki sisi yang melebar atau melebar, bagian belakang yang dangkal, dan bukaan yang tinggi. Dengan membuat kotak api yang lebih rendah dan melebarkan sisi-sisinya, perapian Rumford memungkinkan lebih banyak panas yang terpancar masuk ke dalam ruangan.

Perapian multisisi (Gambar 6.5) terkadang dianggap sementara. Akan tetapi, perapian ini kuno (misalnya, perapian sudut telah digunakan di Skandinavia selama berabad-abad). Semua sisi atau sisi yang berseberangan atau berdekatan dapat dibuka. Karena adanya bukaan, perapian multisisi tidak sehemat energi seperti perapian satu sisi karena massa (bata) di sekitar api lebih sedikit untuk menahan dan memancarkan panas. Perapian ini memiliki keuntungan karena terletak di dalam bangunan, sehingga lebih sedikit panas yang hilang ke luar. Kinerjanya dapat ditingkatkan dengan menambahkan saluran masuk udara luar, dan layar api kaca, yang harus tetap tertutup saat perapian tidak digunakan.

Efisiensi perapian umum berkisar antara 0 dan 15 persen. Selain itu, sedikit yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi tersebut. Menambahkan sekat api dari kaca dan menyediakan saluran masuk udara luar tidak banyak membantu meningkatkan kinerja. Sekat api (pintu) dari kaca menghentikan sebagian aliran udara dalam ruangan melalui cerobong asap. Menjaga pintu tetap tertutup pada malam hari atau setiap kali api padam adalah penting.

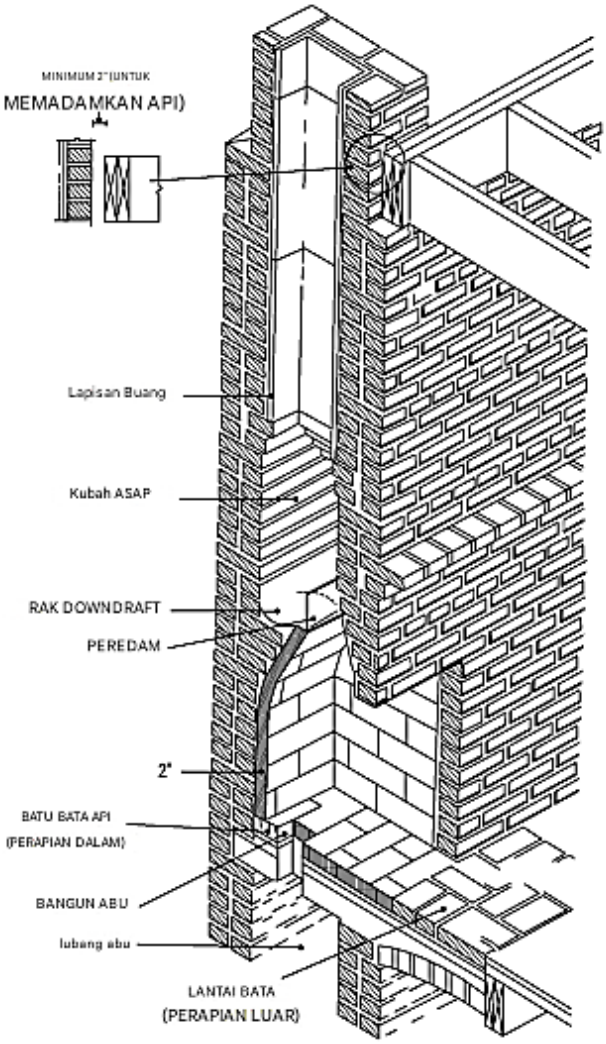
Sayangnya, selain menghentikan aliran udara melalui cerobong asap, pintu juga menghentikan aliran panas ke dalam ruangan. Menurut para peneliti di Laboratorium Lawrence Berkeley yang mengukur kehilangan sekunder dari perapian, efisiensi sebenarnya dari perapian adalah sekitar 5 persen dari nilai kalor kayu. Perapian adalah alat pemanas yang paling boros yang dijual di Amerika.

Gambar 6.6 Pemanas pasangan bata.

Gambar 6.7 Pemanas pasangan bata.

Catherine Beecher, dalam American Woman's Home-nya tahun 1869, menghilangkan semua perapian karena ia menganggapnya kotor dan tidak efisien. Perapian Rusia atau pemanas dari batu bata telah digunakan di Eropa utara dan timur selama berabad-abad. Gambar 6.6 dan Gambar 6.7 menunjukkan dua contoh perapian dari batu bata.

Desain perapian Rusia atau Finlandia terlalu rumit untuk dibahas di sini. Efisiensi pembakaran kayu sebesar 80 hingga 90 persen dicapai dengan mengendalikan pemasukan udara ke dalam kotak api, dan mengalirkan gas panas melalui sistem penyekat. Gas hasil pembakaran panas memanaskan dinding pemanas, yang selanjutnya memanaskan ruangan. Untuk informasi lebih lanjut, lihat Brick Institute of America, Technical Notes 19D dan 19E, 1988.



Gambar 6.8 Penampang melintang perapian dan cerobong asap khas desain modern.

Mungkin tidak ada negara lain yang memiliki begitu banyak jenis dan gaya perapian yang dibangun seperti di Amerika Serikat. Meskipun lapisan perapian yang berhias mungkin terbuat dari bahan selain batu bata, cerobong asap dan fondasinya selalu terbuat dari batu bata. Gambar 6.8 menunjukkan penampang perapian dan cerobong asap yang cocok untuk rumah pada umumnya.

Perapian umumnya dibangun di ruang tamu atau ruang keluarga. Apa pun yang Anda pilih, lokasi perapian harus memungkinkan panas yang maksimal untuk diradiasikan ke dalam ruangan, dengan pertimbangan untuk menjadikannya pusat area percakapan. Pada suatu waktu, lokasinya ditentukan oleh lokasi tungku, untuk memanfaatkan cerobong asap umum.

Saat ini, dengan sistem pemanas yang kompak, cerobong asap sering kali berupa pipa logam dari cerobong tungku, langsung ke atap, bukan dari jenis konstruksi batu bata. Cerobong asap perapian batu bata kemudian dapat ditempatkan agar sesuai dengan lokasi perapian terbaik di rumah dan ruangan.

Gaya perapian sangat bervariasi dari yang agak besar dengan bukaan lebar (Gambar 6.9) hingga perapian sudut yang lebih kecil. Anda juga bisa mendapatkan berbagai unit prefabrikasi yang bisa dipasang sendiri oleh rata-rata orang (Gambar 6.10).

Gambar 6.9 Perapian besar memancarkan panas dan menambah kesan nyaman pada ruangan yang tidak dapat disamai oleh apa pun.

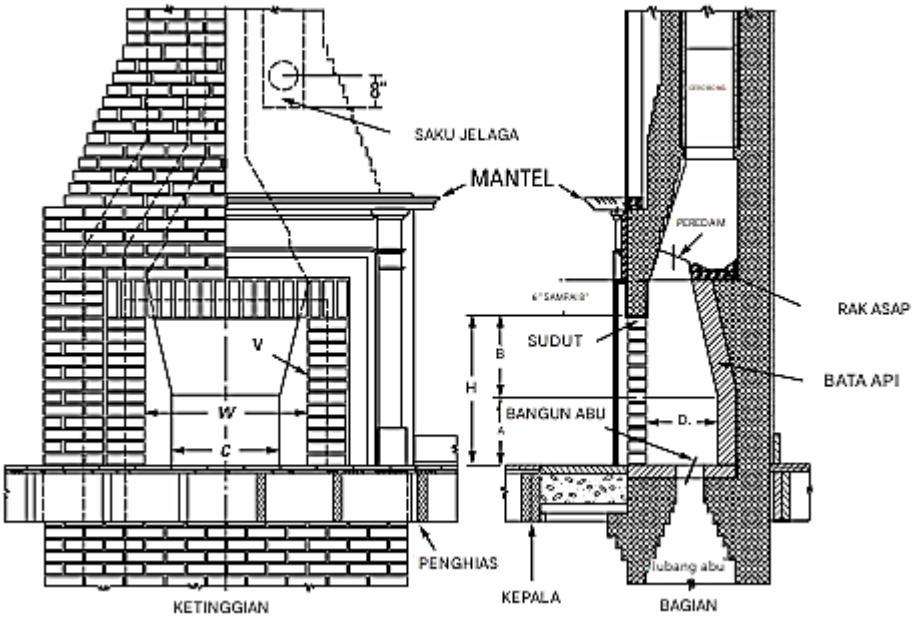
Gambar 6.10 Saat ini, ada banyak jenis perapian prefabrikasi.

Meskipun potongan kayu besar dapat dibakar di perapian yang lebih besar, terlepas dari ukurannya, pengalaman telah menunjukkan bahwa rasio tinggi, lebar, kedalaman, dan sebagainya tertentu, harus dipertahankan untuk aliran udara terbaik di bawah dan di sekitar kayu yang terbakar. Tabel 6.3 menunjukkan dimensi yang direkomendasikan yang terkait dengan sketsa pada Gambar 6.11.

Tabel 6.3 Ukuran Pembukaan Perapian yang Direkomendasikan

Pembukaan			Minimum Kembali (Horizontal) c	Dinding Belakang Vertikal, a	Dinding Belakang Miring, b	Dimensi Luar Lapisan Cerobong Persegi Panjang Standar	Diameter Dalam Lapisan Cerobong Asap Bulat Standar
Lebar, w	Tinggi, h	Kedalaman, d					
Inci	Inci	Inci	Inci	Inci	Inci	Inci	Inci
24	24	16-18	14	14	16	$8^1/_2 \times 8^1/_2$	10
28	24	16-18	14	14	16	$8^1/_2 \times 8^1/_2$	10
24	28	16-18	14	14	20	$8^1/_2 \times 8^1/_2$	10
30	28	16-18	16	14	20	$8^1/_2 \times 13$	10

36	28	16-18	22	14	20	$8^1/_2$ x 13	12
42	28	16-18	28	14	20	$8^1/_2$ x 18	12
36	32	18-20	20	14	24	$8^1/_2$ x 18	12
42	32	18-20	26	14	24	13 x 13	12
48	32	18-20	32	14	24	13 x 13	15
42	36	18-20	26	14	28	13 x 13	15
48	36	18-20	32	14	28	13 x 18	15
54	36	18-20	38	14	28	13 x 18	15
60	36	18-20	44	14	28	13 x 18	15
42	40	20-22	24	17	29	13 x 13	15
48	40	20-22	30	17	29	13 x 18	15
54	40	20-22	36	17	29	13 x 18	15
60	40	20-22	42	17	29	18 x 18	18
66	40	20-22	48	17	29	18 x 18	18
72	40	22-28	51	17	29	18 x 18	18



Gambar 6.11 Sketsa perapian dasar. Huruf-huruf mengacu pada ukuran yang direkomendasikan dalam Tabel 6.2.

6.4 KONSTRUKSI PERAPIAN

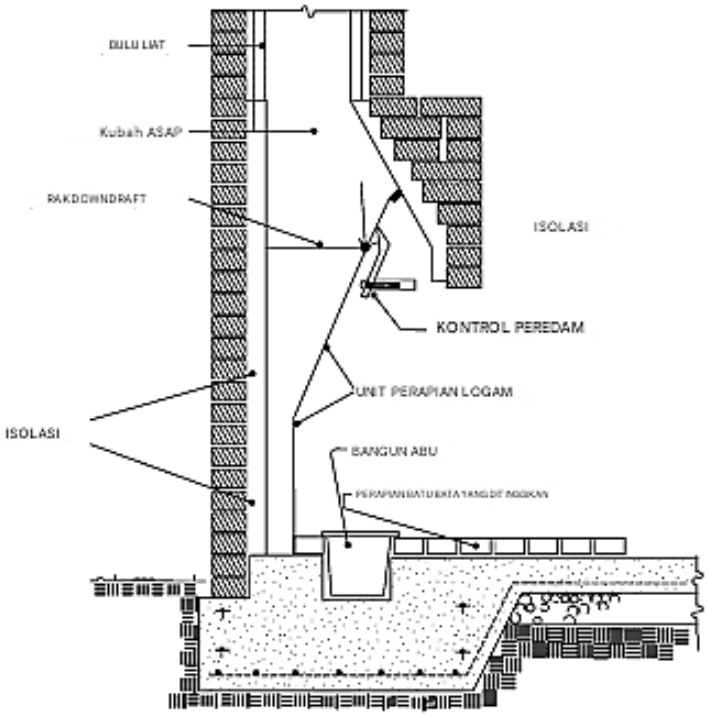
Patung bata hampir selalu digunakan untuk konstruksi perapian. Terkadang, pasangan bata digunakan di sekeliling perapian logam dari merek dagang Heatalator. Meskipun semua jenis bata dapat digunakan untuk bagian luar perapian, tungku api harus dilapisi dengan tanah liat tahan api atau bata tahan api bersuhu tinggi.

Tungku api hampir selalu miring di bagian belakang dan samping. Ini dimaksudkan untuk memantulkan panas sebanyak mungkin ke depan. Semakin banyak permukaan yang terpapar gas panas yang dilepaskan oleh api, semakin banyak panas yang akan terpancar ke

dalam ruangan. Gambar 6.8 adalah tampilan potongan perapian yang seluruhnya terbuat dari bata untuk rumah dengan ruang bawah tanah. Satu-satunya bagian yang bukan bata adalah peredam yang dapat disesuaikan. Ruang bawah tanah memungkinkan penyimpanan abu yang sangat besar sebelum pembersihan diperlukan.

Tempat pembuangan abu terbuka ke rongga ruang bawah tanah. Pintu pembersihan di bagian bawah terbuka ke dalam ruang bawah tanah. Gambar 6.12 adalah tampilan potongan samping perapian umum untuk rumah yang dibangun di atas lempengan beton. Perapian ini menggunakan bentuk logam yang disebutkan. Tempat pembuangan abu adalah kotak logam kecil yang dapat diangkat keluar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.13.

Pada beberapa konstruksi rumah lempengan, tempat pembuangan abu adalah rongga yang terbentuk di pondasi beton dengan bukaan untuk pembersihan di bagian belakang rumah. Kisi-kisi logam di atas bukaan tersebut mencegah potongan kayu besar jatuh ke dalam tempat pembuangan abu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.14.



Gambar 6.12 Perapian yang dibangun di atas lempengan beton.

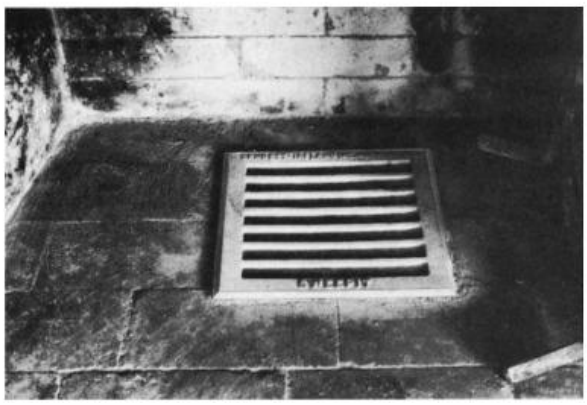
Pentingnya Perapian

Setiap perapian harus memiliki area bata di depannya, tempat bara kayu panas dapat jatuh dengan aman. Tampak denah Gambar 6.15 menunjukkan perapian bata yang dibangun 16 inci dari perapian itu sendiri sebagaimana diharuskan oleh Kode Mekanik BOCA 1990. Sisi perapian harus memanjang minimal 8 inci di setiap sisi perapian. Perpanjangan perapian ini diperuntukkan bagi bukaan perapian kurang dari 6 kaki persegi. Perapian perapian yang lebih besar harus memanjang keluar 20 inci dan minimal 12 inci di setiap sisi bukaan. Perapian dan perpanjangan perapian harus dibuat dari pasangan bata padat minimal 4 inci. Ini seharusnya menjadi jarak minimum. Paling sering, perapian dinaikkan beberapa inci di atas permukaan

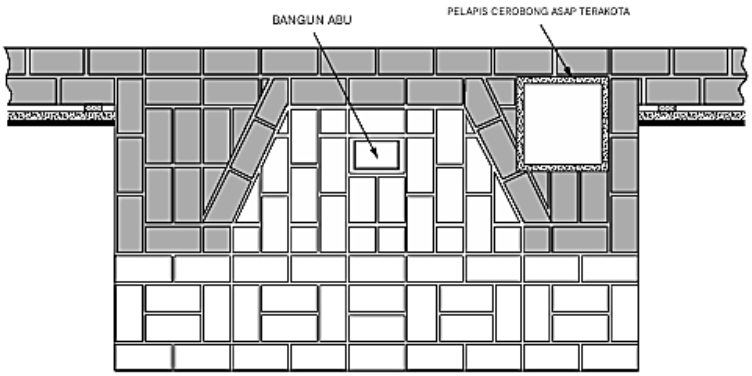
lantai. Ini akan menaikkan perapian itu sendiri, yang semuanya memudahkan pemeliharaan api.

Selain perlindungan lantai melalui perapian, setiap perapian pembakar kayu harus memiliki layar untuk mencegah percikan api yang beterbangan menyebar melampaui jarak perapian dan ke lantai berkarpet atau ubin plastik.

Gambar 6.13 Kotak abu logam yang dapat diangkat dan digunakan di banyak perapian yang dibangun di atas lempengan beton.



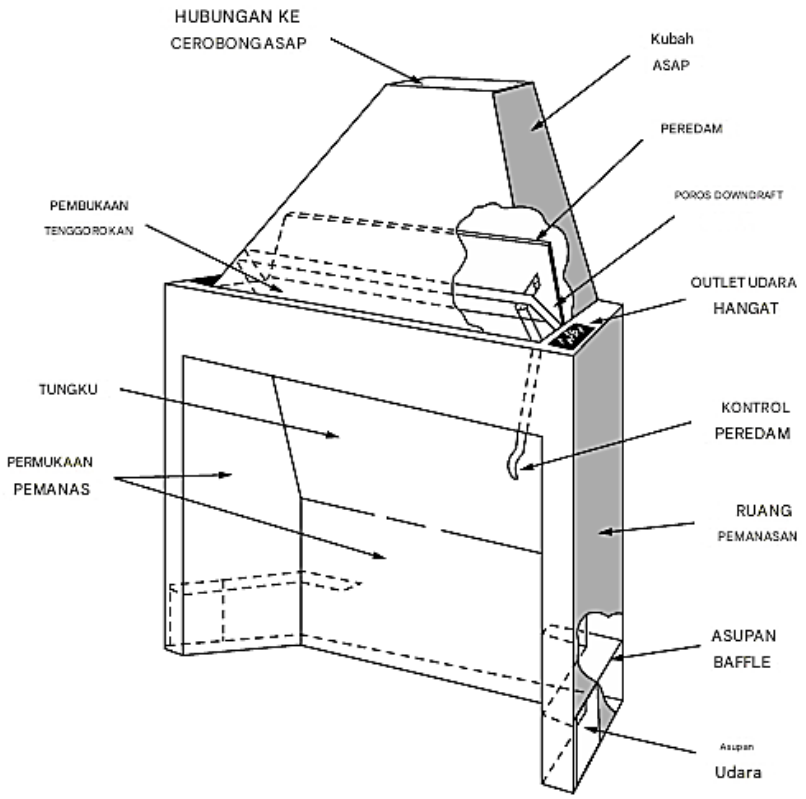
Gambar 6.14 Kisi-kisi besi cor di atas kotak abu untuk mencegah potongan kayu besar yang terbakar jatuh ke dalam kotak abu.



Gambar 6.15 Perapian bata di depan perapian menampung bara api panas yang mungkin jatuh dari api.

Bentuk Perapian Siap Pakai

Tersedia sejumlah bentuk logam yang memudahkan konstruksi perapian. Seperti unit prefabrikasi, bentuk ini menjadi titik awal yang baik bagi pemilik rumah yang praktis yang dapat membangun tambahan perapian di rumah (Gambar 6.16). Banyak merek tersedia di toko perapian dan dealer perlengkapan bangunan.



Gambar 6.16 Sebuah rangka logam prefabrikasi yang memudahkan konstruksi perapian.

Unit ini dibuat dari logam berat atau baja pelat, dirancang untuk dipasang dan disembunyikan oleh susunan batu bata biasa, atau konstruksi lainnya, sehingga tidak diperlukan perubahan praktis pada desain rak perapian karena penggunaannya. Salah satu keuntungan yang diklaim untuk unit perapian yang dimodifikasi adalah kotak api yang dirancang dan proporsional dengan benar yang diproduksi dengan saluran, peredam, rak asap, dan ruang menyediakan bentuk untuk pasangan bata, sehingga mengurangi risiko kegagalan dan memastikan perapian tanpa asap.

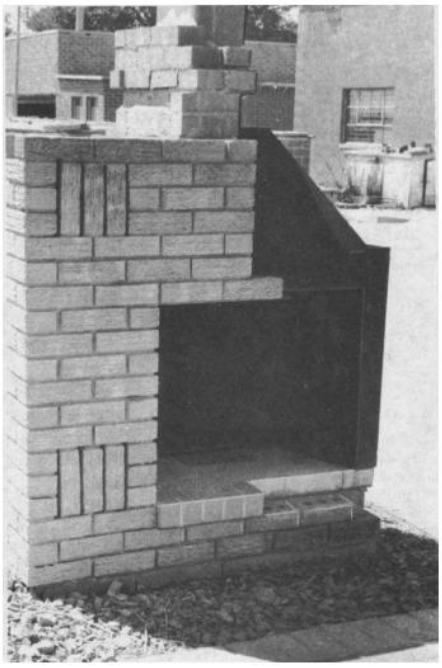
Namun, tidak ada alasan untuk menggunakan proporsi yang salah. Keinginan untuk menggunakan bentuk, seperti yang disediakan oleh unit yang dimodifikasi, tidak diperlukan hanya untuk mendapatkan proporsi yang baik. Setiap perapian harus dirancang agar sesuai dengan kebutuhan masing-masing, dan jika dimensi yang benar dipatuhi, perapian yang memuaskan akan diperoleh.

Sebelum memilih dan mendirikan perapian, beberapa desain yang sesuai harus dipertimbangkan dan perkiraan biaya masing-masing harus dibuat dengan cermat. Ingatlah

bahwa meskipun unit perapian yang dimodifikasi dirancang dengan baik, ia tidak akan beroperasi dengan baik jika cerobongnya tidak memadai. Oleh karena itu, untuk pengoperasian yang memuaskan, cerobong harus dibuat sesuai dengan aturan konstruksi yang benar untuk memberikan pengoperasian yang memuaskan dengan unit yang dimodifikasi, serta dengan perapian biasa.

Pabrikan unit yang dimodifikasi juga mengklaim bahwa tenaga kerja dan material yang dihemat cenderung mengimbangi harga pembelian unit, dan bahwa penghematan bahan bakar cenderung mengimbangi kenaikan biaya awal. Masa pakai minimal 20 tahun biasanya diklaim untuk jenis dan ketebalan logam yang umum digunakan dalam unit ini.

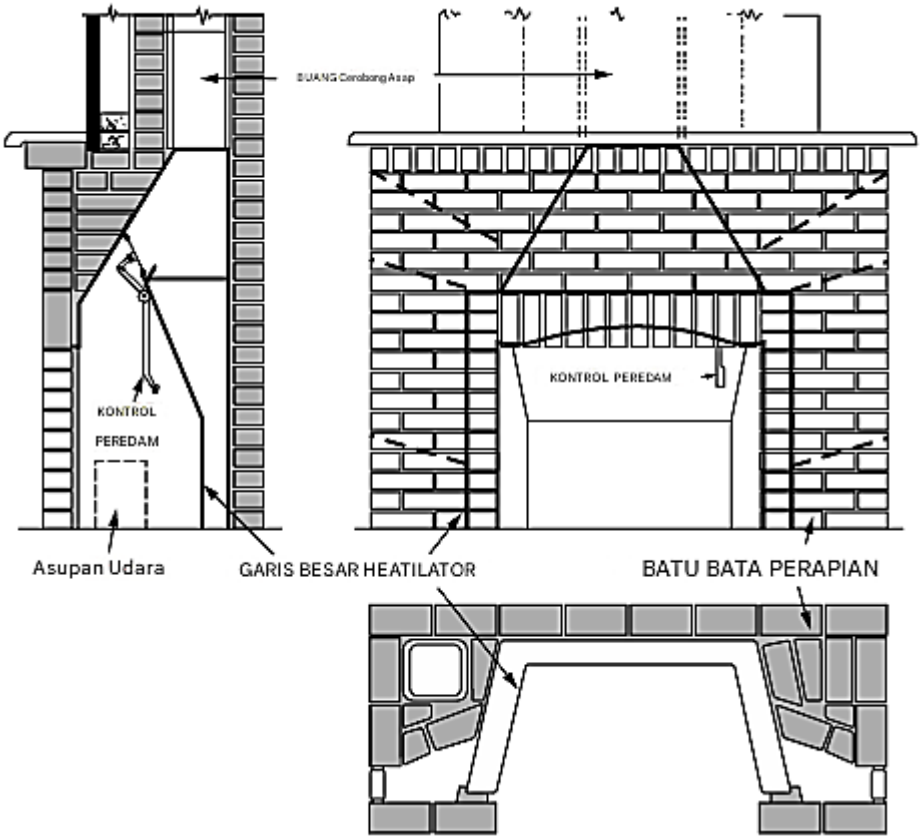
Gambar 6.17 Susunan batu bata di sekeliling bagian belakang perapian.



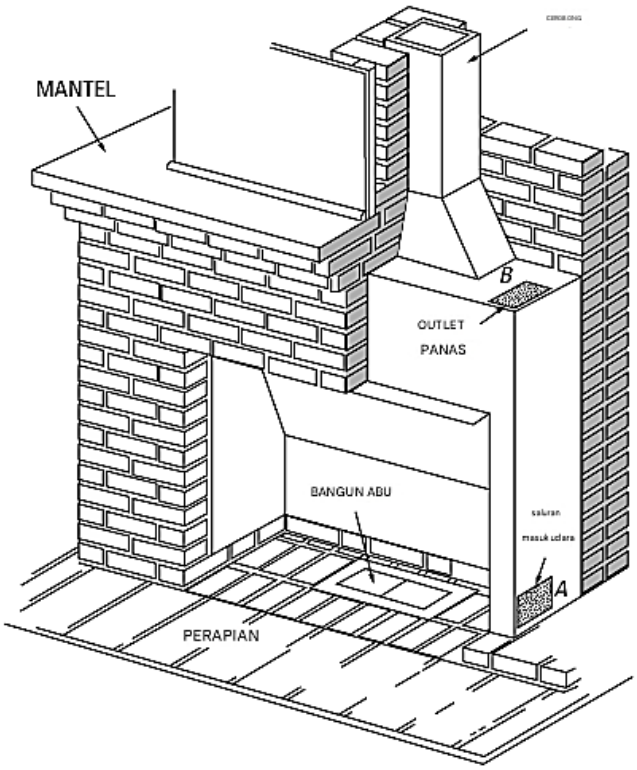
Gambar 6.18 Tampak depan susunan batu bata di sekeliling perapian logam.

Seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 6.17 dan Gambar 6.18, dan sketsa Gambar 6.19 dan Gambar 6.20, susunan batu bata dibangun di sekeliling rangka perapian logam. Tampak belakang Gambar 6.17 menunjukkan lapisan insulasi tahan api antara rangka logam dan batu bata. Lapisan wol tahan api harus setebal sekitar 1 inci. Perhatikan pintu abu, yang memberikan akses ke lubang abu untuk membuang abu dari luar rumah.

Gambar 6.18 menunjukkan tampak depan yang sebagian sudah dibangun. Dengan meninggalkan rongga udara yang besar di setiap sisi rangka logam dan membuat rangka bata dengan ventilasi, sebagian panas yang melewati sisi logam akan dikembalikan ke ruangan. Bata yang disusun secara rowlock tanpa mortar, tetapi dengan ruang udara, memungkinkan udara dingin masuk ke bawah dan udara hangat keluar ke ruangan melalui saluran keluar atas.



Gambar 6.19 Sketsa perapian umum yang dibangun di sekitar bentuk logam.

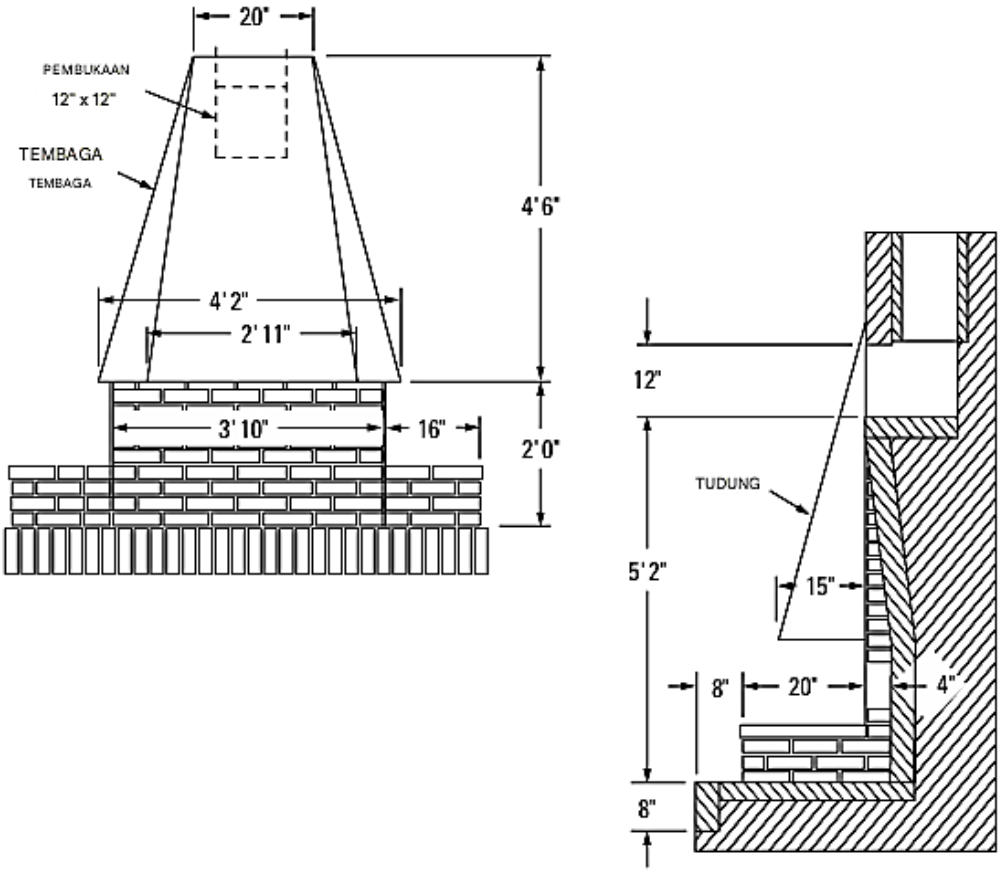


Gambar 6.20 Sketsa potongan perapian menggunakan cetakan logam.

Bagian depan cetakan dilengkapi ambang pintu untuk menahan susunan bata tepat di atas bukaan. Peredam yang terpasang merupakan bagian dari cetakan. Bahkan dengan penggunaan cetakan, fondasi yang baik diperlukan untuk dukungan yang tepat karena masih terdapat cukup banyak berat bata. Konstruksi cerobong asap mengikuti ilustrasi dan deskripsi yang diberikan sebelumnya masih diperlukan.

Gaya Perapian Lainnya

Ada sejumlah gaya perapian lainnya yang tersedia. Salah satunya adalah tipe berkerudung, yang memungkinkan konstruksi perapian keluar ke dalam ruangan daripada ke dalam dinding (Gambar 6.21).



Gambar 6.21 Sebuah kap yang menonjol keluar dari dinding membawa gas buang ke atas melalui cerobong asap.

Gaya lainnya adalah dua sisi, mirip dengan yang ditunjukkan pada Gambar 6.5. Kap ini digunakan untuk membangun dinding tipe semi-pembatas, seperti antara ruang tamu dan ruang makan. Dengan demikian, api dapat dinikmati dari salah satu ruangan, atau keduanya sekaligus dan panas yang dilepaskan dibagi antara kedua area.

Yang penting untuk pembakaran kayu yang sukses adalah sirkulasi udara yang baik di bawah dan di sekitar sisi-sisi perapian. Kisi-kisi logam berat yang mengangkat kayu bakar yang terbakar di atas lantai perapian sangat penting (Gambar 6.22).

Gambar 6.22 Sebuah kisi digunakan untuk menahan kayu di atas alasnya, yang memungkinkan udara bergerak di bawah dan melalui kayu yang terbakar.

6.4 PERAPIAN BERASAP

Saat perapian berasap, perapian harus diperiksa untuk memastikan bahwa persyaratan penting konstruksi seperti yang diuraikan sebelumnya telah terpenuhi. Jika cerobong asap tidak ditutup dengan batu bata yang jatuh dan sambungan mortar dalam kondisi baik, survei harus dilakukan untuk memastikan bahwa pohon-pohon di dekatnya atau gedung-gedung tinggi tidak menyebabkan arus eddy di cerobong asap.

Untuk menentukan apakah bukaan perapian tidak proporsional dengan area cerobong asap, pegang selembar logam di bagian atas bukaan perapian dan kemudian turunkan secara bertahap, buat bukaan lebih kecil hingga asap tidak masuk ke dalam ruangan. Tandai tepi bawah logam di sisi perapian.

Bukaan tersebut kemudian dapat diperkecil dengan membuat pelindung atau kap logam di bagian atas perapian sehingga tepi bawahnya berada pada tanda yang dibuat selama pengujian. Masalah dengan perapian berasap biasanya juga dapat diatasi dengan menambah tinggi cerobong asap.

Sambungan lapisan cerobong asap yang tidak disemen menyebabkan asap menembus sambungan cerobong asap dan keluar dari perapian. Solusi terbaik adalah dengan mencabut cerobong asap dan menyambung lapisan dengan benar.

Jika sambungan cerobong asap tidak disemen dan mortar pada bata di sekitarnya hancur, sering kali terjadi kebocoran udara di cerobong asap yang menyebabkan aliran udara yang buruk. Hal ini mencegah cerobong asap memberikan kemungkinan aliran udara yang biasanya disediakan oleh ketinggiannya.

Penyebab lain aliran udara yang buruk adalah angin yang dibelokkan ke bawah cerobong asap. Lingkungan sekitar rumah mungkin memiliki pengaruh yang nyata pada kinerja perapian. Jadi, misalnya, jika rumah tersebut terletak di kaki tebing atau bukit atau jika ada pohon tinggi di dekatnya, hasilnya mungkin akan membelokkan angin ke bawah cerobong asap dalam hembusan angin yang kencang. Metode yang paling umum dan efisien untuk mengatasi jenis kesulitan ini adalah dengan menyediakan kap di atas cerobong asap.

Memasang lapisan cerobong asap beberapa inci di atas rangka bata dengan sedikit semen di sekelilingnya juga dapat digunakan sebagai sarana untuk mendorong keluarnya asap dari cerobong asap. Ini akan secara efektif mencegah pusaran angin. Sedikit semen juga menyebabkan uap air mengalir dari atas dan mencegah masalah embun beku di antara lapisan

dan pasangan bata.

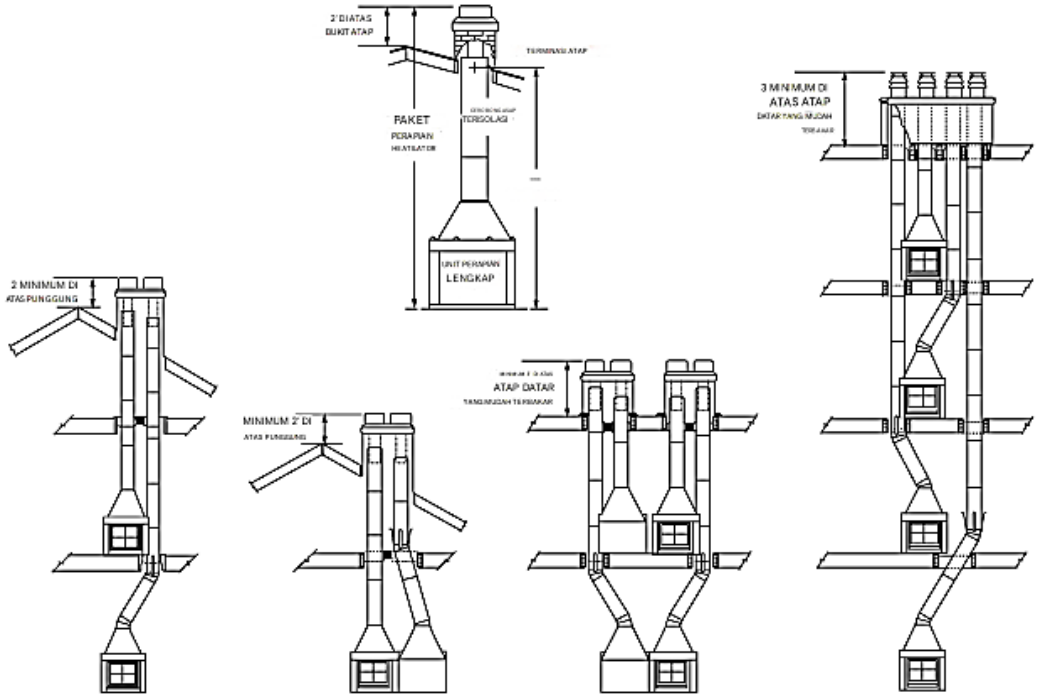
Perapian Pracetak

Ada sejumlah produsen perapian pracetak. Sebagian besar pembangun rumah modern memanfaatkan unit murah ini untuk rumah lintasan mereka dan bahkan untuk beberapa yang harganya di braket atas. Gambar 6.23 menunjukkan berbagai pengaturan dalam berbagai bangunan satu, dua, dan empat lantai.

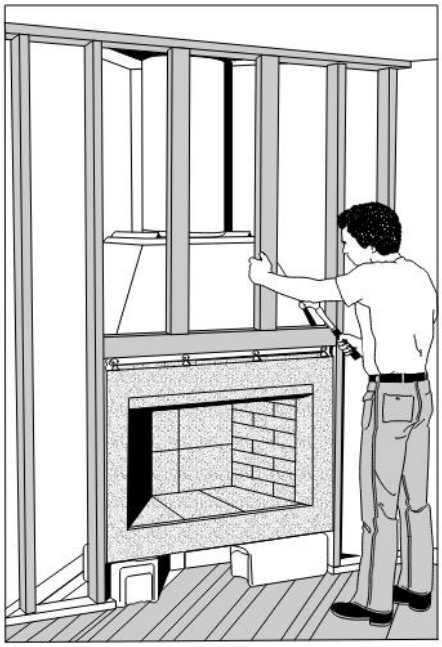
Gambar 6.24 menunjukkan unit perapian logam yang ditempatkan dalam rangka rumah dan kemudian akan ditutup dengan drywall dan ubin serta batu tulis untuk mempercantiknya agar tampak persis seperti perapian bata kuno.

Perapian berdiri bebas pada Gambar 6.25 tidak harus ditutup. Perapian menjadi bagian dari dekorasi ruangan. Perhatikan bagaimana batu-batu tersebut dimanfaatkan untuk menyediakan perapian dan membuat unit tersebut tahan api. Unit yang lebih besar yang ditunjukkan pada Gambar 6.26 merupakan unit yang memerlukan sedikit usaha lebih dari kontraktor bangunan dalam pemasangannya. Perhatikan bagaimana sistem sirkulasi udara ditekankan dan udara luar dibawa ke dalam unit tersebut sehingga tidak menghabiskan semua oksigen di dalam rumah saat kayu-kayu tersebut terbakar.

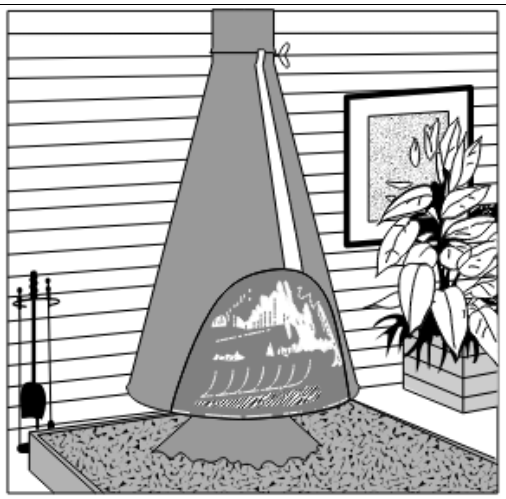
Pada Gambar 6.27 atap sedang dibuka dan cerobong asap sedang dipasang. Perhatikan tabung logam di dalam tabung dan jarak antara keduanya di B. Hal ini mencegah tabung luar menjadi terlalu panas karena akan berada di dekat rangka kayu rumah. Jenis ini dapat ditambahkan kemudian setelah rumah dibangun atau disertakan dalam konstruksi baru.



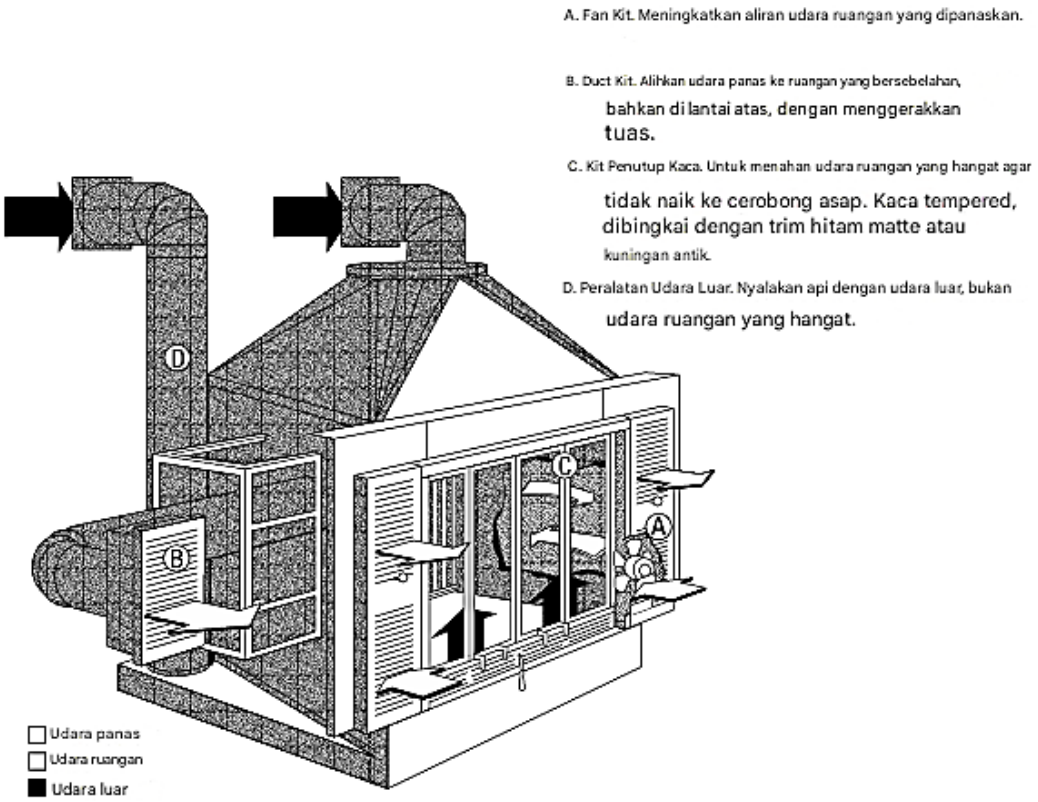
Gambar 6.23 Berbagai pengaturan untuk perapian prefabrikasi.



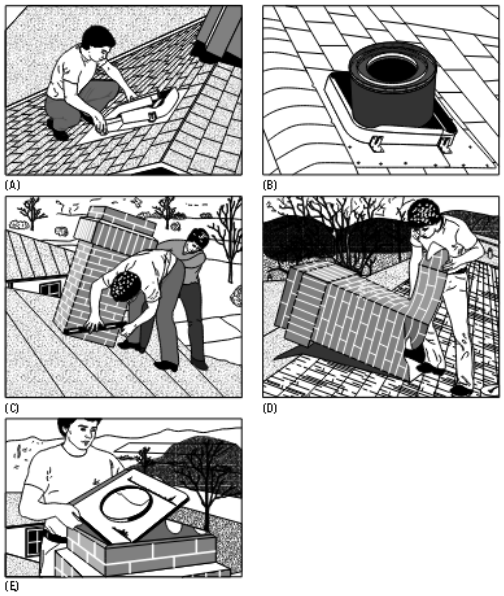
Gambar 6.24 Unit prefabrikasi logam ditutup untuk memungkinkan sentuhan akhir.



Gambar 6.25 Perapian berdiri bebas yang memperindah perabotan ruangan**.**



Gambar 6.26 Unit perapian logam dengan sirkulasi udara yang ditunjukkan oleh anak panah.



Gambar 6.27 Menyelesaikan pemasangan perapian di atap. Perhatikan batu bata tiruan.

Ringkasan

Istilah cerobong asap umumnya mencakup cerobong asap itu sendiri dan perapian di dalam rumah. Perapian yang dibangun dengan tidak tepat dapat menyebabkan berbagai macam masalah. Beberapa istilah yang digunakan untuk cerobong asap adalah cerobong asap, lapisan cerobong asap, peredam, dan aliran udara. Puncak atap yang lebih tinggi dari bagian atas cerobong asap dapat menyebabkan aliran udara ke bawah. Untuk mencegah kebocoran asap dan gas dari cerobong asap ke dalam rumah, dan untuk meningkatkan aliran udara, pekerjaan khusus berupa pengadukan yang cermat harus diperhatikan.

Perapian Rumford adalah perapian satu sisi yang berbeda dari perapian konvensional yang lebih dalam dan bersisi hampir lurus. Efisiensi perapian umum berkisar antara 0 dan 15 persen. Tidak banyak yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi ini. Batu bata hampir selalu digunakan untuk membangun perapian. Tentu saja, perapian prefabrikasi sebagian besar terbuat dari logam. Setiap perapian harus memiliki perapian, tempat bara api dapat jatuh tanpa menyebabkan kebakaran rumah. Lingkungan sekitar rumah mungkin memiliki pengaruh yang nyata terhadap kinerja perapian. Menempatkan bevel semen di sekitar bagian atas cerobong asap dapat menyebabkan air mengalir dari atas dan mencegah masalah embun beku antara lapisan dan pasangan bata.

Latihan Soal

1. Apa arti umum dari istilah cerobong asap?
2. Apa perbedaan antara cerobong asap dan perapian?
3. Bagaimana intensitas aliran udara cerobong asap diukur?
4. Apa itu cerobong asap? Di mana cerobong asap ditempatkan dalam konstruksi rumah?
5. Mengapa perapian atau cerobong asap memerlukan lapisan cerobong asap?
6. Apa yang terjadi jika cerobong asap lebih rendah dari bagian atas rumah?
7. Apa yang terjadi jika pipa tungku menjorok ke dalam cerobong asap cerobong asap?

8. Apa itu perapian Rusia?
9. Mengapa perapian penting dalam pengoperasian perapian?
10. Apa setidaknya tiga penyebab perapian berasap?

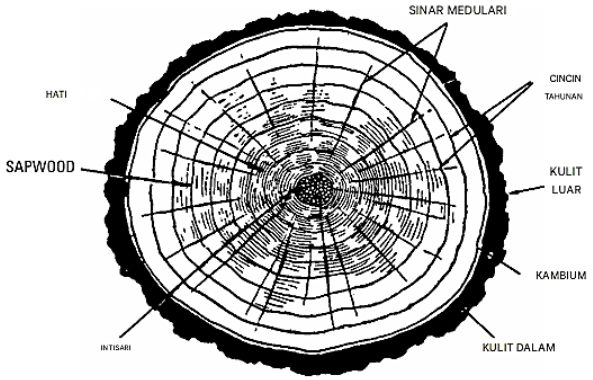
BAB 7
KAYU YANG DIGUNAKAN DALAM KONSTRUKSI

Kayu merupakan bahan bangunan yang paling serbaguna dan paling berguna, dan pengetahuan umum tentang karakteristik fisik berbagai kayu yang digunakan dalam operasi pembangunan penting bagi tukang kayu dan pengguna biasa.

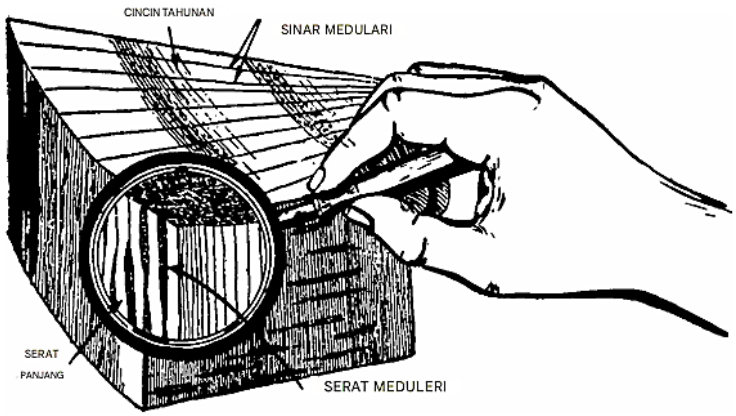
Secara botani, semua pohon yang dapat digergaji menjadi kayu atau balok kayu termasuk dalam divisi yang disebut Spermatophyta. Ini termasuk kayu lunak dan kayu keras.

- Berkaitan dengan kepadatannya, kayu dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
  - Lunak
  - Keras
- Berkaitan dengan daunnya, kayu dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
  - Berdaun jarum atau bersisik, secara botani Gymnospermae, atau konifer, umumnya disebut kayu lunak. Sebagian besar, tetapi tidak semuanya, adalah pohon cemara.
  - Berdaun lebar, secara botani Angiospermae, umumnya disebut kayu keras. Sebagian besar adalah pohon peluruh, menggugurkan daunnya di musim gugur. Hanya satu jenis kayu keras berdaun lebar, Ginkgo Cina, yang termasuk dalam subdivisi Gymnospermae
- Berdasarkan corak atau warnanya, kayu dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
  - Putih atau sangat terang
  - Kuning atau kekuningan
  - Merah
  - Cokelat
  - Hitam, atau hampir hitam
- Berdasarkan serat kayu, kayu dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
  - Lurus
  - Silang
  - Halus
  - Kasar
  - Saling terkait
- Berdasarkan sifat permukaannya saat diolah, kayu dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
  - Polos (misalnya, pinus putih)
  - Berurat (misalnya, ek)
  - Berpola atau bertanda (misalnya, maple bird's-eye)
- Bagian pohon kayu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.1 dan Gambar 7.2, terdiri dari yang berikut:

- Kulit luar—Hidup dan tumbuh hanya pada lapisan kambium. Pada kebanyakan pohon, bagian luar terus-menerus mengelupas.
- Kulit dalam—Pada beberapa pohon, terutama hickory dan basswood, ada serat panjang yang kuat, yang disebut serat kulit kayu, pada kulit dalam. Pada beberapa pohon, seperti beech, serat ini sama sekali tidak ada.
- Lapisan kambium—Kadang-kadang hanya setebal satu sel. Hanya sel-sel ini yang hidup dan tumbuh.



Gambar 7.1 Ini adalah potongan melintang pohon ek berusia 9 tahun yang menunjukkan empulur, lingkaran konsentris yang terdiri dari bagian berkayu, lapisan kambium, dan kulit kayu. Susunan kayu dalam lingkaran konsentris disebabkan oleh fakta bahwa satu lapisan terbentuk setiap tahun. Lingkaran-lingkaran ini, atau lapisan-lapisan, disebut lingkaran tahunan. Bagian dari setiap lingkaran yang terbentuk pada musim semi dan awal musim panas lebih lunak, berwarna lebih terang, dan lebih lemah daripada yang terbentuk selama musim panas dan disebut kayu musim semi. Kayu yang lebih padat dan kuat yang terbentuk kemudian disebut kayu musim panas. Sel-sel di kayu teras beberapa spesies diisi dengan berbagai minyak, tanin, dan zat lain yang membuat kayu ini tahan terhadap pembusukan. Secara praktis tidak ada perbedaan dalam kekuatan kayu teras dan kayu gubal jika beratnya sama. Pada sebagian besar spesies, hanya kayu gubal yang dapat dengan mudah diresapi dengan bahan pengawet.



Gambar 7.2 Sepotong kayu diperbesar sedikit untuk memperlihatkan strukturnya. Kayunya terdiri dari sel-sel panjang dan ramping yang disebut serat, yang biasanya terletak sejajar dengan empulur.

Panjang sel-sel ini sering kali 100 kali diameternya. Secara melintang, pita sel-sel lain, memanjang tetapi jauh lebih pendek, berfungsi untuk membawa getah dan nutrisi melintasi batang secara radial. Selain itu, pada kayu keras, pembuluh atau tabung panjang, sering kali beberapa kaki panjangnya, membawa cairan ke pohon. Tidak ada pembuluh pembawa getah pada kayu lunak, tetapi ruang di antara sel-sel dapat diisi dengan resin.

- Sinar meduler atau serat kayu—Ini berjalan secara radial.
- Lingkaran tahunan atau lapisan kayu—Terbentuk pada musim semi dan awal musim panas.
- Empulur—Bagian tengah pohon.

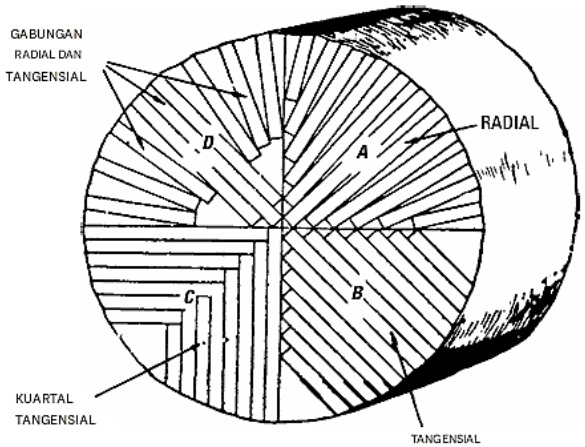
Di sekitar empulur, substansi kayu tersusun dalam lingkaran yang kira-kira konsentris. Bagian yang paling dekat dengan empulur biasanya lebih gelap daripada bagian yang paling dekat dengan kulit kayu dan disebut kayu teras. Sel-sel di kayu teras sudah mati. Lebih dekat ke kulit kayu terdapat kayu gubal, tempat sel-sel tersebut hidup tetapi tidak tumbuh.

Saat musim dingin mendekat, semua pertumbuhan berhenti, dan dengan demikian setiap lingkaran tahunan terpisah dan dalam kebanyakan kasus berbeda. Daun-daun pohon peluruh (atau yang menggugurkan daunnya) dan daun-daun beberapa konifer (seperti cemara dan larch) gugur, dan getah di pohon mungkin membeku keras. Pohon itu tidak aktif tetapi tidak mati. Dengan hari-hari hangat di musim semi berikutnya, pertumbuhan dimulai lagi dengan kuat, dan siklus itu berulang. Lebar lingkaran tahunan sangat bervariasi, dari 30 hingga 40 atau lebih per inci pada beberapa spesies yang tumbuh lambat, hingga hanya 3 atau 4 per inci pada beberapa kayu lunak yang tumbuh cepat. Kayu dengan lingkaran tersempit, karena persentase kayu musim panas yang besar, umumnya paling kuat, meskipun ini tidak selalu terjadi.

7.1 PEMOTONGAN DI PABRIK

Ketika kayu gelondongan dibawa ke pabrik, kayu gelondongan tersebut dapat dipotong dengan berbagai cara. Salah satu cara pemotongan adalah dengan menggergaji seperempat. Gambar 7.3 menunjukkan empat variasi metode ini. Setiap seperempat diletakkan di kulit kayu dan dirobek menjadi empat bagian, seperti yang ditunjukkan pada gambar. Namun, penggergajian seperempat jarang dilakukan dengan cara ini, karena hanya sedikit papan lebar yang dihasilkan. Jadi, terlalu banyak limbah.

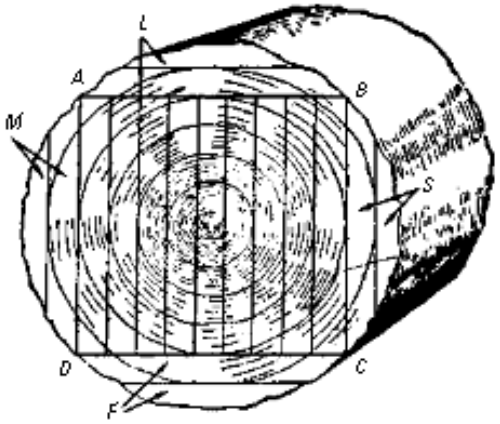
Lebih sering, ketika stok yang digergaji seperempat diperlukan, log dimulai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.4 dan Gambar 7.5, digergaji hingga terlihat bentuk (pola) yang bagus, kemudian dibalik dan digergaji. Dengan cara ini, hanya sedikit limbah, dan papannya lebar. Dengan kata lain, sebagian besar kayu yang digergaji seperempat digergaji ulang dari stok gergajian biasa.



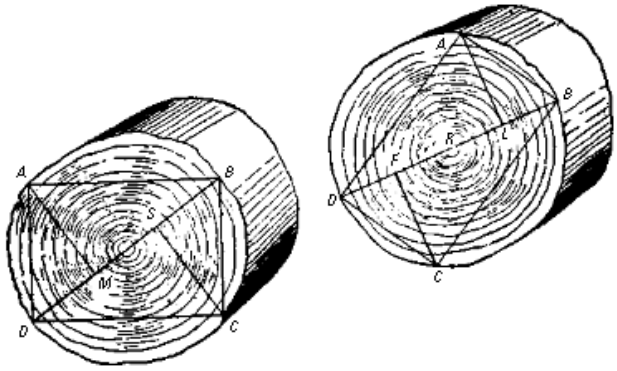
Gambar 7.3 Metode penggergajian seperempat.

Stok kayu yang digergaji biasa, seperti yang ditunjukkan, digergaji rata dari kayu yang digergaji seperempat. Stok kayu yang digergaji seperempat memiliki kegunaannya sendiri. Papan menyusut paling banyak ke arah yang sejajar dengan lingkaran tahunan, dan rangka pintu serta rel sering kali terbuat dari bahan yang digergaji seperempat.

Kayu dijual per kaki papan, artinya satu persegi kayu berukuran 12 inci dan tebal 1 inci. Stok kayu yang tebalnya kurang dari 2 inci dikenal sebagai kayu; lebih dari 4 inci, disebut kayu balok. Namun, kedua istilah tersebut telah dapat dipertukarkan, dan digunakan secara bergantian dalam buku ini.



Gambar 7.4 Penggergajian polos, atau penggergajian acak, disebut penggergajian datar atau tebasan. Batang kayu pertama-tama dikuadratkan dengan membuang papan M, S, L, dan F, sehingga diperoleh penampang persegi panjang ABCD. Hal ini diperlukan untuk memperoleh permukaan datar pada batang kayu.



Gambar 7.5 Memperoleh balok dari batang kayu.

Kayu, tentu saja, dijual dalam ukuran nominal dan ukuran sebenarnya, ukuran sebenarnya adalah ukuran kayu setelah digiling. Seiring berjalannya waktu, ukuran sebenarnya semakin mengecil. Papan berukuran 2 inci x 4 inci, misalnya, dulunya berukuran sebenarnya $1^9/_{16}$ inci x $3^9/_{16}$ inci. Sekarang menjadi $1^1/_2$ inci x $3^1/_2$ inci, dan papan lainnya bertambah atau berkurang ukurannya dengan penambahan setengah inci.

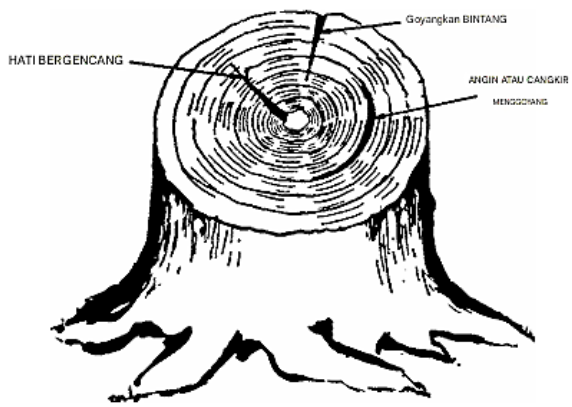
7.2 CACAT KAYU

Cacat yang ditemukan pada kayu olahan (Gambar 7.6 dan Gambar 7.7) dikelompokkan dalam beberapa kelas:

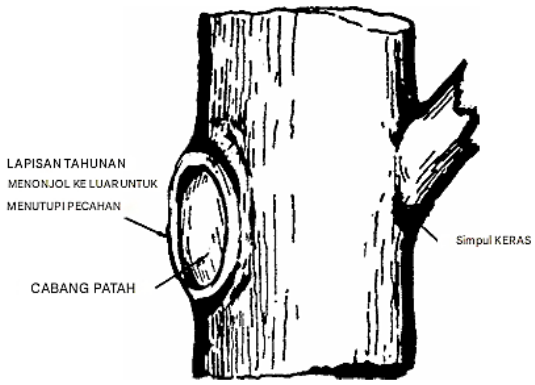
- Yang ditemukan di batang kayu alami, termasuk
- Ular
- Simpul
- Kantong lempung
- Yang disebabkan oleh kerusakan, termasuk
- Busuk
- Bercak
- Yang disebabkan oleh pembuatan yang tidak sempurna, termasuk
- Pemesinan yang tidak sempurna
- Berkurang
- Terbakar karena mesin
- Terkelupas dan pecah akibat pengeringan yang tidak sempurna

Heart shake, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.6, adalah retakan radial yang lebih lebar di empulur pohon daripada di ujung luar. Cacat ini paling sering ditemukan pada pohon-pohon yang sudah tua, daripada pada pohon muda yang kuat. Sering terjadi pada pohon hemlock.

Wind shake atau cup shake adalah retakan yang mengikuti garis bagian berpori dari lingkaran tahunan dan melengkung karena pemisahan lingkaran tahunan. Wind shake dapat meluas hingga jarak yang cukup jauh ke atas batang pohon. Penjelasan lain untuk wind shake adalah perluasan gubal dan terkilirnya kayu karena angin kencang (maka dari itu dinamakan demikian). Brown ash sangat rentan terhadap wind shake.



Gambar 7.6 Berbagai cacat yang dapat ditemukan pada kayu.



Gambar 7.7 Simpul keras dan cabang yang patah menunjukkan cara alam menutupi patahan tersebut.

Star shake menyerupai wind shake tetapi berbeda karena retakan meluas di bagian tengah batang pohon tanpa terlihat adanya pembusukan pada titik tersebut. Retakan lebih besar di bagian luar pohon.

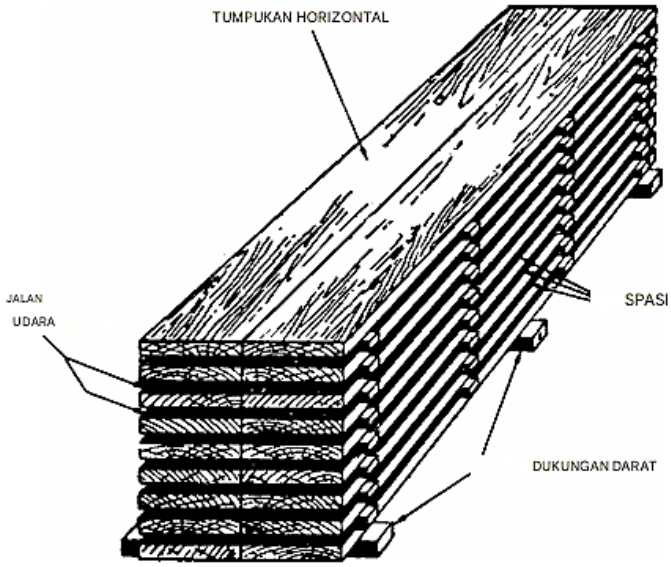
Pembusukan kering, yang sering terjadi pada kayu, disebabkan oleh jamur. Namanya menyesatkan karena hanya terjadi jika ada kelembapan dan tidak ada sirkulasi udara bebas.

7.3 PEMILIHAN KAYU

Berbagai faktor harus dipertimbangkan saat memilih kayu untuk proyek tertentu. Misalnya, apakah kayu tersebut sudah dikeringkan atau belum, yaitu, apakah kayu tersebut dikeringkan secara alami (kayu ditumpuk dengan rongga udara di antaranya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.8) atau dikeringkan secara artifisial (seperti saat dikeringkan dalam tungku)? Idenya adalah untuk menghasilkan kayu dengan kadar air minimum yang tidak akan melengkung selama proses pengerjaan.

Jika proyek Anda memerlukan material yang tidak melengkung, mintalah kayu yang dikeringkan di tungku. Jika tidak, kayu yang disebut kayu hijau sudah cukup. Kayu hijau sering digunakan untuk rangka (bagian luar), di mana sedikit lengkungan yang terjadi setelah dipaku di tempatnya tidak menjadi masalah. Kayu hijau tentu saja lebih murah daripada kayu yang dikeringkan di tungku.

Faktor lain yang perlu dipertimbangkan adalah mutu kayu. Kayu terbaik yang dapat Anda beli adalah Kayu Bening, yang berarti materialnya bebas dari cacat. Berikutnya adalah Select, yang memiliki tiga subdivisi No. 1, 2, dan 3 dengan No. 1 merupakan yang terbaik dari Select dengan hanya beberapa cacat pada satu sisi papan dan sedikit, jika ada, pada sisi lainnya.



Gambar 7.8 Tumpukan kayu horizontal untuk pengeringan udara.

Terakhir adalah Kayu Kelas Umum (Common). Ini adalah kayu yang bagus, akan tetapi memiliki cacat dan mata kayu yang bisa mengganggu proyek jika Anda ingin menyelesaikannya dengan material yang bersih.

Kayu kasar juga memiliki sistem penilaian sendiri, dan sistem ini mencerminkan materialnya, yang masih hijau atau dikeringkan di tungku.

Kayu memiliki dua sistem penilaian, yaitu numerik dan verbal. Secara numerik ada No. 1, 2, dan 3, dengan No. 1 sebagai yang terbaik dan No. 3 sebagai yang paling tidak diinginkan. Secara kasar, angka-angka ini sesuai dengan kelas Konstruksi (Construction), Standar (Standard), dan Utilitas (Utility).

Kayu juga dapat dicirikan sebagai kayu keras atau kayu lunak. Penamaan ini tidak merujuk pada kekerasan fisik kayu, meskipun kayu keras biasanya lebih keras daripada kayu lunak. Penamaan ini merujuk pada jenis pohon tempat kayu itu berasal:

- Pohon yang menghasilkan kerucut adalah kayu lunak.
- Pohon yang menghasilkan daun adalah kayu keras.

Sejauh ini, kayu lunak yang paling berharga adalah pinus, bahan yang mudah diperoleh di semua wilayah negara. Tentu saja jenis pinus akan bergantung pada daerah tertentu. Kayu keras (yang panjangnya bervariasi dari 8 hingga 16 kaki dan lebar 4 hingga 16 inci) semuanya bersih. Kayu ini adalah mahoni, birch, oak, atau maple. Kayu keras biasanya jauh lebih mahal daripada kayu lunak.

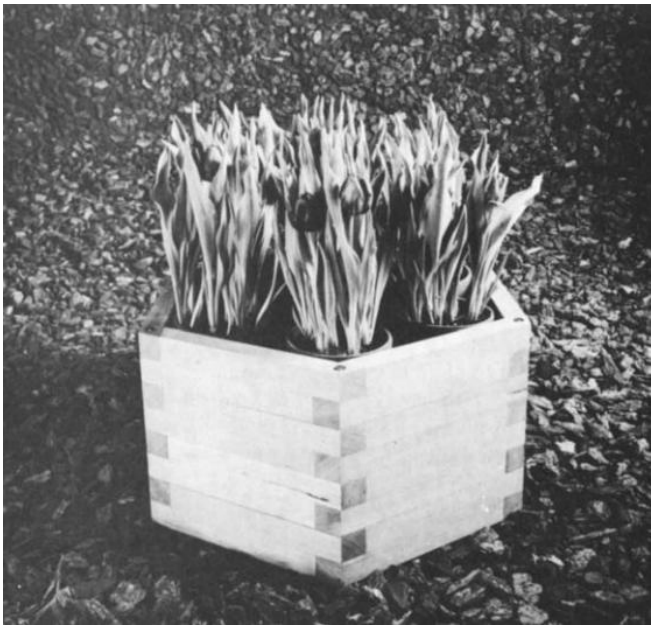
Selain yang telah disebutkan, ada karakteristik keseluruhan dari kayu tertentu yang perlu dipertimbangkan. Tabel 7.1 memberikan ringkasan karakteristik individual yang akan membuat bahan tersebut lebih atau kurang cocok untuk proyek Anda.

Tabel 7.1 Karakteristik Kayu

Jenis Kayu	**Keterangan**
Abu Coklat	Bukan kayu rangka, tetapi kayu hiasan yang menarik. Kayu ini memiliki inti berwarna cokelat, dan gubalnya lebih terang. Pohon ini sering kali terguncang angin dengan sangat hebat sehingga inti kayunya benar-benar lepas. Veneer yang menarik diiris dari tunggul dan cabang.
Pohon cedar putih utara	Inti berwarna cokelat muda, gubalnya tipis dan hampir putih. Ringan, lemah, lunak, dan tahan terhadap pembusukan. Dapat menahan cat dengan baik.
Pohon cedar merah barat	Disebut juga kayu cedar kano atau kayu sirap. Kayu ini ringan, lembut, berurat lurus, dan memiliki penyusutan kecil. Kayu ini juga dapat menahan cat dengan baik. Inti kayu berwarna cokelat muda dan sangat tahan terhadap pembusukan. Getahnya cukup tipis dan hampir putih. Digunakan untuk sirap, pelapis dinding, dan pembuatan perahu.
Pohon Cedar Merah Timur, atau Juniper	Memiliki bau aromatik yang menyengat dikatakan dapat mengusir ngengat. Kayu terasnya berwarna merah atau cokelat. Kayu ini sangat tahan terhadap pembusukan dan memiliki gubal berwarna putih. Kayu ini digunakan untuk melapisi lemari pakaian, peti kayu cedar, dan tiang pagar.
cemara	Ini mungkin kayu kami yang paling tahan lama untuk kontak dengan tanah atau air. Kayunya cukup ringan, seratnya rapat, dan kayu terasnya berwarna merah hingga hampir kuning, sedangkan kayu gubalnya hampir putih. Cemara tidak dapat menahan cat dengan baik. Selain itu, kayu ini cocok untuk pelapis dinding dan lis luar. Kayu ini menarik untuk lis dalam.
Karet Merah	Beratnya sedang, dengan serat yang saling mengunci. Sangat mudah melengkung saat pengeringan. Inti kayu berwarna cokelat kemerahan, gubalnya hampir putih. Gubalnya dapat dipilah dan dijual sebagai getah putih, inti kayu sebagai getah merah, atau bersama-sama sebagai getah yang tidak dipilih. Dapat dipotong menjadi lapisan kayu yang menarik.
Kayu hickory	Kombinasi kekerasan, berat, keuletan, dan kekuatan tidak ditemukan pada kayu asli lainnya. Kayu khusus, hampir tidak mungkin dipaku saat kering. Kayu ini tidak tahan terhadap pembusukan.
Hemlock Timur	Kayu terasnya berwarna cokelat pucat hingga kemerahan, kayu gubalnya tidak dapat dibedakan dari kayu terasnya. Rentan saat terguncang hebat oleh angin. Hemlock timur rapuh, agak lemah, dan sama sekali tidak tahan lama. Kayu ini digunakan untuk pelapis rangka yang murah dan kasar.
Hemlock Barat	Kayu teras dan kayu gubalnya berwarna hampir putih dengan semburat keunguan. Kayu ini cukup kuat, tidak tahan lama, dan sebagian besar digunakan untuk kayu pulp.
Akasia Hitam	Berat, keras, dan kuat, kayu terasnya sangat tahan lama. Ini bukan kayu rangka. Kayu teras ini sebagian besar digunakan untuk tiang dan tiang penyangga.

Maple Keras	Berat, kuat, keras, dan seratnya rapat. Warnanya cokelat muda hingga kekuningan. Maple keras sebagian besar digunakan untuk lantai dan furnitur yang tahan aus. Serat yang tumbuh melingkar menyebabkan seratnya terlihat seperti mata burung pada beberapa pohon. Satu spesies, Maple Oregon, terkadang mengandung serat berlapis yang menarik.
Maple Lembut	Maple ini lebih lunak dan ringan daripada maple keras. Warnanya lebih terang. Inti kayu terkadang dipasarkan dengan maple lunak. Kayu ini digunakan untuk tujuan yang hampir sama dengan maple keras, tetapi tidak terlalu diminati.
Pohon Ek Putih	Beberapa spesies dipasarkan bersama-sama, tetapi kayunya hampir identik. Kayu ek keras, berat, ulet, kuat, dan agak tahan busuk. Kayu ini memiliki inti berwarna kecokelatan dan gubal yang lebih ringan. Kayu ek putih diinginkan untuk lis dan lantai, dan merupakan salah satu kayu rangka kayu keras terbaik kami.
Pohon Ek Merah	Beberapa spesies dipasarkan bersama-sama. Spesies-spesies tersebut tidak dapat dibedakan satu sama lain, tetapi dapat dibedakan dari pohon ek putih. Pohon ek merah merupakan kayu rangka yang baik tetapi tidak tahan terhadap pembusukan.
Pinus Putih Barat	Disebut juga Pinus Putih Idaho, pinus ini memiliki kayu teras berwarna krem atau cokelat muda. Kayu gubalnya tebal dan berwarna putih. Kayu ini sebagian besar digunakan untuk keperluan pertukangan dan pelapis dinding. Cukup ringan, cukup kuat, mudah dikerjakan, dan dapat menahan cat dengan baik.
Pinus Merah atau Pinus Norwegia	Mirip dengan spesimen pinus kuning selatan yang lebih ringan. Cukup kuat dan kaku, cukup lunak, kayu terasnya berwarna merah pucat hingga cokelat kemerahan. Pinus Norwegia digunakan untuk pembuatan kusen, pelapis dinding, rangka, dan rel tangga.
Pinus Kuning Selatan Berdaun Panjang	Ini bukan spesies tetapi kelas. Semua pinus kuning selatan yang memiliki enam atau lebih lingkaran tahunan per inci dipasarkan sebagai berdaun panjang, dan mungkin mengandung kayu dari salah satu dari beberapa spesies pinus selatan. Kayunya berat, keras, dan kuat, tetapi tidak terlalu tahan lama jika bersentuhan dengan tanah. Kayu gubalnya menyerap kreosot dengan baik. Kayu ini merupakan salah satu kayu yang paling berguna untuk rangka ringan.
Pinus Kuning Selatan Daun Pendek	Mengandung kayu dari beberapa spesies pinus selatan yang memiliki kurang dari enam lingkaran tahunan per inci. Kayu ini cukup cocok untuk rangka ringan, dan gubalnya menarik sebagai pelapis interior.
Cemara Douglas	Cemara merupakan kayu komersial yang paling melimpah. Kayu ini sangat bervariasi dalam hal berat, warna, dan kekuatan. Kayu ini kuat, cukup berat, mudah pecah, dan mudah terbelah. Kayu ini berguna dalam semua jenis konstruksi. Banyak yang dipotong putar untuk kayu lapis.

Poplar Kuning atau Tulip	Poplar adalah kayu asli kami yang paling mudah diolah. Kayu tua memiliki bagian tengah berwarna kuning hingga cokelat. Kayu gubal dan pohon muda kuat dan berwarna putih. Bukan kayu rangka, tetapi digunakan untuk pelapis dinding.
Kayu merah	Jenis pohon ini menghasilkan salah satu kayu yang paling tahan lama dan tahan busuk. Kayunya ringan, lunak, dengan kekuatan yang cukup tinggi, kayu terasnya berwarna cokelat kemerahan, dan kayu gubalnya berwarna putih. Akan tetapi, kayunya tidak dapat dicat dengan baik, karena sering kali tembus pandang. Kayu merah sebagian besar digunakan untuk pelapis dinding dan lis luar, dek, dan furnitur (Gambar 7.9 dan Gambar 7.10).
Pohon cemara Sitka	Ringan, lembut, agak kuat, dan bagian tengahnya berwarna cokelat kemerahan muda, gubalnya hampir putih, menyatu dengan bagian tengahnya. Biasanya dipotong menjadi papan, kayu planing, dan kayu untuk kapal.
Cemara Timur	Kaku, kuat, keras, dan ulet. Kayu ini berbobot ringan, berwarna terang, sedikit perbedaan antara kayu inti dan kayu gubal. Cemara timur komersial mencakup kayu dari tiga spesies yang berkerabat. Kayu ini digunakan untuk kayu pulp, kayu rangka, dan kayu olahan.
Pohon cemara Engelmann	Warnanya putih dengan semburat merah. Berurat lurus, ringan, dan berkekuatan rendah. Kayu ini digunakan untuk kayu dan papan dimensi, serta untuk kayu pulp. Kayu ini memiliki ketahanan yang sangat rendah terhadap pembusukan.
Tamarack, atau Larch	Pohon berukuran kecil hingga sedang. Tidak banyak yang digergaji menjadi kayu rangka, tetapi banyak yang dipotong menjadi papan. Larch memiliki bagian tengah berwarna kuning kecokelatan, sedangkan gubalnya berwarna putih. Banyak yang dipotong menjadi tiang dan galah.
Kacang kenari hitam	Ini adalah kayu kabinet kami yang paling menarik. Kayu ini berat, keras, dan kuat; kayu terasnya berwarna cokelat yang indah, kayu gubalnya hampir putih. Sebagian besar digunakan untuk furnitur mewah, tetapi sebagian digunakan untuk lis interior yang bagus. Kayu ini agak tahan busuk. Kayu ini sering digunakan untuk popor senapan.
Kacang kenari putih atau butternut	Kayu gubalnya berwarna cokelat muda, kayu terasnya cokelat muda dengan kilau yang menarik. Potongannya kecil, sebagian besar digunakan untuk pembuatan lemari dan lis interior. Cukup ringan, agak lemah, tidak tahan busuk.



Gambar 7.9 Kayu redwood sangat cocok untuk membuat furnitur luar ruangan dan berbagai barang seperti pot tanaman.

7.4 PEMBUSUKAN KAYU

Lima kondisi berikut diperlukan untuk pembusukan (pembusukan) kayu:

- Jamur
- Kelembaban
- Udara
- Suhu yang baik
- Makanan

Gambar 7.10 Kayu merah merupakan material yang disukai, tetapi mahal, untuk membangun dek.

Jamur adalah tumbuhan yang tidak dapat membuat makanannya sendiri dan harus bergantung pada tanaman inang atau produk tanaman seperti kayu. Jamur memperoleh makanannya dari dinding sel pada kayu.

Jamur dapat hidup dan tumbuh pada kayu hanya jika terdapat kelembapan, udara, dan suhu yang tepat. Pada kadar kelembapan di bawah 20 persen, jamur akan mati atau menjadi tidak aktif. Kayu kering tidak akan membusuk (jika dikeringkan dengan benar) kecuali jika terkena air. Jamur busuk kering dapat membawa air dari jarak jauh ke kayu, tetapi kondisi kelembapan harus tepat agar pembusukan dapat terjadi. Suhu yang terlalu rendah menghentikan pertumbuhan jamur. Suhu pengeringan di tungku akan membunuh jamur jika panas dapat menembus ke tempat jamur berada. Jamur tumbuh paling baik pada suhu antara 68° F dan 96,8^o F (20° C hingga 36° C). Namun, kisaran suhu bervariasi untuk spesies jamur yang berbeda.

Jika salah satu dari lima kondisi tersebut tidak terpenuhi, kayu tidak akan membusuk. Kayu yang terendam air tidak akan mendapatkan udara, dan tidak akan membusuk. Ketika jamur mendapatkan kelembapan, udara, dan suhu tidak dapat dikendalikan, sumber makanan dapat di hentikan. Kayu yang diolah dengan tekanan menggunakan bahan pengawet seperti arsenat tembaga krom (CCA) akan meracuni kayu dan menghilangkan makanan bagi jamur.

Tidak ada yang namanya busuk kering. Akan tetapi, istilah ini terkadang digunakan secara longgar ketika berbicara tentang segala jenis kayu yang busuk atau kering dan lapuk. Meskipun kayu yang busuk mungkin terlihat kering, kayu tersebut basah saat pembusukan berlangsung. Pembusukan semacam ini sering ditemukan di dalam pohon yang masih hidup dan tumbuh, tetapi hanya terjadi jika ada air.

KAYU LAPIS

Selain papan dan kayu, para tukang kayu kini mengandalkan bahan-bahan lain. Salah satu yang terpenting diantaranya adalah kayu lapis (Gambar 7.11).

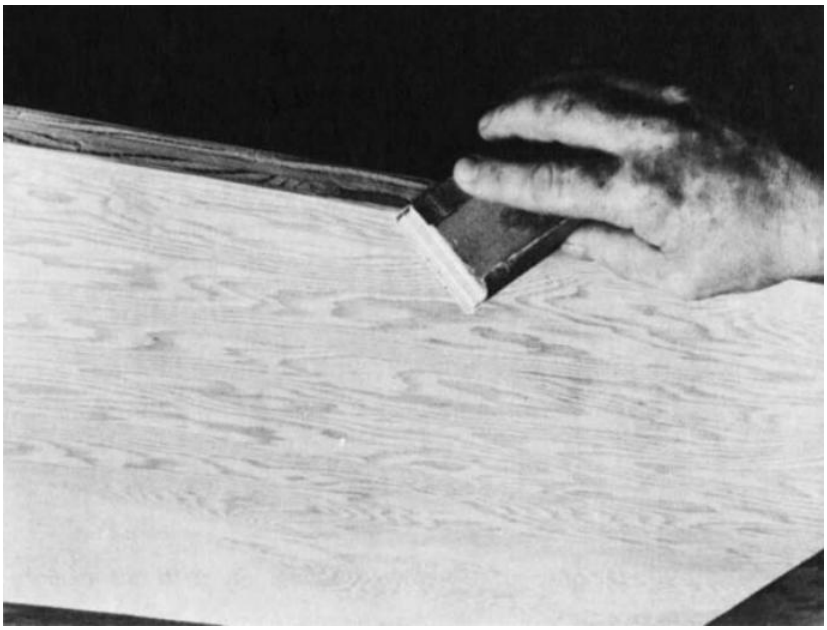
Kayu lapis yang paling umum digunakan di Amerika Serikat terbuat dari kayu cemara Douglas. Batang kayu pendek dimasukkan ke dalam mesin bubut dan lapisan kayu tipis yang terus-menerus dikupas. Lapisan tipis ini diluruskan, dipotong sesuai ukuran yang diinginkan, dilapisi lem, serat kayu ditumpuk dalam lapisan-lapisan yang saling bersilangan, dan diberi panas dan tekanan. Inilah kayu lapis komersial, salah satu bahan bangunan yang paling berguna.

Semua kayu lapis memiliki jumlah lapisan ganjil, yang memungkinkan lapisan permukaan memiliki serat kayu yang sejajar sementara susunannya diseimbangkan pada setiap sisi lapisan tengah. Proses ini menyeimbangkan tegangan yang timbul saat papan mengering, atau saat kemudian dibasahi dan dikeringkan.

Penetapan Kelas

panel struktural diidentifikasi berdasarkan kualitas veneer yang digunakan pada bagian permukaan dan belakang panel sebagaimana ditentukan oleh *American Plywood*

Association (APA). Kualitas kayu ini dapat memiliki nama seperti *APA RATED SHEATHING* (APA) atau *RATED STURD-I-FLOOR.* Tabel 7.2 menunjukkan kelas veneer. Kelas kualitas tertinggi adalah N dan A. Kualitas veneer minimum yang diizinkan pada kayu lapis Luar adalah kelas C. Veneer kelas D digunakan pada panel yang akan digunakan di dalam ruangan atau di area yang terlindungi dari paparan cuaca permanen.



Gambar 7.11 Kayu lapis sangat penting bagi pembangun. Kayu lapis hadir dalam berbagai bentuk, mulai dari yang praktis hingga yang elegan.

Tabel 7.2 Mutu Veneer

Nilai	**Keterangan**
N	Veneer dengan permukaan halus dan sentuhan akhir alami. Pilih; semua kayu teras atau semua kayu gubal. Bebas dari cacat terbuka. Tidak boleh lebih dari 6 kali perbaikan, hanya kayu, per panel 4 X 8 yang dibuat sejajar dengan serat kayu dan disesuaikan dengan serat kayu dan warnanya.
A	Halus, dapat dicat. Tidak lebih dari 18 perbaikan yang dilakukan dengan rapi pada perahu, kereta luncur, atau jenis router, dan sejajar dengan serat kayu, diizinkan. Dapat digunakan untuk hasil akhir alami pada aplikasi yang tidak terlalu menuntut. Perbaikan sintetis diizinkan.
B	Permukaan padat. Diperbolehkan menggunakan shim, sumbat perbaikan melingkar, dan simpul yang rapat hingga 1 inci melintasi serat kayu. Beberapa retakan kecil diperbolehkan. Perbaikan sintetis diperbolehkan.
C (terpasang)	Veneer C yang disempurnakan dengan belahan yang dibatasi hingga lebar $^1/_8$ inci dan lubang simpul serta lubang bor dibatasi hingga $^1/_4$ $^1/_2$ inci. Ada beberapa serat yang patah. Perbaikan sintetis diperbolehkan.
C	Simpul yang rapat hingga $1^1/_2$ inci. Lubang simpul hingga 1 inci melintasi serat, dan beberapa hingga $1^1/_2$ inci jika lebar total simpul dan lubang simpul berada dalam batas yang ditentukan. Perbaikan sintetis atau kayu. Perubahan warna dan cacat pengamplasan yang tidak merusak kekuatan diizinkan. Perpecahan

	terbatas diizinkan. Jahitan diizinkan.
D	Simpul dan lubang simpul dengan lebar $2^1/_2$ inci di sepanjang serat dan $^1/_2$ inci lebih besar dalam batasan yang ditentukan. Belahan terbatas diizinkan. Jahitan diizinkan. Terbatas pada Paparan 1 atau panel bagian dalam.

Panel yang diamplas, tidak diamplas, dan diamplas sentuh

Panel dengan mutu B, atau lebih baik, selalu diamplas halus karena ditujukan untuk penggunaan pada lemari, furnitur, dan rak. Lapisan berperingkat APA tidak diamplas. Lapisan kayu APA, STURD-I-FLOOR, C-D PLUGGED, dan C-C PLUGGED diamplas sentuh untuk membuat ketebalan panel seragam.

Panel yang tidak diamplas dan diamplas sentuh, dan serta panel dengan veneer mutu B atau lebih baik di satu sisi saja, biasanya memiliki merek dagang APA di bagian belakang panel. Panel dengan kedua sisi veneer mutu B atau lebih baik memiliki merek dagang APA di tepi panel. Gambar 7.12, Gambar 7.13, dan Gambar 7.14 menunjukkan panduan untuk peringkat APA.

Daya Tahan Paparan

Panel kayu lapis diproduksi dalam empat daya tahan paparan:

- Luar
- Paparan 1
- Paparan 2
- Interior

Panel luar memiliki ikatan kedap air. Panel ini dapat digunakan di tempat yang kemungkinan terpapar cuaca dan kelembapan secara terus-menerus.

Panel Exposure 1 dibuat dengan lem yang sama dengan yang digunakan pada panel Luar. Panel ini dapat digunakan pada atap, misalnya di mana mungkin ada jeda waktu sebelum terlindungi dari pelapukan atau kelembapan. Panel ini juga dapat digunakan di luar ruangan di mana hanya satu sisi yang terpapar cuaca (seperti pada sofit terbuka).

Panel **Exposure 1** umumnya disebut **CDX**. Banyak pembangun berasumsi bahwa karena lemnya adalah tipe X (luar), panel ini dapat dibiarkan terus-menerus terpapar cuaca dan kelembapan. Namun, panel CDX tidak dirancang untuk menahan paparan cuaca dan elemen yang berkepanjangan karena tidak memiliki veneer mutu C. Panel ini harus segera ditutup untuk mencegah penyerapan kelembapan yang berlebihan.

APA RATED SHEATHING Typical Trademark	APA RATED SHEATHING 24/16 7/16 INCH SIZED FOR SPACING EXPOSURE 1 000 NER-QA257 PRP-108	Specially designed for subflooring and wall and roof sheathing. Also good for a broad range of other construction and industrial applications. Can be manufactured as conventional veneered plywood, as a composite, or as a nonveneer panel. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATIONS: Exterior, Exposure 1, Exposure 2. COMMON THICKNESSES: 5/16, 3/8, 7/16, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING(3) Typical Trademark	APA RATED SHEATHING STRUCTURAL I 32/16 15/32 INCH SIZED FOR SPACING EXPOSURE 1 000 PS 1-83 C-D NER-QA257 PRP-108 APA RATED SHEATHING 32/16 15/32 INCH SIZED FOR SPACING EXPOSURE 1 000 STRUCTURAL I RATED DIAPHRAGMS-SHEAR WALLS PANELIZED ROOFS NER-QA257 PRP-108	Unsanded grade for use where shear and cross-panel strength properties are of maximum importance, such as panelized roofs and diaphragms. Can be manufactured as conventional veneered plywood, as a composite, or as a nonveneer panel. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATIONS: Exterior, Exposure 1. COMMON THICKNESSES: 5/16, 3/8, 7/16, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA RATED STURD-I-FLOOR Typical Trademark	APA RATED STURD-I-FLOOR 24 oc 23/32 INCH SIZED FOR SPACING T & G NET WIDTH 47-1/2 EXPOSURE 1 000 NER-QA257 PRP-108	Specially designed as combination subfloor-underlayment. Provides smooth surface for application of carpet and pad and possesses high concentrated and impact load resistance. Can be manufactured as conventional veneered plywood, as a composite, or as a nonveneer panel. Available square edge or tongue-and-groove. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATIONS: Exterior, Exposure 1. Exposure 2. COMMON THICKNESSES: 19/32, 5/8, 23/32, 3/4, 1-1/8.
APA RATED SIDING Typical Trademark	APA RATED SIDING 24 oc 15/32 INCH SIZED FOR SPACING EXTERIOR 000 NER-QA257 PRP-108 APA RATED SIDING 303-18-S/W 16 oc 11/32 INCH GROUP 1 SIZED FOR SPACING EXTERIOR 000 PS 1-83 PMA-UM-64 NER-QA257 PRP-108	For exterior siding, fencing, etc. Can be manufactured as conventional veneered plywood, as a composite or as a nonveneer siding. Both panel and lap siding available. Special surface treatment such as V-groove, channel groove, deep groove (such as APA Texture 1-11), brushed, rough sawn and texture-embossed (MDO). Span Rating (stud spacing for siding qualified for APA Sturd-I-Wall applications) and face grade classification (for veneer-faced siding) indicated in trademark. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Exterior. COMMON THICKNESSES: 11/32, 3/8, 7/16, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8.

(1) Specific grades, thicknesses and exposure durability classifications may be in limited supply in some areas. Check with your supplier before specifying.

(2) Specify Performance Rated Panels by thickness and Span Rating. Span Ratings are based on panel strength and stiffness. Since these properties are a function of panel composition and configuration as well as thickness, the same Span Rating may appear on panels of different thickness. Conversely, panels of the same thickness may be marked with different Span Ratings.

(3) All plies in Structural I plywood panels are special improved grades and panels marked PS 1 are limited to Group 1 species. Other panels marked Structural I Rated qualify through special performance testing.

Structural II plywood panels are also provided for, but rarely manufactured. Application recommendations for Structural II plywood are identical to those for RATED SHEATHING plywood.

Gambar 7.12 Panel dengan peringkat kinerja APA.

Meskipun hujan langsung di permukaan panel tidak akan melemahkan panel, kelembapan akan mengangkat serat kayu dan menyebabkan keretakan serta masalah permukaan kecil lainnya. Ada laporan tentang cacat yang disebabkan kelembapan ini yang terlihat menembus melalui *shingle* fiberglass tipis.

Panel Exposure 2 diproduksi dengan lem tingkat menengah. Panel ini dirancang untuk penggunaan dengan paparan cuaca atau kelembapan yang hanya moderat. Exposure 2 bukan merupakan barang umum yang tersedia di toko kayu.

Panel **Interior** diproduksi dengan lem interior dan hanya boleh digunakan di dalam ruangan.

Dalam memilih kayu lapis, aturannya sederhana: pilih yang sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan. Misalnya, jika satu sisi akan tersembunyi, Anda tidak memerlukan kualitas tinggi.

APA A-A Typical Trademark **A-A · G-1 · EXPOSURE1-APA · 000 · PS1-83**		Use where appearance of both sides is important for interior applications such as built-ins, cabinets, furniture, partitions; and exterior applications such as fences, signs, boats, shipping containers, tanks, ducts, etc. Smooth surfaces suitable for painting. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATIONS: Interior, Exposure 1, Exterior. COMMON THICKNESSES: 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA A-B Typical Trademark **A-B · G-1 · EXPOSURE1-APA · 000 · PS1-83**		For use where appearance of one side is less important but where two solid surfaces are necessary. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATIONS: Interior, Exposure 1, Exterior. COMMON THICKNESSES: 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA A-C Typical Trademark	APA A-C GROUP 1 EXTERIOR 000 PS 1-83	For use where appearance of only one side is important in interior applications, such as paneling, built-ins, shelving, partitions, flow racks, etc. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Exterior. COMMON THICKNESSES: 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA A-D Typical Trademark	APA A-D GROUP 1 EXPOSURE 1 000 PS 1-83	For use where appearance of only one side is important in interior applications, such as paneling, built-ins, shelving, partitions, flow racks, etc. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Interior, Exposure 1. COMMON THICKNESSES: 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA B-B Typical Trademark **B-B · G-2 · EXPOSURE1-APA · 000 · PS1-83**		Utility panels with two solid sides. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATIONS: Interior, Exposure 1, Exterior. COMMON THICKNESSES: 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA B-C Typical Trademark	APA B-C GROUP 1 EXTERIOR 000 PS 1-83	Utility panel for farm service and work buildings, boxcar and truck linings, containers, tanks, agricultural equipment, as a base for exterior coatings and other exterior uses or applications subject to high or continuous moisture. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Exterior. COMMON THICKNESSES: 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA B-D Typical Trademark	APA B-D GROUP 2 EXPOSURE 1 000 PS 1-83	Utility panel for backing, sides of built-ins, industry shelving, slip sheets. separator boards, bins and other interior or protected applications. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Interior, Exposure 1. COMMON THICKNESSES: 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA UNDERLAYMENT Typical Trademark	APA UNDERLAYMENT GROUP 1 EXPOSURE 1 000 PS 1-83	For application over structural subfloor. Provides smooth surface for application of carpet and pad and possesses high concentrated and impact load resistance. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATIONS: Interior, Exposure 1. COMMON THICKNESSES[4]: 11/32, 3/8, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA C-C PLUGGED Typical Trademark	APA C-C PLUGGED GROUP 2 EXTERIOR 000 PS 1-83	For use as an underlayment over structural subfloor, refrigerated or controlled atmosphere storage rooms, pallet fruit bins, tanks, boxcar and truck floors and linings, open soffits, and other similar applications where continuous or severe moisture may be present. Provides smooth surface for application of carpet and pad and possesses high concentrated and impact load resistance. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Exterior. COMMON THICKNESSES[4]: 11/32, 3/8, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA C-D PLUGGED Typical Trademark	APA C-D PLUGGED GROUP 2 EXPOSURE 1 000 PS 1-83	For built-ins, cable reels, separator boards and other interior or protected applications. Not a substitute for Underlayment or APA Rated Sturd-I-Floor as it lacks their puncture resistance. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Interior, Exposure 1. COMMON THICKNESSES: 3/8, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.

(1) Specific plywood grades, thicknesses and exposure durability classifications may be in limited supply in some areas. Check with your supplier before specifying.

(2) Sanded exterior plywood panels, C-C Plugged, C-D Plugged and Underlayment grades can also be manufactured in Structural I (all plies limited to Group 1 species)

(3) Some manufacturers also produce plywood panels with premium N-grade veneer on one or both faces. Available only by special order. Check with the manufacturer.

(4) Panels 1/2 inch and thicker are Span Rated and do not contain species group number in trademark.

Gambar 7.13 Panel kayu lapis APS yang diamplas dan diamplas sentuh.

APA DECORATIVE Typical Trademark	APA DECORATIVE GROUP 2 INTERIOR 000 PS 1-83	Rough-sawn, brushed, grooved, or striated faces. For paneling, interior accent walls, built-ins, counter facing, exhibit displays. Can also be made by some manufacturers in Exterior for exterior siding, gable ends, fences and other exterior applications. Use recommendations for Exterior panels vary with the particular product. Check with the manufacturer. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATIONS: Interior, Exposure 1, Exterior. COMMON THICKNESSES: 5/16, 3/8, 1/2, 5/8.
APA HIGH DENSITY OVERLAY (HDO)(2) Typical Trademark HDO · A-A · G-1 · EXT-APA · 000 · PS1-83		Has a hard semiopaque resin-fiber overlay both sides. Abrasion resistant. For concrete forms, cabinets, countertops, signs, tanks. Also available with skid-resistant screen-grid surface. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Exterior. COMMON THICKNESSES: 3/8, 1/2, 5/8, 3/4.
APA MEDIUM DENSITY OVERLAY (MDO)(2) Typical Trademark	APA M.D. OVERLAY GROUP 1 EXTERIOR 000 PS 1-83	Smooth, opaque, resin-fiber overlay one or both sides. Ideal base for paint, both indoors and outdoors. Also available as a 303 Siding. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Exterior. COMMON THICKNESSES: 11/32, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4.
APA MARINE Typical Trademark MARINE · A-A · EXT-APA · 000 · PS1-83		Ideal for boat hulls. Made only with Douglas-fir or western larch. Subject to special limitations on core gaps and face repairs. Also available with HDO or MDO faces. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Exterior. COMMON THICKNESSES: 1/4, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4.
APA B-B PLYFORM CLASS I Typical Trademark	APA PLYFORM B-B CLASS I EXTERIOR 000 PS 1-83	Concrete form grades with high reuse factor. Sanded both sides and mill-oiled unless otherwise specified. Special restrictions on species. Also available in HDO for very smooth concrete finish, in Structural I (all plies limited Group 1 species), and with special overlays. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Exterior. COMMON THICKNESSES: 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA PLYRON Typical Trademark PLYRON · EXPOSURE1-APA · 000		Hardboard face on both sides. Faces tempered, untempered, smooth or screened. For countertops, shelving, cabinet doors, flooring. EXPOSURE DURABILITY CLASSIFICATION: Interior, Exposure 1, Exterior. COMMON THICKNESSES: 1/2, 5/8, 3/4.

(1) Specific plywood grades, thicknesses and exposure durability classifications may be in limited supply in some areas. Check with your supplier before specifying.

(2) Can also be manufactured in Structural I (all plies limited to Group 1 species).

Gambar 7.14 Panel kayu lapis khusus APA.

PAPAN PARTIKEL

Papan partikel terbuat dari serpihan kayu atau partikel yang digabungkan dengan pengikat resin sintetis dan ditekan dalam mesin pres panas untuk membentuk lembaran datar. Karena partikel-partikelnya sangat kecil, partikel tersebut tidak terlihat. Selembar bahan tersebut tampak seolah-olah terbuat dari serbuk gergaji yang dipadatkan.

Papan partikel struktural terbuat dari partikel kecil yang digolongkan, diatur dalam lapisan-lapisan sesuai dengan ukuran partikel. Papan ini umumnya digunakan untuk menahan beban seperti lantai. Panel-panel ini memiliki ketebalan mulai dari $^1/_4$ inci hingga $1^1/_2$ inci, dengan lebar 3 kaki hingga 8 kaki, dan panjang hingga 24 kaki. Papan partikel digunakan pada meja dapur dan lemari, lapisan dasar untuk karpet atau penutup lantai yang elastis, furnitur, bahan inti untuk meja besar, dan banyak kegunaan lainnya. Papan partikel bukanlah papan wafer.

Papan wafer (atau flake board) dan papan partikel serupa dan sering kali membingungkan. Aspenit, misalnya, adalah papan wafer, bukan papan partikel, seperti

yang sering disebut. Papan wafer terbuat dari potongan kayu besar berbentuk wafer.

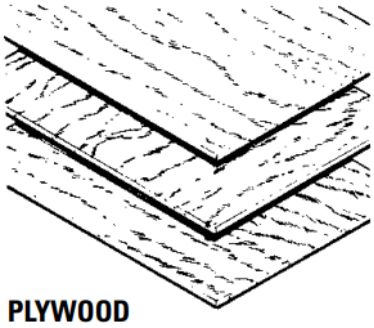
Strand board terbuat dari partikel panjang dan sempit. Partikel-partikelnya bisa disusun secara acak atau terarah, seperti pada *oriented strand board* (OSB). Selama proses pembuatan, serpihan-serpihan ini diorientasikan (menunjuk ke arah yang sama) secara mekanis atau elektronik untuk menyelaraskan serat pada setiap lapisan (Gambar 7.15). Lapisan-lapisan ini dilaminasi silang, sehingga setiap lapisan tegak lurus (membentuk sudut siku-siku) satu sama lain. Serat permukaan OSB membentang sepanjang 8 kaki panel. Serat-serat ini dipadatkan menjadi papan tiga hingga lima lapisan menggunakan resin fenolik atau perekat isosianurat. Hasilnya, panel OSB setebal $^{3}/_{4}$ inci memiliki berat sekitar 10 persen lebih banyak daripada papan lapis dengan ketebalan yang sama.

Para pembangun sering kali bingung tentang perbedaan antara OSB dan papan wafer. Hingga saat ini, mudah untuk mengetahui perbedaannya: OSB memiliki serat panjang dan sempit yang mengarah (berorientasi) ke arah yang sama. Papan wafer memiliki potongan berbentuk persegi yang mengarah ke kiri, kanan, diagonal, dan sebagainya. Namun sekarang sebagian besar panel papan wafer memiliki serat yang berorientasi untuk membuat panel lebih kuat. Bentuk serat tidak lagi menjadi masalah. Oleh karena itu, pastikan panel tersebut memiliki peringkat kinerja APA (lihat Gambar 7.16).

OSB tersedia dalam ketebalan $^{3}/_{8}$, $^{7}/_{16}$, $^{1}/_{2}$, $^{19}/_{32}$, $^{5}/_{8}$, $^{23}/_{32}$, dan $^{3}/_{4}$ inci. Panel 4 inci X 8 inci adalah standar, tetapi tersedia juga panjang hingga 16 kaki. Sebagian besar panel *tongue-and-groove* dibuat dengan lebar bersih $47^{1}/_{2}$ inci pada permukaan atas. Namun, ini bervariasi tergantung pada produsen. OSB lebih kuat daripada beberapa kayu lapis. Untuk ketebalan yang sama, OSB 10 persen lebih kuat di seluruh permukaannya daripada kayu lapis 4 lapis atau kayu lapis inti komposit, dan 20 persen lebih kuat daripada kayu lapis 3 lapis. Maka, tidak mengherankan jika semakin banyak pembangun menggunakan OSB sebagai pengganti kayu lapis yang mahal. Di beberapa daerah, OSB menggantikan plywood sebagai pilihan untuk roof sheathing (pelapis atap) dan subflooring (lantai dasar).

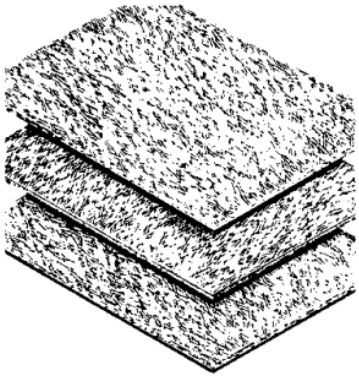
PAPAN KERAS (HARDBOARD)

Papan keras adalah sepenuhnya dari kayu yang diproduksi dari serpihan kayu yang telah "meledak", menggunakan proses basah atau kering. Dalam proses basah, serat-serat diikat bersama oleh lignin, yaitu resin alami yang ditemukan dalam pohon dan tumbuhan. Dalam proses kering, lignin diperkuat oleh resin fenolik yang ditambahkan selama proses pembuatan. Berbagai bahan tambahan digunakan untuk meningkatkan stabilitas papan keras, dan untuk mengurangi laju penyerapan kelembapannya. Serpihan-serpihan kayu tersebut dikukus di bawah tekanan tinggi yang tiba-tiba dilepaskan, menyebabkan serat-serat meledak dan terpisah. Serat-serat tersebut digabungkan kembali di bawah panas dan tekanan menjadi lembaran-lembaran besar. Berat dan kepadatan lembaran-lembaran tersebut bergantung pada besarnya tekanan. Setelah ditekan, papan keras dikeringkan dalam tungku dan air ditambahkan untuk membawa kadar air antara 2 persen dan 9 persen.



Kayu lapis adalah panel kayu struktural asli. Panel ini terdiri dari lembaran-lembaran tipis veneer, atau lapisan-lapisan kayu, yang disusun berlapis-lapis membentuk sebuah panel. Kayu lapis selalu memiliki jumlah lapisan ganjil, di mana setiap lapisan terdiri dari satu atau lebih lembar veneer. Dalam pembuatan kayu lapis, sebuah batang kayu diputar pada mesin bubut dan sebuah pisau panjang mengupas veneer. Veneer tersebut kemudian dipotong sesuai lebar yang diinginkan, dikeringkan, diklasifikasikan, dan diperbaiki bila diperlukan. Selanjutnya, veneer disusun dalam lapisan-lapisan silang (cross-laminated). Kadang-kadang satu lapisan terdiri dari dua atau lebih lembar veneer dengan arah serat yang sama, namun jumlah lapisan selalu ganjil, dengan lapisan muka biasanya memiliki arah serat sejajar dengan dimensi panjang panel.

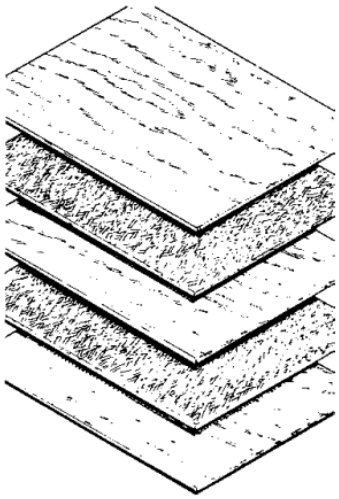
Lem perekat diaplikasikan pada veneer yang telah disusun. Veneer yang telah dilapisi lem kemudian dimasukkan ke dalam mesin press panas untuk direkatkan menjadi panel.



Panel non-veneer yang dibuat dengan berbagai teknik telah dipasarkan dengan nama-nama seperti waferboard, oriented strand board, dan structural particleboard. Saat ini, sebagian besar panel kayu struktural non-veneer diproduksi menggunakan serat atau wafer yang berorientasi, dan umumnya disebut oriented strand board (OSB).

OSB terdiri dari serat-serat yang dipadatkan dan disusun berlapis-lapis (biasanya tiga hingga lima lapisan) yang saling tegak lurus satu sama lain. Orientasi lapisan ini memberikan keuntungan yang sama seperti veneer berlapis silang pada kayu lapis. Karena kayu lebih kuat sepanjang arah seratnya, laminasi silang ini mendistribusikan kekuatan alami kayu ke kedua arah panel.

Apakah panel yang terbuat dari serat atau wafer, hampir semua produsen mengatur orientasi material untuk mencapai performa maksimum. Sebagian besar panel OSB memiliki permukaan yang bertekstur di satu sisi untuk mengurangi licin.



COM-PLY adalah nama produk APA untuk panel komposit yang diproduksi dengan merekatkan inti kayu rekonsitusi di antara veneer kayu. Dengan menggabungkan kayu rekonsitusi dengan veneer kayu konvensional, panel COM-PLY memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efisien sekaligus mempertahankan tampilan serat kayu pada permukaan depan dan belakang panel.

Panel COM-PLY diproduksi dalam susunan tiga atau lima lapisan. Panel tiga lapis memiliki inti kayu rekonsitusi dan veneer pada bagian depan serta belakang. Panel lima lapis memiliki veneer kayu di bagian tengah serta pada permukaan depan dan belakang. Ketika diproduksi dalam satu tahap proses pengepresan, rongga-rongga pada veneer secara otomatis terisi oleh partikel saat panel ditekan dalam proses perekatannya.

Kayu paling kuat sepanjang arah seratnya, dan paling menyusut serta mengembang melintang arah serat. Dengan mengatur arah serat yang bergantian di antara lapisan yang berdekatan, kekuatan dan kekakuan di kedua arah dapat dimaksimalkan, serta penyusutan dan pengembangan dapat diminimalkan di setiap arah.

Gambar 7.15 Komposisi panel berdasarkan kinerja.

Papan keras dibuat dalam tiga jenis dasar: standar, temper, dan servis. Papan keras standar tidak diberikan perawatan lebih lanjut setelah pembuatan. Ketahanan air dan kekuatannya yang tinggi membuatnya cocok untuk digunakan dalam pembuatan kabinet karena permukaannya yang halus, dan kualitas finishing yang baik. Papan keras yang dikeraskan diproses lebih lanjut dengan bahan kimia dan panas untuk meningkatkan kekerasan, kekakuan, dan kualitas penyelesaiannya. Papan keras servis digunakan di tempat yang mengutamakan bobot rendah. Permukaannya tidak sehalus mutu standar, juga tidak sekuat mutu standar.

Papan keras tersedia dengan satu sisi halus (disebut S1S) dan kedua sisi halus (disebut S2S). Ketebalan $^1/_8$, $^3/_{16}$, dan $^1/_4$ inci tersedia. Ukuran panel standar adalah 4 kaki X 8 kaki, tetapi panel selebar 6 kaki dan panjang hingga 16 kaki tersedia.

7.5 PAPAN KERAS KHUSUS

Papan keras berlubang memiliki lubang bundar, persegi, atau diagonal yang berjarak berdekatan di panel. Papan pasak, atau sebutan lain untuk papan keras berlubang adalah panel panel umum di bengkel rumah. Papan ini banyak digunakan di toko perangkat keras. Papan keras akustik memiliki bukaan yang membantunya mengendalikan suara. Panel ini merupakan penutup dinding dan langit-langit yang sangat baik. Pola timbul, seperti kulit imitasi, serat kayu, anyaman keranjang, dan lainnya, tersedia. Papan keras serat kayu meniru warna dan tekstur kayu mahoni, kenari, abu, ek, birch, dan lainnya.

Pelapis luar papan keras tersedia dalam bentuk panel tumpang tindih horizontal dan tumpang tindih serta dalam pelapis panel vertikal. Pelapis tumpang tindih dirancang agar tampak seperti papan kayu cedar, kayu merah, atau cemara. Pelapis ini menyumbang sekitar 60 persen dari penjualan papan keras. Papan dengan lebar 4 inci hingga 16 inci tersedia, serta versi multi-tumpang tindih. Tersedia papan dengan lebar 4 inci hingga 16 inci, termasuk versi multilap. Kebanyakan papan pelapisan dipaku dari depan. Pelapisan papan keras tersedia dalam panel berukuran 2 kaki X 8 kaki, 4 kaki X 8 kaki, dan 4 kaki X 9 kaki, yang meniru gaya board-and-batten (papan dan bilah kayu), batu dan plesteran, serta banyak gaya lainnya.

Pelapis yang sudah diberi cat dasar siap untuk dicat atau diwarnai. Pelapis kayu yang

sudah jadi sepenuhnya, meskipun lebih mahal, menawarkan keuntungan berupa pekerjaan pelapis dinding yang lebih cepat, dan garansi hingga 5 tahun. Akan tetapi, beberapa pelapis dinding yang lebih baru yang dipaku secara tersembunyi menawarkan garansi hingga 15 tahun. produk Inner-seal dari Louisiana-Pacific tersedia dalam kondisi sudah diberi cat dasar tetapi belum diberi lapisan akhir. Jika pelapis dinding dikirim ke tukang pelapis Olympic yang resmi, Olympic akan menjamin lapisan akhir selama 25 tahun.

Plylap, yang diproduksi oleh PlyLap Industries, dari Woodland, California, adalah pelapis dinding kayu lapis yang dipasang dengan paku pada permukaan dengan lapisan luar kayu asli. Lapisan luar tersedia dalam jenis kayu cemara Douglas, cedar Spanyol, cedar merah barat, dan kayu merah. Tersedia lapisan permukaan halus dengan kepadatan sedang (MDO), serta pelapis dinding dari cemara dan cedar yang meniru lapisan luar. Plylap tersedia dalam kondisi belum jadi, sudah diberi cat dasar, sudah diwarnai sebelumnya, atau sudah diberi lapisan akhir. Ketebalan dari $^{15}/_{32}$ hingga $^{5}/_{8}$ inci, dengan lebar dari 5 hingga 12 inci. Meskipun Plylap tidak tersedia dalam bentuk paku tersembunyi, produk ini memiliki garansi seumur hidup terhadap delaminasi. Versi pra-finishing/dicat memiliki garansi 5 tahun. Namun, versi yang diwarnai tidak tercakup dalam garansi.

Ringkasan

Kayu adalah bahan bangunan yang paling serbaguna dan paling berguna. Spermatofita adalah pohon yang dapat digergaji menjadi kayu. Kayu diklasifikasikan berdasarkan kepadatannya sebagai kayu lunak dan keras. Kayu dapat digergaji di tempat penggergajian dengan berbagai cara, seperti gergaji perempat (quartersawn), yang memiliki empat variasi. Ada juga gergaji bastard atau gergaji biasa yang juga disebut gergaji datar atau gergaji miring (slash sawing). Berbagai cacat dapat ditemukan pada kayu. Diperlukan lima kondisi agar kayu dapat membusuk.

Kayu lapis yang paling umum digunakan di Amerika Serikat terbuat dari cemara Douglas. Panel struktural dinilai menurut tingkat kualitas veneer yang digunakan pada permukaan dan belakang panel. Mutu veneer adalah N, A, B, C, C plugged, dan D.

Papan partikel merupakan material yang terbuat dari serpihan kayu atau partikel yang dikombinasikan dengan bahan pengikat resin sintetis dan ditekan pada mesin pres pelat panas untuk membentuk lembaran datar. Papan ini biasanya digunakan untuk menahan beban seperti lantai atau atap. Papan ini juga digunakan di meja dapur dan lemari dan sebagai alas karpet atau penutup lantai yang kuat dan fleksibel.

Papan keras adalah material kayu murni yang diproduksi dari serpihan kayu yang dipecah menjadi serat, dengan menggunakan proses basah atau kering. Dalam proses basah, serat-seratnya diikat bersama oleh lignin. Dalam proses kering, lignin mendapat dorongan dari resin fenolik yang ditambahkan selama pembuatan. Ada tiga jenis dasar papan keras: standar, temper, dan servis. Selain itu juga ada papan keras khusus, seperti yang tidak selesai, yang telah diberi primer, yang telah diwarnai sebelumnya, atau yang telah selesai secara keseluruhan.

Latihan Soal

1. Apa bahan bangunan kita yang paling serbaguna?
2. Warna apa yang digunakan untuk menggambarkan kayu?
3. Bagaimana kayu diklasifikasikan menurut kepadatannya?
4. Apa yang dimaksud dengan quarter sawing? Ada berapa variasi quarter sawing?
5. Apa yang dimaksud dengan bastard sawing? Apakah ada nama lain?
6. Jenis cacat apa yang ditemukan pada kayu olahan?
7. Apa yang dimaksud dengan star shake?
8. Jelaskan panel kayu lapis.
9. Apa perbedaan hardboard dengan kayu lapis?
10. Berapa ukuran papan partikel yang diproduksi?

BAB 8
BALOK KAYU RANGKA

Bahan konstruksi dasar dalam pertukangan adalah kayu olahan. Ada banyak jenis kayu olahan dengan karakteristik struktural yang sangat bervariasi. Di sini kita akan membahas kayu yang umum digunakan dalam pertukangan konstruksi, penerapannya, ukuran standar yang tersedia di pasaran, dan metode penghitungan jumlah kayu dalam satuan kaki papan.

8.1 UKURAN STANDAR KAYU MASSAL

Kayu biasanya digergaji menjadi panjang, lebar, dan ketebalan standar. Hal ini memungkinkan keseragaman dalam perencanaan struktur dan pemesanan material. Tabel 8.1 mencantumkan lebar dan ketebalan kayu yang umum dalam dimensi kasar dan yang sudah diolah di Amerika Serikat. Standar telah ditetapkan untuk perbedaan dimensi antara ukuran nominal dan ukuran standar (yang sebenarnya adalah ukuran yang dikurangi setelah proses penghalusan). Penting untuk mempertimbangkan perbedaan dimensi ini saat merencanakan suatu struktur. Contoh yang baik dari perbedaan dimensi ini dapat diilustrasikan oleh papan kayu yang berukuran 2 kaki X 4 kaki (umumnya dikenal sebagai 2x4). Seperti yang terlihat pada tabel, ukuran yang sering disebut (2 X 4) merujuk pada dimensi kasar atau nominal, tetapi ukuran standar sebenarnya yang digunakan untuk memotong kayu adalah $1^1/_2$ inci X $3^1/_2$ inci.

8.2 TINGKAT KAYU

Kayu yang berasal dari tempat penggergajian dibagi menjadi tiga kelas utama: kayu bangunan, kayu struktural, dan kayu pabrik atau bengkel. Sesuai dengan tujuan buku ini, hanya kayu bangunan yang akan dibahas. Kayu bangunan diproduksi dan diklasifikasikan berdasarkan kualitasnya ke dalam berbagai ukuran, bentuk, dan kualitas yang dibutuhkan untuk konstruksi biasa dan keperluan bangunan umum. Kemudian, kayu bangunan dibagi lagi menjadi klasifikasi kayu pilihan dan kayu biasa.

Kayu Pilihan

Kayu pilihan memiliki tampilan yang bagus dan telah difinishing. Kayu ini diidentifikasi dengan nama tingkat berikut:

- Tingkat A Tingkat A cocok untuk finishing alami, berkualitas tinggi, dan praktis dan hampir bebas dari cacat.
- Kelas B Kelas B cocok untuk finishing alami, berkualitas tinggi, dan umumnya bebas dari cacat.
- Kelas C Kelas C cocok untuk finishing cat berkualitas tinggi.
- Kelas D Kelas D cocok untuk pelapis cat dan berada di antara kelas pelapis yang lebih tinggi dan kelas umum.

Tabel 8.1 Panduan Anda untuk Ukuran Kayu
∗19 persen kadar air atau kurang.
∗∗Lebih dari 19 persen kadar air.

Apa yang Kamu pesan	What You Get		apa yang kamu gunakan untuk mendapatkan bahan jadi atau setengah jadi
	Kering atau Setengah jadi	Hijau atau setengah jadi	
1 X 4	¾ X 3½	$^{25}/_{32}$ x $3^{9}/_{16}$	$^{25}/_{32}$ X $3^{5/}_{8}$
1 X 6	¾ X 5½	$^{25}/_{32}$ x $5^{5}/_{8}$	$^{25}/_{32}$ X $5^{1}/_{2}$
1 X 8	¾ X 7¼	$^{25}/_{32}$ x $7^{1}/_{2}$	$^{25}/_{32}$ x $7^{1}/_{2}$
1 X 10	¾ X 9¼	$^{25}/_{32}$ x $9^{1}/_{2}$	$^{25}/_{32}$ x $9^{1}/_{2}$
1 X 12	¾ X 11¼	$^{25}/_{32}$ x $11^{1}/_{2}$	$^{25}/_{32}$ x $11^{1}/_{2}$
2 X 4	1½ X 3½	$1^{9}/_{16}$ x $3^{9}/_{16}$	$1^{25}/_{32}$ X $3^{5/}_{8}$
2x6	1½ X 5½	$1^{9}/_{16}$ X $5^{5}/_{8}$	$1^{25}/_{32}$ X $5^{1}/_{2}$
2 X 8	1½ X 7¼	$1^{9}/_{16}$ X $7^{1}/_{2}$	$1^{25}/_{32}$ X $7^{1}/_{2}$
2 X 10	1½ X 9¼	$1^{9}/_{16}$ X $9^{1}/_{2}$	$1^{25}/_{32}$ X $9^{1}/_{2}$
2 X 12	1½ X 11¼	$1^{9}/_{16}$ X $11^{1}/_{2}$	$1^{25}/_{32}$ X $11^{1}/_{2}$
4 X 4	3½ X 3½	$3^{9}/_{16}$ X $3^{9}/_{16}$	$3^{25}/_{32}$ X $3^{5/}_{8}$
4 X 6	3½ X 5½	$3^{9}/_{16}$ X $5^{5}/_{8}$	$3^{25}/_{32}$ X $5^{1}/_{2}$
4 X 8	3½ X 7¼	$3^{9}/_{16}$ X $7^{1}/_{2}$	$3^{25}/_{32}$ X $7^{1}/_{2}$
4 X 10	3½ X 9¼	$3^{9}/_{16}$ X $9^{1}/_{2}$	$3^{25}/_{32}$ X $9^{1}/_{2}$
4 X 12	3½ X 11¼	$3^{9}/_{16}$ X $11^{1}/_{2}$	$3^{25}/_{32}$ X $11^{1}/_{2}$

Kayu Biasa

Kayu biasa cocok untuk konstruksi umum dan keperluan utilitas dan diidentifikasi dengan nama kelas berikut:

- No. 1 Common, Kualitas ini cocok digunakan tanpa banyak limbah. Kayu ini kuat dan memiliki simpul yang rapat, serta dianggap sebagai material yang tahan air.
- No. 2 Common, Kualitas ini memiliki standar yang sedikit lebih rendah dibandingkan No. 1, tetapi masih memiliki kualitas umum yang sama. Digunakan untuk struktur seperti rangka, pelapis, dan bentuk struktural lainnya di mana tekanan atau beban tidak terlalu besar.
- No. 3 Common, Kualitas ini memungkinkan adanya beberapa limbah dengan karakteristik grade yang lebih rendah dibandingkan No. 2. Digunakan untuk pondasi, pagar pengaman, dan lantai dasar kasar.
- No. 4 Common, Kualitas ini memungkinkan banyak limbah dan memiliki kualitas rendah, dengan fitur yang sangat kasar seperti pembusukan dan lubang.
  Digunakan untuk pelapis, lantai dasar, dan papan atap dalam konstruksi yang lebih murah. Outlet industri utama untuk grade ini adalah untuk pembuatan kotak dan peti pengiriman.

Kayu Rangka

Rangka sebuah bangunan terdiri dari rangka kayu yang dibangun untuk menopang elemen-elemen struktur yang sudah jadi. Rangka ini meliputi elemen-elemen seperti tiang (posts), balok induk (girders/beams), balok lantai (joists), lantai dasar (subfloor), plat dasar (sole plate), tiang dinding (studs), dan kasau (rafters). Kayu lunak biasanya digunakan untuk rangka kayu ringan dan semua aspek lain dari konstruksi pertukangan yang dibahas dalam buku ini. Salah satu klasifikasi kayu lunak yang dipotong sesuai ukuran standar disebut kayu bangunan yang diproduksi untuk keperluan bangunan umum.

Kayu ini dipotong menjadi ukuran standar yang diperlukan untuk rangka ringan, termasuk 2 X 4, 2 X 6, 2 X 8, 2 X 10, 2 X 12, dan semua ukuran lain yang diperlukan untuk rangka, kecuali ukuran yang digolongkan sebagai kayu struktural.

Meskipun kayu umum No. 1 dan No. 3 kadang-kadang digunakan untuk rangka, kayu umum No. 2 paling sering digunakan, dan oleh karena itu paling sering disimpan dan tersedia di tempat penjualan kayu eceran dalam ukuran umum untuk berbagai elemen rangka. Namun, ukuran kayu yang dibutuhkan untuk struktur tertentu akan bervariasi dengan desain bangunan (seperti rangka ringan atau rangka berat) dan desain anggota tertentu (seperti balok atau balok).

Dinding luar tradisional terdiri dari tiga lapisan: pelapis (sheathing), kertas bangunan, dan lapisan penutup (siding). Saat ini, plywood sering digunakan sebagai pengganti papan untuk sheathing, dan material seperti Tyvek digunakan sebagai pengganti kertas bangunan untuk meningkatkan kinerja bangunan. Selain itu, panel busa rigid juga digunakan sebagai sheathing untuk meningkatkan efisiensi termal bangunan.

Menghitung Kaki Papan

Rumus berikut menunjukkan metode aritmatika untuk menghitung jumlah kaki papan dalam satu atau lebih potongan kayu:

$$\frac{\text{Pieces} \times \text{Thickness (inci)} \times \text{Width (inci)} \times \text{Length (kaki)}}{12}$$

Misalnya, untuk menemukan jumlah kaki papan dalam sepotong kayu setebal 2 inci, lebar 10 inci, dan panjang 6 kaki, gunakan persamaan berikut:

$$\frac{1 \times 2 \times 10 \times 6}{12} = 10\ board\ feet$$

Untuk menemukan jumlah kaki papan dalam 10 potong kayu setebal 2 inci, lebar 10 inci, dan panjang 6 kaki, gunakan persamaan berikut:

$$\frac{1 \times 2 \times 10 \times 6}{12} = 10\ board\ feet$$

Jika ketiga dimensi dinyatakan dalam inci, rumus yang sama berlaku kecuali pembaginya diubah menjadi 144.

Untuk menemukan jumlah kaki papan pada sepotong kayu setebal 2 inci, lebar 10

inci, dan panjang 18 inci, gunakan persamaan berikut:

$$\frac{2\ X\ 10\ X\ 18}{144} = 2½\ board\ feet$$

Kaki papan juga dapat dihitung dengan menggunakan tabel yang biasanya ditemukan di bagian belakang lidah persegi rangka baja. Gradasi inci pada tepi luar persegi digunakan dalam kombinasi dengan nilai-nilai dalam tabel untuk mendapatkan indikasi langsung jumlah kaki papan pada papan tertentu. Instruksi lengkap disertakan dengan persegi.

8.3 METODE PEMBUATAN RANGKA

Material dan kualitas pengerjaan yang baik akan sangat sedikit nilainya kecuali rangka dasar bangunan kuat dan kaku. Ketahanan sebuah rumah terhadap kekuatan seperti tornado dan gempa bumi serta pengendalian retakan yang disebabkan oleh penurunan tanah bergantung pada rangka yang baik.

Meskipun memang benar bahwa tidak ada dua bangunan yang disatukan dengan cara yang persis sama, terdapat ketidaksepakatan di antara arsitek dan tukang kayu mengenai metode pembuatan rangka mana yang akan terbukti paling memuaskan untuk kondisi tertentu. Konstruksi rangka ringan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga jenis berbeda berikut:

- Rangka balon
- Papan dan balok
- Rangka Barat (juga dikenal sebagai rangka platform)

Konstruksi Rangka Balon

Ciri utama dari rangka balon adalah penggunaan tiang dinding yang memanjang dalam satu bagian dari pondasi hingga atap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.1. Balok lantai dipaku ke tiang dinding dan ditopang oleh papan penyangga pada tiang dinding. Lapisan penutup dinding (sheathing) diagonal dapat digunakan sebagai pengganti papan dinding untuk menghilangkan pengaku sudut.

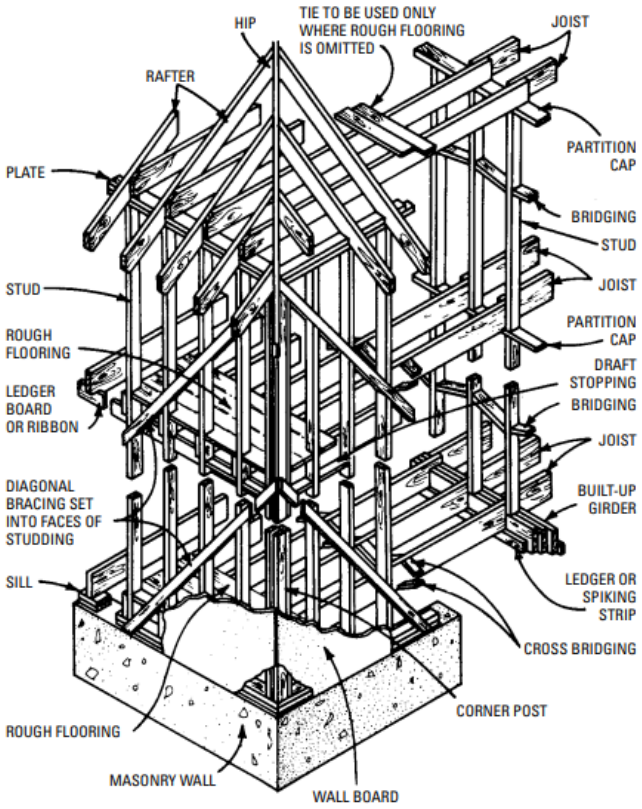
Konstruksi Papan dan Balok

Konstruksi papan dan balok bisa dibilang merupakan metode rangka tertua yang diperkenalkan di negara ini, diimpor langsung dari Inggris pada masa Kolonial. Meskipun kini hadir dalam bentuk yang sedikit termodifikasi, metode ini tetap relevan dan masih banyak digunakan di beberapa negara bagian, khususnya di wilayah Timur Amerika.

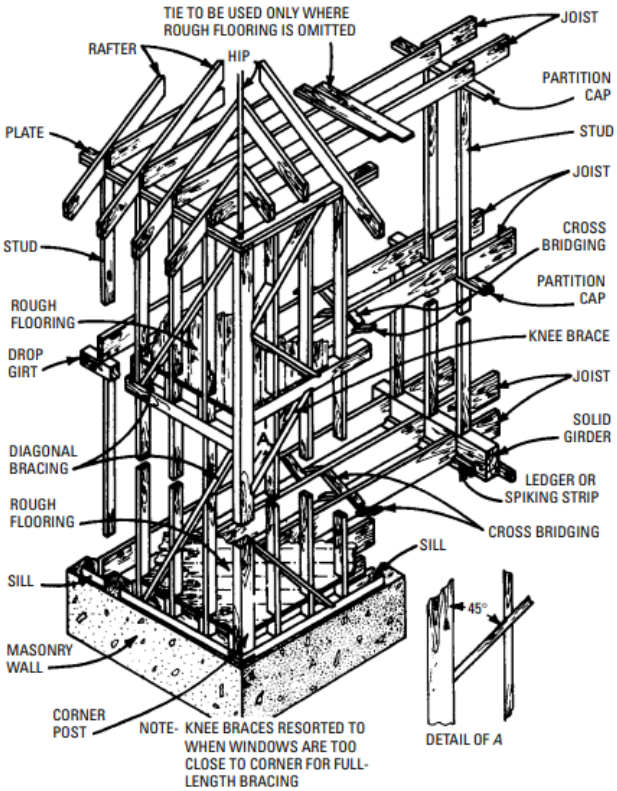
Ciri khas dari jenis rangka ini adalah penggunaan tiang kayu berat di setiap sudut bangunan, seperti yang digambarkan pada Gambar 8.2.

Seringkali terdapat pula tiang perantara di antara tiang sudut tersebut, yang membentang secara kontinu dari Kusen pondasi yang kokoh hingga pelat yang sama beratnya di garis atap. Desain ini, dengan tiang-tiang vertikal yang tak terputus, memberikan stabilitas dan kekuatan struktural yang luar biasa, menjadikannya pilihan andal untuk bangunan yang dituntut untuk bertahan lama. Warisan teknik konstruksi ini

bahkan masih bisa kita lihat pada rumah-rumah bersejarah yang kokoh berdiri hingga kini.



Gambar 8.1 Detail konstruksi rangka balon.

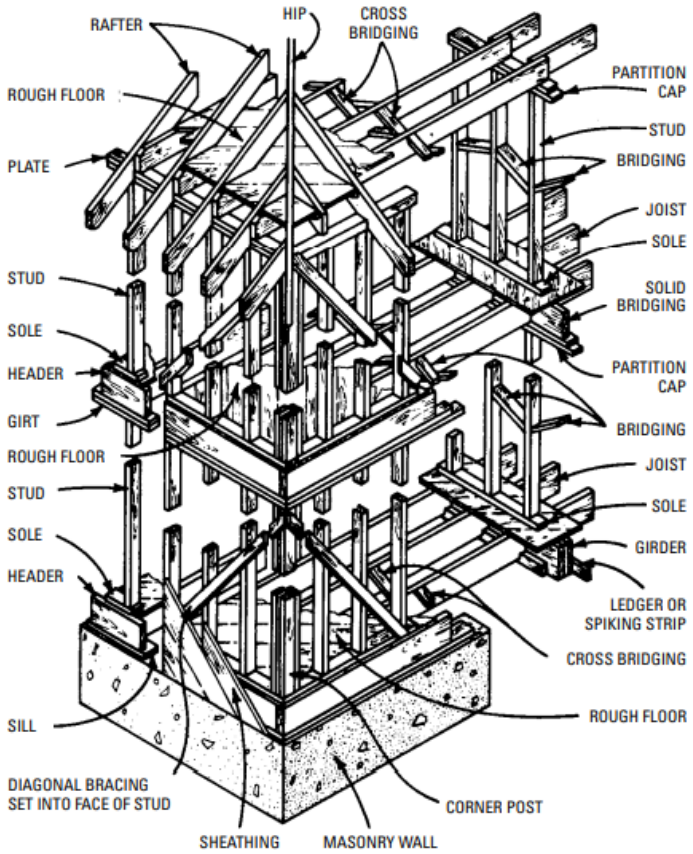


Gambar 8.2 Detail konstruksi papan dan balok.

Konstruksi Rangka Barat

Jenis rangka ini dicirikan oleh platform yang dibingkai secara independen, lantai kedua atau ketiga ditopang oleh tiang dari lantai pertama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.3. Keuntungan utama dari jenis rangka ini (dalam konstruksi semua kayu) terletak pada kenyataan bahwa jika ada penurunan yang disebabkan oleh penyusutan, penurunan tersebut akan seragam dan tidak akan terlihat.

Dengan demikian, jenis rangka ini dapat meminimalkan dampak visual dari penurunan akibat penyusutan, sehingga bangunan tetap terlihat stabil dan rapi. Selain itu, Rangka Platform juga memudahkan proses konstruksi karena setiap lantai dapat dibangun secara terpisah dan kemudian disatukan. Namun, perlu diingat bahwa desain dan konstruksi yang tepat sangat penting untuk memastikan kekuatan dan keamanan bangunan.



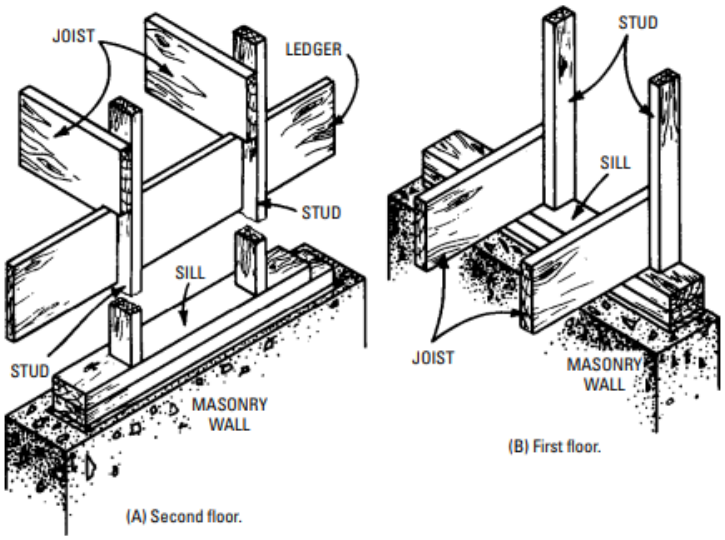
Gambar 8.3 Detail konstruksi rangka barat.

8.4 KUSEN PONDASI

Kusen pondasi adalah elemen krusial dalam konstruksi, berupa papan atau balok kayu yang ditempatkan tepat di atas dinding pondasi. Elemen ini berfungsi sebagai **permukaan penopang** atau bantalan utama bagi seluruh bagian luar bangunan, dan umumnya, **balok lantai pertama** akan diletakkan di atasnya.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, Gambar 8.4 menyajikan detail **konstruksi tipe balon** yang menggunakan balok dan kusen untuk lantai pertama dan kedua.

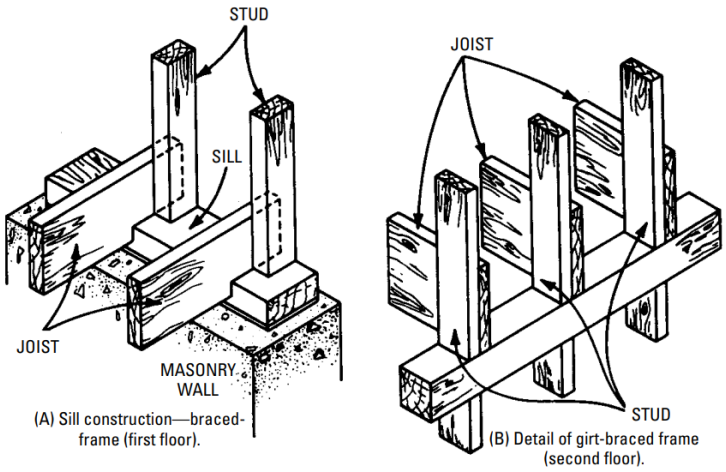
Sementara itu, Gambar 8.5 mengilustrasikan penerapan balok dan kusen dalam **rangka papan dan balok**, sebuah metode konstruksi yang menekankan kekuatan dan stabilitas. Terakhir, Gambar 8.6 menunjukkan **konstruksi tipe barat**, yang mungkin memiliki sedikit perbedaan dalam pendekatan namun tetap mengandalkan peran vital dari kusen pondasi dan balok dalam menopang struktur. Pemahaman yang mendalam tentang penempatan dan fungsi elemen-elemen ini sangat penting untuk memastikan integritas struktural sebuah bangunan.



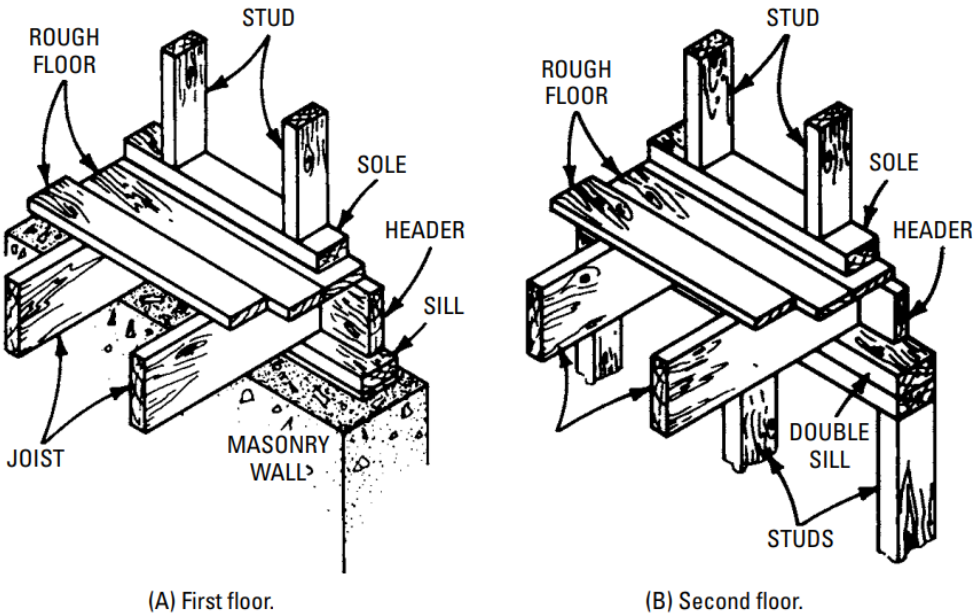
Gambar 8.4 Detail rangka balon pelat Kusen dan balok.

Ukuran Kusen

Ukuran kusen untuk bangunan kecil dengan konstruksi rangka ringan bisa sekecil 2 X 4 inci dan sebesar 2 X 12 inci pada dinding pondasi setebal 10 inci. Kusen ini bisa berupa papan 2 X 10 inci atau 2 X 12 inci yang diletakkan di tepi secara vertikal dan diberi papan 2 X 4 inci yang diletakkan rata di atasnya. Pelat kusen dapat sejajar dengan bagian luar dinding pondasi, atau sejajar dengan tepi pondasi bagian dalam. Secara umum, pelat kusen adalah papan 2 X 6 inci.



Gambar 8.5 Detail rangka papan dan balok pada pelat Kusen dan balok balok.



Gambar 8.6 Detail rangka bagian barat dari pelat Kusen dan balok.

Untuk bangunan dua lantai (dan terutama di lokasi yang rentan terhadap gempa bumi atau tornado), kusen ganda sangat diinginkan karena memberikan permukaan paku yang lebih besar untuk selubung diagonal yang dipasang hingga menutupi kusen, dan juga mengikat rangka dinding dengan lebih kuat ke kusennya. Dalam kasus di mana bangunan ditopang oleh tiang atau pilar, perlu untuk menambah ukuran kusen karena kusen yang ditopang oleh tiang berfungsi sebagai balok. Dalam rangka balon, misalnya biasanya kusen dibuat dengan dua atau lebih papan setebal 2 atau 3 inci yang dipaku bersama-sama.

Pada sebagian besar jenis konstruksi, karena kusen tidak harus sangat kuat, pondasi akan memberikan daya dukung yang kuat dan seragam di seluruh panjangnya. Berikut ini adalah persyaratan utamanya:

- Tahan terhadap kerusakan di sepanjang serat
- Tahan terhadap pembusukan dan serangan serangga
- Tahan terhadap area paku yang memadai untuk tiang, balok, dan selubung

Panjang Kusen

Panjang Kusen ditentukan oleh ukuran bangunan, dan oleh karena itu pondasi harus ditata sesuai dengan itu. Garis dimensi untuk bagian luar bangunan umumnya dihitung dari permukaan luar penurunan atau selubung, yang kira-kira sama dengan lapisan luar bangunan yang tidak berselubung.

Penahan Kusen

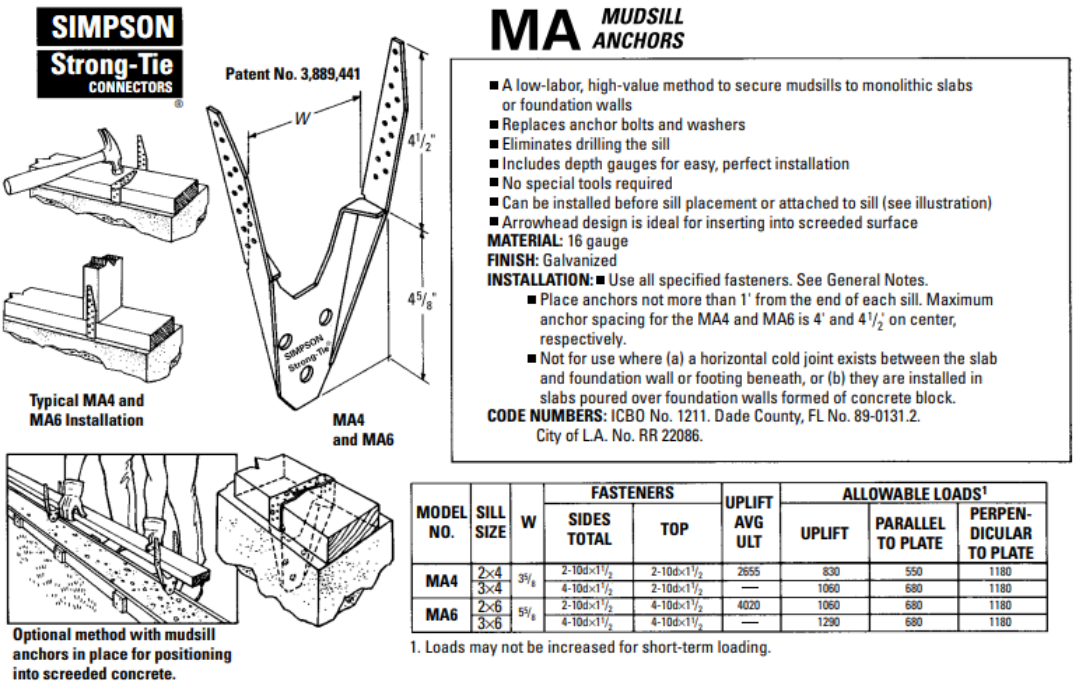
Penting sekali kusen terutama di lokasi dengan angin kencang agar bangunan benar-benar ditambatkan ke pondasi. Pelat Kusen dapat dipasang ke pondasi dengan baut jangkar berdiameter $^1/_2$ inci, yang tertanam tidak kurang dari 8 inci ke dalam beton. Pada blok pasangan bata beton, baut harus tertanam tidak kurang dari 15 inci. Baut-baut ini harus diberi jarak 12 inci dari ujung pelat, dan diberi jarak maksimum 8 kaki di bagian tengah. Minimal harus ada dua baut per pelat. Ini adalah persyaratan dasar dari kode BOCA dan

UBC.

Terkadang baut jangkar tertanam terlalu dalam, lokasi tidak tepat, dan lubang di pelat dibuat terlalu besar. Ring (dan terkadang mur) tidak dipasang. Tali jangkar baja galvanis adalah benda alternatif pengganti baut. Tali tersebut juga tertanam di dalam beton, dan lengannya melilit pelat Kusen. *Simpson Strong-Tie Company* memproduksi Jangkar Mudsill MA, Model MA4 dan MA6. Panel-clip Company juga memproduksi jangkar logam berbentuk Y, yang ujungnya tertanam di dinding beton. Jangkar ini harus diberi jarak 12 inci dari ujung pelat, dan 4 kaki di tengah maksimum, untuk Simpson MA4, dan $4^1/_2$ kaki untuk MA6 (Gambar 8.7).

Penyambungan Kusen

Seperti yang dinyatakan sebelumnya, Kusen 2 X 6 inci sudah cukup besar untuk bangunan kecil dalam kondisi normal jika dipasang dengan benar di atas pondasi. Untuk menyambung Kusen dengan benar, tindakan pencegahan khusus perlu dilakukan. Sambungan yang tidak pas justru akan melemahkan bukan memperkuat, rangka kusen. Jika ambang dibangun dari dua papan, sambungan pada kedua lapisannya harus dibuat berselang-seling.



MA *MUDSILL ANCHORS*

- A low-labor, high-value method to secure mudsills to monolithic slabs or foundation walls
- Replaces anchor bolts and washers
- Eliminates drilling the sill
- Includes depth gauges for easy, perfect installation
- No special tools required
- Can be installed before sill placement or attached to sill (see illustration)
- Arrowhead design is ideal for inserting into screeded surface

MATERIAL: 16 gauge
FINISH: Galvanized
INSTALLATION:
- Use all specified fasteners. See General Notes.
- Place anchors not more than 1' from the end of each sill. Maximum anchor spacing for the MA4 and MA6 is 4' and $4^1/_2$' on center, respectively.
- Not for use where (a) a horizontal cold joint exists between the slab and foundation wall or footing beneath, or (b) they are installed in slabs poured over foundation walls formed of concrete block.

CODE NUMBERS: ICBO No. 1211. Dade County, FL No. 89-0131.2. City of L.A. No. RR 22086.

MODEL NO.	SILL SIZE	W	FASTENERS		UPLIFT AVG ULT	ALLOWABLE LOADS[1]		
			SIDES TOTAL	TOP		UPLIFT	PARALLEL TO PLATE	PERPENDICULAR TO PLATE
MA4	2×4	3 5/8	2-10d×1 1/2	2-10d×1 1/2	2655	830	550	1180
	3×4		4-10d×1 1/2	2-10d×1 1/2	—	1060	680	1180
MA6	2×6	5 5/8	2-10d×1 1/2	4-10d×1 1/2	4020	1060	680	1180
	3×6		4-10d×1 1/2	4-10d×1 1/2	—	1290	680	1180

1. Loads may not be increased for short-term loading.

Gambar 8.7 Jangkar lumpur Simpson. (Courtesy Simpson Strong-Tie Connectors)

Penempatan Kusen

Metode tradisional pemasangan Kusen atau pelat lumpur dan penyegelannya ke bagian atas pondasi adalah dengan menambalnya. Lapisan adukan (semen dan pasir) diratakan dengan sendok semen di dinding, lalu pelat terus dilakukan hingga sedikit adukan keluar di kedua sisi. Dengan menggunakan level, mur dikencangkan lebih lanjut hingga pelat lumpur rata. Sisa adukan yang berlebihan kemudian dibuang, dan tepi lapisan adukan

dibentuk miring sekitar 45 derajat.

Dengan demikian, lapisan adukan dapat mengimbangi pondasi kasar yang tidak rata. Meskipun adukan memberikan segel udara, seiring waktu adukan akan retak dan mengendur. Karena praktik yang diterima adalah tidak menyediakan pemutus kapiler antara bagian atas pondasi dan bagian bawah dinding pondasi beton, pelat Kusen rentan terhadap kontak kelembapan. Karena itu gunakan kayu yang diberi perlakuan tekanan.

Penambalan adalah seni yang sudah hilang dan jarang terlihat saat ini. Grouting telah digantikan dengan fiberglass, plastik, atau selulosa yang dibungkus plastik. Kusen penyegel mencegah kontak langsung antara pondasi dan pelat, dan kusen penyegel plastik merupakan pemutus kapiler. Namun, kusen penyegel tidak akan membuat kusen ambang melekat erat ke pondasi. Celah antara pondasi dan kusen ambang dibiarkan terbuka atau disumbat dengan balok kayu. Praktik umum yang tersebar luas di kalangan pembangun ini, dan diizinkan oleh terlalu banyak inspektur bangunan, harus dihentikan. Penekanan balok kayu dapat menyebabkan lantai menjadi lembek dan tidak rata yang dapat bergetar dan berderit. Celah antara kusen ambang dan pondasi memungkinkan angin dan hujan masuk.

Bahkan jika pondasi rata dan halus, kusen penyegel tidak boleh sepenuhnya diandalkan untuk menyegel kusen ambang. Tepi bagian dalam dan luar kusen ambang harus didempul di sekeliling seluruh perimeter pondasi. Alternatif untuk mendempul yang memakan waktu adalah dengan menggunakan gasket EPDM.

Balok

Balok dalam konstruksi rumah kecil terdiri dari balok besar pada garis lantai pertama yang menggantikan dinding pondasi interior dan menopang ujung bagian dalam balok lantai. Pada bangunan yang di mana jarak antardinding luarnya lebih dari 14 hingga 15 kaki, umumnya perlu untuk menyediakan penopang tambahan di dekat bagian tengah untuk menghindari perlunya balok lantai yang terlalu berat. Saat menentukan jumlah balok utama dan lokasinya, pertimbangan harus diberikan pada panjang balok lantai yang dibutuhkan, pada penataan ruangan, serta lokasi partisi penyangga. Bab 9 menyediakan informasi lebih lanjut tentang balok.

Balok Lantai

Panjang balok lantai bergantung pada hal-hal berikut:

- Bentang
- Ukuran balok lantai
- Beban hidup dan mati
- Jarak antar balok
- F_b dan modulus E
- Jenis dan mutu kayu
- Apakah sublantai direkatkan ke balok

Penyangga balok lantai telah lama menjadi subjek kontroversi. Lebih dari 20 tahun yang lalu, *National Association of Home Builders* (NAHB) dan *Forest Products Laboratory* (FPL) (yang dioperasikan oleh *University of Wisconsin* untuk Departemen Pertanian Amerika Serikat) telah menunjukkan bahwa penyangga, sebagaimana yang biasa

diterapkan, hanya sedikit menambah kekakuan lantai dalam menahan beban statis (tidak bergerak). Kode BOCA tidak mengharuskan penyangga pada Kelompok Penggunaan R-2 dan R-3 (hunian multi-keluarga, rumah kos, dan unit hunian satu dan dua keluarga) kecuali jika beban hidup melebihi 40 psf, atau kedalaman balok lantai melebihi 12 inci nominal. Kode Bangunan Kanada mengizinkan sepotong pengikat atau pelapis dinding 1 X 3 dipaku ke bagian bawah balok lantai di tengah bentang sepanjang bangunan, sebagai pengganti jembatan. Kode Hunian Keluarga Satu dan Dua CABO tidak mengharuskan jembatan jika balok lantai berkedalaman 12 inci atau kurang.

8.5 SEKAT INTERIOR

Sekat interior berbeda dari sekat luar karena jarang bertumpu pada dinding padat. Oleh karena itu, penyangganya memerlukan pertimbangan yang cermat, memastikan bahwa mereka cukup besar untuk menahan berat yang dibutuhkan. Berbagai sekat interior bisa menahan beban (bearing) atau tidak menahan beban (nonbearing). Penyangga tersebut dapat tegak lurus atau sejajar dengan balok lantai (joists) tempat mereka bertumpu.

Sekat yang Sejajar dengan Balok Lantai

Di sini, seluruh beban sekat akan terpusat pada satu atau dua balok lantai, yang mungkin sudah menahan beban lantai sepenuhnya. Dalam kebanyakan kasus, kekuatan tambahan harus disediakan. Salah satu metode adalah menyediakan balok lantai ganda di bawah sekat tersebut (yaitu, meletakkan balok lantai tambahan di samping balok lantai biasa). Perhitungan menunjukkan bahwa partisi rata-rata beratnya hampir tiga kali lipat dari beban yang seharusnya dipikul oleh satu balok. Metode yang umum (dan disetujui) adalah menggandakan balok di bawah partisi yang tidak menahan beban. Metode alternatif adalah menempatkan balok di setiap sisi partisi.

Partisi yang Tegak Lurus dengan Balok

Untuk partisi non-beban, tidak perlu meningkatkan ukuran atau jumlah balok lantai. Partisi itu sendiri bisa diperkuat, tetapi bahkan tanpa perkuatan pun, partisi tersebut memiliki tingkat kekakuan tertentu.

Perangkaan di Sekitar Bukaan

Beberapa bagian tiang harus dipotong di sekitar jendela atau pintu di dinding luar atau partisi. Sangat penting untuk memasukkan semacam kepala untuk menopang ujung bawah tiang atas yang telah dipotong. Anggota disebut Kusen kasar di bagian bawah bukaan jendela. Kusen ini berfungsi sebagai paku tetapi tidak menopang beban apa pun.

Kepala

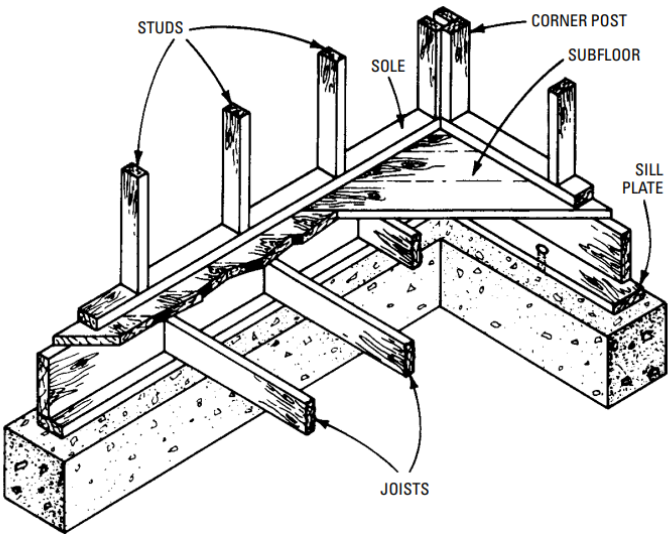
Kepala ada dua kelas:

- Kepala tanpa bantalan Ini terjadi di dinding yang sejajar dengan balok lantai di atas dan hanya menahan beban rangka tepat di atasnya.
- Kepala yang menahan beban Kepala ini terdapat pada dinding yang menopang ujung balok lantai pada pelat atau pita rusuk tepat di atas bukaan dan karenanya harus menahan beban lantai atau lantai di atasnya.

Faktor penentu dalam ukuran kepala balok adalah apakah kepala tersebut menahan beban. Secara umum, praktik yang baik adalah menggunakan **balok kepala ganda ukuran 2x4 inci** yang diletakkan pada sisi miringnya, kecuali jika bukaan pada partisi non-penahan beban memiliki lebar lebih dari 3 kaki. Dalam kasus di mana sudut (trim**)** di bagian dalam dan luar terlalu lebar sehingga menghalangi pemakuan yang memadai di atas bukaan, mungkin perlu untuk menggandakan balok kepala guna menyediakan dasar pemakuan untuk lis tersebut.

Tiang Sudut

Tiang-tiang sudut ini terletak di titik pertemuan dua dinding yang membentuk sudut siku-siku satu sama lain. Gambar 8.8 menunjukkan salah satu cara untuk membuat rangka sudut dengan tiga tiang



Gambar 8.8 Tampilan detail tiang sudut.

8.6 ATAP

Secara umum, dapat dikatakan bahwa kasau (rafter) memiliki fungsi yang sama bagi atap seperti halnya balok lantai (joist) bagi lantai. Kasau menyediakan penopang untuk selubung atap (sheathing) dan material atap.

Di antara berbagai jenis kasau yang digunakan, kasau biasa yang membentang tanpa terputus dari bibir atap (eave) hingga puncak atap (ridge) adalah yang paling umum.

Jarak Antar Kasau

Jarak antar **kasau** ditentukan oleh kekakuan **selubung atap** yang membentang di antara kasau, oleh berat atap, dan juga oleh bentang kasau itu sendiri. Dalam kebanyakan kasus, kasau dipasang dengan jarak 16 atau 24 inci dari pusat ke pusat.

Ukuran Kasau

Ukuran **kasau (rafter)** akan bergantung pada faktor-faktor berikut:

- **Bentang (Span)**: Jarak antara dua titik tumpu kasau.
- **Berat material atap**: Beban yang ditimbulkan oleh material penutup atap (misalnya genteng, seng, dll.).

- **Beban salju dan angin**: Beban tambahan yang harus ditahan oleh atap akibat salju (jika relevan di daerah tersebut) dan tekanan angin.

Bentang Kasau

Bentang kasau adalah jarak horizontal antara penyangga dan bukan panjang keseluruhan dari ujung ke ujung kasau. Bentang mungkin antara pelat dinding dan bubungan, atau dari dinding luar ke dinding luar, tergantung pada jenis atap.

Panjang Kasau

Panjang kasau harus cukup untuk memungkinkan pemotongan yang diperlukan pada bubungan, dan untuk memungkinkan perlindungan bagian atap yang menjorok keluar (overstek) seperti yang ditentukan oleh gambar kerja yang digunakan. Panjang ini tidak boleh disamakan dengan bentangan yang digunakan untuk menentukan kekuatan.

8.7 BALOK PENGIKAT

Balok Pengikat dapat didefinisikan sebagai pengikat antara kasau di sisi atap yang berlawanan. Jika loteng akan digunakan untuk ruangan, balok Pengikat dapat dipasangi bilah kayu sebagai kasau langit-langit, asalkan diberi jarak yang tepat.Secara umum, Balok Pengikat tidak boleh diandalkan sebagai pengikat utama. Semakin dekat pengikat ke bagian atas, semakin besar aksi daya pengungkitnya. Ada kecenderungan paku Balok Pengikat tercabut, dan kasau tertekuk jika Balok Pengikat terlalu rendah. Fungsi Balok Pengikat adalah untuk memperkuat atap. Balok-balok ini sering (meskipun tidak selalu) ditempatkan di setiap kasau. Menempatkannya di kasau kedua atau ketiga biasanya sudah cukup.

Dengan perencanaan dan pemasangan yang tepat, Balok Pengikat dapat berkontribusi signifikan terhadap kekuatan dan keamanan struktur atap, memastikan bangunan tetap kokoh dan tahan lama menghadapi berbagai kondisi lingkungan. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang fungsi dan penempatan Balok Pengikat sangat penting bagi para profesional konstruksi dan pemilik bangunan.

Ukuran Balok Pengikat

Jika fungsi Balok Pengikat hanya untuk menahan dorongan, tidak perlu menggunakan material yang lebih tebal dari kayu setebal 1 inci. Namun, karena tujuan sebenarnya adalah untuk memperkuat atap, maka balok-balok harus memiliki badan yang cukup untuk menahan tekukan atau harus disangga untuk mencegah pembengkokan.

KASAU PINGGUL

Atap perisai (hip roof) dibangun menyerupai bentuk piramida, miring ke bawah di keempat sisinya. Nok terbentuk di mana dua sisi yang berdekatan bertemu. Kasau nok adalah kasau yang membentang dari sudut bangunan ke atas, sejajar dengan bidang kasau biasa.Jika kasau nok pendek dan ujung atasnya bertemu di sudut atap (saling menopang), ukurannya bisa sama dengan kasau biasa.

Namun, untuk bentang yang lebih panjang, dan terutama ketika ujung atas kasau nok ditopang secara vertikal dari bawah, diperlukan peningkatan ukuran. Kasau nok juga harus sedikit lebih lebar dari kasau kuda-kuda (jack rafter) untuk memberikan permukaan

paku yang cukup. Atap perisai yang ditutup dengan reng dan papan (sheathed) dengan benar hampir mandiri. Ini adalah jenis struktur atap terkuat dari semua jenis rangka atap yang umum digunakan.

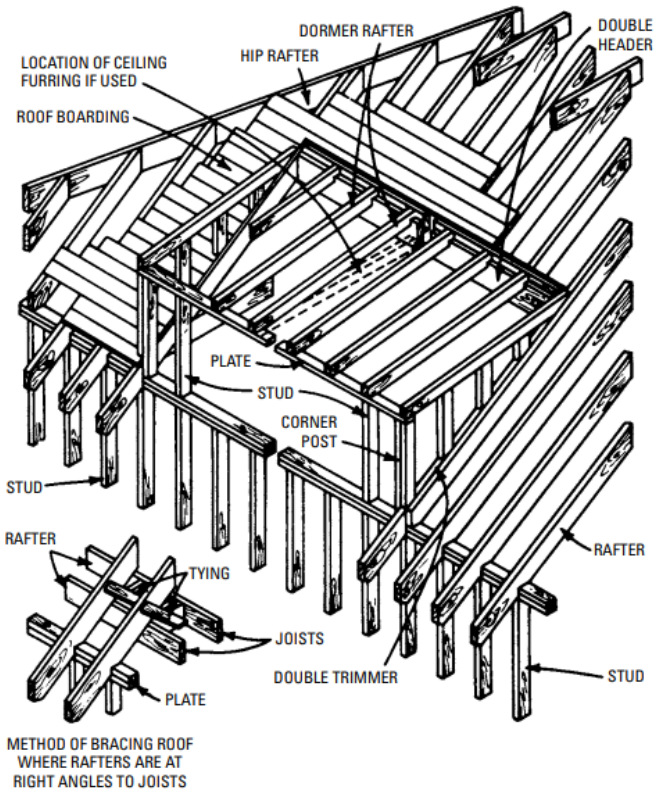
Atap

Istilah atap diberikan kepada jendela yang menonjol dari atap. Tujuan umum atap atap mungkin untuk menyediakan cahaya atau menambah efek arsitektur pada bangunan.

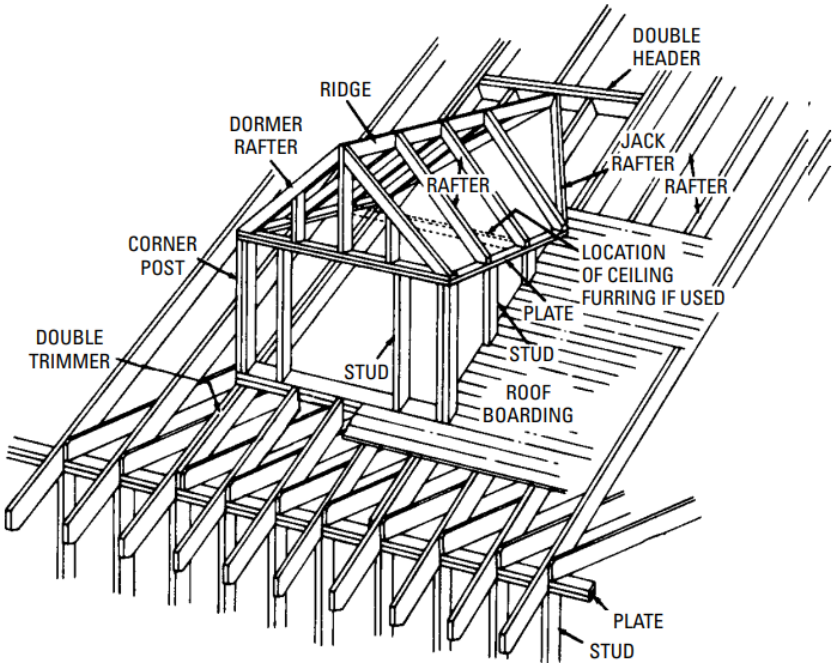
Secara umum, ada tiga jenis atap:

- Atap landai dengan atap datar miring, tetapi kemiringannya lebih rendah dari atap tempat atap tersebut berada (Gambar 8.9).
- Atap pelana dengan atap tipe pelana tegak lurus dengan terhadap atap utama (Gambar 8.10).
- Atap perisai dengan Kombinasi dari ketiga jenis ini menghasilkan atap pelana tipe pinggul.

Saat merancang rangka atap untuk jendela dormer, hal pertama yang harus dilakukan adalah membuat bukaan yang tepat pada struktur atap utama. Bukaan ini akan menjadi tempat di mana struktur dormer nantinya akan dibangun. Karena bentang struktur dormer biasanya tidak terlalu panjang, material yang digunakan untuk rangkanya dapat relatif ringan, sehingga konstruksi menjadi lebih efisien dan hemat biaya. Fleksibilitas dalam penggunaan material ini memungkinkan para pembangun untuk mengintegrasikan dormer dengan mudah, baik untuk tujuan fungsional maupun untuk mempercantik tampilan bangunan secara keseluruhan.



Gambar 8.9 Tampilan detail atap datar.



Gambar 8.10 Tampilan terperinci atap pelana.

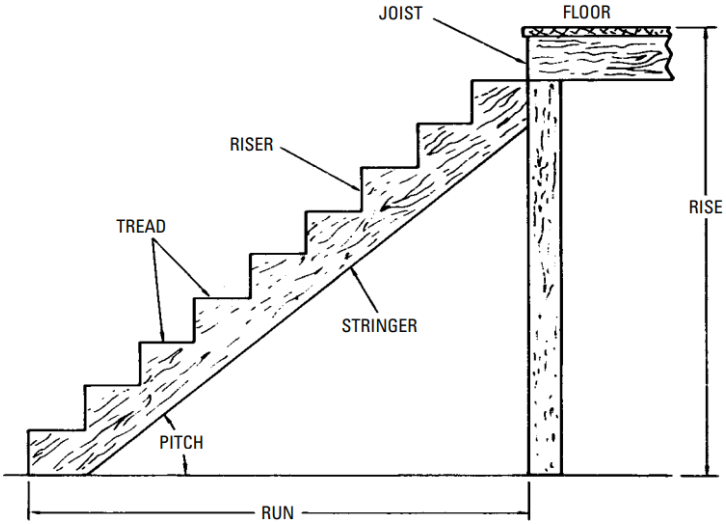
TANGGA

Tangga yang dibangun dengan baik lebih dari sekadar alat bantu untuk berpindah dari satu lantai ke lantai lainnya. Tangga harus ditempatkan di lokasi yang tepat dalam rumah dan dirancang agar nyaman saat naik atau turun.

Berbagai istilah yang digunakan dalam konteks membangun tangga adalah sebagai berikut (Gambar 8.11):

- Pijakan Ketinggian tangga adalah tinggi dari atas lantai bawah ke atas lantai atas
- Pijakan (Rise): Adalah tinggi dari bagian atas lantai bawah hingga bagian atas lantai atas.
- Panjang Bentangan (Run): Adalah panjang ruang lantai yang ditempati oleh konstruksi tangga.
- Sudut Kemiringan (Pitch): Adalah sudut kemiringan di mana tangga membentang.
- Tapak (Tread): Adalah bagian permukaan horizontal tempat kaki diletakkan.
- Papan Tangga Vertikal (Riser): Adalah papan vertikal di bawah tepi depan tapak.
- Induk Tangga (Stringer): Adalah rangka di kedua sisi yang dipotong untuk menopang tapak dan papan tangga vertikal.

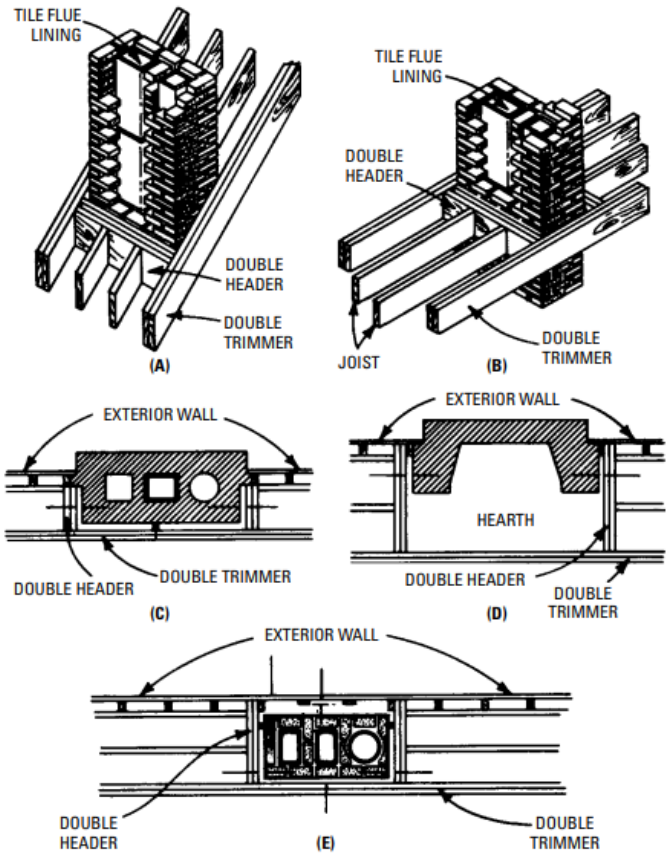
Sebagai aturan yang umum diikuti dalam konstruksi tangga, tapak tidak boleh kurang dari 9 inci (sekitar 22,86 cm) kedalamannya, dan papan tangga vertikal tidak boleh lebih dari 8 inci (sekitar 20,32 cm) tingginya. Lebar tapak dan tinggi papan tangga vertikal jika digabungkan tidak boleh melebihi 17 inci (sekitar 43,18 cm). Pengukuran ini adalah untuk potongan induk tangga, bukan lebar sebenarnya dari papan yang digunakan untuk papan tangga vertikal dan tapak. Tapak biasanya memiliki tonjolan yang disebut nosing, yang menonjol keluar dari tepi papan tangga vertikal



Gambar 8.11 Bagian-bagian tangga.

8.7 PENGHENTI API DAN ANGIN

Sudah diketahui bahwa banyak kebakaran berasal dari lantai bawah. Oleh karena itu, penting untuk menyediakan penghenti api guna mencegah api menyebar ke seluruh bangunan melalui celah udara di antara tiang-tiang. Demikian pula, penghenti api harus disediakan di setiap lantai untuk mencegah api menyebar melalui dinding dan partisi dari satu lantai ke lantai berikutnya. Pemblokiran yang kuat harus disediakan di antara balok dan tiang untuk mencegah api menyebar ke seluruh bangunan.



Gambar 8.12 Rangka di sekeliling cerobong asap dan perapian: (A) rangka atap di sekeliling cerobong asap; (B) rangka lantai di sekeliling cerobong asap; (C) rangka di sekeliling cerobong asap di atas perapian; (D) rangka lantai di sekeliling perapian; (E) rangka di sekeliling cerobong asap tersembunyi di atas perapian.

Pada rangka platform dan rangka papan dan balok, konstruksi itu sendiri menyediakan penghenti api di semua lantai. Oleh karena itu, pada jenis konstruksi ini, penghenti api hanya diperlukan di ruang lantai di atas partisi penyangga beban. Batu bata terkadang digunakan untuk penghenti api, tetapi biasanya hanya dapat disesuaikan di beberapa tempat. Umumnya, penghalang di saluran udara dapat dibuat dari kayu setebal 2 inci, yang secara efektif akan mencegah penyebaran api yang cepat. Tindakan pencegahan harus dilakukan untuk memastikan pemasangan penghenti api yang tepat di seluruh bangunan.

Konstruksi Cerobong Asap dan Perapian

Meskipun tukang kayu biasanya tidak terlibat langsung dalam pembangunan cerobong asap, mereka perlu mengetahui metode pembuatan rangka di sekeliling cerobong asap.

Rekomendasi persyaratan minimumnya adalah sebagai berikut:

- Tidak boleh ada balok kayu, balok penopang, atau kasau yang ditempatkan dalam jarak 2 inci dari permukaan luar cerobong asap. Tidak boleh ada rangka kayu yang ditempatkan dalam jarak 4 inci dari dinding belakang perapian mana pun.
- Tidak boleh ada tiang, pelapis, reng, atau sumbat yang ditempatkan pada cerobong asap atau pada sambungannya. Konstruksi kayu harus diletakkan jauh dari cerobong asap atau plesteran harus diletakkan langsung pada pasangan bata atau pada reng logam atau pada bahan pelapis yang tidak mudah terbakar.
- Dinding perapian tidak boleh kurang dari 8 inci tebalnya jika terbuat dari batu bata atau 12 inci jika terbuat dari batu.

Sebelumnya, disarankan untuk mengisi semua ruang antara cerobong asap dan rangka kayu dengan insulasi yang tidak mudah terbakar. Namun kini diketahui bahwa praktik ini tidak tahan api seperti ruang udara kosong, karena udara dapat membawa panas yang berbahaya sementara insulasi dapat menjadi sangat panas sehingga menjadi bahaya kebakaran itu sendiri. Gambar 8.12 menunjukkan rangka khas di sekitar cerobong asap dan perapian.

Ringkasan

Papan kaki (board foot) adalah satuan ukuran untuk menghitung jumlah kayu. Kayu digergaji menjadi panjang, lebar, dan tebal standar. Ketika datang dari tempat penggergajian, kayu diklasifikasikan menjadi tiga tingkatan. Selanjutnya kayu dibagi lagi menjadi klasifikasi kayu pilihan dan kayu biasa. Meskipun kayu No. 1 dan No. 3 kadang-kadang digunakan untuk rangka kayu, No. 2 adalah yang paling sering digunakan. Dalam menghitung papan kaki, ketebalan papan diasumsikan 1 inci, bahkan jika ketebalannya saat

jadi $^3/_4$ inci.

Rangka balon adalah penggunaan tiang yang membentang dalam satu bagian dari pondasi ke atap. Konstruksi papan dan balok dikatakan sebagai metode rangka tertua di negara ini. Konstruksi rangka Barat dicirikan oleh platform yang dirangkai secara independen, dengan lantai kedua atau ketiga ditopang oleh tiang dari lantai pertama. Grouting telah menjadi seni yang hilang. Grouting telah digantikan dengan fiberglass, plastik, atau selulosa yang dibungkus plastik. Kusen penyegel mencegah kontak langsung antara pondasi dan pelat.

Istilah lain konstruksi yang digunakan dalam pembangunan rumah meliputi balok induk (girders), balok lantai (joists), tiang (tiangs), partisi (partitions), header, tiang sudut (corner tiangs), atap (roofs), kasau atap (roof rafters), balok pengikat (collar beams), kasau nok (hip rafters), dormer, dan tangga (stairways). Masing-masing memiliki tujuan tertentu selama proses pembangunan rumah. Konstruksi tangga memiliki bahasanya sendiri dengan setiap bagian tangga diberi label sesuai fungsi atau penempatannya. Penghenti api dan angin juga berperan dalam menjadikan rumah sebagai hunian yang nyaman. Konstruksi cerobong asap dan perapian juga mencakup istilah-istilah untuk menjelaskan setiap langkah konstruksi dan penempatannya.

Latihan Soal

1. Apa istilah yang digunakan untuk mengukur kuantitas kayu?
2. Kayu biasanya digergaji menjadi panjang, lebar, dan ketebalan standar. (Benar atau Salah)
3. Berapa ukuran sebenarnya dari kayu 2 X 4?
4. Jenis kayu apa yang paling sering digunakan dalam konstruksi?
5. Berapa kadar air kayu hijau atau kayu yang belum digergaji? 6. Bagaimana Anda mendeskripsikan rangka rumah?
6. Apa yang dimaksud dengan rangka balon?
7. Apa yang dimaksud dengan konstruksi atau rangka papan dan balok?
8. Apa yang dimaksud dengan Kusen pondasi?
9. Sebutkan setidaknya lima istilah yang digunakan dalam konstruksi rumah.

BAB 9
BALOK DAN KAYU REKAYASA

Rumah yang tidak memuaskan dapat disebabkan oleh konstruksi yang murah dan berkualitas buruk. Dalam bab ini dan bab berikutnya, berbagai bagian rangka (seperti balok induk, kusen, tiang sudut, dan tiang) dipertimbangkan secara rinci, yang menunjukkan berbagai cara penanganan setiap bagian.

9.1 BALOK

Secara definisi, balok induk adalah balok utama yang memanjang dari dinding ke dinding suatu bangunan, yang memberikan dukungan untuk balok lantai atau balok lantai jika jaraknya terlalu jauh untuk bentang tunggal. Balok utama dapat berupa balok padat atau balok yang dibangun. Balok bisa berupa balok padat atau balok komposit.

Konstruksi Balok

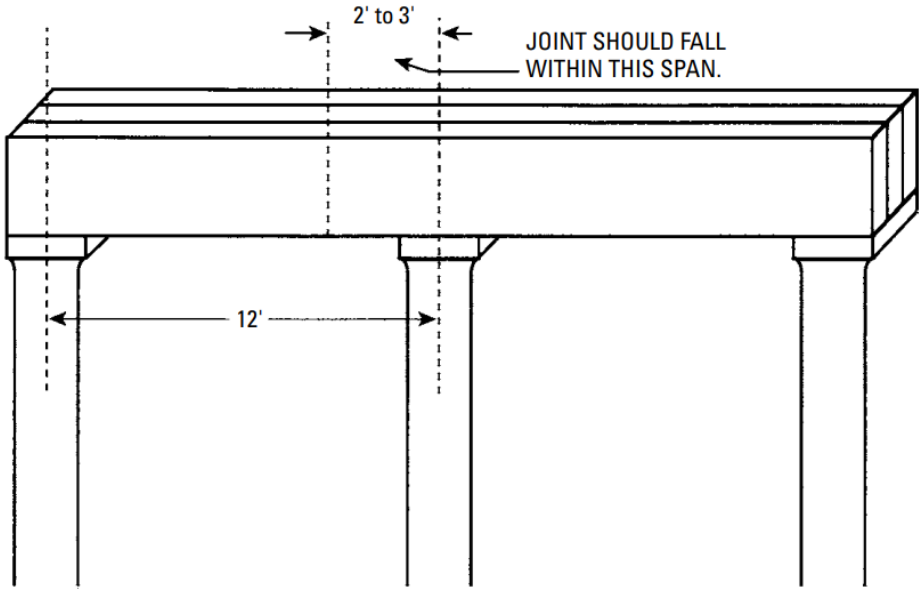
Balok penyangga beban bisa terbuat dari baja, kayu padat, atau dibangun dari kayu yang berukuran 2 inci. Dinding penyangga tengah juga dapat menggantikan balok rangka utama. Balok laminasi lem (glulam) yang diproduksi secara komersial dapat digunakan, terutama jika dibiarkan terbuka di ruang bawah tanah yang sudah jadi.

Sambungan di bagian luar balok harus jatuh tepat di atas tiang atau kolom penyangga. Namun, bila balok induk di atas tiga atau lebih untuk tumpuan, sambungan dapat ditempatkan antara $^1/_6$ dan $^1/_4$ dari panjang bentang dari kolom penyangga antara (Gambar 9.1). Paku harus menembus semua lapisan dan harus ditekuk. Gunakan paku 20d di bagian ujung, ditancapkan pada sudut tertentu, dan paku 20d di bagian atas dan bawah balok induk, dengan jarak 32 inci di tengah (oc) secara berselang-seling. Letakkan paku-paku tersebut agar tidak berlawanan dengan paku di sisi lainnya. Balok rangka utama harus memiliki bantalan minimal 4 inci di kantong balok.

Jangan gunakan ganjal kayu di bawah balok induk. Karena ganjal kayu berada dalam tekanan, ganjal tersebut akan mulai merayap seiring waktu. Saat merayap (atau melorot), balok mulai melorot dan akhirnya lantai pun melorot. Pasang pelat bantalan besi setebal $^3/_8$ hingga 1 inci, dengan lebar 2 inci lebih lebar dari balok, di dalam kantong balok sebelum balok atau balok padat dipasang. Pelat ini memiliki dua tujuan: menyediakan pemutus kapiler (untuk mencegah apa yang banyak orang salah sebut pembusukan kering) dan membantu mendistribusikan beban balok ke area dinding yang lebih luas.

Mengapa Ujung Balok Membusuk

Jamur hidup pada kayu atau tanaman lain karena mereka tidak dapat membuat makanannya sendiri. Kecuali jika kadar air kayu lebih tinggi dari 20 persen, jamur tidak bisa hidup di kayu. Oleh karena itu, kayu yang dikeringkan di tungku digunakan dalam konstruksi. Namun, kayu kering pada balok induk komposit menjadi basah di bagian ujungnya, membuatnya sangat rentan terhadap pembusukan. Ada dua alasan untuk hal ini.



Gambar 9.1 Lokasi sambungan ketika balok kontinu pada tiga atau lebih tumpuan.

Meskipun bagian luar dinding pondasi dilapisi anti lembap untuk memutus kapiler, bagian atas pondasi jarang sekali diberi anti lembap. Pondasi, yang berada di tanah lembap, akan menyerap kelembapan yang merambat naik ke atas pondasi, meskipun pondasi ini tingginya 6 mil. Karena kayu kering dari balok berada di kantong balok yang tidak dirawat, kayu kering tersebut terpapar kelembapan dalam beton.

Air dalam bentuk uap selalu ada di ruang bawah tanah. Jumlah uap air di udara lembap bergantung pada suhunya. Semakin hangat udara, semakin banyak uap air yang dapat ditampungnya. Semakin dingin udara, semakin sedikit uap air yang dapat ditampungnya. Ketika pada suhu tertentu udara menahan semua uap air yang dapat ditampungnya, Ketika pada suhu tertentu udara menampung semua kelembapan yang bisa ditampungnya, itu disebut jenuh. Kelembaban relatifnya (RH) dikatakan 100 persen. Udara yang benar-benar kering memiliki RH 0 persen. Misalnya, satu meter kubik udara pada suhu 68° F (sekitar 20° C) dapat menampung $^1/_2$ ons uap air. Jika suhu udara mendingin hingga 40° F (sekitar 4,4^o C), udara hanya dapat menampung $^1/_{10}$ ons air. $^4/_{10}$ lainnya mengembun menjadi air cair. Kondensasi uap air terjadi ketika udara didinginkan di bawah suhu kritis tertentu (disebut suhu titik embun). Ini adalah kejadian umum pada hari-hari musim panas yang panas dan lembab. Botol dingin yang dikeluarkan dari lemari es mulai "berkeringat" saat udara yang bersentuhan dengannya mencapai suhu titik embun. Hal ini juga terlihat di musim dingin ketika udara lembap mengembun pada kaca jendela tunggal, saat suhu luar mulai turun. Permukaan dingin ini disebut **permukaan kondensasi pertama**.

Massa pondasi beton menjadi dingin karena berada di atas tanah yang lembap dan dingin. Udara hangat dari ruang bawah tanah yang menyentuh pondasi (yang merupakan permukaan kondensasi pertama) akan mendingin, mengembun menjadi cair, dan mengendap di dalam kantong balok. Ujung balok kayu kering atau balok induk yang terbentuk menyerap air dan meningkatkan kadar air kayu. Dengan demikian, lima kondisi yang diperlukan tersebut

terpenuhi, dan kayu akhirnya membusuk.

lembabkan kantong balok dengan melapisi bagian luar pondasi. Atau, lapisi kantong balok dengan bituthene atau EPDM. Ujung balok dapat dibungkus dengan Tu-Tuf, yang memiliki dua fungsi: menyediakan pemutus kapiler dan melindungi ujung balok dan juga mencegah udara (yang menyusup ke kantong balok) bergerak secara horizontal di antara lapisan kayu dan ke ruang bawah tanah. Tanpa perlindungan ini, balok berfungsi seperti saluran udara untuk membawa udara dingin ke ruang bawah tanah. Kode BOCA mengharuskan ruang udara berukuran $^1/_2$ inci di bagian atas, samping, dan ujung balok yang berada di kantong balok beton.

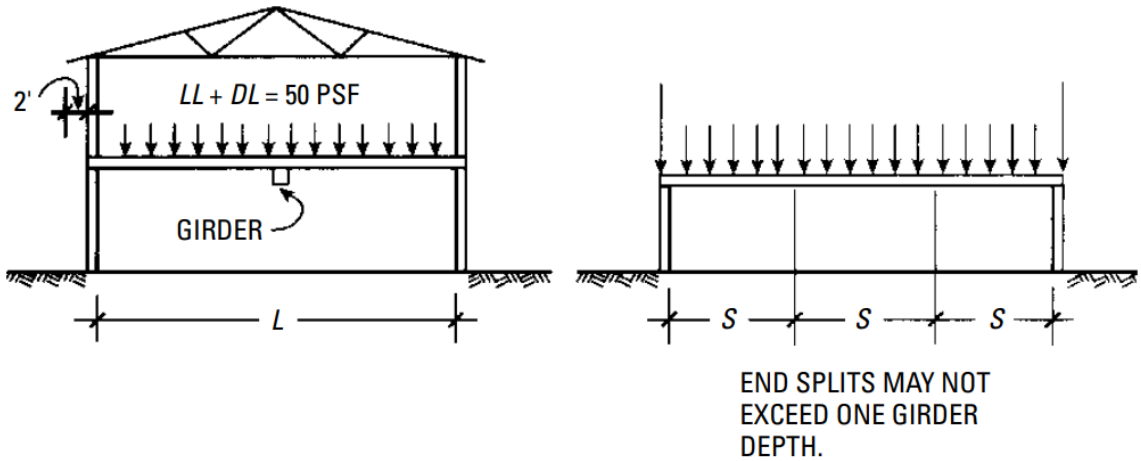
Sebagai aturan umum, ukuran balok padat (atau ukuran dan jumlah lapisan 2 kali untuk balok utama yang dibangun), akan dicantumkan pada gambar oleh arsitek. Tabel seperti Tabel 9.1 (Gambar 9.2) dan Tabel 9.2 (Gambar 9.3) dapat digunakan untuk menemukan ukuran balok utama untuk bangunan satu dan dua lantai, atau ukuran balok utama dapat dihitung.

Agar tegangan tidak terlampaui, pada Tabel 9.1 balok utama tidak boleh bergeser dari garis tengah rumah lebih dari 1 kaki. Namun, balok utama dapat ditempatkan agar sesuai dengan kondisi desain, asalkan tegangan unit sesuai dengan standar industri untuk mutu dan spesies.

Menghitung Ukuran Balok Utama

Untuk menghitung ukuran balok utama, fakta-fakta berikut diperlukan:

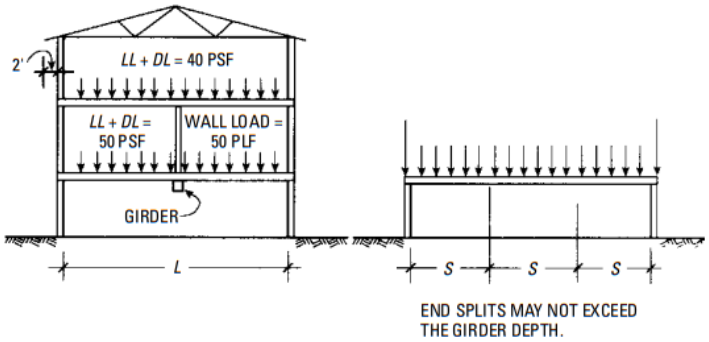
- Panjang dan lebar rumah
- Beban total psf balok dan partisi bantalan
- Luas lantai dasar balok utama
- Beban per kaki linier pada balok
- Jarak antara kolom penyangga
- Beban total pada balok



Gambar 9.2

Tabel 9.1 Rentang—Beban Lantai Satu Lantai

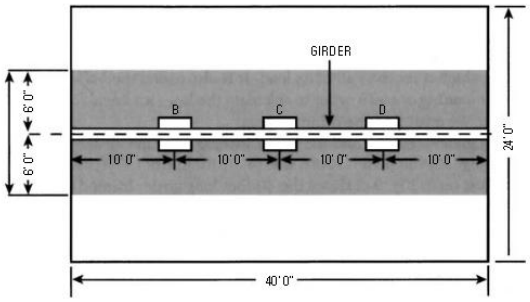
Nominal Kayu Ukuran	Rentang Girder = S dalam Ft					
	Lebar Rumah = P dalam Ft					
	22	24	26	28	30	32
Kayu yang memiliki tegangan lentur yang diizinkan tidak kurang dari 1000 psi						
2 – 2 x 6	4 ft – 0 inci	-	-	-	-	-
3 – 2 x 6	5 ft – 3 inci	5 ft – 0 inci	4 ft – 10 inci	4 ft – 8 inci	4 ft – 5 inci	4 ft – 2 inci
2 – 2 x 8	5 ft – 3 inci	4 ft – 10 inci	4 ft – 5 inci	4 ft – 2 inci	-	
3 – 2 x 8	6 ft – 11 inci	6 ft – 7 inci	6 ft – 4 inci	6 ft – 2 inci	5 ft – 10 inci	5 ft – 5 inci
2 – 2 x 10	6 ft – 9 inci	6 ft – 2 inci	5 ft – 8 inci	5 ft – 3 inci	4 ft – 11 inci	4 ft – 8 inci
3 – 2 x 10	8 ft – 10 inci	8 ft – 5 inci	8 ft – 1 inci	7 ft – 10 inci	7 ft – 5 inci	6 ft – 11 inci
2 – 2 x 12	8 ft – 2 inci	7 ft – 6 inci	6 ft – 11 inci	6 ft – 5 inci	6 ft – 0 inci	5 ft – 8 inci
3 – 2 x 12	10 ft – 9 inci	10 ft – 3 inci	9 ft – 10 inci	9 ft – 0 inci	9 ft – 0 inci	8 ft – 5 inci
Kayu yang memiliki tegangan lentur yang diizinkan tidak kurang dari 1500 psi						
2 – 2 x 6	4 ft – 10 inci	4 ft – 5 inci	4 ft – 1 inci	-	-	-
3 – 2 x 6	6 ft – 5 inci	6 ft – 2 inci	5 ft – 11 inci	5 ft – 8 inci	5 ft – 3 inci	4 ft – 11 inci
2 – 2 x 8	6 ft – 4 inci	5 ft – 10 inci	5 ft – 4 inci	5 ft – 0 inci	4 ft – 8 inci	4 ft – 4 inci
3 – 2 x 8	8 ft – 6 inci	8 ft – 1 inci	7 ft – 9 inci	7 ft – 5 inci	7 ft – 0 inci	6 ft – 6 inci
2 – 2 x 10	8 ft – 1 inci	7 ft – 5 inci	6 ft – 10 inci	6 ft – 4 inci	5 ft – 11 inci	5 ft – 7 inci
3 – 2 x 10	10 ft – 10 inci	10 ft – 4 inci	9 ft – 11 inci	9 ft – 6 inci	8 ft – 11 inci	8 ft – 4 inci
2 – 2 x 12	9 ft – 10 inci	9 ft – 0 inci	8 ft – 4 inci	7 ft – 9 inci	7 ft – 2 inci	6 ft – 9 inci
3 – 2 x 12	13 ft – 2 inci	12 ft – 7 inci	12 ft – 1 inci	11 ft – 7 inci	10 ft – 10 inci	10 ft – 2 inci



Gambar 9.3 Agar tegangan tidak terlampaui, pada Tabel 9.1 balok tidak boleh bergeser dari garis tengah rumah lebih dari 1 kaki. Namun, balok dapat ditempatkan sesuai dengan kondisi desain, asalkan tegangan unit sesuai dengan standar industri untuk mutu dan spesies.

Tabel 9.2

Asumsikan Anda sedang mengerjakan rumah satu lantai dengan lebar 24 kaki dan panjang 40 kaki dengan total beban mati (DL) dan beban hidup (LL) sebesar 50 psf. Gambar 9.4 menunjukkan denah pondasi dengan balok sepanjang 40 kaki dan lokasi serta jarak kolom penyangga. Untuk menghitung beban per kaki linier pada balok, setengah lebar atau luas lantai dasar dari bentang balok harus ditemukan.



Gambar 9.4 Rencana pondasi yang menunjukkan lokasi balok dan kolom penyangga.

Area Anak Sungai

Area pembebanan total sebuah bangunan ditanggung oleh dinding pondasi dan juga balok utama. Namun, balok menopang beban yang lebih besar daripada dinding pondasi. Sebuah contoh sederhana akan menunjukkan alasannya.

Seseorang yang membawa tangga seberat 60 pon dengan panjang setinggi 12 kaki menopang seluruh beban tangga tersebut. Namun, dua orang, masing-masing di setiap ujung tangga, hanya akan membawa 30 pon setiap orang. Misalkan Anda memiliki dua tangga setinggi 12 kaki di tanah yang sejajar satu sama lain, dan tiga orang untuk membawanya. Satu orang masing-masing berada di ujung luar kedua tangga. Orang ketiga berada di tengah antara kedua ujung dalam tangga. Saat mengangkatnya dari tanah, ketiga orang tersebut menopang berat total 120 pon. Ke dua orang di ujung luar masih hanya membawa masing-masing 30 pon. Akan tetapi, orang yang di tengah menopang beban seberat 60 pon, yaitu setengah dari berat masing-masing dari kedua tangga. Kedua orang di bagian luar mewakili dua dinding pondasi luar. Sedangkan orang di bagian tengah mewakili balok atau balok rakitan. Dengan demikian, balok utama menopang separuh beban dari berat total, sementara separuh lainnya dibagi rata di antara dinding luar.

Desain struktur mungkin mengharuskan balok utama diimbangi dari pusat pondasi. Jika balok utama di rumah satu lantai (Gambar 9.4) terletak pada jarak 14 kaki dari dinding ujung, baik panjang total balok lantai maupun beratnya tidak berubah. Dengan menggunakan contoh tangga sebelumnya, asumsikan satu tangga panjangnya 14 kaki dan yang lain panjangnya 10 kaki, masing-masing beratnya 5 pon per kaki. Orang yang berada di ujung luar tangga 10 kaki menopang separuh tangga 10 kaki (atau 25 pon) sementara orang di luar tangga 14 kaki menopang separuhnya (atau 35 pon). Orang yang di tengah menopang separuh dari setiap tangga atau total 60 pon berat yang sama dengan tangga 12 kaki.

Balok utama tidak menopang seluruh area lantai tetapi hanya sebagian saja. Area lantai yang ditopang balok utama disebut area tributary atau area konstribusi. Istilah "tributary" mengacu pada beban yang disumbangkan ke setiap elemen penopang beban. Area tributary dari balok utama adalah area di mana balok utama menerima bebannya. Ini juga disebut setengah lebar atau area pembebanan balok utama. Untuk menghitung beban per kaki linear pada balok, kita harus menemukan area tributary tersebut.

Aturan umum untuk menemukan area pembebanan balok adalah bahwa balok utama akan menahan beban lantai di setiap sisinya hingga ke bagian tengah balok lantai yang

bertumpu padanya. Gambar 9.4 menunjukkan balok utama sepanjang 40 kaki yang terletak tepat di tengah dinding ujung selebar 24 kaki. Setengah dari panjang balok lantai (panjangnya 12 kaki) di setiap sisi balok adalah 6 kaki dan 6 kaki ditambah 6 kaki menjadi 12 kaki. Ini adalah lebar tributary (setengah lebar, atau titik tengah balok lantai) dan merupakan area yang diarsir yang ditunjukkan pada Gambar 9.4. Bila balok utama berada di tengah, lebar balok utama (atau setengah lebarnya) persis setengah dari lebar bangunan. Dalam contoh ini, $^{24}/_{2}$ atau 12 kaki. Namun, bagaimana jika balok utama berjarak 14 kaki dari satu dinding dan 10 kaki dari dinding lainnya? Ambil setengah dari setiap jarak (14 kaki/2 + 10 kaki/2) dan jumlahkan (7 kaki + 5 kaki = 12 kaki).

Distribusi Beban

Dalam contoh yang telah kita gunakan, balok utama menahan setengah dari total berat lantai. Ini karena balok menopang ujung bagian dalam balok lantai, dan setengah dari berat setiap balok lantai yang bertumpu di atasnya. Setengah lainnya dibagi rata antara kedua dinding pondasi. Kita telah berasumsi bahwa balok lantai bertemu ujungnya (*butted*) atau tumpang tindih (*overlapped*) di atas balok utama. Balok lantai yang tumpang tindih atau tumpul memiliki sedikit ketahanan terhadap tekukan saat dibebani dan cenderung melengkung di antara tiang penyangga (*lally columns*).

Namun, ketika balok lantainya bersambung (satu bagian), mereka lebih mampu menahan lentur di atas balok. Akibatnya, balok sekarang harus menopang lebih banyak beban dibandingkan saat balok terdiri dari dua bagian. Balok di bawah balok bersambung sekarang menanggung $^{5}/_{8}$ alih-alih $^{1}/_{2}$ dari beban.

setelah Anda menemukan titik utama area lantai yang memberikan bebannya pada kolom tertentu, Anda harus menghitung total beban hidup dan beban mati (LL DD) pada balok utama. Namun, Anda telah mengasumsikan total beban hidup dan beban mati sebesar 50 psf (10 psf 40 psf) untuk rumah peternakan satu lantai berukuran 24 kaki 40 kaki. Atapnya berkubah; oleh karena itu, tidak ada partisi yang menahan beban.

Contoh

Dengan menggunakan lebar lantai dasar 12 kaki, panjang balok 40 kaki, dan LL DD 50 psf, carilah (a) luas anak sungai, (b) beban balok per kaki linier, (c) beban balok antara kolom penyangga pada Gambar 9-4, dan (d) beban total pada balok.

- Luas lantai dasar = 12 kaki X 40 kaki = 480 ft^2.
- Beban balok per kaki linier = 50 psf X 12 kaki = 600 pon.
- Beban balok antara kolom penyangga 600 pon 10 kaki 6000 pon.
- Beban total pada balok = 600 pon X 40 kaki = 24.000 pon.

Tentu saja, mengalikan luas lantai dasar dengan beban lantai akan menghasilkan beban total pada balok: 480 ft^2 X 50 psf 24.000 pon. Membagi 24.000 pon dengan 40 kaki 600 pon, menghasilkan beban per kaki linier pada balok.

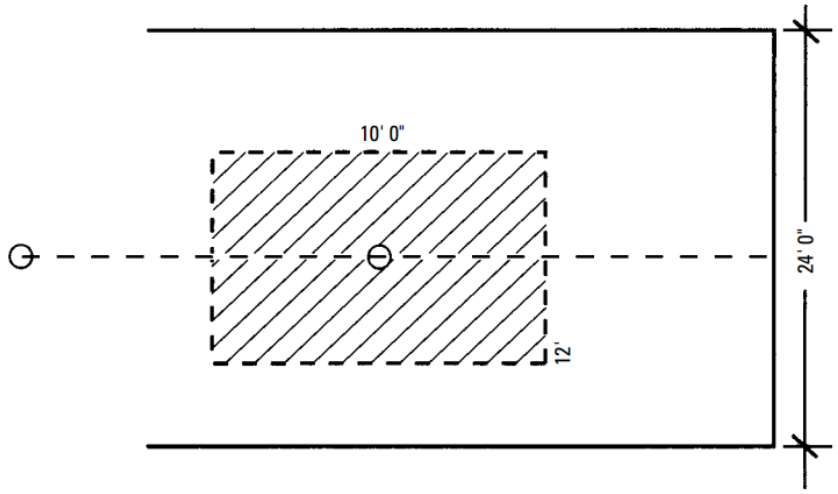
9.2 KOLOM DAN PONDASI KOLOM

Balok utama ditopang oleh tiang kayu, pilar beton atau bata, kolom pipa berongga, atau kolom penyangga. Kolom penyangga adalah rangka baja melingkar yang diisi dengan beton

khusus yang digetarkan dengan hati-hati untuk menghilangkan semua rongga. Meskipun kolom silinder berongga dan kolom yang dapat disesuaikan digunakan di seluruh negeri, kolom penyangga adalah penyangga balok yang paling umum digunakan di Timur Laut (Amerika Serikat). Kolom ini tidak terbakar, membusuk, atau menyusut. Kolom apa pun yang digunakan, kolom tersebut harus bertumpu pada pondasi beton yang cukup besar dan cukup dalam untuk menopang beban yang diberikan. Sebagai aturan, ukuran pondasi kolom dan ukuran serta jarak kolom ditentukan pada rencana pondasi. Terkadang seorang kontraktor menerima satu set rencana yang tidak lengkap dan harus menyewa seorang arsitek untuk menyelesaikannya, atau mengerjakannya sendiri. Di sini kita akan membahas dasar-dasar desain penyangga kolom, pemilihan kolom penyangga, dan jarak.

Bab 3 membahas desain pondasi berdasarkan beban pondasi dan kapasitas daya dukung tanah. Beban total pada pondasi harus ditemukan. Sekali lagi, beban rata-rata per kaki persegi yang bekerja pada pondasi kolom harus dihitung. Namun, luas lantai dasar kolom diperlukan untuk menemukan beban total yang ditanggung oleh pondasi kolom.

Gambar 9.4 memperlihatkan kolom-kolom penyangga yang diberi jarak 10 kaki dari tengah. Balok terletak di pusat dinding ujung atap pelana sepanjang 24 kaki. Kita tahu lebar lantai dasar balok adalah 12 kaki, tetapi berapa setengah lebar kolom? Kolom menopang setengah berat balok utama hingga titik tengah bentang di kedua sisi balok. Dengan kata lain, titik tengah adalah 5 kaki di setiap sisi kolom, atau total 10 kaki (Gambar 9.5). Oleh karena itu, luas lantai dasar kolom adalah 12 kaki X 10 kaki = 120 ft^2.



Gambar 9.5 Luas lantai dasar kolom.

Untuk menghitung beban pada pondasi kolom penyangga, Anda perlu mengetahui hal berikut:

- Beban langit-langit
- Beban lantai
- Beban partisi

Atapnya menggunakan rangka kuda-kuda (trussed). Tidak ada ruang penyimpanan di loteng dan tidak ada partisi yang penahan beban. Oleh karena itu, beban lantai adalah 50 psf. Total beban pondasi sama dengan beban lantai per kaki persegi dikalikan dengan luas lantai

dasar kolom:

$$50 \text{ psf X } 120 \text{ ft2} = 6000 \text{ pon}$$

Selanjutnya, ukuran pondasi kolom harus dihitung. Daya dukung tanah adalah 2000 psf.

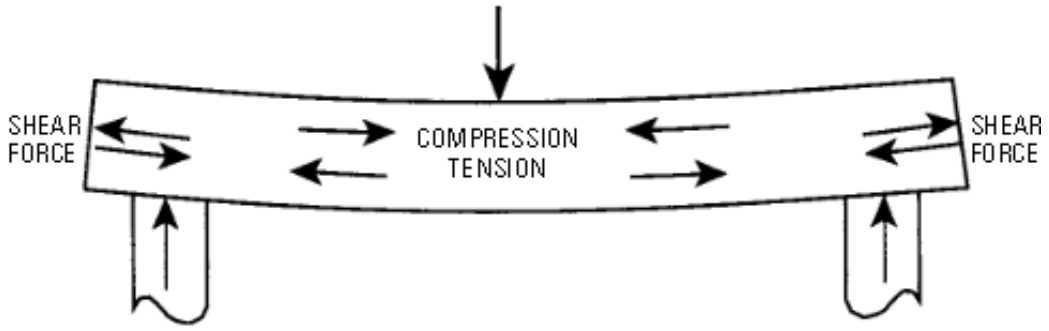
$$area\ pijakan\ (ft^2) = \frac{beban\ pijakan(lb/ft\ )}{q_a\ (lb/ft^2)}$$

Pondasi beton standar berukuran 2 kaki X 2 kaki X 1 kaki (4 ft^2) sudah lebih dari cukup. Kolom penyangga ringan berukuran 8 kaki X $3^1/_2$ inci akan menahan beban 21.000 pon (kips), dan lebih dari cukup untuk menahan beban 6.000 pon.

9.3 MEMILIH BALOK

Ada beberapa cara untuk menentukan ukuran balok yang diperlukan untuk menahan beban lantai: lihat tabel seperti Tabel 9.1 dan Tabel 9.2, menggunakan data dalam *Wood Structural Design Data (Washington, D.C.: American Wood Council, 1986)*, atau menghitungnya menggunakan rumus rekayasa struktural. Perhitungan ini berada di luar cakupan buku ini. Namun, sebelum Anda dapat menggunakan tabel ini atau tabel lainnya, Anda harus memahami apa yang dimaksud dengan F_b dan cara menggunakannya.

F_b (diucapkan eff sub-b) adalah tegangan lentur yang diizinkan, atau tegangan serat ekstrem dalam pembengkokan. Tegangan ini menunjukkan seberapa kuat serat kayu. Balok mulai melengkung saat diberi beban. Saat balok melengkung, serat kayu bagian atas mencoba memendek, menyebabkannya mengalami kompresi. Pada saat yang sama, serat kayu bagian bawah berusaha memanjang, sehingga membuatnya mengalami tegangan. Kedua gaya yang berlawanan ini bertemu langsung seperti gunting, sehingga menghasilkan gaya geser pada balok. Geser horizontal pada balok adalah serat bagian atas yang meluncur di atas serat bagian bawah (Gambar 9.6).



Gambar 9.6 Geser horizontal.

Balok tidak mudah patah karena kayu sangat kuat dalam tegangan sejajar seratnya. Namun, balok dapat rusak saat serat bagian bawah terlepas karena tegangan. Saat memilih balok atau melaminasi balok utama, pilih kayu yang seratnya cukup kuat untuk menahan

kerusakan semacam ini. Tabel 9.1 dan Tabel 9.2 menyarankan kayu dengan F_b 1000 psi atau 1500 psi. Misalnya, pinus kuning selatan (SYP) No. 2, cemara hem No. 2, atau cemara douglas selatan No. 2, akan memenuhi persyaratan F_b. Karena Tabel 9.1 dan Tabel 9.2 tidak mencantumkan jenis kayu yang memiliki nilai F_b, maka tabel Working Stresses for Joists and Rafters, Visual Graded Lumber, harus digunakan. Tabel tersebut dapat ditemukan dalam CABO *One and Two Family Dwelling Code*, dalam Uniform Building Code, dan dalam banyak buku tentang pertukangan atau rangka. Tabel bentang tidak dipublikasikan dalam kode BOCA.

Memilih Kayu Balok dan F_b

Tabel 9.3 mencantumkan berbagai spesies dan mutu kayu, dan beberapa sifatnya. Karena kita menginginkan F_b, sifat-sifat lainnya akan diabaikan.

Balok utama pada bangunan peternakan satu lantai membentang sejauh 10 kaki di antara kolom-kolom dan menopang beban 6000 pon pada jarak tersebut. Menurut Tabel 9.1, sebuah struktur selebar 24 kaki dengan bentang balok 10 kaki 3 inci dapat menggunakan balok utama rakitan yang dibangun dari tiga balok 2 X 12, dengan F_b minimum 1000 psi.

Di wilayah selatan, pinus Selatan merupakan bahan bangunan umum; F_b 1200 hingga 1400 psi dan lebih tinggi adalah hal umum. Di Barat, cemara Douglas merupakan kayu bangunan umum, dan F_b dari 1250 hingga 1700 psi dan yang lebih tinggi adalah hal yang sering di jumpai. Di Timur Laut, kayu rangka yang umum digunakan adalah cemara-pinus-cemara dan cemara-hem No. 2 dan yang lebih baik adalah kayu rangka umum. Pinus kuning selatan dan cemara Douglas bukan merupakan bahan baku. Cemara-pinus-cemara memiliki F_b 875 psi, dan cemara-hem, 1000 psi. Kayu Struktural dan No. 1 dengan F_b 1050 hingga 1400 psi dapat dipesan. Nilai F_b yang lebih tinggi diperbolehkan jika kayu tersebut digunakan berulang kali sebagai balok lantai, tiang, atau kasau. Beberapa tempat penjualan kayu khusus menyediakan balok cemara-helai. terkadang, balok baja atau balok kayu rekayasa digunakan. Namun, secara umum, balok utama rakitan yang dibangun menggunakan cemara-pinus-cemara umum digunakan di Timur Laut. Setelah berkonsultasi dengan tabel untuk menemukan kayu mana yang memiliki nilai F_b berapa, bahan balok utama dapat dipilih. Balok Padat versus Balok Tersusun

Antara Balok Padat dengan Balok Rakitan

Tabel dalam Data Desain Struktural Kayu dan Tabel 9.4 adalah untuk balok kayu padat dengan penampang persegi panjang, yang ke 4 sisi permukaannya sesuai dengan dimensi standar. Balok berukuran 6 X 18 sebenarnya berukuran $5^1/_2$ inci X $17^1/_2$ inci. Balok utama rakitan yang tersusun tidak dapat menahan beban sebanyak balok padat karena ukurannya lebih kecil. Balok tersusun berukuran 6 X 10 yang tersusun hanya berukuran $4^1/_2$ inci X $9^1/_4$ inci. Balok padat berukuran 6 X 10 yang tersusun berukuran $5^1/_2$ inci, X $9^1/_2$ inci. Oleh karena itu, untuk menemukan daya dukung aktual balok tersusun berdasarkan dimensi balok padat, faktor koreksi harus diterapkan:

- Kalikan dengan 0,897 jika balok berukuran 4 inci terbuat dari dua bagian berukuran 2 inci
- Kalikan dengan 0,887 jika balok 6 inci terbuat dari tiga bagian berukuran 2 inci.
- Kalikan dengan 0,867 jika balok 8 inci terbuat dari empat bagian berukuran 2 inci.

- Kalikan dengan 0,856 jika balok 10 inci terbuat dari lima bagian berukuran 2 inci

Tabel 9.3 Nilai Desain dalam Pound per Inci Persegi

		Serat ekstrem dalam Pembengkokan f						
Spesies dan Kelas Komersial	**Klasifikasi Ukuran**	**Penggunaan Anggota Tunggal**	**Penggunaan Anggota Berulang**	**Tegangan Tarik Sejajar Serat**	**Geser Horisontal "H"**	**Kompresi tegak lurus terhadap serat**	**Kompresi sejajar dengan serat**	**modulus elastisitas "E"**
BALSAMFIR (Dipermukaan kering atau dipermukaan hijau. Digunakan pada maks. 19 persen m.c.)								
Pilih Struktural		1350	1550	800	60	170	1050	1,200,000
No. 1	2' in - 4 'in	1150	1300	675	60	170	825	1,200,000
No. 2	Tebal	950	1100	550	60	170	650	1,100,000
No. 3	2' in - 4 'in	525	600	300	60	170	400	900,000
Penampalin	Lebar	1000	1150	650	60	170	1000	1,200,000
Pondasi	Tebal 2' in sampai 4' in Lebar 2' in sampai 4' in	525	600	300	60	170	400	900,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	675	800	400	60	170	750	900,000
Standar	Tebal	375	450	225	60	170	625	900,000
Kegunaan	Lebar 4 inci	175	200	100	60	170	400	900,000
Memilih struktural	2' in - 4 'in	1150	1350	775	60	170	925	1,200,000
No.1	Tebal	1000	1150	650	60	170	825	1,200,000
No.2	5 inci	825	950	425	60	170	700	1,100,000
No.3	Lebih luas	475	550	250	60	170	450	900,000
Penampilan		1000	1150	650	60	170	1000	1,200,000
Pondasi		475	550	250	60	170	450	900,000
DOUGLAS FIR-LARCH (permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c. maksimum 19 persen)								
Pilih padat struktural		2450	2800	1400	95	455	1850	1,900,000
Memilih struktural		2100	2400	1200	95	385	1600	1,800,000
Padat No.1		2050	2400	1000	95	455	1450	1,900,000
No.1	2' in - 4 'in	1750	2050	1050	95	385	1250	1,800,000
Padat No.2	Tebal	1700	1950	1000	95	455	1150	1,700,000
No.2	2' in - 4 'in	1450	1650	850	95	385	1000	1,700,000
No.3	Lebar	800	925	475	95	385	600	1,500,000
Penampilan		1750	2050	1050	95	385	1500	1,800,000
Pondasi		800	925	475	95	385	600	1,500,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	1050	1200	625	95	385	1150	1,500,000
Standar	Tebal	600	675	350	95	385	925	1,500,000
Kegunaan	Lebar 4 ft	275	325	175	95	385	600	1,500,000
Pilih padat struktural		2100	2400	1400	95	455	1650	1,900,000
Memilih struktural		1800	2050	1200	95	385	1400	1,800,000
Padat No.1	2' in - 4 'in	1800	2050	1200	95	455	1450	1,900,000
No.1	Tebal	1500	1750	1000	95	385	1250	1,800,000
Padat No.2	5 inci	1450	1700	775	95	455	1250	1,700,000
No.2	Lebih luas	1250	1450	650	95	385	1050	1,700,000
No.3		725	850	375	95	385	675	1,500,000
Penampil		1500	1750	1000	95	385	1500	1,800,000
Pondasi		725	850	375	95	385	675	1,500,000
FIR DOUGLAS, SELATAN (permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c maksimum 19%)								
Memilih struktural		2000	2300	1150	90	335	1400	1,400,000
No.1	2' in - 4 'in	1700	1950	975	90	335	1150	1,400,000
No.2	Tebal	1400	1600	825	90	335	900	1,300,000
No.3	2' in - 4 'in	775	875	450	90	335	550	1,100,000
Penampilan	Lebar	1700	1950	975	90	335	1350	1,400,000
Pondasi		775	875	450	90	335	550	1,100,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	1000	1150	600	90	335	1000	1,100,000
Standar	Tebal	550	650	325	90	335	850	1,100,000

Kegunaan	Lebar 4 inci	275	300	150	90	335	550	1,100,000
Memilih struktual	2' in - 4 'in	1700	1950	1150	90	335	1250	1,400,000
No.1	Tebal	1450	1650	975	90	335	1150	1,400,000
No.2	5 inci	1200	1350	625	90	335	950	1,300,000
No.3	Lebih luas	700	800	350	90	335	600	1,100,000
Penampilan		1450	1650	975	90	335	1350	1,400,000
Pondasi		700	800	350	90	335	600	1,100,000
FIR DOUGLAS, SELATAN (Permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c. maksimum 19 %)								
Memilih struktural		2000	2300	1150	90	335	1400	1,400,000
No.1	2' in - 4 'in	1700	1950	975	90	335	1150	1,400,000
No.2	Tebal	1400	1600	825	90	335	900	1,300,000
No.3	2' in - 4 'in	775	875	450	90	335	550	1,100,000
Penampilan	Lebar	1700	1950	975	90	335	1350	1,400,000
Pondasi		775	875	450	90	335	550	1,100,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	1000	1150	600	90	335	1000	1,100,000
Standar	Tebal	550	650	325	90	335	850	1,100,000
Kegunaan	Lebar 4 inci	275	300	150	90	335	550	1,100,000
Memilih struktural	2' in - 4 'in	1700	1950	1150	90	335	1250	1,400,000
No.1	Tebal	1450	1650	975	90	335	1150	1,400,000
No.2	5 inci dan	1200	13350	625	90	335	950	1,300,000
No.3	Lebih luas	700	800	350	90	335	600	1,100,000
Penampilan		1450	1650	975	90	335	1350	1,400,000
Pondasi		700	800	350	90	335	600	1,100,000
EASTERN HEMLOCK -TAMARACK (permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c.maksimum 19%)								
Memilih struktural		1800	2050	1050	85	365	1350	1,300,000
No.1	2' in - 4 'in	1500	1750	900	85	365	1050	1,300,000
No.1	Tebal	1250	1450	725	85	365	850	1,100,000
No.3	2' in - 4 'in	700	800	400	85	365	525	1,000,000
Penampilan	Lebar	1300	1500	900	85	365	1300	1,300,000
Pondasi		700	800	400	85	365	525	1,000,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	900	1050	525	85	365	975	1,000,000
Standar	Tebal	500	575	300	85	365	800	1,000,000
Kegunaan	Lebar 4 inci	250	275	150	85	365	525	1,000,000
Memilih	2' in - 4 'in	1550	1750	1050	85	365	1200	1,300,000
No.1	Tebal	1300	1500	875	85	365	1050	1,300,000
No.1	5 inci	1050	1200	575	85	365	900	1,100,000
No.3	Lebih luas	625	725	325	85	365	575	1,000,000
Penampilan		1300	1500	875	85	365	1300	1,300,000
Pondasi		625	725	325	85	365	575	1,000,000
EASTERN SPRUCE (permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pad kadar m.c. maksimum 19%)								
Memilih struktural		1500	1750	875	65	225	1150	1,400,000
No.1	2' in - 4 'in	1300	1500	750	65	225	900	1,400,000
No.2	Tebal	1050	1200	625	65	225	700	1,200,000
No.3	2' in - 4 'in	575	675	325	65	225	425	1,100,000
Penampilan	Lebar	1100	1250	750	65	225	1050	1,400,000
Pondasi		575	675	325	65	225	425	1,100,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	775	875	450	65	225	800	1,100,000
Standar	Tebal	425	500	250	65	225	675	1,100,000
Kegunaan	4 inci lebar	200	225	100	65	225	425	1,100,000
Memilih struktural		1300	1500	875	65	225	1000	1,400,000
No.1	2' in - 4 'in	1100	1250	750	65	225	900	1,400,000
No.2	Tebal	900	1000	475	65	225	750	1,200,000
No.3	5 inci dan	525	600	275	65	225	475	1,100,000
Penampilan	Lebih luas	1100	1250	750	65	225	1050	1,400,000
Pondasi		525	600	275	65	225	475	1,100,000
CEMARA ENGELMAN – CEMARA ALPINE (CEMARA ENGELMANN – CEMARA LODGEPOLE) (permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c. 19%)								
Memilih struktural		1350	1550	800	70	195	950	1,300,000
No.1	2' in - 4 'in	1150	1350	675	70	195	750	1,300,000
No.2	Tebal	950	1100	550	70	195	600	1,100,000
No.3	2' in - 4 'in	525	600	300	70	195	375	1,000,000

Penampilan	Lebar	1150	1350	675	70	195	900	1,300,000
Pondasi		525	600	300	70	195	375	1,000,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	700	800	400	70	195	675	1,000,000
Standar	Tebal	375	450	225	70	195	550	1,000,000
Kegunaan	Lebar 4 inches	175	200	100	70	195	375	1,000,000
Select Structural		1200	1350	775	70	195	850	1,300,000
No.1	2' in - 4 'in	1000	1150	675	70	195	750	1,300,000
No.2	Tebal	825	950	425	70	195	625	1,100,000
No.3	5'in dan Lebih	475	550	250	70	195	400	1,000,000
Tampilan	Lebar	1000	1150	675	70	195	900	1,300,000
Tiang		475	550	250	70	195	400	1,000,000
HEM-FIR (Permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada maks. 19 persen m.c.								
Pilih Struktural		1650	1900	975	75	245	1300	1,500,000
No.1	2' in - 4 'in	1400	1600	825	75	245	1050	1,500,000
No.2	Tebal	1150	1350	675	75	245	825	1,400,000
No.3	2' in - 4 'in	650	725	375	75	245	500	1,200,000
Tampilan	Lebar	1400	1600	825	75	245	1250	1,500,000
Tiang		650	725	375	75	245	500	1,200,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	825	975	500	75	245	925	1,200,000
Standart	Tebal	475	550	275	75	245	775	1,200,000
Kegunaan	Lebar 4 inches	225	250	125	75	245	500	1,200,000
Select Structural		1400	1650	950	75	245	1150	1,500,000
No.1	2' in - 4 'in	1200	1400	800	75	245	1050	1,500,000
No.2	Tebal	1000	1150	525	75	245	875	1,400,000
No.3	5'in dan Lebih	575	675	300	75	245	550	1,200,000
Tampilan	Lebar	1200	1400	800	75	245	1250	1,500,000
Tiang		575	675	300	75	245	550	1,200,000
PINUS LODGEPOLE (Permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c. maksimum 19 persen)								
Pilih Struktural		1500	1750	875	70	250	1150	1,300,000
No.1	2' in - 4 'in	1300	1500	750	70	250	900	1,300,000
No.2	Tebal	1050	1200	625	70	250	700	1,200,000
No.3	2' in - 4 'in	600	675	350	70	250	425	1,000,000
Penampilan	lebar	1300	1500	750	70	250	1050	1,300,000
Pondasi		600	675	350	70	250	425	1,000,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	775	875	450	70	250	800	1,000,000
Standar	tebal	425	500	250	70	250	675	1,000,000
Kegunaan	4 inci lebar	200	225	125	70	250	425	1,000,000
Memilih Struktural		1300	1500	875	70	250	1000	1,300,000
No. 1	2' in - 4 'in	1100	1300	750	70	250	900	1,300,000
No. 2	tebal	925	1050	475	70	250	750	1,200,000
No 3	5 inci	525	625	275	70	250	475	1,000,000
Penampilan	lebih luas	1100	1300	750	70	250	1050	1,300,000
Pondasi		525	625	275	70	250	475	1,000,000
MOUNTAIN HEMLOCK (Permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c maksimum 19 persen)								
Memilih Struktural		1750	2000	1000	95	370	1250	1,300,000
No. 1	2' in - 4 'in	1450	1700	850	95	370	1000	1,300,000
No.2	Tebal	1200	1400	700	95	370	775	1,100,000
No. 3	2' in - 4 'in	675	775	400	95	370	475	1,000,000
Penampilan	Lebar	1450	1700	850	95	370	1200	1,300,000
Pondasi		675	775	400	95	370	475	1,000,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	875	1000	525	95	370	900	1,000,000
Standar	Tebal	500	575	275	95	370	725	1,000,000
Kegunaan	4 inci lebar	225	275	125	95	370	475	1,000,000
Memilih Struktural		1500	1700	1000	95	370	1100	1,300,000
No. 1	2' in - 4 'in	1250	1450	850	95	370	1000	1,300,000
No. 2	tebal	1050	1200	550	95	370	825	1,100,000
No. 3	5 inci	625	700	325	95	370	525	1,000,000

Penampilan	lebih luas	1250	1450	850	95	370	1200	1,300,000
Pondasi		625	700	325	95	370	525	1,000,000
RED PINE (Permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c maksimum 19 persen)								
Memilih Struktural		1400	1600	800	70	280	1050	1,300,000
No. 1	2' in - 4 'in	1200	1350	700	70	280	825	1,300,000
No. 2	tebal	975	1100	575	70	280	650	1,200,000
No.3	2' in - 4 'in	525	625	325	70	280	400	1,000,000
Penampilan	lebar	1200	1350	675	70	280	925	1,300,000
Pondasi		525	625	325	70	280	400	1,000,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	700	800	400	70	280	750	1,000,000
Standar	tebal	400	450	225	70	280	600	1,000,000
Kegunaan	4 inci lebar	175	225	100	70	280	400	1,000,000
Memilih Struktural		1200	1350	800	70	280	900	1,300,000
No. 1	2' in - 4 'in	1000	1150	675	70	280	825	1,300,000
No. 2	tebal	825	950	425	70	280	675	1,200,000
No. 3	5 inci	500	550	250	70	280	425	1,000,000
Penampilan	lebih luas	1000	1150	675	70	280	925	1,300,000
Pondasi		500	550	250	70	280	425	1,000,000
SOUTHERN PINE (Permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c. maksimum 19 persen)								
Memilih Struktural		2000	2300	1150	100	405	1550	1,700,000
Pilih Padat Struktural		2350	2700	1350	100	475	1800	1,800,000
No. 1		1700	1950	1000	100	405	1250	1,700,000
No. 1 Padat	2' in - 4 'in	2000	2300	1150	100	475	1450	1,800,000
No. 2	2' in - 4 'in	1400	1650	825	90	405	975	1,600,000
No. 2 Padat	lebar	1650	1900	975	90	475	1150	1,600,000
No. 3		775	900	450	90	405	575	1,400,000
No. 3 Padat		925	1050	525	90	475	675	1,500,000
Pondasi		775	900	450	90	405	575	1,400,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	1000	1150	600	100	405	1100	1,400,000
Standar	tebal	575	675	350	90	405	900	1,400,000
Kegunaan	4 inci lebar	275	300	150	90	405	575	1,400,000
Memilih Struktural		1750	2000	1150	90	405	1350	1,700,000
Pilih Padat Struktural		2050	2350	1300	90	475	1600	1,800,000
No.1		1450	1700	975	90	405	1250	1,700,000
No. 1 Padat	2' in - 4 'in	1700	2000	1150	90	475	1450	1,800,000
No.. 2	5 inci	1200	1400	625	90	405	10000	1,600,000
No. 2 Padat	lebih luas	1400	1650	725	90	475	1200	1,600,000
No. 3		700	800	350	90	405	625	1,400,000
No.3 Padat		825	925	425	90	475	725	1,500,000
Pondasi		725	850	350	90	405	625	1,400,000
SPRUCE-FINE-FIR (Permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c. maksimum 19 persen)								
Memilih Struktural		1450	1650	850	70	265	1100	1,500,000
No. 1	2' in - 4 'in	1200	1400	725	70	265	875	1,500,000
No. 2	tebal	1000	1150	600	70	265	675	1,300,000
No. 3	2' in - 4 'in	550	650	325	70	265	425	1,200,000
Penampilan	lebar	1200	1400	700	70	265	1050	1,500,000
Pondasi		550	650	325	70	265	425	1,200,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	725	850	425	70	265	775	1,200,000
Standar	tebal	400	475	225	70	265	650	1,200,000
Kegunaan	4 inci lebar	175	225	100	70	265	425	1,200,000
Memilih Struktural		1250	1450	825	70	265	975	1,500,000
No. 1	2' in - 4 'in	1050	1200	700	70	265	875	1,500,000
No. 2	tebal	875	1000	450	70	265	725	1,300,000
No. 3	5 inci	500	575	275	70	265	450	1,200,000
Penampilan	lebih luas	1050	1200	700	70	265	1050	1,500,000
Pondasi		500	575	275	70	265	450	1,200,000
WESTERN HEMLOCK (Permukaan kering atau permukaan hijau. Digunakan pada kadar m.c maksimum 19 persen)								
Memilih Struktural		1800	2100	1050	90	280	1450	1,600,000
No. 1	2' in - 4 'in	1550	1800	900	90	280	1150	1,600,000

No. 2	tebal	1300	1450	750	90	280	900	1,400,000
No. 3	2' in - 4 'in	700	800	425	90	280	550	1,300,000
Penampilan	lebar	1550	1800	900	90	280	1350	1,600,000
Pondasi		700	800	425	90	280	550	1,300,000
Konstruksi	2' in - 4 'in	925	1050	550	90	280	1050	1,300,000
Standar	tebal	525	600	300	90	280	850	1,300,000
Kegunaan	4 inci lebar	250	275	150	90	280	550	1,300,000
Memilih Struktural		1550	1800	1050	90	280	1300	1,600,000
No. 1	2' in - 4 'in	1350	1550	900	90	280	1150	1,600,000
No. 2	tebal	1100	1250	575	90	280	975	1,400,000
No. 3	5 inci	650	750	325	90	280	625	1,300,000
Penampilan	Lebih luas	1350	1550	900	90	280	1350	1,600,000
Pondasi		650	750	325	90	280	625	1,300,000

∗Anggota berulang meliputi balok, rangka, kasau, rangka batang, dan balok susun dengan setidaknya tiga anggota yang diberi jarak lebih dari 24 inci

Table 9.4 Ukuran Balok dan Rentang yang Diizinkan∗

	Solid						
Girder Size	***Span in Feet***						
	6	***7***	***8***	***10***	***12***	***14***	***16***
2 X 6	1318	1124	979	774	636	536	459
3 X 6	2127	1816	1581	1249	1025	863	740
4 X 6	2938	2507	2184	1726	1418	1194	1023
6 X 6	4263	3638	3168	2504	2055	1731	1483
2 X 8	1865	1865	1760	1395	1150	973	839
3 X 8	3020	3020	2824	2238	1845	1560	1343
4 X 8	4165	4165	3904	3906	2552	2160	1802
6 X 8	6330	6330	5924	4698	3873	3277	2825
8 X 8	8630	8630	8078	6406	5281	4469	3851
2 X 10	2360	2360	2360	2237	1848	1569	1356
3 X 10	3810	3810	3810	3612	2984	2531	2267
4 X 10	5265	5265	5265	4992	4125	3500	3026
6 X 10	7990	7990	7990	6860	6261	5312	4593
8 X 10	10920	10920	10920	9351	8537	7244	6264
2 X 12	2845	2845	2845	2845	2724	2315	2006
3 X 12	4590	4590	4590	4590	4394	3734	3234
4 X 12	6350	6350	6350	6350	6075	5165	4474
6 X 12	9640	9640	9640	9640	9220	7837	6791
8 X 12	13160	13160	13160	13160	12570	10685	9260
2 X 14	3595	3595	3595	3595	3595	3199	2776

∗Beban merata yang diizinkan untuk balok dan balok kayu padat dihitung berdasarkan ukuran sebenarnya dari cemara Douglas dan pinus kuning selatan (tegangan serat yang diizinkan 1400 lbs. per inci persegi).

Misalnya, dengan bentang 10 kaki dan beban balok 6000 pon, balok ukuran berapa yang dibutuhkan?

Menurut Tabel 9.4, pada bentang 10 kaki, balok padat 8 X 8 dengan F_b 1400 akan menahan beban 6406 pon. Jika tersedia balok padat dengan F_b 1400 , balok tersebut dapat digunakan. Balok ini memungkinkan sedikit lebih banyak ruang kepala. Namun, jika balok 8 X 8 terbuat dari balok 2 X 8, daya dukungnya harus dikalikan dengan 0,867. Hal ini mengurangi daya dukungnya menjadi 5554 pon (6406 X 0,867). Balok 6 X 10 dengan kapasitas 6860 pon

berkurang menjadi 5977 pon (6860 X 0,867). Balok 8 X 10 dengan kapasitas 8107 pon (9351 X 0,867) sudah lebih dari cukup. Pilihannya: balok yang lebih besar atau bentangan yang dikurangi.

Mengurangi bentang menjadi 8 kaki akan membutuhkan satu kolom penyangga lagi (total 4), dan satu pondasi kolom lagi. Biaya tambahan tenaga kerja dan material, meskipun tidak besar, harus dipertimbangkan terhadap balok dengan biaya lebih rendah. Dengan bentang 8 kaki yang menahan beban 6000 pon, balok utama dengan rangka 8 X 8 dapat menahan beban 7004 pon (8079 pon X 0,867). Tabel 9.1 menunjukkan bahwa untuk rumah satu lantai, lebar 24 kaki, dengan bentang balok 10 kaki 3 inci, yang menahan beban 6000 pon, tiga balok 2 X 12 akan dengan mudah menahan beban ini. Pilihannya adalah: pertahankan bentang pada 10 kaki dan gunakan 2 balok 12, atau gunakan 2 balok 8 dan tambahkan kolom dan pondasi kolom tambahan.

9.4 JARAK KOLOM

Pada rumah satu lantai, balok utama sepanjang 40 kaki ditopang oleh kolom penyangga yang diberi jarak 10 kaki antar pusat. Karena jarak antar kolom bertambah, maka balok utama harus dibuat lebih besar. Balok utama dapat dibuat lebih besar dengan menambah lebar, kedalaman, atau keduanya. Menggandakan lebar balok akan menggandakan kekuatannya. Menggandakan kedalaman akan meningkatkan kekuatannya empat kali lipat. Balok selebar 3 inci dan kedalaman 6 inci akan menahan beban empat kali lebih banyak daripada balok selebar 3 inci dan kedalaman 3 inci. Namun, perlu diingat saat balok semakin dalam, lebih banyak ruang kepala di ruang bawah tanah yang hilang. Pertimbangkan hal ini ketika pembeli, yang menginginkan ruang bawah tanah yang lebih terbuka, hanya meminta satu kolom lally.

Perhitungan kami menunjukkan bahwa balok sepanjang 40 kaki menahan beban 24.000 pon, atau 24 kip. Kips berasal dari Ki(lo) dan P(ound) dan berarti 1000 pon. Oleh karena itu, 24 kips sama dengan 24.000 pon. Asumsikan kolom penyangga di tengah balok dan bentang sekarang memanjang 20 kaki di setiap sisi.

Misalnya, diberikan balok sepanjang 40 kaki yang menahan 24 kip, lebar lantai dasar 12 kaki, dan kolom penyangga 20 kaki oc, temukan dimensi balok yang diperlukan dan ukuran kolom. Asumsikan kolom penyangga sepanjang 8 kaki.

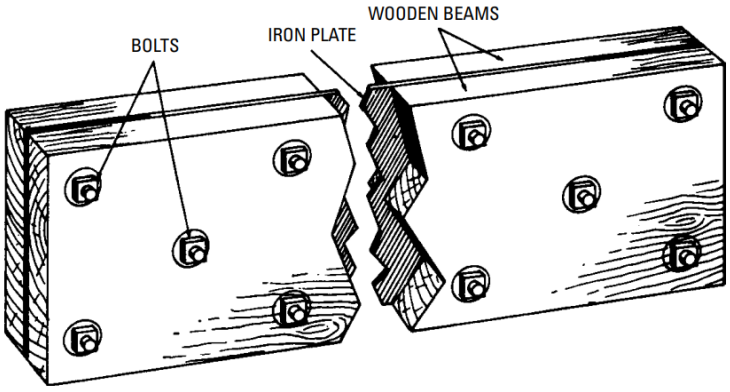
Balok menahan 24.000 pon/2 12.000 pon untuk bentang 20 kaki.

Dengan menggunakan nilai F_b 1400, Data Desain Struktur Kayu menunjukkan bahwa balok 6 X 18 mampu menopang 13 kips. Namun, jika tinggi dari bagian bawah balok lantai ke lantai pelat adalah 7 kaki 10 inci, ruang kepala di bawah balok sedalam 18 inci hanya 6 kaki 5 inci. Menggunakan kayu cemara Douglas No. 1 dengan F_b 1800 akan mengurangi ukuran balok menjadi 10 X 12. Ini akan menyediakan ruang bebas setinggi 7 kaki di bawah balok.

Balok Flitch

Sebelum balok kayu laminasi lem dan balok baja gulung tersedia secara luas, metode umum untuk memperkuat balok kayu adalah dengan membuat “sandwich” dari dua papan

kayu yang dipisahkan oleh pelat baja. Material komposit ini bekerja sebagai satu kesatuan, dan memungkinkan kayu menahan beban yang jauh lebih berat tanpa menambah kedalaman papan kayu. Dikenal sebagai balok flitch (Gambar 9.7), metode ini jarang terlihat saat ini, karena membutuhkan banyak tenaga kerja dan material, terutama dalam penggunaan pelat baja, yang harus dibor dan kemudian dibaut ke papan kayu.



Gambar 9.7 Balok pelat flitch atau balok flitch.

Menghitung ukuran balok flitch, menggunakan rumus teknik struktural, untuk menggantikan balok 6 X 18, terlalu rumit untuk buku ini. Dua balok 2 X 12, dengan pelat baja $^1/_2$ inci di tengahnya, yang semuanya dibaut menjadi satu, akan mampu menahan beban 10.971 pon untuk bentang 20 kaki, yang berarti lebih dari 1000 pon lebih sedikit dari yang dibutuhkan. Dua balok 2 X 12 pada bentang 20 kaki dengan F_b 1400 psi hanya dapat menahan beban 3090 pon. Dengan pelat baja $^1/_2$ inci, sekarang akan menahan beban 10.971 pon.

Balok Baja

Alternatif lain untuk balok dalam dan ruang kepala rendah adalah balok baja. Bentuk sayap lebar telah menggantikan bentuk balok I Standar Amerika yang lama, karena lebih efisien secara struktural. Bentuk sayap lebar tersedia dalam berbagai ukuran dan berat, mulai dari ukuran 4 inci hingga 36 inci, dan beratnya sekitar 12 pon per kaki hingga 730 pon per kaki. Baja struktural ringan (Baja Karbon ASTM A36) adalah baja yang paling umum digunakan dalam rangka bangunan baja. Baja ini memiliki Fb sebesar 22.000 psi.

Jenis informasi yang sama yang digunakan untuk menghitung ukuran balok kayu juga digunakan untuk balok baja. Dalam kedua kasus tersebut, perhitungan teknik terlalu rumit untuk dibahas di sini. Seperti halnya balok 6 X 18, tabel yang dipublikasikan akan digunakan untuk memilih bentuk dan ukuran balok baja.

American Institute of Steel Construction (AISC) menerbitkan data desain untuk semua bentuk baja umum, desain khusus, dan tabel yang memberikan beban seragam diizinkan dalam kips untuk balok yang ditopang secara lateral. Informasi ini terdapat dalam Manual Konstruksi Baja AISC *(Chicago: AISC, 2001)*. Gambar 9.8 adalah contoh dari salah satu tabel ini.

F_y = 36 ksi	

BEAMS
W Shapes Allowable uniform loads in Kips for beams laterally supported
For beams laterally unsupported, see page 2–146

W 10

Designation			W 10			W 10			W 10				Deflection In.
Wt./ft			45	39	33	30	26	22	19	17	15	12	
Flange Width			8	8	8	$5^3/_4$	$5^3/_4$	$5^3/_4$	4	4	4	4	
L_c			8.50	8.40	8.40	6.10	6.10	6.10	4.20	4.20	4.20	3.90	
L_u			22.8	19.8	16.5	13.1	11.4	9.40	7.20	6.10	5.00	4.30	
F_y = 36 ksi	Span in Feet	3							74	70	66	54	.02
		4								64	55	43	.04
		5				90	77	70		51	44	35	.06
		6			81				60	43	36	29	.09
		7	102	90		86	74	61	50	37	31	25	.12
		8			79	73	63	52	43	32	27	22	.16
		9	97	83	69	64	55	46	37	29	24	19	.20
		10	86	74	62	57	49	41	33	26	22	17	.25
		11	78	67	55	51	44	37	30	23	20	16	.30
		12	71	61	50	47	40	33	27	21	18	14	.35
		13	65	56	46	43	37	31	25	20	17	13	.42
		14	60	51	43	39	34	28	23	18	16	12	.48
		16	56	48	40	37	32	26	21	16	14	11	.63
		18	49	42	35	32	28	23	19	14	12	10	.80
		20	43	37	31	29	25	20	17	13	11	8.6	.98
		22	39	33	28	26	22	18	15	12	10	7.8	1.19
		24	35	30	25	23	20	17	14	11	9.1	7.2	1.42
		32	32	28	23	21	18	15	12				
Properties and Reaction Values													
S_x in.^{3}			49.1	42.1	35.0	32.4	27.9	23.2	18.8	16.2	13.8	10.9	For explanation of deflection, see page 2–32
V kips			51	45	41	45	39	35	37	35	33	27	
R_1 kips			26.0	21.0	18.3	16.7	13.5	10.7	12.1	10.7	9.39	7.05	
R_2 kips/in.			8.32	7.48	6.89	7.13	6.18	5.70	5.94	5.70	5.46	4.51	
R_3 kips			33.3	26.3	21.0	23.9	17.9	14.4	16.0	13.8	11.7	7.74	
R_4 kips/in.			4.19	3.64	3.53	3.09	2.37	2.31	2.36	2.54	2.76	2.03	
R kips			48	39	33	35	26	22	24	23	21	15	

Load above heavy line is limited by maximum allowable web shear.

Gambar 9.8 Dari manual konstruksi baja.

Balok Baja dan Api

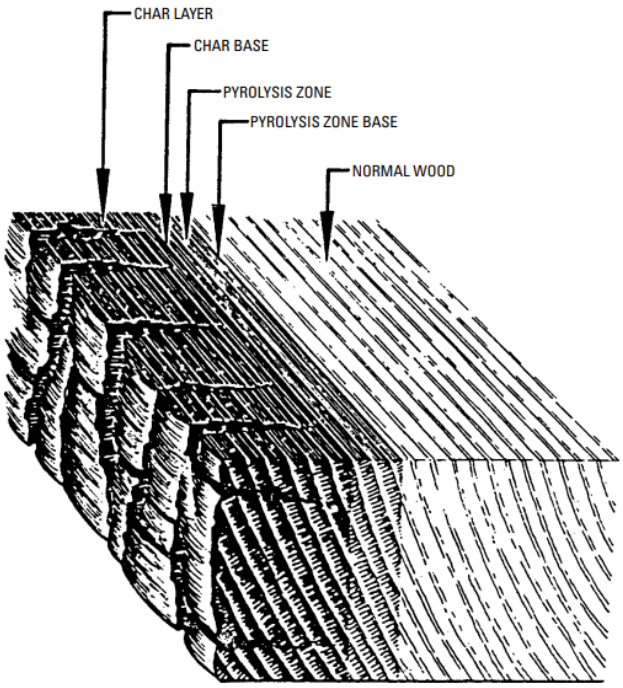
Alec Nash dalam bukunya, Structural Design for Architects (New Brunswick, N.J.: Nichols Publishing Company, 1990), mencatat:

Kayu bersifat... oleh karena itu mudah terbakar.... Namun, fakta bahwa kayu akan terbakar saat terkena api, tidak berarti kayu tidak memiliki ketahanan api. Serat kayu yang terbakar di bagian luar... yang terpapar api, memberikan tingkat insulasi termal tertentu antara sumber

api dan kayu. (dicetak ulang dengan izin)

Meskipun kebakaran bangunan mungkin tidak cukup panas untuk melelehkan baja, panas tersebut dapat melemahkannya hingga menyebabkan kerusakan struktural.

Banyak tukang bangunan mengklaim bahwa balok kayu adalah bahan konstruksi terbaik untuk menahan api secara struktural. Karena 2x balok kayu hanya selebar $1^1/_2$ inci, kayu tersebut terbakar habis. Ketika api menyentuh satu permukaan balok kayu yang berat, kayu mulai terbakar dan membentuk lapisan arang di permukaannya (Gambar 9.9). Laju pembakaran arang bergantung pada banyak hal, tetapi lebih lambat untuk kayu dengan kepadatan tinggi dan kayu dengan kadar air tinggi. Suhu di dasar arang sekitar 550°F. Karena kayu merupakan konduktor panas yang buruk, suhu turun dengan cepat di dalam zona arang. Zona arang sebenarnya menginsulasi dan melindungi kekuatan kayu bagian dalam.



Gambar 9.9 Lapisan arang membantu melindungi kayu yang berat. Kayu 2 terlalu tipis dan tidak memadai secara struktural setelah terbakar.

Nash mengingatkan kita bahwa

Terdapat ironi aneh lainnya dalam hal kayu, bahan organik, dan karena mudah terbakar, justru memiliki tingkat ketahanan api berdasarkan proses pembentukan arang, sementara baja, logam dan karenanya tidak mudah terbakar, hampir tidak memiliki ketahanan api. (dicetak ulang dengan izin)

Baja tentu memiliki tempat dalam konstruksi rumah. Namun, seperti halnya bahan apa pun, biayanya harus dipertimbangkan. Biaya pengiriman, pengeboran lubang, dan biaya menyewa derek dapat menambah harga balok baja secara substansial. Biaya untuk membungkusnya dengan bahan tahan api (untuk mencegah kerusakan struktural besar selama kebakaran) merupakan biaya tambahan lainnya.

9.5 KAYU REKAYASA

Siapa pun yang melihat balok glulam, paralam, balok kayu dengan Jaringan kayu lapis, dan papan untai berorientasi (OSB) mungkin mengira bahan-bahan ini modern. Akan tetapi, orang Mesir pada tahun 300 SM mengembangkan kayu rekayasa yang dikenal sebagai veneer. Bangsa Romawi mengembangkannya hingga tingkat tinggi, tetapi dengan datangnya Abad Kegelapan, 476–1453 M, veneer menjadi seni yang hilang. Baru pada pertengahan tahun 1500-an veneer muncul kembali. Kayu lapis mulai ada pada tahun 1927.

Produk Berlapis Laminasi

Micro-Lam dikembangkan oleh *Trus Joist Corporation* pada awal tahun 1970-an (tepatnya mulai diproduksi pada tahun 1971). Produk ini terdiri dari serangkaian veneer setebal $^1/_{10}$ dan $^1/_8$ inci, yang disusun dengan semua serat kayu sejajar. Venir tersebut dilapisi dengan perekat kedap air dan diawetkan dengan tekanan dan panas. Produk yang dihasilkan adalah papan padat setebal $2^1/_2$ inci, lebar 24 inci, dan panjang hingga 80 kaki.

Georgia-Pacific dan Louisiana-Pacific juga memproduksi produk kayu veneer laminasi (LVL). Semua produk ini lebih kuat daripada kayu dimensi, stabil secara dimensi, tahan terhadap keretakan, bengkok, penyusutan, lengkungan, dan berpilin. Produk ini lebih ringan dan memiliki kapasitas menahan beban lebih besar per pon daripada kayu gergajian padat.

setiap produsen ini menerbitkan buku petunjuk aplikasi tentang bentang, beban, aplikasi, dan cara menggunakan produk mereka. Jangan gunakan spesifikasi satu produsen dengan produk produsen lain.

Glulam

Glulam (kayu laminasi struktural) pertama kali digunakan di Eropa. Sebuah auditorium yang sedang dibangun di Swiss pada tahun 1893 menggunakan lengkungan laminasi yang direkatkan dengan lem kasein. Saat ini, sekitar 30 anggota American Institute of Timber *Construction* memproduksi glulam (Gambar 9.10).

Gambar 9.10 Construction memproduksi glulam.

Kayu standar nominal 2 inci digunakan sebagai laminasi, atau lams. Lams dibentuk menjadi $1^1/_2$ inci dan direkatkan dengan perekat. Glulam dapat berbentuk lurus atau melengkung, dapat dilaminasi secara horizontal atau vertikal, dan tersedia dalam ukuran standar atau khusus sesuai pesanan. Balok glulam dibuat dengan lams terkuat di bagian atas dan bawah balok. Balok ini dapat seimbang atau tidak seimbang. Balok yang tidak seimbang memiliki TOP yang dicap di bagian atas. Kedua sisi dapat digunakan sebagai bagian atas balok

seimbang.

Balok glulam dibuat dalam tiga tingkat tampilan: Premium, Arsitektural, dan Industri. Seperti LVL, glulam kuat, tahan lama, dan stabil secara dimensi. Glulam menawarkan keamanan kebakaran yang lebih baik daripada baja. Kayu terbakar pada suhu sekitar 480° F (sekitar 249°C), tetapi pembentukan arang dapat dimulai pada suhu serendah 300°F (sekitar 149°C). kayu menjadi arang dengan laju sekitar $^{1}/_{40}$ inci (0,025 inci) per menit. Setelah 30 menit terpapar api, hanya $^{3}/_{4}$ inci glulam yang akan rusak (Gambar 9.9). Seperti yang telah kita lihat, lapisan arang tersebut menginsulasi kayu dan memungkinkannya menahan suhu api yang lebih tinggi. Informasi lebih lanjut dapat ditemukan dalam *publikasi American Wood Systems, Glulam Product Guide (Tacoma, WA: APA, 2003).*

Memilih Balok LVL atau Glulam

Tabel beban dan bentang menunjukkan bahwa balok padat 10 12 dengan F_b 1800 psi akan membentang sepanjang 20 kaki dan menahan 12,5 kips. Melihat pada data aplikasi balok LVL menunjukkan bahwa bentang sepanjang 20 kaki yang menahan 600 pon/LF, setidaknya diperlukan tiga balok berukuran $1^{3}/_{4}$ inci $11^{7}/_{8}$ inci (bahkan lebih). Untuk informasi yang lebih akurat lihat tabel beban dan bentang dari pabrikan atau arsitek Anda. Dengan harga antara $4 dan $5 per kaki, balok ini lebih mahal daripada kayu gergajian konvensional. Jika tampilan dan keterbukaan menjadi masalah utama, beberapa merek balok LVL memiliki tampilan yang lebih sesuai. Namun, semua merek akan memenuhi persyaratan struktural.

Jika ketahanan api, tampilan, bentang besar, dan beban berat menjadi faktor penting, balok glulam adalah pilihan yang tepat. Balok glulam memiliki stok harga sekitar tiga hingga empat kali lebih mahal daripada balok LVL. Biaya pertama memang selalu menjadi pertimbangan, tetapi seharusnya tidak menjadi satu-satunya pertimbangan.

Ringkasan

Balok utama bisa terbuat dari baja, kayu solid, atau dibangun dari 2 balok kayu. Dinding penopang beban di tengah dapat digunakan sebagai pengganti balok utama. Sangat penting untuk memasang balok yang menyangga lantai dengan benar. Jika tidak dipasang dengan benar, balok akan membusuk di bagian ujung dan akhirnya rusak.

Total area beban bangunan ditopang oleh dinding pondasi dan balok utama. Akan tetapi, balok utama menanggung beban lebih besar daripada dinding pondasi. Balok utama ditopang oleh tiang kayu, pilar beton atau bata, kolom pipa berongga, atau kolom penyangga. Untuk menghitung beban pada pondasi kolom penyangga, Anda harus mengetahui beban plafon, beban lantai, dan beban partisi.

Memilih ukuran balok yang benar, dan jenis kayu balok yang benar, dan antara balok padat dengan balok rakitan semuanya penting dalam bangunan berkualitas. Menggunakan balok baja bisa lebih mahal daripada balok kayu atau balok utama kayu. Glulam (atau kayu laminasi yang direkatkan) pertama kali digunakan pada tahun 1893 di Swiss. Saat ini, banyak produsen yang membuat balok kayu atau balok laminasi. Balok ini dibuat dalam tiga tingkatan: Premium, Arsitektur, dan Industri. Glulam atau balok ini kuat, tahan lama, dan stabil secara dimensi. Balok ini juga menawarkan keamanan kebakaran yang lebih baik daripada baja.

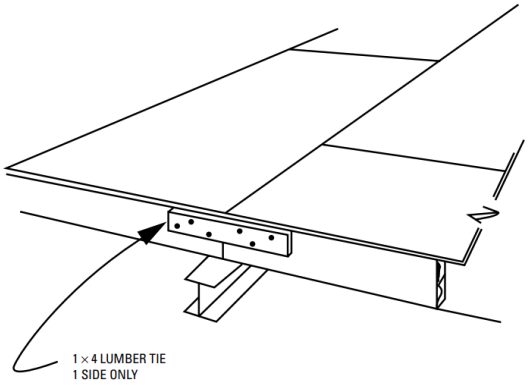
Latihan Soal

1. Apa tujuan utama balok dalam konstruksi rumah?
2. Terbuat dari bahan apa balok?
3. Bagaimana jamur memengaruhi balok kayu?
4. Berapa kadar air kayu tempat jamur berada?
5. Apa yang perlu Anda ketahui untuk menghitung ukuran balok?
6. Apa itu kolom penyangga? Di mana kolom ini ditempatkan?
7. Apa perbedaan antara balok padat dan balok built-up?
8. Mengapa balok baja lebih mahal daripada balok kayu?
9. Dari mana asal nama glulam?
10. Apa itu balok LVL?

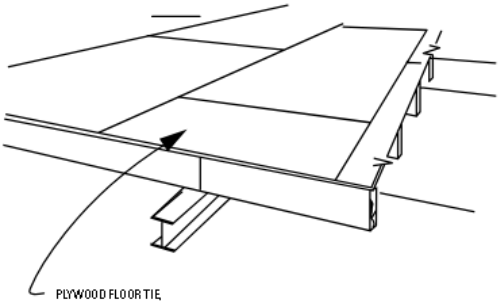
BAB 10
RANGKA LANTAI

Balok berukuran 2 X 10, atau potongan kayu berdimensi apa pun, dapat bervariasi kedalamannya mulai dari $9^1/_4$ inci hingga $9^5/_8$ inci. Jika bagian atas balok lantai dan lantai harus rata di seluruh permukaan, maka balok harus dipilih dari balok yang paling mendekati, dalam hal ini, dengan jarak $9^1/_4$ inci. misalnya, periksa setiap sisi dari keempat balok saat masih terikat. Tandai dimensi sebenarnya di ujung balok. Atau, buat pengukur "masuk-tidak masuk" (go-no go gage) yang memungkinkan pemilihan balok dengan cepat yang paling mendekati kedalaman yang dibutuhkan. Pemilihan balok dapat menghilangkan kebutuhan untuk memotong takik di ujung. Jangan gunakan ganjal kayu untuk meratakan balok lantai. Ganjal (di bawah tekanan) akan merayap (melengkung) karena berat struktur akhirnya menghancurkannya hingga setipis kertas.

Setelah bagian atas balok (crowns) diidentifikasi dan ditandai, pasang balok-balok tersebut di tempatnya, dengan bagian mahkota menghadap ke atas, siap untuk dipaku ke kepala balok (juga disebut balok pelek, pita, atau Kusen kotak). Dengan menyatukan ujung balok di atas balok utama, alih-alih saling tumpang tindih, balok-balok tersebut sejajar dan jarak $1^1/_2$ inci dapat dihilangkan. Ujung dari setiap balok sekarang terletak tepat pada garis 16 inci atau modul 2 kaki. Meskipun petugas kode bangunan mungkin meminta ikatan kayu 1 X (Gambar 10.1), pengikat tersebut hanya diperlukan pada satu sisi balok. Lantai kayu lapis yang terus menerus di atas kedua ujung balok akan mengikat ujung-ujung yang disatukan (Gambar 10.2), sehingga pengikat logam atau kayu tidak diperlukan.



Gambar 10.1 Sebuah ikatan kayu 1 X pada balok yang disatukan.



Gambar 10.2 Kayu lapis di atas balok lantai yang disatukan

10.1 METODE DAN BAHAN ALTERNATIF

Banyak kontraktor percaya bahwa kode bangunan memaksa mereka untuk membuat rangka hanya dengan satu cara. Sayangnya, ide-ide petugas kode bangunan dan persyaratan kode itu sendiri sering tidak sejalan. Ada dua jenis kode: kinerja dan spesifikasi. Tidak ada kode yang 100 persen salah satu atau yang lain. Ada elemen dari keduanya di setiap kode. Kode kinerja menyatakan apa yang harus dicapai (misalnya membuat dinding, menuangkan pondasi, memasang genteng atap) tetapi tidak bagaimana melakukannya, atau pada jarak atau bentang berapa. Dengan kata lain, apa pun yang Anda lakukan, dasarkan pada standar yang diterima: ASTM, ACI, standar yang tercantum dalam Lampiran A kode BOCA, Bab 60 dari Kode Bangunan Seragam, atau pada praktik rekayasa yang baik. Praktik yang diterima tidak boleh disamakan dengan ASTM atau standar lain yang diterbitkan.

Di sisi lain, kode spesifikasi menjabarkan metode yang harus diikuti dan persyaratan khusus. Meskipun demikian, bahkan kode spesifikasi tidak menuntut agar suatu struktur dirancang atau dibangun dengan cara tertentu, atau dalam konfigurasi tertentu. Kode juga bukan tujuan untuk melakukannya. Tidak peduli seberapa besar anda tidak menyukai kode (hal ini diatur oleh kode). (Lihat BOCA Bagian 107.4 tahun 1990, kode UBC Bagian 105 tahun 1988, dan Bagian R-108 dari Kode Bangunan Satu dan Dua Keluarga CABO tahun 1989.), kode tidak menghentikan atau mencegah material dan metode baru. Inti dari semua ini adalah bahwa setiap kode berisi pernyataan, seperti berikut: Kode ini tidak bermaksud untuk mencegah penggunaan metode dan bahan alternatif asalkan sama atau lebih unggul dari yang ditentukan oleh kode. (Lihat Bagian 107.4 BOCA 1990, Bagian 105 kode UBC 1988, dan Bagian R-108 dari Kode Hunian Satu dan Dua Keluarga CABO 1989.)

Pengawas bangunan berhak untuk membuat aturan dan ketentuan mengenai metode dan bahan konstruksi, hak untuk menafsirkan kode, dan hak untuk mengadopsi peraturan dan ketentuan. Anda berhak untuk menentang dan mengajukan banding atas keputusan tersebut. Anda berhak untuk menggunakan metode alternatif untuk rangka dan bahan alternatif. Pengawas tersebut berhak meminta Anda untuk mendokumentasikan klaim Anda atau meminta rencana Anda dicap oleh insinyur atau arsitek profesional berlisensi yang terdaftar. Tidak ada Perintah ke-11: Jangan membuat rangka dengan cara apa pun selain 16 inci di tengah.

Hindari kesalahpahaman, tantangan, dan Perintah Penghentian Pekerjaan dengan mengadakan konferensi praperangkaan dengan pengawas bangunan. Bahkan jika Anda membuat rangka secara konvensional, dan terutama jika Anda belum pernah membangun di kota tersebut sebelumnya, sebaiknya cari tahu apa yang Anda dan pengawas kode harapkan dari satu sama lain. Lebih baik menyelesaikan masalah di kantor departemen bangunan daripada memulai konstruksi dan meminta inspektur menghentikan Anda di tengah jalan.

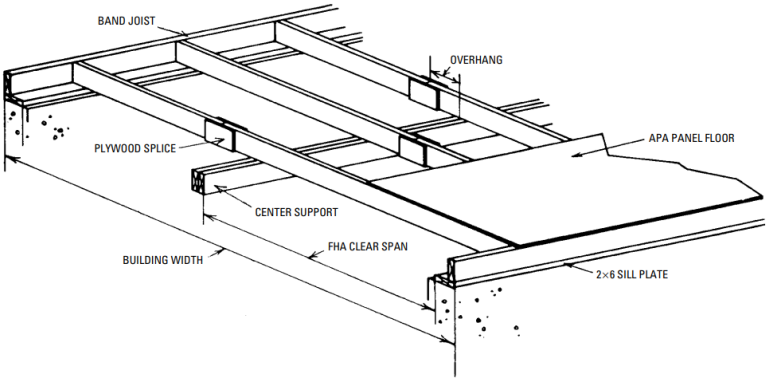
Mungkin tidak mungkin untuk mengetahui kode bangunan sebaik pengawas kode. Namun, Anda harus cukup familiar dengan kode yang berlaku untuk konstruksi perumahan untuk menantang petugas ketika petugas membuat kesalahan dalam penafsiran. Misalnya, balok lantai tidak harus tumpang tindih. Balok lantai dapat disambung, meskipun ini bukan cara yang biasa dilakukan. Yang penting adalah balok lantai saling menempel, bukan tumpang

tindih atau disambung.

10.2 SISTEM BALOK LANTAI KANTILEVER SEJAJAR

Ketika dua ujung balok lantai diamankan bersama dengan pelat sambung (gusset) logam atau kayu lapis, sambungan yang disambung tidak harus terletak langsung di atas balok utama. Sambungan tersebut dapat memanjang melampaui balok, dan menjorok dengan kantilever seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.3.

Sistem kantilever lebih efisien secara struktural daripada bentangan dua balok lantai sederhana. Tekanan pada balok yang digantung lebih kecil karena bentangnya lebih pendek, yaitu dari dinding pondasi hingga ke gelagar. Balok lantai yang disambung di luar pusat (off-center atau oc) berfungsi seolah-olah mereka adalah satu kesatuan. Pengurangan ukuran balok mungkin dapat dilakukan: misalnya menggunakan 2 X 8 daripada 2 X 10. Namun, meskipun tidak diperbolehkan pengurangan, balok kantilever yang dikombinasikan dengan sublantai kayu lapis lebih kaku daripada bentangan dua balok sederhana. Balok offset dapat dirakit terlebih dahulu dan setiap balok cukup dijatuhkan di tempatnya.



Gambar 10.3 Diagram balok kantilever dari APA

Tabel 10.1 mencantumkan jenis kayu dan ukuran balok untuk lebar rumah yang berbeda dan untuk rangka oc 16 dan 24 inci. Tabel 10.1 didasarkan pada asumsi berikut:

- LL + DD = 50 psf pada kedua bentang bebas
- Kayu balok dikeringkan dalam tungku, dan sesuai dengan Tabel 10.1
- Sambungan kayu lapis terbuat dari selubung berperingkat APA $^1/_2$ inci yang ditandai PSI
- Pengencang sambungan adalah paku biasa 10d (jangan gunakan lem)
- Sublantai sesuai rekomendasi APA
- Balok harus dipasang sedemikian rupa sehingga sambungan terjadi secara bergantian pada satu sisi, lalu sisi lainnya, dari balok (Gambar 10.3).
- Semua partisi interior harus tidak menahan beban, kecuali di atas balok.
- Balok dapat berada di tengah bangunan.
- Sublantai harus dipasang sesuai rekomendasi APA.

Gambar 10.4 adalah jadwal pemotongan balok lantai (joist) dan tabel panjang untuk sistem balok lantai. Sementara itu, Gambar 10.5 berisi daftar ukuran sambungan dan jadwal

pemakuannya.

Tabel 10-1 Rentang Balok							
	Lebar Rumah						
	22 Ft	**24 Ft**	**26 Ft**	**28 Ft**	**30 Ft**	**32 Ft**	**34 Ft**
Kayu Balok	**Ukuran Balok**						
Jarak Balok 16 inci Pohon cemara Douglas							
No. 1	2 x 6*	2 x 6*	2 x 8	2 x 8*	2 x 8*	2 x 10	2 x 10
No. 2	2 x 6*	2 x 8	2 x 8	2 x 8*	2 x 8*	2 x 10	2 x 10
No. 3	2 x 8	2 x 8*	2 x 10	2 x 10	2 x 10*	2 x 12	2 x 12
Pinus Selatan							
No. 1 KD	2 x 6*	2 x 6*	2 x 8	2 x 8*	2 x 8*	2 x 10	2 x 10
No. 2 KD	2 x 6*	2 x 8	2 x 8	2 x 8*	2 x 8*	2 x 10	2 x 10
No. 3 KD	2 x 8	2 x 8*	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 12	2 x 12
Hem-fir							
No. 1	2 x 8	2 x 8	2 x 8	2 x 8*	2 x 8*	2 x 10	2 x 10*
No. 2	2 x 8	2 x 8	2 x 8*	2 x 8*	2 x 10	2 x 10	2 x 10*
No. 3	2 x 10	2 x 10	2 x 10*	2 x 12	2 x 12	2 x 12*	-
Jarak Balok 24 inci Pohon cemara Douglas							
No. 1	2 x 8	2 x 8	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 10*	2 x 12
No. 2	2 x 8	2 x 8*	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 10*	2 x 12
No. 3	2 x 10	2 x 10*	2 x 12	2 x 12	2 x 12*	-	-
Pinus Selatan							
No. 1 KD	2 x 8	2 x 8	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 10*	2 x 12
No. 2 KD	2 x 8	2 x 8*	2 x 10	2 x 10	2 x 10*	2 x 10*	2 x 12
No. 3 KD	2 x 10	2 x 10*	2 x 12	2 x 12	2 x 12*	-	-
Hem-fir							
No. 1	2 x 8	2 x 10	2 x 10	2 x 10	2 x 12	2 x 12	-
No. 2	2 x 8*	2 x 10	2 x 10	2 x 10*	2 x 12	2 x 12	-
No. 3	2 x 12	2 x 12	2 x 12*	-	-	-	-

10.3 LANTAI YANG DIREKATKAN

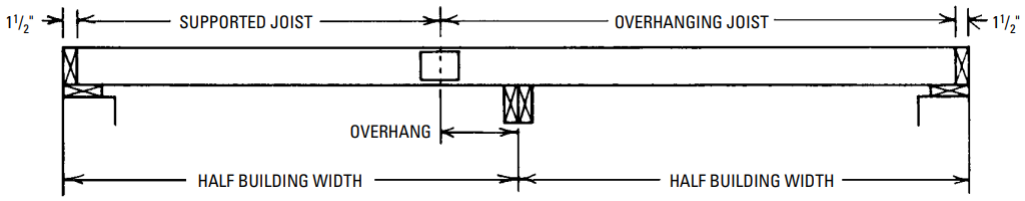
Sekitar 30 tahun yang lalu, APA dan produsen perekat mengembangkan konsep sublantai yang direkatkan/dipaku. Meskipun merekatkan sublantai merupakan praktik umum, banyak pembangun mengabaikan langkah ini. Mengapa harus menggunakan lem padahal paku saja sudah cukup? Dengan hanya menggunakan paku, tekanan yang terbentuk dalam struktur akan terkonsentrasi di sekitar paku dan sekrup.

Namun, ketika lem ditambahkan, tegangan menyebar ke seluruh rangka. Sebagai hasil pengujian skala penuh, APA telah menunjukkan bahwa kekakuan lantai yang direkatkan dan dipaku setidaknya sepertiga lebih besar daripada lantai hanya dipaku.

Bab 2 membahas bagaimana lantai yang lebih kuat dapat diperoleh dengan meningkatkan kedalaman pelat. Ketahanan balok lantai terhadap tekukan merupakan fungsi dari kedalamannya. Semakin dalam balok lantai, semakin kaku balok tersebut. Merekatkan sublantai ke balok akan meningkatkan kedalamannya dengan ketebalan sublantai. Kayu lapis 2 X 10 inci berukuran $9^1/_4$ inci akan menjadi kayu lapis 10 inci penuh jika direkatkan dengan

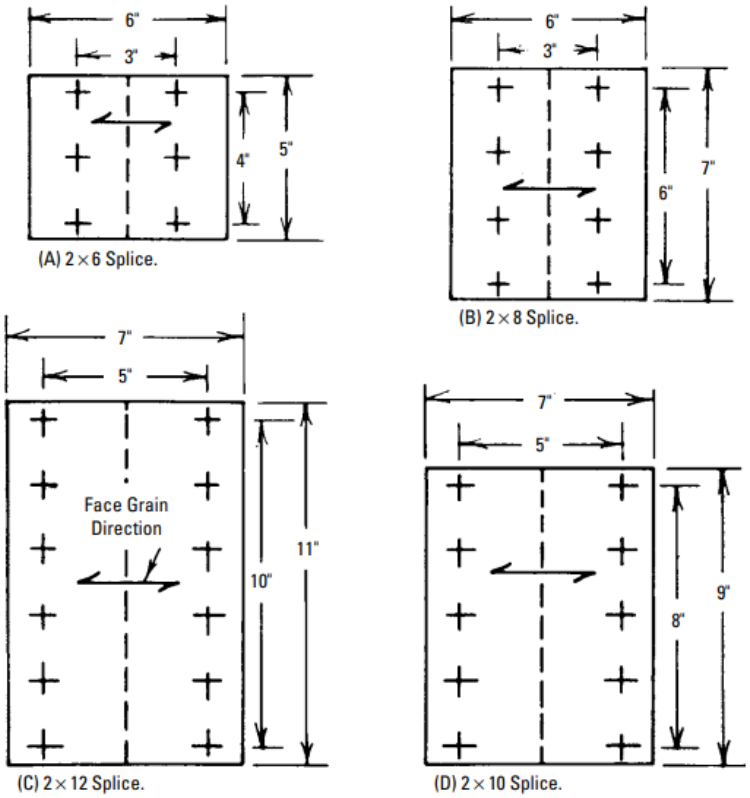
kayu lapis $^3/_4$ inci.

Merekatkan sublantai ke balok lantai akan menghasilkan lantai yang lebih kaku, tetapi tidak lebih kuat dari lantai yang hanya dipaku. Kekuatan tidak sama dengan kekakuan. bentang balok penopang lantai yang dirangkai dengan kayu yang lebih lemah, seperti *Spruce-pine-fir* (SPF), dikendalikan oleh kekuatan kayu. Kayu lapis yang direkatkan ke balok lantai SPF akan membuatnya lebih kaku, tetapi sedikit peningkatan kekuatan tidak akan memungkinkan peningkatan panjang bentang.



BUILDING WIDTH	OVERHANGING JOIST	SUPPORTED JOIST	OVERHANG
22’ 0”	12' 0"	9' 9"	1’ $1^1/_2$”
24’ 0”	14' 0"	9' 9"	2’ $1^1/_2$”
26' 0"	15' 9"	10' 0"	2’ $10^1/_2$”
28' 0"	16' 0"	11' 9"	2’ $1^1/_2$”
30' 0"	17' 9"	12' 0"	2’ $10^1/_2$”
32' 0"	18' 0"	13' 9"	2’ $1^1/_2$”
34' 0"	20' 0"	13' 9"	3’ $1^1/_2$”

Gambar 10.4 Jadwal pemotongan balok. Tabel ini mencantumkan panjang kayu bersih untuk sistem balok lantai dalam sketsa. Kombinasi dipilih untuk menghasilkan limbah pemotongan minimum. (Courtesy American Plywood Association)



Gambar 10.5 Ukuran sambungan dan jadwal pemakuan. Pola sambungan kayu lapis ini dikembangkan melalui program uji APA. Pola ini mengharuskan rekomendasi minimum APA untuk sublantai atau kombinasi sublantai bawah dipatuhi. Sambungan kayu lapis setebal setengah inci digunakan pada kedua sisi balok. Pengencang berupa paku biasa 10d yang ditancapkan dari satu sisi dan dijepit di sisi lainnya (geser ganda). Arah serat permukaan sambungan sejajar dengan balok. Tidak ada lem yang digunakan.

Dengan menggunakan spesies kayu yang lebih kuat, seperti cemara Douglas dan pinus kuning Selatan, bentang yang lebih panjang diperbolehkan. Bentang kayu yang lebih kuat ini ditentukan oleh kekakuan, yang ditingkatkan dengan merekatkan sublantai.

Merekatkan sublantai menciptakan sistem lantai, seolah-olah selembar kayu lapis terus-menerus direkatkan pada balok, dan balok serta kayu lapis menjadi satu kesatuan. Beban lantai ditransfer ke setiap elemen dalam sistem kontinu ini karena ikatan yang terbentuk oleh perekat. Hasilnya adalah tekanan yang lebih rendah, defleksi yang berkurang, lantai yang lebih kaku, dan peningkatan kekuatan yang lumayan.

APA (Asosiasi Kayu Rekayasa) merekomendasikan bahwa untuk lantai yang hanya dipaku, dengan kayu lapis setebal $^{19}/_{32}$ inci dan balok berjarak 16 inci dari tengah (oc), harus diamankan dengan paku cincin anular 6d yang diberi jarak 6 inci di tepi dan 10 inci di area lainnya. Namun, jika dilakukan dengan merekatkan sekaligus memaku, semua paku bisa diberi jarak 12 inci dari tengah (oc). Metode ini hampir sepenuhnya menghilangkan masalah lantai berderit dan paku yang mencuat.

Gunakan kayu lapis atau OSB (*Oriented Strand Board*) jenis T&G (lidah dan alur) setebal $^{3}/_{4}$ inci. Ikuti rekomendasi APA untuk menyisakan jarak $^{1}/_{8}$ inci pada semua sambungan tepi

dan ujung. Ini sangat penting untuk OSB. Jangan memukul panel dengan palu untuk mengencangkan sambungan T&G.OSB stabil secara dimensional, dan tepinya telah diberi perlakuan untuk meminimalkan penyerapan kelembaban. Hanya sedikit pembangun yang menutupi sub-lantai untuk melindunginya dari kehujanan. Sambungan OSB yang terlalu rapat, ditambah dengan beberapa kali terendam air, akan mengundang masalah. Panel yang disambung rapat tidak menyediakan jalur keluar bagi air. Oleh karena itu, baik panel atap maupun lantai, sisakan jarak yang diperlukan. Ini mungkin bukan praktik yang umum bagi sebagian besar pembangun, tetapi ini adalah praktik yang baik.

Oleskan perekat dengan benar dengan menggerakkan pistol perekat ke arah Anda, bukan dengan mendorongnya menjauh. Potong ujung nosel plastik berbentuk persegi, jangan meruncingkannya, dan posisikan pistol lurus ke atas, tegak lurus (pada sudut siku-siku) ke balok lantai. Gunakan hanya paku cincin melingkar 8d dengan jarak 12 inci dari tengah. Pengeleman mengurangi kebocoran udara dan sub lantai dasar sekarang menjadi penghambat udara, yang membantu mengurangi salah satu sumber utama kehilangan panas infiltrasi.

Lantai monolitik (satu bagian) sekarang menjadi penghambat udara yang mengurangi infiltrasi udara dari ruang bawah tanah ke lantai pertama. Papan untai berorientasi (OSB) telah meningkat pesat berkat teknik penyegelan tepi baru yang mengurangi penyerapan kelembaban dan pembengkakan. Karena harganya lebih murah daripada kayu lapis $^3/_4$ inci, penghematan biaya ini dapat menutupi biaya lapisan bawah tambahan yang dibutuhkan untuk vinil lembaran, atau biaya ekstra penggunaan paku cincin melingkar.

Weyerhaeuser memproduksi satu-satunya alas OSB yang disetujui oleh beberapa produsen lantai tahan banting. Weyerhaeuser telah memasang dan memantau lantai uji selama periode empat tahun sebelum memasarkan Structurwood. Produk ini memiliki ketebalan $^1/_4$ inci dan bergaransi penuh selama satu tahun. Jika terjadi cacat kerusakan, Weyerhaeuser menjamin untuk menanggung seluruh biaya penggantian, selama Structurwood dipasang secara profesional dan mematuhi standar yang dipublikasikan. Ketidakrataan permukaan terkadang menjadi masalah pada OSB. Namun, Weyerhaeuser mengklaim bahwa tidak ada masalah kehalusan pada alas OSB mereka.Structurwood harus dipasang di atas ketebalan sublantai minimal $^5/_8$ inci dan sesuai dengan petunjuk Weyerhaeuser. Cari stempel Weyerhaeuser pada setiap panel.

10.4 PAKU YANG DIGUNAKAN

Jangan gunakan paku galvanis celup panas, paku berlapis semen, atau paku potong untuk memasang sublantai. Diklaim bahwa paku galvanis yang dicelup panas lebih kuat karena endapan seng kasarnya bertindak seperti duri. Diperdebatkan bahwa mata kail pancing dan duri landak memiliki duri dan sangat sulit dihilangkan dari daging; oleh karena itu, paku berduri akan mencengkeram kayu lebih baik daripada paku terang biasa (batang halus). penalaran yang salah ini mengasumsikan bahwa kayu dan daging adalah zat yang identik, bukan dua bahan yang berbeda. Kekasaran sebenarnya mengurangi resistansi cabut paku.

Daya tahan cabut paku (seberapa kuat paku menahan tarikan keluar) sebenarnya bisa meningkat jika paku memiliki lapisan seng yang diaplikasikan secara merata. Permukaan kasar

pada paku galvanis celup panas justru dapat mengurangi daya tahan cabut, karena lapisan tersebut memperbesar ukuran lubang. Paku berduri telah lama diyakini (dan masih diyakini oleh sebagian orang) memiliki daya rekat yang lebih besar daripada paku tangkai polos. Ini benar, tetapi hanya dalam kondisi tertentu. Kekasaran permukaan sebenarnya mengurangi kontak erat antara tangkai paku dan kayu di sekitarnya. Tujuan dari lapisan seng yang tebal adalah untuk melindungi paku dari karat. Namun, jika kepala martil terkelupas atau lapisan sengnya pecah, paku akan berkarat.

Pelapisan semen pada paku dapat meningkatkan dan bahkan menggandakan daya tahan cabutnya segera setelah dipaku. Daya tahan cabutnya bisa sangat besar sehingga kepala paku patah saat mencoba mencabutnya. Paku jenis ini efektif pada kayu yang lebih ringan. Namun, paku ini tidak memberikan keuntungan pada kayu ek, birch, maple, atau kayu keras lainnya. Meskipun demikian, daya tahan yang tinggi ini berumur pendek, dan dalam waktu sekitar 30 hari, daya tahan cabut paku berkurang menjadi 50 persen atau lebih.

Penggunaan paku potong (cut nails) pada sub-lantai memang jarang, tetapi ada yang masih meyakininya. Paku potong memiliki daya rekat yang sangat baik segera setelah dipasang. Namun, dalam kondisi buruk seperti pengeringan, penyusutan, dan kelembapan tinggi, daya rekatnya akan banyak berkurang. Inilah sebabnya mengapa lantai-lantai tua yang dipaku dengan paku potong menjadi sangat berderit.

Dengan dua paku dengan ukuran dan diameter yang sama, yang ditancapkan ke kayu dengan kepadatan yang sama, paku dengan cincin melingkar (deformasi) memiliki ketahanan penarikan 40 persen lebih besar daripada paku dengan tangkai halus.

10.5 PEREKAT KONSTRUKSI

Meskipun ada berbagai jenis dan merek perekat yang membingungkan untuk setiap proyek konstruksi yang mungkin, sebagian besar tukang bangunan kecil membeli apa pun yang tersedia di tempat penjualan kayu setempat. Adonan roti lengket, tetapi tidak ada yang akan menggunakannya untuk merekatkan kayu.

Perekat harus disesuaikan dengan pekerjaan. Apakah kekuatan, sifat pengisi, dan daya rekatnya cocok untuk digunakan di bawah sinar matahari? Apakah cocok untuk cuaca panas dan dingin? Apakah cocok untuk cuaca dengan kelembapan tinggi? Beberapa perekat dapat digunakan pada kayu beku selama tidak ada embun beku di permukaannya.

Rekatan terjadi pada atau di antara permukaan. Permukaan tersebut bisa jadi terpapar sinar matahari, basah kuyup karena hujan, beku, terkontaminasi, atau kotor. Agar perekat dapat bekerja, permukaan-permukaan ini harus bebas dari kotoran, genangan air, es, salju, dan kontaminan.

Meskipun perekat konstruksi dapat digunakan pada kisaran suhu 10° F hingga 100° F, perekat tersebut bergantung pada suhu: seberapa cepat perekat tersebut mengeras dan menguat bergantung pada suhu. ketika digunakan dalam suhu beku, perekat tersebut harus disimpan pada suhu ruangan. Praktik umum di lokasi adalah meletakkan kartrid di dalam truk, menyalakan pemanas, dan berharap intinya tidak terbakar, atau meletakkannya di dekat sumber panas lainnya.

Banyak tukang bangunan, yang frustrasi dengan panggilan balik karena lantai yang berderit dan kurang kaku, mengatakan bahwa pengeleman tidak berhasil. Jika kondisi dan perekat tidak cocok, jika diaplikasikan selama suhu 30° F yang lama, lem tidak dapat bekerja. Kru rangka sering kali merekatkan balok, menempatkan lapisan bawah, dan menempelkannya di sana-sini. Baik setengah hari atau beberapa hari kemudian, pemasangan paku sublantai selesai. Apakah lemnya yang salah, atau tukangnya? Perekat yang dirancang untuk bekerja pada permukaan beku tidak akan pernah mencapai kekuatan penuhnya jika suhu udara tidak mencapai 40° F dalam waktu sekitar seminggu atau lebih. Lem yang digunakan di loteng yang suhunya dapat mencapai 160° F dapat melunak dan melemah.

Perekat harus diaplikasikan agar sambungan lem tidak kekurangan lem, tetapi tidak terlalu banyak sehingga lem meluber ke mana-mana. Aplikasikan manik-manik berdiameter $^3/_{16}$ inci hanya pada satu sisi dalam garis kontinu. Di mana ujung-ujung kayu lapis bertemu di atas balok, aplikasikan dua manik-manik pada balok. Pada permukaan yang lebar, seperti rangka atap atau balok glulam, aplikasikan manik-manik dengan pola zig-zag. Jangan biarkan perekat terkena udara lebih dari 15 menit. Saat terkena udara, pelarut organik atau air menguap, dan perekat mulai mengeras. Paku dan sekrup memberikan tekanan yang diperlukan untuk menjaga permukaan yang direkatkan tetap menyatu hingga ikatan terbentuk.

Kita telah melihat bahwa banyak material yang berada di bawah tekanan cenderung merayap (yaitu, melorot) atau berubah bentuk. Karena perekat konstruksi tidak kaku saat mengering, perekat tersebut diklasifikasikan sebagai semistruktural, dan perekat tersebut juga dapat merayap. Lem putih yang dijual bebas merayap dan menjadi getas seiring bertambahnya usia. Jangan gunakan lem ini dalam aplikasi struktural.

Beberapa produsen seperti H.B. Fuller dan Dap, Inc., menjual perekat konstruksi yang dapat digunakan pada kayu beku, basah, atau yang telah diolah. DAP4000 dari DAP bekerja pada suhu yang lebih rendah. SturdiBond dari H.B. Fuller dapat digunakan dengan kayu beku, basah, atau yang telah diolah. Perekat SFA/66 dari Miracle Adhesives Company dirancang untuk kayu basah atau yang telah diolah.

Untuk daftar perekat yang telah diuji di laboratorium dan lapangan, lihat tiga publikasi APA: Perekat untuk Sistem Lantai Terpaku APA, Formulir V450; Dempul dan Perekat untuk Sistem Pondasi Kayu Permanen, Formulir H405; dan Catatan Teknis Y391, Perekat Struktural Untuk Perakitan Kayu Lapis-Kayu.

10.6 BALOK-I

Kayu berkualitas menjadi semakin sulit dan mahal untuk diperoleh dari hutan yang tersedia. Batang kayu dari hutan primer menghasilkan kurang dari 20 persen volume kayu gelondongan sebagai kayu struktural berkualitas. Hampir tidak bisa didapatkan pada kayu gelondongan dari hutan sekunder. Akibatnya, lebih banyak kayu rekayasa yang direkonstitusi yang digunakan. Kayu rekayasa dikenal sebagai kayu veneer laminasi (LVL). Kayu untai paralel (PSL) dan kayu komposit laminasi juga merupakan nama yang digunakan untuk kayu rekayasa. I-joist adalah salah satu produk rekayasa yang baru.

Secara dimensi lebih stabil, lebih konsisten dalam ukuran, lebih kaku, dan lebih ringan,

tersedia dalam panjang yang lebih panjang daripada kayu rangka biasa. I-joist memungkinkan lubang dipotong pada bahan jaring (web material) untuk perpipaan dan mekanikal. Banyak merek yang menerima kode penuh. Balok-I dapat digunakan sebagai balok atap. Kedalamannya yang lebih besar sering kali memungkinkan lebih banyak insulasi sekaligus menyediakan ruang di atas insulasi untuk ventilasi. Karena ikatan kasau/kerah bisa jadi rumit, konsultasikan dengan literatur produsen untuk pemasangan yang tepat, atau konsultasikan dengan departemen teknik produsen.

Kini, ada sejumlah produsen yang memproduksi produk-produk ini dan literatur teknis mereka sangat bagus. Akan tetapi, ada perbedaan, keunggulan, dan karakteristik penting di antara berbagai merek.

Berbagai merek dibuat dengan kedalaman yang berbeda; beberapa tidak sesuai dengan ukuran nominal rangka umum. Hal ini dilakukan untuk menggunakan kayu lapis yang terkadang diizinkan untuk digunakan sebagai balok tepi atau balok pengikat dengan lebih baik, dan untuk mencegah pencampuran dengan rangka umum dan mencegah masalah yang diakibatkan oleh perbedaan penyusutan dan pemuaian

Trus Joist Corporation, produsen balok merek TJI, mungkin yang paling terkenal. Balok hunian Silent Floor mereka tersedia dalam kedalaman $9^1/_2$ inci, $11^7/_9$ inci, 14 inci, dan 16 inci dalam beberapa seri atau kekuatan yang berbeda (Gambar 10.6). Banyak ukuran lain tersedia secara langsung dari pabrik. Balok merek TJI menggunakan flensa LVL di bagian atas dan bawah, serta material jaring (web) berupa kayu lapis atau komposit baru di antara flensa. Jaring pada merek balok ini dilubangi dengan knockout 1½ inci setiap 12 inci untuk perkabelan. Balok-balok ini tidak melengkung atau berkubah (cambered or crowned) dan dapat dipasang dengan sisi mana pun menghadap ke atas.

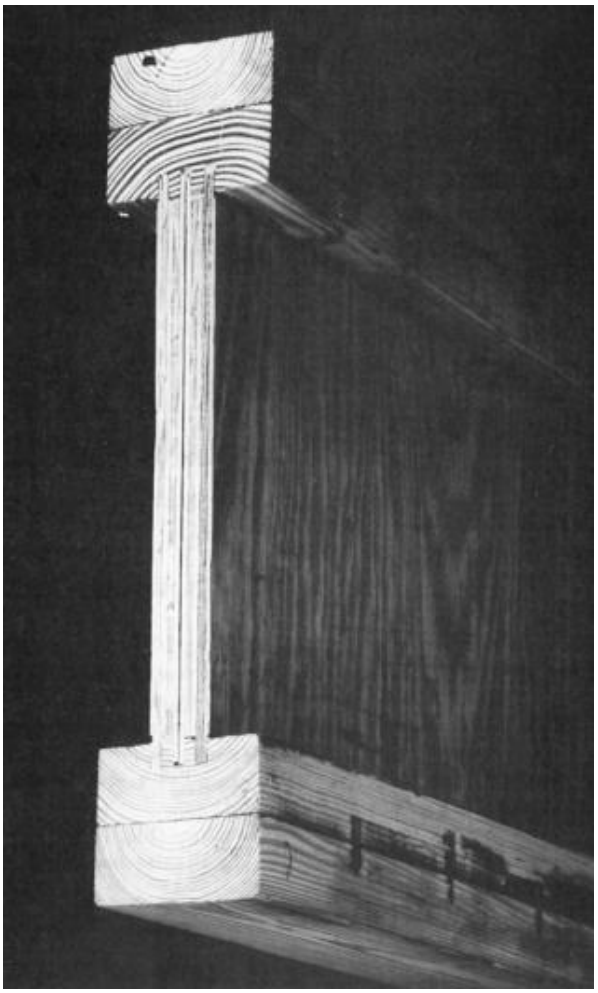
Gambar 10.6 Balok TJI tersedia dalam panjang yang dapat mengakomodasi beberapa bentang.

Balok kayu I Beam dari *Georgia-Pacific* dibuat dengan flensa kayu gergajian padat berkekuatan

tinggi dan Jaringan kayu lapis (Gambar 10.7). Ukuran yang umum tersedia untuk konstruksi perumahan adalah 9¼ inci, 11¼ inci, dan dari 12 hingga 24 inci dengan kelipatan 2 inci. Balok kayu melengkung; ada bagian atas dan bawah yang pasti saat memasang balok kayu ini.

Louisiana-Pacific memproduksi balok kayu GNI (Gambar 10.8) dan Innerseal, serta LVL Glue-Lam (Gambar 10.9). Dua perusahaan lain, Alpine (merek ASI) dan Boise-Cascade (merek BCI) juga memproduksi balok. Jangan berasumsi bahwa karena LVL direkayasa dengan standar kinerja tinggi, balok tersebut dapat digunakan tanpa memperhatikan spesifikasinya. Ikuti rekomendasi produsen.

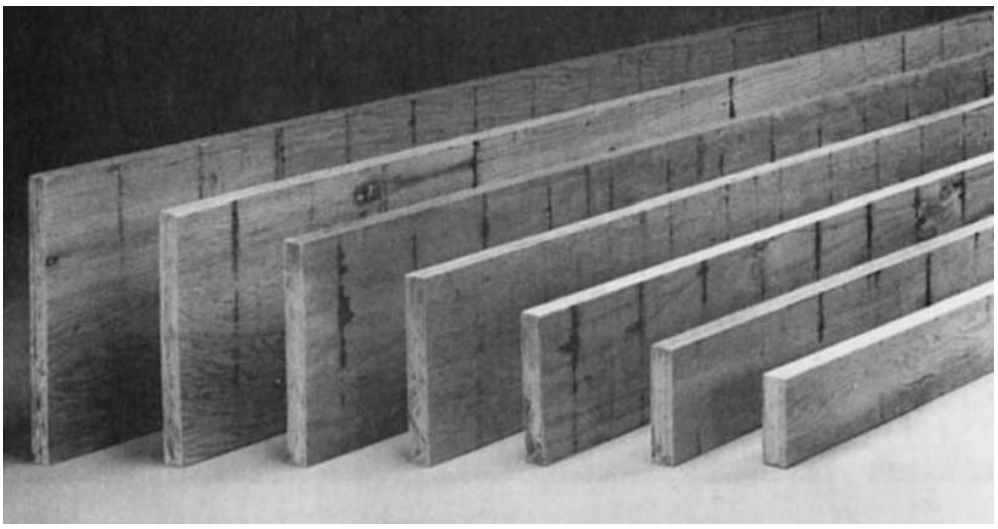
Balok I yang diproduksi dapat digunakan sebagai kasau (Gambar 10.9). LVL diproduksi oleh ketiga produsen (Gambar 10.10 dan Gambar. 10.11).



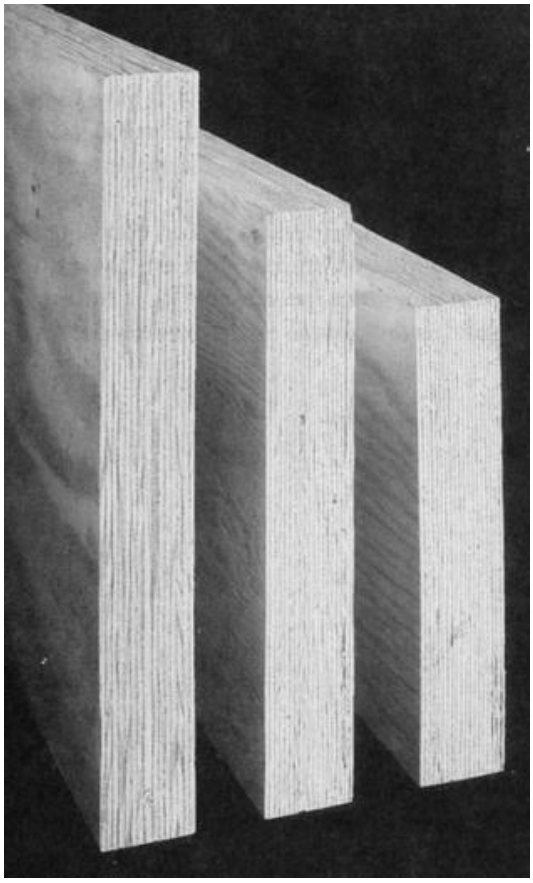
Gambar 10.7 Balok Kayu Georgia-Pacific I.

Gambar 10.8 Balok GNI Louisiana-Pacific.

Gambar 10.9 I-joist Louisiana-Pacific digunakan sebagai kasau, dan GluLam digunakan sebagai kepala.



Gambar 10.10 Trus Joist Micro-Lam LVL.



Gambar 10.11 Georgia-Pacific G-PLAM LVL.

Keunggulan Balok Rekayasa

Balok rekayasa ringan, mudah ditangani, dan mudah dipasang. Balok ini kuat dan memberikan kapasitas menahan beban lebih banyak per kilogram daripada balok gergajian padat 2 X 10 atau 2 X 12. Ini berarti lebih sedikit balok dan bentang tanpa penyangga lebih panjang. Kelengkungan dan penyusutan diminimalkan.

Balok rekayasa menawarkan sejumlah keunggulan, tetapi dengan harga yang mungkin dianggap terlalu tinggi oleh banyak pembangun. Sebuah balok TJI berukuran 9½ inci dengan dengan jarak antar-sumbu 24 inci akan membentang 15 kaki dan menahan beban 100 pon/kaki linear (LF). Sementara itu, Balok Douglas fir-Larch #1 ukuran 2 X 10 pada 24 inci akan menahan beban 100 pon/LF, dan membentang 15 kaki-10 inci. Dengan harga rata-rata Rp. 15.500 per kaki, TJI 16 kaki 9½ inci berharga Rp. 24.800. Sedangkan Kayu Douglas fir-Larch Select Structural 2X 10 setinggi 16 kaki harganya Rp. 20.8000. Namun, balok SYP yang lebih murah dapat digunakan.

TJI memiliki lubang knockout berukuran 1½ inci. Lubang-lubang harus dibor pada balok padat. Namun, jika lubang yang lebih besar dan lokasi yang berbeda diperlukan, lubang tersebut harus dibor pada TJI, atau salah satu balok rekayasa.

Biaya seharusnya bukan satu-satunya pertimbangan saat memilih antara produk rekayasa dan kayu gergajian padat. Sama seperti kayu lapis yang menggantikan papan untuk selubung (meskipun papan harganya lebih murah), balok rekayasa akan segera menggantikan balok gergajian padat dalam penggunaan perumahan yang berkualitas.

Penting untuk diingat bahwa penggunaan balok rekayasa juga berkontribusi pada praktik konstruksi yang lebih berkelanjutan. Dengan memanfaatkan bahan olahan yang berasal dari pohon-pohon yang tumbuh lebih cepat dan memanfaatkan lebih banyak bagian dari log, kita mengurangi ketergantungan pada kayu dari hutan tua yang pertumbuhannya lambat. Ini tidak hanya membantu melestarikan ekosistem hutan, tetapi juga memastikan ketersediaan pasokan bahan bangunan berkualitas tinggi untuk masa depan. Oleh karena itu, investasi pada balok rekayasa adalah langkah maju menuju konstruksi yang lebih efisien dan bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Ringkasan

Papan kayu dimensi 2 X 10 jenis lainnya dapat bervariasi kedalamannya dari 9¼ inci hingga 9⅝ inci. Jangan gunakan ganjal kayu untuk meratakan balok lantai. Ada dua jenis kode: kinerja dan spesifikasi. Sistem kantilever lebih efisien secara struktural daripada bentangan balok sederhana. Pengikat sambungan menggunakan paku 10d. Jangan gunakan lem. Balok harus dipasang sedemikian rupa sehingga sambungannya terjadi secara bergantian di satu sisi lalu di sisi lainnya. Merekatkan sub-lantai ke balok menghasilkan lantai yang lebih kaku tetapi tidak jauh lebih kuat daripada lantai yang hanya dipaku. Kekuatan tidak sama dengan kekakuan.

Merekatkan sublantai ke balok menghasilkan lantai yang lebih kaku tetapi tidak jauh lebih kuat daripada lantai yang hanya dipaku. Kekuatan tidak sama dengan kekakuan. Perekatan mengurangi kebocoran udara dan sub-lantai menjadi penghambat udara, yang membantu mengurangi salah satu sumber utama kehilangan panas akibat infiltrasi. Jangan gunakan paku galvanis celup panas, paku berlapis semen, atau paku potong untuk memasang sub-lantai. Perekat harus diaplikasikan agar sambungan lem tidak kekurangan lem, tetapi tidak terlalu banyak hingga meluber ke mana-mana. I-joist yang diproduksi dapat digunakan sebagai kasau. Balok rekayasa ringan, mudah ditangani, dan mudah dipasang. Biaya tidak seharusnya menjadi satu-satunya pertimbangan saat memilih antara produk rekayasa dan kayu gergajian solid.

Latihan Soal

1. Untuk apa pengukur go-no-go digunakan?
2. Mengapa Anda tidak menggunakan ganjal kayu untuk meratakan balok lantai?
3. Apa nama dua kode bangunan yang paling sering digunakan?
4. Apa arti kata kantilever?
5. Mengapa pengeleman lantai dasar menyebabkan kekakuan?
6. Mengapa Anda tidak menggunakan paku berlapis semen untuk memasang lantai bawah?
7. Mengapa lem harus diaplikasikan pada lantai bawah secara terus-menerus?
8. Apa itu balok I?
9. Sebutkan tiga produsen produk kayu rekayasa yang berbeda.
10. Apa keuntungan dari balok rekayasa?

BAB 11
RANGKA DINDING LUAR

Membuat rangka dinding luar dengan jarak tiang 16 inci dari tengah merupakan metode perangkaan yang dominan di Amerika Serikat. Jarak ini diyakini berasal dari Eropa abad ke-17. Bilah kayu dibelah secara manual dari kayu bakar sepanjang 4 kaki. Kekuatan dan kekakuan Bilah -bilah tersebut sangat bervariasi. Memplesternya pada tiang 24 inci oc sulit dilakukan. Tiang lain ditambahkan, sehingga menjadi 4 tiang dalam 4 kaki, dan dengan demikian jarak tiang 16 inci.

Meskipun dinding rangka kayu konvensional merupakan konstruksi yang efisien, dalam bentuknya yang sekarang tidak dan tidak dapat mencapai potensi penuhnya. Dinding tersebut tidak sehemat biaya atau seefisien energi sebagaimana mestinya. Produsen panel struktural berinsulasi (yang secara tidak tepat disebut panel kulit tegangan) menganggap bangunan rangka kayu sebagai hal yang ketinggalan zaman. Beton polimer struktural yang ringan (seperti beton serat kayu Swedia 3L dan Finlandia) memiliki nilai insulasi dan dapat digergaji serta dipaku. Mereka menimbulkan tantangan bagi pembangun konvensional dan non-konvensional. Koran didaur ulang menjadi insulasi selulosa; dan sekarang jerami gandum, gandum hitam, dan kulit tebu diubah menjadi panel setebal 5 inci yang disebut panel Envirocor. Dengan nilai insulasi R-1,8 per inci dan tahan api, panel ini bekerja lebih baik dalam menghadapi gempa bumi dan angin kencang daripada rumah yang dibangun dengan rangka kayu. Panel tersebut merupakan dinding dan insulasi, tanpa memerlukan rangka struktural. Panel-panel tersebut adalah dinding dan insulasi, tanpa memerlukan rangka struktural. Panel jerami bukanlah hal baru, ini adalah metode Eropa kuno. Metode ini masih digunakan di sana. USDA telah mengembangkan panel jerami sejak tahun 1935, tetapi tanpa kekuatan struktural seperti panel Envirocor.

Pengurangan biaya tenaga kerja dan material serta cara membangun yang lebih baik dengan biaya lebih rendah (sambil mencapai efisiensi energi pada saat yang sama) tidak hanya memerlukan perencanaan, tetapi juga kemauan untuk mempertimbangkan alternatif dari rangka konvensional. Semua kode bangunan modern mengizinkan penggunaan metode dan material alternatif.

11.1 REKAYASA NILAI

Analisis nilai (VA) berawal di General Electric selama Perang Dunia II. Kelangkaan tenaga kerja dan material memaksa para insinyur untuk mencari alternatif, substitusi, atau keduanya. Ketika manajemen GE mulai menyadari bahwa sering kali penggunaan substitusi menghasilkan biaya yang lebih rendah dan produk yang lebih baik, mereka bertanya-tanya mengapa. Apakah itu kecelakaan atau berhasil? Sebuah sistem yang disebut analisis nilai dikembangkan untuk menganalisis mengapa alternatif tersebut berhasil. Akhirnya VA diubah menjadi rekayasa nilai (VE). VE diadopsi oleh Departemen Pertahanan pada tahun 1954 dan oleh industri konstruksi pada tahun 1963.

VE memiliki tujuan untuk mengoptimalkan biaya atau kinerja (atau keduanya) dari sistem (seperti rumah). Kualitas, nilai, dan ekonomi rumah adalah hasil dari penghapusan pengeluaran yang tidak perlu. VE berkonsentrasi dan menganalisis fungsi. Buanglah apapun yang menambah biaya tanpa menambah kualitas, harapan hidup, penampilan, kenyamanan, efisiensi energi, atau pemeliharaan suatu struktur. VE menentang pembangunan perumahan yang mahal dan tidak perlu (juga dikenal sebagai redundansi). Asosiasi Nasional Pembangun Rumah (NAHB) menggunakan istilah Rekayasa Nilai Optimum (OVE) untuk menggambarkan teknik penghematan biaya.

Rekayasa Nilai (VE) bukan sekadar memangkas biaya atau hanya menggunakan material yang lebih sedikit atau lebih murah. Rekayasa Nilai bukanlah kumpulan ide pemotongan biaya atau pemotongan kualitas yang tidak terkait. Rekayasa Nilai tidak mengurangi kualitas. Rekayasa Nilai menganalisis fungsi dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan seperti berikut:

- Apa itu tiang?
- Apa fungsinya? Rekayasa Nilai (VE) bukan sekadar memangkas biaya atau hanya menggunakan material yang lebih sedikit atau lebih murah.
- Apa yang seharusnya dilakukan?
- Berapa biayanya?
- Apakah ada hal lain yang dapat melakukan pekerjaan yang sama?
- Berapa biaya metode lainnya?

Seperti yang dirangkum oleh Program Hibah Perumahan Inovatif Alberta (Kanada), OVE (Optimum Value Engineering) adalah:

- Prosedur membandingkan metode dan bahan alternatif untuk menentukan kombinasi yang paling hemat biaya.
- Pendekatan total yang efektif dan sistematis
- Berbagai macam teknik penghematan biaya yang kompatibel dengan konstruksi rangka kayu
- Penggunaan bahan dan keterampilan tenaga kerja yang efektif
- Serangkaian langkah penghematan biaya yang terintegrasi untuk bekerja sama dan saling melengkapi
- Pemanfaatan teknik yang dapat disesuaikan dengan metode bangunan di lokasi, di bengkel, atau pracetak.
- Pendekatan terhadap perencanaan, desain, dan rekayasa konstruksi perumahan.
- Ditujukan untuk menghasilkan manfaat maksimal ketika pendekatan OVE total digunakan.
- Penggunaan teknik OVE individual yang kompatibel dengan metode konvensional yang menawarkan penghematan yang signifikan.
- Penerapan pertimbangan yang baik, praktik pembangunan yang baik, dan perhatian terhadap pengerjaan dan kualitas yang baik.

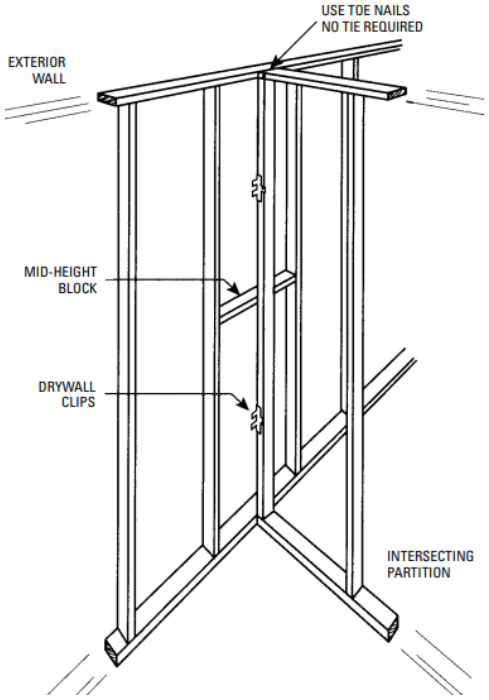
11.2 RUMAH ARKANSAS

Para pencipta konsep Arkansas House berfokus pada konservasi energi, bukan terobsesi dengannya. Tujuan mereka adalah menemukan cara untuk membuat rumah konvensional standar *Federal Housing Administration* (FHA) *Minimum Property Standards* (MPS) menjadi lebih hemat energi. Konsep ini dimulai pada akhir tahun 1950-an. Akan tetapi, tarif listrik yang murah dan keengganan pemilik rumah (yang mengeluh tentang biaya energi yang tinggi) untuk berinvestasi pada insulasi tambahan serta langkah-langkah lain secara efektif membunuh ide tersebut. Krisis OPEC pada tahun 1973 mengubah segalanya dan konsep ini dihidupkan kembali. Dengan menggunakan data yang dikumpulkan selama periode 12 tahun, Frank Holtzclaw merancang rumah yang hemat energi, dan biaya pembangunannya lebih murah daripada rumah FHA MPS, biaya operasionalnya lebih murah, dan dengan demikian terjangkau bagi lebih banyak orang.

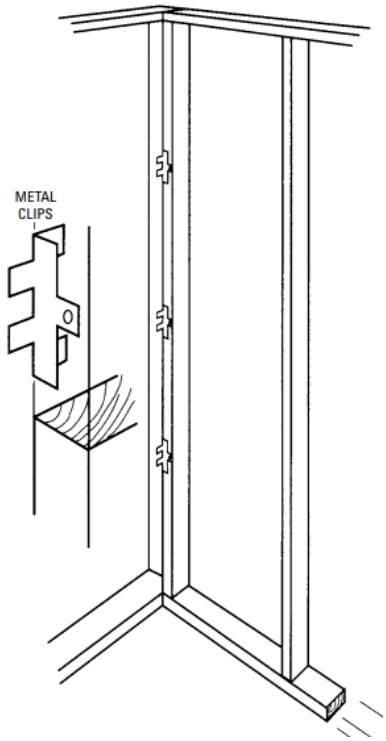
Arkansas House (AH) adalah gagasan seorang pria yang bersedia mempertimbangkan alternatif untuk rangka tradisional. Dengan menggunakan VE, ia menghilangkan semua hal yang menambah biaya, namun tidak berefek pada integritas struktural, keamanan, kenyamanan, dan kinerja energi bangunan. Desain Holtzclaw memberikan faktor keamanan lebih dari 2 banding 1 untuk beban dan gaya geser, meskipun ia memiliki 41 persen lebih sedikit kayu rangka di dinding luar dibandingkan rumah MPS dengan ukuran yang sama (1200 ft^2). Bahkan dibandingkan dengan rumah dengan tiang 2 X 4 berjarak 24 inci dari tengah ke tengah, pengurangan kayu masih sebesar 35 persen yang signifikan.

Rumah Arkansas mencapai efektivitas biaya dan efisiensi energinya tanpa menggunakan teknologi yang rumit atau teknik rangka yang tidak biasa. Desainnya justru canggih berkat kesederhanaan metode yang diterapkan. Semua rangka dipasang dengan jarak 24 inci dari tengah ke tengah dan sejajar satu sama lain. Ikatan bawah rangka atap (*truss*) ditempatkan tepat di atas tiang dinding luar. Tiang-tiang itu juga berada tepat di atas balok lantai. Dengan demikian, beban atap ditransfer secara langsung melalui tiang ke balok lantai dan diteruskan ke pondasi. Penataan rangka yang sejajar seperti ini menghilangkan kebutuhan akan **pelat atas ganda** (*double top plate*), yang hanya diperlukan ketika kasau atau ikatan bawah bertumpu di antara dua tiang.

Penopang pertengahan (mid-height penopang) dan klip drywall (Gambar 11.1) digunakan alih-alih palung tiga-tiang yang biasa. Sudut dua-tiang dan klip *gipsum* (Gambar 11.2) menghilangkan sudut tiga- dan empat-tiang.

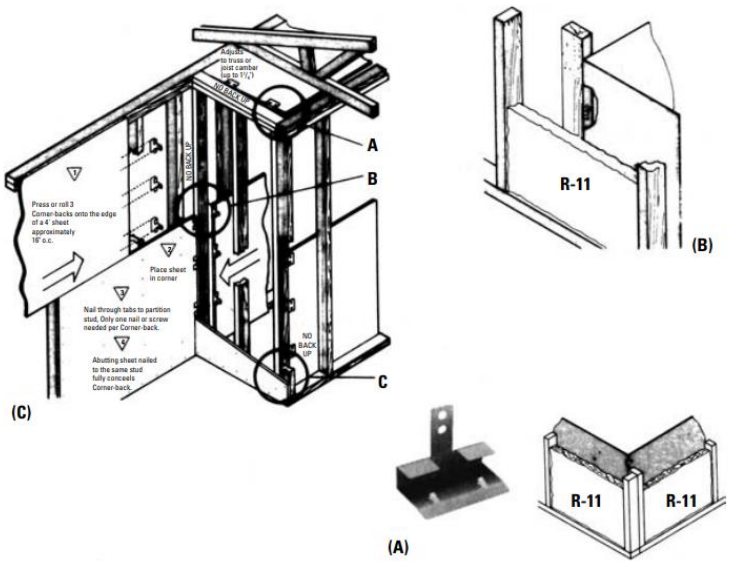


Gambar 11.1 Penopang dengan tinggi sedang dan klip drywall menghilangkan palung tiga tiang.



Gambar 11.2 Klip sudut dua kancing dan klip drywall menghilangkan sudut tiga dan empat kancing.

Klip yang diperlihatkan adalah jenis yang awalnya digunakan di Arkansas House. Saat ini, klip Prest-on (Gambar 11.3) adalah klip gipsum yang paling banyak digunakan. Kepala kayu lapis berinsulasi (balok kotak) menggantikan kepala padat tanpa berinsulasi. Partisi dibingkai dengan tiang 2 X 3, pelat atas tunggal, dan tanpa header di atas pintu. Salah satu teknik menarik adalah pengeboran lubang di bagian bawah tiang dinding luar.



Gambar 11.3 (A) Corner-back menghilangkan kebutuhan akan tiang penyangga sudut dan memungkinkan sudut-sudut untuk diinsulasi sepenuhnya guna mengurangi kerugian termal

yang signifikan. Karena beban maksimum pada tiang penyangga sudut adalah setengah atau kurang dari beban pada tiang penyangga biasa, dua tiang penyangga 2 4 memberikan kinerja struktural yang setara dengan tiga tiang penyangga 2 4. (B) Corner-back memungkinkan lokasi anggota partisi tanpa menggunakan tiang penyangga. Panel drywall ditambatkan dengan aman ke tiang penyangga struktural. Tiang tee dihilangkan sepenuhnya. Selain itu, pemotongan insulasi tidak lagi diperlukan untuk partisi yang berbatasan dengan dinding luar. Hasilnya adalah sudut yang lebih lurus. (C) Penggunaan Corner-back di sudut dan partisi.

Salah satu teknik yang menarik dalam konteks ini adalah pengeboran lubang di bagian bawah tiang dinding luar. Ini memungkinkan kabel **Romex** dijalankan di sepanjang pelat bawah, dan menghilangkan pengeboran lubang melalui tiang. Sebuah lubang berdiameter 1 inci dapat dibuat pada bagian bawah 100 tiang dalam waktu sekitar 10 menit. Pengkabelan tidak lagi mengganggu insulasi, dan biaya pengkabelan berkurang. Tanyakan kepada tukang listrik berapa biaya tenaganya untuk mengebor lubang di tiang. Jelaskan sistem baru ini dan minta dia untuk mengurangi biaya pengeboran dari perkiraannya.

11.3 SISTEM RANGKA YANG DIREKAYASA

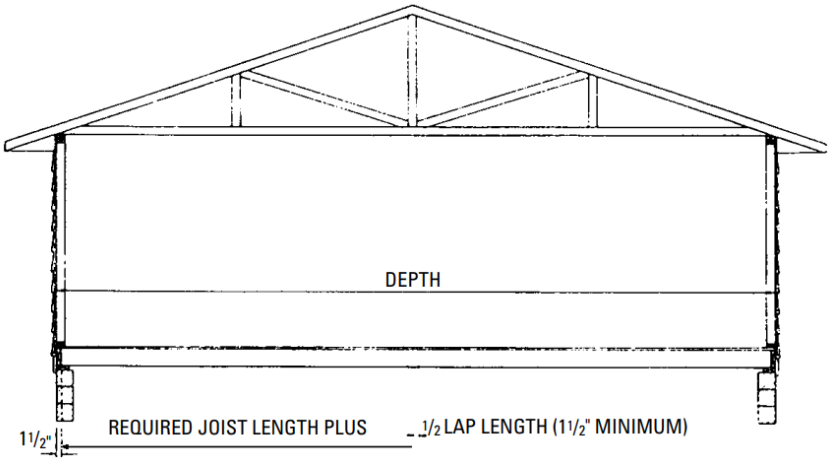
Prioritas utama kita di sini bukanlah efisiensi energi, melainkan pengurangan biaya rangka. Namun, ketika rangka yang hemat biaya digunakan, hasil yang tidak teduga adalah penghematan energi, karena lebih sedikit kayu yang menjadi jalur hilangnya panas, dan lebih banyak ruang untuk insulasi. Ketika biaya rangka berkurang, biaya energi pembeli juga berkurang tanpa biaya tambahan bagi pembangun.

Sistem Rekayasa 24 didasarkan pada tahun-tahun pengujian pengujian laboratorium dan lapangan, pengalaman pembangun, pengujian struktural, dan tiangi biaya rangka dinding dan lantai 24 inci pada struktur dua lantai. Selain itu, ada pengalaman di Norwegia. Selama lebih dari 40 tahun, lantai, dinding, dan langit-langit telah telah dirangka 24 inci dari tengah ke Tengah di Norwegia. Ini adalah dinding ganda. Artinya, selubung dan pelapis dinding tidak digunakan. Dinding luar diaplikasikan langsung ke tiang. Di iklim yang mirip dengan Kanada, tidak ada masalah yang muncul dari rangka modular (24 inci) di rumah satu atau dua lantai.

Sistem Rekayasa atau modular memperoleh integritas strukturalnya dari penyelarasan semua komponen rangka. Kasau atau rangka atap ditempatkan tepat di atas tiang dinding, yang terletak tepat di atas balok lantai. Semua komponen diberi jarak 24 inci dari Tengah ke tengah.

RANGKA MODULAR

Antara 10 hingga 20 persen material rangka pada rumah terbuang sia-sia. Jika kedalaman rumah tidak habis dibagi 4 secara merata, sebagian besar panjang balok lantai yang sebenarnya bisa digunakan akan terbuang. Tiang, balok, dan kasau diproduksi dalam kelipatan 2 kaki: 8-10-12-14 kaki. Panjang balok adalah setengah dari kedalaman rumah, dikurangi ketebalan *joist header*, ditambah setengah dari $1^1/_2$ inci tumpang tindih yang diperlukan. Jadi, panjang balok yang dibutuhkan adalah setengah dari kedalaman rumah (Gambar 11.4).



Gambar 11.4 Panjang balok sama dengan setengah lebar rumah.

Hanya ketika kedalaman rumah berada pada modul 4 kaki dengan panjang 24, 28 atau 32 kaki, panjang balok penyangga yang dibutuhkan akan sama dengan panjang balok standar pabrikan. sebuah rumah dengan kedalaman 25 kaki membutuhkan dua balok sepanjang 14 kaki; panjang yang dengan yang dibutuhkan pada rumah dengan kedalaman 28 kaki. Jarak antar balok (apakah ujung balok disambung atau tumpang tindih) tidak ada bedanya (Tabel 11.1). Pada rumah non-modular berkedalaman 25 kaki, 3 kaki balok terbuang sebagai tumpang tindih di atas gelagar. Tumpang tindih yang lebih panjang tidak meningkatkan kekuatan balok atau membuat lantai lebih baik. Ini hanya membuang material dan uang.

Tabel 11.1 Panjang Linier Balok yang Diperlukan untuk Berbagai Kedalaman Rumah

Kedalaman Rumah	Panjang Balok		Panjang Balok yang Diperlukan Per 4 Inci Panjang Rumah Berdasarkan Panjang Balok Standar					
	Diperlukan	Standar	Kaki Garis		Luas Lantai Per Kaki Persegi			
			Jarak Balok	Jarak Balok	Jarak 16 inci		Jarak 24 inci	
Ft.	Ft.	Ft.	16 Inci	24 Inci	2 x 8	2 x 10	2 x 10	2 x 12
21	10½	12	72	48	1.14	1.43	.95	1.14
22	11	12	72	48	1.09	1.36	.91	1.09
23	11½	12	72	48	1.04	1.30	.87	1.04
24	12	12	72	48	1.00	1.25	.83	1.00
25	12½	14	84	56	1.12	1.40	.93	1.12
26	13	14	84	56	1.08	1.35	.89	1.08
27	13½	14	84	56	1.04	1.30	.86	1.04
28	14	14	84	56	1.00	1.25	.83	1.00
29	14½	16	96	64	1.10	1.38	.92	1.10
30	15	16	96	64	1.07	1.33	.89	1.07
31	15½	16	96	64	1.03	1.29	.86	1.03
32	16	16	96	64	1.00	1.25	.84	1.00

Menambah kedalaman rumah menjadi 28 kaki dan mengubah panjangnya akan mempertahankan luas lantai yang sama. Perubahan dari non-modular (seperti 22–25–26–27–29 dan 30 kaki) ke modular dapat mengurangi biaya balok tanpa mengubah ukuran balok. Total

luas lantai dapat dipertahankan dengan menyesuaikan panjang rumah (Gambar 11.5). Biaya sub-lantai juga berkurang. Panel lebar penuh dapat digunakan, tanpa perlu dipotong, pada lebar rumah 24, 28, dan 32 kaki. Jika bentang ditingkatkan saat melakukan perubahan, pastikan untuk memeriksa apakah balok yang ada saat ini akan sesuai dengan bentang yang baru.

Case 1

Original House Floor Plan
22' × 48' Area—1056 sq ft

48'
22' A = 1056 2 × 8 16" o.c.

Framing system—2 × 8 joists 16" o.c.
No. 2 Southern Pine
Joist length required —11':
Standard—12'
No. of joist rows including end wall joists—37
Total lineal feet of joists—37 rows × 2 joists/row 12' or 888'
Total board feet—1184: Bd ft of joist per sq ft of floor area—1.121

Cost-Saving Alternative
24' × 44' Area—1056 sq ft

48'
24' A = 1056 2 x 8 16" o.c.

8% SAVINGS

Framing system—2 × 8 joints 16" o.c.
No. 2 Southern Pine
Joist length required —12':
Standard—12'
No. of joist rows including end wall joists—34
Total lineal feet of joists—34 rows × 2 joists/row × 12' or 816
Total board feet—1088: Bd ft of joist per sq ft of floor area—1.030

Savings

Board feet—96

Bd ft per sq ft of floor area—.091 or 8.1%

Dollars—96 @ $200/M = $19.20

Case 2

Original House Floor Plan
25' × 52' Area—1300 sq ft

52'
25' A = 1300 2 x 8 16" o.c.

Framing system: 2 × 8 joists 16" o.c.
No. 2 Hem-Flr
Joist length required —12½':
Standard—14'
No. of joist rows including end wall joists—40
Total lineal feet of joist—1120
Total board feet—1493: Bd ft of joist per sq ft of floor area—1.148

Cost-Saving Alternative
24' × 56' Area—1344 sq ft

56'
24' A = 1344 2 × 8 16" o.c.

11% SAVINGS

Framing system: 2 × 8 joists 16" o.c.
No. 2 Hem-Flr
Joist length required —12':
Standard—12'
No. of joist rows including end wall joists—43
Total lineal feet of joist—1032
Total board feet—1376: Bd ft per sq ft of floor area—1.024

Savings

Board feet—117

Bd ft per sq ft of floor area—.124 or 10.8%

Dollars—117 @ $200/M = $23.40

Case 3

Original House Floor Plan
26' × 60' Area 1560 sq ft

60'
26' A = 1560 2 × 10 16" o.c.

Framing system: 2 × 10 joists 16" o.c.
No. 2 Spruce-Pine-Flr
Joist length required —13':
Standard—14'
No. of joist rows including end wall joists—46
Total lineal feet of joist—1288
Total board feet—2147: Bd ft of joist per sq ft of floor area—1.376

Cost-Saving Alternative
28' × 56' Area—1568 sq ft

56'
28' A = 1568 2 x 10 16" o.c.

7% SAVINGS

Framing system: 2 × 10 joists 16" o.c.
No. 2 Spruce-Pine-Flr
Joist length required —14':
Standard—14'
No. of joist rows including end wall joists—43
Total lineal feet of joist—1204
Total board feet—2007: Bd ft of joist per sq ft of floor area—1.280

Savings

Board feet—140

Bd ft per sq ft of floor area—.096 or 7.0%

Dollars—140 @ $200/M = $28.00

Case 3

Original House Floor Plan
26' × 60' Area 1560 sq ft
Framing system: 2 × 10 joists 16" o.c.
No. 2 Spruce-Pine-Flr
Joist length required — 13':
Standard — 14'
No. of joist rows including end wall joists — 46
Total lineal feet of joist — 1288
Total board feet — 2147: Bd ft of joist per sq ft of floor area — 1.376

60'
26' A = 1560 2 × 10 16" o.c.

Cost-Saving Alternative
28' × 56' Area — 1568 sq ft
Framing system: 2 × 10 joists 16" o.c.
No. 2 Spruce-Pine-Flr
Joist length required — 14':
Standard — 14'
No. of joist rows including end wall joists — 43
Total lineal feet of joist — 1204
Total board feet — 2007: Bd ft of joist per sq ft of floor area — 1.280

56'
28' A = 1568 2 x 10 16" o.c.
7% SAVINGS

Savings
Board feet — 140
Bd ft per sq ft of floor area — .096 or 7.0%
Dollars — 140 @ $200/M = $28.00

Case 4

Original House Floor Plan
30' × 60' Area — 1800 sq ft
Framing system: 2 × 12 joists 24" o.c.
No. 2 Douglas Fir-Larch
Joist length required — 15':
Standard — 16'
No. of joist rows including end wall joists — 31
Total lineal feet of joists — 992
Total board feet — 1984: Bd ft of joist per sq ft of floor area — 1.102

60'
30' A = 1800 2 × 12 24" o.c.

Cost-Saving Alternative No.1
32' × 56' Area — 1792 sq ft
Framing system: 2 × 12 joists 24" o.c.
No. 2 Douglas Fir-Larch
Joist length required — 16':
Standard — 16'
No. of joist rows including end wall joists — 29
Total lineal feet of joist — 928
Total board feet — 1856: Bd ft of joist per sq ft of floor area — 1.036

56'
32' A = 1972 2 x 12 24" o.c. 6% SAVINGS

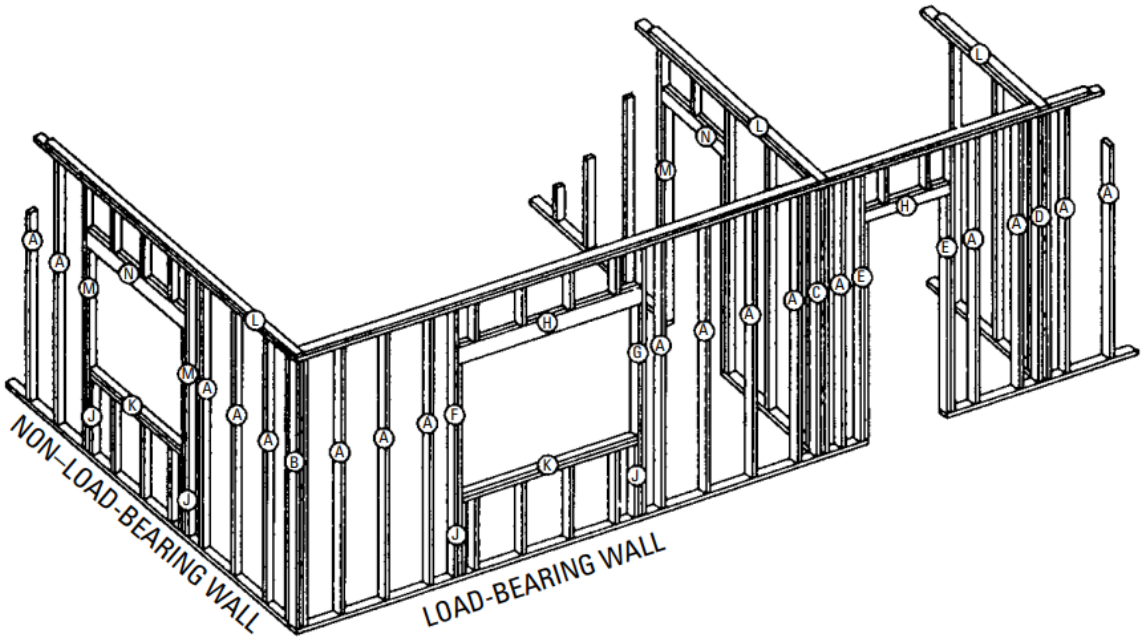
Savings:
Board feet — 128: Bd ft per sq ft of floor area — .066 or 6.0%
Dollars — 128 @ $200 = $25.60

Cost-Saving Alternative No.2
28' × 64' Area — 1792 sq ft
Framing system: 2 × 10 joists 24" o.c.
No. 2 Douglas Fir-Larch
Joist length required — 14':
Standard — 14'
No. of joist rows including end wall joists — 33
Total lineal feet of joist — 924
Total board feet — 1540: Bd ft of joist per sq ft of floor area — 0.859

64'
28' A = 1792 2 x 10 24" o.c. 17% SAVINGS

Savings:
Board feet — 444: Bd ft per sq ft of floor area — .177 or 17.1%
Dollars — 444 @ $200/M = $88.80

Gambar 11.5 Contoh penghematan biaya dan dolar yang dapat dicapai melalui penggunaan modul kedalaman 4 kaki.



Gambar 11.6 menunjukkan rangka dinding yang tidak menerapkan prinsip-prinsip penghematan biaya.

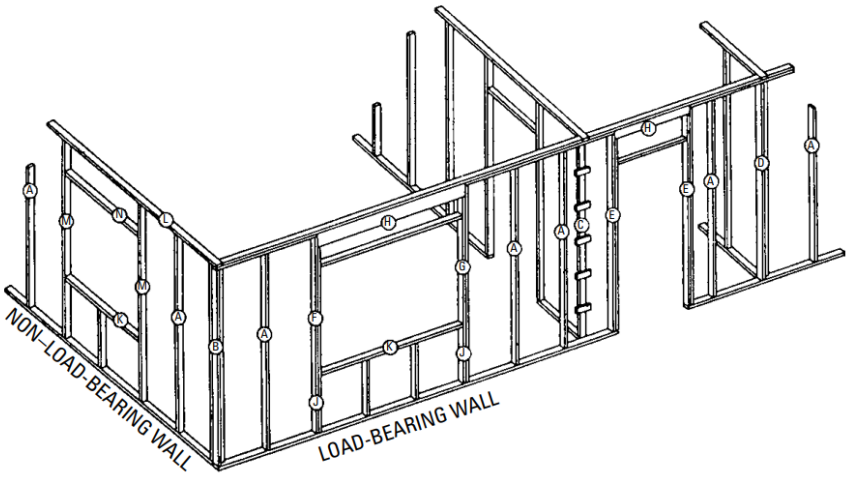
MENGURANGI BIAYA RANGKA DINDING

Gambar 11.6 dan Gambar 11.7 mengilustrasikan perbandingan antara rangka dinding konvensional dan modular. Tabel 11.2 menjelaskan perbedaan dan potensi penghematan biaya. Namun, penghematan dalam dolar yang ditunjukkan tidak mencerminkan biaya material dan tenaga kerja saat ini.

Gunakan kayu kelas utilitas atau tiang (tiang grade lumber) pada dinding yang tidak menahan beban. Pelat atas ganda (*double top plates*) dan kepala padat tidak diperlukan. Untuk partisi yang tidak menahan beban, tiang 2 X 3 dengan jarak 24 inci *oc* (dari tengah ke tengah) sudah lebih dari cukup. Meskipun potongan sisa tiang 2 X 3 dapat digunakan sebagai penyangga tengah untuk menguatkan dinding, ini tidak secara struktural diperlukan dan mungkin tidak efisien biaya. Dinding ujung atap pelana (*gable end walls*) pada dasarnya hanya menopang beratnya sendiri. Karena tidak menahan beban, pelat atas ganda, *header*, dan ambang ganda (*double stools*) tidak diperlukan.

Ada kepercayaan yang tersebar luas (tetapi keliru) bahwa sudut harus kuat, kokoh, atau keduanya. Bagi beberapa pembangun, tiang 4 X 4 lebih disukai, tetapi sudut tiga dan empat tiang dapat diterima. Baik tukang gipsum maupun pembangun berpendapat bahwa kedua lembar papan gipsum harus dipaku dengan kuat di sudut-sudut atau kertas akan robek.

Tiang sudut menanggung setengah atau kurang dari berat yang ditopang oleh tiang penahan beban. Sudut tiga atau empat tiang, atau sudut tiang padat, tidak dapat diinsulasi. Ketika tiang-tiang diatur untuk memiliki bukaan kecil, biasanya dibiarkan kosong. Mencoba memadatkan fiberglass setebal $3^1/_2$ inci ke dalam bukaan sekecil itu sedikit gunanya untuk menginsulasi atau menghentikan rembesan angin, tetapi justru sangat mengurangi nilai R insulasi



Gambar 11.7 Menunjukkan rangka dinding yang mengaplikasikan prinsip-prinsip penghematan biaya.

11.4 JAMUR DAN LUMUT

Bagian dalam sudut luar merupakan tempat berkembang biaknya jamur dan lumut karena kelembapan interior yang lebih tinggi, kurangnya sirkulasi udara, dan permukaan dinding sudut yang dingin. Sudut-sudut menjadi dingin karena hal-hal berikut:

- Jumlah Kayu lebih banyak daripada insulasi di sudut-sudut
- Tingkat insulasi rendah atau nol
- Fenomena Windwashing (pencucian angin), di mana angin memasuki rongga sudut, menyebabkan hubungan arus pendek pada insulasi (jika ada) dan keluar melalui bagian lain dari rongga sudut
- Sudut memiliki luas permukaan yang lebih besar dan karenanya memiliki kehilangan panas yang lebih besar

Tabel 11.2 Rangka Dinding Luar: Potensi Penghematan Biaya untuk Rumah Satu Lantai

Prinsip Penghematan Biaya	Ilustrasi	Potensi Penghematan Biaya
1. Jarak antar tiang 24 inci dibandingkan 16 inci: biaya rangka dinding ditambah pemasangan pelapis, insulasi , instalasi listrik, dan lain-lain.	Gambar 11.6, 11.7	Rp. 36.050.000 (rangka) Rp. 36.300.000 (lainnya)
2. Salah satu sisi bukaan pintu dan jendela terletak pada posisi tiang (tiang) biasa dengan jarak 16 inci atau 24 inci.	Gambar 11.6, 11.7, Detail E, F, M	Rp. 14.000.000
3. Ukuran jendela modular digunakan, dengan kedua tiang samping terletak pada posisi tiang normal 16 inci atau 24 inci (Penghematan tambahan dari poin No. 2 di atas).	Gambar 11.6, 11.7, Detail G, M	Rp. 9.700.000
4. Pengaturan tiga tiang yang optimum pada sudut-sudut luar.	Gambar 11.6, 11.7, Detail B	Rp. 4.700.000
5. Ganjalan alih-alih tiang penempel Cadangan di mana partisi berpotongan dengan dinding luar.	Gambar 11.6, 11.7, Detail C	Rp. 13.150.000
6. Balok ambang tunggal di bagian bawah bukaan jendela.	Gambar 11.6, 11.7, Detail K	Rp. 5.350.000
7. Tiang penyangga di bawah ambang jendela dihilangkan.	gambar 11.6, 11.7, Detail J	Rp. 7.550.000
8. Kusen jendela dan pintu dipasang di bagian atas dinding; tiang pengisi pendek (*cripples*) dihilangkan.	Gambar 11.6, 11.7, Details H, N	Rp. 12.550.000 (16 inci o.c.) Rp. 9.650.000 (24 inci o.c.)

9. Single top plate for nonbearing end walls	Gambar 11.6, 11.7, Detail L	Rp. 11.700.000
10. Pelat atas tunggal untuk dinding ujung tanpa beban.	Gambar 11.6, 117, Detail N	Rp. 5.200.000
11. Tiang penyangga *header* dihilangkan untuk bukaan pada dinding non-beban.	Gambar 11.6, 11.7	Rp. 5.750.000
12. Penyangga dinding tengah dihilangkan.	...	Rp. 26.450.000 (16 inci o.c.) Rp. 25.350.000 (24 inci o.c.)
Potensi penghematan biaya jika semua prinsip penghematan biaya dapat diterapkan di satu rumah.		Rp. 188.450.000

Catatan:

1. Contoh ini didasarkan pada rumah satu lantai dengan luas lantai 1660 kaki persegi, 9 jendela, 4 pintu, 6 sudut luar, 8 partisi yang berpotongan dengan dinding luar, 2 dinding ujung tanpa beban, dan total 196 kaki linear dinding luar.
2. Estimasi penghematan tenaga kerja dan material dihitung oleh National Association of Home Builders Research Foundation, berdasarkan tiangi waktu dan material dari konstruksi aktual. Potensi penghematan biaya didasarkan pada upah tenaga kerja Rp. 650.000 per jam dan kayu Rp. 1.750.000 per seribu kaki papan

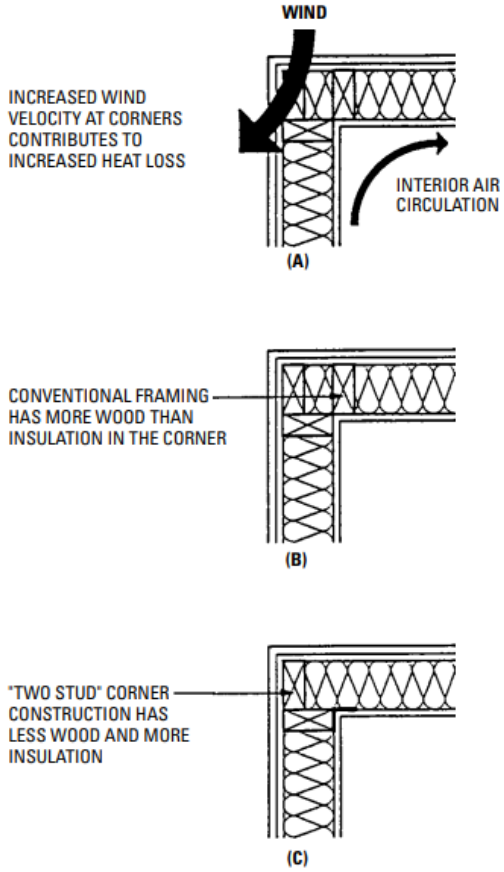
Permukaan sudut yang lebih dingin menyebabkan udara hangat dan lembap mengembun, memungkinkan jamur dan lumut tumbuh. Sudut-sudut ini menjadi (selain jendela) permukaan pengembun pertama lainnya. Sudut kayu padat adalah **jembatan termal** atau **hubung singkat termal**. Meskipun kayu memiliki nilai insulasi sekitar R-1 per inci, ia akan menghantarkan panas lebih mudah daripada insulasi dan menyediakan jalur mudah bagi panas untuk menjembatani dinding (Gambar 11.8).

APLIKASI SUDUT INTERIOR MENGKUSEN

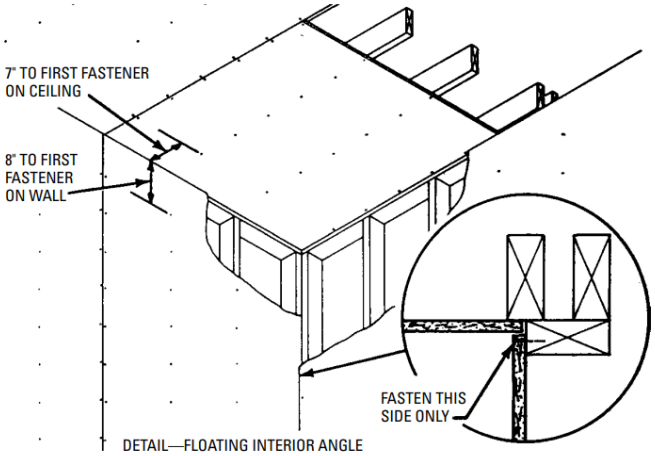
Sudut dua-tiang (Gambar 11.8, bagian C) berawal dari penemuan rangka balon (balloon framing) pada tahun 1832 dan dihidupkan kembali 140 tahun kemudian oleh desainer Rumah Arkansas. Kadang-kadang disebut juga sudut California, tetapi karena tiang penyangga ketiga ditambahkan, itu bukan sudut dua-tiang yang sebenarnya. Ini juga disebut rangka lanjutan (advanced framing) oleh mereka yang tidak mengetahui asalnya.

Arkansas House menggunakan klip gipsum untuk mengganti tiang sudut ketiga. Klip gipsum harus dipaku ke tiang sebelum papan gipsum dipasang. Pada tahun 1975, Klip Preston ini menggantikan paku atau penopang yang hilang (Gambar 11.3). Hasilnya secara keliru disebut sudut mengambang. Banyak pembangun menentang sudut mengambang, karena mereka keliru percaya bahwa tiang sudut benar-benar bergerak dan terpisah. Sudut-sudutnya sebenarnya aman; satu-satunya gerakan berasal dari gaya tekuk, atau gerakan musiman siklus alami dari struktur. Sudut-sudut papan gipsum dikatakan mengambang karena tidak dipaku di sudut-sudutnya. Paku pertama berjarak 8 hingga 12 inci dari sudut-sudutnya (Gambar 11.9).

Hal ini memungkinkan sedikit kelenturan yang justru dapat membantu mengakomodasi pergerakan minor pada bangunan. Konsep ini menunjukkan bagaimana inovasi dalam konstruksi sering kali memerlukan pemahaman yang mendalam untuk menghindari misinterpretasi dan memaksimalkan manfaatnya.



Gambar 11.8 Masalah sudut. (Courtesy Joseph Lstiburek)



Gambar 11.9 Sudut mengKusen.

Saat **klip Prest-on** digunakan, klip tersebut diberi jarak 16 inci di tengah papan. Tabnya diamankan ke tiang. Lembaran papan gipsum berikutnya ditempatkan tegak lurus dengan lembar drywall pertama. Ini menutupi tab-tab tersebut. Kini, kedua lembaran berada pada

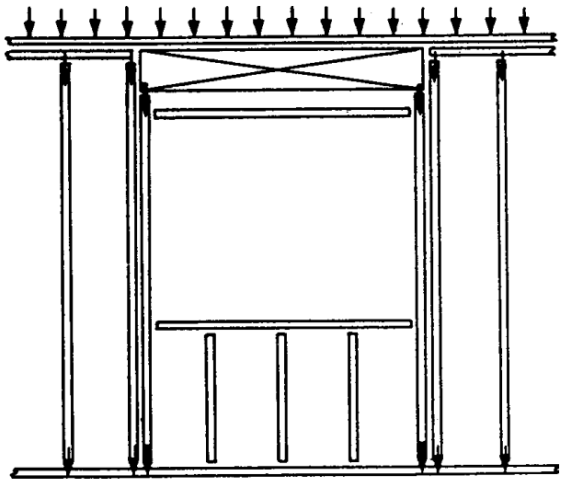
tiang yang sama. Praktik yang diterima (tetapi salah) adalah memaku keempat ujung tepisah dari papan gipsum ke masing-masing dari dua tiang yang terpisah, satu di setiap dinding. Ketika kayu menyusut, setiap tiang sudut menyusut ke arah yang berlawanan dengan tiang sudut lainnya. Pergerakan ke dua arah yang berbeda inilah (dan bukan papan gipsum yang mengembang) adalah penyebab sudut patah.

Satu area lain di mana praktik umum gagal memperhitungkan penyusutan kayu adalah pada kepala. Buku Pegangan Konstruksi Gipsum memperingatkan pemasang:

Jangan menambatkan permukaan panel melintasi serat datar kayu berdimensi lebar seperti balok lantai atau kepala. Biarkan panel mengapung di atas elemen-elemen ini atau sediakan sambungan kontrol untuk mengimbangi penyusutan kayu.

RANGKA JENDELA DAN PINTU

Apabila memungkinkan, gunakan jendela yang sesuai dengan modul 2 kaki (yaitu, jendela yang pas di antara tiang yang diberi jarak 24 inci). Ini menghilangkan kebutuhan akan cripple, dongkrak, tiang kepala, dan kepala. Tumpuan ganda (huruf K pada Gambar 11.6) menjadi tidak perlu (Gambar 11.10). Karena tiang kepala memindahkan beban vertikal ke bawah, tidak ada beban pada tumpuan (huruf K pada Gambar 11.7) atau pada dua tiang cripple yang terlihat menopang tumpuan. Ujung-ujung tumpuan ditopang dengan pemakuan ujung melalui tiang kepala. Jadi, penopang *cripple* ujung tumpuan menjadi tidak diperlukan.



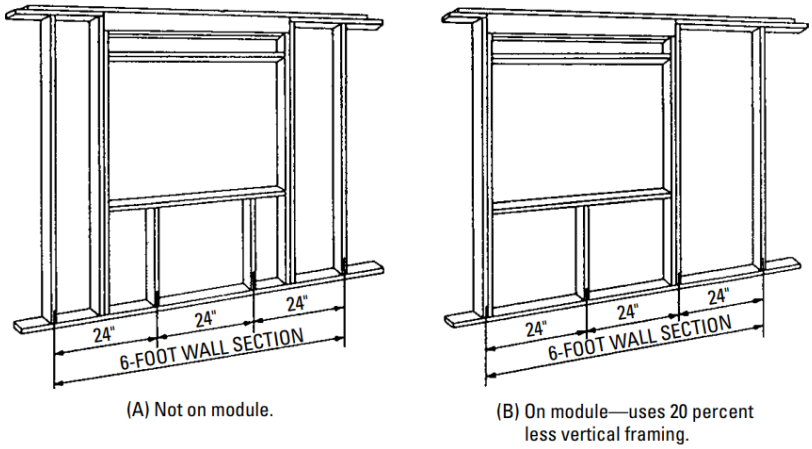
Gambar 11.10 Distribusi beban melalui kepala dan tiang penyangga pada bukaan di dinding yang menahan beban.

Cobalah untuk menemukan satu sisi bukaan pintu/jendela di lokasi yang seharusnya ada tiang, sehingga dengan cara demikian dapat mengurangi jumlah tiang yang digunakan (Gambar 11.11). Jika memungkinkan, bukaan kasar pintu dan jendela harus merupakan kelipatan dari bukaan tiang. Hal Ini dapat mengurangi jumlah tiang dan membuat penempatan selubung dan dinding lebih efisien (Gambar 11.11).

Pada Gambar 11.6, huruf H menunjukkan metode konvensional untuk menempatkan kepala. Sementara itu, gambar 11.7 dan gambar 11.10 mengilustrasikan metode rangka balok

kepala yang lebih hemat biaya. Balok kepala sebaiknya dipindahkan ke atas, tepat di bawah plat atas. Pada titik ini, plat atas bagian bawah bisa dihilangkan.

Metode ini menghilangkan kebutuhan akan cripple untuk memindahkan beban atap ke balok kepala. Defleksi kepala, yang disebabkan oleh cripple, sering kali mengakibatkan pintu dan jendela macet. Jika menggunakan tinggi langit-langit 7 kaki 6 inci tinggi, kepala 2 X 8 akan mengisi ruang tersebut dan membuat penggunaan balok kepala horizontal (tepat di bawah *header* pada Gambar 11.6 dan Gambar 11.10) menjadi tidak diperlukan.

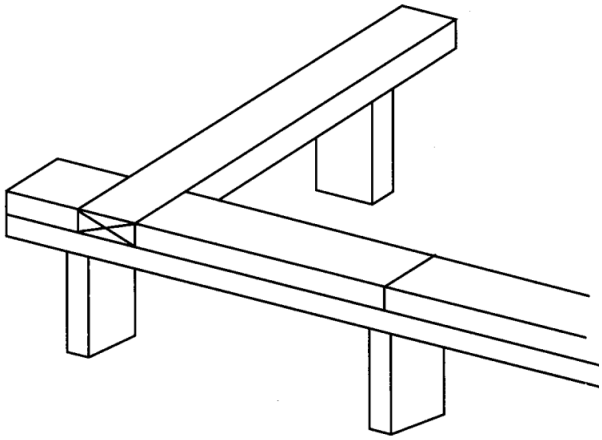


Gambar 11.11 Jendela yang terletak pada modul dapat menghemat perangkaan.

Sambungan Dinding Interior/Luar

Huruf C pada Gambar 11.6 menunjukkan rangka klasik pada sambungan dinding luar dan partisi. Bagian ini, yang secara bervariasi disebut Paku, penopang, kantong tiang, datar, sambungan T, atau tiang partisi ini, biasanya dibentuk dari tiga tiang dalam bentuk palung atau U. Bagian ini jarang diinsulasi, dan inilah alasan mengapa begitu banyak lemari di dinding luar selalu dingin di musim dingin. Ada beberapa alternatif, dan Gambar 11.7 menunjukkan salah satunya dengan menggunakan penjepit cadangan. Jika partisi terletak pada tiang dinding (huruf D pada Gambar 11.7), tiang tersebut berfungsi sebagai paku. Sebuah kayu berukuran 2 X 6, ditempatkan di dinding dengan sisi lebarnya terbuka, berfungsi sebagai paku dan penahan untuk lembaran gipsum. Namun, metode-metode ini sebenarnya tidak hemat biaya atau perlu.

Saat pembangun utama sedang membuat tata letak dinding, ia harus menandai ruang selebar 3½ inci yang akan ditinggalkan pada pelat atas ganda pada titik di mana partisi akan ditempatkan. Pelat atas ganda penahan beban pada partisi dapat dipindahkan ke ruang terbuka di pelat atas ganda tersebut. Ini memungkinkan partisi terikat dengan dinding luar (Gambar 11.12). Penggunaan klip preston membuat sisi balik untuk gipsum menjadi tidak diperlukan. Metode lain adalah dengan menggunakan plat logam padat yang memanjang dari pelat atas partisi hingga pelat atas ganda dinding luar.



Gambar 11.12 Mengamankan partisi ke dinding luar pada pelat atas ganda.

Atap

Apabila bentang dan beban memungkinkan, balok kepala sebaiknya diinsulasi dengan alasan yang sama seperti sudut-sudut. Metode yang lebih disarankan adalah membuat struktur sandwich menggunakan insulasi busa plastik kaku. Pada dinding berukuran 2 X 6 inci, ini akan memerlukan ketebalan insulasi 2½ inci yang diapit di antara balok kepala bagian dalam dan luar. Balok kepala dapat dibuat terlebih dahulu atau disatukan saat dinding sedang dirangkai (ini adalah cara yang lebih baik). Jika balok kepala tidak diinsulasi selama proses perangkaan dan jendela/pintu sudah terpasang, akan sulit untuk mengetahui apakah *header* tersebut terinsulasi. Ada masalah tambahan tentang bagaimana cara memasukkan insulasi ke dalamnya. Jika petugas kode bangunan mengharuskan balok kepala yang terisolasi dan tidak dapat melihat insulasinya, bersiaplah untuk mengebor lubang. Jika balok kotak (Gambar 11.13) digunakan sebagai pengganti balok kepala, tanyakan kepada petugas kode bangunan apakah ia ingin melihatnya diisi dengan insulasi sebelum Jaringan kayu lapis direkatkan dan dipaku.

Balok kotak (dalam konteks Rumah Arkansas disebut sebagai kepala kayu lapis) dapat dibuat sebelumnya atau dibangun saat dinding luar sedang dirangkai. Balok ini dibentuk dengan merekatkan dan memaku jaringan kayu lapis ke anggota perangkaan di atas bukaan pada dinding penahan beban. Pada gambar 11.13, flensa atas akan menjadi pelat atas bagian bawah dan atas. Penguat (*stiffeners*) akan menjadi tiang pada jarak pusat 16 atau 24 inci dari tengah. Flensa bawah akan dipindahkan ke atas atau ke bawah tergantung pada kedalaman yang dibutuhkan. Jaringan kayu lapis harus luar Kelas I dengan serat berjalan horizontal.

Perekatnya harus merupakan perekat struktural tahan air yang disetujui. Jaringan kayu lapis direkatkan dan dipaku dengan paku umum 8d pada jarak 6 inci di sepanjang bagian tepi dan penguat. Ketebalan Jaringan kayu lapis adalah $^3/_8$ inci atau lebih tebal. Selubung kayu lapis luar dapat digunakan sebagai jaring di sisi luar. Kayu lapis interior dapat berukuran $^1/_2$ inci agar menyatu dengan gipsum $^1/_2$ inci.

11.5 KONFERENSI PRAPERANGKAAN

Keberhasilan tindakan penghematan biaya ini sangat bergantung pada perencanaan dan koordinasi antara arsitek (jika ada), manajer proyek, pengawas lapangan, kepala tukang

dan kru, atau subkontraktor perangkaan, serta penaksir. Jika penaksir dari toko kayu digunakan untuk membuat daftar bahan, berikan mereka instruksi yang jelas dan spesifik untuk diikuti. Beri tahu mereka untuk tidak membuat asumsi. Terlalu banyak penaksir yang berasumsi bahwa semuanya harus berjarak 16 inci di tengah meskipun denah mengatakan sebaliknya. Jika mereka melihat bahwa pelat atas ganda tidak ditunjukkan, mereka langsung berkata, "Tidak ada yang merangkai seperti itu." Jangan membuat asumsi bahwa, tanpa instruksi spesifik, para pembingkai akan tahu apa yang harus dilakukan.

Adakan konferensi prakonstruksi dengan semua pengawas dan kru rangka. Tanpa instruksi khusus, mandor rangka dan kru akan berusaha sebaik mungkin untuk mengikuti rencana rangka modular. Namun, kebiasaan rangka konvensional yang sudah mendarah daging sulit diatasi, dan para pekerja rangka dengan mudah kembali ke kebiasaan konvensional. Para pekerja rangka mungkin menambahkan kepala yang solid, dan pelat atas ganda pada dinding non-penahan beban. Mereka mungkin berasumsi bahwa papan 2 X 3 inci adalah kesalahan dan membangun partisi non-penahan beban dengan papan 2 X 4 inci. Atau, mereka mungkin menambahkan cripple di bawah tumpuan, atau balok kepala di dinding ujung atap non-penahan beban. Rangka modular tidaklah rumit; berbeda, bukan cara pembuatan rangka yang biasa.

Libatkan subkontraktor gipsum dan insulasi dalam konferensi tersebut. Tidak ada gunanya menggunakan sudut dua tiang jika para pemasang insulasi tidak mengisi sudut-sudut tersebut dengan bahan insulasi. Meskipun penggunaan klip Prest-on semakin meningkat, banyak pekerja gipsum belum pernah mendengar atau melihatnya. Hubungi Perusahaan Prest-on untuk mendapatkan rekaman video gratis yang akan membantu kontraktor dan subkontraktor gipsum memahami penggunaan klip tersebut. Mereka harus diberi tahu bahwa paku, penopang, datar, tidak digunakan pada dinding luar atau penopang atau paku tiang di sudut luar. Dapatkan salinan Buku Pegangan Gipsum dari distributor papan gipsum setempat dan mintalah kontraktor papan gipsum Anda untuk meninjaunya. Hubungi layanan Penyuluhan dari universitas terdekat dan minta seorang ahli tentang kayu yang dapat menjelaskan bagaimana penyusutan kayu memengaruhi papan gipsum. Cara yang sangat baik dan efektif untuk berurusan dengan para pekerja papan gipsum adalah dengan menunjukkan kepada mereka apa manfaatnya bagi mereka: lebih sedikit sekrup, lebih sedikit tenaga kerja, lebih banyak keuntungan.

Ringkasan

Perangkaan dinding luar dengan tiang berjarak 16 inci dari tengah adalah metode perangkaan yang dominan di Amerika Serikat. Rekayasa nilai memiliki tujuan untuk mengoptimalkan biaya atau kinerja (atau keduanya) dari suatu sistem (seperti rumah). Para penggagas konsep Rumah Arkansas prihatin dengan konservasi energi, bukan terobsesi dengannya. Sudut dua dan empat sudut tiang dihilangkan dalam proyek-proyek rekayasa tertentu. Sistem rekayasa atau modular mendapatkan integritas strukturalnya dari penyelarasan semua elemen rangka.

Ada kepercayaan yang tersebar luas tetapi keliru bahwa sudut harus kuat, kokoh, atau

keduanya. Tiang sudut menahan setengah atau bahkan kurang dari berat yang ditopang tiang penahan beban.

Bagian dalam sudut luar merupakan tempat berkembang biak yang umum bagi jamur dan lumut karena kelembapan interior yang lebih tinggi, kurangnya sirkulasi udara, dan permukaan dinding sudut yang dingin.

Jendela yang ditempatkan pada modul dapat menghemat perangkaan. Apabila bentang dan beban memungkinkan, kepala sebaiknya diinsulasi dengan alasan yang sama seperti sudut-sudut.

Latihan Soal

1. Berapa dimensi perangkaan dinding luar yang dominan di Amerika Serikat? 2. Apa itu Value Engineering? Bagaimana cara penggunaannya dalam pembangunan rumah?
2. Apa itu Arkansas House? Apa saja yang ditawarkannya?
3. Dari mana asal mula sistem rangka rekayasa?
4. Bagaimana biaya rangka dinding dikurangi?
5. Berapa banyak rangka rumah yang terbuang?
6. Bagaimana drywall dibiarkan mengapung di sudut-sudutnya?
7. Apa yang membuat jamur dan lumut mudah terbentuk di rumah?
8. Bagaimana cara membuat sudut mengKusen?
9. Rangka modular tidaklah rumit. (Benar atau Salah)

BAB 12
RANGKA ATAP

Sebagai penutup untuk setiap struktur, atap memiliki tujuan penting untuk melindungi struktur dari elemen eksternal (seperti angin, hujan, salju, hujan es, es, dan bahkan fluktuasi suhu ekstrem). Bab ini dan bab 13 akan mengkaji komponen-komponen utama dari bagian penting ini, diawali dengan pemeriksaan berbagai jenis atap dan rangka dasarnya.

Agar akurat dan cukup mahir dalam berbagai fase pertukangan (terutama dalam perangkaan atap dan pembangunan tangga), pemahaman yang baik tentang cara menggunakan siku baja sangatlah diperlukan. Alat ini sangat berharga bagi tukang kayu dalam perangkaan atap. Anda sebaiknya membeli siku baja berkualitas dan mempelajari instruksi penggunaannya secara menyeluruh. Pengetahuan tentang cara menggunakan siku ini dianggap sudah Anda kuasai di sini.

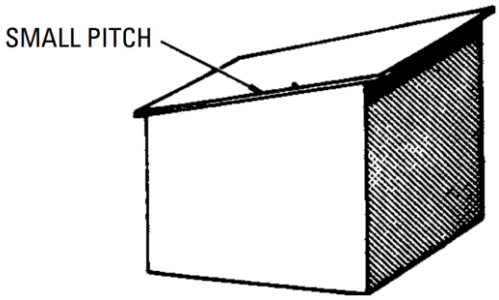
12.1 JENIS ATAP

Ada banyak bentuk atap dan memiliki variasi rupa yang beragam. Tukang kayu dan mahasiswa (serta arsitek) harus terbiasa dengan nama dan fitur dari setiap jenis atap. Berikut ini adalah jenis-jenis atap yang umum:

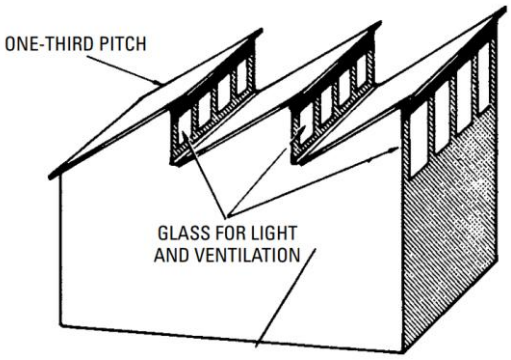
- Atap sandar atau atap miring adalah bentuk atap yang paling sederhana (Gambar 12.1), dan biasanya digunakan untuk atap gudang kecil dan serta bangunan tambahan. Atap ini memiliki satu kemiringan dan tidak terlalu indah.
- Atap gigi gergaji adalah pengembangan dari atap sandar atau atap miring, yang pada dasarnya merupakan serangkaian atap miring yang menutupi satu bangunan (Gambar 12.2). Atap ini digunakan di pabrik, terutama karena cahaya tambahan yang dapat diperoleh melalui jendela di sisi vertikal.
- Atap pelana adalah bentuk atap yang sangat umum, sederhana, dan efisien, serta banyak digunakan pada berbagai jenis bangunan. Atap ini memiliki penampang segitiga, dengan dua kemiringan yang bertemu di bagian tengah atau bubungan dan membentuk atap pelana (Gambar 12.3). Atap ini populer karena kemudahan konstruksi, hemat biaya, dan efisiensi.
- Atap Gambrel adalah modifikasi dari atap pelana, di mana setiap sisinya memiliki dua kemiringan (Gambar 12.4).
- Atap Limasan dibentuk oleh empat sisi lurus. Setiap sisi miring ke arah tengah bangunan dan berakhir di bubungan, bukan dek (Gambar 12.5).
- Atap Piramida adalah modifikasi dari atap limasan di mana keempat sisi lurusnya miring ke arah tengah dan berakhir pada satu titik (puncak), bukan bubungan (Gambar 12.6). Kemiringan atap pada sisi dan ujungnya berbeda. Konstruksi semacam ini tidak sering digunakan.
- Atap Limasan dan Lembah adalah kombinasi antara atap limasan dan atap pelana yang saling berpotongan, yang digunakan untuk bangunan berbentuk T atau L (Gambar

12.7). atap ini disebut demikian karena dalam konstruksinya diperlukan balok kasau limas (*hip rafter*) maupun balok kasau lembah (*valley rafter*). Ada banyak modifikasi dari atap jenis ini. Biasanya, perpotongan terbentuk pada sudut siku-siku, tetapi tidak harus selalu demikian. Salah satu bubungan bisa lebih tinggi dari yang lain dan kemiringannya bisa sama atau berbeda, sehingga menghasilkan variasi yang tak ada habisnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.7.

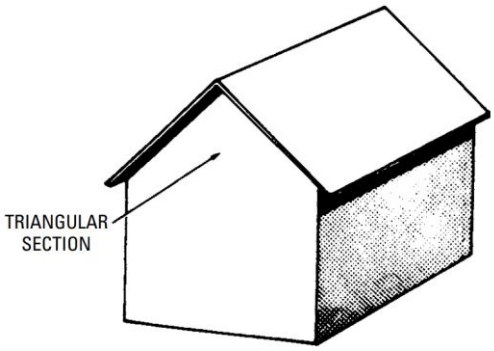
- Atap Pelana Ganda adalah modifikasi dari atap pelana atau atap limasan dan Lembah di mana bagian perluasannya memiliki dua atap pelana yang terbentuk di ujungnya, sehingga membuat bagian berbentuk M (Gambar 12.8).
- Atap Ogee adalah bentuk atap piramida yang memiliki sisi-sisi curam yang melandai ke tengah, di mana setiap sisinya berbentuk ogee, terletak pada lengkungan berongga dan kurva melengkung (Gambar 12-9).
- Atap Mansard Sisi-sisi lurus atap ini miring sangat curam dari setiap sisi bangunan menuju bagian tengah. Atap ini memiliki dek yang hampir datar di bagian atasnya (Gambar 12.10). Atap ini diperkenalkan oleh arsitek yang Namanya disematkan pada jenis ini.
- Mansard Prancis atau Mansard Cekung adalah modifikasi atap Mansard. Sisinya melengkung ke dalam (cekung) alih-alih lurus (Gambar 12.11).
- Kerucut atau Spire adalah atap curam dengan penampang melingkar yang meruncing secara seragam dari dasar melingkar ke titik pusat. Atap ini sering digunakan pada menara (Gambar 12.12).
- Kubah adalah bentuk atap setengah bola (Gambar 12-13) yang utamanya digunakan pada observatorium.



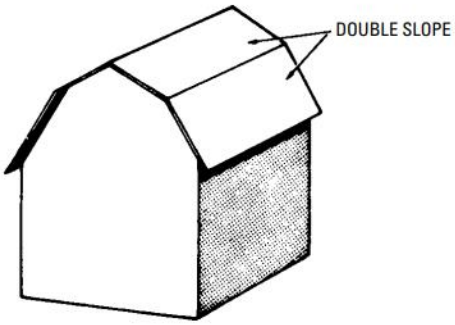
Gambar 12.1 Atap gudang atau atap miring yang digunakan pada gudang atau bangunan kecil.



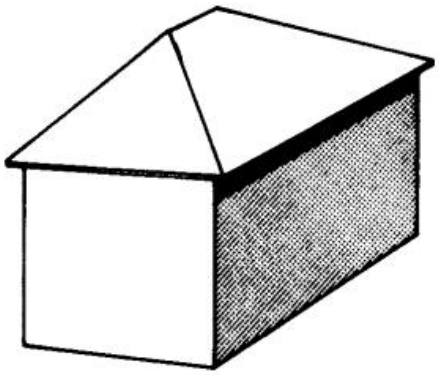
Gambar 12.2 Atap bergerigi yang digunakan di pabrik untuk penerangan dan ventilasi.



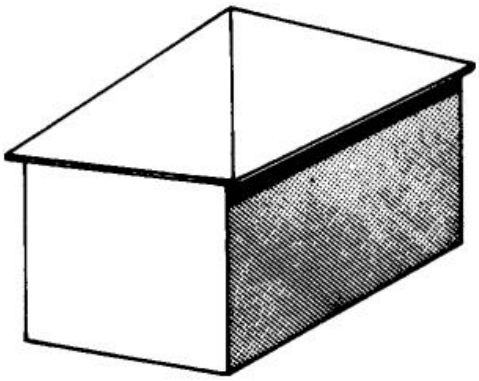
Gambar 12.3 Atap pelana atau atap pelana yang dapat digunakan pada semua bangunan.



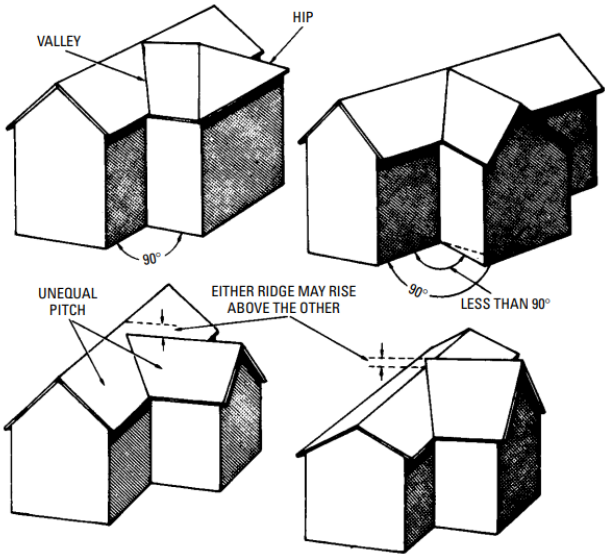
Gambar 12.4 Atap gambrel digunakan di lumbung



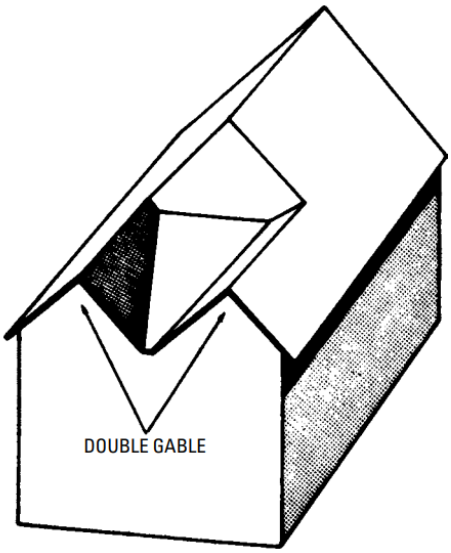
Gambar 12.5 Atap pinggul digunakan pada semua bangunan.



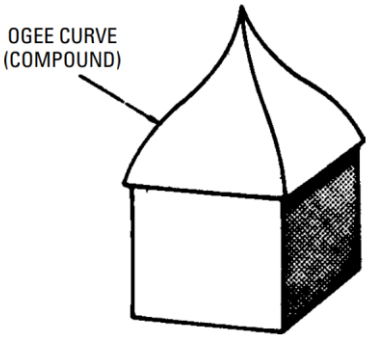
Gambar 12.6 Atap piramida, yang jarang digunakan



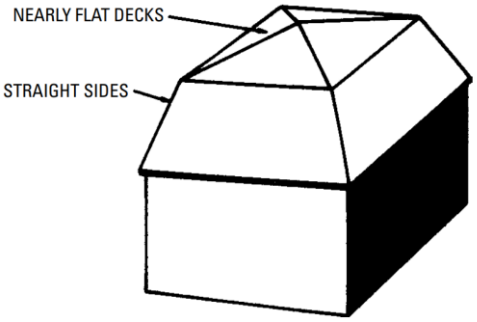
Gambar 12.7 Berbagai atap pinggul dan lembah.



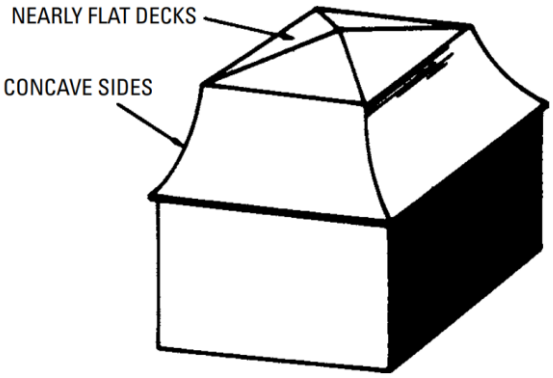
Gambar 12.8 Atap pelana ganda.



Gambar 12.9 Atap Ogee.



Gambar 12.10 Atap mansard.

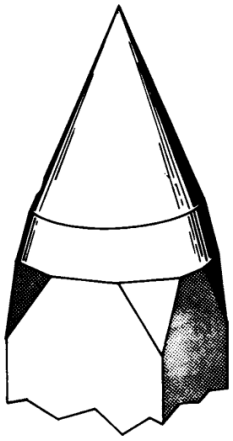


Gambar 12.11 Atap Mansard Prancis atau cekung.

12.2 KONSTRUKSI ATAP

Rangka sebagian besar atap terbuat dari kayu yang disebut kasau. Rangka ini miring ke atas secara berpasangan, dengan ujung bawahnya bertumpu pada pelat atas, dan ujung atasnya diikat dengan papan bubungan. Pada bangunan besar, rangka seperti ini biasanya diperkuat oleh penyangga interior untuk menghindari penggunaan kayu yang sangat besar.

Tujuan utama atap di iklim apa pun adalah untuk menghalangi elemen alam dan cuaca dingin. Atap harus dibuat miring untuk menyalurkan air. Di daerah di mana salju tebal menutupi atap untuk waktu yang lama, atap harus dibangun lebih kaku untuk menahan beban tambahan. Atap juga harus cukup kuat untuk menahan angin kencang.



Gambar 12.12 Atap berbentuk kerucut atau puncak menara.

Tujuan utama atap dalam iklim apa pun adalah untuk menahan unsur-unsur alam dan hawa dingin. Atap harus miring untuk mengalirkan air. Jika salju tebal menutupi atap dalam waktu lama, atap harus dibangun lebih kokoh untuk menahan beban tambahan. Atap juga harus cukup kuat untuk menahan angin kencang.

Gambar 12.13 Atap kubah.

Berikut ini adalah jenis konstruksi atap yang paling umum digunakan:

- Atap pelana
- Atap miring atau atap pelana
- Atap pinggul
- Atap pelana dan Lembah

Berikut ini adalah istilah yang digunakan sehubungan dengan atap:

- Bentang—Bentang atap apa pun adalah jarak terpendek antara dua dudukan kasau yang berlawanan. Dengan kata lain, ini adalah pengukuran antara pelat luar, diukur tegak lurus dengan arah bubungan bangunan.
- Total rise—Total rise adalah jarak vertikal dari pelat ke puncak bubungan.
- Total run—Istilah total run selalu mengacu pada jarak datar yang dilalui kasau. Untuk kasau biasa, ini akan menjadi setengah dari jarak bentang.
- Unit run—Unit pengukuran (1 kaki atau 12 inci) sama untuk atap seperti untuk bagian bangunan lainnya. Dengan menggunakan satuan pengukuran umum ini, persegi rangka digunakan dalam menata atap besar.
- Ketinggian dalam inci—Ketinggian dalam inci adalah jumlah inci yang atap naik untuk setiap kaki kemiringan.
- Kemiringan—Kemiringan adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan jumlah kemiringan atap.
- Potongan atap—Potongan atap adalah kenaikan dalam inci dan satuan run (12 inci).
- Panjang garis—Istilah panjang garis sebagaimana diterapkan pada rangka atap

adalah sisi miring segitiga yang alasnya adalah total run dan yang tingginya adalah total kenaikan.

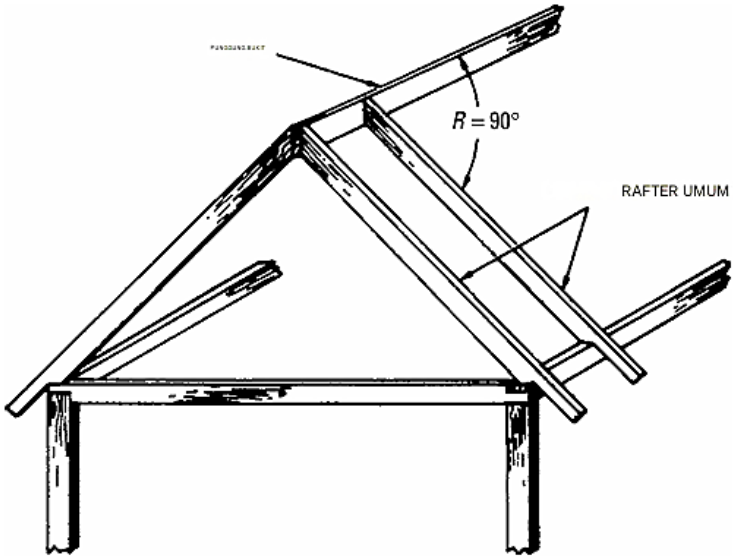
- Garis tegak lurus dan garis datar—Istilah ini merujuk pada arah garis pada kasau dan bukan pada potongan kasau tertentu. Setiap garis yang vertikal saat kasau berada pada posisi yang tepat disebut garis tegak lurus. Setiap garis yang datar saat kasau berada pada posisi yang tepat disebut garis datar.

12.3 KASAU

Kasau adalah penopang penutup atap dan berfungsi dalam kapasitas yang sama seperti balok untuk lantai atau tiang untuk dinding. Menurut bentangan bangunan, ukuran kasau bervariasi dari balok biasa 2 x 4 hingga balok 2 x 10. Untuk rumah tinggal biasa, digunakan 2 x 6 kasau, dengan jarak 16 hingga 24 inci.

Tukang kayu harus benar-benar mengetahui berbagai jenis kasau ini dan mampu membedakan masing-masing jenis. Berikut ini adalah berbagai jenis kasau yang digunakan dalam konstruksi atap:

- Umum—Kasau yang memanjang tegak lurus dari pelat ke bubungan (Gambar 12.14).



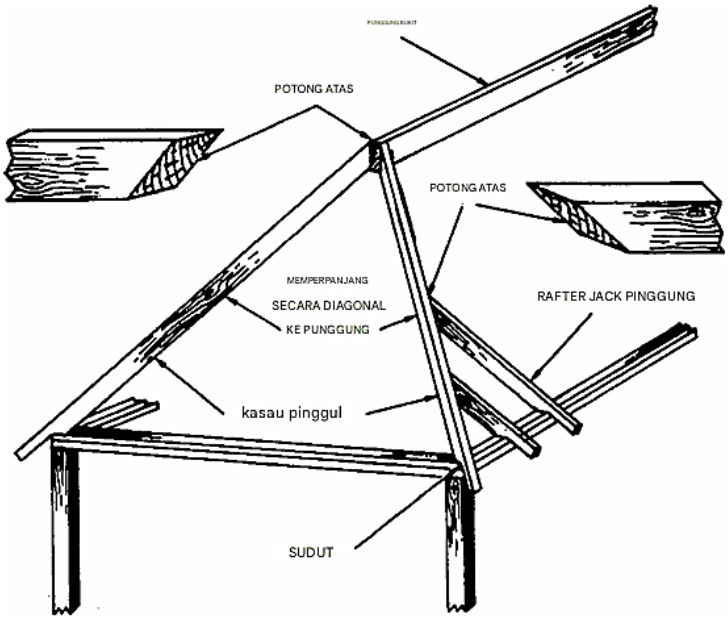
Gambar 12.14 Kasau umum.

- Hip—Sebuah kasau yang memanjang secara diagonal dari sudut pelat ke punggungan (Gambar 12.15).
- Valley—Sebuah kasau yang memanjang secara diagonal dari pelat ke punggungan di persimpangan ekstensi atap pelana dan atap utama (Gambar 12.16).
- Jack—Setiap kasau yang tidak memanjang dari pelat ke punggungan disebut kasau jack.
- Hip Jack—Sebuah kasau yang memanjang dari pelat ke kasau pinggul dan pada sudut 90 derajat ke pelat (Gambar 12.15).
- Valley Jack—Sebuah kasau yang memanjang dari kasau lembah ke punggungan dan

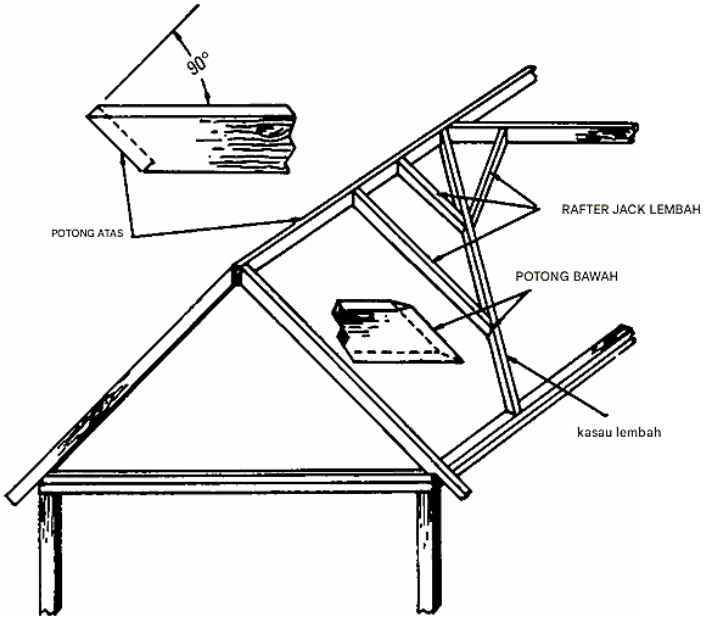
pada sudut 90 derajat ke punggungan (Gambar 12.16).

- Cripple Jack—Sebuah kasau yang memanjang dari kasau lembah ke kasau pinggul dan pada sudut 90 derajat ke punggungan (Gambar 12.17).
- Oktagon—Rusa oktagon adalah setiap kasau yang memanjang dari pelat berbentuk oktagon ke puncak atau tiang bubungan di bagian tengah.

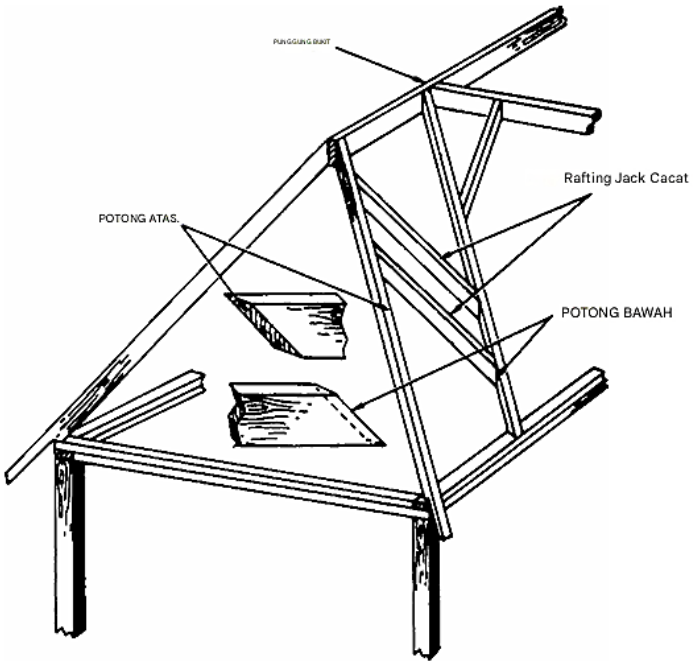
Kasau biasanya terdiri dari bagian utama atau kasau itu sendiri, dan bagian pendek yang disebut ekor, yang memanjang melewati pelat. Kasau dan ekornya dapat berupa satu bagian, atau ekornya dapat berupa bagian terpisah yang dipaku ke kasau.



Gambar 12.15 Kasau atap pinggul.



Gambar 12.16 Rangka lembah dan rangka dongkrak lembah



Gambar 12.17 Kasau Cripple Jack.

Panjang Kasau

Panjang kasau dapat ditemukan dengan beberapa cara:

- Dengan perhitungan
- Dengan rangka baja persegi (menggunakan metode multiposisi, dengan penskalaan, dan dengan menggunakan tabel rangka)

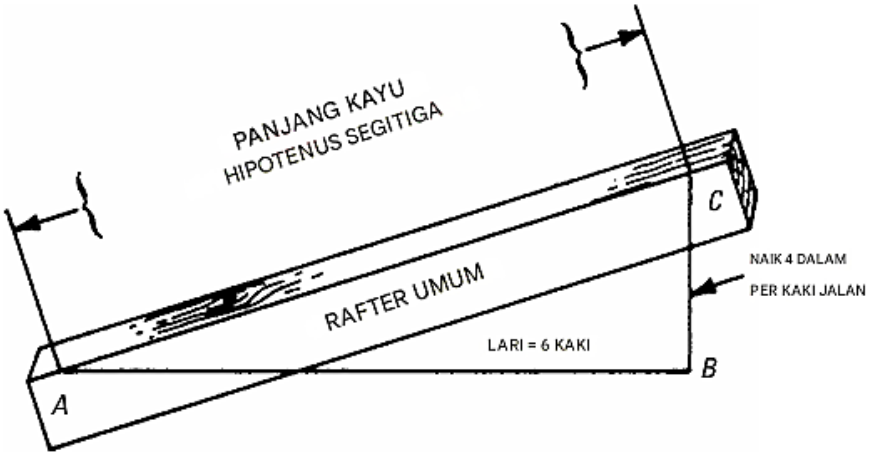
Contoh

Berapa panjang kasau biasa yang memiliki panjang 6 kaki dan tinggi 4 inci per kaki?

- Dengan perhitungan (Gambar 12.18)— Tinggi total dihitung sebagai 6 x 4 = 24 inci, atau 2 kaki. Tepi kasau membentuk hipotenusa segitiga siku-siku yang dua sisi lainnya adalah panjang dan tinggi. Oleh karena itu panjang kasau (dalam kaki) dapat dihitung sebagai berikut:

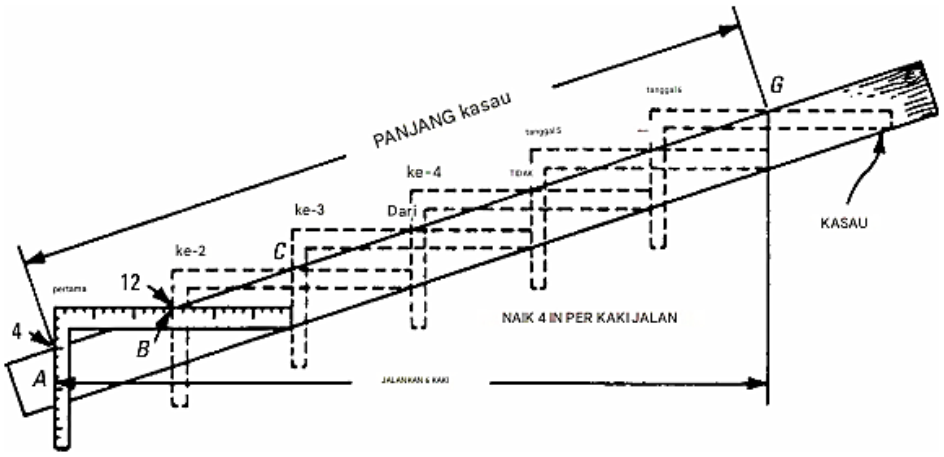
$$\sqrt{run^2 + rise^2} = \sqrt{6^2 + 2^2} = \sqrt{40} = 6.33$$

Tukang kayu yang praktis tidak akan menganggapnya ekonomis untuk mencari panjang kasau dengan cara ini, karena memerlukan waktu yang lama dan ada kemungkinan terjadi kesalahan. Untuk menghindari kedua keberatan tersebut, persegi rangka telah dikembangkan.



Gambar 12.18 Metode untuk mencari panjang kasau dengan perhitungan.

- Dengan rangka baja persegi—Rangka baja persegi secara signifikan mengurangi upaya mental dan kemungkinan kesalahan dalam mencari panjang kasau. Metode yang disetujui untuk mencari panjang kasau dengan persegi adalah dengan bantuan meja kasau yang disertakan pada persegi untuk tujuan tersebut. Namun, beberapa tukang kayu mungkin memiliki persegi yang tidak memiliki meja kasau. Dalam kasus tersebut, panjang kasau dapat ditemukan baik dengan metode multiposisi yang ditunjukkan pada Gambar 12.19, atau dengan penskalaan seperti pada Gambar 12.20. Dalam salah satu metode ini, pengukuran harus dilakukan dengan hati-hati karena, dalam metode multiposisi, pengukuran terpisah harus dilakukan untuk setiap jarak kaki dengan kemungkinan kesalahan dalam setiap pengukuran.



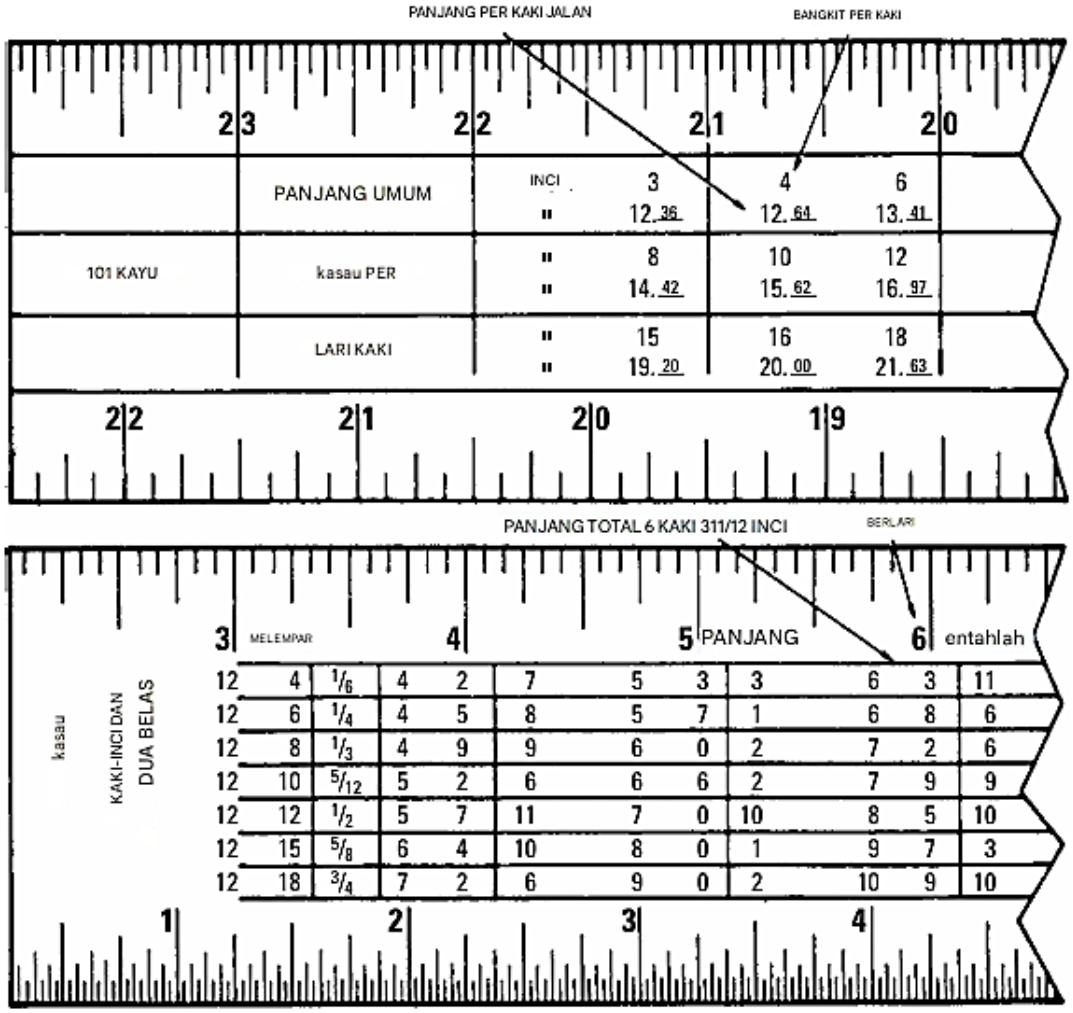
Gambar 12.19 Metode multiposisi untuk mencari panjang kasau.

Masalah 1

Merujuk pada Gambar 12.19, tentukan panjang kasau standar untuk bentang 6 kaki dengan ketinggian 4 inci per kaki. Tandai titik A di tepi kasau, dan sisakan ruang yang memadai jika diperlukan untuk keperluan pengamatan. Tempatkan persegi baja sedemikian rupa

sehingga angka 4 pada skala sejajar dengan titik A, dan angka 12 sejajar dengan tepi B. Karena panjangnya dianggap 1 kaki, maka jarak antara titik A dan B mewakili panjang kasau per kaki. Ulangi pengukuran dengan memindahkan persegi sebanyak enam kali untuk merepresentasikan panjang total 6 kaki, dan tandai titik-titik berikutnya sebagai C, D, E, F, dan G. Dengan demikian, jarak dari titik A hingga G menunjukkan total panjang kasau untuk bentang tersebut.

Gambar 12.20 memperlihatkan hasil pembacaan dari tabel kasau pada dua merek persegi yang umum digunakan. Salah satu tabel menunjukkan panjang kasau per kaki, sedangkan yang lain menampilkan panjang total kasau untuk bentang yang ditentukan pada contoh sebelumnya.



Gambar 12.20 Hasil pembacaan meja kasau dari dua merek rangka baja persegi yang terkenal.

Masalah 2

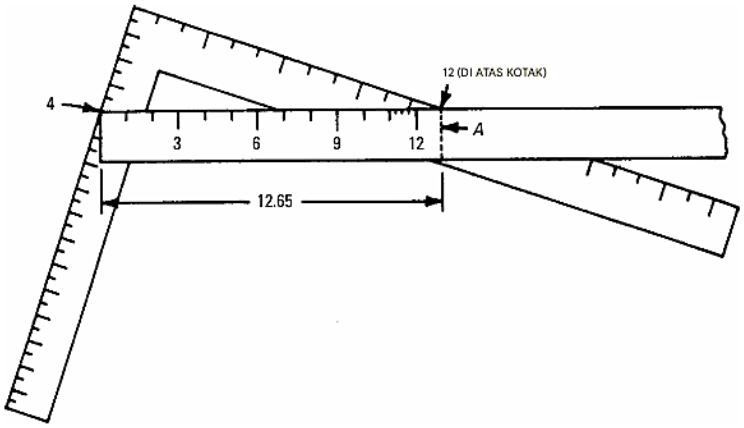
Dengan kenaikan per kaki dalam inci, gunakan dua kotak, atau kotak dan skala penggaris, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.21. Letakkan penggaris pada kotak agar dapat membaca panjang diagonal antara kenaikan 4 inci pada lidah dan jarak 1 kaki (12 inci)

pada badan seperti yang ditunjukkan. Hasil pembacaannya sedikit lebih dari 12 inci. Temukan pecahannya, dan tempatkan pembagi pada 12 dan titik A, seperti pada Gambar 12.22. Pindahkan ke skala perseratus dan baca 0.65, seperti pada Gambar 12.23, sehingga panjang kasau adalah 12.65 inci per jarak kaki, yang untuk jarak 6 kaki adalah

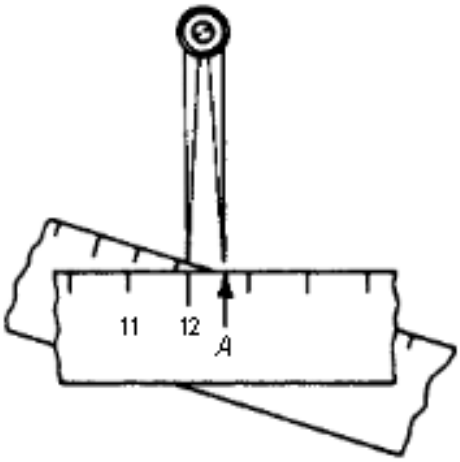
$$\frac{12.65\ x\ 6}{12} = 6.33\ feet$$

Masalah 3

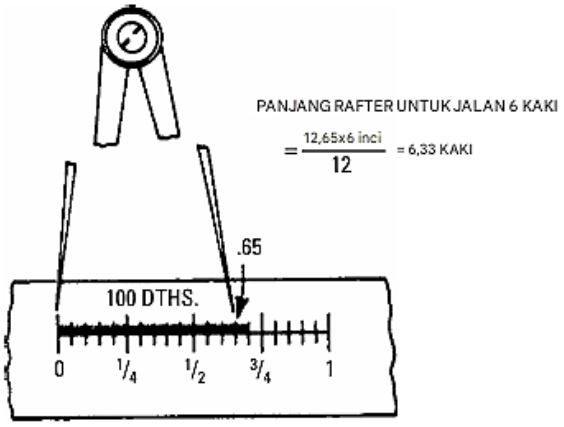
Total kenaikan dan penurunan diberikan dalam satuan kaki. Misalkan setiap inci pada lidah dan badan persegi sama dengan 1 kaki. Penggaris harus dibagi menjadi inci dan seperdua belas inci sehingga pada skala, 1 inci sama dengan 1 kaki. Oleh karena itu, setiap pembagian akan sama dengan 1 inci. Baca panjang diagonal antara angka-angka yang mewakili kenaikan dan penurunan (12 dan 4), dengan mengambil seluruh angka inci sebagai kaki dan pecahan sebagai inci. Pindahkan pecahan dengan pembagi dan terapkan skala ke-100, seperti yang dilakukan pada Soal 2, Gambar 12.22, dan Gambar 12.23.



Gambar 12.21 Metode untuk mencari panjang kasau dengan skala.



Gambar 12.22 Membaca penggaris sejajar dengan kotak tukang kayu.



Gambar 12.23 Metode membaca skala seperseratus.

Dalam memperkirakan panjang total rangka untuk kasau yang memiliki ekor, tentu saja, panjang ekor atau panjang pengintai harus dipertimbangkan.

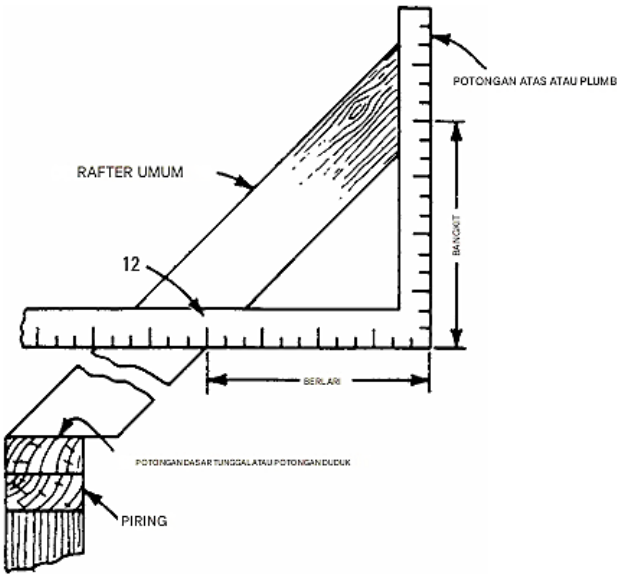
Potongan Kasau

Semua kasau harus dipotong pada sudut atau bevel yang tepat pada titik-titik tempat kasau diikat dan, dalam kasus kasau yang menjorok, juga di ujung luar. Berbagai potongan dikenal sebagai:

- Atas atau tegak lurus
- Bawah, dudukan, atau tumit
- Ekor atau pandangan
- Sisi atau pipi

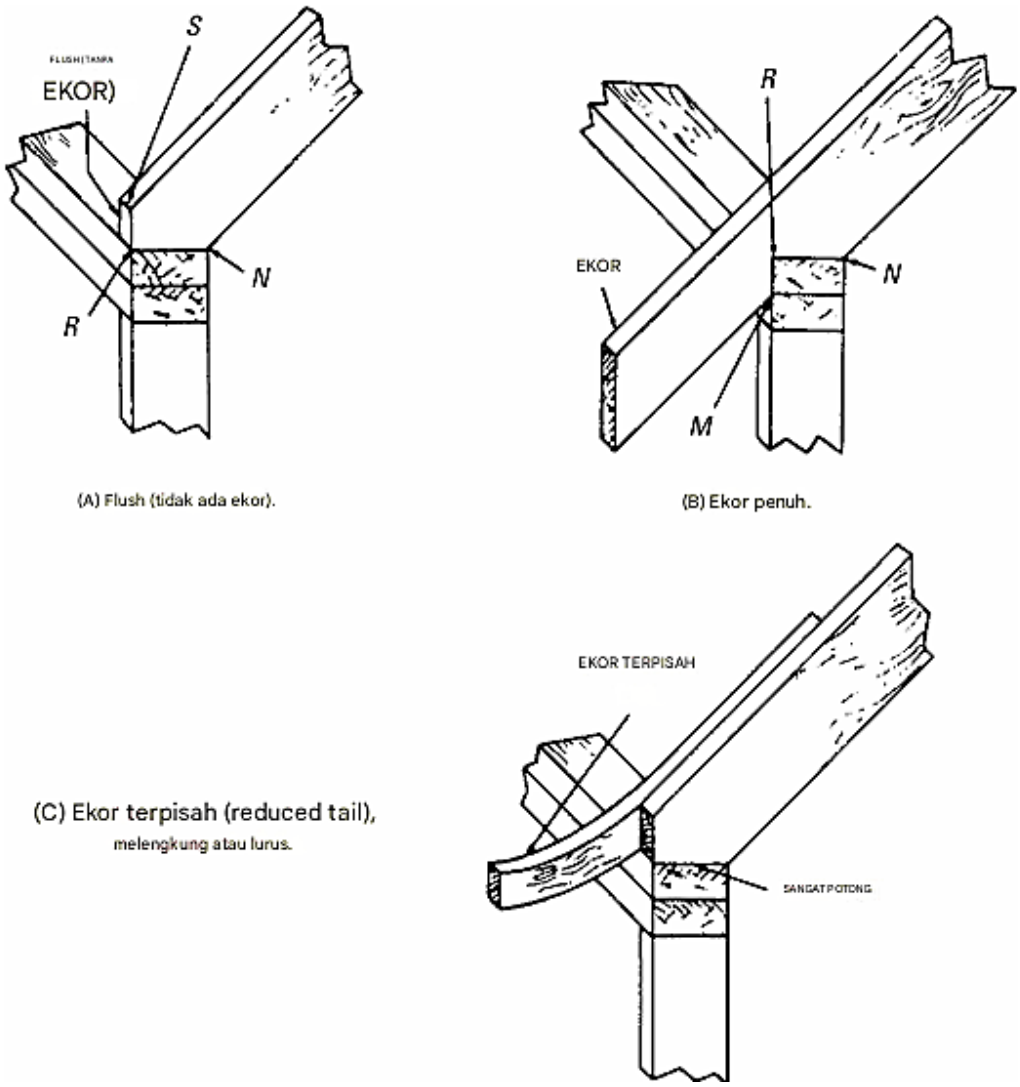
Potongan Kasau Umum

Semua potongan untuk kasau umum dibuat tegak lurus dengan sisi kasau (yaitu, tidak miring, seperti dalam kasus dongkrak). Gambar 12.24 menunjukkan kasau umum dari mana sifat dua dari berbagai potongan ini terlihat.



Gambar 12.24 Penempatan Kotak Baja untuk tata letak potongan tegak lurus yang tepat; potongan dudukan telah ditata dan dibuat, menggunakan kaki kotak yang berlawanan.

Dalam menata potongan untuk kasau biasa, satu sisi kotak selalu ditempatkan di tepi stok pada 12, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.24. Jarak 12 ini sesuai dengan 1 kaki lintasan. Sisi lain kotak diatur dengan tepi stok pada kenaikan dalam inci per kaki lintasan. Ini pada dasarnya merupakan pengulangan Gambar 12.19, tetapi sangat penting untuk memahami mengapa satu sisi kotak diatur pada 12 untuk kasau biasa (bukan hanya untuk mengetahui bahwa 12 harus digunakan). Pada kasau yang memiliki ekor penuh, seperti pada Gambar 12.25B, beberapa tukang kayu tidak memotong ekor kasau, tetapi menunggu hingga kasau diatur pada tempatnya sehingga kasau dapat diberi garis dan dipotong saat berada di posisinya. Jenis pekerjaan tertentu memperbolehkan ujung-ujungnya dipotong pada saat yang sama ketika sisa kasau dirangkai.



Gambar 12.25 Berbagai ekor kasau yang umum.

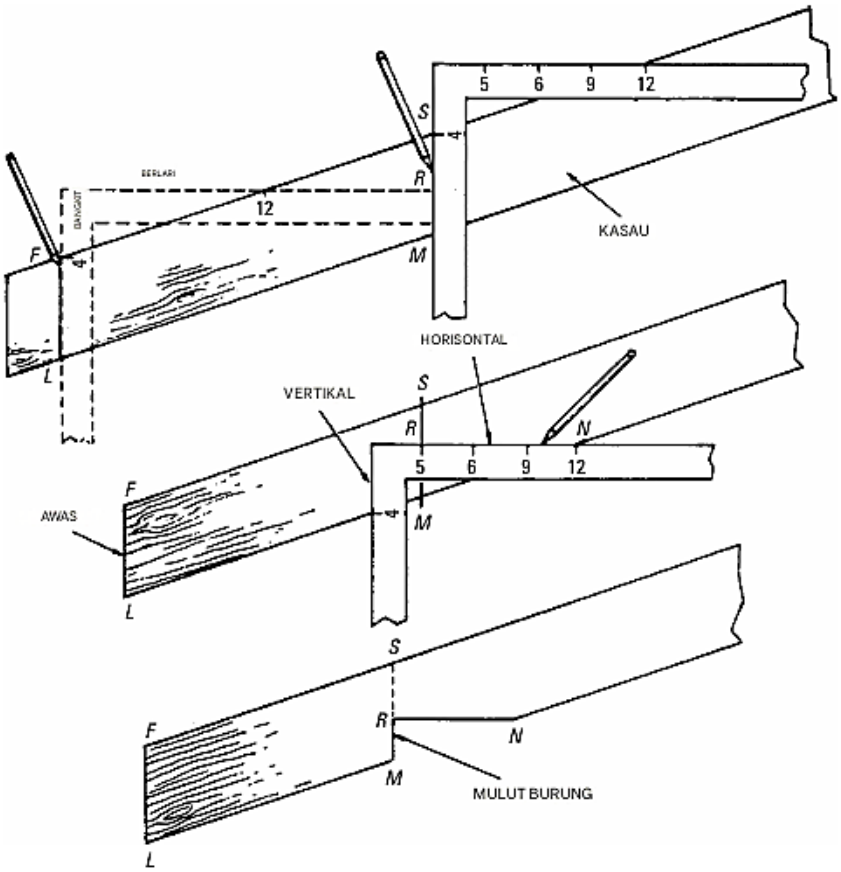
Gambar 12.26 memperlihatkan teknik penggunaan persegi dalam menyusun potongan bagian bawah dan potongan pengintai (tail cut). Saat menyusun potongan bagian atas atau yang tegak lurus, apabila terdapat papan bubungan, maka setengah dari ketebalan bubungan

harus dikurangi dari panjang kasau.

Jika potongan pengintai atau potongan ekor dirancang tegak lurus, tempatkan persegi pada ujung rangka dengan posisi naik dan turun, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 12.26, lalu buat garis potong LF. Ukur panjang bagian pengintai dan tandai titik S pada garis tersebut, sehingga panjang FS sama dengan panjang bagian pengintai. Pindahkan persegi ke titik S dengan tetap menggunakan pengaturan yang sama, lalu buat garis MS.

Selanjutnya, tandai titik R pada garis MS, dengan jarak MR sesuai panjang sisi vertikal potongan bagian bawah. Gunakan pengaturan persegi yang sama untuk menentukan posisi di tepi bawah kasau, hingga sisi persegi memotong titik R, lalu buat garis horizontal RN, yang merupakan sisi bawah dari potongan tersebut.

Dalam proses pemotongan bagian bawah, kayu dipotong mengikuti garis MR (vertikal) dan RN (horizontal). Gambar 12.25B menunjukkan hasil akhir dari potongan pengintai dan dasar ini, di mana garis RN menjadi sisi yang bertumpu pada pelat, sementara garis RM merupakan sisi yang bersentuhan dengan bagian luar pelat.



Gambar 12.26 Metode penggunaan persegi dalam menata potongan bawah atau ujung kasau.

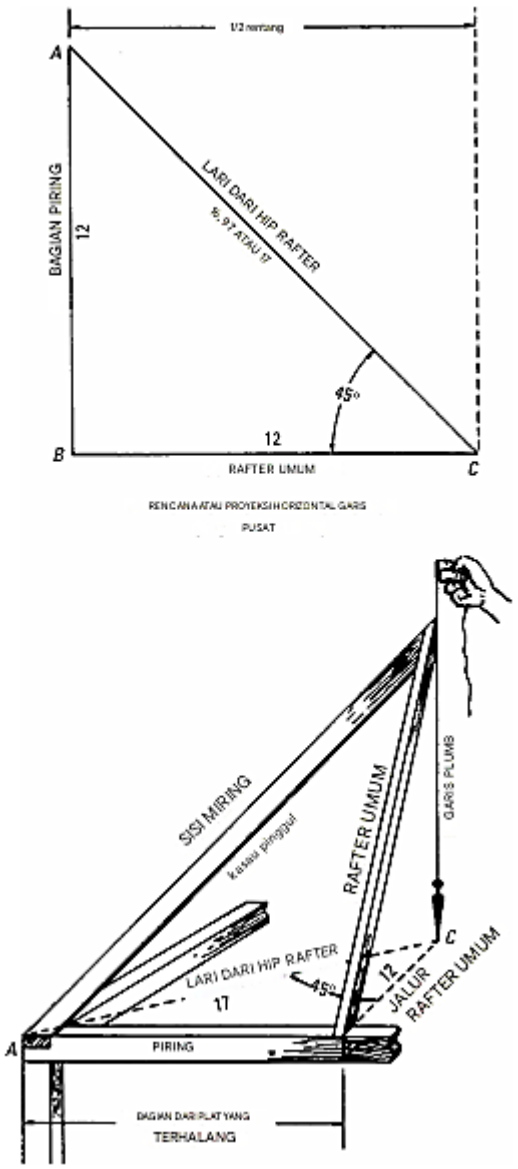
Potongan Kasau Pinggul dan Lembah

Kasau pinggul terletak pada bidang kasau bersama dan membentuk hipotenusa segitiga, yang salah satu kakinya adalah kasau bersama yang berdekatan dan kaki lainnya

adalah bagian pelat yang dicegat di antara kaki kasau pinggul dan kasau bersama (Gambar 12.27).

Contoh

Pada Gambar 12.27, lintasan kasau bersama diasumsikan bernilai 12, yang dapat diartikan sebagai 12 inci (1 kaki) dari panjang lintasan, atau sebagai total lintasan sepanjang 12 kaki, yang mewakili setengah bentang atap. Selanjutnya, untuk lintasan sepanjang 12 kaki ini, buat perpotongan dengan pelat lintasan pinggul yang membentuk sudut 45 derajat terhadap lintasan kasau bersama, seperti yang diperlihatkan pada segitiga ABC.



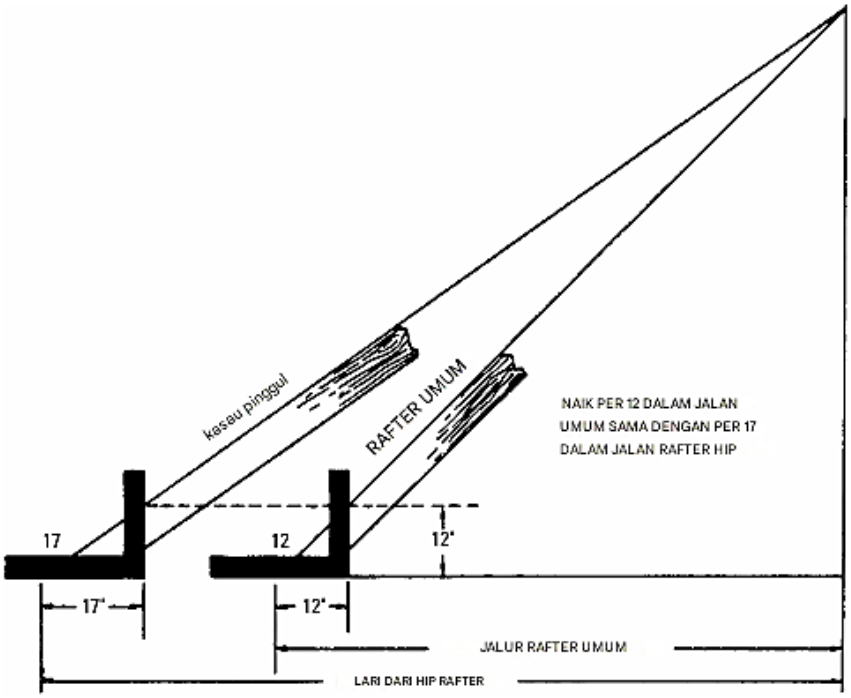
Gambar 12.27 Tampilan kasau pinggul dan kasau umum dalam kaitannya satu sama lain.

$$AC^2 = \sqrt{AB^2 + BC^2} = \sqrt{12^2 + 12^2}$$

$$= 16.97, \text{ atau sekitar } 17$$

Oleh karena itu, jarak kasau pinggul terhadap jarak kasau biasa adalah 17 terhadap 12. Dengan demikian, dalam menata potongan, gunakan jarak 17 pada satu sisi persegi dan kenaikan yang diberikan dalam inci per kaki di sisi lainnya. Hal ini juga berlaku untuk potongan atas dan bawah kasau lembah ketika intersep pelat AB sama dengan jarak BC kasau biasa.

Garis pengukuran untuk panjang kasau pinggul dan lembah berada di sepanjang bagian tengah tepi belakang atau atas, seperti pada kasau biasa dan kasau dongkrak. Kenaikannya sama dengan kasau biasa, dan jarak kasau pinggul adalah jarak horizontal dari garis tegak lurus kenaikannya ke bagian luar pelat di kaki kasau pinggul (Gambar 12.28).



Gambar 12.28 Kasau pinggul dan kasau umum ditunjukkan pada bidang yang sama, mengilustrasikan penggunaan 12 untuk kasau umum dan 17 untuk kasau pinggul.

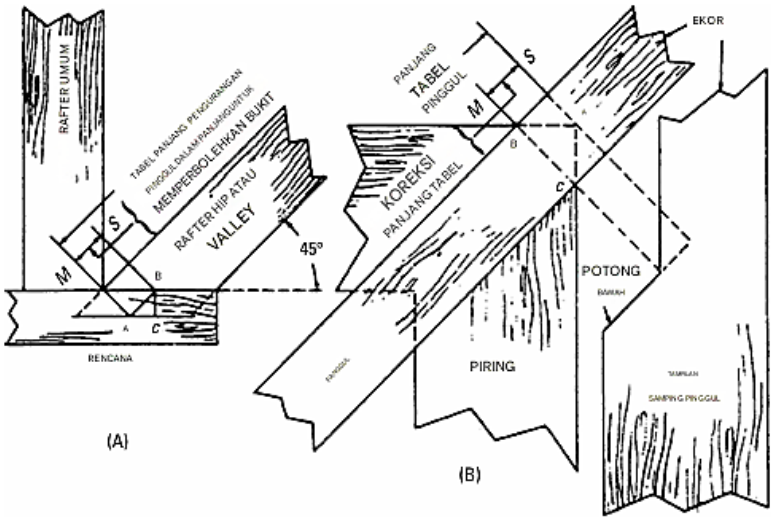
Dalam menerapkan sumber untuk potongan kasau pinggul atau lembah, gunakan jarak 17 pada badan persegi dengan cara yang sama seperti 12 digunakan untuk kasau biasa. Bila jarak pelat antara rangka pinggul dan rangka kasau umum sama dengan setengah bentang atau dengan lintasan rangka kasau umum, garis lintasan rangka pinggul akan berada pada sudut 45 derajat terhadap garis lintasan rangka kasau umum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.27.

Panjang rangka kasau pinggul, seperti yang diberikan dalam tabel rangka pada persegi, adalah jarak dari papan bubungan ke tepi luar pelat. Dalam praktiknya, kurangi setengah ketebalan papan bubungan dari panjang ini dan tambahkan untuk setiap tonjolan di luar pelat untuk atap. Gambar 12.29A menunjukkan koreksi untuk panjang meja rangka kasau pinggul agar dapat mengakomodasi papan bubungan, dan Gambar 12.29B menunjukkan koreksi pada ujung pelat. Gambar 12.30 menunjukkan koreksi pada ujung pelat rangka kasau lembah.

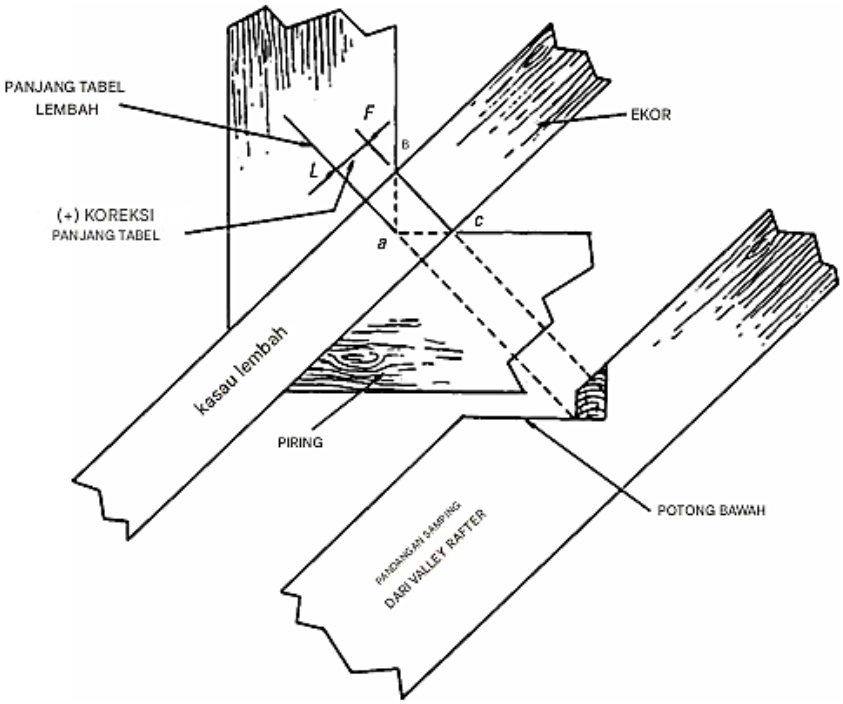
Panjang meja, seperti yang dibaca dari persegi, harus dikurangi dengan jumlah yang

sama dengan MS. Ini sama dengan hipotenusa (ab) dari segitiga kecil abc, yang sama dengan berikut ini:

$$\sqrt{ac^2 + bc^2} = \sqrt{ac^2 + (setengah\ ketebalan\ punggungan)^2}$$



Gambar 12.29 Koreksi panjang meja pinggul untuk memungkinkan setengah ketebalan papan punggungan.

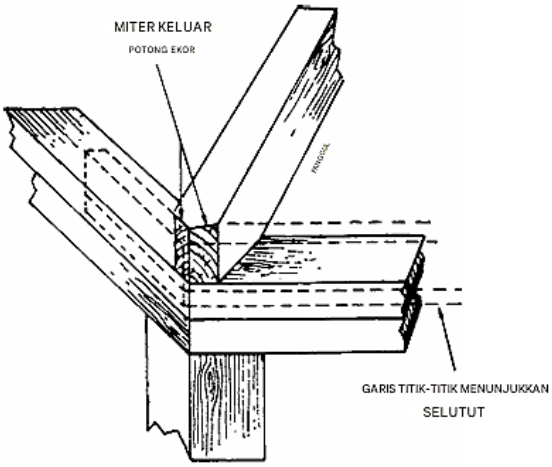


Gambar 12.30 Koreksi panjang meja kasau lembah untuk memperhitungkan setengah ketebalan bubungan. Koreksi ditambahkan, bukan dikurangi.

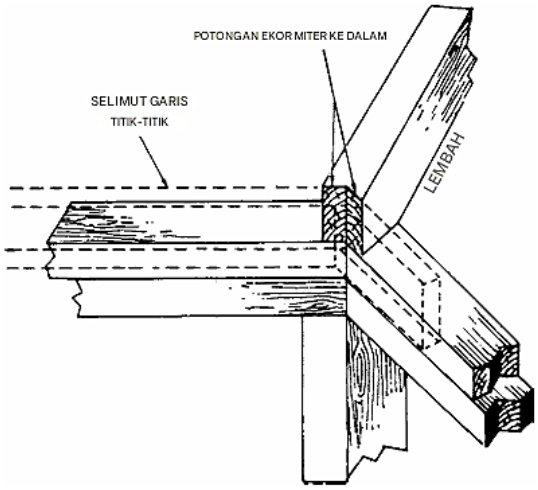
Dalam praktik umum, panjang MS diambil sama dengan setengah ketebalan bubungan. Denah dan tampak samping kasau pinggul menunjukkan panjang meja serta koreksi MS yang perlu dikurangkan dari panjang meja tersebut, agar sisi bawah kasau tepat memotong tepi luar pelat. Panjang meja kasau pinggul, sebagaimana terbaca pada persegi rangka, mencakup bentang dari bubungan hingga ke titik penutup luar (a) pada pelat. Namun, sisi miring kasau pinggul akan memotong pelat di titik b dan c. Proyeksi jarak dari titik a ke luar garis penghubung antara b dan c, atau MS, harus dikurangi dari panjang meja artinya, diukur mundur ke arah bubungan kasau pinggul.

Berbeda halnya dengan kasau lembah. Pada kasau jenis ini, koreksi panjang meja justru harus ditambahkan, bukan dikurangi seperti pada kasau pinggul. Gambar 12.29(B) memperlihatkan pengurangan jarak MS dari panjang meja kasau pinggul, sedangkan Gambar 12.30 menunjukkan penambahan jarak LF yang setara untuk kasau lembah.

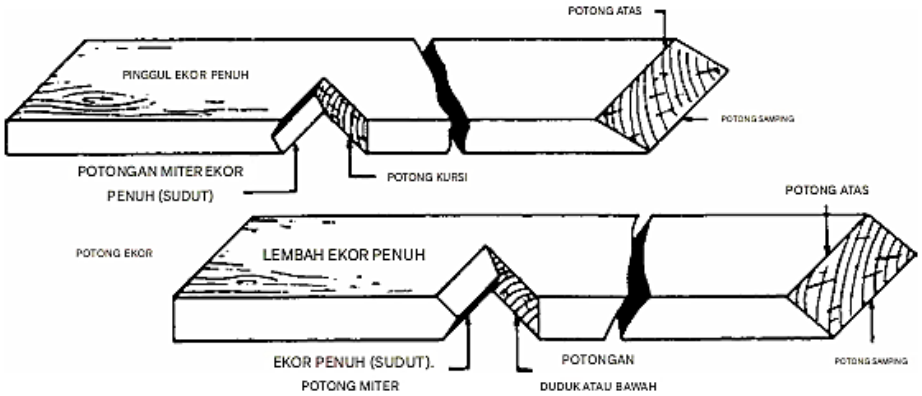
Setelah potongan tegak lurus dibuat, bagian ujung kasau perlu disambung: ke arah luar untuk membentuk pinggul (seperti terlihat pada Gambar 12.31), dan ke arah dalam untuk membentuk lembah (pada Gambar 12.32), guna menempatkan elemen fasia. Fasia sendiri adalah komponen vertikal sempit yang dipasang di ujung luar ekor kasau. Jenis sambungan lainnya ditampilkan pada Gambar 12.33, yang juga memperlihatkan berbagai bentuk potongan yang diterapkan pada kasau pinggul maupun kasau lembah.



Gambar 12.31 Potongan miter kasau pinggul rata.



Gambar 12.32 Potongan mitra lembah rata.



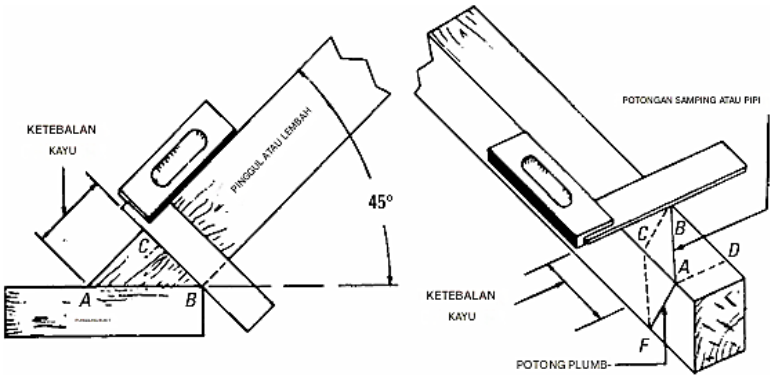
Gambar 12.33 Kasau ekor rata dengan pinggul dan lembah yang memperlihatkan semua potongan.

Potongan Samping Kasau Pinggul dan Lembah

Kasau ini memiliki potongan samping atau pipi di ujung bubungan. Jika tidak ada rangka persegi, metode sederhana untuk menata potongan samping untuk kasau pinggul atau lembah 45 derajat adalah sebagai berikut.

Ukur kembali tepi kasau dari titik A potongan atas, seperti yang ditunjukkan di sebelah kiri pada Gambar 12.34. Jarak AC sama dengan ketebalan kasau. Persegi di seberang C ke B pada tepi yang berlawanan, dan buat garis AB, yang memberikan potongan samping. Di sebelah kanan pada Gambar 12.34, FA adalah potongan atas, dan AB adalah potongan samping. Potongan tegak lurus dan samping harus dibuat pada saat yang sama dengan menggergaji sepanjang garis FA dan AB untuk menghemat tenaga kerja tambahan.

Aturan untuk menata potongan samping pinggul ini tidak berlaku untuk sudut selain 45 derajat.



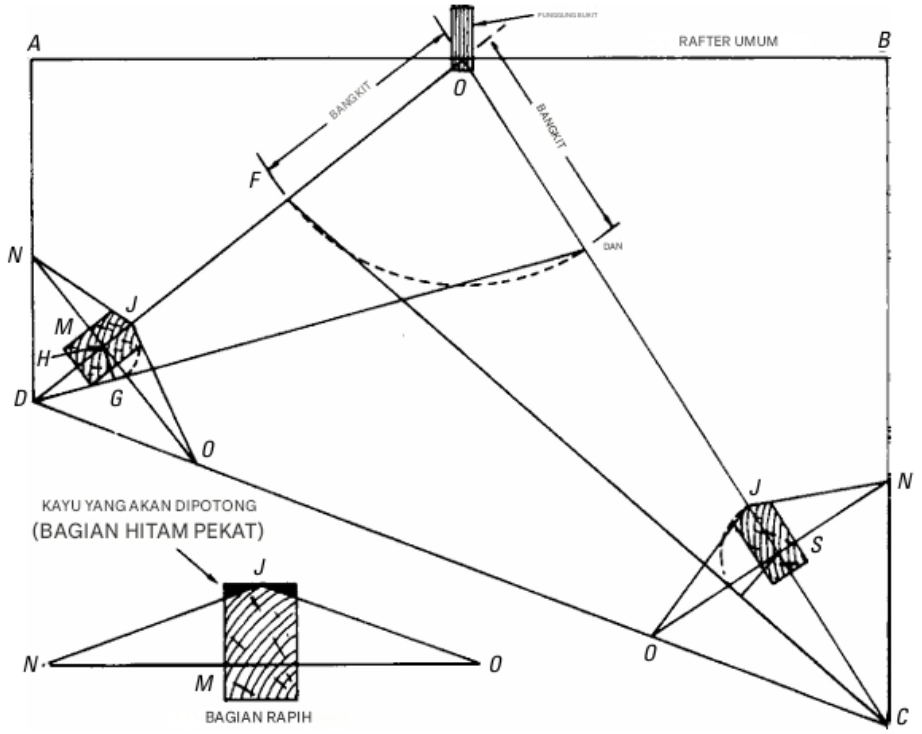
Gambar 12.34 Metode untuk memperoleh potongan samping kasau pinggul atau lembah 45 derajat tanpa bantuan persegi rangka.

Penyangga Kasau Pinggul

Secara definisi, penyangga pada kasau pinggul adalah kemiringan (bevel) pada sisi atas kasau yang memungkinkan papan atap terpasang rapat dengan bagian atas kasau, tanpa menyisakan celah berbentuk segitiga antara kasau dan bagian belakang penutup atap. Tinggi

kasau pinggul, diukur secara vertikal dari sudut luar pelat hingga ke permukaan luar bagian atas kasau, akan sama dengan tinggi kasau biasa jika diukur dari titik acuan yang sama, baik kasau pinggul tersebut diberi penyangga maupun tidak. Namun, hal ini tidak berlaku pada kasau lembah yang tidak disangga, terutama saat pengukuran dilakukan di bagian tengah kayu.

Gambar 12.35 menggambarkan metode grafis untuk menentukan kemiringan penyangga pada kasau pinggul. Misalkan AB adalah bentang bangunan, dan OD serta OC merupakan denah dua buah kasau pinggul yang tidak sama panjang. Letakkan tanjakan sesuai arah yang ditunjukkan. Dengan demikian, DE dan CF merupakan panjang aktual dari kedua kasau pinggul tersebut. Pilih sembarang titik, misalnya titik G pada DE, lalu tarik garis tegak lurus dari titik G ke garis DF hingga memotong di titik H. Dari titik H, ukur panjang GH dan pindahkan panjang tersebut ke arah sejajar, membentuk garis HJ. Selanjutnya, tarik garis NO tegak lurus terhadap OD dan melalui titik H. Hubungkan titik J ke N dan O; sudut kemiringan yang terbentuk, yaitu sudut NJO, merupakan sudut penyangga untuk kasau DE. Dengan cara yang sama, sudut kemiringan untuk kasau CF dapat ditentukan menggunakan prinsip yang sama.



Gambar 12.35 Metode grafis untuk menemukan panjang kasau dan penyangga kasau pinggul.

Kasau Jack

Sebagaimana diuraikan dalam klasifikasi, ada beberapa jenis kasau jack yang dibedakan berdasarkan hubungannya dengan kasau atap lainnya. Berbagai kasau jack ini dikenal sebagai berikut:

- Kasa hip

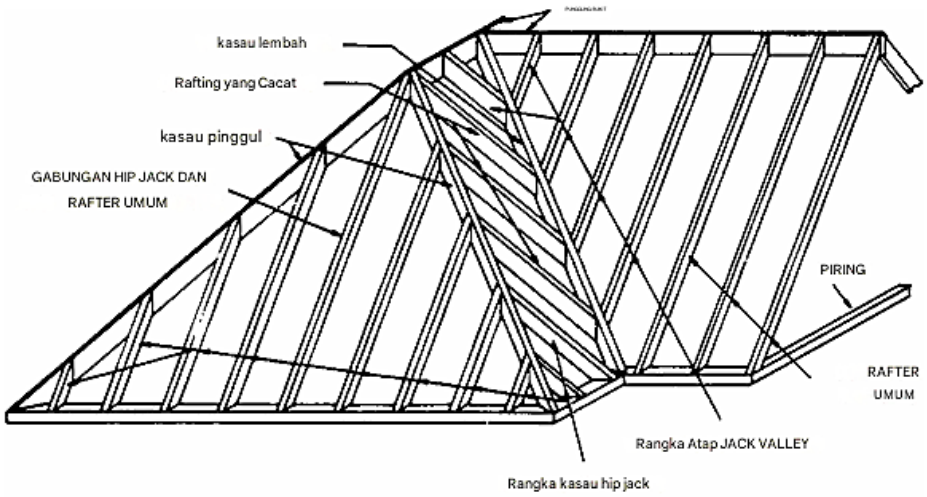
- Kasa valley
- Kasa cripple

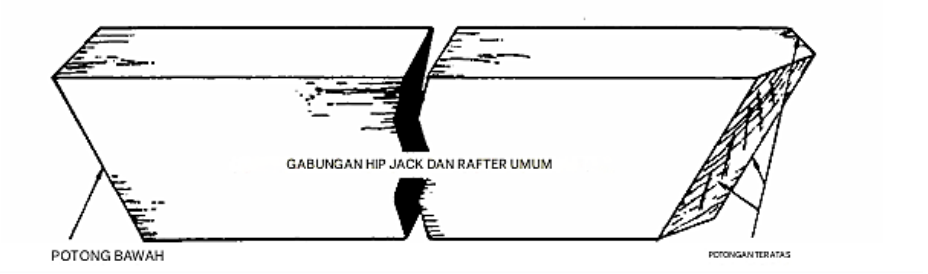
Perbedaan ketiga jenis kasau jack (lihat Gambar 12.36) dapat dijelaskan sebagai berikut. Kasau yang terletak di antara kasau pinggul dan balok pelat disebut sebagai kasau hip. Sementara itu, kasau valley merupakan kasau yang dipasang antara punggungan atap dan kasau lembah. Adapun kasau cripple merujuk pada kasau yang berada di antara kasau pinggul dan kasau lembah.

Istilah cripple digunakan karena ujung bawah kasau ini terpotong, sehingga tidak memanjang secara penuh dari punggungan hingga ke pelat. Dalam praktiknya, valley jack kadang disalahartikan sebagai cripple, padahal secara teknis merupakan kasau semicripple. Untuk menghindari kebingungan terminologi, istilah cripple secara konsisten digunakan untuk menyebut kasau yang ditempatkan antara kasau pinggul dan kasau lembah, sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya.

Secara prinsip, kasau jack merupakan variasi dari kasau umum yang panjangnya tidak utuh karena terpotong oleh pertemuan kasau pinggul, kasau lembah, atau keduanya, sehingga tidak menjangkau sepenuhnya dari balok pelat hingga punggungan atap. Panjang kasau jack ditentukan dengan metode yang sama seperti kasau umum, yaitu dengan menggunakan angka 12 pada salah satu sisi persegi, dan nilai kenaikan dalam inci per kaki pada sisi lainnya. Hasil perhitungan ini memberikan panjang kasau jack per kaki horizontal, dan metode ini berlaku untuk semua jenis kasau jack—baik kasau pinggul, lembah, maupun cripple.

Dalam praktik pertukangan, tukang kayu umumnya mengukur panjang kasau jack pinggul atau lembah dari titik panjang ke pelat atau punggungan, bukan mengikuti garis tengah bagian atas kasau. Pengukuran ini dilakukan tanpa mengurangi setengah ketebalan kasau pinggul atau lembah yang bersinggungan. Untuk kasau cripple, pengukuran dilakukan dari titik panjang ke titik panjang, juga tanpa pengurangan terhadap ketebalan kasau pinggul atau lembah.





Gambar 12.36 Tampilan perspektif atap pinggul dan lembah yang memperlihatkan berbagai kasau jack, dan detail yang diperbesar dari gabungan kasau pinggul dan kasau biasa yang memperlihatkan potongan.

Karena tidak ada dua dongkrak yang memiliki panjang yang sama, berbagai metode prosedur digunakan dalam pembuatan rangka, sebagai berikut:

- Dimulai dengan dongkrak terpendek
- Dimulai dengan dongkrak terpanjang
- Menggunakan meja pembuatan rangka

Metode Jack Terpendek

Langkah pertama adalah menentukan panjang jack kasau yang paling pendek. Ukur jaraknya dari sudut bangunan pada pelat, yang pada kasus kasau pinggul dengan sudut 45 derajat, nilainya sama dengan jarak antar jack. Panjang jack pertama ini akan menjadi selisih tetap *(common difference)* yang digunakan untuk menambahkan panjang pada masing-masing jack berikutnya guna memperoleh panjang jack yang lebih panjang secara bertahap.

Metode Jack Terpanjang

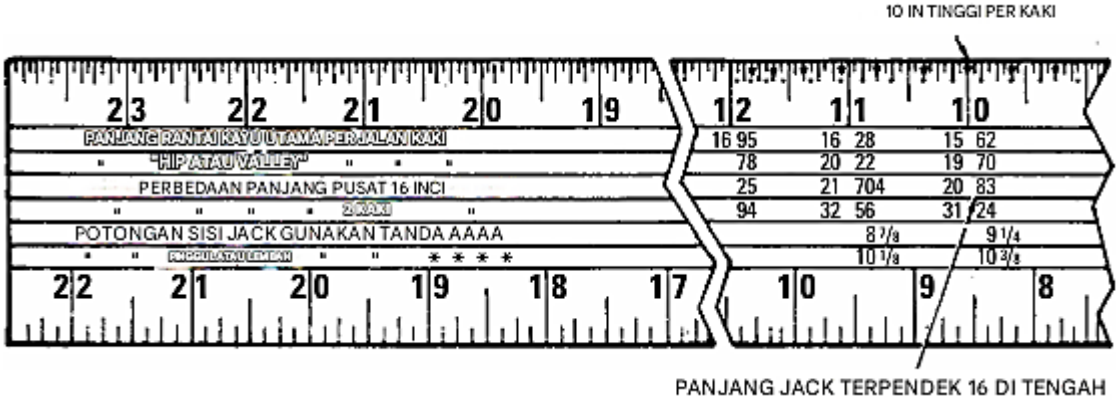
Apabila jack terpanjang memiliki panjang yang sama dengan kasau penuh (kasau biasa), langkah pertama adalah menentukan panjang jack tersebut. Selanjutnya, hitung jumlah jarak antar jack, lalu bagi panjang jack terpanjang dengan jumlah jarak tersebut. Hasil pembagian ini akan menjadi selisih tetap *(common difference)* yang digunakan sebagai dasar pengurangan panjang. Setelah jack terpanjang dibentuk, setiap jack berikutnya dibuat lebih pendek dari yang sebelumnya dengan mengurangkan selisih tetap ini secara berurutan.

Metode Tabel Pembingkaian

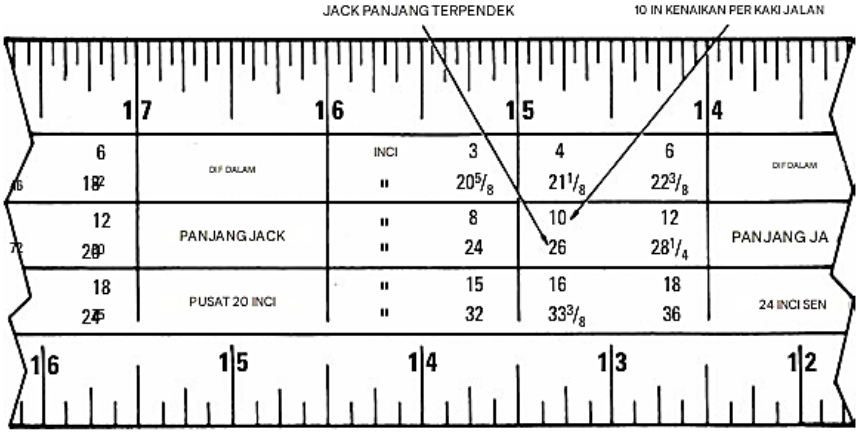
Pada sejumlah kotak baja tersedia tabel yang mencantumkan panjang jack kasau terpendek untuk berbagai jarak antar pusat, seperti 16, 20, dan 24 inci, sesuai dengan beragam kemiringan. Panjang jack terpendek ini sekaligus berfungsi sebagai selisih tetap *(common difference)*, yang dapat digunakan untuk menghitung panjang seluruh kasau jack lainnya.

Contoh

Temukan panjang dongkrak terpendek atau selisih umum panjang kasau dongkrak, di mana kenaikan atap adalah 10 inci per kaki dan kasau dongkrak diberi jarak 16 inci antara pusat dan 20 inci antara pusat. Gambar 12.37 menunjukkan pembacaan tabel dongkrak pada satu kotak untuk pusat 16 inci, dan Gambar 12.38 menunjukkan pembacaan pada kotak lain untuk pusat 20 inci.



Gambar 12.37 Kotak yang menunjukkan tabel untuk kasau dongkrak terpendek pada jarak 16 inci.



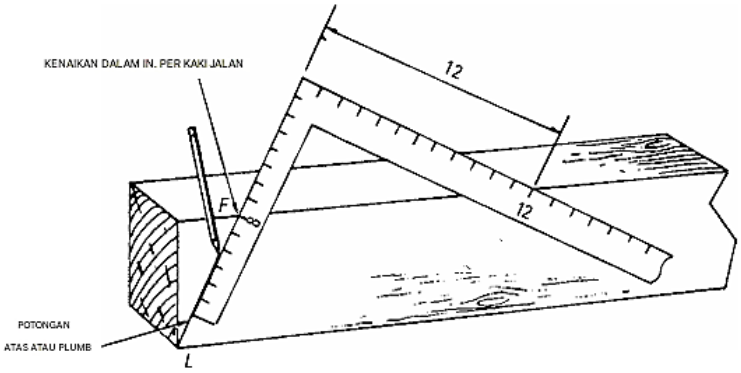
Gambar 12.38 Kotak yang menunjukkan tabel untuk kasau jack terpendek pada 20 inci oc.

Potongan Kasau Jack

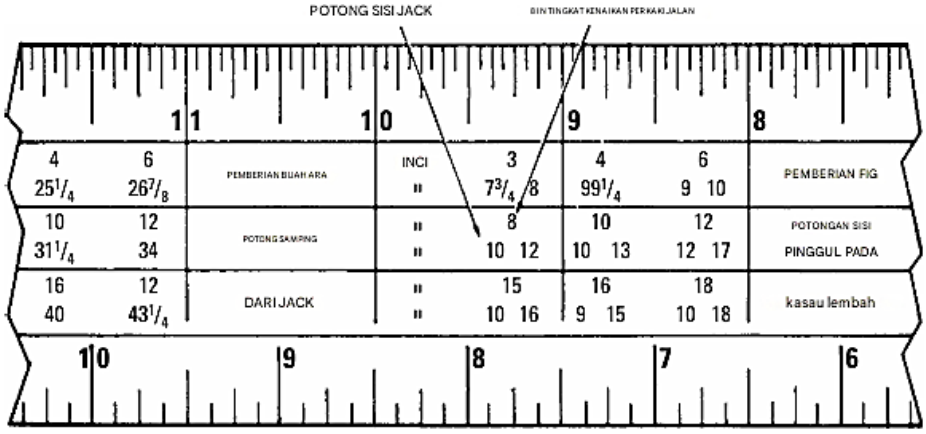
Kasau jack memiliki potongan atas dan bawah yang ditata sama seperti untuk kasau biasa dan potongan samping yang ditata sama seperti untuk kasau pinggul. Untuk menata bagian atas atau potongan tegak lurus dengan kotak, ambil 12 pada badan dan kenaikan dalam inci (dari kasau biasa) per kaki pada lidah, dan tandai di sepanjang lidah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.39. Contoh berikut mengilustrasikan penggunaan kotak rangka dalam menemukan potongan samping.

Contoh

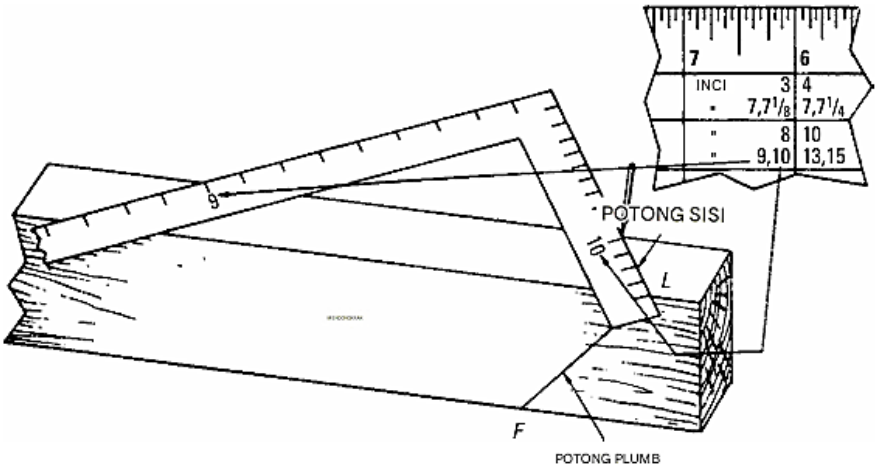
Temukan potongan samping kasau jack yang dibingkai pada pinggul atau lembah 45 derajat untuk kenaikan 8 inci per kaki. Gambar 12.40 menunjukkan pembacaan pada tabel potongan samping jack dari kotak rangka, dan Gambar 12.41 menunjukkan metode menempatkan kotak pada kayu untuk mendapatkan potongan samping. Perlu dicatat bahwa pembuat kotak yang berbeda menggunakan nomor pengaturan yang berbeda, tetapi rasionya selalu sama.



Gambar 12.39 Metode untuk mencari potongan tegak lurus dan samping dari rangka dongkrak yang dibentuk pada pinggul atau lembah 45 derajat.



Gambar 12.40 Kotak bingkai yang menunjukkan hasil pembacaan untuk potongan samping dongkrak yang sesuai dengan kenaikan 8 inci per lari kaki.



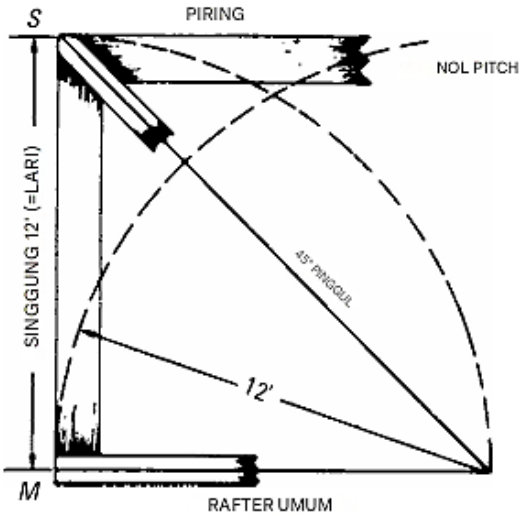
Gambar 12.41 Metode penempatan rangka persegi pada dongkrak untuk meletakkan potongan samping untuk kenaikan 8 inci.

Metode Garis Singgung

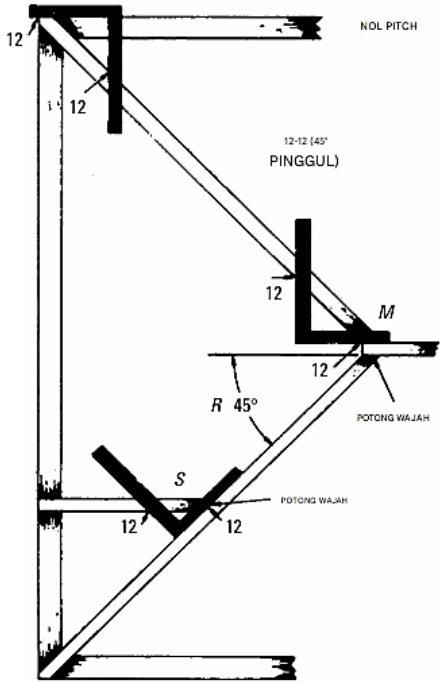
Nilai garis singgung digunakan untuk menentukan potongan samping kasau dongkrak,

kasau pinggul, atau kasau lembah. Dengan mengambil lingkaran dengan radius 12 inci, nilai garis singgung dapat diperoleh dalam hal konstanta lari kasau umum.

Mempertimbangkan kasau dengan kemiringan nol (Gambar 12.42), jika kasau umum panjangnya 12 kaki, garis singgung MS dari pinggul 45 derajat memiliki panjang yang sama. Menempatkan persegi pada pinggul, menyetel ke 12 pada lidah dan 12 pada badan akan memberikan potongan samping pada punggungan saat tidak ada kemiringan (pada M), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.43. Menempatkan persegi pada dongkrak dengan nomor pengaturan yang sama (12, 12) seperti pada S akan memberikan potongan muka untuk dongkrak ketika dibingkai pada pinggul 45 derajat dengan kemiringan nol, yakni, ketika semua kayu terletak pada bidang yang sama.



Gambar 12.42 Atap dengan kemiringan nol yang menunjukkan kasau dan garis singgung yang sama panjangnya.



Gambar 12.43 Atap bernada nol, Atap berpinggul 45 derajat yang menunjukkan aplikasi rangka persegi untuk memberikan potongan samping di punggung.

Kasau Segi Delapan

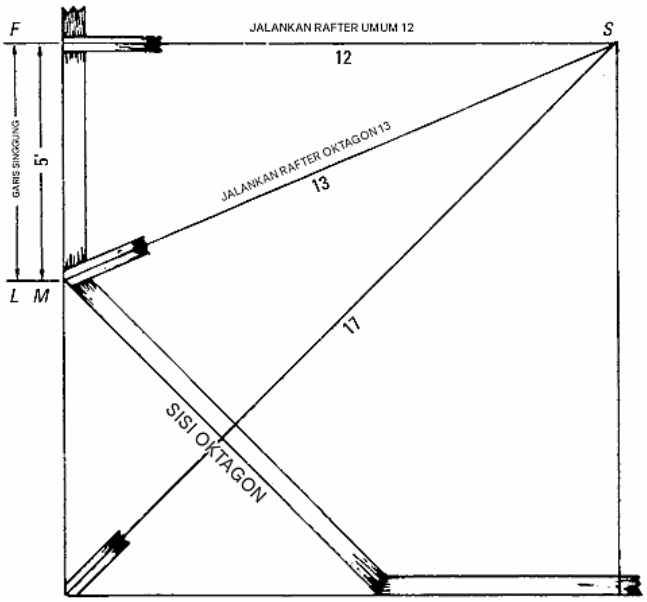
Pada struktur atap segi delapan, kasau yang menghubungkan antar-sudut disebut kasau segi delapan. Kasau jenis ini memiliki panjang yang sedikit lebih besar dibandingkan kasau biasa, namun lebih pendek daripada kasau pinggul atau kasau lembah pada bangunan berbentuk persegi dengan bentang yang sama. Perbandingan antara rangka kasau segi delapan dan kasau biasa ditunjukkan dalam Gambar 12.44, yakni 13 banding 12. Artinya, untuk setiap kaki lari kasau biasa sepanjang 12 inci, kasau segi delapan akan memiliki panjang rangka 13 inci.

Untuk membuat potongan atas maupun bawah kasau segi delapan, tempatkan persegi

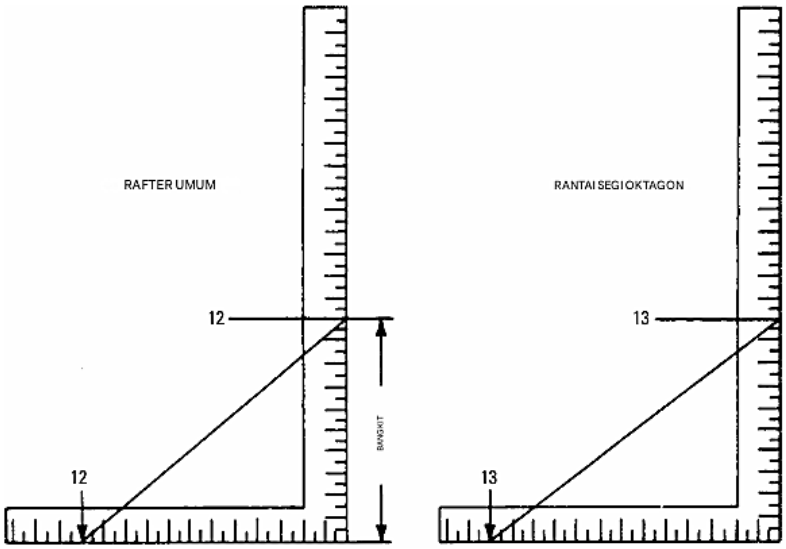
rangka pada kayu dengan angka 13 pada lidah persegi dan tinggi kasau biasa per kaki lari pada badan persegi, sebagaimana diperlihatkan secara grafis dalam Gambar 12.45. Metode penandaan potongan dengan pengaturan tinggi 13 ini juga dijelaskan dalam Gambar 12.46.

Panjang kasau segi delapan dapat dihitung dengan menskalakan panjang diagonal persegi menggunakan angka 13 pada lidah, serta menggunakan nilai kenaikan (rise) per kaki lari dari kasau biasa. Nilai tersebut kemudian dikalikan dengan jumlah kaki lari dari kasau biasa untuk mendapatkan panjang total kasau segi delapan.

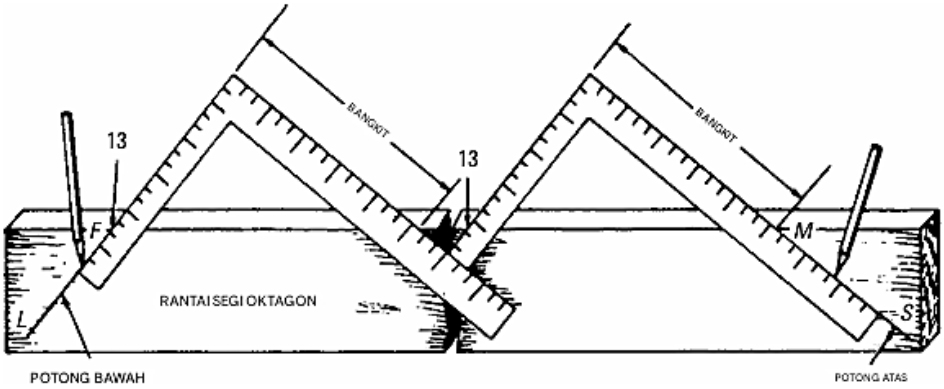
Prinsip yang digunakan dalam menentukan sudut penyangga untuk kasau segi delapan (maupun kasau dari bentuk poligon lainnya) sama seperti pada kasau pinggul. Sudut penyangga ini dihitung menggunakan nilai tangen dari sudut yang terbentuk, di mana sisi yang berdekatan setara dengan setengah ketebalan kasau, dan besar sudutnya adalah setengah dari sudut pusat poligon.



Gambar 12.44 Detail atap segi delapan yang menunjukkan hubungan panjang antara kasau biasa dan kasau segi delapan.



Gambar 12.45 Diagram yang menunjukkan bahwa untuk kenaikan yang sama, jarak kasau segi delapan adalah 13 inci hingga 12 inci untuk kasau umum.



Gambar 12.46 Metode pemasangan potongan bawah dan atas kasau segi delapan dengan bentuk persegi menggunakan pengaturan kenaikan 13.

12.4 RANGKA ATAP PRACETAK

Penghematan yang pasti dalam kebutuhan material dan tenaga kerja dengan menggunakan rangka atap kayu yang telah dirakit sebelumnya menjadikan rangka rangka sebagai cara yang efektif untuk mengurangi biaya dalam konstruksi hunian kecil. Misalnya, pada hunian berukuran 26 kaki dan 32 kaki, penggunaan rangka atap dapat menghasilkan penghematan biaya yang substansial dan pengurangan penggunaan kayu hampir 30 persen dibandingkan dengan konstruksi kasau dan balok konvensional. Selain penghematan biaya, rangka atap menawarkan keuntungan lain berupa peningkatan fleksibilitas untuk perencanaan interior dan kecepatan serta efisiensi tambahan dalam prosedur pemasangan di lokasi. Saat ini, sekitar 70 persen dari semua rumah yang dibangun di Amerika Serikat menggunakan rangka atap.

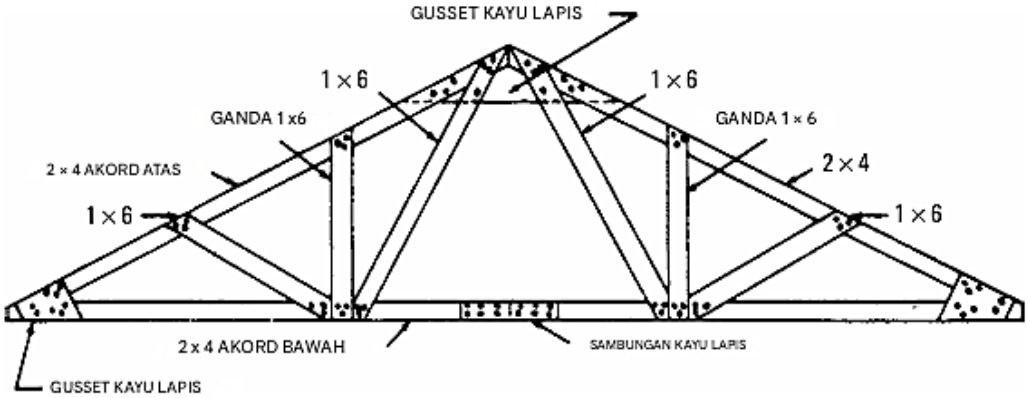
Selama bertahun-tahun, rangka atap banyak digunakan dalam bangunan komersial dan

industri, dan sangat umum dalam konstruksi jembatan. Dalam kasus bangunan hunian kecil, konstruksi rangka atap butuh waktu lama untuk berkembang, terutama karena bangunan rumah kecil belum memiliki manfaat dari perincian yang cermat dan desain rekayasa yang memungkinkan penggunaan material yang paling efisien. Selama beberapa tahun terakhir, rangka atap telah dieksplorasi dan dikembangkan untuk rumah-rumah kecil. Salah satu hasil dari upaya ini adalah pengembangan rangka atap dari kayu ringan yang memungkinkan penghematan substansial dalam hal kayu.

Kayu rangka atap tidak hanya dapat lebih kecil dimensinya daripada rangka atap konvensional, tetapi rangka atap juga dapat diberi jarak 24 inci oc dibandingkan dengan jarak 16 inci yang biasa digunakan untuk konstruksi kasau dan balok. Berikut ini menunjukkan persentase penghematan pada rumah berukuran 26 kaki 32 kaki yang menggunakan rangka atap 24 inci oc:

- Persyaratan Kayu untuk Rangka Atap—Dibutuhkan 28.4 persen lebih sedikit daripada rangka atap konvensional dengan jarak 16 inci.
- Persyaratan Tenaga Kerja untuk Rangka Atap—Dibutuhkan 36.8 persen lebih sedikit jam daripada rangka atap konvensional dengan jarak 16 inci.
- Total Biaya Rangka Atap—Dibutuhkan biaya 29.1 persen lebih rendah daripada rangka konvensional dengan jarak 16 inci.

Rangka atap terdiri dari kayu 2 × 4 pada tali atas dan bawah, penyangga 1 × 6, dan balok ganda 1 × 6 untuk penyangga, dengan sambungan dan sambungan kayu lapis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.47. Rentang konstruksi rangka atap yang jelas memungkinkan penggunaan partisi tanpa bantalan sehingga pelat atas tambahan yang diperlukan untuk partisi bantalan yang digunakan dengan rangka konvensional dapat dihilangkan. Hal ini juga memungkinkan penggunaan gelagar lantai yang lebih kecil untuk konstruksi lantai karena lantai tidak harus menopang partisi bantalan dan membantu menahan beban atap.



Gambar 12.47 Rangka atap kayu untuk rumah tinggal kecil.

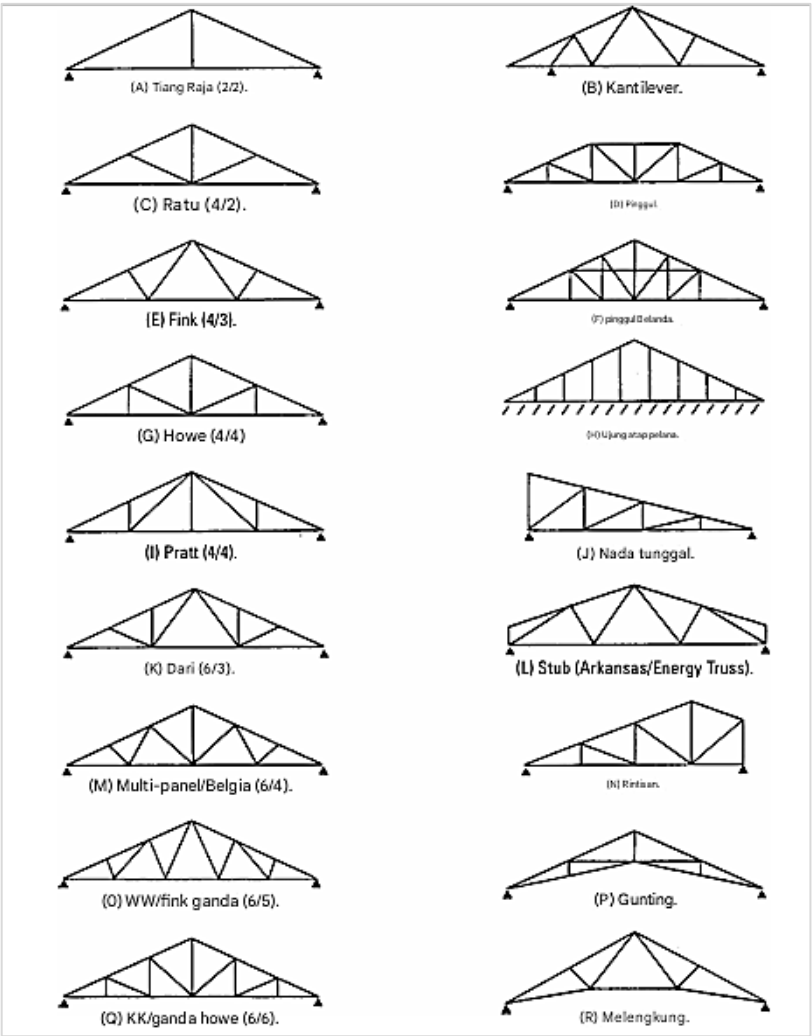
Selain manfaat langsung berupa pengurangan biaya dan penghematan dalam kebutuhan material dan tenaga kerja, rangka atap menawarkan keuntungan khusus dalam membantu mempercepat pemasangan di lokasi dan mengatasi keterlambatan yang

disebabkan oleh kondisi cuaca. Keuntungan ini tercermin tidak hanya dalam metode konstruksi yang lebih baik, tetapi juga dalam pengurangan biaya lebih lanjut. Dengan rangka yang telah dirakit sebelumnya, atap dapat dipasang di atas pekerjaan dengan cepat untuk memberikan perlindungan terhadap cuaca.

Uji laboratorium dan pengalaman lapangan menunjukkan bahwa rangka atap yang dirancang dengan benar benar-benar dapat diterima untuk konstruksi rumah tinggal. Jenis rangka yang ditunjukkan pada Gambar 12.47 cocok untuk atap berat dan pelapis langit-langit plester. Dalam merakit rangka kayu, perhatian khusus harus diberikan untuk mencapai pemakuan yang memadai, karena kekuatan rangka sebagian besar bergantung pada kekencangan sambungan antara anggota. Perhatian juga harus diberikan dalam memilih bahan untuk rangka atap.

Kayu yang nilai tegangannya sama dengan kayu pinus selatan berdaun pendek No. 2 dimensi cocok; kualitas yang lebih rendah tidak direkomendasikan. Rangka atap dapat dirakit dengan paku dan pengencang lainnya, tetapi rangka yang dibuat oleh perusahaan seperti Teco berfungsi dengan sangat baik.

Gambar 12.48 menunjukkan beberapa konfigurasi rangka tambahan.



Gambar 12.48 Konfigurasi rangka tambahan.

Ringkasan

Atap gudang atau atap miring adalah bentuk atap yang paling sederhana. Atap ini digunakan untuk gudang kecil dan bangunan luar. Atap gigi gergaji digunakan di pabrik untuk penerangan dan ventilasi. Atap pelana atau atap pelana dapat digunakan di semua bangunan. Atap gambrel digunakan di lumbung. Atap pinggul digunakan di semua bangunan. Atap piramida tidak sering digunakan. Atap mansard adalah impor Prancis. Atap ini juga memiliki variasi yang dikenal sebagai mansard cekung.

Rangka sebagian besar atap terbuat dari kayu yang disebut kasau. Ini miring ke atas secara berpasangan, ujung bawahnya bertumpu pada pelat atas, dan ujung atasnya diikat bersama dengan papan bubungan. Ada sekitar empat jenis konstruksi atap yang paling umum digunakan: atap pelana, atap miring atau atap pelana, atap pinggul, dan atap pelana dan lembah.

Penataan kasau memanfaatkan kotak baja tukang kayu dengan baik. Ada kasau pinggul, kasau biasa, kasau jack, kasau lembah, dan kasau bengkok yang digunakan untuk membuat berbagai struktur atap.

Uji laboratorium dan pengalaman lapangan menunjukkan bahwa rangka atap yang dirancang dengan benar pasti dapat diterima untuk konstruksi tempat tinggal.

Latihan Soal

1. Apa bentuk atap yang paling sederhana?
2. Buat sketsa ilustrasi atap pinggul dan lembah.
3. Jelaskan bentuk atap Ogee.
4. Apa arti istilah unit run?
5. Apa potongan atap?
6. Apa fungsi kasau?
7. Jelaskan kasau jack pinggul.
8. Alat apa yang digunakan tukang kayu untuk mendesain kasau?
9. Apa tujuan tabel koreksi pada kotak baja?
10. Di mana dan mengapa rangka atap prefabrikasi digunakan?

BAB 13
ATAP

Atap meliputi penutup atap (lapisan atas, yang melindungi dari hujan, salju, dan angin) atau atap, selubung tempat atap diikat, dan rangka (kasau) yang menyangga komponen lainnya.

Karena terpapar, atap biasanya memiliki masa pakai yang terbatas. Atap dibuat agar mudah diganti. Atap dapat dibuat dari berbagai bahan yang sangat beragam, di antaranya adalah sebagai berikut:

- Kayu—Biasanya berupa sirap (seragam, dipotong dengan mesin) atau sirap yang dipotong dengan tangan. Atap dapat ditemukan di banyak daerah di negara ini (Gambar 13.1).

Gambar 13.1 Atap sirap kayu.

- Logam atau aluminium—Meniru jenis atap lainnya.
- Batu tulis—Ini dapat berupa produk alami atau lempengan kaku buatan pabrik, sering kali berupa asbes semen, meskipun bahan ini mulai menurun sejak kontroversi mengenai asbes.
- Genteng (Gambar 13.2)—Ini adalah produk tanah liat atau serpih yang dibakar, tersedia dalam beberapa jenis standar.

Gambar 13.2 Atap genteng. Atap ini populer di negara bagian barat daya.

- Lapisan aspal atau aspal yang diresapi ter yang sudah dibentuk, dengan lapisan aspal atau tar panas—Ini ditempatkan di antara lapisan dan lapisan aspal atau tar secara keseluruhan. Atap yang diresapi ter biasanya memiliki bagian atas yang ditutupi dengan kerikil tertanam atau terak yang dihancurkan.
- Atap gulung—yang, seperti namanya, dipasarkan dalam gulungan yang berisi sekitar 108 ft^2. Setiap gulungan biasanya lebarnya 36 inci dan bisa polos atau memiliki lapisan butiran mineral berwarna. Basisnya adalah aspal tebal yang diresapi aspal.
- Sirap aspal (Gambar 13.3)—Ini biasanya dalam bentuk strip dengan dua, tiga, atau empat tab per unit. Sirap ini adalah aspal dengan permukaan yang terkena cuaca yang dilapisi dengan butiran mineral. Karena ketahanannya terhadap api, biaya, dan daya tahannya, sirap aspal merupakan material atap yang paling populer untuk rumah. Sirap aspal tersedia dalam berbagai warna, termasuk hitam dan putih.
- Sirap serat kaca—Sirap ini sebagian terbuat dari tikar serat kaca (yang kedap air) dan sebagian lagi dari aspal. Seperti sirap aspal, sirap serat kaca dilengkapi tab penyegel sendiri dan memiliki garansi ketahanan api Kelas A. Bagi yang ingin membuatnya sendiri, sirap ini mungkin menarik karena ringan, sekitar 220 pon per persegi (100 kaki persegi atap).

Gambar 13.3 Sirap aspal ini memiliki tampilan tiga dimensi. Sirap aspal adalah yang paling populer.

13.1 KEMIRINGAN ATAP

Kemiringan atap sering kali menjadi faktor dalam pemilihan bahan atap dan metode yang digunakan untuk memasangnya. Semakin rendah kemiringan atap, semakin besar kemungkinan angin masuk ke bawah sirap dan merobeknya. Sirap cedar yang saling mengunci menahan hentakan angin ini lebih baik daripada sirap aspal standar. Untuk atap dengan kemiringan kurang dari 4 inci per kaki, jangan gunakan aspal standar. Hingga 2 inci, gunakan aspal yang dapat menutup sendiri. Atap gulung dapat digunakan dengan kemiringan hingga 2 inci saat disambung 2 inci. Untuk kemiringan yang sangat rendah, produsen sirap aspal merekomendasikan agar atap direncanakan untuk beberapa jenis penutup lainnya.

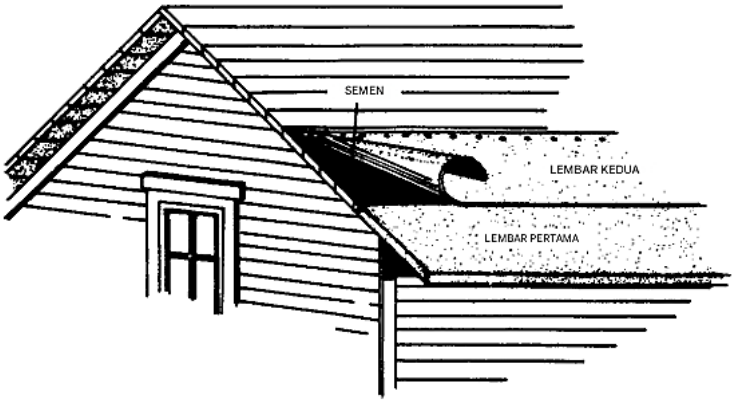
Atap strip aluminium pada dasarnya menghilangkan masalah hentakan angin, tetapi strip ini berisik. Sebagian besar pemilik rumah keberatan dengan kebisingan saat hujan badai. Bahkan di teras, kebisingan tersebut sering kali mengganggu orang-orang di dalam rumah. Papan atap yang diberi jarak terkadang digunakan dengan sirap kayu cedar. Hal ini biasanya dilakukan sebagai langkah penghematan dan karena sirap kayu cedar menambah kekuatan atap secara signifikan. Namun, papan atap yang diberi jarak mengurangi kualitas isolasi, dan disarankan untuk menggunakan atap yang dilapisi rapat di bawah sirap jika kebutuhan akan isolasi lebih penting daripada kebutuhan akan penghematan.

Untuk drainase, sebagian besar atap harus memiliki kemiringan tertentu. Atap yang ditutupi dengan lapisan tar dan kerikil secara teoritis cukup baik jika dibangun dengan permukaan datar, tetapi genangan air pada akhirnya dapat membahayakan. Jika Anda dapat menghindari atap datar, lakukanlah. Atap yang datar mengalirkan air dengan sangat lambat; talang air dan pipa pembuangan yang sedikit lebih kecil digunakan pada atap ini. Atap ini cukup umum digunakan pada bangunan industri dan komersial.

13.2 ATAP ROLL

Atap gulung (Gambar 13.4) merupakan penutup ekonomis yang sangat cocok untuk atap dengan kemiringan rendah. Atap ini terkadang juga digunakan untuk pemasangan atap lembah sebagai pengganti logam. Atap ini memiliki dasar berupa kain felt tebal yang diresapi aspal dengan lapisan aspal tambahan yang ditaburi untuk mencegah adhesi pada gulungan. Permukaan cuaca dapat polos atau ditutupi dengan butiran mineral halus. Tersedia berbagai warna.

Satu sisi lembaran dibiarkan polos (tanpa butiran) di mana semen tumpang tindih diaplikasikan. Untuk hasil terbaik, selubung harus rapat, sebaiknya 1 × 6 tongue-and-groove, atau tripleks. Jika selubungnya halus (tanpa papan cekung atau tonjolan lainnya), atap gulung dengan permukaan batu tulis akan menahan sejumlah abrasi yang mengejutkan dari lalu lintas pejalan kaki, meskipun umumnya tidak direkomendasikan untuk tujuan tersebut. Badai angin adalah musuh bebuyutan atap gulung. Jika angin masuk ke bawah tepi yang longgar, hampir dapat dipastikan satu bagian akan tertiup angin.

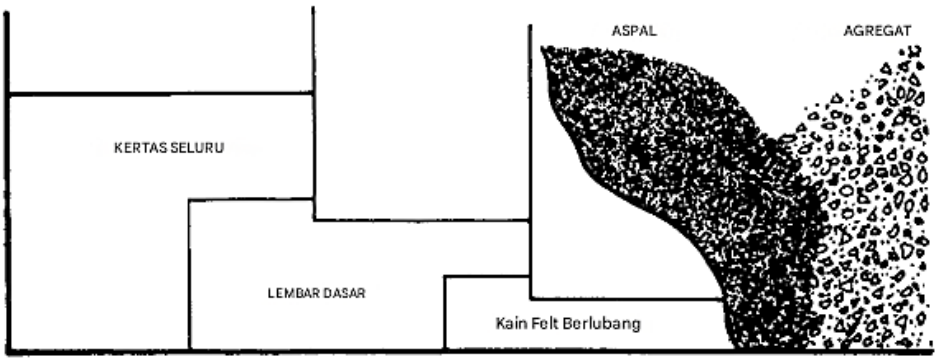


Gambar 13.4 Metode penyemenan dan pelapisan strip pertama dan kedua atap gulung.

13.3 ATAP BANGUNAN (BUR)

Atap yang dibangun dibangun dari kertas pelapis, lembaran dasar yang direkatkan, kain felt berlubang, aspal, dan agregat permukaan (Gambar 13.5). Kertas pelapis tersedia dalam gulungan selebar 36 inci dan memiliki luas sekitar 432 ft^2 per gulungan. Kertas ini berukuran seperti damar dan digunakan untuk mencegah kebocoran aspal ke dek kayu. Lembaran dasar adalah kain felt tebal yang jenuh aspal yang diletakkan di atas kertas pelapis. Tersedia dalam ukuran 1, $1^1/_2$, dan 2 kotak per gulungan.

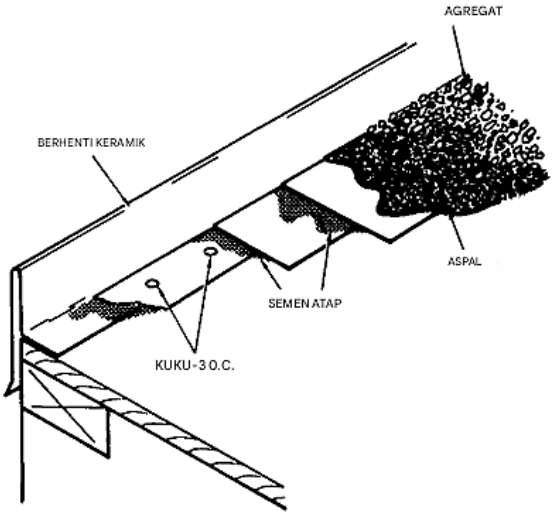
Kain felt berlubang merupakan salah satu bagian utama dari atap yang dibangun. Kain felt jenuh dengan aspal dan memiliki lubang-lubang kecil di seluruh lembaran. Lubang-lubang tersebut mencegah terperangkapnya udara di antara lapisan kain felt. Kain felt berlubang memiliki lebar 36 inci dan berat sekitar 15 pon per kotak. Aspal juga merupakan salah satu bahan dasar atap yang dibangun. Ada banyak mutu aspal yang berbeda, tetapi yang paling umum adalah aspal dengan titik leleh rendah, aspal dengan titik leleh sedang, aspal dengan titik leleh tinggi, dan aspal dengan titik leleh ekstra tinggi.



Gambar 13.5 Denah penampang atap yang dibangun.

Sebelum memasang atap yang dibangun, dek harus diperiksa kekokohan atapnya. Dek papan kayu harus dibuat dari kayu lapis atau tripleks berukuran $^3/_4$ inci. Lubang simpul yang lebih besar dari satu inci harus ditutup dengan lembaran logam. Jika tripleks digunakan sebagai

dek atap, maka harus ditempatkan dengan panjang tegak lurus terhadap kasau dan tebalnya minimal $^1/_2$ inci.

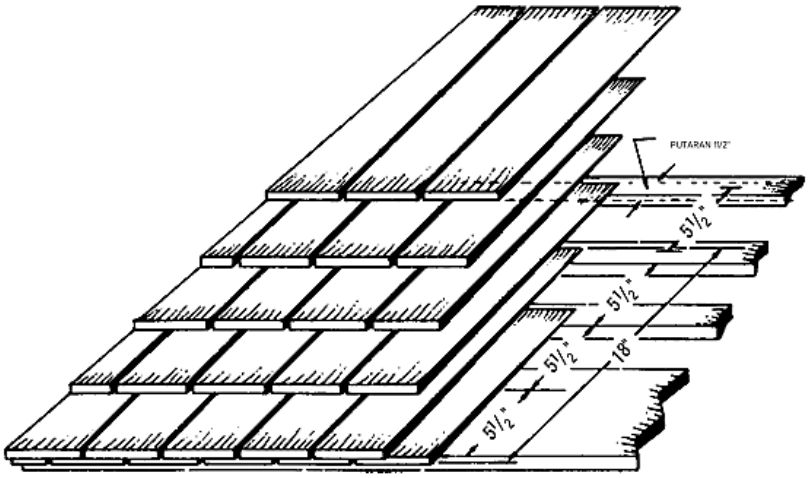


Gambar 13.6 Penghenti kerikil.

Langkah pertama dalam pemasangan atap yang dibangun adalah pemasangan kertas pelapis dan lembaran dasar. Kertas pelapis harus dilapis 2 inci dan diamankan dengan paku yang cukup untuk menahannya di tempatnya. Lembaran dasar kemudian ditempatkan dengan tumpang samping 2 inci dan tumpang ujung 6 inci. Lembaran dasar harus diamankan dengan paku atap galvanis berdiameter $^1/_2$ inci yang ditempatkan 12 inci di tengah tumpang yang terbuka. Paku juga harus ditempatkan di tengah lembaran dasar. Paku harus dipasang dalam dua baris paralel, berjarak 12 inci.

Kemudian, lembaran dasar dilapisi dengan lapisan aspal panas yang merata. Saat aspal masih panas, lapisan kain penutup atap dipasang dan dipel dengan aspal panas. Setiap lapisan kain penutup atap berikutnya dipasang dan dipel dengan cara yang sama dengan aspal. Setiap lembar harus dilapis 19 inci, menyisakan 17 inci yang terbuka.

Setelah kain penutup atap dipasang, penghenti kerikil dipasang di sekeliling dek (Gambar 13.6). Dua lapisan kain penutup yang dilapisi harus memanjang 6 inci melewati dek atap tempat penghenti kerikil akan dipasang. Saat lapisan lainnya dipasang, dua lapisan pertama dilipat di atas lapisan lainnya dan dipel di tempatnya. Penghenti kerikil kemudian ditempatkan di lapisan semen flashing setebal $^1/_8$ inci dan dipaku dengan kuat setiap 6 inci. Ujung penghenti kerikil harus dilapis 6 inci dan dikemas dalam semen flashing.



Gambar 13.7 Bagian atap sirap yang menunjukkan jumlah sirap yang mungkin terpapar cuaca sebagaimana diatur oleh tumpang tindih.

Setelah penghenti kerikil dipasang, atap dibanjiri dengan aspal panas dan agregat permukaan tertanam dalam lapisan banjir. Agregat harus keras, kering, buram, dan bebas dari debu atau benda asing. Ukuran agregat harus berkisar antara $^1/_4$ inci hingga $^5/_8$ inci. Saat agregat ditumpuk di atap, agregat harus diletakkan di tempat yang telah dipel dengan aspal. Teknik ini memastikan daya rekat yang tepat di semua area atap.

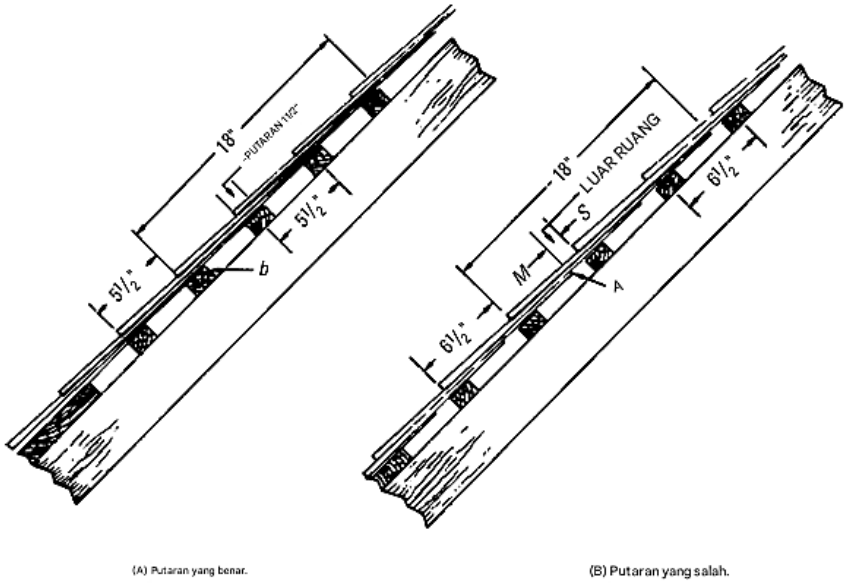
13.4 SIRAP KAYU

Tingkat sirap yang lebih baik terbuat dari cemara, cedar, dan kayu merah, dan tersedia dalam panjang 16 dan 18 inci dan ketebalan di bagian ujung masing-masing $^5/_{16}$ dan $^7/_{16}$ inci. Sirap dikemas dalam bundel sekitar 200 sirap dengan lebar acak dari 3 hingga 12 inci. Persyaratan penting dalam memasang sirap kayu adalah bahwa setiap sirap harus tumpang tindih di atas dua lapis di bawahnya, sehingga akan selalu ada setidaknya tiga lapis sirap di setiap titik di atap. Ini mengharuskan jumlah sirap yang terpapar cuaca (jarak antar lapis) harus kurang dari sepertiga panjang sirap. Jadi, pada Gambar 13.7, $5^1/_2$ inci adalah jumlah maksimum sirap 18 inci yang dapat dipasang di cuaca dan memiliki jumlah tumpang tindih yang memadai. Ini selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 13.8.

Jika sirap diletakkan lebih dari sepertiga panjangnya terhadap cuaca, akan ada ruang (seperti yang ditunjukkan oleh MS pada Gambar 13.8B) di mana hanya dua lapis sirap yang akan menutupi atap. Ini tidak menyenangkan karena jika sirap atas terbelah di atas tepi sirap di bawahnya, air akan bocor. Jarak maksimum terhadap cuaca untuk sirap 16 inci harus $4^7/_8$ inci dan untuk sirap 18 inci harus $5^1/_2$ inci.

Secara tegas, jumlah tumpang tindih harus diatur oleh kemiringan atap. Jarak maksimum dapat diikuti untuk atap dengan kemiringan sedang. Untuk atap dengan kemiringan kecil, tumpang tindih yang lebih banyak harus diizinkan. Untuk kemiringan yang curam, tumpang tindih dapat dikurangi sedikit, tetapi tidak disarankan untuk melakukannya. Sirap kayu tidak boleh digunakan pada kemiringan kurang dari 4 inci per kaki.

Tabel 13.1 menunjukkan jumlah kaki persegi yang dapat ditutupi oleh 1000 (lima bundel) sirap untuk berbagai paparan. Tabel ini tidak memperhitungkan pemborosan pada atap pinggul dan lembah.



Gambar 13.8 Jumlah tumpang merupakan faktor penting dalam penerapan sirap kayu.

Tabel 13.1 Luas Ruang yang Ditutupi 1.000 Sirap

Paparan cuaca (inci)	4¼	4½	4¾	5	5½	6
Luas wilayah yang dicakup (ft²)	118	125	131	138	152	166

Sirap tidak boleh dipasang terlalu berdekatan, karena akan mengembang saat basah, menyebabkannya menggelembung dan terbelah. Sirap yang sudah dikeringkan tidak boleh dipasang dengan tepinya lebih dekat dari $^{3}/_{16}$ inci saat dipasang dengan metode Amerika. Sebaiknya rendam bundel secara menyeluruh sebelum dibuka.

Anda harus sangat berhati-hati saat memaku sirap lebar. Jika lebarnya lebih dari 8 inci, sirap harus dibelah dan dipasang sebagai dua sirap. Paku harus diberi jarak sedemikian rupa sehingga ruang di antara keduanya sekecil mungkin, sehingga mengarahkan penyusutan dan pemuaian sirap ke arah tepi. Ini mengurangi risiko sirap lebar terbelah di atau dekat bagian tengah dan di atas sambungan di bawahnya. Pemasangan sirap selalu dimulai dari bawah dan dipasang dari atap atau cornice ke atas.

Ada berbagai metode pemasangan sirap, yang paling umum dikenal sebagai berikut:

- Penggaris
- Garis kapur
- Pengukur dan kapak

Metode penggaris adalah salah satu yang tertua. Penggaris yang memiliki lebar yang sama dengan jarak ke cuaca atau jarak antar jalur digunakan. Ini menghilangkan pengukuran, yang diperlukan hanya untuk menjaga tepi bawah rata dengan tepi bawah jalur sirap yang baru saja dipasang. Tepi atas penggaris kemudian sejajar untuk jalur berikutnya. Ini dianggap yang paling

lambat dari ketiga metode.

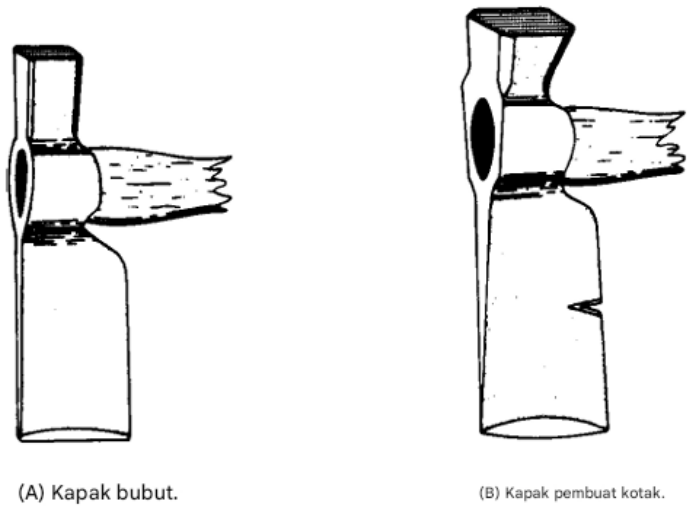
Metode garis kapur terdiri dari menjepret garis kapur untuk setiap jalur. Untuk menghemat waktu, dua atau tiga garis dapat dijepret pada saat yang sama, sehingga memungkinkan untuk membawa dua atau tiga jalur sekaligus. Metode ini masih banyak digunakan. Ini lebih cepat daripada metode penggaris, tetapi tidak secepat metode pengukur-dan-palu.

Metode pengukur-dan-palu banyak digunakan di negara bagian barat. Kapak yang digunakan adalah kapak bubut atau kapak pembuat kotak (Gambar 13.9). Gambar 13.10 menunjukkan pengukur kapak yang digunakan untuk mengukur jarak antar jalur. Pengukur dipasang pada bilah pada jarak dari gagang kapak yang sama dengan paparan yang diinginkan untuk sirap. Paku sedekat mungkin dengan pangkalnya, jika paku akan tertutup dengan baik oleh lapisan berikutnya. Hanya paku sirap galvanis yang harus digunakan. Paku sirap ketiga berdiameter sedikit lebih besar daripada paku umum ke-3, dan memiliki kepala yang sedikit lebih besar.

Pinggul

Pinggul lebih kecil kemungkinannya bocor daripada bagian atap lainnya karena air mengalir menjauh darinya. Namun, karena sangat menonjol, pengerjaannya harus dilakukan dengan baik. Gambar 13.11 menunjukkan metode pemotongan ujung sirap untuk atap pinggul. Setelah jalur 1 dan 2 dipasang, sudut atas di atas pinggul dipangkas dengan kapak sirap tajam yang selalu digunakan untuk tujuan tersebut. Sirap 3 dipangkas dengan ujung yang dipotong agar dapat melanjutkan garis lurus jalur dan sekali lagi pada garis putus-putus 4, sehingga sirap A dari jalur kedua tegak lurus dengannya.

Proses ini berlanjut dari sisi ke sisi, setiap sirap secara bergantian tumpang tindih dengan yang lain di sambungan pinggul. Ketika atap pelana diberi sirap, metode yang sama ini dapat digunakan di sepanjang kemiringan atap jika kemiringannya sedang hingga curam. Metode ini tidak dapat digunakan secara efektif dengan kemiringan datar. Sirap yang digunakan harus dirobek hingga lebarnya seragam.



Gambar 13.9 Kapak yang digunakan untuk membuat sirap.

Gambar 13.10 Kapak untuk membuat sirap.

Gambar 13.11 Sirap atap pinggul.

Untuk konstruksi terbaik, sirap timah harus dipasang di bawah sirap pinggul, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.12. Sirap timah ini harus sesuai bentuknya dengan sirap pinggul. Sirap ini harus memiliki lebar minimal 7 inci dan cukup besar untuk mencapai bagian bawah sirap timah dari jalur di atasnya, seperti di W. Di A, sirap timah dipasang sedemikian rupa sehingga ujung bawahnya hanya akan tertutup oleh sirap pinggul dari jalur di atasnya.

Variasi sirap kayu adalah sirap yang baru-baru ini diperkenalkan yang sebagian terdiri dari aspal dan sebagian komposisi kayu (Gambar 13.13).

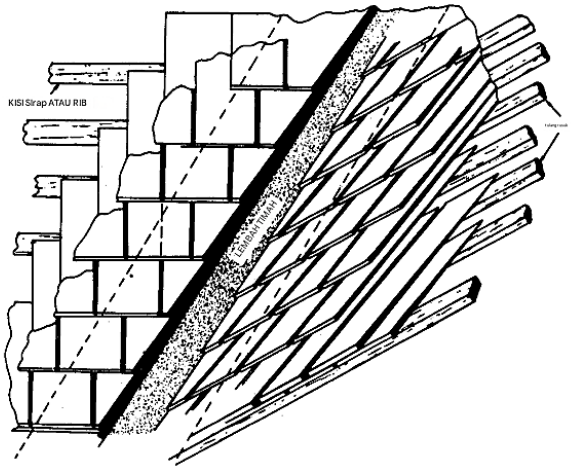
Gambar 13.12 Metode pemasangan sirap logam di bawah sirap kayu.

Gambar 13.13 Atap serat kayu dari Masonite merupakan produk yang relatif baru. Produk ini tersedia dalam versi tahan api dan lebih besar dari sirap standar.

Lembah

Dalam pemasangan sirap di lembah, pertama-tama sepotong timah, timbal, seng, atau tembaga (biasanya selebar 20 inci) dipasang di lembah. Gambar 13.14 menggambarkan lembah terbuka. Di sini garis putus-putus menunjukkan timah atau bahan lain yang digunakan sebagai lapisan di bawah sirap. Jika kemiringannya lebih dari 30 derajat, maka lebar 16 inci sudah cukup; jika lebih datar, lebarnya harus lebih.

Di lembah yang panjang, lebarnya di antara sirap harus bertambah lebar dari atas ke bawah sekitar 1 inci, dan di bagian atas 2 inci adalah lebar yang cukup. Ini untuk mencegah es atau benda lain terjepit saat tergelincir ke bawah. Sirap meruncing ke pantat, bagian belakang pinggul, dan tidak perlu diperkuat karena tepi yang tipis ditahan dan dilindungi agar tidak terbelah oleh sirap di atasnya. Harus selalu berhati-hati untuk memaku sirap yang paling dekat dengan lembah sejauh mungkin darinya dengan menempatkan paku lebih tinggi.



Gambar 13.14 Metode pemasangan sirap di lembah.

13.5 SIRAP ASPAL

Sirap aspal dibuat dalam bentuk potongan dua, tiga, atau empat unit atau tab yang disatukan, serta dalam bentuk sirap individual. Saat dipasang, sirap strip menghasilkan pola yang hampir sama dengan sirap yang tidak terbagi. Baik jenis strip maupun individual tersedia dalam berbagai bentuk, ukuran, dan warna untuk memenuhi berbagai kebutuhan.

Pelapis Bawah

Kertas felt yang diimpregnasi telah digunakan selama lebih dari 130 tahun. Namun, pelapis bawah dalam konstruksi perumahan telah menjadi subjek kontroversi selama bertahun-tahun: beberapa pembangun bersumpah akan hal itu, sebagian besar bersumpah akan hal itu. Mereka yang menentang penggunaannya mengklaim bahwa itu adalah (a) penghalang uap, (b) spons raksasa yang menyerap air dan menyebabkan sirap berkerut, dan (c) tidak diperlukan. Beberapa pembangun mengklaim bahwa penggunaannya membatalkan garansi sirap. Namun, hal ini bertentangan langsung dengan garansi produsen sirap yang mengharuskan penggunaan alas dari kain felt. Ketika dipertanyakan, produsen sirap mengklaim bahwa garansi hanya batal jika alas dari kain felt dipasang secara tidak benar dan sirap rusak. *National Association of Home Builders* (NAHB) telah mempertanyakan perlunya alas dari kain felt dan berupaya menghapus persyaratan alas dari Kode.

Kode BOCA mengharuskan alas dari kain felt yang jenuh aspal Tipe 15 dipasang pada lereng atap mulai dari 2:12 ke atas. Pada lereng di bawah 4:12, diperlukan alas dari dua lapis. Pada lereng mulai dari 4:12 ke atas, diperlukan alas dari satu lapis di semua lereng. Kode UBC, Tabel No. 32-B-1, mengharuskan kain felt Tipe 15 yang tidak berlubang pada atap dengan lereng mulai dari 2:12 ke atas.

Secara tradisional, ada tiga alasan yang diberikan untuk penggunaan lapisan bawah:

- Lapisan bawah melindungi selubung atap hingga sirap dipasang.
- Lapisan bawah terus melindungi atap, setelah sirap dipasang, dari hujan yang mungkin terbawa angin ke bawah sirap.
- Sirap dilindungi dari terpentin dalam resin kayu lapis yang dapat melarutkan aspal.

Item terakhir jarang terlihat pada selubung kayu lapis dan OSB, tetapi umum terjadi pada selubung papan.

Direktur Teknologi dan Penelitian *National Roofing Contractors Association* (NRCA) mengklaim bahwa kemampuan kain felt untuk menyerap kelembapan menyebabkannya membengkak dan berkerut setelah sirap dipasang. Pembengkakan di antara paku sirap inilah yang membuat atap tampak bergelombang. Namun, perwakilan dari *Asphalt Roofing Manufacturers Association* (ARMA) berpendapat bahwa penggunaan kain felt yang tidak standar menyebabkan masalah tersebut. Hanya kain felt yang mematuhi ASTM D4869 atau D226 yang boleh digunakan. Perwakilan ARMA lebih lanjut menambahkan bahwa membiarkan kain felt di atap terkena cuaca dan hujan deras selama satu atau dua bulan tidak membantu.

Serangkaian tonjolan (tekuk) atap sirap di seluruh Amerika Serikat menyebabkan APA, ARMA, dan NAHB Research Foundation membentuk sebuah komite untuk mencari penyebab masalah dan solusinya. Para peneliti menyimpulkan bahwa penyimpanan selubung kayu lapis yang tidak tepat, pemasangan selubung atap yang tidak tepat, pemasangan sirap yang tidak

tepat, dan ventilasi loteng yang tidak memadai merupakan penyebabnya.

Ada dua kontradiksi yang tampak dalam pernyataan yang dipublikasikan APA. APA telah mengatakan, "Tutupi selubung sesegera mungkin dengan kain penutup atap untuk perlindungan ekstra terhadap kelembapan yang berlebihan sebelum memasang atap." Bandingkan ini dengan pernyataan berikut dari APA:

Panel Exposure 1 memiliki ikatan kedap air sepenuhnya dan dirancang untuk aplikasi yang mungkin mengalami penundaan konstruksi yang lama sebelum memberikan perlindungan, atau yang mungkin mengalami kondisi kelembapan tinggi saat digunakan.

"Penundaan konstruksi yang lama" tidak didefinisikan. Menurut juru bicara APA, "itu akan jauh melebihi periode dua atau tiga minggu normal yang diharapkan dalam praktik konstruksi saat ini." Selama bertahun-tahun, sebagian besar pembangun sama sekali mengabaikan peringatan APA untuk tidak membiarkan panel CDX terkena hujan selama berminggu-minggu karena panel tersebut tidak dirancang untuk tujuan itu.

Tidak ada pertentangan antara kedua pernyataan tersebut. Panel Exposure 1 akan mempertahankan integritas strukturalnya selama periode paparan yang lama. Lalu, kapan panel harus ditutup sesegera mungkin? Hujan langsung pada panel menaikkan serat, menyebabkan retakan, dan masalah permukaan lainnya. Meskipun masalah permukaan ini tidak bersifat struktural, masalah tersebut dapat memengaruhi tampilan panel dengan menembus sirap fiberglass tipis. Praktik umum yang tersebar luas dengan tidak menyisakan jarak $^1/_{16}$ inci yang diperlukan di ujung panel, dan $^1/_8$ inci di tepi (dengan klip H) menghalangi jalan keluar hujan dari panel. Paparan hujan yang terus-menerus menyebabkan pembengkakan tepi; tanpa ruang untuk bergerak secara horizontal, dan panel melengkung.

Peringatan APA

Jika kondisi basah atau lembap terjadi, gandakan jarak ini.

Tukang atap komersial telah melihat kualitas kain felt menurun selama bertahun-tahun. Penghapusan kain perca dalam pembuatan kain felt sekitar tahun 1945 mengurangi kekuatan tarik kain felt dan meningkatkan kemampuannya untuk menyerap kelembapan. Kain felt yang tidak standar, dikombinasikan dengan pemasangan yang buruk atau acuh tak acuh menimbulkan masalah. Begitu juga dengan kain felt yang tidak diaplikasikan dengan benar, yang ditentukan ASTM.

Apakah lapisan bawah diperlukan? Tidak, selama kondisi tertentu terpenuhi:

- Gunakan tripleks yang benar (Eksposur 1, atau Eksterior, jika perlu).
- Sisakan jarak $^1/_{16}$ inci yang diperlukan di ujung dan $^1/_8$ inci di tepi. Gunakan klip H di bagian tepi.
- Di daerah yang rawan hujan atau beriklim lembap, gandakan jarak ini.
- Tutup selubung dengan sirap sesegera mungkin.
- Pasang sirap dengan benar.

Saat memilih tukang atap, mintalah untuk melihat krunya memasang sirap dan perhatikan di mana mereka memasang paku. Jika menggunakan kru Anda sendiri, lihat saat mereka memasang sirap. Jika mereka memaku ke dalam atau di atas garis lem, segera hentikan mereka. Sayangnya, praktik yang diterima secara luas ini tidak benar, dan bertentangan dengan

petunjuk yang tercetak pada pembungkus yang menahan sirap.

Lokasi paku penting karena memengaruhi ketahanan sirap terhadap angin. Saat paku digerakkan ke atas, lebih sedikit sirap yang tertahan, sehingga area yang lebih luas terpapar angin. Jangan pernah berasumsi tukang atap atau kru Anda mengetahui hal ini. Pastikan mereka mengetahuinya; jika tidak, instruksikan mereka dalam memaku dengan benar.

Jika lapisan bawah digunakan, gunakan kain felt Tipe 15 yang memenuhi standar ASTM: D4869 atau D226. Jangan biarkan lapisan bawah terkena hujan selama berminggu-minggu karena jadwal menyebutkan kapan lapisan bawah harus ditutup. Cuaca yang menentukan hal ini, bukan bagan CPM. Pengukuran terakhir mungkin tidak banyak atau tidak ada bedanya karena selubung tersebut bertambah dan berkurang kelembapannya setiap hari. Namun, hal itu dapat membuat perbedaan pada tampilan sirap atap.

Pelindung Bendungan Es

Semua kode (BOCA, UBC, ICC, dan SBCCI) mengharuskan perlindungan bendungan es. BOCA mengharuskannya saat suhu harian rata-rata di bulan Januari adalah 25◦F atau kurang, atau jika ada kemungkinan bendungan es terbentuk di atap dan menyebabkan air meluap. Karena banyak kode telah digabungkan, kode-kode tersebut akan tetap disebut dengan nama lama untuk tujuan identifikasi bagi mereka yang mengenalnya. UBC mengharuskan perlindungan di area yang terkena salju yang terbawa angin atau penumpukan es di atap. Keduanya mengharuskan lapisan ganda kain felt Tipe 15.

Namun, sejumlah produk komersial selain kain felt Tipe 15 umum digunakan. Yang paling umum adalah Bituthene, yang merupakan aspal karet berlapis polietilena. W. R. Grace menjualnya dengan nama Ice & Water Shield, dalam gulungan berukuran 225 ft^2, lebar 3 kaki, dan panjang 75 kaki. Kode tersebut sangat spesifik mengenai seberapa jauh lapisan pelindung es ini harus memanjang dari atap ke atap. Grace merekomendasikan agar lapisan pelindung es ini dipasang pada suhu di atas 40◦F dan naik ke atap hingga ketinggian bendungan tertinggi yang diharapkan. Praktik yang umum (tetapi salah) adalah memanjangkannya dari atap ke atap sejauh 3 kaki—lebar material. Kode tersebut mengharuskan lapisan pelindung es memanjang dari tepi atap ke atap hingga ke garis atau titik yang tidak kurang dari 24 inci di dalam garis dinding eksterior bangunan.

Pelindung es, baik yang terbuat dari kain felt Tipe 15, Bituthene®, atau logam, tidak mencegah atau menghentikan bendungan es. Itu bukan fungsinya. Tujuannya adalah untuk memberikan perlindungan dari air yang dipaksa naik ke atap oleh bendungan es.

Bendungan Es

Beberapa inci salju di atap dan suhu di bawah titik beku selama seminggu atau lebih adalah dua kondisi yang diperlukan untuk bendungan es. Tingkat insulasi loteng yang tidak memadai dan ventilasi loteng yang buruk adalah dua faktor lainnya.

Panas yang keluar melalui langit-langit dan ke loteng menghangatkan atap dan mencairkan salju di atau dekat punggungan. Salju mencair di titik pertemuan salju dan sirap. Salju yang mencair mengalir ke bawah atap, di bawah salju, sebagai air salju. Saat air salju bergerak ke bawah atap, ia mencapai bagian terdingin di tepi, dan membeku. Bendungan es terbentuk dan bertambah besar seiring dengan semakin banyaknya salju yang mencair.

Pencairan yang terus-menerus mengakibatkan air terkumpul dan akhirnya menggenang di bawah sirap. Jika dipasang dengan benar, Bituthene® tidak menghentikan air menggenang di atap. Namun, karena kedap air, air dapat dicegah masuk. Sebagian besar bendungan es ditemukan di rumah-rumah dengan ventilasi berjeruji di ujung atap pelana.

Drip-Edge Flashing

Sebagian besar pembangun memasang drip-edge hanya di atap. Beberapa pembangun memasangnya di atap dan garu. Pembangun lain tidak memasang drip-edge. Mereka memperpanjang sirap sedikit di luar tepi selubung atap untuk bertindak sebagai drip-edge.

Sembilan puluh sembilan persen dari semua kerusakan atap rumah dimulai di ujung garu (atap pelana) yang tidak terlindungi. Jika tidak ada hujan yang terbawa angin, memindahkan sirap keluar melewati tepi selubung atap akan baik-baik saja. Namun, hujan mengalir ke mana angin bertiup: ke atas di bawah sirap yang menonjol dan di ujung selubung. Kelima kondisi yang diperlukan untuk pembusukan terjadi dan dengan demikian memulai penghancuran atap pada akhirnya. Ada urutan yang pasti untuk pemasangan drip-edge, Bituthene®, dan lapisan bawah:

1. Pasang Bituthene® di atas drip-edge atap dan naik ke atap 24 inci di dalam garis dinding eksterior bangunan.
2. Pasang drip-edge ujung atap terlebih dahulu.
3. Pasang lapisan bawah felt yang dijenuhi aspal Tipe 15.
4. Pasang drip-edge di ujung rake dan di atas felt.
5. Gunakan paku galvanis dengan drip-edge galvanis; paku aluminium dengan drip-edge aluminium.

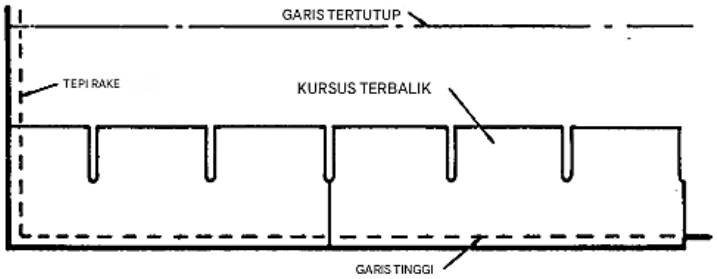
Praktik umum, saat drip-edge digunakan pada atap dan garu, adalah memasang drip-edge terlebih dahulu lalu lapisan bawah, jika digunakan. Ini adalah contoh lain dari praktik umum yang salah. Jika lapisan bawah dipasang di atas drip-edge ujung garu, hujan yang terbawa angin akan naik ke bawah sirap, di bawah lapisan bawah, dan ke selubung atap. Jika dipasang dengan urutan yang benar, setiap hujan yang terbawa angin yang menembus di bawah sirap akan mengenai kertas, bukan ke selubung kayu. Untuk membuang air secara efisien di tepi atap, drip-edge biasanya dipasang. Drip-edge dibuat dari lembaran logam tahan korosi. Logam tersebut memanjang 3 inci ke belakang dari tepi atap. Untuk membentuk drip-edge, lembaran logam ditekuk ke bawah di atas tepi atap.

Memasang Sirap Aspal

Paku yang digunakan untuk memasang aspal tunggal harus berupa paku galvanis yang dicelup panas, dengan kepala besar, ujung tajam, dan tangkai berduri. Paku harus cukup panjang untuk menembus atap setidaknya $^3/_4$ inci.

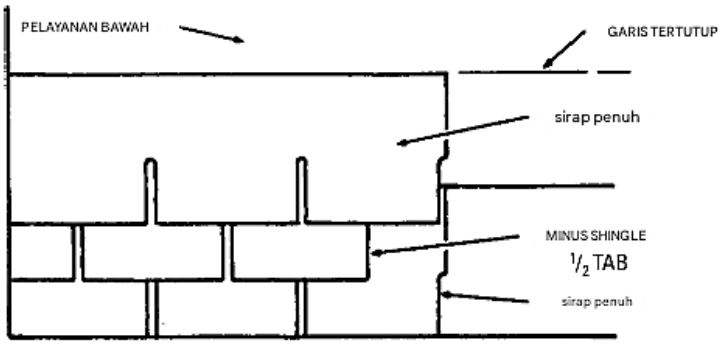
Untuk memastikan kesejajaran sirap yang tepat, garis kapur horizontal dan vertikal harus ditempatkan pada lapisan bawah. Biasanya direkomendasikan agar garis ditempatkan dengan jarak 10 atau 20 inci. Lapisan sirap pertama yang ditempatkan adalah lapisan awal. Ini digunakan untuk mendukung lapisan sirap reguler pertama dan untuk mengisi ruang di antara tab. Lapisan awal ditempatkan dengan tab menghadap ke atas atap dan dibiarkan menonjol satu inci di atas rake dan atap (Gambar 13.15). Untuk memastikan bahwa semua potongan

tertutup, 3 inci harus dipotong dari sirap awal pertama.

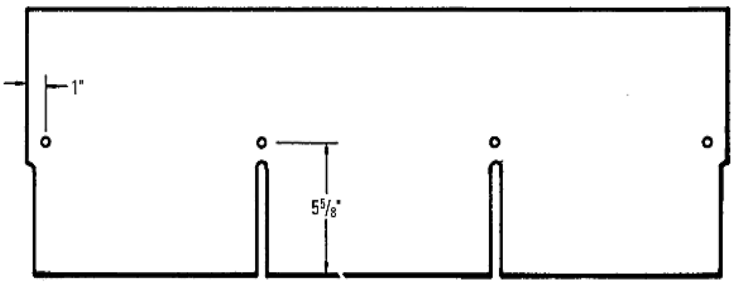


Gambar 13.15 Lapisan awal.

Setelah lapisan awal dipasang, lapisan sirap yang berbeda dapat dipasang. Lapisan sirap reguler pertama harus dimulai dengan sirap penuh; lapisan kedua dengan sirap penuh, dikurangi setengah tab; lapisan ketiga dengan sirap penuh (Gambar 13.16); dan proses ini diulang. Saat sirap dipasang, sirap harus dipaku dengan benar (Gambar 13.17). Jika sirap tiga tab digunakan, minimal empat paku per strip harus digunakan. Paku harus ditempatkan $5^5/_8$ inci dari dasar sirap dan harus ditempatkan di atas potongan. Paku di setiap ujung sirap harus berjarak 1 inci dari ujung. Paku harus ditancapkan lurus dan rata dengan permukaan sirap.



Gambar 13.16 Aplikasi sirap awal.

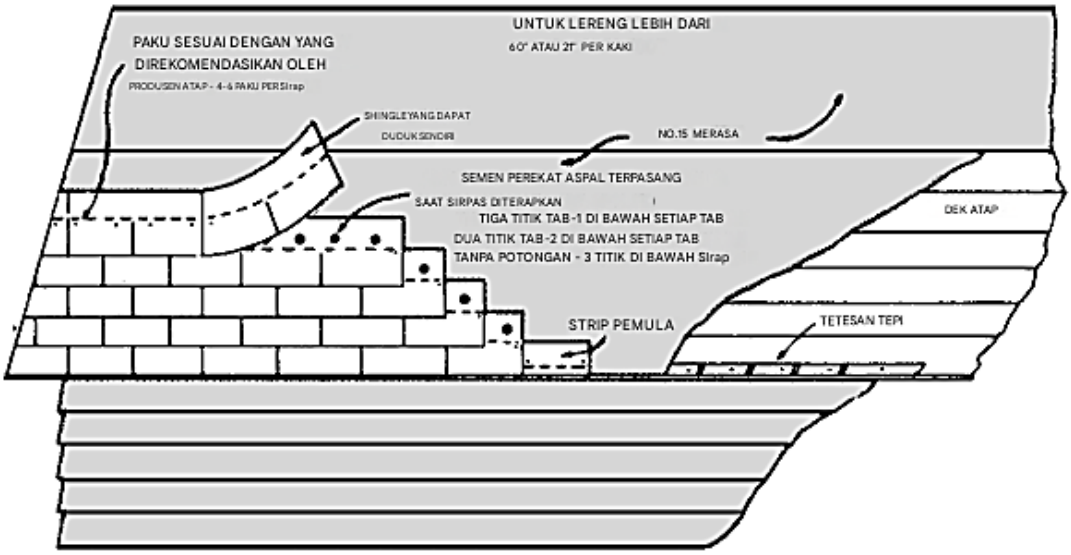


Gambar 13.17 Penempatan paku yang tepat.

Jika terdapat lembah di atap, maka harus dipasang dengan benar. Dua material yang paling sering digunakan untuk pemasangan lembah adalah atap gulung aspal berlapis mineral seberat 90 pon atau lembaran logam galvanis. Pemasangan ini memiliki lebar 18 inci.

Pemasangan ini harus memanjang sepanjang lembah. Sebelum sirap dipasang di lembah, garis kapur dipasang di sepanjang lembah. Garis kapur harus berjarak 6 inci di bagian atas lembah dan harus melebar $^1/_8$ inci per kaki saat mendekati garis atap. Sirap dipasang hingga ke garis kapur dan dipangkas agar pas.

Gambar 13.18 Sirap pinggul



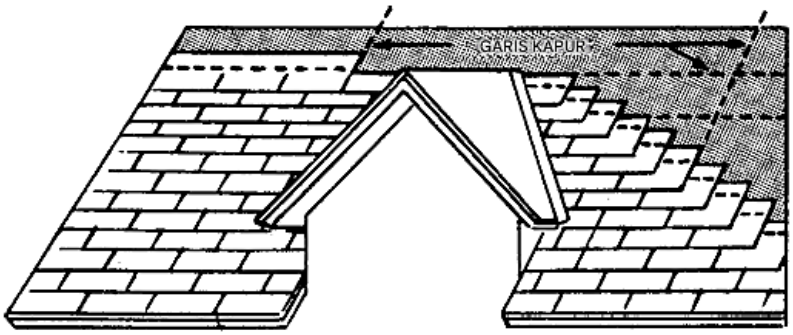
Gambar 13.19 Jika kemiringan atap melebihi 60 derajat, Anda harus mengambil langkah-langkah khusus dalam aplikasi.

Pinggul dan punggungan diselesaikan dengan menggunakan unit pinggul dan punggungan buatan, atau unit pinggul dan punggungan yang dipotong dari sirap strip. Jika unit dipotong dari sirap strip, kedua garis potong harus dipotong miring (Gambar 13.18). Ini akan mencegah proyeksi sirap melewati sirap yang dilapisi. Setiap sirap harus ditekuk di bagian tengah sehingga ada jarak yang sama di setiap sisi. Dalam cuaca dingin, sirap harus dihangatkan sebelum ditekuk. Dimulai dari bagian bawah pinggul atau di ujung punggungan, sirap ditempatkan dengan paparan 5 inci. Untuk mengamankan sirap, paku ditempatkan di setiap sisi sirap. Paku harus ditempatkan $5^1/_2$ inci dari tepi yang terbuka dan 1 inci ke atas dari

samping.

Jika kemiringan atap sangat curam (terutama jika melebihi 60 derajat, atau 21 inci per kaki), maka prosedur khusus diperlukan untuk mengamankan sirap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.19.

Untuk kerapian saat memasang sirap aspal, jalur harus bertemu dalam satu garis di atas atap pelana (Gambar 13.20).



Gambar 13.20 Demi kerapian, jalur sirap harus bertemu dalam satu garis di atas atap pelana.

13.6 BATU TULIS

Batu tulis adalah bahan atap yang ideal dan digunakan pada bangunan permanen dengan atap bernada. Proses pembuatannya adalah membelah blok batu tulis yang digali secara horizontal hingga ketebalan yang sesuai, dan memotong secara vertikal hingga ukuran yang dibutuhkan. Batu tulis kemudian dilewatkan melalui planer. Setelah operasi, batu tulis siap untuk diperkecil ke dimensi yang tepat pada alas gosok atau dengan menggunakan alat udara dan mesin khusus lainnya.

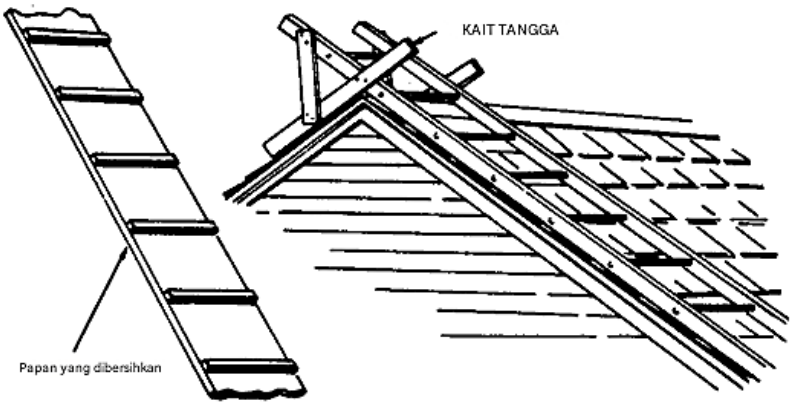
Batu tulis atap biasanya tersedia dalam berbagai warna dan ukuran standar yang sesuai untuk persyaratan yang paling tepat. Pada semua papan yang akan ditutup dengan batu tulis, diperlukan kain felt yang dibasahi aspal dengan ketebalan tertentu. Kain felt ini harus diletakkan dalam lapisan horizontal dengan sambungan yang disambungkan ke arah atap dan di ujung-ujungnya setidaknya 2 inci. Sambungan yang aman di ujung diperlukan untuk menahan kain felt di tempatnya dengan benar dan untuk melindungi struktur sampai ditutupi oleh batu tulis. Saat memasang batu tulis, seluruh permukaan semua atap utama dan teras harus ditutup dengan batu tulis dengan benar dan kedap air.

Batu tulis harus menjorok 2 inci di bagian atap dan 1 inci di semua ujung atap pelana dan harus dipasang dalam jalur horizontal dengan tumpang tindih kepala standar 3 inci. Setiap jalur memutuskan sambungan dengan jalur sebelumnya. Batu tulis di bagian atap atau garis cornice digandakan dan dimiringkan $^1/_4$ inci dengan strip kayu miring. Batu tulis yang tumpang tindih dengan pekerjaan lembaran logam harus memiliki paku yang ditempatkan sedemikian rupa untuk menghindari tusukan lembaran logam. Paku yang terbuka hanya diperbolehkan di jalur yang tidak dapat dihindari. Pasang batu tulis dengan rapi di sekitar pipa, ventilasi, atau tonjolan atap lainnya.

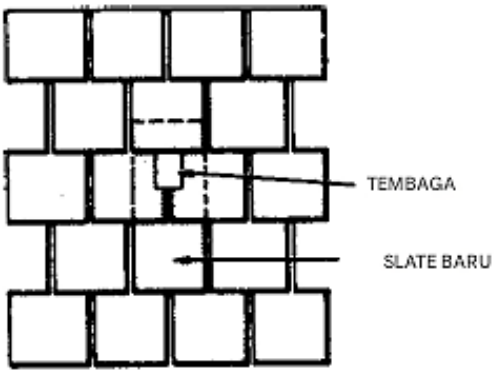
Paku tidak boleh ditancapkan terlalu dalam hingga menimbulkan tegangan pada batu

tulis. Pastikan untuk menutupi semua kepala paku yang terbuka dengan semen elastis. Batu tulis pinggul dan batu tulis bubungan harus dipasang dengan semen elastis yang disebarkan tebal di atas permukaan yang tidak terbuka. Bangun dan tempatkan semua bagian flashing yang disediakan oleh kontraktor lembaran. Bekerjasamalah dengan kontraktor untuk melakukan pekerjaan pemasangan flashing. Setelah selesai, semua batu tulis harus kokoh, utuh, dan bersih, dan atap harus tetap rapat dan rapi.

Perbaikan atap batu tulis yang paling sering dibutuhkan adalah penggantian batu tulis yang rusak. Bila penggantian tersebut diperlukan, penyangga yang mirip dengan yang ditunjukkan pada Gambar 13.21 harus diletakkan di atap untuk mendistribusikan berat tukang atap saat mereka bekerja. Batu tulis yang rusak harus disingkirkan dengan memotong atau mencabut paku dengan alat penyobek. Sirap batu tulis baru dengan warna dan ukuran yang sama dengan yang lama harus dimasukkan dan diikat dengan memaku melalui sambungan vertikal batu tulis pada lapisan di atasnya kira-kira 2 inci di bawah pangkal batu tulis pada lapisan kedua, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.22.



Gambar 13.21 Dua jenis penyangga yang digunakan dalam perbaikan atap.



Gambar 13.22 Metode pemasangan potongan sirap batu tulis baru.

Sepotong tembaga lembaran sekitar 3 inci 8 inci harus dimasukkan di atas kepala paku untuk memanjang sekitar 2 inci di bawah lapisan kedua di atas sirap yang diganti. Potongan

logam harus ditekuk sedikit sebelum dimasukkan sehingga akan tetap terpasang dengan aman. Atap batu tulis yang sangat tua terkadang rusak karena paku yang digunakan untuk mengencangkan batu tulis berkarat. Dalam kasus seperti itu, seluruh penutup atap harus dilepas dan diganti, termasuk bahan pelapis bawah dari kain felt. Selubung dan kasau harus diperiksa dan papan yang rusak diganti dengan bahan baru. Semua papan yang longgar harus dipaku di tempatnya dan, sebelum memasang kain felt, selubung harus disapu bersih, paku yang menonjol ditancapkan, dan tepi yang kasar dipangkas halus.

Jika atap sebelumnya terbuat dari batu tulis, semua batu tulis yang masih dalam kondisi baik dapat diselamatkan dan dipasang kembali. Batu tulis baru harus berukuran sama dengan yang lama dan harus sedekat mungkin dengan batu tulis asli dalam warna dan tekstur. Area yang akan ditutup harus mengatur ukuran batu tulis yang akan digunakan. Berapa pun ukurannya, papan-papan tersebut dapat memiliki lebar yang acak, tetapi panjangnya harus seragam dan dilubangi untuk tumpang tindih kepala tidak kurang dari 3 inci. Papan-papan atap harus dipasang dengan tumpang tindih kepala 3 inci dan diikat dengan dua paku papan-papan berkepala besar. Paku-paku tidak boleh ditancapkan terlalu kuat. Kepala-kepala harus hampir menyentuh papan-papan tersebut. Semua papan-papan dalam jarak 1 kaki dari atas dan sepanjang lereng atap pelana harus dilapisi dengan semen yang dapat dilem.

13.7 TALANG AIR DAN PIPA PEMBUANGAN AIR

Sebagian besar atap memerlukan talang air dan pipa pembuangan air (Gambar 13.23) untuk mengalirkan air ke saluran pembuangan atau saluran keluar. Talang-papan tersebut biasanya terbuat dari logam. Di daerah dengan hujan salju lebat, tepi luar talang air harus berada $^1/_2$ inci di bawah lereng atap yang memanjang untuk mencegah penumpukan salju di tepi atap dan menyebabkan kebocoran. Talang air gantung paling cocok untuk konstruksi tersebut.

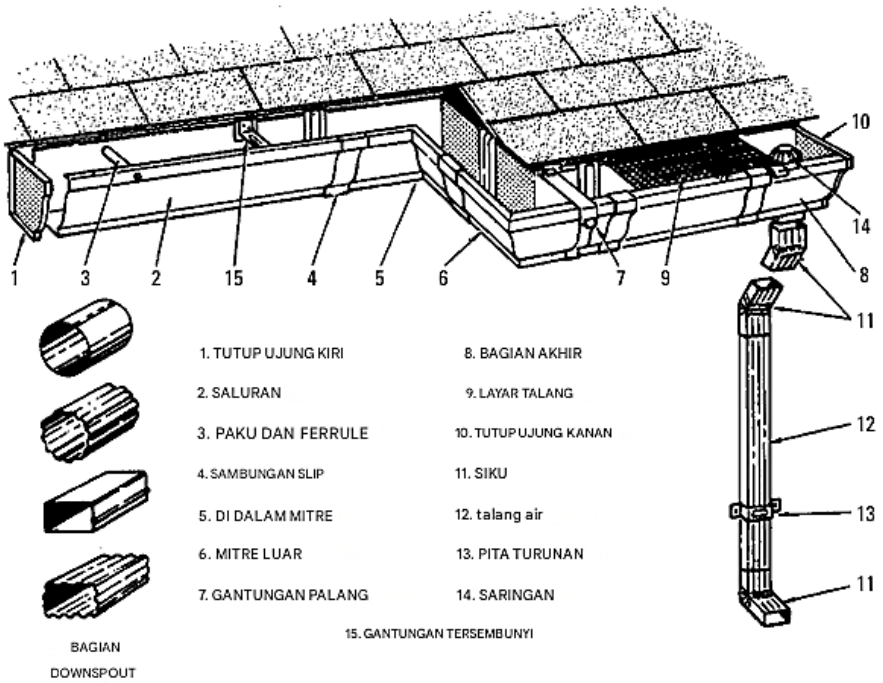
Pipa pembuangan air harus cukup besar untuk membuang air dari talang air. Kesalahan umum adalah membuat saluran keluar talang berukuran sama dengan pipa pembuangan. Pada kedalaman 18 inci di bawah talang, pipa pembuangan memiliki kapasitas menampung air hampir empat kali lebih besar dari saluran masuk di talang. Oleh karena itu, pipa pembuangan berukuran besar harus disediakan. Keranjang kawat atau pelindung harus ditempatkan di saluran keluar talang untuk mencegah daun dan sampah terkumpul di pipa pembuangan dan menyebabkan kerusakan selama cuaca dingin.

Talang tersedia dalam berbagai bahan termasuk kayu, logam, dan vinil. Kebanyakan orang lebih menyukai talang logam. Anda bisa mendapatkannya dari baja berenamel atau aluminium, dengan yang terakhir menjadi favorit.

Meskipun tersedia dalam beberapa bagian, talang yang disebut tanpa sambungan adalah yang paling mudah dipasang. Seorang spesialis memotong talang sesuai panjang yang dibutuhkan. Tidak diperlukan penyambungan panjang, dan oleh karena itu tidak ada kemungkinan kebocoran.

Perlu dicatat bahwa talang aluminium tersedia dalam berbagai ukuran. Ukuran 0.027 adalah standar, tetapi 0.032 adalah standar pada jenis tanpa sambungan; 0.014 juga tersedia,

tetapi ini harus dihindari karena terlalu tipis.



Gambar 13.23 Berbagai talang air dan perlengkapannya.

Bahan Penutup Atap

Bahan atap biasanya dijual oleh dealer atau produsen berdasarkan jumlah untuk menutupi 100 ft². Jumlah ini biasanya disebut satu kotak oleh tukang atap dan dalam literatur perdagangan. Saat memesan bahan atap, pertimbangkan pemborosan seperti pada bagian pinggul, lembah, dan jalur awal. Ini berlaku secara umum untuk semua jenis atap.

Kemiringan atap dan kekuatan rangka adalah faktor penentu pertama dalam memilih penutup yang sesuai. Jika kemiringannya sedikit, akan ada risiko kebocoran dengan jenis penutup yang salah, dan berat yang berlebihan dapat menyebabkan kendur yang tidak sedap dipandang dan menambah kesulitan dalam memperbaiki atap. Biaya pemasangan atap sangat bergantung pada jenis atap yang akan ditutup. Atap yang memiliki bubungan, lembah, atap pelana, atau cerobong asap akan jauh lebih mahal untuk ditutup daripada atap yang memiliki permukaan datar.

Atap yang sangat curam juga lebih mahal daripada atap dengan kemiringan yang lebih datar. Namun, sebagian besar material atap bertahan lebih lama pada lereng yang curam daripada pada atap dengan kemiringan yang rendah. Sering kali, kedekatan dengan pusat pasokan memungkinkan penggunaan (dengan biaya yang lebih rendah) material yang lebih tahan lama daripada material yang harganya lebih murah dan berumur lebih pendek.

Dalam mempertimbangkan biaya, Anda harus mempertimbangkan perawatan, perbaikan, dan lamanya masa pakai bangunan. Struktur permanen memerlukan atap yang bagus, meskipun biaya awalnya agak tinggi. Jika biaya pemasangan penutup atap tinggi dibandingkan dengan biaya materialnya, atau jika akses ke atap berbahaya, penggunaan

material yang tahan lama diperlukan. Kecuali jika diperlukan isolasi, bangunan dan gudang semipermanen sering kali ditutup dengan atap bermutu rendah.

Sering kali, pentingnya ketahanan api tidak disadari, dan terkadang ditekankan secara keliru. Sangat penting untuk memiliki penutup atap yang tidak mudah terbakar dari bara api. Peraturan bangunan di banyak kota melarang penggunaan jenis atap tertentu di area padat tempat kebakaran dapat menyebar dengan cepat. Underwriters Laboratories telah mengelompokkan berbagai jenis dan merek atap ke dalam kelas dari A hingga C menurut perlindungan yang diberikan terhadap penyebaran api. Kelas A adalah yang terbaik.

Penampilan bangunan dapat diubah secara material dengan menggunakan berbagai penutup atap dengan cara yang berbeda. Sirap kayu dan batu tulis sering digunakan untuk menghasilkan efek arsitektur. Atap bangunan dalam kelompok pertanian harus selaras warnanya, meskipun kesamaan kontur tidak selalu memungkinkan.

Tindakan atmosfer di daerah-daerah yang udaranya tercemar asap dari pekerjaan industri atau jenuh dengan garam (seperti di sepanjang pantai) memperpendek umur atap yang terbuat dari logam tertentu. Lembaran aluminium sangat rentan terhadap asap asam.

Semua atap tar batubara harus ditutup dengan terak atau lapisan mineral karena ketika terkena sinar matahari sepenuhnya, atap tersebut akan rusak. Pengamatan telah menunjukkan bahwa, secara umum, atap dengan permukaan berwarna terang menyerap lebih sedikit panas daripada atap dengan permukaan gelap.

Perhatian yang cukup besar harus diberikan pada kenyamanan yang diperoleh dari atap yang diisolasi dengan benar. Atap tipis yang tidak diisolasi memberikan sedikit perlindungan dari panas di musim panas dan dingin di musim dingin. Ketidaknyamanan dari panas musim panas dapat dikurangi sampai batas tertentu dengan memberikan ventilasi pada ruang di bawah atap. Tidak ada penutup atap yang biasa memiliki nilai isolasi yang berarti. Memasang insulasi dan menyediakan ventilasi adalah hal-hal lain yang dibahas di bagian lain buku ini.

13.8 MENDETEKSI KEBOCORAN ATAP

Atap yang dibangun dengan baik harus dirawat dengan baik. Pemeriksaan berkala harus dilakukan untuk mendeteksi kerusakan, sirap yang hilang, talang yang tersumbat, flashing yang rusak, dan sambungan mortar yang cacat pada cerobong asap, tembok pembatas, coping, dan sebagainya. Saat pertama kali melihat titik-titik lembap di langit-langit atau dinding, pemeriksaan atap yang cermat harus dilakukan untuk menentukan penyebabnya, dan kerusakan harus segera diperbaiki. Jika perbaikan tertunda, kerusakan kecil akan meluas dengan cepat dan tidak hanya melibatkan penutup atap, tetapi juga selubung, rangka, dan interior.

Banyak dari kerusakan ini dapat segera diperbaiki untuk mencegah air masuk ke interior dan memperpanjang umur atap. Kerusakan atau kegagalan yang besar harus diperbaiki oleh orang yang terbiasa dengan pekerjaan tersebut. Pada banyak jenis atap, orang yang tidak berpengalaman dapat menyebabkan lebih banyak kerusakan daripada manfaat. Kebocoran terkadang sulit ditemukan, tetapi pemeriksaan titik-titik basah di langit-langit memberikan petunjuk tentang kemungkinan lokasinya.

Dalam beberapa kasus, kebocoran sebenarnya mungkin agak jauh di lereng. Jika dekat cerobong asap atau dinding eksterior, kebocoran mungkin disebabkan oleh flashing yang rusak atau sempit, sambungan mortar yang longgar, atau coping yang terlepas. Pada atap datar, masalahnya mungkin akibat talang air yang tersumbat atau akumulasi air atau salju di atap yang lebih tinggi dari flashing. Flashing yang rusak dan longgar terkadang ditemukan di sekitar scuttles, kubah, dan pipa ventilasi pipa. Atap memburuk lebih cepat pada paparan selatan daripada pada paparan utara, yang terutama terlihat ketika sirap kayu atau komposisi digunakan.

Titik-titik basah di bawah area atap polos umumnya disebabkan oleh lubang pada penutupnya. Sering kali, tetesan air mungkin terjadi jauh di bawah lereng daripada lubang. Jika loteng tidak disegel dan strip atap telah digunakan, lubang dapat dideteksi dari dalam oleh cahaya yang bersinar melaluinya. Jika sepotong kawat tersangkut melalui lubang, lubang tersebut dapat ditemukan dari luar.

Terkadang talang air diatur sedemikian rupa sehingga ketika tersumbat, akan meluap ke dalam rumah, atau es yang terkumpul di atap akan membentuk tonjolan yang menahan salju yang mencair di bawah sirap. Ini adalah masalah umum jika atap datar dan atapnya lebar. Pipa pembuangan yang bocor memungkinkan air memercik ke dinding dan air yang terbawa angin dapat masuk melalui kerusakan ke bagian dalam. Metode yang tepat untuk digunakan dalam perbaikan tergantung pada jenis atap dan sifat serta tingkat kerusakannya.

Secara umum

Atap meliputi penutup atap (atau atap), selubung tempat atap diikat, dan rangka yang menopang komponen lainnya. Berbagai jenis sirap atau atap digunakan. Bahan untuk sirap dapat berupa aspal, genteng, fiberglass, baja, aluminium, kertas felt, atau beton. Atap yang dibangun membutuhkan penahan kerikil untuk menahan agregat dan aspal. Sirap kayu dengan mutu yang lebih baik terbuat dari cemara, cedar, dan kayu merah. Jumlah tumpang tindih merupakan faktor penting dalam penerapan sirap kayu. Sirap aspal dibuat dalam bentuk potongan dua, tiga, atau empat unit dalam tab yang disatukan, serta dalam bentuk sirap individual. Kertas felt yang diresapi telah digunakan selama lebih dari 150 tahun untuk lapisan bawah pada konstruksi perumahan.

Penempatan paku memengaruhi efektivitas sirap saat tertiup angin. Ada urutan yang pasti untuk pemasangan tepi tetes, Bituthene®, dan lapisan bawah. Tepi tetes dibuat dari lembaran logam tahan korosi. Tepi tetes memanjang 3 inci ke belakang dari tepi atap untuk membentuk tepi tetes. Lembaran logam ditekuk ke bawah di atas tepi atap. Talang air tersedia dalam berbagai bahan (termasuk kayu, logam, dan vinil). Kebanyakan orang lebih menyukai talang air logam. Anda bisa mendapatkannya dari baja berenamel atau aluminium, dengan yang terakhir menjadi favorit.

Atap yang dibangun dengan baik harus dirawat dengan baik. Pemeriksaan berkala harus dilakukan untuk mendeteksi kerusakan, sirap yang hilang, talang air yang tersumbat, flashing yang rusak, dan juga sambungan mortar cerobong asap, tembok pembatas, coping, dan sebagainya yang rusak.

Latihan Soal

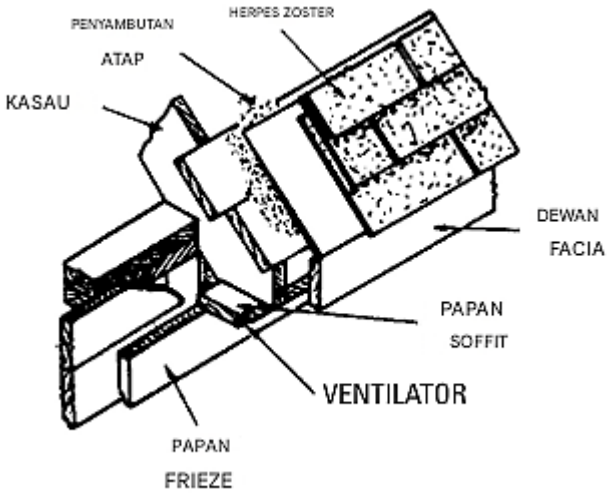
1. Apa saja yang termasuk dalam atap?
2. Jelaskan susunan atap yang dibangun.
3. Apa yang menentukan pilihan material atap?
4. Jenis atap apa yang digunakan untuk mengatasi masalah tertiup angin?
5. Di mana atap gulung digunakan?
6. Di mana penahan kerikil digunakan pada atap?
7. Jenis kayu apa yang digunakan untuk sirap kayu?
8. Jelaskan perbedaan antara kapak, adz, dan kapak loncat.
9. Apa yang digunakan untuk lapisan bawah atap?
10. Bagaimana cara menghilangkan kemacetan es?

BAB 14
KONSTRUKSI CORNICE

Cornice adalah tonjolan atap pada bagian atap yang membentuk sambungan antara atap dan dinding samping. Jenis umum konstruksi cornice adalah kotak, tertutup, kotak lebar, dan terbuka.

14.1 CORNICE KOTAK

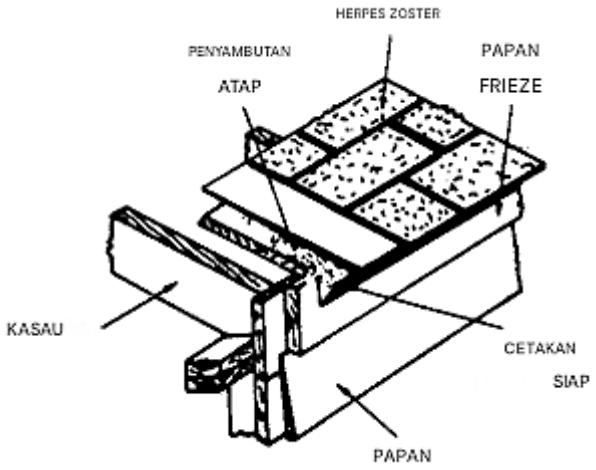
Cornice kotak yang umum ditunjukkan pada Gambar 14.1 menggunakan tonjolan kasau untuk memaku permukaan papan fasia dan sofit. Sofit menyediakan area yang diinginkan untuk ventilasi masuk. Papan frieze sering digunakan di dinding untuk menerima pelapis dinding. Di daerah beriklim di mana bendungan salju dan es dapat terbentuk di atap yang menjorok, sofit cornice dapat dimiringkan ke luar dan dibiarkan terbuka $^1/_4$ inci di papan fasia untuk drainase.



Gambar 14.1 Konstruksi cornice kotak.

14.2 CORNICE TERTUTUP

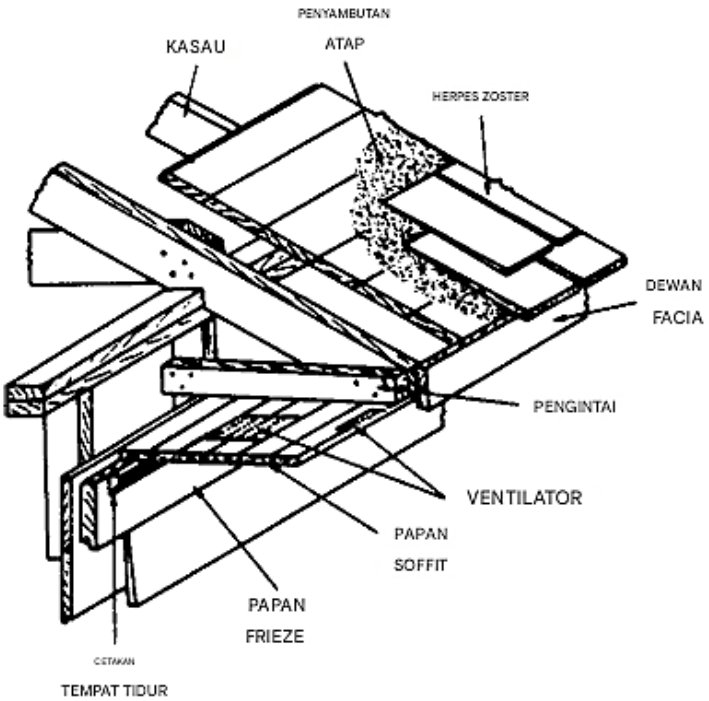
Cornice tertutup yang ditunjukkan pada Gambar 14.2 tidak memiliki tonjolan kasau. Bagian yang menjorok hanya terdiri dari papan frieze dan sirap atau cetakan mahkota. Jenis ini tidak sepopuler cornice dengan tonjolan, karena memberikan perlindungan yang lebih sedikit pada dinding samping.



Gambar 14.2 Konstruksi cornice tertutup.

14.3 CORNICE KOTAK LEBAR

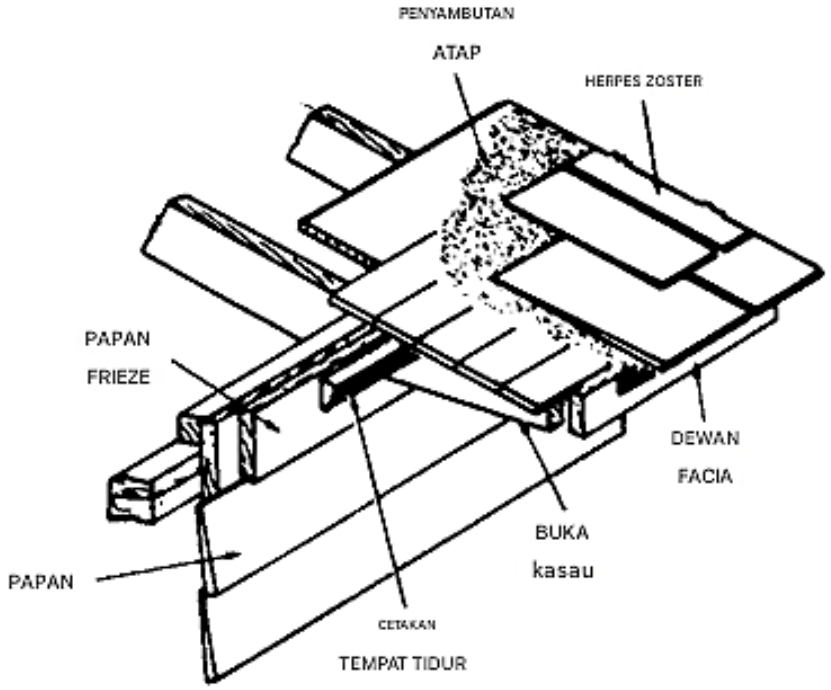
Cornice kotak lebar pada Gambar 14.3 memerlukan anggota pembentuk yang disebut lookout, yang berfungsi sebagai permukaan paku dan penyangga papan soffit. Lookout dipaku pada ujung kasau dan dipaku pada selubung dinding dan langsung ke tiang. Soffit dapat terbuat dari berbagai bahan (seperti papan langit-langit bermanik, kayu lapis, atau aluminium), baik yang berventilasi maupun polos. Cetakan alas dapat digunakan pada sambungan soffit dan frieze, jenis cornice ini sering digunakan pada rumah-rumah dengan atap pinggul, dan papan fasia biasanya mengelilingi seluruh perimeter rumah.



Gambar 14.3 Konstruksi cornice lebar.

14.4 CORNICE TERBUKA

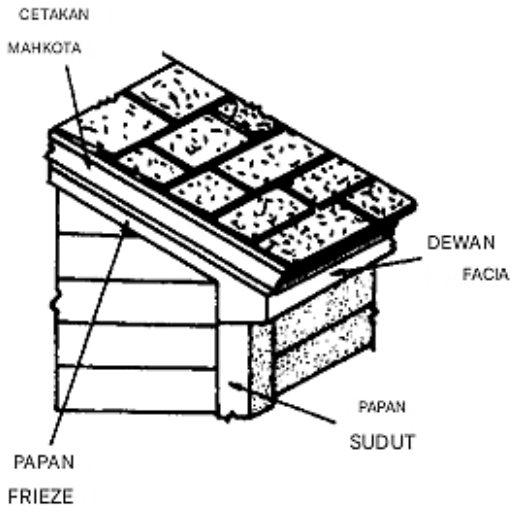
Cornice terbuka yang ditunjukkan pada Gambar 14.4 dapat terdiri dari papan fasia yang dipaku ke ujung kasau. Frieze dibuat berlekuk atau dipotong agar pas di antara kasau dan kemudian dipaku ke dinding. Cornice terbuka sering digunakan untuk garasi. Bila digunakan pada rumah, papan atap terlihat dari bawah dari ujung kasau ke garis dinding dan harus terdiri dari bahan yang sudah jadi. Papan bermanik-V yang dirapikan atau dicocokkan sering digunakan.



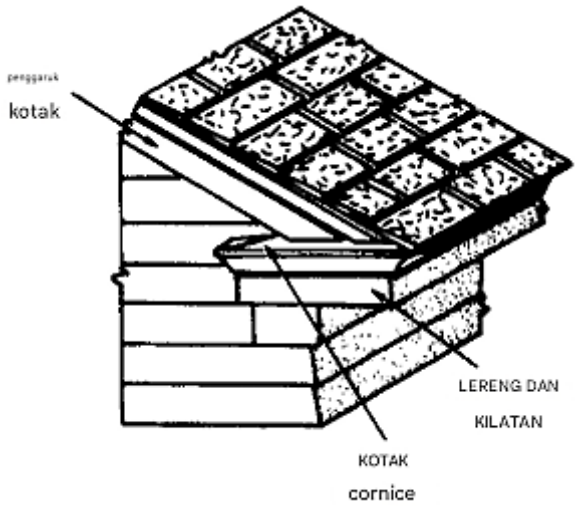
Gambar 14.4 Konstruksi cornice terbuka.

14.5 CORNICE RETURNS

Cornice return adalah lapisan akhir cornice pada atap pelana. Desain cornice return sangat bergantung pada kemiringan atau tonjolan atap pelana dan pada jenis cornice yang digunakan. Pada kemiringan tertutup (ujung atap pelana dengan tonjolan yang sangat kecil), perlu menggunakan frieze atau papan kemiringan sebagai lapisan akhir untuk ujung dinding, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.5. Papan ini biasanya setebal $1^1/_8$ inci dan mengikuti kemiringan atap untuk memenuhi bagian belakang fasia cornice. Cetakan mahkota atau jenis lapisan akhir lainnya digunakan di tepi sirap.

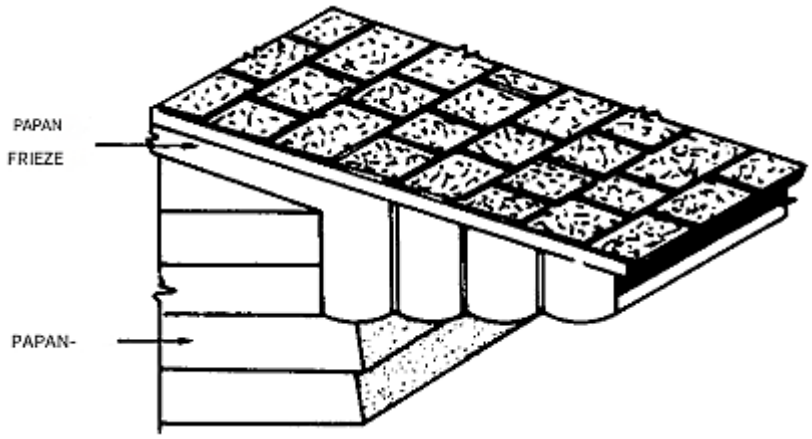


Gambar 14.5 Pengembalian cornice tertutup.



Gambar 14.6 Pengembalian cornice kotak.

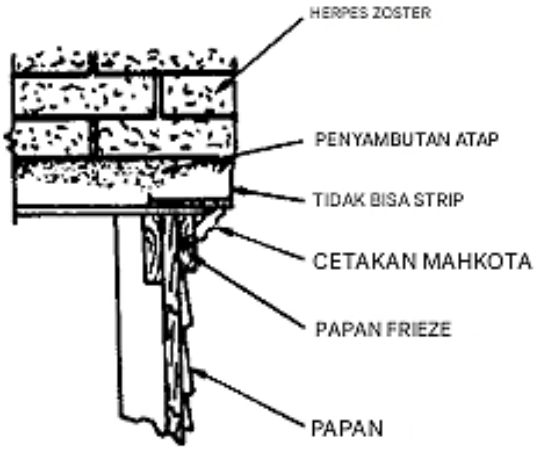
Bila ujung atap pelana dan cornice memiliki beberapa tonjolan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.6, kotak dapat digunakan sebagai return. Trim pada tonjolan rake diselesaikan pada return cornice. Cornice lebar dengan tonjolan atap pelana kecil dapat diselesaikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.7. Banyak variasi detail trim ini yang memungkinkan. Misalnya, papan frieze pada ujung atap pelana dapat dibawa ke garis rake dan disambung dengan papan fasia cornice. Pelapis dinding ini kemudian dibawa melintasi ujung cornice untuk membentuk return.



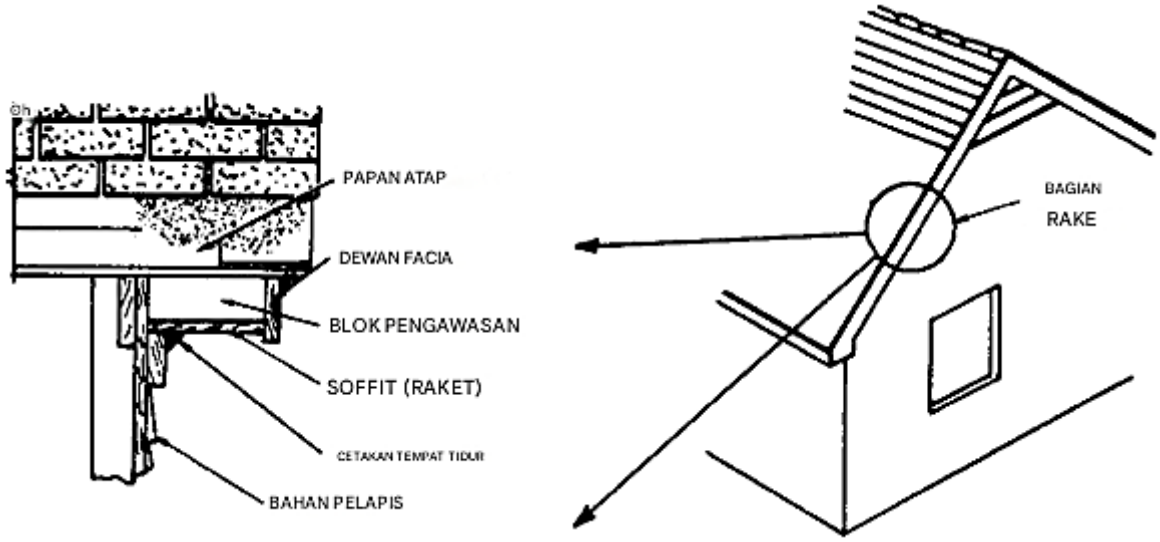
Gambar 14.7 Cornice return yang lebar.

14.6 GABLE-END FINISH ATAU RAKE

Bagian rake adalah lis yang digunakan di sepanjang ujung atap pelana rumah. Ada tiga jenis umum yang umum digunakan: yang tertutup, kotak dengan tonjolan, dan yang terbuka. Rake tertutup (Gambar 14.8) sering kali terdiri dari papan frieze atau rake dengan crown molding sebagai finishing. Terkadang, molding tepi persegi berukuran 1 inci 2 inci digunakan sebagai ganti crown molding. Bila selubung papan serat digunakan, perlu menggunakan papan frieze sempit yang akan menyisakan permukaan untuk memaku pelapis dinding ke ujung kasau.



Gambar 14.8 Hasil akhir tertutup.

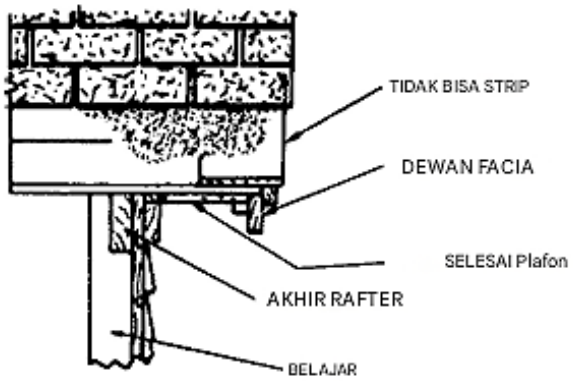


Gambar 14.9 Finishing ujung kotak.

Jika menggunakan frieze lebar, blok paku harus disediakan di antara tiang. Selubung kayu tidak memerlukan blok paku. Trim yang digunakan untuk bagian rake kotak memerlukan dukungan papan atap yang menonjol, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.9. Selain itu, pengintai untuk blok paku diikat ke dinding samping dan ke selubung atap. Pengintai ini berfungsi sebagai permukaan paku untuk soffit dan papan fasia. Ujung papan atap dipaku ke fasia. Papan frieze dipaku ke tiang dinding samping, dan cetakan mahkota dan alas melengkapi trim. Bagian bawah selubung atap dari rake menonjol terbuka (Gambar 14.10) umumnya ditutupi dengan papan pelapis seperti langit-langit manik-manik $^5/_8$ inci. Fasia ditahan di tempatnya oleh paku melalui selubung atap.

Ringkasan

Cornice adalah tonjolan atap pada bagian atap yang membentuk sambungan antara atap dan dinding samping. Jenis konstruksi cornice secara umum adalah kotak, tertutup, kotak lebar, dan terbuka.



Gambar 14.10 Hasil akhir yang terbuka.

Cornice return adalah lapisan akhir cornice pada atap pelana. Bagian rake adalah trim yang digunakan di sepanjang ujung atap pelana rumah. Facia ditahan di tempatnya oleh paku melalui selubung atap.

Bagian bawah selubung atap dari rake yang menonjol terbuka umumnya ditutupi dengan papan pelapis (seperti langit-langit manik-manik $^5/_8$ inci). Facia ditahan di tempatnya oleh paku melalui selubung atap.

Latihan Soal

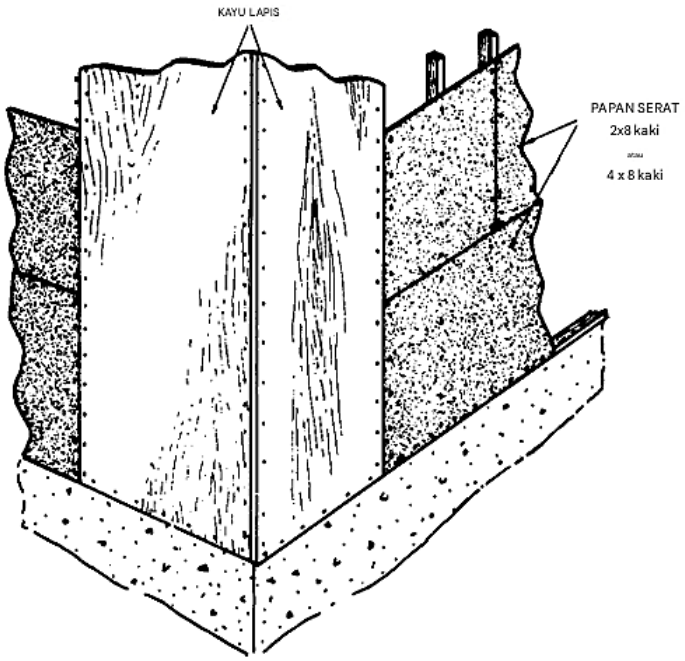
1. Apa itu cornice?
2. Apa perbedaan antara cornice kotak dan cornice tertutup?
3. Apa itu cornice return?
4. Apa arti kata rake dalam pekerjaan atap?
5. Apa itu papan frieze?
6. Di mana bed molding ditempatkan?

BAB 15
PELAPIS DAN DINDING

Pelapis dipaku langsung ke rangka bangunan. Tujuannya adalah untuk memperkuat bangunan, menyediakan dinding dasar tempat pelapis akhir dapat dipaku, berfungsi sebagai insulasi, dan, dalam beberapa kasus, menjadi dasar untuk insulasi lebih lanjut. Beberapa jenis pelapis yang umum termasuk papan serat, kayu, dan kayu lapis.

15.1 PELAPIS PAPAN SERAT

Papan serat biasanya tersedia dalam lembaran berukuran 2 kaki x 8 kaki atau 4 kaki x 8 kaki yang beralur dan beralur, dan umumnya dilapisi atau diresapi dengan bahan aspal untuk meningkatkan ketahanan air. Ketebalannya biasanya $^{1}/_{2}$ dan $^{25}/_{32}$ inci. Pelapis papan serat dapat digunakan jika jarak antar tiang tidak melebihi 16 inci, dan harus dipaku dengan paku atap galvanis berukuran 2 inci atau jenis paku nonkorosif lainnya. Jika papan serat digunakan sebagai selubung, sebagian besar pembangun akan menggunakan kayu lapis di semua sudut (ketebalan selubung) untuk memperkuat dinding, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.1.



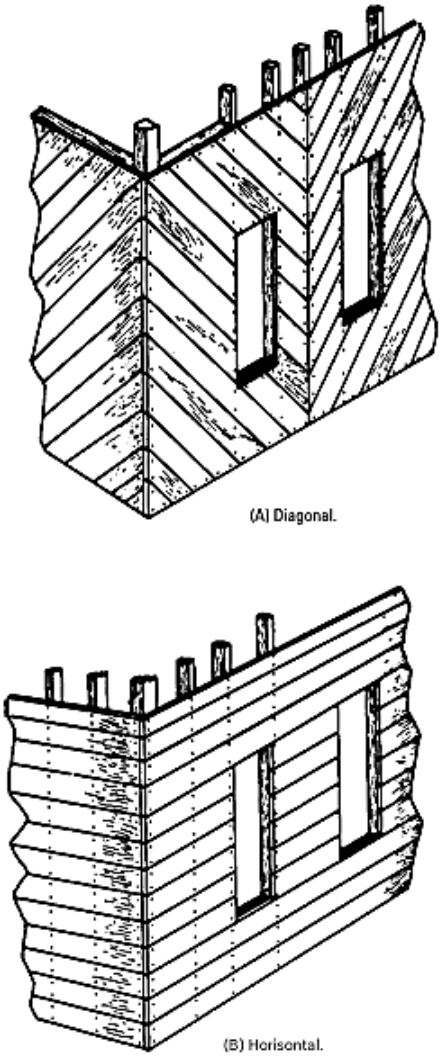
Gambar 15.1 Metode penggunaan kayu lapis di semua sudut sebagai penyangga saat menggunakan papan serat sebagai selubung eksterior.

15.2 SELUBUNG KAYU SOLID

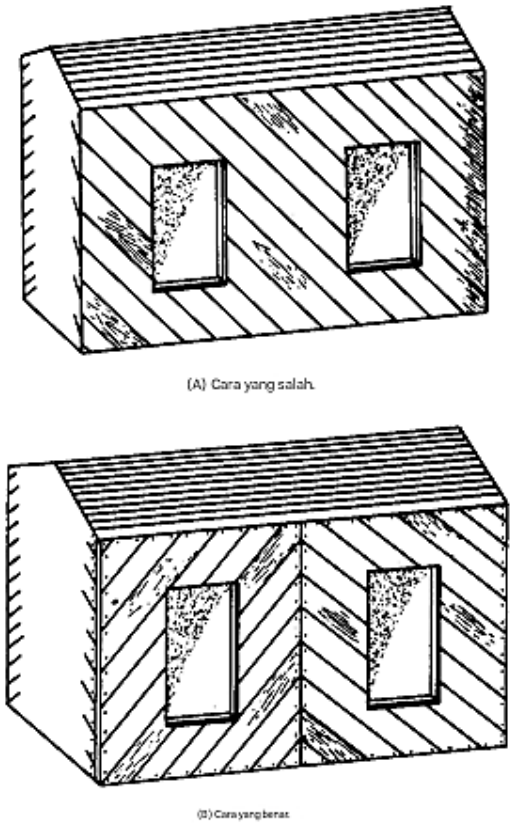
Selubung dinding kayu dapat diperoleh dalam hampir semua lebar, panjang, dan mutu. Umumnya, lebarnya berkisar antara 6 hingga 12 inci, dengan panjang yang dipilih untuk penggunaan ekonomis. Semua selubung dinding kayu solid yang digunakan memiliki ketebalan

$^{25}/_{32}$ hingga 1 inci. Bahan ini dapat dipaku secara horizontal atau diagonal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.2. Selubung kayu dipasang dengan kencang, dengan semua sambungan dibuat di atas tiang. Jika selubung akan dipasang secara horizontal, selubung harus dimulai dari fondasi dan dikerjakan ke arah atas. Jika selubung dipasang secara diagonal, selubung harus dimulai dari sudut bangunan dan dikerjakan ke arah tengah atau tengah.

Selubung diagonal harus diterapkan pada sudut 45 derajat. Metode pelapisan ini sangat memperkuat kekakuan dinding dan menghilangkan kebutuhan akan penyangga sudut. Metode ini juga memberikan ikatan yang sangat baik ke pelat ambang saat dipasang secara diagonal. Ada lebih banyak limbah kayu daripada pelapisan horizontal karena pemotongan sudut, dan penerapannya agak lebih sulit. Gambar 15.3 menunjukkan cara yang salah dan cara yang benar untuk memasang pelapisan diagonal.



Gambar 15.2 Dua metode pemakuan pada selubung kayu

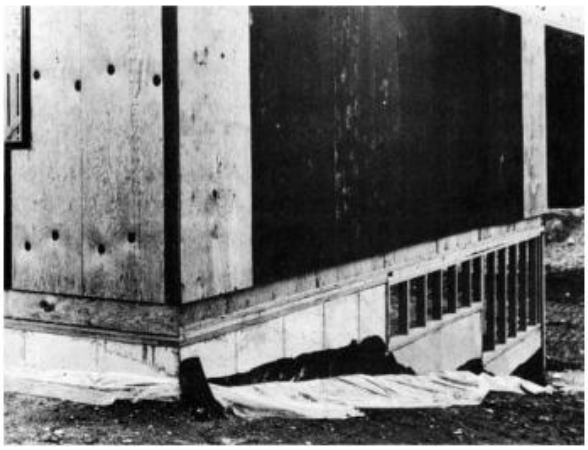


Gambar 15.3 Cara pemasangan selubung yang benar dan salah.

15.3 PELAPISAN KAYU LAPIS

Kayu lapis sebagai pelapis dinding sangat direkomendasikan karena ukuran, berat, dan stabilitasnya, ditambah kemudahan dan kecepatan pemasangan (Gambar 15.4). Pelapisan ini menambahkan kekuatan yang jauh lebih besar pada struktur rangka daripada pelapisan horizontal atau diagonal konvensional.

Pelapisan kayu lapis mudah dan cepat dipasang, menambah kekuatan yang besar pada struktur, dan menghilangkan kebutuhan akan penyangga kayu yang dapat dimasukkan ke sudut. Pelapisnya dapat berupa kayu lapis, OSB, atau papan wafer. Meskipun tripleks dapat dipasang secara vertikal atau horizontal, tripleks harus dipasang secara horizontal dengan tiang berjarak 24 inci di tengah (oc). Tripleks tiga lapis $^3/_8$ inci, yang dipasang secara horizontal, memiliki ketebalan yang dapat diterima untuk tiang berjarak 24 inci.

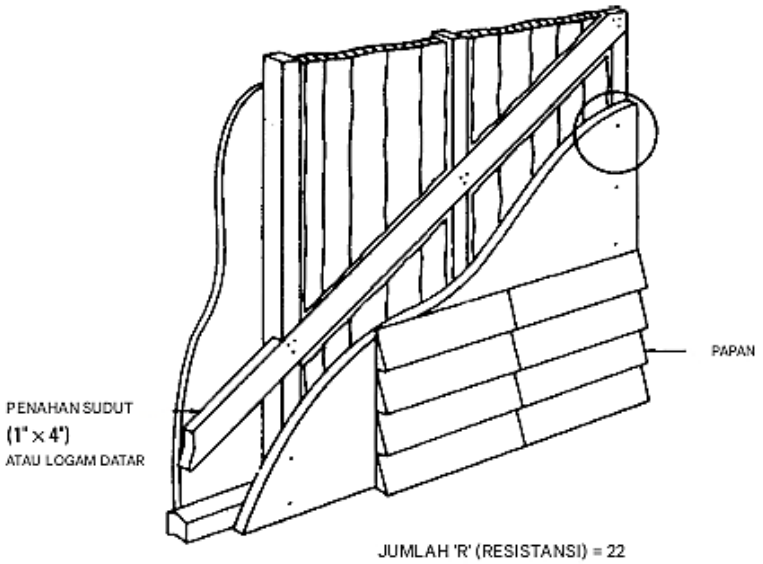


Gambar 15.4 Kayu lapis merupakan pelapis yang populer. Di sini, kayu lapis digunakan di sudut-sudut dengan papan serat.

15.4 SELUBUNG BUSA EKSTERIOR KAKU

Krisis OPEC pada tahun 1973 menyaksikan peningkatan mendadak dalam penggunaan bahan selubung isolasi non-struktural. Bentuk umum bahan saat ini adalah XPS, seperti Dow STYROFOAM, Formular, Amo-foam, dan papan berlapis aluminium poliisosianurat seperti Ther-max, HI-R Sheathing, Energy Shield, dan pendatang baru, papan busa fenolik yang disebut Koppers RX. Awalnya diproduksi oleh Koppers, lini produk tersebut dijual ke Johns Manville pada tahun 1989. Manville kemudian mengganti namanya menjadi Weathertight Premier.

Karena papan ini nonstruktural, bangunan harus ditopang terhadap gaya rak. Bentuk penyangga tradisional adalah penyangga sudut yang dapat ditembus kayu (Gambar 15.5). Selama bertahun-tahun, penyangga sudut yang dapat ditembus menjadi standar konstruksi. Diperkenalkannya bahan struktural yang lebih hemat tenaga kerja, seperti kayu lapis, membuat penggunaan penyangga yang dapat ditembus tidak diperlukan lagi. Hal ini jarang terlihat saat ini. Beberapa pembangun dan pejabat kode masih percaya bahwa bahan ini harus digunakan bahkan dengan selubung kayu lapis. Pejabat bangunan lainnya mengharuskan penggunaan bahan ini dengan papan wafer, tetapi tidak dengan kayu lapis.



Gambar 15.5 Penahan masuk kayu sudut.

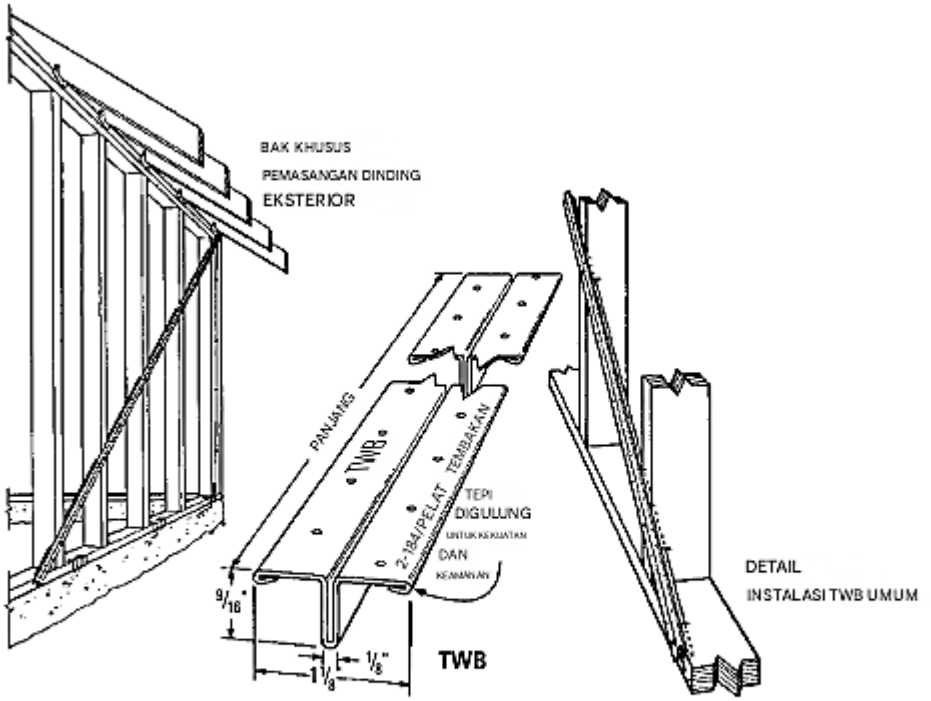
Kode BOCA, UBC, ICC, dan SBCCI tidak memerlukan penyangga sudut let-in saat selubung kayu diagonal, kayu lapis, atau papan wafer seperti panel OSB dan Aspenite® digunakan. Selubung lain seperti Thermo-Ply®, juga diizinkan saat digunakan secara vertikal. Selubung Thermo-Ply diproduksi dari lapisan serat panjang Kraft yang tahan air dan cuaca yang diolah secara khusus. Menggunakan perekat tahan air, lapisan tersebut dilaminasi dengan tekanan. Permukaan akhir berupa aluminium foil reflektif yang dilaminasi dengan tekanan secara terus-menerus ke substrat multi-lapis. Thermo-Ply tersedia dalam tiga tingkatan berikut:

- Merah—Untuk rangka oc d 16 inci
- Biru—Untuk oc m 24 inci
- Hijau—Tingkat utilitas

Baik tingkat Merah maupun Hijau disebut tingkat Stormbrace dan dapat digunakan tanpa penyangga sudut let-in. Tingkat utilitas Biru memerlukan penyangga sudut let-in. Surat Edaran Teknis No. 12, "Standar untuk menguji ketahanan material selubung terhadap guncangan," dirilis pada tahun 1949 oleh *Federal Housing Administration* (FHA). Surat ini dimaksudkan sebagai standar sementara hingga standar kinerja baru diperkenalkan. Seperti halnya standar ventilasi ruang bawah tanah, standar sementara cenderung menjadi permanen. Ini masih menjadi standar yang digunakan oleh kode BOCA (ICC). Standar ini mengharuskan dinding menahan beban guncangan sebesar 5.200 pon. Standar yang ada didasarkan pada kekuatan guncangan dinding dengan penyangga sudut yang dapat disambungkan dan selubung papan horizontal. Selubung nonstruktural dan penyangga sudut yang dapat disambungkan diizinkan oleh beberapa kode.

Namun, hanya sedikit pengujian panel dinding dengan penyangga yang dapat disambungkan yang telah dilakukan selama hampir 30 tahun. Kualitas pengerjaan dan kayu tidak ditentukan. Laboratorium teknik yang melakukan uji guncangan yang sama sering kali

menghasilkan hasil yang berbeda. Karena meningkatnya penggunaan penahan sudut let-in, kurangnya standar teknik, dan sedikit informasi tentang bagaimana penahan sudut let-in benar-benar bekerja ketika dipasang sesuai dengan standar 1949, para insinyur memutuskan untuk melakukan beberapa penelitian untuk mendapatkan jawaban dan mengembangkan standar teknik untuk uji rak. Penelitian ini menunjukkan bahwa penahan let-in tanpa selubung papan horizontal gagal jauh di bawah level 5200 pon. Kualitas kayu dan pengerjaan memengaruhi kekuatan penahan. Kekuatan dan kekakuan penahan itu penting. Kekuatan akhir penahan dikontrol oleh rangka stud. Sayangnya, sebagian besar penahan let-in dipotong-potong. Metode yang lebih baik untuk memperkuat dinding (lebih sedikit pemotongan) adalah dengan menggunakan penahan logam berat, seperti penahan dinding Simpson Strong-Tie TWB T-Type (Gambar 15.6). Kerf dibuat dengan gergaji dan penahan kemudian disadap dan dipaku.



MODEL NO.	PANJANG	SUDUT DAN UKURAN DINDING	PENGENCANG	
			PIRING	STUDI
TWB10	9' 3"	8' @ 60°	2-16d	1-8d
TWB12	11' 4"	8' @ 45°	2-16d	1-8d
TWB14	14' 2"	10' @ 45°	2-16d	1-8d

Gambar 15.6 Penahan dinding tipe T Simpson Strong-Tie TWB.

15.5 KERTAS SELUBUNG

Baik kertas felt Tipe 15 maupun kertas rosin merupakan kertas selubung tradisional. Pada tahun 1950an, Dupont mengembangkan bahan olefin yang dipintal dan diikat, yang pertama kali digunakan sebagai penutup di atas pegas tempat tidur. Tujuan penggunaan lainnya adalah untuk melindungi insulasi loteng dari efek angin yang bertiup di atas, di bawah, dan melaluinya karena angin akan mengurangi efektivitas insulasi. Para ahli berdebat pro dan

kontra mengenai hal ini, tetapi para peneliti Kanada menemukan bahwa jika cukup banyak udara luar yang masuk ke dalam insulasi, efektivitasnya akan berkurang.

Negara bagian Minnesota telah merevisi kode bangunannya untuk mewajibkan penghambat udara guna mencegah atau mengurangi infiltrasi udara ke dalam insulasi lantai loteng. Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti memperpanjang selubung di antara kasau/rangka hingga 2 inci dari bagian bawah selubung atap. Ini adalah pertama kalinya kode bangunan negara bagian mana pun menyertakan perincian tersebut untuk mencegah degradasi insulasi. Penghambat udara juga mencegah insulasi isi longgar masuk dan menghalangi ventilasi sofit.

Olefin spun-bonded Dupont, Tyvek, terbuat dari polietilena. Lembaran tersebut dibentuk dengan memintal polietilena menjadi benang pendek yang kemudian disemprotkan ke dalam tikar dan diikat bersama. Tikar tersebut dipintal dengan rapat sehingga menjadi penghambat udara tetapi mudah membiarkan uap air melewatinya.

Tyvek hanyalah salah satu dari beberapa penghambat udara, atau pembungkus rumah, yang ada di pasaran. Parsec Airtight White sebenarnya adalah Tyvek. Pembungkus rumah lain yang tersedia adalah Parsec Airtight Wrap, Rufco-Wrap, VersaWrap, Air Seal, Barricade, Energy Seal, dan Typar. Parsec Airtight Wrap, Rufco-wrap, Tu-Tuf Air Seal, dan Versa-Wrap adalah film polietilena yang berlubang (semuanya adalah merek dagang terdaftar) dan disebut film berlubang. Barricade dan Typar adalah polipropilena spun-bonded, sedangkan Tyvek terbuat dari polietilena. Pelapis rumah ini hampir menggantikan kertas felt dan rosin sebagai kertas pelapis eksterior. Dupont telah membuat sejumlah perubahan pada Tyvek untuk meningkatkan kinerjanya, meningkatkan ketahanan sobeknya, dan memberinya perlindungan yang lebih baik terhadap radiasi ultraviolet dari matahari.

Fungsi Pelapis Rumah

Pelapis rumah bukanlah penghambat difusi uap (VDR), seperti yang diyakini sebagian orang. Pelapis rumah memiliki peringkat perm yang berkisar antara 10 hingga 80, terlalu tinggi untuk menjadi VDR. Menurut American Society of Heating, *Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) Handbook of Fundamentals (Atlanta: ASHRAE), peringkat VDR yang diterima secara umum adalah 1 perm. Permeabilitas, yang dinyatakan dalam perm, adalah ukuran seberapa mudah atau lancarnya uap air mengalir melalui suatu material. Sebagian besar bahan bangunan seperti plester, papan gipsum, kertas, kayu, beton, dan insulasi cukup berpori untuk memungkinkan uap air melewatinya. Seberapa mudah uap air bergerak melalui material bergantung pada materialnya.

Isolasi longgar memungkinkan uap air untuk melewatinya. Material seperti itu dikatakan memiliki permeabilitas tinggi. Beton dan kayu menawarkan resistensi yang lebih besar terhadap aliran uap air, dan memiliki permeabilitas yang lebih rendah. Tujuan dari VDR adalah untuk mengendalikan, menghambat, dan memperlambat pergerakan uap air. Polietilena, VDR yang paling umum, harus memiliki permeabilitas yang sangat rendah. Polietilena harus kedap air. VDR harus memiliki peringkat permeabilitas 1 atau kurang. Ada 7000 butir air dalam 1 pon air.

VDR adalah zat yang tidak akan membiarkan lebih dari satu butir uap air melewati satu

ft^2 material tersebut dalam satu jam, dengan perbedaan tekanan uap dari satu sisi material ke sisi lain sebesar satu inci merkuri (Perm = gr/jam/ft^2/in. Hg).

Ini kira-kira setengah pon per inci persegi. Penghambat difusi uap, kemudian, adalah material apa pun yang memiliki peringkat perm 1 atau kurang. Tabel 15.1 adalah daftar peringkat perm dari beberapa material bangunan umum.

Tabel 15.1 Nilai Permeabilitas Beberapa Bahan Bangunan Umum

Bahan	***Permeabilitas (Perm)***
Bahan yang Digunakan dalam Konstruksi	
Batu Bata (ketebalan 4 inci)	0.80
Blok beton (agregat batu kapur inti 8 inci)	2.40
Ubin pasangan bata, dilapisi kaca (ketebalan 4 inci)	0.12
Plester pada bilah logam $^3/_4$ inci)	15.0
Plester pada bilah kayu	11.0
Papan dinding gypsum (polos $^3/_8$ inci)	50.0
Papan keras (standar $^1/_8$ inci)	11.0
Kayu lapis (Douglas-fr, lem eksterior, tebal $^1/_4$ inci)	0.7
Isolasi Termal	
Udara (diam) (1 inci)	120.0
Kaca seluler	0.0
Papan gabus (1 inci)	2.1-2.6
Polistirena yang diekstrusi (1 inci)	1.2
Plastik dan Logam Foil dan Film	
Aluminium foil (1 juta)	0.0
Aluminium foil (0.35 juta)	0.05
Polietilen (4 juta)	0.08
Polietilen (6 juta)	0.06
Kertas Bangunan, Kain Felt, Kertas Atap	
Lembaran dupleks, aspal dilaminasi, aluminium foil satu sisi	0.002
Atap gulung jenuh dan berlapis	0.05
Kertas kraft dan aspal dilaminasi, diperkuat 30-120-30	0.03
Selimut kertas insulasi termal, dilapisi aspal	0.04
Kertas penghalang uap jenuh dan dilapisi aspal	0.2-0.3
aspal seberat 15 pon terasa	1.0
15 pon tar terasa	4.0
Kraft tunggal, ganda	31.0
Bahan Pelapis yang Diterapkan Secara Cair	
Cat-2 Lapisan	
Pernis aluminium pada kayu	0.3-0.5
Enamel pada plester halus	0.5-1.5
Berbagai primer ditambah 1 lapisan cat minyak datar pada plester	1.6-3.0
Cat-3 Lapisan	
Cat eksterior, timbal putih dan minyak pada pelapis kayu	0.3-1.0

Cat eksterior, timbal-seng oksida putih dan minyak pada kayu	0.90

Meskipun bukan VDR, pembungkus rumah juga dirancang untuk mengendalikan masuknya uap air dengan membiarkan uap air melewatinya. Misalnya, Tyvek akan membiarkan 77 kali lebih banyak uap air melewatinya daripada yang akan melewati lapisan bawah kain felt berukuran sama. Ketika dililitkan di bagian luar bangunan, pembungkus rumah berfungsi sebagai penghambat udara untuk menahan aliran angin ke dalam dinding. Mereka sangat (tetapi tidak sepenuhnya) kedap air (memiliki permeabilitas rendah) terhadap pergerakan udara melaluinya. Misalnya, Tyvek memiliki permeabilitas terukur sebesar 0.035 kaki kubik per kaki persegi. Jadi, mereka memiliki tujuan ganda: mencegah angin dan hujan masuk ke dalam dinding tetapi memungkinkan uap air keluar.

Apa pun merek pembungkus rumah yang digunakan, semua jahitan harus diberi selotip, dan bagian bawah pembungkus di pelat ambang harus disegel. Hanya menutupi bagian luar rumah dengan pembungkus rumah tidak menghentikan kebocoran udara. Pusat Bahan Konstruksi Kanada, sebuah divisi dari Dewan Riset Nasional Kanada, telah melakukan penelitian ekstensif tentang pita pembungkus rumah. Merek-merek berikut direkomendasikan:

- Pita Pembungkus Rumah Tyvek (dijual di Kanada dengan nama merek Tuck)
- Pita Selubung Kontraktor 3M No. 8086
- Pita Selubung Kontraktor Venture House Wrap no. 1585 CW-2 dan 1586 CW

Pembungkus yang menutupi bukaan jendela dan pintu dipotong dalam pola X, penutup dilipat di dalam dan di sekitar bukaan kasar, dan pintu dan jendela dipasang.

Untuk menutup celah antara kusen jendela dan pintu serta bukaan kasar dinding dengan benar, diperlukan penggunaan busa poliuretan (PUR) yang disemprotkan. Jangan gunakan fiberglass. Fiberglass tidak akan menghentikan angin masuk ke dalam rumah. Jika busa PUR digunakan, jangan lipat penutup di dalam dan di sekitar bukaan kasar. Jika penutup menggumpal di rongga, penyegelan menyeluruh dengan PUR tidak memungkinkan. Pastikan penutup rata dengan bagian dalam kancing bukaan kasar. Ini adalah jenis detail yang harus muncul pada gambar dan didiskusikan pada konferensi prakonstruksi.

Meskipun pembungkus rumah memiliki perlindungan ultraviolet, pembungkus tersebut tidak boleh dibiarkan terbuka selama berminggu-minggu atau berbulan-bulan. Tutupi dinding selatan dengan pembungkus rumah terlebih dahulu, dan pasang pelapis dinding sesegera mungkin.

Kebutuhan akan Pelapis Rumah

Pelapis rumah memang mengurangi infiltrasi udara baik ke dalam dinding eksterior maupun ke dalam rumah. Infiltrasi udara ke dalam dinding eksterior menyebabkan angin bertiup, membantu mendorong jamur dan lumut di sudut luar interior, dan menurunkan kinerja insulasi. Ada sedikit perbedaan nyata dalam kinerja antara merek-merek tersebut. Namun, ada juga sedikit bukti terdokumentasi untuk membuktikan klaim penghematan energi mereka. Ada satu atau dua penelitian, salah satunya oleh NAHB yang menunjukkan pengurangan 5 persen dalam tingkat infiltrasi alami rumah setelah dibungkus dengan Tyvek. Namun, penelitian juga menunjukkan bahwa hanya dengan menempelkan atau mendempul sambungan selubung berfungsi sama baiknya dengan membungkus seluruh rumah.

Pelapis rumah tidak boleh dilihat sebagai teknik penyegelan. Itu hanya satu elemen dalam sistem yang mencakup selubung. Rumah yang tertutup rapat tidak akan banyak mengalami perbaikan dengan pelapis rumah. Rumah yang bocor akan menunjukkan perbaikan yang cukup besar. Semua pelapis rumah akan menghentikan sebagian besar kebocoran udara, terlepas dari klaim yang diiklankan. Tidak semua ilmuwan bangunan percaya bahwa pelapis rumah diperlukan. Teknik penyegelan lainnya, menurut mereka, mungkin sama efektifnya. Setiap pembangun yang menggunakan *Airtight Drywall Approach* (ADA), yang menggunakan dempul, gasket, atau selotip, tidak akan banyak memperoleh manfaat dari penggunaan house wrap. Sayangnya, house wrap telah dipasarkan dengan sangat efektif sehingga banyak pembeli tidak akan membeli rumah baru yang tidak memiliki house wrap.

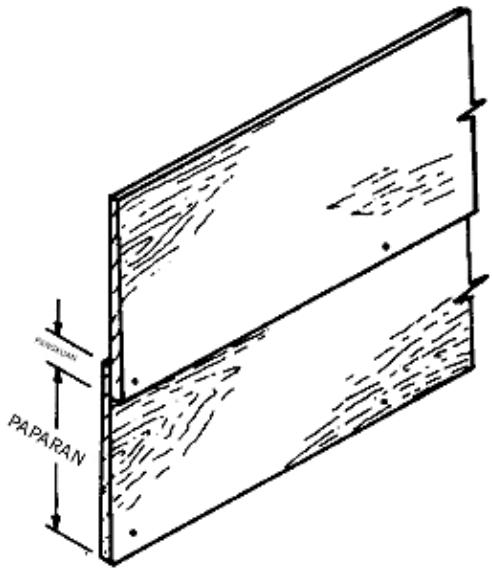
15.6 PELAPIS DINDING KAYU

Salah satu material yang paling menjadi ciri khas eksterior rumah-rumah Amerika adalah pelapis dinding kayu. Properti penting yang dibutuhkan untuk pelapis dinding kayu adalah karakteristik pengecatan yang baik, kualitas pengerjaan yang mudah, dan bebas dari lengkungan. Properti-properti ini hadir dalam kadar tinggi pada pohon cedar, pinus putih Timur, pinus gula, pinus putih Barat, cemara, dan kayu merah.

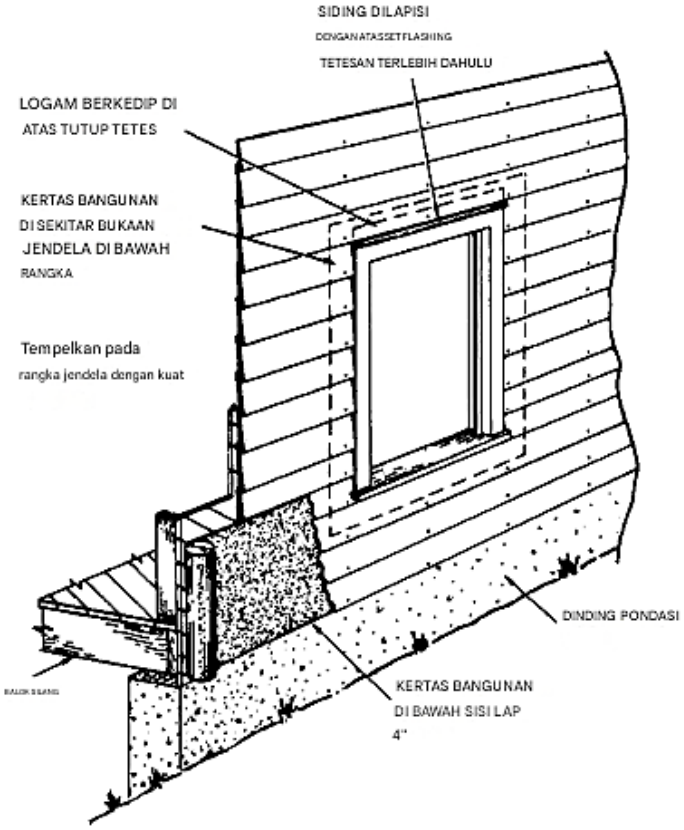
Material yang digunakan untuk pelapis dinding eksterior sebaiknya memiliki mutu pilihan, dan tidak boleh ada simpul, kantong getah, dan tepi bergelombang. Kadar air pada saat aplikasi harus sesuai dengan kadar air yang akan dicapai saat digunakan. Kadar air ini kira-kira 12 persen, kecuali di negara bagian Barat Daya yang kering, di mana kadar air rata-rata harus sekitar 9 persen.

Pelapis Bevel

Pelapis bevel polos (Gambar 15.7) dibuat dengan lebar nominal 4, 5, dan 6 inci dari sambungan $^{7}/_{16}$ inci dan lebar 6, 8, dan 10 inci dengan sambungan $^{9}/_{16}$ dan $^{11}/_{16}$ inci. Pelapis bevel umumnya disediakan dalam panjang acak yang bervariasi dari 4 hingga 20 kaki. Gambar 15.8 menunjukkan detail pemasangan.



Gambar 15.7 Pelapis dinding miring.



Gambar 15.8 Pemasangan pelapis dinding miring.

Pelapis Dinding Tetes

Pelapis dinding tetes umumnya setebal $^3/_4$ inci, dan dibuat dalam berbagai pola dengan tepi yang serasi atau tumpang tindih. Gambar 15.9 menunjukkan tiga pola umum pelapis dinding tetes yang diaplikasikan secara horizontal. Gambar 15.9A dapat diaplikasikan secara

vertikal, misalnya, di ujung atap pelana rumah. Pelapis dinding tetes dirancang untuk diaplikasikan langsung ke rangka.

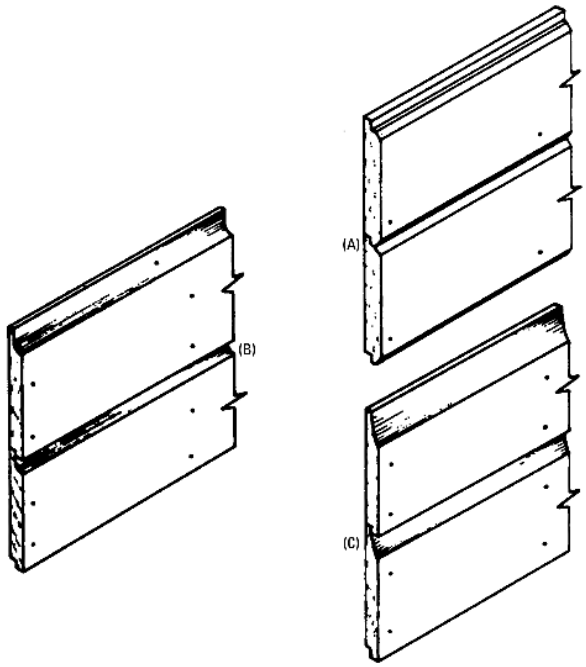
Dengan demikian, pelapis dinding tetes berfungsi sebagai selubung dan penutup dinding eksterior. Pelapis dinding tetes banyak digunakan dengan cara ini di bangunan pertanian (seperti gudang) dan garasi di seluruh wilayah negara. Jika digunakan di atas atau bersentuhan dengan material lain (seperti selubung atau kertas selubung), air dapat mengalir melalui sambungan. Air dapat tertahan di antara selubung dan pelapis dinding tetes. Kondisi ini menyebabkan cat mengelupas dan membusuk. Masalah seperti itu dapat dihindari jika dinding samping dilindungi oleh atap yang menjorok.

Pelapis Tepi Persegi

Pelapis tepi persegi atau papan berdinding papan yang terbuat dari papan berukuran $^{25}/_{32}$ inci kadang-kadang dipilih untuk efek arsitektur. Dalam hal ini, papan lebar umumnya digunakan. Sebagian pelapis ini juga dibuat miring di bagian belakang di bagian atas agar papan dapat diletakkan agak dekat dengan selubung, sehingga menghasilkan permukaan paku yang kokoh.

Pelapis Vertikal

Pelapis vertikal umumnya digunakan pada ujung atap pelana rumah, di atas pintu masuk, dan terkadang untuk area dinding yang besar, jenis yang digunakan dapat berupa papan yang permukaannya polos dan serasi, papan yang berpola, atau papan bertepi persegi yang ditutupi dengan strip reng pada sambungannya. Pelapis vertikal yang serasi sebaiknya tidak lebih dari 8 inci lebarnya dan harus memiliki dua paku 8d dengan jarak tidak lebih dari 4 kaki. Blok penyangga harus ditempatkan di antara tiang untuk menyediakan dasar paku yang baik. Bagian bawah papan harus dipotong untuk membentuk tetesan air.



Gambar 15.9 Jenis-jenis drop siding: (A) V-rustic, (B) drop, (C) rustic drop.

Pelapis tipe reng sering digunakan dengan papan bertepi persegi lebar yang, karena lebarnya, dapat mengalami pemuaian dan penyusutan yang cukup besar. Strip reng yang digunakan untuk menutupi sambungan harus dipaku hanya pada satu papan pelapis sehingga papan yang berdekatan dapat membengkak dan menyusut tanpa membelah papan atau strip reng.

Pelapis Kayu Lapis

Kayu lapis sering digunakan di ujung atap pelana, terkadang di sekitar jendela dan teras, dan terkadang sebagai penutup dinding eksterior secara keseluruhan. Lembaran dibuat polos atau dengan garis-garis yang dipotong tidak teratur. Dapat diaplikasikan secara horizontal atau vertikal. Sambungan dapat dibentuk dari reng, alur-V, atau rata. Kadang-kadang dipasang sebagai pelapis dinding tumpang tindih. Pelapis dinding kayu lapis harus dari kelas eksterior, karena rumah-rumah sering kali dibangun dengan atap yang sedikit menjorok, terutama di ujung atap pelana.

Hal ini memungkinkan air hujan mengalir bebas di atas permukaan dinding. Untuk dinding yang tidak dilapisi, ketebalan yang ditunjukkan pada Tabel 15.2 disarankan.

Tabel 15.2 Ketebalan Pelapis Kayu Lapis

Ketebalan Minimal	Ruang Tiang Maksimal
$^3/_8$ inci	16 inci di tengah
$^1/_2$ inci	20 inci di tengah
$^5/_8$ inci	24 inci di tengah

Dinding yang Diolah

Jika air hujan mengalir bebas di atas permukaan dinding (seperti ketika atap yang menjorok di sepanjang sisi atau ujung atap pelana rumah sedikit), air dapat mengalir ke bawah tumpang tindih pada dinding miring atau melalui sambungan pada dinding miring karena aksi kapiler, dan menyediakan sumber kelembapan yang dapat menyebabkan cat mengelupas atau mengelupas.

Pengaplikasian pengawet anti air yang banyak pada bagian belakang dinding akan cukup efektif dalam mengurangi aksi kapiler pada dinding miring. Pada dinding miring, pengaplikasian akan dilakukan pada tepi yang serasi. Mencelupkan dinding ke dalam anti air akan lebih efektif lagi. Anti air harus diaplikasikan pada semua potongan ujung, pada titik-titik sambungan, dan tempat dinding bertemu dengan trim pintu dan jendela.

Pelapis Papan Keras

Bab 7 membahas tentang pembuatan, jenis dasar, ukuran, dan penyelesaian pelapis papan keras. Keberhasilan kinerja pelapis papan keras bergantung pada kualitas pemasangan dan kelembapan.

Kelembapan

Meskipun papan keras adalah kayu asli, papan keras adalah kayu yang dihomogenkan, dan berperilaku berbeda dari kayu alami padat yang belum diproses. Papan keras rentan terhadap kelembapan. Proses pembuatannya menghasilkan papan keras yang sangat kering.

Papan keras harus dibiarkan menyerap kelembapan dan menjadi stabil sebelum dipasang. Karena merupakan kayu yang dihomogenkan, papan keras akan mengembang lebih panjang daripada sepotong pelapis kayu padat. Jika dipaku hingga kering, pelapis papan keras akan mengembang dan melengkung.

Sebagian besar kerusakan papan keras disebabkan oleh penyerapan kelembapan. Industri papan keras telah menetapkan standar ekspansi 2,4 inci untuk setiap 50 kaki pelapis. Ekspansi sebanyak itu akan menyebabkan tekukan parah, lengkungan pelapis menjauh dari dinding, dan menarik paku menembus pelapis. Ekspansi/tekuk dapat memberikan gaya yang cukup besar pada tiang penyangga hingga menimbulkan retakan pada lembaran batu.

Lengkungan/tekuk menjadi lingkaran setan. Paku yang ditarik lebih dalam ke dinding, ujung yang tidak dicat, dan jahitan yang tidak didempul membuat kayu yang tidak terlindungi terbuka terhadap penyerapan air yang lebih banyak. Lebih banyak air berarti lebih banyak pemuaian, lebih banyak pencabutan paku, dan seterusnya. Sering kali, pembangun, kontraktor dinding, atau keduanya bersalah karena menjepit ujung-ujungnya terlalu erat, mengecat dengan tidak benar, dan gagal mendempul. Namun, kegagalan tetap terjadi meskipun semua tindakan pencegahan telah diikuti dengan saksama.

Papan keras berkinerja terbaik di wilayah kering negara ini, dan buruk di wilayah Tenggara yang panas dan lembap. Ada masalah dengan dinding di New England. Seperti halnya produk apa pun, ada pembangun yang mengatakan bahwa mereka tidak pernah mengalami masalah apa pun. Oleh karena itu, jika dinding papan keras adalah pilihannya, petunjuk pabrik harus diikuti dengan ketat.

Rekomendasi

Berikut ini adalah beberapa rekomendasi untuk menggunakan dinding papan keras:

- Periksa apakah brosur petunjuk disertakan dengan dinding.
- Simpan pelapis dinding di bangunan yang kering dan tidak dipanaskan, atau di bawah terpal. Ini memungkinkan pelapis dinding menjadi stabil dan meminimalkan pemuaian atau penyusutan.
- Pisahkan ikatan dan pisahkan lapisan dengan tongkat agar udara dapat bersirkulasi sepenuhnya di sekitar setiap bagian.
- Jaga bagian bawah pelapis dinding 8 inci di atas permukaan tanah.
- Ikuti petunjuk pabrik untuk jarak antar papan. Jarak dapat bervariasi dari $^{1}/_{16}$ inci hingga $^{3}/_{16}$ inci. Jika strip H digunakan, celah yang lebih lebar mungkin diperlukan.
- Tutup celah atau gunakan strip H yang diproduksi khusus untuk menutup celah.
- Apakah akan mendempul atau menggunakan strip H mungkin tergantung pada preferensi dan tampilan. Bagi sebagian orang, dempul terlihat lebih halus daripada strip H. Dempul dapat menyebabkan masalah penyerapan air jika terlepas saat papan mengembang atau menyusut. Dempul silikon tidak akan menyerap cat. Gunakan dempul uretan atau akrilik.
- Baik papan sudut dalam maupun luar harus cukup tebal untuk menutupi ujung-ujung dinding luar. Sisakan celah $^{1}/_{8}$ inci antara papan dan lis, lalu dempul.
- Ikuti petunjuk pabrik mengenai jenis dan ukuran paku. Paku harus ditancapkan dengan

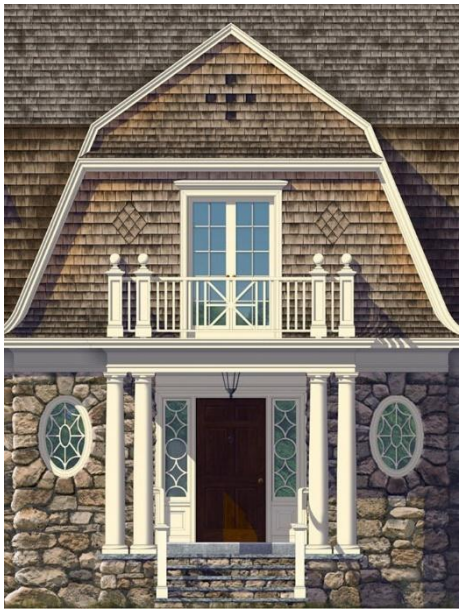
hati-hati dan rata dengan permukaan. Penancapan yang terlalu dalam akan merusak permukaan dinding luar dan membuatnya mudah menyerap kelembapan. Karena papan keras adalah material padat, paku akan mendorong material dinding luar ke samping. Material ini kemudian dapat dipaksa ke permukaan papan dan membentuk gundukan kecil. Jika paku ditancapkan terlalu dalam, dempullah. Jika gundukan terlihat, dempullah.

- Jangan biarkan dinding luar menua. Cat atau warnai dalam batas waktu yang ditetapkan oleh pabrik. Gunakan hanya cat/pewarna yang direkomendasikan untuk digunakan pada papan keras.
- Tugaskan seseorang untuk memeriksa pengecatan/pelapisan dasar untuk mencari titik-titik kosong (disebut hari libur oleh tukang cat).

Salah satu solusi untuk beberapa masalah ini adalah menggunakan pelapis dinding yang sudah jadi dengan paku tersembunyi, bukan papan berpaku di bagian depan. Ini menghilangkan satu jalur masuknya kelembapan.

15.6 SIRAP DAN GENTENG KAYU

Sirap dan genteng kayu cedar (Gambar 15.10) juga tersedia. Genteng dan genteng ini tersedia dalam berbagai tingkatan, dan dapat diaplikasikan dengan beberapa cara. Anda bisa mendapatkannya dengan lebar acak 18 hingga 24 inci atau 18 inci yang seragam. Genteng dapat dipasang pada selubung biasa atau di bawah genteng, yang menghasilkan efek bayangan. Kayu cedar, tentu saja, tahan terhadap cuaca dengan baik dan tidak perlu dicat.

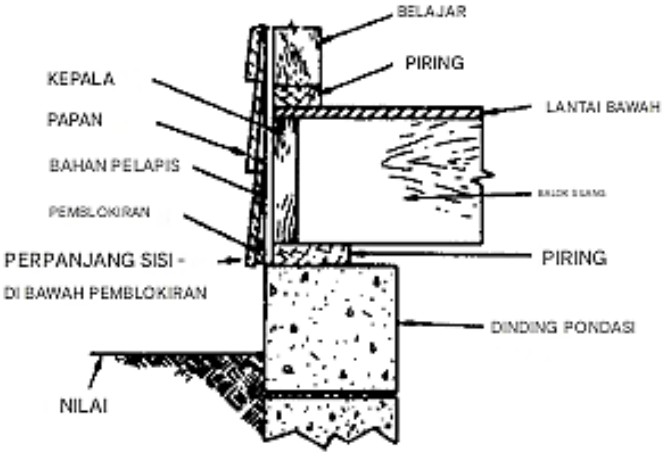


Gambar 15.10 Sirap kayu berpadu apik dengan pelapis batu di rumah ini.

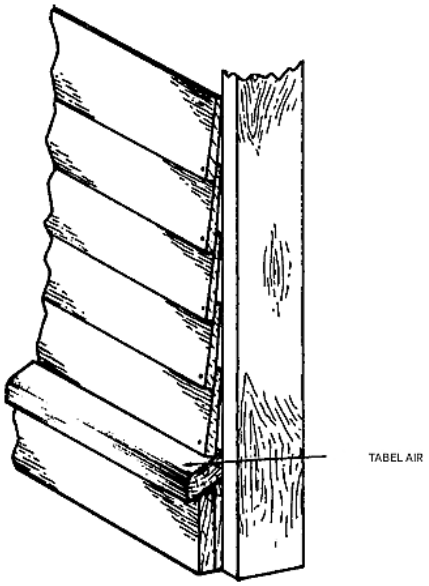
15.7 PEMASANGAN DINDING

Jarak untuk dinding harus ditata dengan hati-hati sebelum papan pertama dipasang. Bagian bawah papan yang melewati bagian atas jendela lantai pertama harus sejajar dengan bagian atas tutup jendela, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.11. Untuk menentukan

jarak atau paparan papan maksimum, kurangi tumpang tindih minimum dari lebar keseluruhan dinding. Jumlah ruang papan antara bagian atas jendela dan bagian bawah jalur pertama di dinding pondasi harus sedemikian rupa sehingga paparan maksimum tidak akan terlampaui. Ini mungkin berarti bahwa papan akan memiliki paparan yang kurang dari maksimum.



Gambar 15.11 Pemasangan lapisan pertama atau lapisan bawah.



Gambar 15.12 Permukaan air terkadang digunakan.

Pelapis dinding dimulai dengan lapisan bawah papan di pondasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.12. Terkadang pelapis dinding dimulai pada permukaan air, yang merupakan bagian yang menonjol di bagian atas pondasi untuk membuang air, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.12. Setiap lapisan berikutnya tumpang tindih dengan tepi atas lapisan bawah. Tumpang tindih kepala minimum adalah 1 inci untuk lebar 4 dan 6 inci, dan tumpang tindih $1^1/_4$ inci untuk lebar lebih dari 6 inci. Sambungan antara papan di lapisan yang berdekatan harus dibuat sebisa mungkin berselang-seling.

Sambungan ujung harus selalu dibuat pada tiang, atau di tempat papan menempel

pada rangka jendela dan pintu serta papan sudut. Pelapis dinding harus dipasang dengan hati-hati dan bersentuhan erat dengan bagian atau bagian yang berdekatan. Beberapa tukang kayu memasang papan dengan sangat erat sehingga mereka harus memasang papan dengan pegas di tempatnya, yang memastikan sambungan yang rapat. Sambungan yang longgar memungkinkan air masuk ke belakang dinding luar dan dengan demikian menyebabkan kerusakan cat di sekitar sambungan, yang juga menciptakan kondisi yang mendukung pembusukan di ujung-ujung dinding luar.

Jenis-jenis Paku

Paku harganya sangat murah dibandingkan dengan biaya pelapis dinding dan tenaga kerja, tetapi penggunaan paku yang bagus itu penting. Membeli pelapis dinding yang akan bertahan selama bertahun-tahun dan kemudian menggunakan paku yang akan berkarat parah dalam beberapa tahun adalah tindakan yang tidak ekonomis. Paku antikarat akan menahan pelapis dinding secara permanen dan tidak akan merusak permukaan cat berwarna terang.

Ada dua jenis paku yang umum digunakan pada pelapis dinding, satu dengan kepala kecil dan yang lainnya dengan kepala sedikit lebih besar. Paku casing dengan kepala kecil dipasang (dipaku dengan paku yang dipasang) sekitar $^1/_{16}$ inci di bawah permukaan pelapis dinding. Lubang diisi dengan dempul setelah lapisan cat utama diaplikasikan. Paku dengan kepala besar dipasang rata dengan permukaan pelapis dinding, dan kepala paku kemudian ditutup dengan cat. Paku kawat baja biasa cenderung berkarat dalam waktu singkat dan menyebabkan noda yang merusak pada permukaan pelapis dinding. Dalam beberapa kasus, paku dengan kepala kecil akan menunjukkan bintik-bintik karat melalui dempul dan cat. Paku jenis anti-korosif (galvanis, alumunium, dan baja tahan karat) yang tidak menimbulkan noda karat sudah tersedia.

Pelapis dinding miring harus dipaku ke setiap tiang dengan paku antikarat, ukurannya tergantung pada ketebalan pelapis dinding dan jenis selubung yang digunakan. Paku umumnya ditempatkan sekitar $^1/_2$ inci di atas tepi pantat, dalam hal ini paku melewati tepi atas dari lapisan bawah pelapis dinding. Metode lain yang direkomendasikan untuk pelapis dinding miring oleh sebagian besar asosiasi yang mewakili produsen pelapis dinding adalah dengan memaku paku melalui pelapis dinding tepat di atas tumpang tindih sehingga paku tidak mengenai tepi tipis dari bagian pelapis dinding di bawahnya. Metode terakhir memungkinkan pemuaian dan penyusutan papan pelapis dinding dengan perubahan musiman pada kadar air.

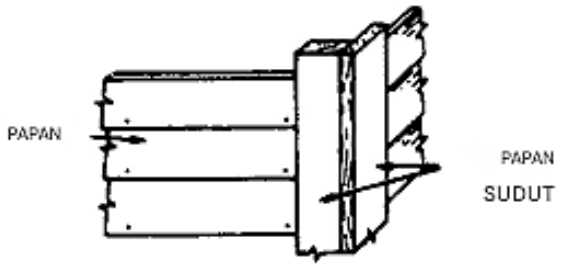
Perlakuan Sudut

Metode penyelesaian pelapis dinding kayu di sudut eksterior agak dipengaruhi oleh desain rumah secara keseluruhan. Papan sudut cocok untuk beberapa desain, dan sambungan miring cocok untuk desain lainnya. Pelapis dinding kayu umumnya disambung di sudut eksterior dengan papan sudut, sudut miring, atau sudut logam.

Papan Sudut

Papan sudut (Gambar 15.13) digunakan dengan pelapis dinding miring atau miring dan umumnya terbuat dari bahan setebal 1 atau $1^1/_4$ inci, tergantung pada ketebalan pelapis dinding. Papan sudut dapat polos atau dibentuk, tergantung pada perlakuan arsitektur rumah. Papan sudut dapat diaplikasikan secara vertikal pada selubung, dengan pelapis dinding

terpasang erat pada tepi sempit papan sudut. Sambungan antara pelapis dinding dan papan sudut serta lis harus didempul atau diberi bahan anti air. Papan sudut dan lis di sekitar jendela dan pintu terkadang diaplikasikan di atas pelapis dinding, metode yang meminimalkan masuknya air ke ujung pelapis dinding.

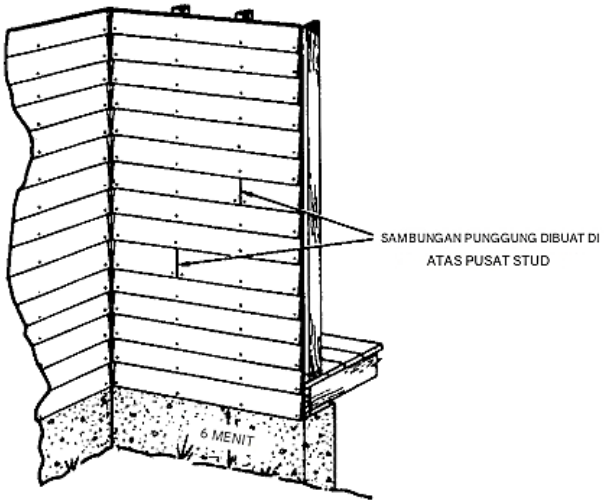


Gambar 15.13 Perlakuan sudut untuk pelapis dinding miring yang digunakan untuk papan sudut.

Sudut yang Disambung

Sudut yang disambung (Gambar 15.14) harus terpasang erat dan halus untuk kedalaman penuh sambungan. Untuk menjaga agar pas pada sambungan, penting agar pelapis dinding benar-benar kering sebelum dikirim dan disimpan di lokasi agar terlindung dari hujan. Ujung-ujungnya harus dilapisi timah putih saat pelapis dinding dipasang, dan permukaan yang terbuka harus segera diberi cat dasar setelah dipasang. Di sudut bagian dalam (Gambar 15.15), pelapis dinding disambungkan dengan strip sudut dari bahan nominal berukuran 1 atau $1^1/_4$ inci, tergantung pada ketebalan pelapis dinding.

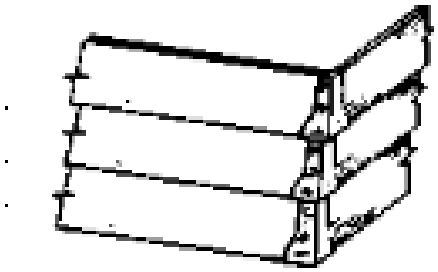
Gambar 15.14 Perlakuan sudut miter.



Gambar 15.15 Konstruksi sudut interior menggunakan pelapis dinding miring.

Sudut Logam

Sudut logam (Gambar 15.16) terbuat dari logam ukuran 8, seperti aluminium dan besi galvanis. Sudut ini digunakan dengan pelapis dinding miring sebagai pengganti sudut miring dan dapat dibeli di sebagian besar tempat penjualan kayu. Penggunaan sudut logam memerlukan keterampilan yang lebih sedikit daripada yang dibutuhkan untuk membuat sudut miring yang baik atau untuk memasang pelapis dinding pada papan sudut. Sudut logam harus selalu dilapisi dengan cat timbal putih.



Gambar 15.16 Perlakuan sudut untuk pelapis dinding miring menggunakan tutup logam sudut.

15.8 PELAPIS DINDING ALUMINIUM

Pelapis dinding logam yang paling populer adalah aluminium. Pelapis dinding ini dipasang di atas sebagian besar jenis selubung dengan kertas bangunan aluminium (untuk insulasi) yang dipaku di antara selubung dan pelapis dinding. Karakteristiknya yang paling menarik adalah hasil akhir yang tahan lama yang diperoleh pada produk yang sudah jadi. Biaya pengecatan dan perawatan telah membuat jenis pelapis dinding ini menjadi dua kali lebih menarik. Pelapis dinding aluminium dapat dipasang di atas pelapis dinding lama yang retak dan lapuk, atau di tempat yang catnya tidak tahan lama. Petunjuk pemasangan disertakan dengan pelapis dinding, yang tersedia dengan insulasi yang terpasang di atasnya dan dalam berbagai ukuran.

15.9 PELAPIS DINDING VINYL

Pelapis dinding vinyl juga populer (Gambar 15.17). Pelapis dinding ini tersedia dalam berbagai macam warna, tekstur, dan gaya. Seperti halnya pelapis dinding aluminium, keuntungan besar dari pelapis dinding vinyl adalah tidak perlu dicat dan tidak akan berkarat, penyok, atau berlubang. Saat cuaca sangat dingin, pelapis dinding ini relatif rentan retak jika terbentur.

Gambar 15.17 Pelapis dinding vinil tersedia dalam berbagai warna dan mudah dibersihkan.

Ringkasan

Pelapis dinding kayu dapat diperoleh dalam hampir semua lebar, panjang, dan mutu. Pelapis diagonal harus diaplikasikan pada sudut 45 derajat. Metode pelapis ini sangat menambah kekakuan dinding dan menghilangkan kebutuhan akan penyangga sudut.

Kayu lapis sebagai pelapis dinding sangat direkomendasikan karena ukuran, berat, dan stabilitasnya, ditambah kemudahan dan kecepatan pemasangannya. Ketika alas paku nonstruktural diaplikasikan pada bagian luar tiang, maka penyangga harus ditambahkan untuk melindungi dinding. Beberapa penyangga ini dibuat dari kayu 1 inci 4 inci atau logam datar. Baik kain felt Tipe 15 maupun kertas damar merupakan kertas pelapis tradisional. Tyvek hanyalah salah satu dari beberapa penghambat udara (atau pembungkus rumah) yang ada di pasaran. Pembungkus rumah bukanlah penghambat difusi uap, seperti yang diyakini sebagian orang. Pembungkus rumah memiliki peringkat perm dan berkisar antara 10 hingga 80, terlalu tinggi untuk menjadi VDR. Nilai VDR yang diterima secara umum adalah 1 perm.

VDR adalah zat yang tidak akan membiarkan lebih dari satu butir uap air melewati satu kaki persegi bahan tersebut dalam satu jam, dengan perbedaan tekanan uap dari satu sisi bahan ke sisi lain sebesar satu inci merkuri. House wrap tidak boleh dianggap sebagai teknik penyegelan.

Salah satu bahan yang paling khas untuk eksterior rumah-rumah Amerika adalah pelapis kayu. Properti penting yang dibutuhkan untuk pelapis kayu adalah karakteristik pengecatan yang baik, kualitas pengerjaan yang mudah, dan bebas dari lengkungan. Ada juga pelapis miring, pelapis miring, pelapis tepi persegi, pelapis vertikal, dan pelapis kayu lapis. Aplikasi anti air yang banyak akan meningkatkan masa pakai dan fungsi pelapis yang dirawat atau yang dimiringkan.

Sirap dan sirap kayu cedar juga tersedia untuk aplikasi pelapis. Jarak untuk pelapis harus ditata dengan hati-hati sebelum papan pertama diaplikasikan.

Jenis paku yang digunakan untuk pelapis dan perawatan sudut juga menjadi perhatian tukang kayu. Pelapis aluminium merupakan pelapis logam yang paling populer. Pelapis vinil atau plastik juga populer. Pelapis ini tersedia dalam berbagai macam warna, tekstur, dan gaya.

Pelapis ini tidak perlu dicat dan tidak akan berkarat, penyok, atau berlubang.

Latihan Soal

1. Apa saja tiga jenis pelapis?
2. Berapa ukuran pelapis papan serat yang tersedia?
3. Apa yang dimaksud dengan pelapis lidah dan alur?
4. Apa dua metode yang digunakan untuk memaku pelapis kayu?
5. Bagaimana cara yang salah berbeda dari cara yang benar dalam memasang pelapis kayu?
6. Bagaimana cara mengatasi kurangnya kekuatan pada papan paku atau pelapis jenis insulasi?
7. Di mana penyangga dinding tipe T digunakan?
8. Apa itu Tyvek?
9. Apa itu pembungkus rumah? Mengapa pelapis ini dibuat?
10. Jenis pelapis apa yang diaplikasikan dengan cat yang sudah ada di atasnya?

BAB 16
JENDELA

Jendela pada setiap bangunan tidak hanya menyediakan sarana untuk menerangi bagian dalam, tetapi juga memberikan sentuhan dekoratif pada bangunan. Bab ini membahas pertimbangan dasar dan perkembangan terkini untuk jendela, serta rangka jendela dan berbagai jenis jendela.

Pertimbangan Dasar dan Perkembangan Terkini Jendela membentuk antara 10 hingga 45 persen dari total luas dinding rumah. Pandangan dan pertimbangan arsitektur menentukan luas kaca, tetapi kode bangunan menentukan jumlah minimum luas kaca yang diizinkan. Kode BOCA mengharuskan setiap ruang yang dimaksudkan untuk hunian manusia harus memiliki luas kaca yang sama dengan 8 persen dari luas lantai. Di sisi lain, kode energi negara bagian menentukan jumlah maksimum luas kaca yang diizinkan.

Jendela tingkap (umumnya disebut jendela kontemporer) berasal dari Eropa abad pertengahan sekitar tahun 500 M. Jendela sash atau jendela gantung ganda (juga disebut guillotine) ditemukan oleh orang Belanda pada abad ketujuh belas. Pada tahun 1862, seorang insinyur Kanada bernama Henry Ruttan menyebutkan idenya tentang kaca berlapis ganda dalam bukunya, Ventilation and Warming of Buildings. Pada tahun 1865, jendela berlapis ganda pertama dipatenkan oleh Thomas Sutton. Pada tahun 1950an, penjualan jendela insulasi berlapis ganda yang disegel meningkat.

Sebelum embargo OPEC tahun 1972, sebagian besar kaca di rumah-rumah Amerika adalah kaca tunggal. Namun, biaya energi yang sangat tinggi segera memaksa peralihan ke kaca terisolasi (Gambar 16.1). Pada tahun 1988, lebih dari 80 persen jendela rumah yang dijual di Amerika Serikat adalah kaca ganda. Jendela berlapis tiga mencapai 15 persen dari jendela yang terjual, dan jendela berlapis empat mulai bermunculan.

Gambar 16.1 Jendela berinsulasi ganda. Ruang udara mati di antara lapisan kaca membantu menghemat bahan bakar.

Mungkin tidak ada bidang penelitian tentang produk bangunan yang lebih berhasil daripada penelitian jendela. Penelitian terus berlanjut meskipun biaya bahan bakar fosil telah turun drastis. Kekhawatiran atas pemanasan global, minat baru dalam konservasi energi, dan kode energi yang lebih ketat semuanya membantu agar penelitian terus berjalan.

16.1 KACA GANDA

Satu panel kaca menerima hampir semua sinar cahaya yang langsung mengenai kaca. Sekitar 85 persen energi matahari dilewatkan. Sebagian panas dipantulkan, sebagian diserap, tetapi sebagian besar energi melewati dan diserap oleh furnitur atau massa termal lainnya. Nilai R dari jendela kaca tunggal adalah sekitar R-1 dan terutama karena lapisan udara pada permukaan panel dalam dan luar.

Perpindahan Panas

Panas adalah energi, bukan zat. Panas dapat mengalir atau dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain. Konveksi, konduksi, dan radiasi adalah tiga cara perpindahan panas.

- *Konveksi*—Sistem udara panas yang dipaksakan adalah contoh konveksi. Udara panas dipindahkan secara fisik dari tungku ke berbagai ruangan di dalam rumah. Lingkaran konveksi disebabkan oleh perbedaan suhu. Angin laut adalah contoh lingkaran konveksi. Saat daratan dihangatkan oleh matahari, udara hangat, yang tidak seberat udara dingin, naik dan meninggalkan ruang kosong, vakum. Udara dingin di air bergerak masuk untuk mengisi ruang kosong. Selama udara hangat naik, akan ada aliran berkelanjutan atau lingkaran konvektif.
- *Konduksi*—Ini adalah perpindahan panas melalui benda padat. Siapa pun yang pernah memegang gagang panci logam panas pasti tahu apa itu konduksi. Ini adalah perpindahan panas antara benda yang bersentuhan langsung.
- *Radiasi*—Matahari memancarkan energi panasnya melalui ruang hampa. Tungku kayu memancarkan energi panasnya ke seluruh ruangan. Panas adalah bentuk energi elektromagnetik (seperti gelombang radio) yang bergerak melalui ruang dan cairan hingga diserap oleh benda padat atau dipantulkan oleh penghalang radiasi seperti perak atau aluminium foil.

Menurut hukum kedua termodinamika, panas mencari dingin. Radiasi selalu dari benda hangat ke benda dingin. Anda merasa kedinginan saat berdiri di samping jendela karena tubuh Anda yang hangat memancarkan panas ke benda dingin—jendela.

Sangat sering konveksi, konduksi, dan radiasi bekerja pada saat yang bersamaan. Beberapa kaca meningkatkan resistansi termal dengan menjebak udara di antara dua atau lebih panel kaca. Nilai R berkisar dari R-0.7 hingga R-1.0 di setiap ruang. Panas dipindahkan melintasi ruang udara melalui radiasi inframerah dan konduksi. Panas dari kaca bagian dalam yang hangat diradiasikan melintasi ruang udara, diserap oleh setiap kaca, dan diradiasikan kembali ke luar dan ke dalam. Kehilangan panas terbesar terjadi pada kaca bagian luar yang dingin. Meskipun udara merupakan insulasi, ia juga menghantarkan panas melintasi ruang udara. Karena udara di antara kaca merupakan insulasi, maka peningkatan ruang udara akan meningkatkan nilai R.

Namun, di luar ketebalan tertentu ($^3/_4$ inci), tidak ada peningkatan nilai R yang memungkinkan. Hal ini disebabkan oleh konveksi yang membawa panas dari kaca bagian dalam ke kaca bagian luar. Jendela dengan ruang udara $^1/_2$ inci memiliki nilai R sebesar R-2. Kaca berlapis tiga memiliki nilai R antara R-2.5 dan R-3.5, tergantung pada ketebalannya. Unit kaca rangkap tiga dengan hanya ruang udara $^1/_4$ inci di setiap sisinya memiliki harga premium tanpa nilai-R premium. Kaca rangkap tiga tidak secara otomatis lebih baik. Itu tergantung pada ketebalan ruang udara.

Emisivitas

Emisivitas adalah jumlah relatif energi radiasi yang dipancarkan permukaan, pada suhu tertentu, dibandingkan dengan permukaan hitam ideal pada suhu yang sama. Emisi adalah koefisien—angka—yang berkisar dari 0 (tidak ada emisi) hingga 1 (memancarkan seperti halnya benda hitam pada suhu yang sama). Benda hitam (disebut demikian karena warnanya) adalah objek yang menyerap dan memancarkan kembali semua radiasi yang mengenainya. Benda hitam adalah penyerap sempurna dan pemancar sempurna semua radiasi.

Benda hitam sempurna adalah sebuah ideal, sebuah konsep; tidak ada benda hitam sempurna. Benda hitam memiliki emisivitas permukaan sebesar 1.0. Kita harus berurusan dengan objek nyata. Banyak objek nyata seperti bahan bangunan memiliki emisivitas tinggi: aluminium anodized memiliki emisivitas termal sebesar 0.65; aluminium murni, 0.1; dan kaca apung biasa, 0.88. Permukaan yang mengilap, seperti perak yang dipoles (0.02), memiliki emisivitas yang rendah.

Setiap benda nyata yang memiliki emisivitas rendah juga akan memiliki kehilangan panas radiasi yang rendah. Karena kaca apung biasa memiliki emisivitas yang tinggi (0.88), sejumlah besar energi panas akan ditransfer melintasi unit termopana karena energi inframerah pembawa panas gelombang panjang dari kaca bagian dalam ke kaca bagian luar.

Kaca Low-E

Krisis OPEC berdampak jauh lebih besar pada Eropa daripada pada Amerika Serikat. Produsen kaca di sana menghabiskan banyak waktu dan uang untuk meneliti karakteristik isolasi panas dari pelapis emisivitas rendah. Pada akhir tahun 1970an, mereka memproduksi pelapis yang cukup bening pada kaca bening untuk jendela rumah. Penelitian tentang emisivitas rendah/transmisi cahaya tinggi dimulai di Amerika Serikat pada awal tahun 1980an.

Low-E sebenarnya adalah pelapis logam tipis mikroskopis yang diaplikasikan pada permukaan luar panel bagian dalam jendela atau pintu berlapis ganda. Ada dua metode untuk mengaplikasikan pelapis emisivitas rendah pada kaca: pengendapan pirolitik dan penyemprotan vakum. Pelapis pirolitik diproduksi dengan mengaplikasikan oksida logam panas ke kaca panas. Pelapisan penyemprotan vakum diendapkan sebagai lapisan tipis, setebal 20 hingga 200 atom, dalam ruang vakum. Low-E yang disemprotkan disebut sebagai soft-coat low-E dan lapisan pirolitik disebut sebagai hard-coat low-E.

Pelapis emisivitas rendah adalah filter yang memungkinkan cahaya tampak melewatinya (tetapi menghalangi) melalui refleksi dan penyerapan, radiasi matahari ultraviolet dan inframerah dekat. Radiasi gelombang pendek diubah menjadi radiasi gelombang panjang (panas) saat diserap oleh furnitur atau benda padat lainnya. Karena

merupakan reflektor yang baik dan radiator yang buruk untuk energi pembawa panas gelombang panjang, sebagian besar panas disimpan di bagian dalam bangunan.

Pelapis ini juga efektif dalam mengurangi beban pendinginan dengan memantulkan panas yang terpancar dari trotoar beton atau jalan aspal. Low-E memiliki sedikit keunggulan dibandingkan jendela berlapis tiga: Triple memiliki nilai R sebesar R-2.9; low-E, R-3.2. Karena pelapis low-E memantulkan ultraviolet, pelapis ini mengurangi pemudaran warna pada karpet, gorden, dan kain lainnya. Meskipun semua jendela merupakan permukaan pertama yang mengalami kondensasi, jendela low-E mempunyai permukaan yang lebih hangat, dan kemungkinan terjadinya kondensasi pun lebih kecil.

Jendela Berisi Gas

Selama beberapa tahun produsen jendela Eropa telah menawarkan jendela berisi gas. Produsen jendela Amerika lambat menawarkannya, tetapi sekarang jendela tersebut menjadi barang standar di negara ini.

Ruang antara kaca diisi dengan gas, bukan udara. Argon, sulfur heksafluorida, dan karbon dioksida adalah tiga gas yang umum digunakan. Hurd menggunakan kripton dan argon untuk jendela Insol-8-nya. Beberapa produsen jendela menggunakan gas karbon dioksida, tetapi ini adalah jendela khusus dan nilai-R tidak lebih baik dari kaca berlapis ganda. Gas lebih padat dan konduktansi termalnya lebih rendah (nilai-R lebih tinggi) daripada udara. Karena gas lebih berat daripada udara, gas lebih kecil kemungkinannya untuk bergerak di dalam ruang udara. Kinerja jendela low-E meningkat pesat saat gas ditambahkan. Jendela low-E berisi gas memiliki nilai-R R-4.

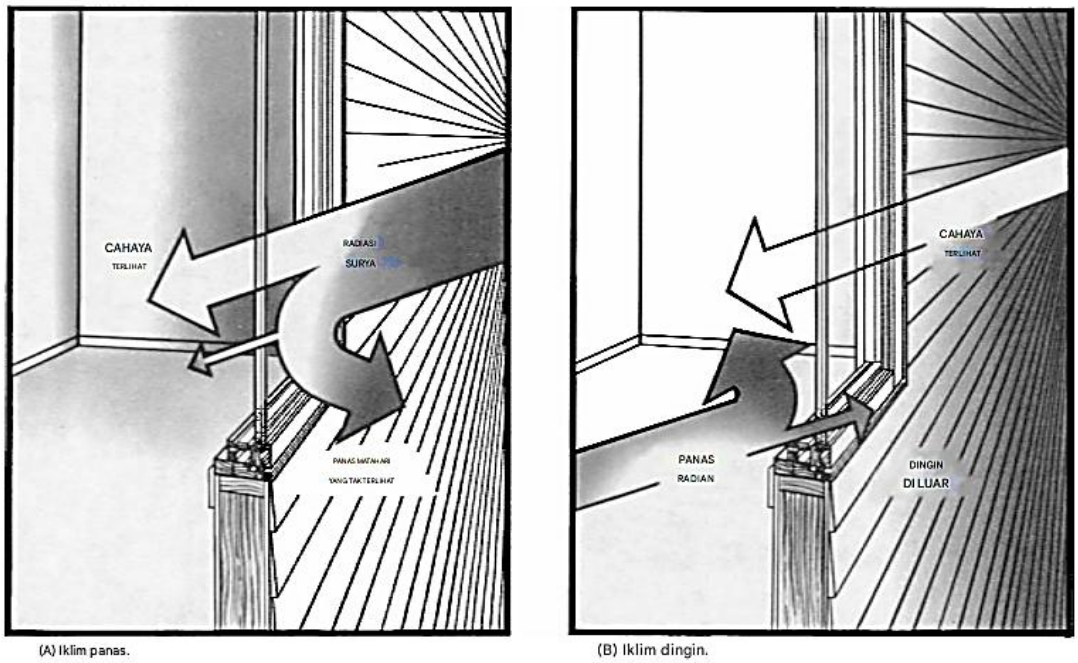
Kebocoran Gas

Produsen Amerika ragu untuk menggunakan gas karena kekhawatiran kebocoran. Produsen Swedia mengakui bahwa dalam 10 hingga 15 tahun sebagian besar gas akan merembes keluar saat segel mengalami kerusakan. Tidak ada standar industri di Amerika Serikat untuk kebocoran gas dari jendela. Berdasarkan pengujian di negara ini dan pengalaman peneliti Eropa, tingkat kebocoran 1 persen per tahun dapat diperkirakan. Tingkat tersebut akan menurun seiring waktu karena konsentrasi argon menurun. Dalam 20 tahun, nilai R-4 akan menjadi R-3.9, kehilangan 2.5 persen. Meskipun tidak ada standar kebocoran gas, ada uji penuaan yang dipercepat dari bahan segel tepi: ASTM E773 dan E774. Unit kaca diberi peringkat A, B, dan C. Saat berbelanja jendela berisi gas, belilah jendela dengan peringkat A.

Heat Mirror

Heat Mirror adalah merek dagang terdaftar dari Southwall Technologies, Inc. Heat Mirror adalah film plastik yang dilapisi logam dengan emisivitas rendah dalam ruang hampa. Film tidak diaplikasikan langsung ke kaca tetapi digantung di antara dua panel kaca (Gambar 16.2). Radiasi inframerah gelombang panjang dari panel kaca bagian dalam dipantulkan kembali oleh Heat Mirror. Kehilangan panas berkurang dan nilai R efektif meningkat (Gambar 16.3). Jendela dengan Heat Mirror memiliki nilai R, dengan ruang udara $^1/_2$ inci, sebesar R-4.3. InSol-8 baru buatan Hurd mencapai R-8 dengan menggunakan dua lembar Heat Mirror. Hurd mengklaim InSol-8 buatannya memiliki nilai R tertinggi dari semua jendela rumah.

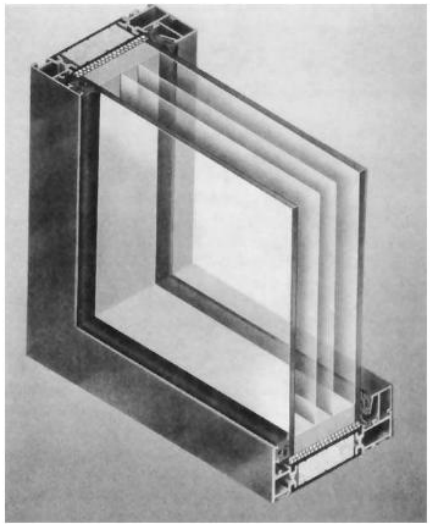
Gambar 16.2 Film Heat Mirror yang digantung di antara dua panel kaca.



Gambar 16.3 Dua pilihan Cermin Panas

Visionwall

Visionwall adalah produk dari perusahaan Swiss bernama Geilinger. Jendela tersebut tampak seperti langkah mundur karena rangka aluminiumnya. Meskipun menggunakan dua lapisan Heat Mirror, ruang udara di antara lapisan tersebut adalah udara biasa. Nilai R keseluruhannya adalah R-6.3 (Gambar 16.4). Untuk mengatasi kontradiksi yang tampak (nilai R Hurd R-8 lebih tinggi daripada nilai R Visionwall R-6.3), penting untuk memahami bagaimana nilai R diukur.



Gambar 16.4 Jendela Visionwall dengan dua lapisan film Heat Mirror yang digantung di antara dua panel kaca.

Menghitung Nilai R

Area tengah kaca membentuk antara 65 hingga 85 persen dari luas jendela. Metode tradisional untuk mengukur nilai R jendela adalah di bagian tengah kaca. Penyesuaian dilakukan tergantung pada apakah rangka kayu atau rangka aluminium digunakan. Rangka kayu meningkatkan nilai R secara keseluruhan, karena kayu memiliki nilai R yang lebih tinggi daripada kaca. Rangka aluminium, dengan nilai R yang lebih rendah daripada kaca, menurunkan nilai keseluruhan.

Penghalang yang menjaga kaca tetap terpisah adalah penghalang tepi aluminium berongga yang diisi dengan bahan penyerap. Tepi kaca dianggap sebagai area eksterior $2^1/_2$ inci di sekitar rangka.

Menurut lembar fakta Hurd tentang InSol-8:

Semua perhitungan berdasarkan nilai tengah kaca untuk jendela Hurd InSol-8 1 inci dalam Sistem Kaca SuperTM dengan Heat Mirror Film. Semua data dihitung menggunakan Program Komputer Windows 3.1 dan kondisi musim dingin standar ASHRAE yaitu suhu luar ruangan 0◦F dan suhu dalam ruangan 70◦F dengan angin luar ruangan 15 mph.

Nilai-R yang dipublikasikan untuk jendela buatan biasanya merupakan rata-rata area rangka dan kaca, dihitung, seperti yang telah kita lihat, menurut pedoman ASHRAE. Area tepi kaca, rangka jendela, dan kaca adalah unit total. Nilai-R yang dikutip oleh produsen adalah nilai-R tengah kaca. Nilai-R dari unit total biasanya lebih rendah. Nilai R yang dipublikasikan Hurd untuk bagian tengah kaca InSol-8 adalah R-8. Nilai R total satuan adalah R-4.6. Rangka aluminium Visionwall dipecah secara termal dengan spacer nilon yang diperkuat secara struktural. Isolasi wol batu atau polistirena diapit di antara spacer. Area bagian tengah kaca, area rangka, dan area tepi semuanya memiliki nilai R yang hampir sama. Saat tulisan ini dibuat, jendela Visionwall adalah jendela yang paling hemat energi di pasaran.

Beberapa produsen jendela Eropa menempatkan tepi kaca lebih dalam ke bingkai jendela sebagai cara untuk mengurangi efek tepi. Di Amerika Serikat, Alaska Window Company

menyediakan saluran sedalam 1 inci untuk tepi jendela. Beberapa produsen mengganti spacer aluminium dengan bahan konduktivitas yang lebih rendah, seperti spacer fiberglass. Yang lain menggunakan Tremco Swiggle Strip. Swiggle Strip adalah spacer aluminium bergelombang tipis yang tertanam dalam pita butil hitam. Jumlah aluminium yang sangat berkurang menyebabkan Swiggle Strip menghantarkan lebih sedikit panas.

Bagian dalam permukaan kaca kini memiliki suhu yang lebih tinggi selama cuaca dingin. Hal ini mengurangi kondensasi di tepi kaca dan menghasilkan sedikit peningkatan keseluruhan pada nilai R jendela. Semua jendela Peachtree akan tersedia dengan Swiggle Strip dan kaca low-E yang diisi argon. Seri jendela vinil Magna-Frame Alcoa akan dilengkapi dengan Swiggle Strip yang disebut Alcoa sebagai Warm-Edge, dan Warm-Edge Plus. Hurd menggunakan spacer non-logam di jendela InSol-8-nya. Dengan biaya tetap sebesar Rp 30 ribu, Weathershield akan memasang spacer tepi berinsulasi di jendela mana pun sebagai pesanan khusus.

Solusi lain untuk masalah tepi jendela adalah dengan menggunakan jendela fiberglass Owens/Corning. Saat tulisan ini dibuat, ini adalah satu-satunya rangka jendela yang memiliki peningkatan termal yang tersedia. Rangka fiberglass berongga diisolasi dengan fiberglass berdensitas tinggi. Rangka fiberglass secara dimensi lebih stabil daripada rangka vinil, dan, tidak seperti rangka vinil, rangka fiberglass dapat dicat.

Aerogel

Meskipun aerogel bukanlah hal baru, penggunaannya di jendela merupakan hal baru. Aerogel transparan, dan para peneliti mencoba untuk menggantungkan aerogel di antara dua panel kaca, menciptakan ruang hampa di dalam, dan menghasilkan jendela R-20. Jendela aerogel mungkin tersedia untuk penggunaan perumahan dalam 5 tahun ke depan.

Kaca yang Dapat Diganti

Kaca yang dapat diganti sudah digunakan di beberapa bandara dan di Living Environments House milik GE (lebih dikenal sebagai Rumah Plastik) di Pittsfield, Massachusetts. Cukup dengan membalik sakelar, kaca berubah dari transparan (bening) menjadi buram, seolah-olah ada tirai yang ditarik ke bawah. Tirai, kerai, kisi-kisi tidak lagi diperlukan. Disebut kaca elektrokromik, kaca ini berupa laminasi lima lapis atau desain solid-state.

Film oksida logam transparan diapit di antara dua panel kaca. Saat tegangan diterapkan, oksida logam berubah warna. Saat sakelar dimatikan, kaca menjadi bening kembali. Ide di balik kaca pintar ini adalah memungkinkan seseorang menyetel jendela untuk memantulkan atau mengirimkan panjang gelombang yang berbeda. Cahaya dan panas musim dingin masuk ke dalam, tetapi panas yang berusaha keluar dipantulkan kembali ke dalam ruangan. Di musim panas, 95 persen cahaya dibiarkan masuk, tetapi panas yang tidak diinginkan dipantulkan kembali ke atmosfer. Jendela mobil dapat dibuat untuk melakukan hal yang sama dengan menahan panas matahari saat mobil diparkir di bawah sinar matahari selama delapan jam.

Memasang Jendela

Sama sekali tidak masuk akal untuk membeli jendela berkinerja tinggi dan menurunkan kinerjanya dengan memasukkan fiberglass di antara kusen jendela dan bukaan kasar dinding.

Fiberglass bukanlah penghambat udara. Jika memang demikian, maka tidak akan digunakan dalam filter tungku. Di bawah perbedaan tekanan yang terus-menerus, udara akan bocor melaluinya tidak peduli seberapa rapat udara tersebut dimasukkan ke dalam lubang. Orang skeptis yang percaya sebaliknya harus melakukan uji blower-door. Jika tidak, berdirilah di samping jendela pada hari yang berangin dan rasakan udara masuk melalui fiberglass di sekitar rangka dan keluar di sekitar cetakan.

Berhati-hatilah saat menyegel bukaan dengan busa PUR yang disemprotkan. Jangan masukkan nosel ke dalam rongga dan biarkan busa mengalir hingga rongga terisi. Busa yang mengembang dapat memberikan tekanan yang cukup terhadap kusen sehingga sulit dibuka. Pengisian yang berlebihan akan meninggalkan busa di seluruh rangka jendela. Gunakan busa yang tidak mengembang seperti Handi-Foam™ yang diproduksi oleh Fomo Products, Norton, Ohio. Unit Profesional seberat 10 pon akan menutupi 1.700 kaki linier. Ketebalan 1 inci memiliki nilai R sebesar R-5 dan sepenuhnya diawetkan dan mengembang dalam 24 jam.

Bukaan kasar jendela/pintu harus dibuat lebih besar $^1/_2$ hingga $^3/_4$ inci agar busa dapat masuk dengan mudah dan membuat segel yang baik. Tandai gambar untuk menunjukkan bukaan yang lebih lebar dari biasanya, dan diskusikan hal ini pada konferensi prakonstruksi.

Membeli Jendela

Low-E dan Heat Mirror sangat masuk akal di iklim dingin. Namun, hanya jendela Heat Mirror yang diisi gas argon yang boleh digunakan di sisi utara. Jendela tersebut justru dapat menyerap panas. Hal ini memungkinkan penggunaan lebih banyak kaca di sisi utara tanpa membayar denda tagihan pemanas yang besar. Nilai-R yang lebih tinggi berarti jendela yang lebih hangat dan lebih kecil kemungkinan terjadinya kondensasi pada kaca. Saat melihat nilai-R yang dipublikasikan oleh produsen, cari pernyataan seperti yang dikutip dari literatur Hurd. Sebagian besar produsen kini mencantumkan dua nilai-R: satu untuk bagian tengah kaca dan satu untuk kinerja unit secara keseluruhan. Nilai-R keseluruhan adalah nilai yang penting. Periksa situs web produsen untuk mendapatkan informasi terbaru.

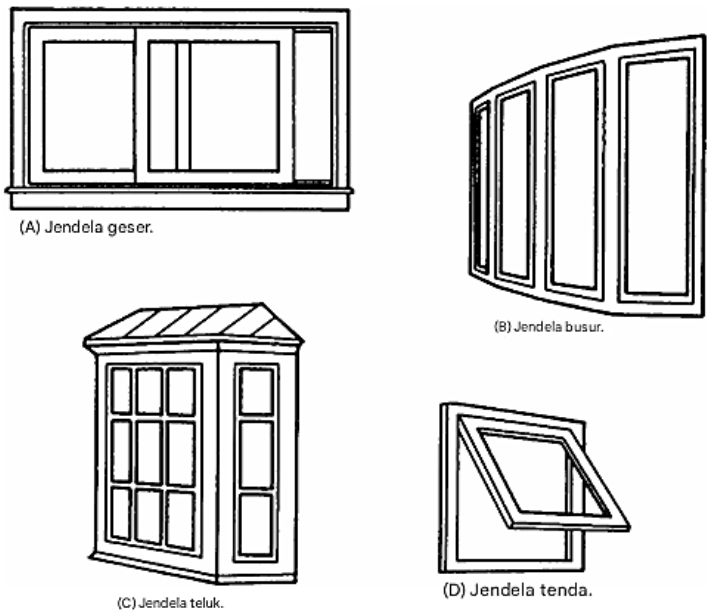
Kebocoran Udara

Jendela tetap adalah yang paling rapat. Berikutnya adalah jendela tingkap, diikuti oleh jendela geser, dan yang paling tidak rapat dari kelompok tersebut adalah jendela gantung ganda. Jangan terlalu mementingkan nilai infiltrasi udara yang tercantum. Angka tersebut mungkin hanya merujuk pada satu jendela yang diuji. Andersen tampaknya menjadi satu-satunya produsen yang secara acak mengambil jendela dari jalur produksi dan mengujinya. Ini bukan jendela yang dipilih. Namun, jendela itu pun tidak akan sama persis saat diterima di lokasi. Nilai dari data infiltrasi yang dipublikasikan adalah memungkinkan perbandingan perbedaan kebocoran udara antara jenis jendela dari produsen yang sama. Perhatikan segel dan kondisi umum jendela.

Di iklim Utara, pilih jendela yang memungkinkan perolehan sinar matahari maksimum. Salah satu merek tersebut adalah kaca Energy Advantage dari LOF. Di iklim Selatan, cari kaca selektif yang mengurangi perolehan sinar matahari tanpa mengurangi jumlah cahaya secara signifikan.

Cari koefisien naungan (SC), yang menunjukkan seberapa banyak panas matahari yang

disalurkan kaca. Semakin tinggi SC, semakin banyak panas matahari yang dapat ditembus kaca. Di wilayah utara, SC harus setidaknya 0.80. Di wilayah selatan, apa pun di bawah 0.60 diinginkan, asalkan tidak ada pengurangan substansial dalam jumlah cahaya yang diizinkan masuk. Cari jendela yang memiliki konstanta efikasi luminositas tertinggi (sebaiknya lebih tinggi dari 1.0).



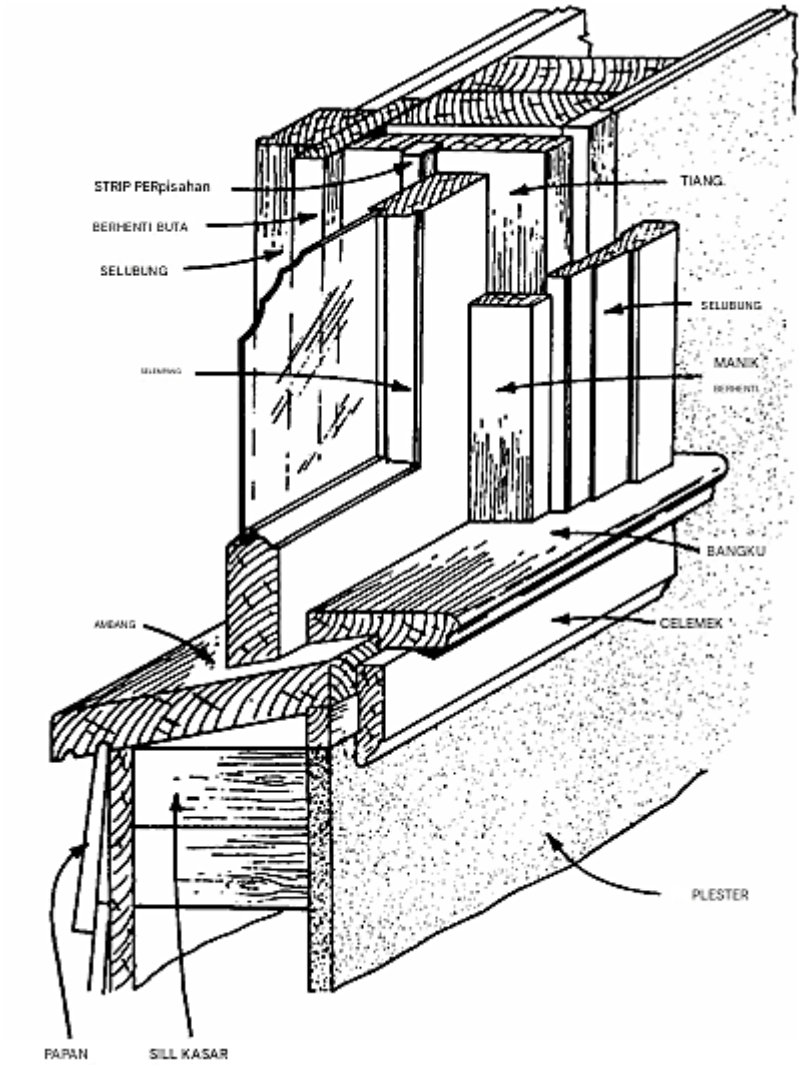
Gambar 16.5 Berbagai jenis jendela.

16.2 JENIS JENDELA

Tiga jenis jendela utama adalah jendela geser, jendela gantung ganda, dan jendela tingkap, tetapi ada juga jendela awning, jendela lengkung, dan jendela ceruk (Gambar 16.5). Jendela dasar pada dasarnya terdiri dari dua bagian, rangka dan daun jendela. Rangka jendela terdiri dari empat bagian dasar: kepala jendela, dua kusen jendela, dan ambang jendela. Konstruksi yang baik di sekeliling rangka jendela sangat penting untuk bangunan yang baik. Jika bukaan akan dibuat, tiang jendela harus dipotong dan diganti dengan kekuatan yang setara dengan rangka jendela dengan menggandakan tiang jendela di setiap sisi bukaan untuk membentuk pemangkas dan memasukkan tajuk di bagian atas. Jika bukaannya lebar, tajuk jendela harus digandakan dan diikat dengan rangka. Di bagian bawah bukaan, tajuk jendela atau ambang jendela kasar dimasukkan.

Rangka Jendela

Rangka tempat daun jendela dipasang dipasang ke dalam bukaan kasar di rangka dinding dan dimaksudkan untuk menahan daun jendela di tempatnya (Gambar 16.6).



Gambar 16.6 Tampilan samping bingkai jendela.

16.3 JENDELA GANTUNG GANDA

Jendela gantung ganda adalah jenis jendela yang paling umum. Jendela ini terdiri dari dua bagian—bagian atas dan bagian bawah. Jendela ini dapat digeser secara vertikal satu sama lain. Gambar 16.7 menunjukkan ilustrasi jenis jendela ini, yang terbuat dari kayu. Jendela ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Layar dapat dipasang di bagian luar jendela tanpa mengganggu pengoperasiannya. Untuk ventilasi ruangan secara menyeluruh, hanya setengah dari luas jendela yang dapat digunakan, dan aliran udara yang melewati bagian depannya (sampai batas tertentu) hilang di dalam ruangan. Jendela gantung ganda terkadang lebih terlibat dalam konstruksi rangka dan pengoperasiannya daripada jendela tingkap. Kipas ventilasi dan AC dapat ditempatkan di jendela saat jendela sebagian tertutup.

Gambar 16.7 Jendela gantung ganda yang populer.

16.3 JENDELA BERENGSEL ATAU JENDELA BERENGSEL

Ada dua jenis jendela berengsel—jendela ayun ke luar dan jendela ayun ke dalam. Jendela ini dapat berengsel di bagian samping, atas, atau bawah. Jendela berengsel yang terbuka ke luar mengharuskan kasa ditempatkan di bagian dalam. Jenis jendela ini, saat ditutup, paling efisien dalam hal kedap air. Jendela ayun ke dalam, seperti jendela gantung ganda, tidak memiliki kasa, tetapi sangat sulit untuk membuatnya kedap air. Jendela berengsel memiliki keuntungan karena seluruh areanya terbuka terhadap aliran udara, sehingga menangkap angin paralel dan mengarahkannya ke dalam ruangan.

Jendela berengsel jauh lebih mudah dalam konstruksinya daripada unit gantung ganda. Konstruksi ambang sangat mirip dengan jendela gantung ganda, tetapi dengan rangka yang jauh lebih lebar dan membentuk penahan untuk rel bawah. Bila ada dua jendela tingkap dalam satu baris dalam satu bingkai, keduanya dipisahkan oleh kusen ganda vertikal yang disebut mullion, atau rangka dapat disatukan berpasangan seperti pintu Prancis. Tepi rangka dapat berupa rabbet terbalik, rabbet terbalik miring dengan reng, atau astragal miring. Reng dan astragal memastikan kekedapan cuaca yang lebih baik. Gambar 16.8 menunjukkan jendela tingkap khas dengan mullion.

Gambar 16.8 Jendela tingkap.

Jendela Geser, Lengkung, Ceruk, dan Awning

Jendela geser terdiri dari dua bingkai yang dapat digeser secara horizontal ke kanan atau kiri. Jendela ini sering dipasang tinggi di rumah untuk menyediakan cahaya dan ventilasi tanpa mengorbankan privasi.

Jendela awning memiliki satu bingkai yang berengsel di bagian atas dan terbuka ke luar dari bagian bawah. Jendela ini sering digunakan di bagian bawah jendela gambar tetap untuk menyediakan ventilasi tanpa menghalangi pandangan. Jendela ini populer di rumah-rumah bergaya ranch.

Jendela lengkung dan ceruk menambah daya tarik arsitektur pada rumah. Jendela lengkung melengkung dengan anggun, sedangkan jendela ceruk lurus di bagian tengah dan bersudut di ujungnya. Jendela ini sangat populer di rumah-rumah bergaya Georgia dan Kolonial.

Ringkasan

Jendela membentuk antara 10 dan 45 persen dari total luas dinding rumah. Jendela tingkap juga dikenal sebagai jendela sementara. Jendela multi-panel pertama dipatenkan oleh Henry Rutoon pada tahun terakhir Perang Saudara Amerika (1865). Jendela ini sudah ada sejak lama. Sepotong kaca dapat menerima hampir semua sinar cahaya yang langsung mengenai kaca. Sekitar 85 persen energi matahari dilewatkan. Namun, sebagian panas dipantulkan dan sebagian diserap, tetapi sebagian besar energi melewati dan diserap oleh furnitur atau massa termal lainnya.

Emisivitas adalah jumlah relatif energi radiasi yang dilepaskan permukaan, pada suhu tertentu, dibandingkan dengan permukaan hitam ideal pada suhu yang sama.

Low-E sebenarnya adalah lapisan logam tipis mikroskopis yang diaplikasikan pada permukaan luar panel bagian dalam jendela atau pintu berlapis ganda.

Pabrikan Swedia mengakui bahwa dalam 10 hingga 15 tahun sebagian besar gas di jendela berisi gas akan merembes keluar karena segelnya rusak. Tidak ada standar industri di Amerika Serikat untuk kebocoran gas dari jendela. Ada sejumlah peneliti yang bekerja pada metode untuk meningkatkan peringkat R jendela. Beberapa melibatkan pemasangan jeli di antara panel, dan yang lainnya masih menempel pada vakum. Pada dasarnya ada dua jenis jendela tingkap: jendela ayun ke luar dan jendela ayun ke dalam. Jendela dapat berengsel di bagian samping, atas, atau bawah. Jendela tingkap jauh lebih sederhana dalam konstruksinya daripada jendela gantung ganda. Konstruksi ambang jendela sangat mirip dengan jendela gantung ganda.

Jendela lengkung dan ceruk menambah daya tarik arsitektur pada rumah.

Latihan Soal

1. Berapa banyak area dinding yang digunakan jendela?
2. Mengapa Amerika tertarik pada jendela hemat energi?
3. Berapa banyak energi matahari yang dilewatkan melalui satu panel kaca?

4. Pada titik mana pada jendela berlapis ganda lebar ruang antara panel tidak lagi memengaruhi peringkat R?
5. Di mana jendela berisi gas dikembangkan?
6. Apa yang terjadi pada jendela berisi gas?
7. Jelaskan Visionwall.
8. Apa keuntungan menggunakan jendela fiberglass?
9. Apa yang ditunjukkan oleh koefisien naungan?
10. Apa perbedaan antara jendela ceruk dan jendela lengkung?

BAB 17
ISOLASI

Krisis OPEC tahun 1972 mengakibatkan meningkatnya penekanan pada konservasi energi dan khususnya pada isolasi. Sejumlah besar skema diusulkan untuk membebaskan kita dari OPEC. Di setiap sudut, orang Amerika dihadapkan pada solusi krisis energi: kompor kayu, sistem surya aktif, dinding Trombe, surya pasif, massa dan kaca, urea formaldehida, dan seterusnya, tanpa akhir.

Baik penggemar surya aktif maupun pasif menekankan sistem surya aktif atau sistem surya pasif yang menggabungkan sejumlah besar kaca dan massa termal (seperti dinding Trombe, yang dinamai menurut orang Prancis yang tidak menemukannya). Kedua pendekatan ini menekankan sistem surya aktif atau pasif. Struktur diabaikan.

Pada awal 1970an, para peneliti di Saskatchewan, Kanada, mengerjakan pendekatan sistem yang menekankan pentingnya struktur: yang disebut isolasi super. Inti dari pendekatan ini adalah bahwa rumah adalah sistem elemen, yang isolasinya merupakan bagian darinya. Filosofi surya aktif/pasif melihat rumah hanya sebagai sesuatu yang ditambahkan kolektor surya, atau massa dan kaca.

Di rumah surya, hanya sistem surya yang penting. Di Rumah Sistem Energi Mikro (MESH), rumah adalah satu-satunya hal yang penting.

Sayangnya, istilah super isolasi tidak boleh digunakan. Meskipun benar bahwa Rumah Konservasi Saskatchewan memiliki isolasi super, isolasi hanyalah salah satu dari banyak teknik yang digunakan untuk memberikan rumah tersebut kinerja energi dan kenyamanan yang luar biasa. Istilah super isolasi memaksa Anda untuk berkonsentrasi pada isolasi dengan mengesampingkan hal lainnya. Isolasi itu penting, tetapi begitu juga banyak hal lain yang membuat rumah menjadi nyaman, menarik, dan hemat energi.

17.1 JENIS ISOLASI

Berikut ini adalah tujuh jenis isolasi generik:

- Serat mineral (kaca, batu, dan terak)
- Selulosa
- Plastik seluler
- Vermikulit
- Perlite
- Isolasi reflektif
- Beton isolasi

Serat mineral

Wol mineral adalah istilah umum yang mencakup fiberglass dan wol batu dan terak. Wol batu dan terak merupakan isolasi pertama yang diproduksi dalam skala besar. Batu alam atau terak industri dicairkan dalam tungku, dibakar dengan kokas, dan material cair dipintal

menjadi serat dan dibuat menjadi kain felt atau selimut. Serat biasanya dilapisi dengan plastik sehingga tidak saling bersentuhan. Serat dikemas atau disusun sedemikian rupa sehingga terbentuk kantong udara kecil. Komposit ini tahan terhadap aliran panas dan sekarang disebut isolator. Pada pertengahan abad kedua puluh, wol mineral digunakan di rumah-rumah dan bangunan industri/komersial.

Fiberglass pertama kali dikembangkan secara komersial di Amerika Serikat pada tahun 1930an oleh Owens-Illinois dan Corning Glass Company. Owens dan Corning kemudian membentuk Owens Corning Fiberglass Company, yang mengembangkan insulasi fiberglass pada tahun 1940an dan 1950an. Hingga tahun 1950, Owens Corning adalah satu-satunya produsen insulasi fiberglass di Amerika Serikat.

Batts

Serat mineral tersedia sebagai batts, sebagai isian lepas, atau sebagai insulasi semprot. Batts dijual dalam lebar standar 15 dan 23 inci, untuk rangka oc 16 dan 24 inci. Lebar untuk tiang baja adalah 16 dan 24 inci. Lebar batt loteng adalah 16 dan 24 inci untuk rangka oc 16 dan 24 inci. Mengapa? Tali pengikat bawah dan bagian atas balok langit-langit yang dibiarkan terbuka akan terkena udara loteng, yang suhunya mendekati suhu udara luar. Hal ini meningkatkan kehilangan panas melalui anggota rangka.

Penelitian Owens Corning menunjukkan bahwa hal ini dapat mengakibatkan pengurangan 20 persen dalam nilai-R keseluruhan. Lapisan yang sempit tidak menutupi rangka, tetapi lapisan yang lebarnya menutupi. Diskusikan hal ini dengan kontraktor insulasi Anda pada konferensi prapembingkaian. Tentu saja, selulosa yang ditiup tidak hanya akan menutupi anggota rangka ini (kecuali untuk anggota penopang vertikal rangka) tetapi juga akan memberikan segel yang lebih baik dan dengan demikian nilai-R yang lebih tinggi.

Lapisan Kepadatan Tinggi Lapisan fiberglass biasanya diproduksi dengan kepadatan 1 lb/ft³. Nilai-R pada kepadatan ini sekitar R-3.1 per inci. Nilai-R bervariasi tergantung pada produk dan pabrikan. Lapisan standar $3^1/_2$ inci memiliki nilai-R R-11, tetapi kepadatannya hanya 0.5 lb/ft³. Lapisan R-13, $3^5/_8$ inci, memiliki kepadatan 1.0 lb/ft³. Nilai-R fiberglass terutama bergantung pada kepadatan: semakin tinggi kepadatannya, semakin tinggi nilai-R. Warm-N-Dri pada 1 inci memiliki nilai R sebesar 4.2, tetapi kepadatannya adalah 6.9 lb/ft³. Kepadatan dapat ditingkatkan untuk menghasilkan nilai R yang lebih tinggi, tetapi dengan peningkatan yang cukup besar dalam jumlah kaca, dan biaya.

Isolasi fiberglass berdensitas tinggi dan berbiaya rendah sekarang tersedia untuk penggunaan perumahan (R-15 pada $3^1/_2$ inci, R-21 pada $5^1/_2$ inci, dan R-30 pada $8^1/_4$ inci). Isolasi R-19, $6^1/_2$ inci yang digunakan pada dinding 2 x 6 tiang, harus dipadatkan menjadi $5^1/_2$ inci. Ini mengurangi nilai R-nya menjadi R-18.

Memampatkan serat kaca akan meningkatkan nilai R per inci. Akan tetapi, nilai R keseluruhan lebih rendah karena ketebalannya telah berkurang. Pengujian terkini di Laboratorium Nasional Oak Ridge menunjukkan bahwa ketika serat R-21 berdensitas tinggi, berukuran $5^1/_2$ inci dimasukkan ke dalam rongga 2 x 4 sedalam $3^1/_2$ inci, nilai R-nya turun menjadi R-15.

Serat R-21 baru, berukuran $5^1/_2$ inci tidak perlu dipadatkan agar sesuai dengan rongga

2 6. Serat R-19 berukuran $5^1/_2$ inci dimaksudkan untuk insulasi loteng. Serat berdensitas tinggi ditawarkan oleh Owens Corning, Certainteed, dan Johns Manville.

Serat Mineral Semprot

Ark-Seal International dari Denver, Colorado, menjual peralatan untuk pemasangan insulasi *Blown-in-Blanket* (BIB). Mesin BIB pertama dijual pada tahun 1979. Fiberglass isi longgar, rockwool, atau insulasi selulosa dicampur dengan pengikat lateks lembap (sebenarnya lem) dan dipasang ke rongga dinding, di belakang jaring nilon yang dipasang sebelumnya (Gambar 17.1). Insulasi bergerak di sekitar pipa, kotak kerja, dan kabel. Saat kering, ia membentuk selimut insulasi satu bagian yang berkesinambungan.

Gambar 17.1 Isolasi BIB dipasang di belakang jaring nilon.

BIB mirip dengan semprotan basah, tetapi ia menjembatani celah antara batts dan semprotan basah. Insulasi semprotan basah diaplikasikan pada substrat seperti kayu lapis atau OSB. Sistem BIB menggunakan lebih sedikit kelembapan karena tidak direkatkan ke substrat; ia hanya mengikuti bentuk rongga. Pengikat memberikan konsistensi pada insulasi. Tidak seperti semprotan basah, perekat BIB diaplikasikan di dalam nosel.

Pengujian pihak ketiga oleh sejumlah laboratorium swasta dan pemerintah telah menetapkan nilai-R per inci sebesar 3.8 hingga 3.9, yang sedikit di bawah R-4 per inci yang mereka klaim. Meskipun nilai-R bervariasi tergantung pada kepadatan, kepadatan yang digunakan oleh pemasang BIB mempertahankan nilai-R pada 3.9 per inci.

Produk Ark-Seal baru yang disebut Fiberiffic dirancang untuk menghilangkan jaring nilon. Nosel khusus digunakan untuk membusa perekat saat bercampur dengan insulasi. Serat kaca berbusa memiliki konsistensi antara adonan roti dan krim cukur. Karena tidak menempel pada dinding, serat kaca tersebut diratakan dengan sekop. Sekop khusus (lebar tiang dan tinggi 12 inci) ditekankan ke bagian bawah tiang. Busa disuntikkan di belakang sekop, yang perlahan-lahan digerakkan ke atas saat dinding diisi dengan busa. Busa ini cepat kering dan tetap di tempatnya saat sekop digerakkan ke atas. Saat benar-benar kering, busa menghilang dan lapisan memiliki konsistensi yang sama dengan insulasi BIB.

Rockwool Semprot

American Rockwool dari North Carolina telah memperkenalkan sistem insulasi

rockwool semprot yang disebut *Fire Acoustical Thermal System* (F.A.T.S.). Meskipun hanya berupa rockwool biasa yang dicampur dengan perekat basah, sistem ini tidak memerlukan mesin khusus, seperti halnya sistem BIB. Mesin peniup dan nosel konvensional digunakan. American Rockwool merekomendasikan penggunaan perekat Ultra-Lok 40–0871 yang memberikan peringkat api Kelas A pada dinding menurut *Underwriter Laboratory* (UL). Jika tidak, perekat lateks apa pun dapat digunakan. Perekat cair dicampur dengan takaran 1 galon per kantong seberat 30 pon yang memberikan kadar air sekitar 28 persen berdasarkan berat kering. Jaring tidak diperlukan.

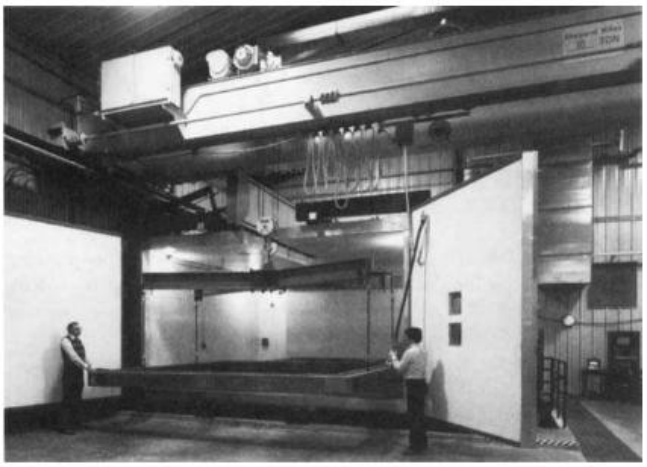
Jika dipasang dengan kepadatan yang direkomendasikan 4 lb/ft^3, nilai-R sekitar 3.8. Nilai-R bervariasi tergantung pada kepadatan dan berkisar antara 3.5 dan 3.9. Salah satu masalah dengan insulasi semprot basah adalah masalah kelembapan. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan insulasi? Apakah masalah kelembapan akan terjadi jika penghambat difusi uap (VDR) digunakan? (VDR dibahas secara rinci nanti dalam bab ini.) F.A.T.S. menggunakan lebih sedikit air daripada selulosa, tetapi lebih banyak daripada sistem BIB. Seorang juru bicara di American Rockwool mengatakan rockwool akan mengering dalam 24 hingga 48 jam.

Insulasi Isi Longgar

Owens Corning, Certainteed, dan Johns Manville memproduksi isi longgar, atau insulasi tiup. Semua insulasi isi longgar mengendap, beberapa lebih dari yang lain. Fiberglass mengendap antara 0 dan 8 persen saat dipasang pada atau di atas kepadatan label. Kehilangan nilai-R yang disebabkan oleh pengendapan kecil, bahkan jika pengendapannya 8 persen. Fiberglass kehilangan 0.5 persen dalam nilai-R untuk setiap 1 persen kehilangan ketebalan yang disebabkan oleh pengendapan. Oleh karena itu, kehilangan 8 persen akan mengurangi nilai R hanya sebesar 4 persen.

Laboratorium Nasional Oak Ridge (ORNL), Oak Ridge, Tennessee, memiliki simulator iklim skala besar (LSCS) yang digunakan untuk pengujian dinamis seluruh sistem atap (Gambar 17.2). LSCS dapat digunakan sebagai ruang lingkungan atau sebagai kotak panas yang dijaga untuk menguji insulasi. Ia beroperasi pada rentang suhu 40◦F hingga 200◦F.

Rentang kondisi iklim yang ditemukan di Amerika Serikat dapat diciptakan di ruang atas, dan rentang kondisi dalam ruangan yang luas di ruang bawah. Meskipun awalnya dirancang untuk menguji atap dengan kemiringan rendah, atap dengan kemiringan lebih tinggi dapat diuji. Ia juga digunakan untuk menguji kinerja seluruh sistem insulasi loteng.



Gambar 17.2 Simulator iklim skala besar ORNL.

Salah satu pengujian Thermacube milik Owens Corning menemukan bahwa pada suhu yang sangat rendah (18°F), insulasi kehilangan 50 persen dari nilai R yang tampak. Akan tetapi, bahkan ketika suhu loteng jauh lebih tinggi (20◦F), nilai R efektif berkurang hingga 40 persen dari nilai nominalnya. Thermacube ditiupkan ke dalam loteng hingga mencapai R-20 nominal. Suhu ruang divariasikan dari 18◦F hingga 145◦F saat nilai R sistem langit-langit diukur.

Saat udara di loteng mendingin, suhu mencapai suhu kritis (sekitar 50◦F) saat udara loteng berkonveksi ke dalam dan di dalam insulasi. Pemindaian inframerah pada bagian atas insulasi dan lembaran batu membuktikan hal ini. Kehilangan nilai-R tidak spesifik untuk merek tertentu. Pengujian di University of Illinois mengungkapkan bahwa dalam satu loteng uji yang ditiup dengan 14 inci Certainteed's INSUL-Spray III, nilai-R turun lebih dari 50 persen pada suhu udara loteng 10◦F. Penyebabnya adalah loop udara konvektif. Semua fiberglass isi longgar akan mengalami kehilangan nilai-R yang substansial karena suhu rendah.

Masalah dengan Selulosa

Selulosa, yang dipasang pada R-19 pada kepadatan sekitar 2.4 lbs/ft², mengalami pengujian yang sama. Suhu ruang bawah dipertahankan pada 70◦F, sedangkan suhu ruang atas bervariasi dari 40◦F hingga 18°F. Nilai-R selulosa tidak turun bahkan pada 18°F. Bahkan pada kepadatan yang berbeda, tidak ada indikasi konveksi di dalam selulosa.

Nilai R dari insulasi fiberglass lepas hanya akan mulai turun jika suhu loteng turun di bawah 30◦F. Penurunan nilai R yang besar terjadi pada suhu 10 derajat dan lebih rendah. Di area dengan suhu 0◦F yang terjadi satu atau dua hari dalam setahun, penurunan tersebut tidak terlalu penting. Oleh karena itu, di wilayah yang lebih hangat, temuan ini dapat diabaikan. Di wilayah yang lebih utara dengan suhu musim dingin rata-rata harian 0◦F atau lebih rendah, fiberglass lepas mungkin bukan pilihan yang tepat.

Solusi

Ada sejumlah cara untuk mengatasi hal ini. Metode yang digunakan harus berdasarkan rekayasa nilai. Pilih solusi dengan biaya tenaga kerja dan material terendah. Berikut adalah beberapa solusi yang memungkinkan:

- Pilih lapisan fiberglass alih-alih lapisan pengisi lepas. Tidak ada bukti konveksi dalam

lapisan, bahkan pada suhu rendah.

- Tutupi lapisan fiberglass pengisi lepas dengan selimut konveksi. Ini
- merupakan salah satu tujuan penggunaan Tyvek pada akhir tahun 1960an.
- Tutupi lapisan pengisi lepas dengan selimut fiberglass berdensitas tinggi 1,0 lb/ft^3.
- Tiup selulosa pengisi lepas.

ORNL mencoba beberapa solusi ini. Semua selimut konveksi berlubang, seperti Attic Seal, tidak bekerja dengan baik. Sementara Tyvek menghentikan udara loteng menembus insulasi, masih ada pergerakan udara di dalam insulasi. Lapisan fiberglass kepadatan tinggi lainnya di antara film polietilena berlubang bekerja dengan sangat baik, seperti halnya lapisan fiberglass kepadatan tinggi tanpa poli. Fiberglass isi longgar akan bekerja dengan baik di iklim dingin jika ditutupi dengan lapisan konvektif yang efektif. Kelemahan dari empat solusi ORNL adalah biaya material dan tenaga kerja. Seberapa mudah memasang semua jenis lapisan di atas insulasi isi longgar setebal 15 inci? Informasi lebih lanjut ada dalam publikasi ASTM STP 1116.

Terakhir, ada masalah keamanan insulasi fiberglass. Richard Munson melalui organisasi nirlaba Victims of Fiberglass mengklaim bahwa bahan tersebut bersifat karsinogenik. Kritikusnya, produsen fiberglass, mengatakan bahwa orang harus curiga terhadap Munson karena ia berkecimpung dalam bisnis manufaktur selulosa. Tentu saja, kepentingan fiberglass mengklaim bahwa tidak ada bukti atau bahwa bukti tersebut tidak meyakinkan, disalahartikan, atau tidak signifikan. Namun, ingat peringatan produsen: kenakan sarung tangan, kacamata pelindung, dan masker wajah saat menangani fiberglass. Terjadi pertikaian hubungan masyarakat antara produsen serat kaca dan selulosa: dugaan bahaya kebakaran dari selulosa di satu sisi, dan dugaan serat serat kaca penyebab kanker di sisi lain. Tentu saja, selulosa juga berpotensi menyebabkan masalah kesehatan. Pemilik rumah bukanlah orang yang mungkin terpapar bahaya boraks dalam selulosa. Pemasanglah yang menghadapi paparan terus-menerus.

17.2 SELULOSA

Insulasi selulosa memiliki salah satu nilai-R tertinggi dari semua insulasi umum. Paten untuk serat selulosa dikeluarkan pada tahun 1800an, tetapi baru pada tahun 1950an selulosa mulai dipasarkan. Selulosa dibuat dengan mengubah koran bekas, produk kertas lainnya, kayu murni, atau tekstil katun menjadi serat. Kertas koran dimasukkan ke penggiling palu atau penggiling pemotong/penghancur, di mana kertas tersebut diparut dan dihaluskan menjadi bahan berserat dan homogen. Bahan kimia tahan api (seperti boraks, atau asam borat) ditambahkan, dicampur dengan serat selulosa, dan produk tersebut kemudian dikemas. Kayu murni juga dapat digunakan. Ini adalah proses kering dan metode yang paling umum untuk memproduksi insulasi selulosa.

Ada dua proses basah. Pada proses pertama, cairan penghambat api disemprotkan, dikabutkan, atau ditaburkan ke serat selulosa mentah sebelum campuran tersebut dimasukkan ke penggiling akhir. Aliran udara dan penumpukan panas berdurasi pendek selama proses akhir menguapkan kelebihan air.

Insulasi yang berasal dari kayu diproses dengan dua cara. Pada cara pertama, penyuling

bertekanan cakram berputar menghasilkan serpihan. Serpihan dipanaskan dengan uap jenuh 320◦F dan diubah menjadi serat. Kadar air 65 persen dikurangi dalam oven udara paksa yang beroperasi pada 220◦F. Insulasi kering ditempatkan dalam penyemprot drum berputar dan boraks/asam borat basah disemprotkan sebelum dikemas.

Pada sistem kedua, mesin pembuat kertas digunakan. Serpihan kayu dibuat menjadi bubur pulp. Kompresi digunakan untuk menghilangkan 50 persen air. Pulp kemudian dikeringkan, dihaluskan, dan dikemas. Proses pembuatan kertas memanfaatkan dua insulasi yang diproses secara basah dengan lebih baik. Penghambat api dicampur secara menyeluruh dan seragam dengan serat, dan diikatkan ke serat. Conwed memproduksi selulosa Fiberfluf® menggunakan proses ini. Nilai resistansi termal yang diterima berkisar antara R-3.2 hingga R-3.7 per inci.

Selulosa dapat ditiup dalam keadaan kering atau disemprotkan dalam keadaan basah. Semua insulasi lepas-lepas mengendap, tetapi lebih dari fiberglass. Pengujian dan penelitian pada loteng sungguhan selama beberapa tahun telah menetapkan dengan jelas bahwa selulosa mengendap rata-rata antara 15 dan 25 persen dari waktu ke waktu. Untuk setiap 1 persen kehilangan ketebalan yang disebabkan oleh pengendapan, nilai R berkurang sebesar 1 persen.

Sebagai satu-satunya insulasi yang diatur oleh pemerintah federal, selulosa telah memperoleh reputasi yang tidak pantas. Pada saat krisis OPEC, ada sekitar 50 produsen selulosa. Pada tahun 1978 jumlahnya telah tumbuh menjadi 700. Banyak dari mereka adalah operasi di luar garasi yang menghasilkan kertas giling yang belum diolah. Sebuah majalah yang dikenal secara nasional menganjurkan para pembacanya untuk mulai dari awal: membeli mesin penggiling, memasangnya di mobil, berkendara ke rumah, menggiling koran, dan memompanya ke rongga-rongga dinding rumah. Tentu saja, jika rumah-rumah dengan kertas polos ini terbakar, semua insulasi selulosa akan disalahkan.

Pengendapan

Seluler loteng akan mengendap karena tidak dapat dipadatkan hingga mencapai kepadatan desain, atau kepadatan pengendapan. Selulosa akan terus mengendap hingga mencapai kepadatan pengendapannya, dan pada titik tersebut, pengendapan akan berhenti.

Seluler yang dipasang dengan benar di dinding samping tidak akan mengendap. George Tsongas dari Universitas Negeri Portland berpendapat bahwa material pengisi longgar tidak mengendap hingga tingkat yang berarti, jika dipasang dengan benar. Ia menambahkan bahwa, "Yang tampak mengendap kemungkinan besar adalah pengisian rongga dinding yang tidak lengkap." Bagaimana selulosa harus dipasang untuk mencegah pengendapan?

Selulosa harus dipasang pada kepadatan yang cukup tinggi untuk mencegah pengendapan. Dinding samping harus diisi pada kepadatan desain yang sangat banyak pon per kaki kubik. Meskipun dapat bervariasi dari satu produsen ke produsen lainnya dan antara berbagai kelompok selulosa yang sama, sebagian besar penelitian telah menunjukkan bahwa pada 3.5 hingga 4 lbs/ft^3, pengendapan tidak akan terjadi. Itu juga tergantung pada jumlah lubang (sistem dua lubang adalah yang umum), diameter nosel, keterampilan pemasang, dan variabel lainnya.

Dua Lubang Versus Satu Lubang

Secara konvensional, pemasangan selulosa dilakukan melalui dua lubang: satu berada sekitar 8 inci di bawah pelat atas, dan satu lagi sekitar 1 feet di atas pelat bawah. Namun, metode satu lubang telah ditinjau kembali dan disempurnakan dalam sebuah studi terhadap 200 rumah di Minnesota. Dalam pendekatan ini, selang berdiameter antara 1 hingga 1½ inci disambungkan ke alat tiup, lalu dimasukkan ke dalam lubang berukuran 2 inci yang dibor sekitar 1 feet di atas pelat bawah. Selang didorong ke dalam rongga hingga mencapai penghalang atau pelat atas. Selulosa kemudian ditiupkan dari bawah ke atas dengan kepadatan rendah. Proses tiupan dilanjutkan hingga material mulai memadat, yang ditandai dengan meningkatnya tekanan pada mesin tiup. Selang kemudian ditarik secara perlahan, sehingga selulosa terdorong dan memadat dari bagian atas ke bawah. Ketika mencapai dasar lubang, ujung selang diarahkan ke bawah untuk memastikan isolasi terdistribusi secara padat hingga ke bagian bawah rongga dinding.

Salah satu keunggulan utama dari metode ini adalah memungkinkan pemeriksaan rongga dinding untuk mendeteksi adanya penyumbatan, yang tidak bisa diabaikan begitu saja. Selulosa diinjeksikan dengan kepadatan lebih tinggi, sehingga mengisi seluruh ruang dalam rongga dinding secara merata. Pemantauan menunjukkan bahwa baik bagian atas maupun bawah rongga terisi padat, dan teknik ini memungkinkan pemasangan isolasi hingga 10 hingga 20 persen lebih banyak dibandingkan metode lainnya. Pengujian menggunakan blower door menunjukkan bahwa metode ini mampu mengurangi kebocoran udara dalam rumah hingga 40 persen. Hasil serupa juga ditemukan pada pengujian rumah renovasi yang menggunakan metode satu lubang dengan selulosa, yang menguatkan efektivitas teknik ini dalam memperlambat pergerakan udara masuk maupun sirkulasi udara di dalam rongga dinding.

Masalah 1

Jika dinding dibingkai dengan papan 2 x 6, 24 inci oc dan tinggi dinding 7 feet-6 inci, berapa pon selulosa yang dibutuhkan setiap rongga pada kepadatan 3.5 lb/ft^3?

Soal ini dapat diselesaikan dengan salah satu dari dua cara:

Ubah 5.5 inci menjadi pecahan desimal 1 feet:

5.5 inci/12 inci = 0.4583.

(7 feet-6 inci x 2 feet x 0.4583 inci) x 3.5 lb/ft^3 = 24 pon

Ubah semua pengukuran ke inci:

[(90 inci × 24 inci × 5.5 inci) × 3.5 lb/ft^3] / 1728 in^3/ft^3 = 24 pon

Masalah 2

Dinding yang dibingkai dengan papan 2 x 6 memiliki luas bersih 1080 ft^2. Berapa banyak kantong seberat 30 pon yang dibutuhkan untuk mengisi dinding pada 3.5 lb/ft^3?

1080 ft^3 × 0.4583 × 3.5 lb/ft^3 / kantong seberat 30 pon = 57.7, atau 58 kantong

Selulosa di Loteng

Tidak hanya selulosa loteng yang mengendap, tetapi nilai-R-nya juga turun. Saat material mengendap, kepadatannya meningkat dan ketebalan keseluruhannya berkurang. Misalnya, ketika 15 inci selulosa yang ditiup pada kepadatan 2.5 lb/ft^3 mengendap menjadi 12.5 inci, nilai R-nya turun dari R-55.5 menjadi R-43.8, dan kepadatannya meningkat menjadi

3.0 lb/ft³. Seorang kontraktor memutuskan untuk melakukan isolasi dan melihat label pada sekantong selulosa. Label tersebut mengatakan (Gambar 17.3) untuk R-40 di loteng, tiup minimal 10.8 inci. Dua tahun kemudian, pemilik rumah memutuskan untuk mengukur ketebalannya dan menemukan bahwa ketebalannya hanya 8 inci. Memeriksa label selulosa di tempat penjualan kayu menunjukkan bahwa 8 inci hanya R-30.

Nilai R pada Suhu Rata-rata 75°	**Ketebalan Minimal**	**Maks. Cakupan Bersih**		**Cakupan Kotor Maks. 2 x 6 Pembingkaian pada bagian tengah 16"**		**Berat Minimum per Kaki Persegi**
Untuk memperoleh Resisten (R) sebesar:	Isolasi yang dipasang tidak boleh kurang dari (inci)	Luas cakupan min. feet persegi per kantong	Kantong per 1000 feet persegi	Luas maksimum feet persegi cakupan per kantong	Kantong per 1000 feet persegi	Berat per feet persegi insulasi yang terpasang harus tidak kurang dari (lbs.)
Loteng: R-40	10.8	17.22	58.08	18.08	55.31	1.80
R-38	10.3	18.13	55.17	19.08	52.40	1.71
R-32	8.6	21.52	46.46	22.89	43.69	1.44
R-30	8.1	22.96	43.56	24.52	40.79	1.35
R-24	6.5	28.70	34.85	31.18	32.08	1.08
R-19	5.1	36.25	27.59	40.00	25.00	.86
R-13	3.5	52.98	18.87	58.46	17.11	.59
R-11	3.0	62.61	15.97	69.09	14.47	.50
Dinding samping:R-13	3.5			**2 x 4 Kencing di Tengah 16''**		1.02
				33.90	29.59	

Gambar 17.3 Label cakupan tipikal pada kantong insulasi selulosa.

Sayangnya, 10.8 inci tidak merujuk pada ketebalan yang dipasang, tetapi pada ketebalan akhir yang ditetapkan untuk peringkat R-40. Yang tidak disebutkan label kepada tukang yang mengerjakan sendiri adalah bahwa untuk R-40, cukup banyak selulosa yang harus ditiup sehingga mengendap hingga 10.8 inci. Berapa banyak yang harus ditiup? Asumsikan pengendapan 25 persen; tiup berlebih sebesar 25 persen:

$$10.8 \times 1.25 = 13.5 \text{ atau } 14 \text{ inci.}$$

Nilai R awal akan jauh lebih tinggi tetapi akan turun ke R-40 pada akhir pengendapan. Beberapa produsen kini telah mengubah label mereka untuk menunjukkan ketebalan yang dipasang dan yang ditetapkan (Gambar 17.4).

Nilai R 75° Suhu Rata-rata	**Awalnya Terpasang Ketebalan (Perkiraan)**	**Loteng Terbuka Ketebalan Minimum (Inci)**	**Cakupan Maksimum per Tas (Feet Persegi)**			**Jumlah Kantong Minimum per Seribu Feet Persegi**			**Berat Minimum (lbs/sq ft) Pada 1.7 PCF Kepadatan Terendap**
			BERSIH	**Bingkai 2 × 6 pada Pusat 16"**	**Bingkai 2 × 4 pada Pusat 24"**	**BERSIH**	**Bingkai 2 × 6 pada Pusat 16"**	**Bingkai 2 × 4 pada Pusat 24"**	
R-11	4''	3.0	70.3	77.4	74.9	14.2	12.9	13.4	.427
R-13	4.75''	3.6	59.5	65.5	63.4	16.8	15.3	15.8	.505
R-19	6.75''	5.2	40.7	44.8	42.5	24.6	22.3	23.5	.737

R-22	8''	6.0	35.1	38.4	36.5	28.5	26.0	27.4	.854
R-24	8.75''	6.6	32.2	34.9	33.3	31.1	28.6	30.0	.932
R-30	10.75''	8.2	25.8	27.5	26.5	38.8	36.4	37.8	1.164
R-32	11.5''	8.8	24.2	25.7	24.8	41.4	39.0	40.4	1.242
R-38	13.5''	10.4	20.3	21.4	20.8	49.2	46.7	48.1	1.475
R-40	14.25''	11.0	19.3	20.3	19.7	51.8	49.3	50.7	1.553
R-44	15.75''	12.1	17.6	18.4	17.9	56.9	54.5	55.9	1.708
R-50	18''	13.7	15.5	16.1	15.7	64.7	62.3	63.7	1.941

Gambar 17.4. Label baru yang sekarang digunakan menunjukkan ketebalan yang awalnya dipasang dan ketebalan minimum yang ditetapkan.

Selulosa Semprot

Label baru yang sekarang digunakan menunjukkan ketebalan yang awalnya dipasang dan ketebalan minimum yang ditetapkan.

Selulosa semprot semakin populer dan menuai kontroversi. Kontroversi utama mengenai selulosa semprot basah melibatkan kemungkinan kerusakan akibat kelembapan. Selulosa yang dipasang dengan benar pada kadar air maksimum 50 persen berdasarkan berat basah, 3 galon air per kantong seberat 30 pon, tidak akan menimbulkan masalah, bahkan dengan VDR ganda: VDR pada sisi dalam yang hangat, XPS atau PIR pada tiang luar.

Selulosa semprot basah adalah selulosa yang ditambahkan perekat kering, atau cairan dimasukkan ke nosel pada saat penyemprotan (Gambar 17.5). Tidak semua selulosa semprot basah memiliki perekat tambahan. Ini tidak diperlukan saat menyemprot ke rongga tiang sedalam maksimum 5.5 inci. Perekat sedikit mengurangi nilai-R.

Gambar 17.5 Pemasangan selulosa semprot basah.

Selulosa yang disemprotkan memiliki sejumlah keunggulan:

- Mengalir ke setiap sudut dan celah
- Karena rongganya terbuka, selulosa dapat diperiksa saat dipasang
- Tidak mengendap
- Membentuk kerak, yang memberikan ketahanan tambahan terhadap infiltrasi udara
- Pergerakan udara di dalam dinding dan di dalam insulasi kering berkurang secara substansial

Nilai R berada di antara R-3.5 dan R-3.7 per inci.

Perhatian

Selulosa yang digunakan dalam aplikasi semprot basah harus secara khusus diproduksi untuk tujuan tersebut. Proses akhir sebelum pengemasan biasanya mencakup penyaringan guna mengurangi kandungan debu dan partikel halus. Jika selulosa yang belum disaring digunakan, nilai R-nya dapat turun hingga sekitar R-2 per inci.

Selain itu, selulosa semprot tidak mampu menopang dirinya sendiri pada struktur dinding tiang yang tidak standar, seperti tiang 2 x 3 dengan jarak 24 inci yang dipasang pada pelat 2 x 6. Hal yang sama berlaku pada konfigurasi dinding ganda yang tidak teratur, seperti dinding ganda 2 x 4; selulosa tidak akan stabil tanpa dukungan tambahan. Dalam kasus tersebut, dinding bagian luar dapat disemprot dengan selulosa, tetapi rongga yang tersisa perlu diisi menggunakan metode tiup untuk memastikan isian yang optimal.

Story Jig

Selulosa longgar dapat dipasang pada dinding bertiang tanpa memerlukan pelapis lembaran gipsum terlebih dahulu atau penerapan metode semprot basah. Salah satu alat bantu untuk pemasangan ini adalah Story Jig, yang diproduksi oleh Insul-Tray di Redmond, Washington. Alat ini berupa panel Plexiglas transparan dengan empat lubang pengisian yang dilengkapi paking, dan diletakkan di atas rangka tiang dinding. Melalui lubang-lubang tersebut, isolasi ditiupkan hingga rongga terisi penuh. Panel kemudian dipindahkan ke bagian rongga berikutnya, dan proses ini diulang hingga seluruh dinding terisi isolasi.

Jika selulosa dipasang dengan kepadatan sekitar 3.5 lb/ft^3, material tersebut akan tetap stabil di tempatnya dan tidak akan mengalami penurunan volume yang signifikan. Story Jig tersedia dalam berbagai ukuran, namun tidak dijual bebas—alat ini hanya tersedia melalui sistem penyewaan.

Perhatian

Keberhasilan metode ini bergantung pada kepadatan pemasangan minimal 3.5 lb/ft^3. Jumlah kantong yang dihitung harus dipasang. Kontraktor insulasi yang bereputasi baik akan menyimpan bagian atas kantong sebagai cara menghitung jumlah yang digunakan.

17.3 PLASTIK SELULER

Beragam jenis insulasi plastik digunakan dalam dua bentuk utama: sebagai semprotan (dalam bentuk cair atau busa) dan sebagai papan busa kaku.

Polistirena merupakan salah satu bahan insulasi plastik yang paling umum digunakan, tidak hanya terbatas pada aplikasi bangunan. Material ini juga digunakan dalam produk sehari-hari seperti gelas kopi sekali pakai, bahan pengemas, pembungkus botol soda, hingga papan selancar anak-anak. Terdapat dua metode utama dalam produksi polistirena, yaitu metode ekspansi dan ekstrusi.

Polistirena mengembang, yang juga dikenal sebagai busa cetak atau beadboard, dibuat dengan memasukkan butiran polistirena yang mengandung bahan peniup ke dalam cetakan, kemudian dipanaskan. Uap dari bahan peniup—biasanya pentana—mengembang butiran tersebut hingga membentuk busa dengan struktur sel tertutup.

Sementara itu, polistirena diekstrusi diproduksi dengan mencampurkan polistirena panas, pelarut, dan bahan peniup—umumnya klorofluorokarbon (CFC)—lalu dialirkan melalui celah ke udara terbuka. Saat gas mengembang, terbentuklah busa dengan sel tertutup yang lebih halus dan padat dibandingkan versi mengembang.

Terdapat lima jenis polistirena diekstrusi yang diklasifikasikan sebagai tipe IV, V, VI, VII, dan X. Semua jenis ini memiliki nilai R yang sama, yakni R-5.0 per inci, terlepas dari variasi kepadatannya.

Semua polistirena yang diekstrusi (EPS), baik yang diekstrusi maupun yang diekstrusi, adalah EPS. MEPS adalah papan insulasi polistirena yang diekstrusi dan diekstrusi, yang juga dikenal sebagai papan manik-manik. XPS adalah papan insulasi polistirena yang diekstrusi dan diekstrusi, seperti STYROFOAM® biru, Formular merah muda, Amofoam hijau, dan Diversifoam kuning. Untuk informasi lebih lanjut, lihat standar ASTM E631–89.

Poliuretana (PUR) dan *Poliisosianurat* (PIR) menua (artinya, nilai-R mereka menurun seiring waktu). Zat peniup klorofluorokarbon (CFC) dalam PUR dan PIR memiliki konduktivitas yang lebih rendah (nilai-R yang lebih tinggi) daripada udara. Sebagian CFC bocor saat busa menua, dan nilai-R busa turun. PUR mungkin memiliki nilai manufaktur R-9 tetapi nilai penuaan R-7 atau lebih rendah. CFC tidak lagi digunakan dalam pembuatan produk insulasi. Papan bead bebas CFC.

Zat peniup adalah gas pentana, yang berdifusi keluar dari busa segera setelah pembuatan. Nilai-R EPS tidak didasarkan pada gas pentana. Meskipun nilai-R bergantung pada kepadatan papan, nilai tersebut tetap stabil selama papan tetap kering. Standar ASTM C578–85 mencantumkan sembilan jenis EPS. Standar C578–87A mencantumkan 10 jenis dan saat ini sedang direvisi. Keempat jenis EPS yang tercantum di sini (Tabel 17.1) berasal dari standar ASTM C578–85. Kepadatan dalam satuan lb/ft³. Nilai R dalam satuan inci.

Tabel 17.1 Jenis EPS

Jenis	**I**	**II**	**VIII**	**IX**
Kepadatan	0.9	1.35	1.15	1.8
Nilai-R	3.6	4.0	3.8	4.2

Bila istilah penuaan digunakan bersama EPS, istilah tersebut tidak merujuk pada usia nilai-R, tetapi pada penuaan stabilitas dimensi. EPS yang digunakan dalam sistem insulasi dan pelapis eksterior (EIFS) mengalami penuaan untuk menstabilkan dimensinya dan meminimalkan pergerakan papan guna mencegah retaknya pelapis.

Pentana tidak bebas masalah. Pentana merupakan polutan karena VOC yang dibahas dalam Bab 3. VOC tersebut bergabung dengan senyawa lain untuk menghasilkan kabut asap. Pentana diatur oleh Undang-Undang Udara Bersih federal. BASF Corporation telah memproduksi resin baru, BFL, yang mengandung sekitar 4 persen pentana, bukan 7 persen seperti biasanya.

PUR dan PIR menggunakan CFC yang disebut Freon. CFC merupakan gas dengan konduktivitas rendah (nilai-R tinggi) di dalam busa sel tertutup. PUR dan PIR diproduksi dalam tiga bentuk

berbeda: bun stock (untuk menyediakan papan potong), continuous bun stock (yaitu, dipotong sesuai panjang tergantung pada penggunaan akhir, dengan atau tanpa lapisan luar seperti aluminium foil), dan disemprotkan (dituang atau dibusakan) di tempat.

PUR dan PIR saling terkait erat. Bahan dasar yang sama digunakan, tetapi keduanya disatukan secara berbeda. Busa PIR memiliki konduktivitas termal yang lebih rendah (nilai-R lebih tinggi), stabilitas termal yang lebih baik, dan mudah terbakar yang lebih rendah (penghambat api yang lebih tinggi) daripada PUR. Busa ini lebih mahal dan lebih rapuh (mudah pecah). PUR lebih kuat, lebih murah, memiliki nilai-R yang lebih rendah, dan harus ditambahkan penghambat api. Meskipun keduanya terkadang membingungkan, papan selubung yang umum digunakan dengan lapisan aluminium foil (seperti Ther-max, Energyshield, R-Max, dan Celotex) adalah PIR. Nilai-R adalah 7.04 per inci (Gambar 17.6).
Fenolik adalah resin fenol-formaldehida yang diproduksi dengan mencampur fenol dan formaldehida. Resin dicampur dengan katalis, agen peniup, dan agen pembusa. Busa sel terbuka atau sel tertutup dapat diproduksi. Busa ini diproduksi dalam bentuk lembaran kontinu dan dipotong sesuai panjang yang diperlukan. Saat ini, busa ini hanya tersedia sebagai papan, meskipun Jepang memiliki busa fenolik semprot di tempat.

Mungkin papan insulasi fenolik yang paling terkenal adalah Exeltherm Xtra buatan Kopper yang digunakan dalam atap komersial. Versi untuk penggunaan perumahan dengan nilai-R sebesar R-8.33 per inci diproduksi, tetapi lini produk tersebut dijual ke Johns Manville. R-8.33 buatan Fenolik tetap menjadi insulasi busa dengan nilai-R tertinggi yang tersedia hingga Celotex memperkenalkan Tuff-R Blackore barunya pada bulan Juli 1991. Busa ini memiliki nilai-R lama sebesar R-8.7 per inci, naik 13 persen dari R-7.7 per inci buatan Tuff-R. Warna hitam berasal dari karbon hitam yang mengurangi perpindahan panas radiasi dalam sel busa (Gambar 17.7).

Klorofluorokarbon (CFC) yang digunakan sebagai bahan peniup dalam PUR, PIR, XP, dan busa fenolik telah diidentifikasi sebagai bahan berbahaya bagi lapisan ozon di stratosfer Bumi. Sebuah perjanjian internasional, yang ditandatangani oleh Amerika Serikat pada tahun 1988, menyatakan bahwa akan ada penghentian produksi secara bertahap. Pada tahun 1989, Dow Chemical berhenti menggunakan CFC dalam papan busa STYROFOAM XEPS mereka.

Gambar 17.6 Selubung papan kaku Celotex Tuff-R yang diisolasi.

Gambar 17.7 Celotex New Blackore dengan nilai R sebesar R-8.7 per inci.

Urea-Formaldehida (UFFI) diproduksi dari urea dan formaldehida. Produk ini diproduksi di lokasi menggunakan peralatan portabel. Resin urea formaldehida, bahan pembuat busa, dan udara, dibuat busa secara mekanis dengan pompa udara bertekanan dan pistol pencampur. Nilai R berkisar antara 3.5 hingga 5.5, dengan nilai yang diterima sebesar R-4.2 per inci.
Urea formaldehida telah menjadi subjek kontroversi yang cukup besar, tuntutan hukum, larangan pemerintah, dan pemulihan berikutnya oleh pengadilan federal. Isolasi melepaskan formaldehida setelah pemasangan dan selama beberapa bulan kemudian. Kadar formaldehida di rumah-rumah tanpa busa lebih rendah. Tentu saja, ada rumah-rumah yang diisolasi dengan UFFI yang memiliki kadar formaldehida yang relatif rendah.

Penyusutan merupakan kekurangan serius dari busa, berkisar antara 1 hingga 10 persen dan rata-rata 6 persen atau lebih. Studi HUD menunjukkan bahwa dengan penyusutan linier 6 persen, efisiensi termal berkurang hingga 28 persen. Jika nilai R yang diklaim adalah R-4, pengurangan sebesar 28 persen berarti bahwa R-4 telah dibayarkan tetapi R-2.88 merupakan hasil penyusutan. Penyusutan tidak memengaruhi konduktivitas termal busa itu sendiri tetapi memengaruhi kinerja pemasangannya.

Di rongga, busa tidak seefektif yang seharusnya. Jumlah keluhan yang luar biasa tentang penyakit yang disebabkan oleh busa menyebabkan pemerintah Kanada memberikan hibah sebesar Rp 50 juta per rumah untuk pembuangan busa UF. Pada tahun 1982, ketua Subkomite Perdagangan, Konsumen, dan Urusan Moneter DPR mempertimbangkan undang-undang yang akan memberikan pinjaman berbunga rendah, hibah pajak, atau hibah langsung kepada pemilik rumah untuk pembuangan busa UF.

Pada tanggal 15 Agustus 1982, Komisi Keamanan Produk Konsumen AS (CPSC) melarang UFFI. Banyak kontraktor insulasi busa UF terpaksa gulung tikar karena mereka dipaksa membayar untuk pembuangan busa yang telah mereka pasang. Beberapa, tetapi tidak semua, masalah formaldehida disebabkan oleh pemasang yang tidak memenuhi syarat yang menggunakan UFFI yang diformulasikan secara tidak tepat dan teknik pemasangan yang tidak tepat. Pada bulan April 1983, Pengadilan Banding Sirkuit Kelima AS membatalkan CPSC,

dengan menyatakan tidak ada cukup bukti untuk mendukung larangan tersebut.

Pada tahun 1980, Institut Nasional Keselamatan dan Kesehatan Kerja (NIOSH) merekomendasikan agar UF diatur sebagai karsinogen potensial bagi manusia. Pada tahun 1985, OSHA menetapkan batas paparan yang diizinkan (PEL) sebesar 1 bagian per miliar (ppb). Pada bulan Juni 1990, PEL yang disepakati ditetapkan sebesar 0.75 bagian per juta (ppm). Beberapa negara bagian (seperti Massachusetts) telah melarang UFFI dan melarang penggunaan insulasi apa pun yang mengandung UF.

Ada beberapa kontraktor UFFI yang tersisa, beberapa di antaranya mengklaim produk mereka mengurangi emisi formaldehida. Emisi formaldehida merupakan masalah di rumah mobil dan merupakan beberapa material yang terlibat dalam sindrom bangunan sakit. Pada bulan Januari 1990, juri di Centralia, Missouri, memberikan ganti rugi sebesar Rp 160 miliar kepada keluarga Pinkerton atas disfungsi imun yang disebabkan oleh zat kimia (CIIF) yang disebabkan oleh kadar formaldehida yang tinggi.

Masih ada empat perusahaan yang menjual UFFI. Tiga dari perusahaan ini membatasi penjualan mereka ke sektor komersial kecuali PolyMaster. Tailored Chemical Products, Inc., dari Hickory, North Carolina, adalah produsen dan pemasang UFFI terbesar. Perusahaan ini memproduksi CoreFill 500.

- Busa tripolimer (lihat Gambar 17.8) diproduksi oleh C. P. Chemical yang berbasis di White Plains, New York. Jenis busa ini dikenal sebagai busa cold-setting dan memiliki nilai R sebesar R-4.6 pada suhu 72°F. Produk ini termasuk dalam Kelas 1 untuk ketahanan terhadap api, serta tidak mengandung atau menggunakan klorofluorokarbon (CFC) dalam proses pembuatannya. Menurut keterangan dari pihak produsen, busa ini memiliki komposisi kimia yang berbeda dari busa urea formaldehida, dan bukan termasuk kategori busa fenolik. Meski begitu, secara kimiawi, busa ini masih memiliki hubungan jauh dengan generasi awal busa urea formaldehida. Produsen juga menyatakan bahwa hasil pengujian di laboratorium maupun di lapangan menunjukkan kadar aldehida—termasuk formaldehida—berada di bawah ambang batas deteksi. Namun demikian, batas deteksi yang dimaksud tidak dijelaskan secara rinci.

Gambar 17.8 Busa tripolimer. *(Courtesy C.P. Chemical)*

- Perusahaan PolyMaster yang berbasis di Knoxville, Tennessee, memasarkan produk insulasi busa urea formaldehida yang menggunakan resin produksi Mt. Edison, sebuah produsen dari Milan, Italia. Berdasarkan keterangan dari PolyMaster, Mt. Edison telah berhasil mengikat kandungan formaldehida secara efektif, sehingga jumlah yang dapat diekstraksi hanya sekitar 0.33 pon per 1.000 pon busa. Seorang juru bicara perusahaan menyatakan bahwa produk PolyMaster® yang telah diawetkan pada dasarnya tidak menimbulkan isu pelepasan gas yang berarti. Salah satu varian, yakni tipe R-505 yang dirancang khusus untuk aplikasi konstruksi perumahan, diklaim memiliki nilai R sebesar R-4.58 per inci pada suhu 75°F.
- Insulasi kaca seluler merupakan material ringan dan kaku yang terdiri dari jutaan sel kaca tertutup. Produk ini tersedia dalam berbagai bentuk, termasuk balok, papan, dan bentuk khusus lainnya. Pada ketebalan satu inci, kaca seluler memiliki nilai R sebesar 2.85. Sebagai material anorganik, kaca seluler tidak mudah terbakar, tahan terhadap serangan asam, dan kedap air—air hanya membasahi permukaan tanpa meresap ke dalam. Kaca ini juga memiliki kekuatan tekan yang tinggi, mencapai hingga 175 psi, sebagaimana telah dijelaskan dalam Bab 3. Salah satu produsen utama, Pittsburgh-Corning, memasarkan produk ini dengan merek dagang Foamglas dan memberikan garansi produk hingga 20 tahun (lihat Gambar 17.9).

Gambar 17.9 Foamglas.

- Vermikulit adalah mineral berlapis yang menyerupai mika dan mengandung air dalam struktur kristalnya. Ketika dipanaskan hingga suhu tinggi, kandungan air ini menguap dan menyebabkan lapisan-lapisannya mengembang dan terpisah. Tingkat kepadatan vermikulit bervariasi dan ditentukan oleh seberapa besar pemuaian yang terjadi. Vermikulit dengan kepadatan rendah umumnya digunakan sebagai bahan insulasi pengisi longgar maupun sebagai agregat ringan dalam campuran beton. Sementara itu, varian dengan kepadatan lebih tinggi sering dimanfaatkan sebagai agregat dalam plesteran dan pada aplikasi bersuhu tinggi. Campuran vermikulit dengan semen Portland dan pasir menghasilkan beton vermikulit, yang memiliki nilai R berkisar antara R-1.0 hingga R-1.7 per inci. Untuk meningkatkan ketahanannya, vermikulit sering diproses agar bersifat tahan air. Material ini tidak mudah terbakar,

memiliki titik leleh sekitar 2400°F, dan tidak menghasilkan bau. Karena merupakan bahan anorganik, vermikulit tidak mengalami pelapukan, korosi, atau degradasi akibat usia, suhu ekstrem, maupun kelembapan. Selain itu, vermikulit juga tahan terhadap serangan rayap. Salah satu produk komersial berbasis vermikulit yang dikenal luas adalah Zonolite Masonry Insulation, yang diproduksi oleh W. R. Grace & Company dan biasa digunakan sebagai insulasi dalam blok pasangan bata beton (lihat Gambar 17.10).

- Perlite adalah kaca vulkanik alami yang mengandung antara 2 dan 5 persen air menurut beratnya. Ketika Perlite dipanaskan hingga 1800◦F, ia mengembang hingga antara 4 dan 20 kali volume aslinya, menguapkan air yang terperangkap, dan membentuk sel uap dalam kaca yang dilunakkan dengan panas.

Gambar 17.10 Zonolite dipasang di blok beton.

Zonolite telah lama digunakan di sektor komersial sebagai bahan untuk papan atap. Sementara itu, beton isolasi ringan dapat diperoleh dengan mencampurkan perlite dan semen Portland. Semen isolasi berbasis perlite umumnya dimanfaatkan pada dek atap, pelat lantai, serta sistem dinding. Perlite dengan kepadatan rendah juga banyak diterapkan sebagai material insulasi isi longgar. Perlite merupakan material yang tidak beracun, tahan api, dan memiliki ketahanan tinggi terhadap pelapukan, serangan serangga, pembusukan, serta korosi. Nilai R dari perlite bervariasi, tergantung pada kepadatannya, dengan rentang antara R-2.5 hingga R-3.7 per inci.

- Sementara itu, insulasi reflektif telah digunakan selama bertahun-tahun, meskipun pangsa pasarnya masih relatif kecil. Saat ini, tercatat sekitar 17 perusahaan yang memproduksi atau memasarkan jenis insulasi ini.

Insulasi Berlapis Foil dan Papan Gypsum

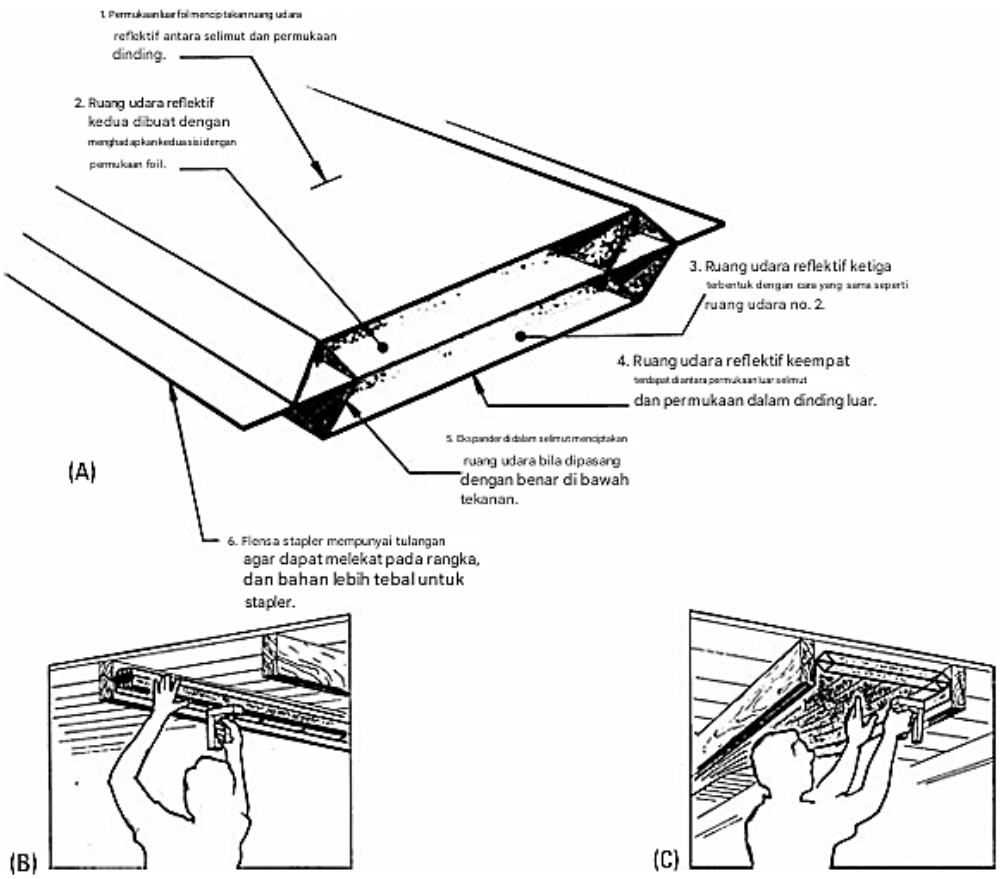
Batu fiberglass dan papan gypsum dapat dibeli dengan lapisan aluminium foil. Papan kaku PIR memiliki lapisan aluminium di kedua sisinya. Isolasi reflektif (RI) adalah sistem yang terbuat dari dua atau lebih lapisan aluminium foil, atau lapisan aluminium foil yang dilaminasi

pada satu atau kedua sisi kertas kraft, rongga udara, dan udara. Mungkin ada satu celah udara atau sebanyak 10 celah udara. Tepi panjang isolasi ini disegel bersama untuk membentuk flensa paku (Gambar 17.11). Dikirim dalam gulungan pipih, mereka dipasang di antara tiang di dinding, di antara balok lantai, atau di antara kasau. Sistem lima dan tujuh lapis dirancang untuk tiang 2 inci, 6 inci atau lebih dalam.

Seperti namanya, RI berfungsi sebagai isolasi dengan memantulkan energi panas radiasi yang mengenai permukaan foil. Dalam rongga dinding tiang vertikal, sekitar 60 persen perpindahan panas disebabkan oleh radiasi. Rangkaian permukaan reflektif membatasi perpindahan energi radiasi melintasi ruang udara yang berdekatan. Meskipun sistem ini sangat mengurangi perpindahan energi radiasi, konduksi dan konveksi dapat terjadi di seluruh ruang udara, dan konduksi melalui flensa dan foil. Foil aluminium memiliki sedikit efek dalam mengurangi kehilangan panas konduktif atau konvektif. Oleh karena itu, foil aluminium bekerja paling baik di tempat yang kehilangan panas konduktif/konvektifnya kecil (misalnya, di rongga lantai).

Hambatan termal, nilai-R, dari sistem bergantung pada hal berikut:

- Jumlah sel atau ruang udara
- Posisi foil di rongga
- Arah aliran panas
- Kualitas pemasangan



Gambar 17.11 Isolasi reflektif dan pemasangannya.

Cacat seperti sobekan, bagian yang hilang, serta ketidakteraturan pada pemasangan dapat menurunkan performa sistem isolasi secara signifikan. Efektivitas isolasi pada akhirnya sangat bergantung pada mutu instalasinya. Nilai R yang tercantum untuk sistem isolasi reflektif (RI) dalam pengujian terpisah—yakni tanpa dipasang pada rangka—cenderung lebih tinggi dibandingkan hasil pengujian yang dilakukan ketika RI dipasang bersama rangka, bahkan jika toleransi pemasangan telah diperhitungkan. Oleh karena itu, nilai R untuk lapisan foil saja sebaiknya tidak digunakan sebagai dasar dalam menghitung kehilangan panas, karena hal ini dapat menghasilkan kesalahan perhitungan yang besar saat menganalisis beban panas atau membandingkan efektivitas antar jenis isolasi.

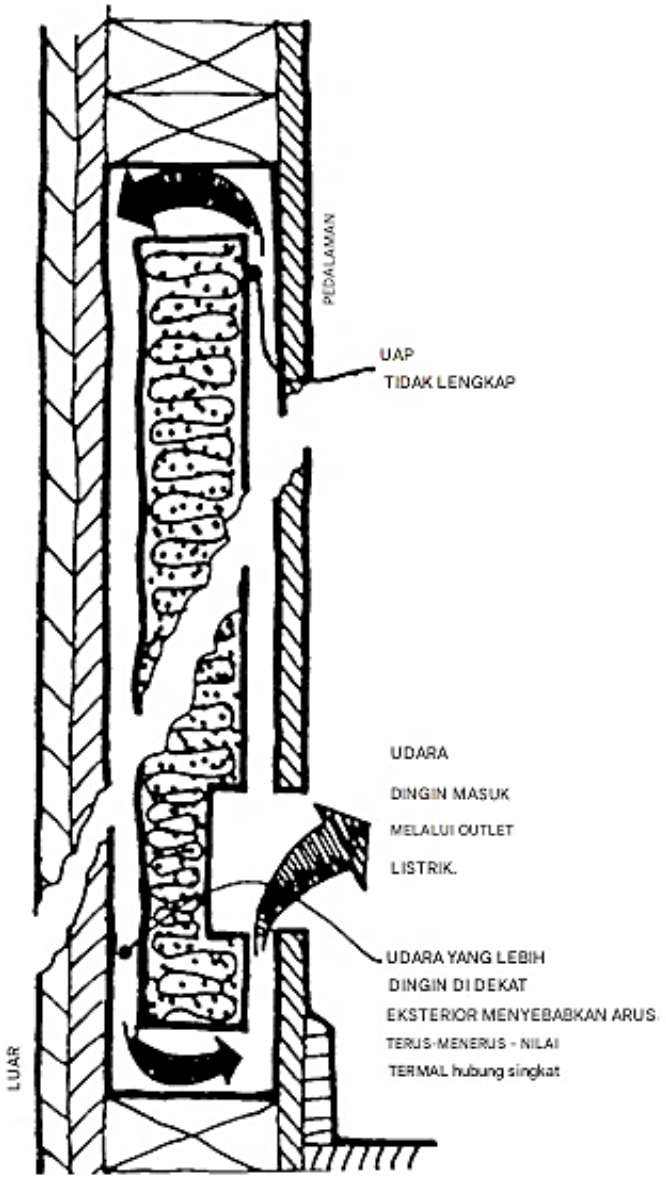
Sama halnya dengan sirkulasi konvektif dalam rongga udara pada sistem RI yang dapat mengurangi efisiensinya, aliran udara dalam dinding luar juga berpotensi menurunkan kinerja insulasi. Misalnya, isolasi dengan nilai R-20 yang dipasang secara tidak tepat kemungkinan besar akan memberikan nilai efektif yang lebih rendah dari nilai nominal yang tertera pada kemasan.

Kehadiran lapisan aluminium foil pada isolasi atau bagian belakang papan gypsum seringkali menimbulkan asumsi bahwa celah udara antara papan gypsum dan insulasi akan berfungsi sebagai ruang udara mati yang meningkatkan nilai R. Namun, dalam praktik konstruksi nyata yang tidak sempurna, keberadaan ruang udara mati tersebut tidak selalu dapat dijamin.

Konveksi terjadi di dalam dinding saat insulasi berpori, tidak mengisi rongga sepenuhnya, dan terdapat perbedaan suhu yang besar di seluruh dinding. Dalam rongga yang terisi penuh, pemasangan pipa, kabel, dan penjepretan penutup kertas kraft ke bagian dalam tiang (Gambar 17.12) akan menekan insulasi dan menyisakan ruang. Tekanan tersebut mengurangi nilai-R material dan nilai-R sistem untuk dinding tempat insulasi dipasang. Bahkan jika insulasi menghalangi aliran udara, tekanan tersebut akan meninggalkan celah dan menyediakan jalur udara di sekitar insulasi. Hal ini dapat mengakibatkan putaran udara naik dan turun yang terus-menerus: udara hangat di bagian atas, udara dingin di bagian bawah. Ini merupakan masalah umum pada blok pasangan bata beton berongga (tidak terisi) (Gambar 17.13).

Gambar 17.12 Isolasi yang dipasang secara tidak benar.

Jika lapisan fiberglass tidak dilindungi dari sirkulasi udara di dalam rongga dinding oleh penghambat konveksi, akan terjadi penurunan nilai R isolasi secara substansial. Satu studi (dalam publikasi ASTM STP 789, "Efektivitas Isolasi Dinding") melaporkan penurunan sebesar 34 persen dengan lapisan fiberglass tanpa permukaan, yang disebabkan oleh ruang udara yang dibuat oleh kotak kerja listrik, kabel, atau kompresi tepi isolasi.



Gambar 17.13 Lingkaran konvektif di dinding eksterior.

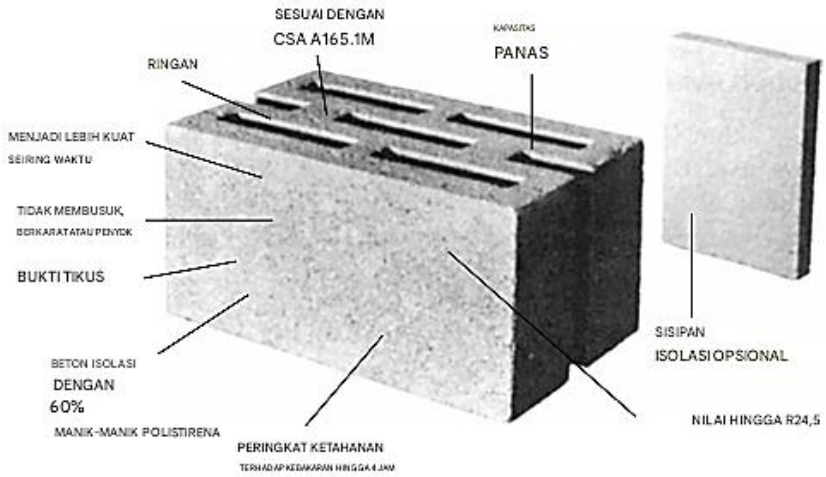
Jangan tekan insulasi dengan kabel. Gunakan teknik Arkansas House dan jalankan kabel di sepanjang bagian bawah tiang. Jauhkan saluran udara dan pipa dari dinding luar. Pertimbangkan untuk menggunakan kabel yang dipasang di permukaan, seperti Wiremold atau ElectroStrip, yang keduanya diizinkan oleh *National Electrical Code* (NEC). Kabel yang dipasang di permukaan menghilangkan kabel, kotak kerja, dan pengeboran lubang di bagian bawah tiang dinding luar.

17.4 PENGHALANG RADIASI

Penghalang radiasi (seperti yang sekarang disebut) dan insulasi reflektif tampak persis sama karena keduanya adalah bahan yang sama. Namun, ketika bahan foil dipasang di rongga dinding dengan ruang udara tertutup, itu disebut insulasi reflektif. Ketika ruang udara dan foil terbuka untuk sirkulasi udara, seperti di loteng, foil reflektif disebut penghalang radiasi.

Beton Isolasi

Beton isolasi dapat dibuat dengan agregat Perlite, vermikulit, atau manik-manik polistirena yang diperluas. Sparfil International dari Ontario, Kanada, telah memproduksi blok pasangan bata beton berinsulasi sejak tahun 1976. Disebut Sparfil (Gambar 17.14), 60 persen volume blok tersebut adalah manik-manik EPS. Blok berukuran 10 inci memiliki nilai R sebesar R-10. Nilai ini dapat ditingkatkan menjadi R-18.5 dengan menambahkan sisipan polistirena. Beton isolasi juga dapat dibuat dengan membuat campuran semen Portland berbusa. Penambahan bahan pembuat busa (seperti debu aluminium) menyebabkan reaksi kimia yang menghasilkan gas yang menghasilkan material berpori sel tertutup. Kepadatan beton bergantung pada jumlah gas yang dihasilkan.



Gambar 17.14 Blok beton berinsulasi Sparfil.

Insulasi busa berbasis semen lainnya (yang banyak digunakan dan dikenal) adalah Air Krete. Air Krete adalah busa insulasi berbasis magnesium oksiklorida nonstruktural yang tidak mengandung CFC, formaldehida, atau bahan kimia beracun lainnya yang diketahui. Busa ini memiliki pengaturan dingin, dan tidak ada pemuaian lebih lanjut setelah keluar dari selang (Gambar 17.15). Busa ini tidak terbakar dan tidak membara setelah terkena api. Bahkan saat terkena panas yang hebat (2500◦F), busa ini tetap stabil dan tidak mengeluarkan asap berbahaya. Karena tidak menempel pada permukaan, busa ini tidak dapat disemprotkan: busa ini harus disekop atau dibusakan di tempatnya. Penyekopan dengan Air Krete mudah karena busa ini tidak akan melorot. Busa ini tidak sensitif terhadap suhu; busa ini merupakan material yang tahan terhadap segala cuaca. Selama material berada di antara 40◦F dan 70◦F saat dikirim ke pistol aplikasi, suhu luar tidak menjadi masalah. Saat dipasang pada kepadatan terukur 2.07 lbs/ft^3, nilai R adalah R-3.9 per inci.

Gambar 17.15 Busa isolasi berbahan dasar semen Air Krete yang dipasang di blok beton.

Insulasi Katun

Cotton Unlimited Incorporated, dari Post, Texas, telah mengumumkan insulasi baru yang terbuat dari katun. Disebut Insul-Cot, insulasi ini memiliki nilai R sebesar R-3.2 per inci pada kepadatan 0.42 lbs/ft^3. Menurut juru bicara di pabrik, nilai R bisa mencapai R-4 per inci dengan jenis serat katun tertentu.

Southwest Research Institute menilai Insul-Cot sebagai Kelas A, dengan penyebaran api sebesar 20. Insul-Cot diperlakukan dengan penghambat api yang diserap ke dalam serat sehingga tidak akan merembes keluar. Insul-Cot diperlakukan dengan pengusir serangga dan hewan pengerat. Insulasi ini mematuhi Standar Komunikasi Bahaya OSHA, karena tidak mengandung bahan berbahaya. Tidak seperti insulasi fiberglass, insulasi ini tidak mengandung debu yang gatal. Satu-satunya hal negatif pada titik ini adalah dapat mengiritasi mata jika terkena mata secara langsung. Ini adalah material organik dan tidak disertai peringatan penyebab kanker.

Penghambat Difusi Uap

Penghambat difusi uap, bersama dengan ventilasi loteng, lapisan bawah atap, dan pelapis kayu di atas papan busa kaku, adalah salah satu topik yang paling sedikit dipahami dan paling hangat diperdebatkan dalam konstruksi perumahan.

Selama bertahun-tahun, aturannya adalah mencegah kelembapan masuk ke dinding eksterior. Penghalang uap harus dipasang di atas tiang di sisi dalam (hangat) dinding. Jika kelembapan masuk ke dalam dinding, tidak boleh ada apa pun di bagian luar tiang yang dapat mencegah kelembapan keluar. Aturan praktisnya adalah selubung dan pelapis luar harus lima kali lebih permeabel daripada penghalang uap bagian dalam. Semakin permeabel suatu material, semakin mudah uap air bergerak melewatinya. Oleh karena itu, gunakan material kedap air di sisi dalam yang hangat dan material yang sangat permeabel di bagian luar tiang. Kelembapan dapat memengaruhi kinerja insulasi dan menyebabkan pembusukan rangka jika persentase kelembapan mencapai 30 persen, yang disebut titik jenuh serat. Hal ini dibahas dalam Bab 7.

Penghalang Versus Penghambat

Sejak awal tahun 1920an, diyakini bahwa uap air masuk ke dinding eksterior melalui

difusi—pergerakan molekul air melalui material berpori. Pergerakan uap air tidak disebabkan oleh udara. Uap air didorong oleh tekanan uap yang terjadi saat kelembapan lebih tinggi di satu sisi material daripada di sisi lainnya. Polietilena ditempatkan di sisi hangat karena tekanan uap paling tinggi di sisi hangat. Ilmuwan bangunan Norwegia dan Kanada (yang bekerja di daerah yang lebih dingin di dunia dengan atap miring rendah) mulai mempertanyakan peran difusi.

Meskipun kebocoran udara dan difusi dapat terjadi pada saat yang sama, para peneliti ini menyimpulkan bahwa kebocoran udara adalah penyebab utama kelembapan di dinding eksterior. Sangat menggoda untuk mengatakan bahwa pada titik ini penghalang udara lahir. Penghalang udara sudah ada. Yang tidak ada adalah pemahaman yang jelas tentang perbedaan antara penghalang udara dan penghalang uap, demikianlah keduanya disebut saat itu.

Sekitar waktu perancangan dan pembangunan *Saskatchewan Conservation House* (SCH) pada tahun 1976, istilah penghalang udara/uap mulai digunakan. Terkait dengan SCH, disebutkan bahwa polietilena merupakan penghalang uap dan penghalang udara. Penghalang uap polietilena mencegah masuknya uap air ke dalam dinding, dan penghalang udara polietilena mencegah masuknya angin yang masuk ke rongga rumah. R. L. Quirouette dalam Building Practice Note No. 54, "Perbedaan antara Penghalang Uap dan Penghalang Udara," berkomentar sebagai berikut:

Lembaran polietilena setebal 4 mil akan menjadi penghalang uap berkualitas baik dan beton cor di tempat setebal dua belas inci akan menjadi penghalang udara berkualitas baik. Definisi ini terlalu sempit, tetapi fungsi kedua penghalang ini sama berbedanya dengan polietilena dan beton.

Istilah penghalang menyiratkan bahwa Anda mencoba menggunakan material untuk menghentikan masuknya angin atau uap air. Hanya sedikit material bangunan yang kedap terhadap angin atau masuknya uap air. Istilah penghambat difusi, atau penghambat udara, digunakan untuk menunjukkan bahwa kita mencoba memperlambat, mengendalikan, atau menghambat pergerakan angin, udara, dan kelembapan.

Hanya karena kelembapan yang membawa udara merupakan penyebab utama kelembapan di dinding tidak berarti penghambat difusi uap tidak diperlukan. Penghambat ini memiliki tempatnya, tetapi fungsi dan cara kerjanya sedikit berbeda dari apa yang selama ini kita yakini.

Untuk menghambat pergerakan udara yang mengandung kelembapan, diperlukan penghambat udara. Dalam konstruksi perumahan, dinding luar dari lembaran gipsum berfungsi untuk tujuan tersebut. Tentu saja, sebagian besar pembangun dan inspektur bangunan hanya melihat papan gipsum, bukan penghambat udara. Bahkan jika dinding luar tidak memiliki penetrasi, mereka tetap akan bersikeras memasang penghalang uap. Pembangun yang masih percaya bahwa VDR menyebabkan masalah kelembapan tidak akan memasangnya jika mereka dapat melakukannya sendiri.

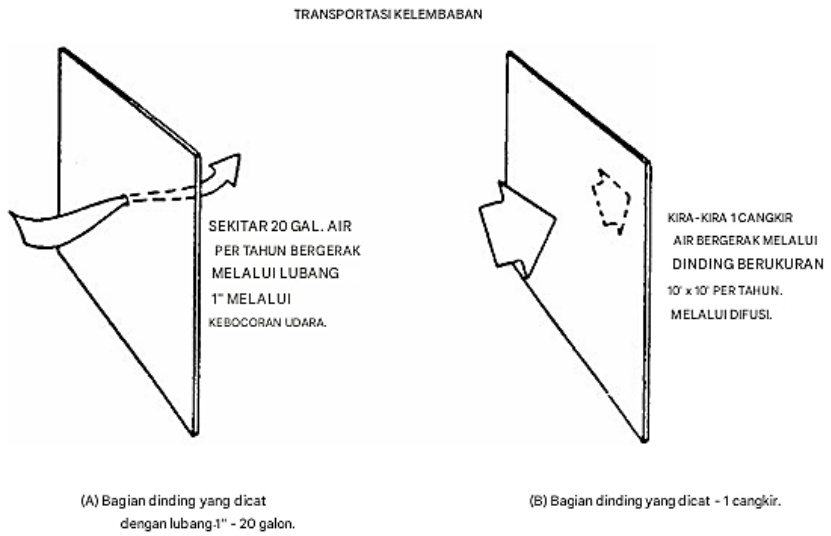
Keharusan VDR

Jika penghalang udara dapat disegel secara efektif untuk mencegah pergerakan udara, maka lapisan penghambat difusi uap (*Vapor Diffusion Retarder*/VDR) sebenarnya tidak

diperlukan. Namun, jika VDR memiliki banyak titik penetrasi akibat adanya celah pada sistem penghalang udara yang memungkinkan udara hangat dan lembap masuk ke dalam rongga dinding, maka keberadaan VDR menjadi tidak lagi efektif.

Difusi uap air sendiri merupakan proses yang sangat lambat, dan hanya sedikit uap air yang berpindah melalui mekanisme ini. Besarnya difusi yang terjadi bergantung pada luas permukaan: semakin luas area, semakin besar pula jumlah uap air yang dapat berdifusi, dengan asumsi semua faktor lain tetap. Jika VDR menutupi 90 persen dari permukaan dinding, maka efektivitasnya juga dianggap mencapai 90 persen. Artinya, VDR tidak harus menutupi seluruh dinding secara sempurna—lubang kecil, celah, dan penetrasi minor tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan laju difusi uap air ke dalam dinding.

Sebagai ilustrasi, kebocoran udara melalui lubang persegi berukuran 2 inci dapat memindahkan uap air dalam jumlah 100 kali lebih besar dibandingkan dengan jumlah yang berpindah lewat difusi melalui permukaan dengan ukuran yang sama. Dinding gipsum berukuran 10 feet, misalnya, hanya akan memungkinkan sekitar satu cangkir air berdifusi dalam setahun. Namun, sebuah lubang berukuran 1 inci pada dinding yang sama dapat menyebabkan masuknya hingga 20 galon air per tahun akibat kebocoran udara (lihat Gambar 17.16).



Gambar 17.16 Kebocoran udara memindahkan uap air 100 kali lebih banyak melalui lubang 1 inci daripada difusi uap.

Banyak material (seperti polietilena) digunakan sebagai penghambat udara dan penghambat difusi uap. Tidak semua material tahan lama atau cukup stabil dalam semua aplikasi. Penghambat udara bukan hanya sepotong material, tetapi rakitan, sistem. Material atau sistem material apa pun dapat digunakan sebagai penghambat udara jika persyaratan berikut terpenuhi:

- Semua bagian sistem penghambat udara harus disambungkan bersama sehingga sistem tersebut berkesinambungan dan tidak terputus di seluruh struktur. Meskipun

penghambat udara dapat ditempatkan di dalam dinding, dalam konstruksi perumahan papan gipsum berfungsi untuk tujuan ini.

- Material tersebut harus diamankan ke struktur pendukung (misalnya, dari lembaran batu ke tiang) untuk menahan beban angin puncak, tekanan dari peralatan ventilasi mekanis, dan efek cerobong asap. Fungsi utama penghambat udara adalah untuk menghentikan angin yang mencoba masuk ke dalam bangunan. Oleh karena itu, harus cukup kaku untuk menahan gerakan atau pecah akibat beban tekanan udara ke dalam atau ke luar.
- Sistem penghambat udara harus hampir tidak kedap air.
- Defleksi penghambat udara di antara penyangga harus diminimalkan untuk mencegahnya menggerakkan material lain, seperti insulasi dalam rongga.
- Harus dibuat dari material yang diketahui awet dan tahan lama, atau ditempatkan sedemikian rupa sehingga dapat diperbaiki bila perlu.

Sistem atau material apa pun yang memenuhi kriteria ini dapat digunakan sebagai penghambat udara. Kriteria ini mengesampingkan banyak material: blok beton, EPS (papan manik-manik), insulasi akustik, dan papan serat.

Polietilena sering disalahartikan sebagai penghambat udara atau uap. Meskipun bahan ini memenuhi syarat pertama dan ketiga dari fungsi yang diharapkan, ia gagal memenuhi kriteria lainnya, terutama ketika dipasang di balik lapisan penghambat udara, seperti papan gipsum. Bahkan jika hanya kriteria kelima yang tidak terpenuhi, polietilena tetap sulit diakses untuk dilakukan perbaikan.

Pendekatan Drywall Kedap Udara (*Air Drywall Approach*/ADA), yang memanfaatkan gasket serta teknik penyegelan seperti pendempulan, dapat menghilangkan kebutuhan akan lapisan pengendali difusi uap (*Vapor Diffusion Retarder*/VDR), meskipun dalam praktiknya polietilena masih sering digunakan. Padahal, kehadiran VDR dan penghambat udara memang penting, tetapi VDR tidak harus selalu berupa polietilena.

Dominasi penggunaan polietilena sebagai VDR lebih disebabkan oleh kemudahan penanganannya, bukan karena sifatnya yang unggul. Alternatif lain seperti cat penghambat difusi uap juga bisa digunakan, namun efektivitasnya bergantung pada tingkat cakupan dan ketebalan aplikasi cat tersebut.

Sebuah studi komprehensif tentang cat yang digunakan sebagai penghambat difusi uap dilakukan di Kanada. Studi tersebut menyimpulkan bahwa pelapis alkyd dan enamel merupakan VDR air yang efektif, tetapi cat dasar dan cat lateks tidak dapat dianggap sebagai VDR yang memadai.

Singkatnya, VDR tidak diperlukan selama tidak ada lubang pada penghambat udara papan gipsum. Jika seseorang melubangi penghambat udara, VDR juga akan tertusuk; udara yang mengandung uap air dapat masuk dan kerusakan akibat uap air dapat terjadi. Jika VDR berlubang, sobek, atau robek, tetapi penahan udaranya kontinu dan tidak putus, lubang tersebut tidak menjadi masalah.

Polietilena biasanya menjadi pilihan karena dapat terlihat. Meskipun pelapis alkyd dan enamel VDR dapat digunakan sebagai pengganti polietilena, pelapis tersebut harus

diaplikasikan dengan hati-hati dan menyeluruh.

Meskipun penahan udara dapat ditempatkan di mana saja di dinding, pada konstruksi perumahan biasanya adalah lembaran dinding eksterior. Penggunaan papan gipsum sebagai penghambat udara mematuhi lima kriteria. Keuntungan tambahannya adalah kerusakan apa pun dapat terlihat dan dapat diperbaiki dengan mudah dan cepat.

Jangan berasumsi bahwa pembeli rumah tahu bahwa papan gipsum dinding luar adalah penghambat udara. Fungsinya, dan pentingnya tidak melubanginya, harus dijelaskan sepenuhnya.

17.5 DASAR-DASAR ALIRAN PANAS

Nilai-R umumnya didefinisikan sebagai ukuran sejauh mana suatu material mampu menghambat aliran panas. Untuk memahami konsep ini secara utuh, penting terlebih dahulu mengenal istilah dasar lain yang berkaitan, yaitu konduktivitas termal, yang disimbolkan dengan huruf k.

Dalam proses perpindahan panas, terdapat tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi. Berdasarkan pengalaman sehari-hari—yang kadang terasa tidak menyenangkan—kita menyadari bahwa beberapa bahan menghantarkan panas jauh lebih baik dibandingkan yang lain. Bahan yang menghantarkan panas dengan buruk disebut isolator, sedangkan bahan yang menghantarkannya dengan baik disebut konduktor. Misalnya, kita menggunakan tatakan panci sebagai isolator untuk memegang panci logam panas, karena logam merupakan konduktor panas yang efisien.

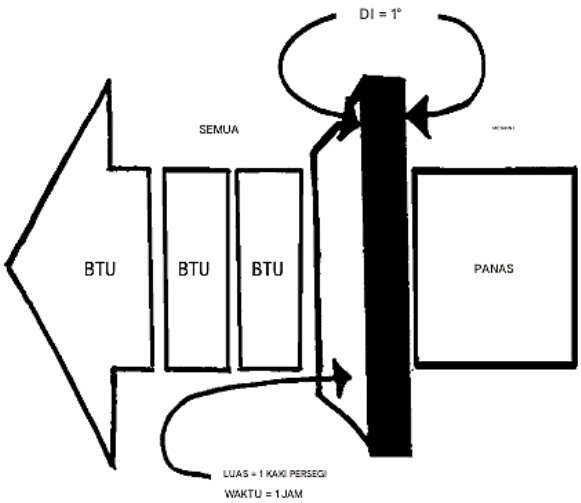
Karakteristik utama dari isolator terletak pada konduktivitas termalnya (k). Setiap bahan dapat diklasifikasikan berdasarkan besarnya nilai k tersebut. Bahan dengan nilai-k rendah, seperti porselen, kaca, dan kayu, tergolong isolator yang baik. Sebaliknya, bahan seperti aluminium, perak, tembaga, dan besi cor memiliki nilai-k tinggi dan dikenal sebagai konduktor yang efektif.

Sebagai acuan, ASHRAE Fundamental Handbook (Atlanta: ASHRAE, 1989) memuat nilai konduktivitas termal dari berbagai material umum. Dalam buku tersebut, nilai-k dinyatakan dalam satuan Btu-in/jam-ft^2-°F.

Empat faktor memengaruhi konduksi panas dari satu area ke area lain:

- Perbedaan suhu (ΔT) antara sisi yang lebih hangat dan sisi yang lebih dingin
- Luas (A) sisi yang lebih hangat dan sisi yang lebih dingin
- Resistansi (R) terhadap aliran panas dan konduktansi (U) antara area yang lebih hangat dan area yang lebih dingin
- Lamanya waktu (t) selama perpindahan berlangsung

Pengujian laboratorium terhadap faktor k dilakukan dengan mengukur jumlah panas (Btu) yang melewati sepotong material setebal 1 inci seluas 1 kaki persegi, dalam 1 jam, dengan ΔT 1°F (Gambar 17.17). Potongan tersebut harus terbuat dari satu material (homogen). Jika sampel tidak homogen, atau jika tebalnya selain 1 inci, nilai tersebut dilaporkan sebagai C, konduktansi termal. Misalnya, selimut fiberglass berlapis aluminium foil akan diukur berdasarkan konduktansi.



Gambar 17.17 Aliran kalor melalui suatu material.

Gambar 17.17 memiliki simbol Tin di satu sisi dan Tout di sisi lain material yang diukur. Delta (Δ) adalah huruf Yunani dan berarti selisih. T_{in} - T_{out} adalah selisih antara temperatur di satu sisi (atau di dalam) dan temperatur di sisi lain (atau di luar). Daripada selalu menyebutkan selisih temperatur, istilah ini disingkat menjadi Delta T, atau ΔT.

Kecepatan kalor mengalir melalui suatu material bergantung pada bahan pembuatnya. Beberapa material lebih mudah menghantarkan kalor daripada yang lain. Resistansi adalah resistansi material terhadap aliran kalor; konduktivitas adalah ukuran seberapa mudah kalor mengalir melalui suatu material.

Ketika pengukuran penampang dinding bangunan dilakukan, konduktivitas dinyatakan sebagai faktor U dari dinding tersebut. Konduktivitas adalah koefisien transmisi keseluruhan (gabungan perpindahan kalor melalui konduksi, konveksi, dan radiasi). Faktor U adalah jumlah Btu yang akan melewati 1 ft^2 dinding dalam 1 jam dengan perbedaan suhu 1◦F antara kedua permukaan. Faktor U Btu per feet persegi, per jam, per derajat Fahrenheit, atau U Btu/ft^2/h/◦F. *British thermal unit* (Btu) adalah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 pon air sebesar 1 derajat Fahrenheit. Menyalakan korek api dapur dan membiarkannya terbakar habis menghasilkan 1 Btu. Duduk sambil membaca buku ini menghasilkan 300 Btu. Resistansi (R) dan konduktivitas (U) adalah kebalikan satu sama lain. Keduanya berbanding terbalik (yaitu, jika resistansi suatu material tinggi, konduktivitasnya rendah). Jika konduktivitasnya tinggi, resistansinya rendah:

$$Resistance\ (R) = \frac{1}{Conductivity\ (U)}$$
$$Conductivity\ (U) = \frac{1}{Resistance\ (R)}$$

Faktor U adalah transmitansi termal, ukuran seberapa mudah panas bergerak melalui suatu material. Dengan melihat Gambar 17.17, kita dapat melihat bahwa aliran panas merupakan fungsi dari luas, ΔT, dan faktor U. Sekarang kita dapat menulis persamaan untuk menyatakan hal ini:

$$A = UA(T_i - T_o)$$
$$QA = UA\Delta T$$

Di mana, berikut ini benar:
Q: adalah laju kehilangan panas dalam Btu/jam
U: adalah transmitansi termal dalam Btu/ft²/jam/◦F
A: adalah luas permukaan (ft²)
T_i dan T_o : adalah suhu dalam dan luar (◦F)

Jika kita ingin menghitung kehilangan panas melalui dinding menggunakan rumus Q = UAΔT, kita akan memerlukan total U dari elemen dinding dan luas dinding. Total faktor U dari elemen dinding dapat ditemukan jika kita mengetahui nilai R-nya karena U = 1/R. Namun, jika nilai R-tidak diketahui, nilai tersebut dapat ditemukan di ASHRAE Handbook of Fundamentals. Jika perpustakaan setempat tidak memiliki salinannya, cobalah kontraktor HVAC yang lebih besar. Sebagai contoh, asumsikan bagian dinding seperti yang ditunjukkan pada Tabel 17.2.

Tabel 17.2 Contoh Bagian Dinding

Barang	Nilai-R
Film udara luar	0.17
Dinding luar miring $^1/_2$ inci x 8 inci	0.81
Kayu lapis $^1/_2$ inci	0.62
$3^1/_2$ inci fiberglass	11.00
Papan gipsum $^1/_2$ inci	0.45
Film udara dalam	0.68
Nilai R total	**13.73**

Asumsikan dinding seluas 1080 ft² dan ΔT 70◦F (yaitu, T_{in} bersuhu 70◦F, dan T_{out} bersuhu 0◦F di luar). Hitunglah kehilangan panas dinding tersebut.

Given $R_{t,}$ U = 1/13.73 = 0.073 Btu/ft²/hr/°F
$Q = UA(t_1 - t_o)$ = 0.073 x 1080 x (70 – 0)
= 5519 Btu/hr

Ada 5519 Btu yang mengalir melalui dinding per jam.

17.6 PENGHALANG RADIASI LOTENG

Informasi dalam bagian ini disajikan sebagai lembar fakta. Informasi ini dikembangkan dengan bantuan Panel Teknis Sistem Penghalang Radiasi, yang mencakup perwakilan dari Departemen Energi AS, Laboratorium Nasional Oak Ridge, Asosiasi Produsen Isolasi Reflektif, Asosiasi Produsen Isolasi Mineral, Otoritas Lembah Tennessee, Institut Penelitian Tenaga Listrik, dan Pusat Energi Surya Florida.

Informasi ini disiapkan oleh Laboratorium Nasional Oak Ridge (ORNL) sebagai bagian dari pekerjaan yang disponsori oleh Departemen Energi Amerika Serikat (DOE) dalam melaksanakan kewenangan hukum mereka. Baik ORNL, DOE, Pemerintah Amerika Serikat, maupun agen atau karyawan mereka, tidak memberikan jaminan, tersurat maupun tersirat, atau memikul tanggung jawab atau kewajiban hukum apa pun atas keakuratan, kelengkapan, atau kegunaan informasi, peralatan, produk, atau proses apa pun yang diungkapkan, atau menyatakan bahwa penggunaannya tidak akan melanggar hak milik pribadi.

Apa itu penghalang radiasi?

Penghalang radiasi adalah material yang dipasang dalam struktur bangunan untuk mengurangi penyerapan panas selama musim panas serta kehilangan panas di musim dingin. Dengan demikian, penggunaannya dapat menurunkan kebutuhan energi untuk sistem pemanas dan pendingin dalam bangunan.

Manfaat utama dari penghalang radiasi yang dipasang di loteng terutama terlihat dalam penurunan beban kerja sistem pendingin udara, khususnya di daerah beriklim hangat atau panas. Umumnya, penghalang radiasi berupa lembaran tipis atau lapisan bahan yang sangat reflektif—biasanya aluminium—yang dilapiskan pada satu atau kedua sisi dari bahan substrat tertentu. Substrat ini dapat berupa kertas kraft, film plastik, karton, kayu lapis, atau bahan pelapis yang berfungsi sebagai penghambat infiltrasi udara. Beberapa jenis produk diperkuat dengan serat untuk meningkatkan ketahanan serta memudahkan dalam pemasangan dan penanganan.

Penghalang radiasi dapat diterapkan pada bangunan perumahan, komersial, maupun industri. Namun, lembar informasi ini secara khusus membahas penerapan penghalang radiasi pada loteng berventilasi di bangunan perumahan. Untuk informasi lebih lanjut mengenai aplikasi di bidang lain silakan merujuk pada referensi yang tercantum di akhir dokumen ini.

Bagaimana penghalang radiasi dipasang di loteng perumahan?

Penghalang radiasi dapat dipasang di loteng dalam beberapa konfigurasi. Yang paling sederhana adalah meletakkan penghalang radiasi langsung di atas insulasi loteng yang ada, dengan sisi reflektif menghadap ke atas. Ini sering disebut aplikasi lantai loteng.

Cara lain untuk memasang penghalang radiasi adalah dengan memasangnya di dekat atap. Aplikasi atap memiliki beberapa variasi. Salah satu variasinya adalah memasang

penghalang radiasi ke permukaan bawah rangka atap loteng atau rangka kasau. Cara lain adalah dengan menggantungkan penghalang radiasi di atas kasau sebelum dek atap dipasang. Variasi lainnya adalah dengan memasang penghalang radiasi langsung ke bagian bawah dek atap.

Bagaimana cara kerja penghalang radiasi?

Penghalang radiasi berfungsi dengan cara mengurangi perpindahan panas melalui mekanisme radiasi termal yang terjadi di ruang udara antara dek atap dan lantai loteng—area di mana insulasi konvensional umumnya dipasang. Semua material secara alami memancarkan energi dalam bentuk radiasi termal sebagai akibat dari suhunya. Jumlah energi yang dipancarkan bergantung pada suhu permukaan dan sifat material yang disebut emisivitas (kadang juga disebut emittance).

Emisivitas merupakan nilai yang berada dalam rentang antara 0 hingga 1; semakin tinggi nilai emisivitas, semakin besar jumlah energi radiasi yang dilepaskan oleh permukaan tersebut. Sifat lain yang berkaitan erat dengan emisivitas adalah reflektivitas (atau reflectance), yakni ukuran seberapa besar panas radiasi yang dipantulkan oleh suatu material. Nilai reflektivitas juga berkisar antara 0 hingga 1, atau terkadang dinyatakan dalam persen (0–100%).

Untuk material yang bersifat tidak tembus cahaya—artinya tidak memungkinkan panas radiasi menembus secara langsung—jumlah antara emisivitas dan reflektivitas akan selalu bernilai satu. Artinya, semakin tinggi reflektivitas suatu bahan, maka semakin rendah emisivitasnya, dan sebaliknya.

Agar efektif, material penghalang radiasi harus memiliki reflektivitas tinggi (biasanya 0,9 atau 90 persen ke atas) dan emisivitas rendah (umumnya 0,1 atau kurang). Selain itu, permukaannya harus menghadap ke ruang udara terbuka agar dapat berfungsi secara optimal. Pada hari musim panas yang cerah, energi matahari diserap oleh atap, memanaskan selubung atap dan menyebabkan bagian bawah selubung dan rangka atap memancarkan panas ke bawah menuju lantai loteng. Ketika penghalang radiasi ditempatkan di lantai loteng, sebagian besar panas yang terpancar dari atap yang panas dipantulkan kembali ke atap. Hal ini membuat permukaan atas insulasi lebih dingin daripada jika tidak ada penghalang radiasi dan dengan demikian mengurangi jumlah panas yang bergerak melalui insulasi ke dalam ruangan di bawah langit-langit. Dalam kondisi yang sama, penghalang radiasi yang dipasang di atap bekerja dengan mengurangi jumlah radiasi yang mengenai insulasi. Karena jumlah radiasi yang mengenai bagian atas insulasi lebih sedikit daripada yang seharusnya tanpa penghalang radiasi, suhu permukaan insulasi lebih rendah dan aliran panas melalui insulasi berkurang.

Penghalang radiasi juga dapat mengurangi kehilangan panas dalam ruangan melalui langit-langit di musim dingin. Penghalang radiasi mengurangi jumlah energi yang terpancar dari permukaan atas insulasi, tetapi juga dapat mengurangi perolehan panas yang bermanfaat karena pemanasan matahari pada atap. Manfaat bersih penghalang radiasi untuk mengurangi kehilangan panas musim dingin masih dipelajari.

Apa perbedaan penghalang radiasi dengan insulasi loteng konvensional?

Penghalang radiasi menjalankan fungsi yang mirip dengan insulasi konvensional, yaitu

mengurangi jumlah panas yang ditransfer dari loteng ke dalam rumah. Perbedaannya terletak pada cara mengurangi aliran panas. Penghalang radiasi mengurangi jumlah panas yang terpancar melintasi ruang udara yang berdekatan dengan penghalang radiasi. Fungsi utama insulasi konvensional adalah untuk memerangkap udara diam di dalam insulasi, dan dengan demikian mengurangi perpindahan panas melalui pergerakan udara (konveksi). Serat atau partikel insulasi juga menghalangi sebagian perpindahan panas radiasi melalui ruang yang ditempati oleh insulasi.

Insulasi konvensional biasanya dinilai berdasarkan nilai-R-nya. Karena kinerja penghalang radiasi bergantung pada banyak variabel, penilaian nilai-R yang sederhana belum dikembangkan untuknya.

Apa saja karakteristik penghalang radiasi?

Semua penghalang radiasi memiliki setidaknya satu permukaan reflektif (atau emisivitas rendah), biasanya berupa lembaran atau lapisan aluminium. Beberapa penghalang radiasi memiliki permukaan reflektif di kedua sisinya. Kedua jenis penghalang ini berfungsi dengan baik, tetapi jika penghalang radiasi satu sisi digunakan, permukaan reflektif harus menghadap ke ruang udara terbuka. Misalnya, jika penghalang radiasi satu sisi diletakkan di atas insulasi dengan sisi reflektif menghadap ke bawah dan menyentuh insulasi, penghalang radiasi akan kehilangan sebagian besar efektivitasnya dalam mengurangi beban pemanasan dan pendinginan.

Emisivitas adalah sifat yang menentukan seberapa baik penghalang radiasi akan bekerja. Sifat ini berupa angka antara 0 dan 1, dengan angka yang lebih rendah menunjukkan potensi kinerja yang lebih baik. Emisivitas penghalang radiasi yang khas, bersih, dan tidak berlubang adalah sekitar 0.03 hingga 0.05. Oleh karena itu, penghalang tersebut akan memiliki reflektivitas 95 hingga 97 persen. Beberapa material mungkin memiliki emisivitas yang lebih tinggi. Tidak selalu mungkin untuk menilai emisivitas hanya dari tampilan visual. Nilai emisivitas yang diukur harus menjadi bagian dari informasi yang diberikan oleh produsen.

Penghalang radiasi yang digunakan dalam aplikasi lantai loteng harus memungkinkan uap air melewatinya. Hal ini diperlukan karena, selama musim dingin, jika tidak ada penghambat uap yang efektif di langit-langit, uap air dari ruang hunian dapat mengembun dan bahkan membeku di bagian bawah penghalang radiasi yang terletak di lantai loteng. Di iklim yang sangat dingin atau selama periode cuaca dingin yang berkepanjangan, lapisan air yang terkondensasi dapat terbentuk. Di iklim sedang, air yang terkondensasi dapat menguap dan melewati penghalang radiasi ke ruang loteng.

Sementara sebagian besar lapisan aluminium yang seragam tidak memungkinkan uap air melewatinya, banyak material penghalang radiasi memungkinkan lewatnya uap air. Beberapa memungkinkan lewatnya uap air melalui lubang atau perforasi, sementara yang lain memiliki substrat yang secara alami memungkinkan lewatnya uap air tanpa memerlukan lubang. Namun, lubang yang terlalu besar akan meningkatkan emisivitas dan menyebabkan penurunan kinerja penghalang radiasi. Kemampuan untuk membiarkan uap air melewati material penghalang radiasi tidak diperlukan untuk aplikasi atap.

Berapa biaya pemasangan penghalang radiasi?

Biaya untuk penghalang radiasi loteng akan bergantung pada beberapa faktor, termasuk yang berikut:

- Apakah penghalang radiasi dipasang oleh pemilik rumah atau oleh kontraktor
- Apakah penghalang radiasi akan dipasang di rumah baru (biaya rendah) atau di rumah yang sudah ada (mungkin biaya lebih tinggi jika dilakukan oleh kontraktor)
- Fitur tambahan apa yang diinginkan (misalnya, penghalang radiasi dengan perforasi dan penguatan mungkin lebih mahal daripada penghalang radiasi dasar)
- Tindakan perbaikan yang diperlukan seperti menambahkan ventilasi (soffit, punggungan, dan sebagainya)
- Apakah penghalang radiasi dipasang di lantai loteng atau di kasau

Biaya penghalang radiasi sangat bervariasi. Perbandingan harga dapat menghemat uang Anda. Survei terhadap sembilan produsen dan kontraktor penghalang radiasi yang mewakili 14 produk, yang dilakukan oleh *Reflective Insulation Manufacturers Association* (RIMA) pada tahun 1989, menunjukkan biaya pemasangan penghalang radiasi bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 17.3.

Tabel 17.3 Biaya Penghalang Radiasi yang Dipasang oleh Kontraktor per Feet Persegi Material∗ (Ingatlah bahwa harga ini hanya untuk tujuan perbandingan!) (Dalam Ribuan)

Jenis Aplikasi	Konstruksi Baru	Rumah yang Ada
Lantai Loteng	Rp 1.500-3.000	Rp 1.500-3.000
Atap: dijepit ke bagian bawah permukaan kasau	Rp 1.500-3.000	Rp 2.000-4.500
Atap: disampirkan di atas kasau	Rp 1.200-3.500	-
Atap: bagian bawah dek atap	Rp 1.200-3.000	-

∗Angka biaya dalam tabel ini adalah biaya per kaki persegi penghalang radiasi. Karena total luas atap dan atap pelana lebih besar daripada luas langit-langit, aplikasi atap akan membutuhkan sekitar 7 hingga 50 persen lebih banyak material daripada aplikasi lantai loteng, tergantung pada bentuk atap. Nilai-nilai tersebut belum tentu berlaku saat ini—nilai-nilai tersebut di sini hanya sebagai referensi dan nilai perbandingan.

Dalam beberapa kasus, penghalang radiasi disertakan dalam paket fitur hemat energi yang dijual kepada pemilik rumah. Saat mempertimbangkan paket penawaran, Anda mungkin ingin meminta daftar terperinci yang mencakup biaya material dan pemasangan untuk semua tindakan yang disertakan. Kemudian, cari tahu untuk mengetahui berapa biaya setiap item jika dibeli secara terpisah sebelum Anda membuat keputusan.

Berapa biaya insulasi konvensional?

Tagihan pemanas dan pendingin juga dapat dikurangi dengan menambahkan insulasi loteng konvensional. Perbandingan biaya pemasangan dan penambahan berbagai tingkat insulasi diberikan dalam Tabel 17.4. Biaya ini adalah biaya yang umum untuk insulasi yang dipasang oleh kontraktor. Biaya insulasi aktual akan bervariasi dari satu wilayah ke wilayah lain

di negara ini, akan bervariasi tergantung pada jenis insulasi yang dipilih (insulasi tiup, atau isian longgar, biasanya lebih murah daripada insulasi gulung), dan dapat bervariasi dari satu kontraktor lokal ke kontraktor lokal lainnya. Anda dapat memperoleh potongan sebesar 20 persen hingga 50 persen untuk aplikasi yang dibuat sendiri.

Tabel 17.4 Biaya untuk Insulasi Loteng Konvensional yang Dipasang oleh Kontraktor (Dalam Ribuan)

Nilai-R	Biaya per Kaki Persegi
R-11	Rp 2.700-3.000
R-19	Rp 3.800-4.700
R-22	Rp 4.800-5.100
R-30	Rp 5.400-6.800
R-38	Rp 6.800-9.500

Catatan: Semakin tinggi nilai R, semakin besar daya isolasinya. (Sumber: Basis data Biaya Konstruksi dan Utilitas Hunian, yang dikembangkan oleh Pusat Penelitian Nasional NAHB, 1986.)

Anda harus selalu memeriksa rekomendasi isolasi terkini di kantor energi atau departemen kode bangunan setempat atau negara bagian atau lihat "Lembar Fakta Isolasi DOE".

Efek Penghalang Radiasi pada Tagihan Pemanasan dan Pendinginan

Apakah efek pemanasan dan pendinginan telah diuji?

Saat ini, tidak ada metode standar untuk menguji efektivitas penghalang radiasi dalam mengurangi tagihan pemanasan dan pendinginan. Namun, banyak uji lapangan telah dilakukan yang menunjukkan, tergantung pada jumlah isolasi konvensional yang ada dan faktor-faktor lain, penghalang radiasi efektif dalam mengurangi tagihan pendinginan, dan juga kemungkinan tagihan pemanasan.

Sebagian besar uji lapangan ini telah dilakukan di daerah beriklim hangat tempat sejumlah besar AC digunakan. *Florida Solar Energy Center* (FSEC) di Cape Canaveral telah melakukan pengujian selama beberapa tahun menggunakan bagian uji loteng, dan juga telah melakukan pengujian dengan rumah-rumah berukuran penuh. Pengujian menggunakan rumah dupleks di Ocala, Florida, telah dilakukan oleh Mineral Insulation Manufacturers Association. Tennessee Valley Authority telah melakukan sejumlah pengujian musim dingin dan musim panas. Mereka menggunakan sel uji kecil di Chattanooga, Tennessee. *Oak Ridge National Laboratory* (ORNL) telah melakukan serangkaian pengujian menggunakan tiga rumah berukuran penuh di dekat Knoxville, Tennessee. Pengujian ORNL mencakup pengamatan musim panas dan musim dingin. Sejauh ini, sangat sedikit pengujian yang telah dilakukan di iklim yang lebih dingin daripada Knoxville. Sedikit pengujian telah dilakukan di iklim panas dan kering seperti Amerika Serikat Barat Daya.

Pengujian hingga saat ini telah menunjukkan bahwa di loteng dengan isolasi R-19, penghalang radiasi dapat mengurangi perolehan panas langit-langit musim panas sekitar 16

hingga 42 persen dibandingkan dengan loteng dengan tingkat isolasi yang sama dan tanpa penghalang radiasi. Angka-angka ini adalah untuk pengurangan rata-rata aliran panas melalui jalur insulasi. Angka-angka ini tidak mencakup efek aliran panas melalui anggota rangka. Lihat Tabel 17.5 dan 17.6 untuk perbandingan kinerja yang diukur.

Tabel 17.5 Pengurangan Rata-rata Aliran Panas Langit-langit Akibat Penambahan Penghalang Radiasi ke Insulasi Lantai Loteng R-19: Kondisi Pendinginan Musim Panas

Lokasi Penghalang Radiant	**Tes Seluruh Rumah**		**Tes Sel Uji**	
	MIMA	**ORNL**	**FSEC***	**TVA**
Atap: melekat pada dek atap	-	-	36-42 persen	16 persen
Atap: disampirkan di atas kasau	20 persen**	-	-	-
Atap: dijepit di antara kasau	-	-	38-43 persen	-
Atap: dijepit di bawah kasau	24 persen	25-30 persen	-	23-30 persen
Lantai loteng***	35 persen	32-35 persen	38-44 persen	40-42 persen

**Diuji pada tingkat ventilasi ruang udara loteng sebanyak lima kali pergantian udara per jam. Tingkat ventilasi rata-rata yang umum agak lebih rendah.*

***Pengujian merupakan simulasi konfigurasi terbungkus. Penghalang radiasi tidak memanjang di atas kasau, tetapi dijepit di dekat sambungan antara kasau dan dek atap.*

****Nilai berlaku untuk pemasangan penghalang radiasi baru dan belum berdebu; persentase akan lebih rendah untuk penghalang radiasi lama.*

Tabel 17.6 Rata-rata Pengurangan Aliran Panas Langit-langit Akibat Penambahan Penghalang Radiasi pada Isolasi Lantai Loteng R-19: Kondisi Pemanasan Musim Dingin

Lokasi Penghalang Radiant	**Tes Seluruh Rumah**	**Tes Sel Uji**
	ORNL	**TVA**
Atap: melekat pada dek atap	-	4 persen
Atap: disampirkan di atas kasau	-	-
Atap: dijepit di antara kasau	-	-
Atap: dijepit di bawah kasau	5 persen hingga 8 persen	8 persen
Lantai Loteng	1 persen hingga 19 persen	15 persen

Catatan untuk Tabel 17.5 dan 17.6:

Perhatian: Nilai persentase ini tidak mewakili penghematan tagihan listrik dan tidak dapat direpresentasikan seperti itu.

Catatan: Semua pengukuran mewakili aliran panas rata-rata melalui jalur insulasi, dan tidak mencakup efek aliran panas melalui rangka.

Kunci Singkatan:

FSEC: Florida Solar Energy Center

MIMA: Mineral Insulation Manufacturers Association ORNL: Oak Ridge National Laboratory TVA: Tennessee Valley Authority

Ini tidak berarti bahwa penghematan tagihan listrik sebesar 16 hingga 42 persen dapat diharapkan. Karena perolehan panas langit-langit mewakili sekitar 15 hingga 25 persen dari total beban pendinginan di rumah, penghalang radiasi diharapkan dapat mengurangi porsi pendinginan ruangan dari tagihan listrik musim panas kurang dari 15 hingga 25 persen. Mengalikan persentase ini (15 hingga 25 persen) dengan persentase pengurangan aliran panas langit-langit (16 hingga 42 persen) akan menghasilkan pengurangan 2 hingga 10 persen pada bagian pendinginan tagihan listrik musim panas.

Namun, dalam beberapa kondisi, persentase pengurangan bagian pendinginan tagihan listrik musim panas mungkin lebih besar, mungkin sebesar 17 persen. Persentase pengurangan total tagihan listrik musim panas, yang juga mencakup biaya untuk mengoperasikan peralatan, pemanas air, dan sebagainya, akan lebih kecil. Pengujian telah menunjukkan bahwa persentase pengurangan untuk kehilangan panas musim dingin lebih rendah daripada untuk perolehan panas musim panas.

Eksperimen dengan berbagai tingkat isolasi konvensional menunjukkan bahwa persentase pengurangan aliran panas langit-langit yang disebabkan oleh penambahan penghalang radiasi lebih besar dengan jumlah isolasi yang lebih sedikit. Karena fraksi beban pemanasan dan pendinginan seluruh rumah yang berasal dari langit-langit lebih besar ketika jumlah isolasi kecil, penghalang radiasi menghasilkan penghematan energi paling banyak ketika digunakan dalam kombinasi dengan tingkat isolasi yang lebih rendah. Demikian pula, penghalang radiasi menghasilkan penghematan energi yang jauh lebih sedikit bila digunakan dalam kombinasi dengan tingkat isolasi yang tinggi.

Sebagian besar uji lapangan telah dilakukan dengan penghalang radiasi yang bersih. Pengukuran laboratorium telah menunjukkan bahwa debu pada permukaan aluminium foil meningkatkan emisivitas dan mengurangi reflektifitas. Ini berarti bahwa debu atau partikel lain pada permukaan penghalang radiasi yang terbuka akan mengurangi efektivitasnya. Penghalang radiasi yang dipasang di lokasi yang mengumpulkan debu atau kontaminan permukaan lainnya akan memiliki manfaat yang semakin berkurang bagi pemilik rumah dari waktu ke waktu.

Aplikasi lantai loteng paling rentan terhadap akumulasi debu, sementara permukaan reflektif yang menghadap ke bawah yang digunakan dengan banyak aplikasi atap tidak mungkin menjadi berdebu. Ketika penghalang radiasi baru dipasang, beberapa pengujian menunjukkan bahwa aplikasi lantai loteng akan bekerja lebih baik daripada aplikasi atap. Saat debu terakumulasi pada aplikasi lantai loteng, efektivitasnya akan berkurang secara bertahap. Setelah periode yang cukup lama, aplikasi lantai loteng yang berdebu akan kehilangan sebagian besar efektivitasnya. Hasil pemodelan prediktif, berdasarkan pengujian, menunjukkan bahwa penerapan lantai loteng yang berdebu akan kehilangan sekitar setengah dari efektivitasnya setelah sekitar satu hingga 10 tahun.

Pengujian penghalang radiasi terutama berkaitan dengan efek penghalang radiasi pada

perolehan atau kehilangan panas melalui langit-langit. Aspek lain dari penghalang radiasi mungkin penting saat saluran pendingin udara dipasang di ruang loteng. Penerapan penghalang radiasi di atap dapat mengakibatkan penurunan suhu udara di dalam ruang loteng, yang pada gilirannya dapat mengurangi perolehan panas oleh udara yang mengalir melalui saluran, sehingga meningkatkan efisiensi sistem pendingin udara. Perubahan perolehan panas ke saluran loteng ini belum diuji. Namun, model komputer telah digunakan untuk membuat perkiraan dampak pada tagihan pendinginan.

Tidak semua uji lapangan dapat menunjukkan bahwa penghalang radiasi atau bahkan insulasi loteng efektif dalam mengurangi tagihan pendinginan. Dalam uji lapangan yang dilakukan oleh ORNL di Tulsa, Oklahoma, menggunakan 19 rumah berukuran penuh yang dihuni, baik penghalang radiasi maupun isolasi loteng tidak menghasilkan penghematan listrik AC yang dapat diukur. Seperti dalam semua uji lapangan, hasil ini hanya berlaku untuk rumah dengan karakteristik serupa seperti yang diuji.

Berapa banyak yang akan saya hemat dari tagihan pemanas dan pendingin ruangan saya?

Penghematan Anda untuk tagihan pemanas dan pendingin ruangan akan bervariasi, tergantung pada banyak faktor. Penghematan akan bergantung pada hal-hal berikut:

- Jenis aplikasi penghalang radiasi
- Ukuran rumah Anda
- Apakah rumah bergaya ranch atau rumah dua lantai
- Jumlah insulasi di loteng
- Efektivitas ventilasi loteng
- Warna atap
- Pengaturan termostat
- Kekencangan selubung bangunan
- Kondisi cuaca aktual
- Efisiensi peralatan pemanas dan pendingin ruangan
- Harga bahan bakar

Penelitian tentang penghalang radiasi belum selesai. Namun, estimasi penghematan yang diharapkan telah dibuat menggunakan program komputer yang telah diperiksa terhadap beberapa data uji lapangan yang telah dikumpulkan. Perhitungan ini menggunakan data cuaca dari sejumlah lokasi untuk memperkirakan pengurangan beban pemanasan dan pendinginan untuk rumah pada umumnya. Pengurangan beban ini kemudian diubah menjadi penghematan tagihan bahan bakar dengan menggunakan efisiensi tungku gas dan pendingin udara sentral rata-rata dan harga rata-rata nasional untuk gas alam dan listrik.

Asumsi untuk perhitungan ini adalah: pengaturan termostat rumah dianggap 78°F di musim panas dan 70°F di musim dingin. Di musim panas, diasumsikan bahwa jendela akan dibuka saat suhu dan kelembapan luar ruangan cukup rendah untuk memanfaatkan pendinginan gratis. Diasumsikan bahwa sirap atap berwarna gelap, dan atapnya tidak teduh. Efisiensi tungku yang digunakan adalah 65 persen, dan koefisien kinerja pendingin udara (COP) adalah 2.34. Harga bahan bakar yang digunakan adalah 52.7 sen per term (ratus feet kubik) untuk gas alam dan 7.86 sen per kilowatt-jam untuk listrik.

Faktor-faktor yang dapat membuat penghematan Anda lebih kecil dari yang dihitung adalah: pengaturan termostat musim panas lebih rendah dari 78°F, pengaturan termostat musim dingin lebih tinggi dari 70°F, selalu menutup jendela, tungku atau AC dengan efisiensi lebih rendah, atau harga bahan bakar yang lebih tinggi. Faktor-faktor yang dapat membuat penghematan Anda lebih besar dari yang dihitung adalah pengaturan termostat musim panas lebih tinggi dari 78°F, pengaturan termostat musim dingin lebih rendah dari 70°F, sirap atap berwarna terang, naungan atap oleh pohon atau bangunan di dekatnya, tungku atau AC dengan efisiensi lebih tinggi, dan harga bahan bakar yang lebih rendah.

Perhitungan ekonomi standar kemudian dilakukan yang mengubah penghematan dolar dari periode di masa mendatang menjadi nilai sekarang. Penghematan dolar juga disesuaikan untuk memperhitungkan perkiraan bagaimana harga gas alam dan listrik diprediksi akan naik di tahun-tahun mendatang. Perhitungan ini memberikan penghematan nilai sekarang dalam bentuk dolar per kaki persegi luas langit-langit. Bila nilai ini dikalikan dengan total luas langit-langit, hasilnya adalah angka yang dapat dibandingkan dengan biaya pemasangan penghalang radiasi. Jika penghematan nilai sekarang untuk seluruh langit-langit lebih besar daripada biaya penghalang radiasi, maka penghalang radiasi akan hemat biaya. Tingkat diskonto riil sebesar 7 persen (di atas dan di luar inflasi) dan masa pakai 25 tahun digunakan dalam perhitungan.

Tabel 17.7 hingga 17.9 memberikan penghematan nilai sekarang untuk penghalang radiasi berdasarkan harga rata-rata dan efisiensi peralatan. Tabel 17.7 berlaku untuk aplikasi lantai loteng, di mana efek akumulasi debu telah diperhitungkan. Karena debu akan terakumulasi pada tingkat yang berbeda di rumah yang berbeda, dan karena efek debu pada kinerja tidak diketahui dengan baik, rentang nilai diberikan untuk aplikasi ini. Tabel 17.8 berlaku untuk penghalang radiasi yang dipasang di bagian bawah kasau, sementara Tabel 17.9 berlaku untuk penghalang radiasi yang disampirkan di atas kasau atau dipasang langsung di bagian bawah dek atap.

Untuk tujuan perbandingan, program komputer yang sama juga telah digunakan untuk memperkirakan penghematan nilai sekarang untuk memasang insulasi tambahan di loteng; nilai-nilai ini tercantum dalam Tabel 17.10. Dengan memeriksa beberapa opsi, konsumen dapat membandingkan penghematan relatif yang dapat diperoleh dibandingkan dengan biaya pemasangan opsi tersebut. Umumnya, opsi dengan penghematan bersih terbesar (yaitu, penghematan nilai sekarang dikurangi biaya) akan menjadi yang paling diinginkan. Namun, preferensi pribadi juga akan memengaruhi keputusan akhir.

Tabel 17.7 Nilai Sekarang Penghematan (Dolar per Feet Persegi) untuk Penghalang Radiasi Berdebu di Lantai Loteng

Kota	**R-11**	**R-19**	**R-30**	**R-38**
Albany, New York	0.04–0.13	0.02–0.06	0.01–0.03	0.01–0.03
Albuquerque, New Mexico	0.05–0.18	0.03–0.10	0.02–0.06	0.01–0.05
Atlanta, Georgia	0.05–0.17	0.02–0.08	0.01–0.05	0.01–0.04
Bismarck, ND	0.05–0.14	0.02–0.06	0.01–0.04	0.01–0.03

Kota	R-11	R-19	R-30	R-38
Chicago, Illinois	0.04–0.13	0.02–0.06	0.01–0.04	0.01–0.03
Denver, CO	0.05–0.15	0.02–0.07	0.01–0.05	0.01–0.04
El Toro, CA	0.04–0.15	0.02–0.07	0.01–0.05	0.01–0.04
Houston, Texas	0.05–0.19	0.03–0.10	0.02–0.06	0.01–0.04
Knoxville, Tennessee	0.05–0.17	0.02–0.08	0.02–0.05	0.01–0.04
Las Vegas, Nevada	0.07–0.24	0.03–0.12	0.02–0.07	0.02–0.06
Los Angeles, CA	0.04–0.12	0.02–0.05	0.01–0.03	0.01–0.02
Memfis, TN	0.05–0.18	0.02–0.09	0.01–0.05	0.01–0.04
Miami, FL	0.06–0.23	0.03–0.12	0.02–0.07	0.01–0.06
Minneapolis, Minnesota	0.04–0.13	0.02–0.06	0.01–0.03	0.01–0.03
Orlando, FL	0.05–0.21	0.03–0.10	0.02–0.07	0.01–0.05
Phoenix, Arizona	0.08–0.29	0.04–0.14	0.02–0.08	0.02–0.07
Portland, ME	0.04–0.10	0.02–0.04	0.01–0.02	0.01–0.02
Portland, OR	0.04–0.11	0.02–0.05	0.01–0.03	0.01–0.02
Raleigh, NC	0.05–0.16	0.02–0.08	0.01–0.05	0.01–0.04
Riverside, CA	0.06–0.21	0.03–0.10	0.02–0.06	0.01–0.05
Sacramento, CA	0.05–0.18	0.03–0.09	0.02–0.06	0.01–0.05
Salt Lake City, UT	0.05–0.16	0.02–0.08	0.01–0.05	0.01–0.04
St. Louis, MO	0.05–0.16	0.02–0.08	0.01–0.05	0.01–0.04
Seattle, WA	0.03–0.08	0.01–0.03	0.01–0.02	0.00–0.01
Topeka, KS	0.05–0.17	0.02–0.09	0.02–0.05	0.01–0.04
Waco, Texas	0.06–0.21	0.03–0.10	0.02–0.06	0.01–0.05
Washington, DC	0.05–0.15	0.02–0.07	0.01–0.04	0.01–0.04

Catatan: R-11, R-19, R-30, dan R-38 merujuk pada tingkat isolasi konvensional yang ada.
Catatan: Nilai-nilai tersebut menunjukkan kisaran penghematan karena variasi laju debu dan ketidakpastian efek debu pada aliran panas. Tingkat degradasi ini akan menjadi hal yang umum selama 25 tahun paparan.
Angka dalam tabel didasarkan pada penghalang radiasi yang memiliki emisivitas 0.05 atau kurang saat bersih. Penghematan berlaku untuk periode 25 tahun.

Tabel 17.8 Nilai Sekarang Penghematan (Dolar per Persegi Lantai Loteng) untuk Penghalang Radiasi yang Dipasang di Bagian Bawah Kasau

Kota	R-11	R-19	R-30	R-38
Albany, New York	0.17–0.19	0.08–0.09	0.04–0.05	0.03–0.04
Albuquerque, New Mexico	0.24–0.27	0.12–0.15	0.08–0.10	0.06–0.08

Kota	R-11	R-19	R-30	R-38
Atlanta, Georgia	0.21–0.25	0.10–0.13	0.06–0.08	0.05–0.07
Bismarck, ND	0.18–0.20	0.09–0.10	0.05–0.06	0.04–0.05
Chicago, Illinois	0.17–0.19	0.08–0.10	0.05–0.06	0.04–0.05
Denver, CO	0.19–0.22	0.10–0.12	0.06–0.08	0.05–0.07
El Toro, CA	0.19–0.22	0.10–0.12	0.06–0.08	0.05–0.07
Houston, Texas	0.23–0.28	0.12–0.15	0.07–0.10	0.05–0.08
Knoxville, Tennessee	0.22–0.25	0.11–0.13	0.07–0.09	0.05–0.07
Las Vegas, Nevada	0.30–0.36	0.15–0.19	0.09–0.12	0.07–0.10
Los Angeles, CA	0.11–0.12	0.06–0.07	0.04–0.05	0.03–0.04
Memfis, TN	0.23–0.27	0.11–0.14	0.07–0.09	0.06–0.08
Miami, FL	0.28–0.36	0.15–0.20	0.09–0.13	0.07–0.10
Minneapolis, Minnesota	0.18–0.19	0.08–0.10	0.05–0.06	0.03–0.04
Orlando, FL	0.26–0.32	0.13–0.17	0.08–0.12	0.07–0.10
Phoenix, Arizona	0.36–0.43	0.17–0.23	0.10–0.14	0.08–0.12
Portland, ME	0.14–0.15	0.06–0.06	0.03–0.04	0.03–0.03
Portland, OR	0.14–0.16	0.07–0.08	0.04–0.05	0.03–0.04
Raleigh, NC	0.20–0.24	0.10–0.12	0.06–0.08	0.05–0.07
Riverside, CA	0.27–0.37	0.13–0.17	0.07–0.10	0.06–0.08
Sacramento, CA	0.23–0.26	0.12–0.14	0.07–0.10	0.06–0.08
Salt Lake City, UT	0.21–0.24	0.10–0.12	0.06–0.08	0.05–0.07
St. Louis, MO	0.21–0.24	0.10–0.13	0.06–0.08	0.05–0.07
Seattle, WA	0.11–0.12	0.05–0.05	0.03–0.03	0.02–0.02
Topeka, KS	0.22–0.26	0.11–0.13	0.07–0.09	0.05–0.07
Waco, Texas	0.26–0.31	0.13–0.17	0.08–0.11	0.06–0.09
Washington, DC	0.20–0.23	0.09–0.12	0.06–0.07	0.05–0.06

Catatan: R-11, R-19, R-30, dan R-38 merujuk pada tingkat isolasi konvensional yang ada.
Catatan: Nilai pertama berlaku untuk rumah tanpa saluran pendingin udara di loteng. Nilai kedua berlaku untuk rumah dengan saluran pendingin udara di loteng.
Angka dalam tabel didasarkan pada penghalang radiasi dengan emisivitas 0.05 atau kurang, dengan penghalang radiasi menutupi bagian dalam atap pelana. Penghematan berlaku untuk jangka waktu 25 tahun.

Tabel 17.9 Penghematan Nilai Sekarang (Dolar per Feet Persegi Lantai Loteng) untuk Penghalang Radiasi yang Dilapisi di Atas Kasau atau Dipasang di Dek Atap

Kota	R-11	R-19	R-30	R-38
Albany, New York	0.16–0.17	0.07–0.08	0.04–0.05	0.03–0.04
Albuquerque, New Mexico	0.21–0.24	0.11–0.14	0.07–0.09	0.06–0.07
Atlanta, Georgia	0.19–0.22	0.09–0.12	0.06–0.07	0.04–0.06
Bismarck, ND	0.17–0.18	0.08–0.09	0.05–0.06	0.03–0.04
Chicago, Illinois	0.15–0.17	0.07–0.09	0.04–0.05	0.03–0.04
Denver, CO	0.17–0.19	0.09–0.10	0.05–0.07	0.05–0.06
El Toro, CA	0.17–0.20	0.09–0.10	0.05–0.07	0.05–0.06
Houston, Texas	0.20–0.25	0.10–0.14	0.06–0.09	0.05–0.07
Knoxville, Tennessee	0.19–0.22	0.10–0.12	0.06–0.08	0.05–0.07
Las Vegas, Nevada	0.27–0.32	0.14–0.17	0.08–0.11	0.06–0.09
Los Angeles, CA	0.10–0.11	0.06–0.06	0.03–0.04	0.03–0.04
Memfis, TN	0.20–0.24	0.10–0.13	0.06–0.08	0.05–0.07
Miami, FL	0.25–0.31	0.13–0.18	0.08–0.11	0.06–0.09
Minneapolis, Minnesota	0.16–0.18	0.07–0.09	0.04–0.05	0.03–0.04
Orlando, FL	0.23–0.28	0.11–0.15	0.07–0.10	0.06–0.09
Phoenix, Arizona	0.31–0.38	0.15–0.20	0.09–0.13	0.07–0.11
Portland, ME	0.13–0.13	0.06–0.06	0.03–0.03	0.02–0.03
Portland, OR	0.13–0.14	0.06–0.07	0.04–0.04	0.03–0.04
Raleigh, NC	0.18–0.21	0.09–0.11	0.06–0.07	0.04–0.06
Riverside, CA	0.24–0.33	0.11–0.15	0.07–0.09	0.05–0.07
Sacramento, CA	0.20–0.23	0.10–0.13	0.06–0.08	0.06–0.07
Salt Lake City, UT	0.19–0.21	0.09–0.11	0.05–0.07	0.04–0.06
St. Louis, MO	0.18–0.21	0.09–0.11	0.05–0.07	0.04–0.06
Seattle, WA	0.10–0.11	0.04–0.05	0.02–0.03	0.02–0.02
Topeka, KS	0.20–0.23	0.10–0.12	0.06–0.08	0.05–0.06
Waco, Texas	0.23–0.28	0.11–0.15	0.07–0.09	0.05–0.08
Washington, DC	0.18–0.21	0.08–0.10	0.05–0.06	0.04–0.05

Catatan: R-11, R-19, R-30, dan R-38 merujuk pada tingkat isolasi konvensional yang ada.
Catatan: Nilai pertama berlaku untuk rumah tanpa saluran pendingin udara di loteng. Nilai kedua berlaku untuk rumah dengan saluran pendingin udara di loteng.
Angka dalam tabel didasarkan pada penghalang radiasi dengan emisivitas 0.05 atau kurang, dengan penghalang radiasi menutupi bagian dalam atap pelana. Penghematan berlaku untuk jangka waktu 25 tahun.

Contoh Penggunaan Tabel Nilai Sekarang

Berikut ini adalah beberapa contoh cara menggunakan tabel nilai sekarang. Harga yang dikutip di sini hanya untuk tujuan perbandingan dan dapat berubah sewaktu-waktu.

Contoh 1

Saya tinggal di Orlando, Florida, di rumah bergaya ranch seluas 1800 kaki persegi. Saya memiliki insulasi R-11 di loteng saya, dan saluran AC berada di loteng. Seorang kontraktor telah mengutip harga untuk penghalang radiasi yang dipasang di bagian bawah kasau dan di ujung atap pelana sebesar Rp 4 juta. Apakah ini merupakan investasi yang bagus?

Untuk jenis penghalang radiasi ini, tabel yang sesuai adalah Tabel 17.8. Untuk Orlando dengan insulasi R-11, penghematan nilai sekarang tercantum sebesar Rp 3.200.000 saat saluran AC berada di loteng.

Mengalikan nilai ini dengan 1800 feet persegi menghasilkan total Rp 5.760.000. Nilai ini melebihi biaya yang dikutip untuk penghalang radiasi sebesar Rp 4 juta, dan dengan demikian ini akan menjadi investasi yang bagus.

Contoh 2

Saya tinggal di Minneapolis, Minnesota, di rumah dua lantai seluas 2400 feet persegi. Saya memiliki insulasi R-19 di loteng saya, dan tidak memiliki saluran pendingin udara di loteng. Seorang kontraktor telah mengutip harga untuk penghalang radiasi yang dipasang di bagian bawah kasau dan di ujung atap pelana sebesar Rp 2.5 juta. Apakah ini akan menjadi investasi yang bagus? Apakah investasi pada lapisan insulasi R-19 lainnya akan menjadi investasi yang lebih baik? Seorang kontraktor telah mengutip harga Rp 5.640.000 untuk menambahkan insulasi ini.

Untuk jenis penghalang radiasi ini, tabel yang sesuai adalah Tabel 17.8. Untuk Minneapolis dengan insulasi R-19, penghematan nilai sekarang tercantum sebesar Rp 800 ketika tidak ada saluran pendingin udara di loteng. Karena rumah itu berlantai dua, luas langit-langitnya adalah 1200 feet persegi. Mengalikan Rp 800 dengan 1200 menghasilkan total Rp 960 ribu. Nilai ini lebih rendah dari biaya yang dikutip untuk penghalang radiasi sebesar Rp 2.5 juta dan dengan demikian ini bukanlah investasi yang baik.

Untuk menambahkan lapisan insulasi lainnya, tabel yang sesuai adalah Tabel 17.10. Untuk Minneapolis, tabel ini memberikan penghematan nilai sekarang sebesar Rp 5.700.000 untuk menambahkan lapisan insulasi R-19 ke lapisan insulasi R-19 yang sudah ada. Mengalikan nilai ini dengan 1200 kaki persegi menghasilkan total Rp 6.840.000. Nilai ini melebihi biaya insulasi yang dikutip, dan dengan demikian ini akan menjadi investasi yang baik.

Tabel 17.10 Penghematan Nilai Sekarang (Rupiah per Feet Persegi Lantai Loteng) untuk Isolasi Tambahan

Kota	**R-11 + R-8***	**R-11 + R-19**	**R-19 + R-11**	**R-11 + R-19**
Albany, New York	0.76	1.10	0.35	0.48
Albuquerque, New Mexico	0.53	0.80	0.28	0.37
Atlanta, Georgia	0.50	0.71	0.21	0.29

Kota	R-11 + R-8*	R-11 + R-19	R-19 + R-11	R-11 + R-19
Bismarck, ND	0.90	1.35	0.45	0.61
Chicago, Illinois	0.69	1.02	0.33	0.45
Denver, CO	0.64	0.96	0.32	0.44
El Toro, CA	0.33	0.48	0.15	0.20
Houston, Texas	0.31	0.49	0.18	0.24
Knoxville, Tennessee	0.53	0.78	0.24	0.34
Las Vegas, Nevada	0.47	0.70	0.23	0.32
Los Angeles, CA	0.22	0.33	0.11	0.15
Memfis, TN	0.52	0.74	0.22	0.31
Miami, FL	0.22	0.34	0.11	0.15
Minneapolis, Minnesota	0.80	1.21	0.42	0.57
Orlando, FL	0.25	0.37	0.12	0.17
Phoenix, Arizona	0.53	0.77	0.24	0.33
Portland, ME	0.73	1.09	0.37	0.50
Portland, OR	0.50	0.77	0.27	0.36
Raleigh, NC	0.50	0.72	0.22	0.31
Riverside, CA	0.49	0.70	0.21	0.29
Sacramento, CA	0.44	0.65	0.22	0.29
Salt Lake City, UT	0.65	0.97	0.32	0.44
St. Louis, MO	0.63	0.92	0.29	0.40
Seattle, WA	0.52	0.80	0.28	0.37
Topeka, KS	0.61	0.92	0.31	0.42
Waco, Texas	0.41	0.62	0.21	0.28
Washington, DC	0.60	0.88	0.28	0.38

**Menunjukkan tingkat insulasi loteng konvensional yang ada (misalnya, R-11), dan jumlah tambahan (misalnya, R-8). Penghematan berlaku untuk jangka waktu 25 tahun.*

17.7 PERTIMBANGAN NONENERGI PENTING

Berikut ini adalah beberapa pertimbangan nonenergi penting.

Potensi Kondensasi Kelembapan

Kondensasi uap air dapat menjadi persoalan ketika lapisan penghalang radiasi dipasang di lantai loteng, tepat di atas bahan insulasi konvensional. Pada musim dingin, uap air dari dalam rumah berpotensi naik ke area loteng. Dalam banyak kasus, keberadaan ventilasi loteng memungkinkan uap air ini keluar sehingga tidak menimbulkan gangguan berarti. Namun, saat cuaca dingin, keberadaan penghalang radiasi di atas insulasi bisa menyebabkan uap air mengembun di sisi bawah lapisan penghalang tersebut.

Kondensasi sejumlah besar air dapat menyebabkan masalah berikut:

- Insulasi yang ada dapat menjadi basah dan kehilangan sebagian nilai insulasinya
- Bercak air dapat muncul di langit-langit
- Dalam kondisi yang parah, rangka langit-langit dapat membusuk

Beberapa pengujian telah dilakukan untuk menentukan potensi kondensasi kelembapan dengan penghalang radiasi berlubang yang diletakkan di atas insulasi. Pengujian dilakukan selama musim dingin di dekat Knoxville, Tennessee, menggunakan rumah-rumah yang dioperasikan pada tingkat kelembapan relatif dalam ruangan yang jauh lebih tinggi dari biasanya. Karena pengujian ini tidak menemukan masalah kondensasi kelembapan yang signifikan, diharapkan kondensasi kelembapan tidak akan menjadi masalah di iklim yang lebih hangat daripada Knoxville. Pengujian lebih lanjut terhadap penghalang radiasi diperlukan untuk menentukan apakah kondensasi kelembapan menjadi masalah di iklim yang lebih dingin daripada Knoxville.

Satu tindakan pencegahan untuk mencegah potensi masalah kelembapan adalah penggunaan penghalang radiasi berlubang atau permeabel alami. Peringkat perm yang lebih tinggi berarti lebih sedikit potensi masalah. Menghindari kelembaban relatif dalam ruangan yang tinggi, menutup retakan dan kebocoran udara di langit-langit, menggunakan penghambat uap di bawah insulasi loteng, dan menyediakan ventilasi loteng yang memadai merupakan tindakan pencegahan tambahan.

Ventilasi Loteng

Ventilasi loteng merupakan pertimbangan penting. Dengan ventilasi yang memadai, penghalang radiasi akan bekerja lebih baik di musim panas dan uap air yang berlebih akan dibuang di musim dingin. Sayangnya, rekomendasi khusus untuk jenis dan jumlah ventilasi loteng terbaik untuk digunakan dengan penghalang radiasi tidak tersedia. Kode bangunan model telah menetapkan pedoman untuk area ventilasi loteng per kaki persegi luas lantai loteng untuk meminimalkan terjadinya kondensasi. Pedoman ini menetapkan 1 ft^2 area ventilasi bebas bersih untuk setiap 150 ft^2 luas lantai loteng. Rasio ini dapat dikurangi menjadi 1 banding 300 jika penghambat uap langit-langit tersedia atau jika ventilasi loteng tinggi (misalnya, ventilasi bubungan atau atap pelana) dan rendah (ventilasi sofit) digunakan. Karena sebagian area ventilasi terhalang oleh kasa atau kisi-kisi, area bebas bersih ventilasi lebih kecil daripada dimensi keseluruhannya.

Efek Penghalang Radiasi pada Suhu Atap

Uji lapangan telah menunjukkan bahwa penghalang radiasi dapat menyebabkan sedikit peningkatan suhu atap. Penghalang radiasi yang dipasang di atap dapat meningkatkan suhu sirap sebesar 2◦F hingga 10◦F, sementara penghalang radiasi di lantai loteng dapat menyebabkan peningkatan yang lebih kecil sebesar 2◦F atau kurang. Efek dari peningkatan suhu ini pada masa pakai atap, jika ada, tidak diketahui.

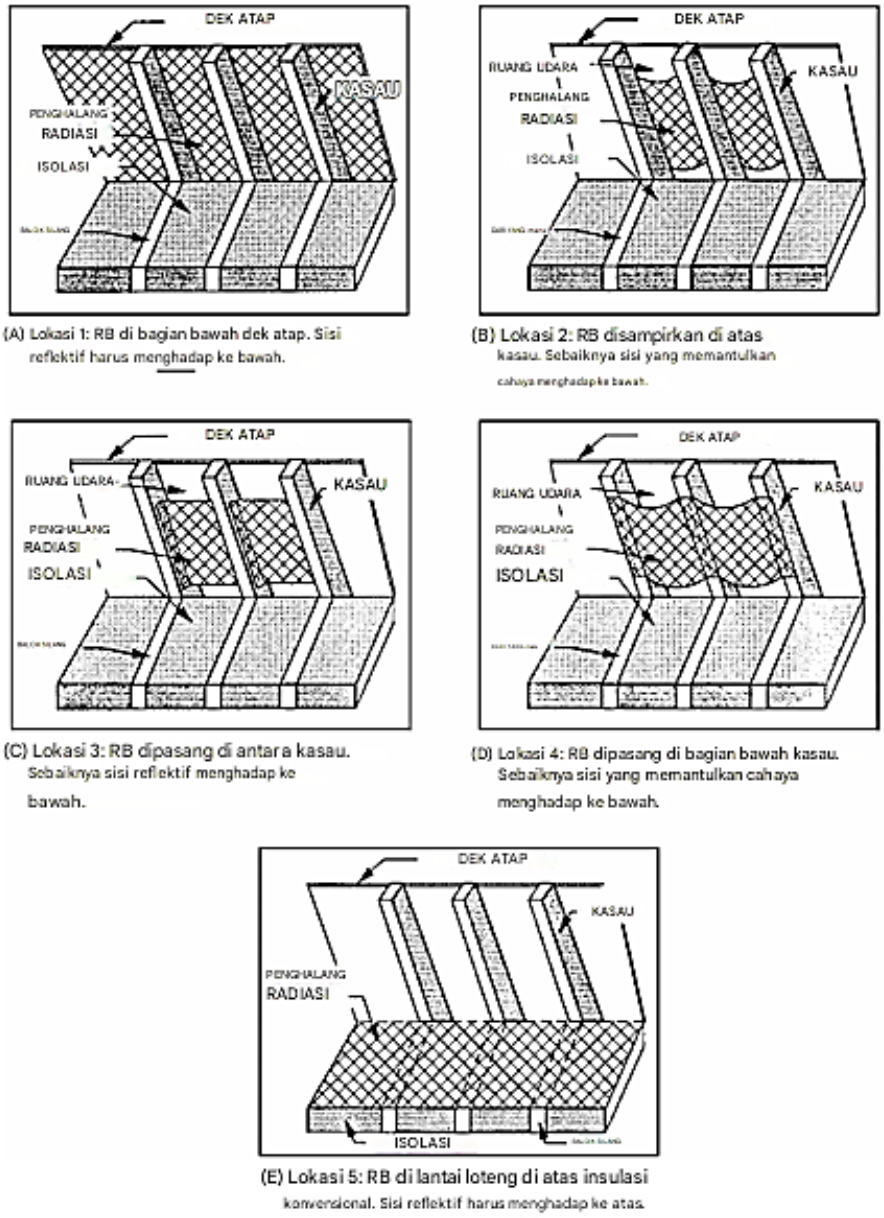
Peringkat Api

Peringkat api penghalang radiasi penting karena karakteristik api dan asap dari bahan yang terpapar udara sekitar sangat penting. Untuk memperoleh peringkat ini, bahan harus memiliki Indeks Penyebaran Api ASTM E-84 sebesar 25 atau kurang dan Indeks Asap yang

Terbentuk sebesar 450 atau kurang. Cari peringkat ini yang tercetak pada produk, atau tercantum pada lembar data bahan yang disediakan oleh produsen.

Prosedur Pemasangan

Sebagian besar atap rumah menyediakan beberapa jenis loteng atau ruang udara yang dapat menampung sistem penghalang radiasi yang efektif. Dalam konstruksi rumah tinggal baru, mudah untuk memasang sistem penghalang radiasi. Gambar 17.18 menunjukkan lima lokasi yang memungkinkan untuk pemasangan sistem penghalang radiasi loteng.



Gambar 17.18 Lima kemungkinan lokasi untuk penghalang radiasi loteng (RB).

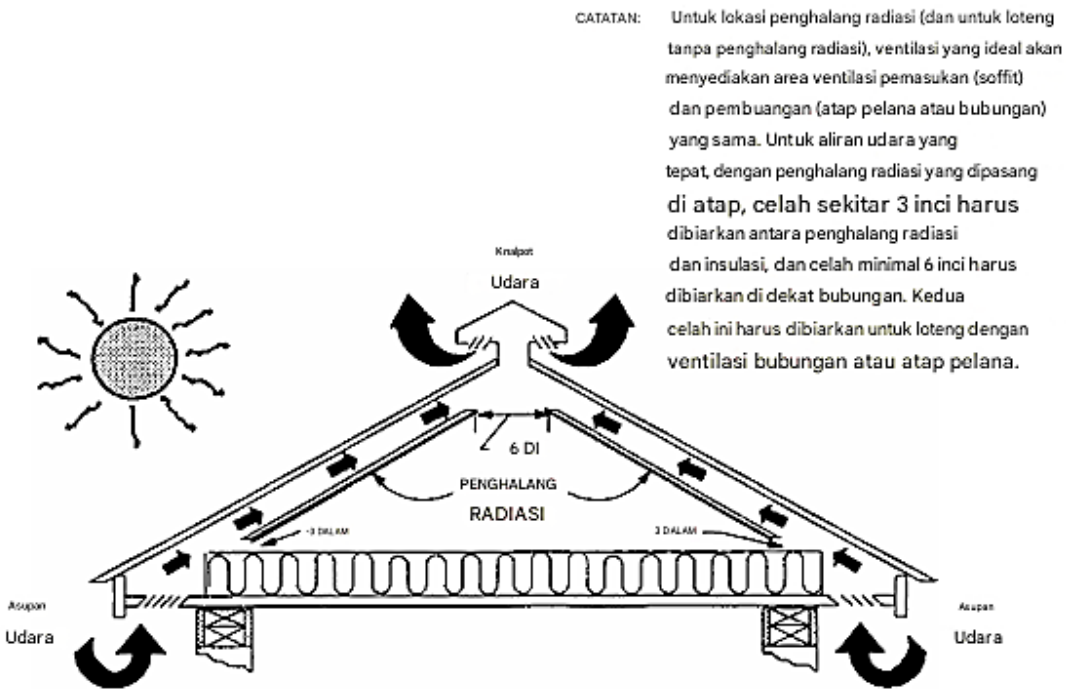
Lokasi 1 adalah aplikasi yang relatif baru, di mana bahan penghalang radiasi dipasang langsung ke bagian bawah dek atap.

Lokasi 2 dapat memberikan keuntungan bagi pembangun selama pembangunan rumah baru. Sebelum selubung atap dipasang, penghalang radiasi disampirkan di atas kasau atau rangka

atap sedemikian rupa sehingga produk dapat terkulai $1^1/_2$ hingga 3 inci di antara setiap kasau. Di Lokasi 3 dan 4, penghalang radiasi dipasang pada permukaan atau bagian bawah kasau atau tali atas rangka atap. Lokasi 3 dan 4 dapat digunakan untuk konstruksi baru, atau untuk perbaikan rumah yang sudah ada. Baik di Lokasi 2, 3, atau 4, ruang antara selubung atap dan penghalang radiasi menyediakan saluran tempat udara hangat dapat bergerak bebas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.19.

Di Lokasi 5, penghalang radiasi diletakkan di lantai loteng di atas insulasi loteng yang sudah ada. Seperti yang dibahas sebelumnya, lokasi ini rentan terhadap efek penumpukan debu. Lokasi ini tidak sesuai jika sebagian besar loteng digunakan untuk penyimpanan, karena permukaan penghalang radiasi harus terbuka ke ruang loteng. Ventilasi dapur dan kamar mandi serta lampu tersembunyi tidak boleh ditutup dengan penghalang radiasi.

Untuk mendapatkan kinerja terbaik dengan penghalang radiasi yang dipasang di Lokasi 1 hingga 4, material penghalang radiasi juga harus dipasang di atas ujung atap pelana. Untuk loteng yang terbuka ke ruang di atas garasi atau carport, penghalang radiasi harus memanjang 8 kaki atau lebih ke dalam garasi atau carport untuk mendapatkan efek yang sama seperti memasang penghalang radiasi di ujung atap pelana. Tidak perlu menutupi ujung atap pelana dengan Lokasi 5.



Gambar 17.19 Potongan melintang loteng yang menunjukkan jalur ventilasi loteng.

Penghalang radiasi yang memantulkan cahaya di satu atau kedua sisi dapat digunakan di salah satu lokasi ini. Namun, jika penghalang radiasi hanya memantulkan pada satu sisi, sisi yang memantulkan harus menghadap ke ruang loteng utama untuk Lokasi 1 dan 5. Karena permukaan yang menghadap ke bawah cenderung tidak mudah dihinggapi debu, maka disarankan juga agar sisi yang memantulkan menghadap ke bawah ke ruang loteng utama

untuk Lokasi 2, 3, dan 4.

Karena ventilasi loteng yang tepat penting untuk mendapatkan kinerja penghalang radiasi terbaik, beberapa modifikasi pada ventilasi loteng mungkin diperlukan untuk mencapai kinerja yang diharapkan. Jika tidak ada ventilasi bubungan atau atap pelana, sebaiknya salah satu dari keduanya dipasang. Selalu periksa sistem ventilasi bubungan yang ada untuk memastikan bahwa kertas atap tidak menghalangi bukaan ventilasi, dan periksa ventilasi sofit untuk memastikan bahwa ventilasi tersebut tidak tertutup oleh insulasi.

Saat memasang penghalang radiasi, berhati-hatilah agar tidak menekan insulasi yang ada di loteng. Efektivitas insulasi yang ada bergantung pada ketebalannya, jadi jika ditekan, nilai R-nya akan berkurang. Misalnya, lapisan R-19 yang dikompresi hingga $3^1/_2$ inci (ke atas balok lantai loteng 2 x 4) sekarang akan menjadi kira-kira lapisan R-13.

Pertimbangan Keselamatan

Berikut ini adalah beberapa pertimbangan keselamatan yang penting:

- Pemasang harus mengenakan pakaian dan peralatan yang sesuai seperti yang direkomendasikan oleh produsen penghalang radiasi. Penanganan insulasi konvensional dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata, dan sistem pernapasan. Jika ragu tentang efek insulasi, pakaian pelindung, sarung tangan, pelindung mata, dan pelindung pernapasan harus dikenakan.
- Pemasang harus sangat berhati-hati dengan kabel listrik, terutama di sekitar kotak sambungan dan kabel lama. Jangan pernah menjepit melalui, di dekat, atau di atas kabel listrik. Perbaiki kabel yang terlihat rusak atau rusak sebelum pemasangan penghalang radiasi.
- Bekerjalah di loteng hanya jika suhunya wajar.
- Bekerjalah dengan seorang rekan. Pekerjaan tidak hanya akan berjalan lebih cepat, tetapi juga berarti ada bantuan jika terjadi masalah.
- Jika loteng belum selesai, perhatikan tempat Anda berjalan. Jika Anda melangkah di tempat yang salah, Anda bisa jatuh melalui langit-langit. Melangkah dan berdirilah hanya di balok atau rangka loteng atau di tengah permukaan kerja yang kuat dan dapat digerakkan.
- Perhatikan kepala Anda. Di sebagian besar loteng, paku atap menembus bagian bawah atap. Helm pengaman mungkin berguna.
- Pastikan ruang loteng berventilasi baik dan terang.
- Jangan tutupi lampu atau ventilasi tersembunyi dengan bahan penghalang radiasi (aplikasi lantai loteng).

Ringkasan

Sayangnya, istilah super isolasi tidak seharusnya digunakan. Ada tujuh jenis isolasi. Masing-masing memiliki karakteristik dan rentang peringkat R sendiri. Selulosa yang disemprotkan memiliki sejumlah keunggulan. Nilai R antara 3.5 dan 3.7 per inci. Dua bentuk dasar dari berbagai isolasi plastik adalah disemprotkan (dituang, atau dibusakan) dan papan busa kaku. Ada lima jenis polistirena yang diekstrusi. Nilai R adalah R-5.0 per inci pada semua

kepadatan. Papan serat kaca dan papan gipsum dapat dibeli dengan lapisan aluminium foil. Papan kaku PIR memiliki aluminium foil di kedua sisinya. RI berfungsi sebagai insulasi dengan memantulkan energi jantung yang memancar yang mengenai permukaan foil.

Jika serat kaca tidak dilindungi dari sirkulasi udara di dalam rongga dinding oleh penghambat konvektif, akan terjadi pengurangan substansial dalam nilai-R insulasi. Nilai-R biasanya didefinisikan sebagai resistansi terhadap aliran panas. Untuk memahami nilai-R, istilah dasar lainnya (seperti konduktivitas termal atau k) harus dipahami terlebih dahulu.

Penghalang radiasi adalah material yang dipasang di dalam bangunan untuk menghambat atau mengurangi perolehan panas dan kehilangan panas di musim dingin dan dengan demikian mengurangi penggunaan energi pemanasan dan pendinginan bangunan. Kondensasi kelembapan dapat menjadi masalah ketika penghalang radiasi dipasang di lantai loteng langsung di atas insulasi konvensional.

Untuk memenuhi persyaratan kode, penghalang radiasi harus diberi peringkat Kelas A oleh *National Fire Protection Association* (NFPA) atau Kelas I oleh *Uniform Building Code* (UBC). Jangan tutupi lampu atau ventilasi tersembunyi dengan material penghalang radiasi (aplikasi lantai loteng).

Latihan Soal

1. Apa tujuan dasar insulasi?
2. Apa yang dimaksud dengan peringkat-R?
3. Apa itu emisivitas?
4. Jenis insulasi apa yang paling umum digunakan dalam konstruksi rumah baru saat ini?
5. Kapan selulosa pertama kali digunakan untuk keperluan insulasi?
6. Apa pengaruh pengendapan terhadap nilai-R insulasi?
7. Apa itu fenolik dan bagaimana ia digunakan dalam pekerjaan insulasi?
8. Di mana vermikulit digunakan sebagai bahan insulasi?
9. Apa keuntungan menggunakan insulasi reflektif?
10. Bagaimana beton insulasi dibuat?
11. Untuk apa bahan penghalang radiasi digunakan?
12. Sebutkan lima kemungkinan lokasi untuk penghalang radiasi loteng.

BAB 18
DINDING DAN LANGIT-LANGIT INTERIOR

Dinding interior semua rumah modern menggunakan papan gipsum, papan dinding, atau sheetrock. Ketiga kata tersebut memiliki arti yang sama. Tidak ada lagi dinding yang diplester, kecuali jika digunakan di gedung komersial. Namun, dalam kebanyakan kasus, dinding tersebut juga memiliki semacam papan dinding sebagai penyangga plester.

Bab ini membahas terutama berbagai jenis dinding jadi yang digunakan dalam bangunan tempat tinggal. Papan gipsum atau papan dinding mudah diaplikasikan dan sambungannya diselesaikan oleh tukang yang mengerjakannya sendiri. Papan dinding jadi juga tersedia dengan berbagai pelapis atau penutup dan potongan cetakan plastik jadi untuk memberikan sentuhan akhir. Ukuran standar juga membuat papan dinding atau drywall lebih mudah ditangani.

18.1 PAPAN GIPSUM

Papan gipsum (kadang-kadang disebut drywall atau papan dinding) tersedia dalam bahan lembaran padat. Lebar standar biasanya 4 feet, dengan beberapa jenis dengan lebar 2 feet. Panjangnya dari 6 hingga 16 feet dan tersedia dengan ketebalan dari $^1/_2$ hingga $^3/_4$ inci. Tepinya meruncing untuk memungkinkan penyelesaian tepi yang halus, meskipun beberapa papan dapat dibeli dengan tepi persegi.

Panjang yang paling umum adalah 8 feet untuk memungkinkan pemasangan tanpa limbah ke tiang dinding. Ukuran khusus ini akan sesuai dengan ketinggian langit-langit standar 8 feet saat dipasang secara vertikal. Namun, pemasangan yang disarankan untuk penanganan yang lebih mudah adalah horizontal. Dua panjang (satu di atas yang lain) sesuai dengan ketinggian langit-langit 8 feet saat dipasang secara horizontal. Selain papan dinding biasa, banyak jenis lain tersedia untuk tujuan khusus.

Papan dinding biasa tersedia dalam ketebalan $^1/_4$, $^3/_8$, $^1/_2$, dan $^5/_8$ inci. Papan $^1/_4$ inci digunakan dalam konstruksi papan dinding dua atau tiga lapis dan umumnya memiliki tepi persegi. Ketebalan yang paling umum digunakan adalah $^3/_8$ inci, yang dapat diperoleh dengan panjang hingga 16 feet. Semuanya memiliki penutup kertas berwarna krem halus yang cocok untuk segala jenis dekorasi.

Papan Dinding Berinsulasi

Papan dinding berinsulasi (beralas foil) memiliki aluminium foil yang dilaminasi ke permukaan belakang. Aluminium foil menciptakan penghalang uap dan memberikan nilai insulasi yang terpantul. Dapat digunakan dalam konstruksi satu lapis atau sebagai lapisan dasar dalam konstruksi dua lapis. Ketebalannya adalah $^3/_8$, $^1/_2$, dan $^5/_8$ inci, dengan panjang dari 6 hingga 14 feet. Ketiga ketebalan tersedia dengan tepi persegi atau meruncing.

Papan dinding dengan inti yang diformulasikan secara khusus (yang memberikan

peringkat ketahanan api yang lebih tinggi saat digunakan dalam sistem dinding dan langit-langit yang direkomendasikan) dibuat oleh banyak perusahaan. National Gypsum Co. menyebut produknya Fire-Shield, dan mencapai peringkat api satu jam dalam konstruksi satu lapis di atas tiang kayu. Diproduksi dengan ketebalan $^{1}/_{2}$ dan $^{5}/_{8}$ inci dengan panjang dari 6 hingga 14 feet, dengan tepi meruncing.

Papan Penyangga

Beberapa pemasok memiliki papan berbiaya rendah yang disebut papan penyangga. Papan ini digunakan untuk lapisan dasar dalam konstruksi dua lapis. Ketebalannya adalah $^{3}/_{8}$, $^{1}/_{2}$, dan $^{5}/_{8}$ inci, dengan lebar 2 feet serta lebar 4 feet seperti biasanya. Panjangnya hanya 8 feet. Tepinya berbentuk persegi, tetapi ketebalan selebar 2 feet, $^{1}/_{2}$, dan $^{5}/_{8}$ inci dapat dibeli dengan tepi beralur dan beralur.

Jenis papan penyangga lainnya memiliki permukaan vinil. Papan ini digunakan sebagai alas kedap air untuk area bak mandi dan pancuran. Ukurannya adalah 4 feet x 11 feet, yang merupakan ukuran yang tepat untuk menutupi bak mandi standar. Papan ini tersedia dalam ketebalan $^{1}/_{2}$ dan $^{5}/_{8}$ inci dengan tepi persegi.

Papan Tahan Lembap

Papan tahan lembap dirancang secara khusus sebagai dasar pemasangan ubin keramik. Baik lapisan inti maupun pelapis luarnya telah melalui proses perlakuan agar tahan terhadap kelembapan dan kondisi udara lembap. Bagian tepinya dibuat meruncing dan akan tersegel oleh perekat ubin saat pemasangan. Papan ini tersedia dalam lebar 4 feet, dengan pilihan panjang 8 dan 12 feet.

Papan Gipsum Berlapis Vinyl

Terdapat juga papan gipsum dekorasi berlapis vinyl, yang menghilangkan kebutuhan untuk mengecat atau memasang kertas dinding. Lapisan vinyl tersedia dalam sejumlah besar warna dan pola untuk memenuhi berbagai kebutuhan dekorasi. Banyak warna dengan lapisan akhir seperti kain, ditambah sejumlah tampilan serat kayu, dapat diperoleh. Hanya sabun dan air yang lembut yang dibutuhkan untuk menjaga lapisan akhir tetap bersih dan berkilau. Pemasangan biasanya menggunakan perekat, yang menghilangkan paku atau sekrup kecuali di bagian atas dan bawah tempat paku dekorasi umumnya digunakan. Tepi persegi disatukan (Gambar 18.1). Papan tersebut tersedia dalam ketebalan $^{1}/_{2}$ dan $^{3}/_{8}$ inci, lebar 4 feet, dan panjang 8 feet, 9 feet, dan 10 feet.

Papan gipsum berlapis vinyl serupa (disebut monolitik) memiliki lebar vinyl ekstra di sepanjang tepinya. Papan dipasang dengan perekat atau paku. Tepi-tepinya diletakkan di atas pengencang dan direkatkan, lalu dipotong rata di tepinya. Metode ini menyembunyikan pengencang. Aksesori manik-manik dan trim aluminium ekstrusi, dilapisi vinil yang serasi, dapat dibeli untuk menyelesaikan papan gipsum berlapis vinil di dalam, luar, dan di sudut-sudut langit-langit.

Gambar 18.1 Desain interior rumah menggunakan papan gipsum dengan lapisan vinil.

Peringkat Papan Gipsum

Produsen papan gipsum utama memiliki laboratorium besar untuk menguji produk mereka dalam hal kemampuan penyerapan suara dan ketahanan api. Laboratorium ini didasarkan pada standar nasional yang diterima industri dan semuanya mengikuti prosedur yang sama. Pengujian untuk penyerapan suara menghasilkan angka-angka yang baik, dan pengujian untuk ketahanan api menghasilkan angka-angka yang baik untuk lamanya waktu dinding dapat menahan api. Keduanya bervariasi tergantung pada bahan papan dinding, lapisan dan ketebalan, serta metode konstruksi dinding.

18.2 KONSTRUKSI DENGAN PAPAN GIPSUM

Beberapa metode alternatif konstruksi papan gipsum dapat digunakan, tergantung pada aplikasi dan keinginan pelanggan (atau diri Anda sendiri jika Anda adalah pemilik rumah). Sebagian besar rumah tinggal menggunakan tiang dinding berukuran 2 inci x 4 inci (2 x 4), sehingga dinding papan gipsum satu lapis mudah dipasang. Rumah yang dibangun khusus, bangunan komersial, dan dinding pemisah antara apartemen harus menggunakan konstruksi papan gipsum dua lapis untuk memberikan isolasi suara dan ketahanan api yang lebih baik. Untuk perlindungan terbaik terhadap bahaya kebakaran, partisi rangka baja, ditambah papan gipsum, menyediakan sistem konstruksi dinding yang sepenuhnya tidak mudah terbakar. Konstruksi kayu atau baja sepenuhnya berlaku untuk dinding dan langit-langit.

Papan gipsum juga dapat diterapkan langsung ke dinding pasangan bata yang diisolasi atau tidak diisolasi. Papan gipsum dapat diikat di tempatnya dengan beberapa metode seperti paku, sekrup, atau perekat. Selain itu, ada strip penguat khusus yang kuat dan klip pegas, keduanya memberikan peredam suara tambahan. Lapisan Tunggal pada Tiang Kayu Metode konstruksi papan gipsum yang paling sederhana adalah satu lapisan papan gipsum yang dipaku langsung ke tiang kayu dan balok langit-langit (Gambar 18.2). Untuk konstruksi satu lapisan, papan gipsum berukuran $^{3}/_{8}$, $^{1}/_{2}$, atau $^{5}/_{8}$ inci direkomendasikan. Panel langit-langit harus dipasang terlebih dahulu, kemudian material dinding. Pasang papan gipsum tegak lurus dengan tiang untuk perawatan sambungan minimum dan kekuatan yang lebih besar. Ini berlaku juga untuk langit-langit. Paku, sekrup, atau perekat dapat digunakan untuk mengencangkan papan gipsum.

Gambar 18.2 Penyelesaian interior yang paling umum menggunakan papan gipsum, yang dikenal sebagai konstruksi drywall.

Paku papan dinding biru memiliki cincin melingkar untuk pegangan yang lebih baik daripada paku standar, dan sekrup memiliki kepala Phillips untuk pemasangan yang mudah dengan driver listrik. Dalam pemasangan paku tunggal, seperti yang ditunjukkan dalam ilustrasi Gambar 18.3, paku harus diberi jarak tidak lebih dari 7 inci di langit-langit dan 8 inci di dinding. Metode alternatif (yang mengurangi paku meletus) adalah metode paku ganda. Pasang papan dalam metode paku tunggal terlebih dahulu, tetapi dengan paku berjarak 12 inci. Kemudian, tancapkan set paku kedua sekitar $1^1/_2$ hingga 2 inci dari yang pertama (Gambar 18.3), dari tengah ke luar, tetapi tidak di perimeter. Rangkaian paku pertama kemudian dipukul lagi untuk memastikan papan yang ditarik kencang.

Gunakan paku tipe cooler 4d untuk papan berlapis foil biasa $^3/_8$ inci atau papan penyangga jika digunakan, 5d untuk papan $^1/_2$ inci, dan 6d untuk papan $^5/_8$ inci. Sekrup bahkan lebih baik daripada paku untuk mengencangkan papan gipsum, karena mereka mendorong papan dengan kuat ke studding dan tidak akan kendur. Jika stud dan balok berjarak 16 inci, sekrup dapat berjarak 12 inci di langit-langit dan 16 inci di dinding. Jika stud berjarak 24 inci, sekrup tidak boleh berjarak lebih dari 12 inci di dinding. Gambar 18.4 menunjukkan obeng listrik yang digunakan. Pukul kepala semua paku (dan sekrup) tepat di bawah permukaan papan. Lekukan akan terisi saat sambungan dan sudut selesai.

Gambar 18.3 Dalam metode paku ganda untuk rangka papan dinding, paku pertama

dipasang dan paku kedua ditancapkan sekitar $1^1/_2$ hingga 2 inci dari paku pertama.

Gambar 18.4 Papan dinding diikat ke tiang dengan obeng listrik.

Sejumlah perekat tersedia untuk memasang papan gipsum. Beberapa cepat kering, yang lain lebih lambat. Perekat dapat dibeli dalam bentuk kartrid atau massal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18.5. Perekat diaplikasikan dalam bentuk manik-manik berkelok-kelok (Gambar 18.6), ke tepi-tepi yang berhadapan dari tiang dan balok. Letakkan papan dinding pada posisinya dan paku sementara di tempatnya. Gunakan paku berkepala ganda atau paku menembus sepotong papan gipsum bekas.

Ketika perekat telah mengering, paku dapat dilepas dan lubang-lubang dapat diisi saat menyegel sambungan. Papan gipsum disatukan dengan sambungan, tetapi tidak dipaksa agar pas. Penanganan sambungan dan sudut dibahas kemudian dalam bab ini. Metode perekat ideal untuk papan dinding yang sudah jadi, meskipun paku khusus dengan kepala berwarna dapat dibeli untuk papan dekorasi. Jangan mengaplikasikan perekat lebih banyak daripada yang dapat memungkinkan pemasangan dalam waktu 30 menit.

Gambar 18.5 Perekat tersedia dalam bentuk curah atau kartrid.

Gambar 18.6 Menggunakan kartrid untuk mengaplikasikan manik perekat pada rangka dinding.

Konstruksi Dua Lapisan

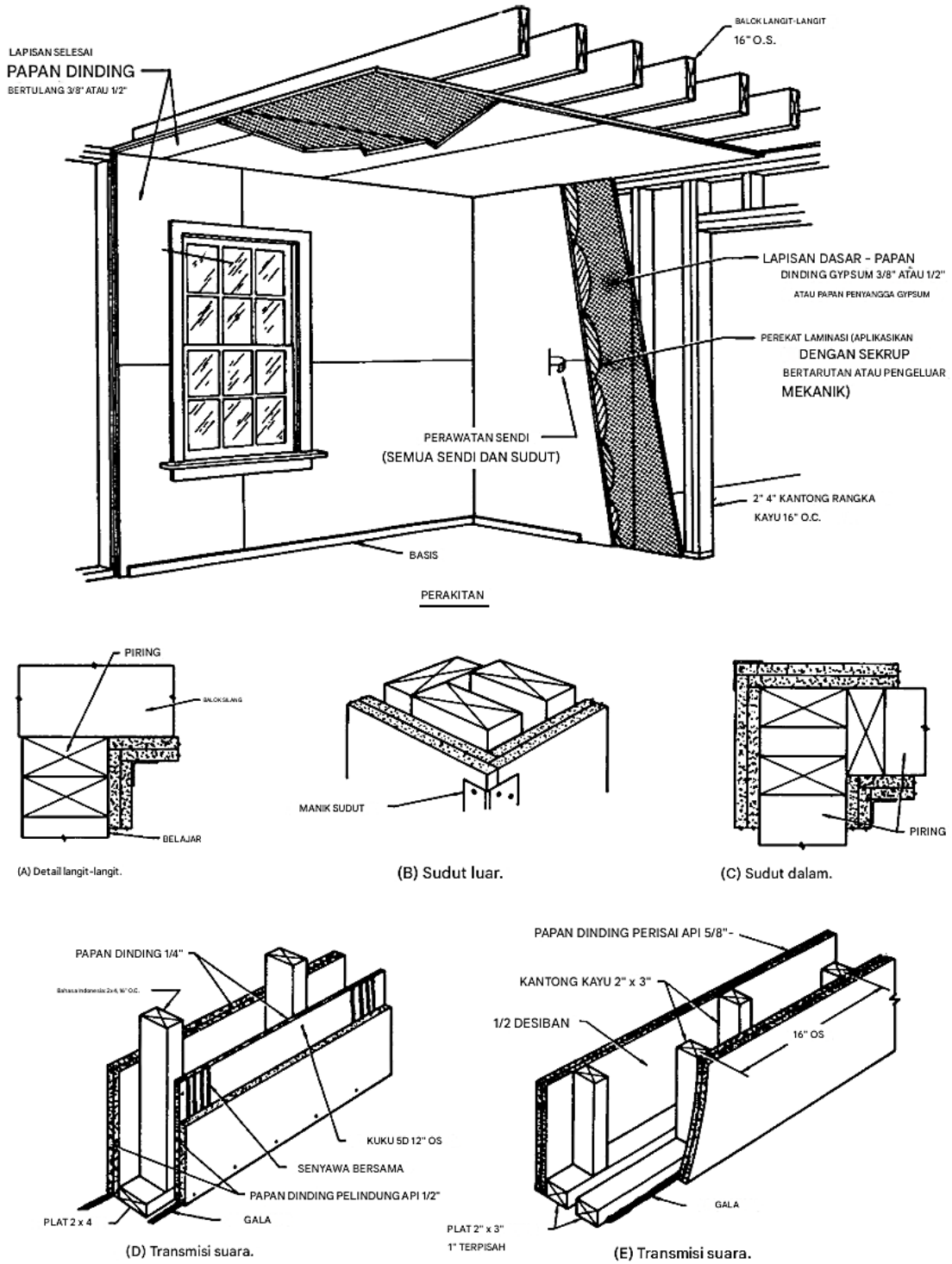
Seperti yang disebutkan, dua lapisan drywall meningkatkan peredaman suara dan penghambatan api. Lapisan pertama drywall atau papan gipsum diaplikasikan seperti yang dijelaskan sebelumnya. Papan gipsum mungkin lebih murah jika digunakan sebagai papan penyangga. Papan berlapis foil atau papan peredam suara khusus juga dapat digunakan. Tancapkan paku sehingga kepala paku sejajar dengan permukaan papan. Sekrup, jika digunakan, harus memiliki kepala paku sejajar dengan permukaan papan. Sambungan tidak akan diberi perlakuan khusus karena akan ditutupi oleh lapisan kedua.

Lapisan kedua disemen ke lapisan dasar. Lapisan yang menghadap ditempatkan di atas lapisan dasar dan dipaku sementara di bagian atas dan bawah. Pemakuan sementara dapat dilakukan dengan paku berkepala ganda atau balok kayu bekas atau papan gipsum di bawah kepala paku. Lapisan muka dibiarkan di tempatnya hingga perekat mengering.

Untuk memastikan daya rekat yang baik, letakkan papan penyangga secara diagonal dari bagian tengah lapisan yang menghadap ke lantai. Membungkukkan papan terlebih dahulu merupakan metode lain. Letakkan panel dengan lapisan akhir menghadap ke bawah di atas papan berukuran 2 x 4 selama satu atau dua hari. Biarkan ujung-ujungnya menggantung bebas. Sambungan papan pada setiap lapisan tidak boleh berhimpitan. Namun, sambungan tersebut harus dipisahkan sekitar 10 inci. Salah satu cara terbaik untuk melakukannya adalah memasang lapisan dasar secara horizontal dan lapisan akhir secara vertikal. Saat menggunakan perekat, suhu yang seragam harus dipertahankan. Jika konstruksi dilakukan pada musim dingin, ruangan harus dipanaskan hingga suhu antara 55°F dan 70°F, dan dijaga agar berventilasi baik.

Konstruksi dua lapis (dengan perekat) adalah metode yang digunakan dengan panel vinil dengan lapisan dekorator, kecuali paku khusus yang serasi digunakan pada garis dasar dan langit-langit dan dibiarkan permanen di tempatnya.

Gambar 18.7 menunjukkan konstruksi dua lapis dasar, dengan detail untuk menangani sudut, dan metode alternatif konstruksi dinding untuk peredaman suara yang lebih baik.



Gambar 18.7 Tampilan penampang melintang konstruksi dinding lapis ganda, detail penanganan sudut, dan konstruksi dinding khusus untuk meredam suara.

Metode Pemasangan Lainnya

Transmisi suara melalui dinding dapat dikurangi lebih lanjut jika getaran papan gipsum dapat diisolasi dari tiang atau balok. Ada dua metode yang dapat dilakukan untuk mencapai hal ini. Salah satunya menggunakan strip penguat logam yang tepinya dibentuk sedemikian rupa agar fleksibel. Yang lainnya menggunakan klip logam yang dapat ditekan dengan tepi

melengkung, juga agar fleksibel. Metode ini hanya digunakan pada langit-langit.

Gambar 18.8 menunjukkan tampilan dan metode pemasangan saluran penguat yang elastis. Saluran ini berupa strip baja galvanis sepanjang 12 feet dan memiliki lubang prabor yang diberi jarak setiap inci. Hal ini memungkinkan paku dipaku ke tiang dengan jarak 16 atau 24 inci. Sekrup sadap kepala Phillips digerakkan dengan tenaga melalui papan gipsum dan ke permukaan strip penguat.

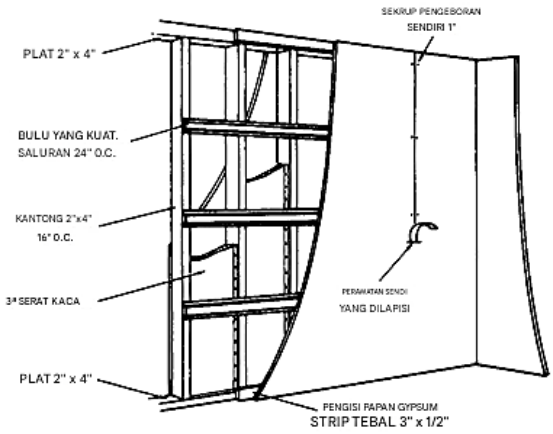
Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18.8, strip papan gipsum berukuran 3 inci $^1/_2$ inci diikat ke sol dan pelat di bagian atas dan bawah untuk memberikan dasar yang kokoh pada papan gipsum. Untuk isolasi suara terbaik, titik persimpangan antara dinding dan lantai harus didempul sebelum pemasangan papan skirting.

Pada balok langit-langit, gunakan dua sekrup pada setiap titik balok untuk mengencangkan strip penguat. Jangan tumpang tindih ujung strip penguat. Sisakan ruang sekitar 3 inci di antara ujung-ujungnya. Gunakan hanya papan dinding $^1/_2$ atau $^5/_8$ inci dengan sistem ini.

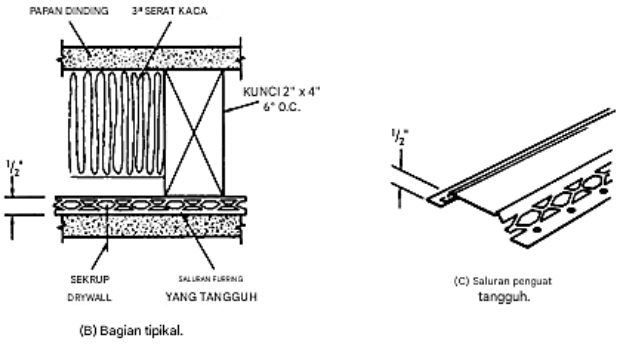
Menggantung langit-langit papan gipsum dari klip pegas adalah metode untuk mengisolasi getaran dari balok langit-langit dan lantai di atasnya. Detailnya ditunjukkan pada Gambar 18.9. Klip dorong ditempatkan pada strip penguat kayu berukuran 1 inci x 2 inci. Klip kemudian dipaku ke sisi balok langit-langit dengan paku pendek melingkar atau jenis cooler. Dengan strip penguat terpasang, strip penguat akan menempel pada tepi paku balok. Ini memberikan fondasi yang kokoh untuk memaku papan gipsum ke klip. Berat papan gipsum setelah pemasangan akan meregangkan klip ke posisi pegas.

Strip penguat harus terbuat dari bahan berkualitas tinggi sehingga tidak akan tertekuk, terpelintir, atau melengkung. Paku untuk memasang papan dinding harus cukup pendek sehingga tidak akan menembus strip penguat dan masuk ke tepi balok. Papan dinding harus dipegang dengan kuat pada strip saat dipaku. Sambungan ekspansi harus disediakan setiap 60 kaki atau untuk setiap 2400 ft² permukaan.

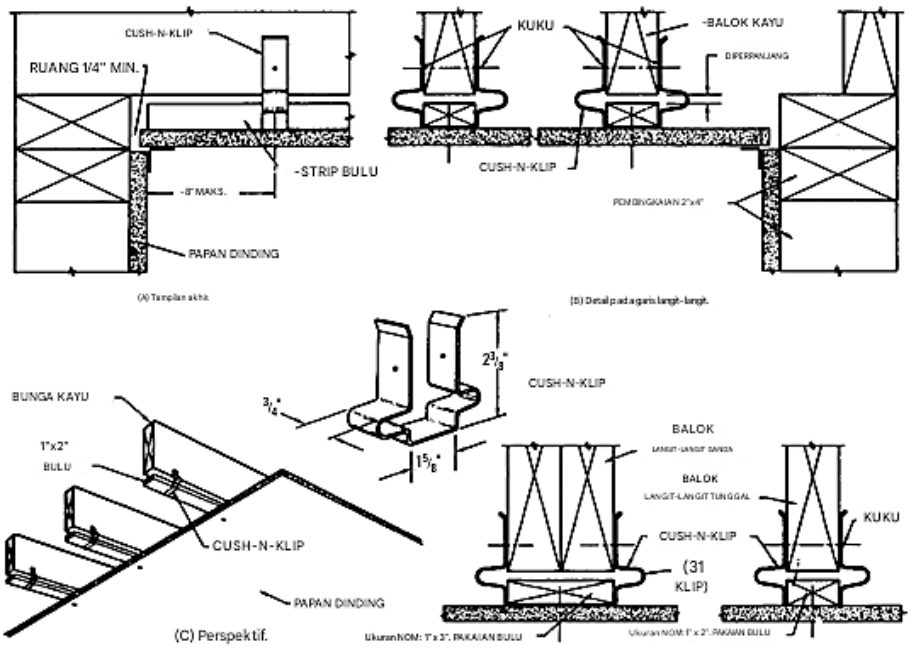
Sangat penting untuk menggunakan jumlah klip yang tepat di langit-langit, tergantung pada ketebalan papan dinding dan apakah berlapis tunggal atau ganda. Pegas atau efisiensi klip dipengaruhi oleh beratnya.



(A) Perspektif.



Gambar 18.8 Strip penguat elastis, dengan tepi yang diperluas, dapat dipasang untuk mengisolasi papan gipsum dari rangka.



Gambar 18.9 Detail pemasangan klip pegas pada balok langit-langit. Klip menahan papan gipsum dari tiang.

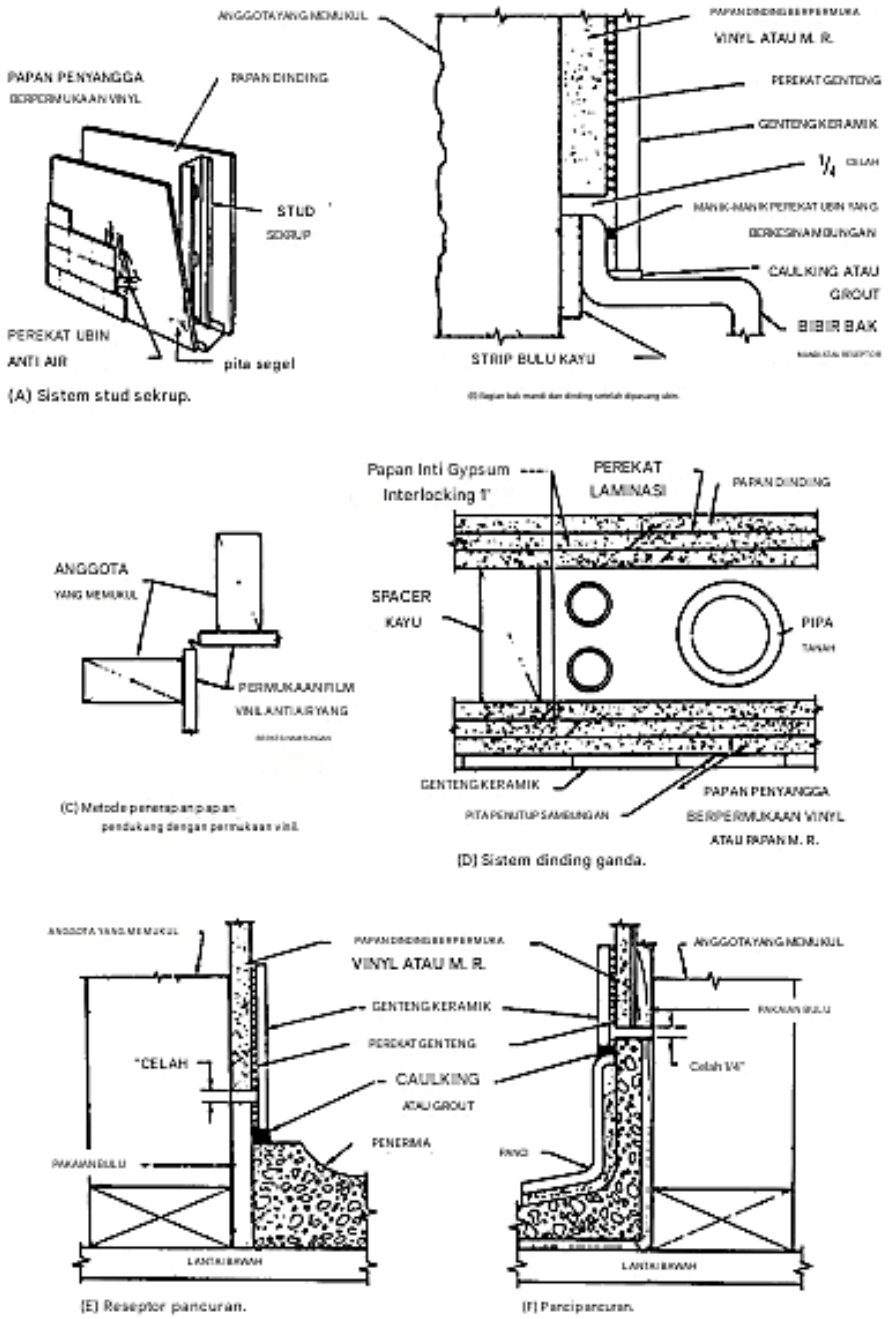
Pelapis Dinding Ubin

Setidaknya ada dua jenis papan gipsum yang tersedia sebagai bahan pelapis untuk digunakan di area ubin yang memerlukan perlindungan kelembaban (seperti penutup bak mandi, bilik pancuran, kamar mandi, papan percikan wastafel dapur, dan ruang ganti). Salah satunya adalah papan gipsum berlapis vinil dan yang lainnya adalah bahan papan yang dirancang khusus untuk mencegah penetrasi kelembaban.

Papan berlapis vinil berukuran 4 kaki 11 feet, panjang yang tepat untuk penutup bak mandi. Dengan menggoresnya dan menjepitnya sesuai panjangnya, penutup vinil dapat menjadi penutup yang terus menerus di sekeliling bak mandi dan tidak memerlukan penyegelan sudut (Gambar 18.10). Papan ini memiliki tepi persegi dan dipaku atau disekrup ke tiang tanpa perlu menenggelamkan paku atau sekrup. Perekat ubin kedap air diaplikasikan

dan ubin dipasang di atas papan. Papan ini ditujukan untuk perawatan ubin secara menyeluruh dan tidak boleh melampaui tepi ubin.

Tidak seperti papan dengan permukaan vinil, papan tahan lembap dapat diperluas melampaui area ubin. Bagian yang melampaui ubin dapat dicat dengan lateks, dicat dengan cat berbasis minyak, atau dilapisi kertas. Papan ini memiliki tepi yang meruncing dan dipasang serta dirawat dengan cara yang sama seperti papan gipsum biasa. Sudut-sudutnya dibuat kedap air dengan perekat ubin. Gambar 18.10 menunjukkan detail pemasangan kedua papan tersebut.



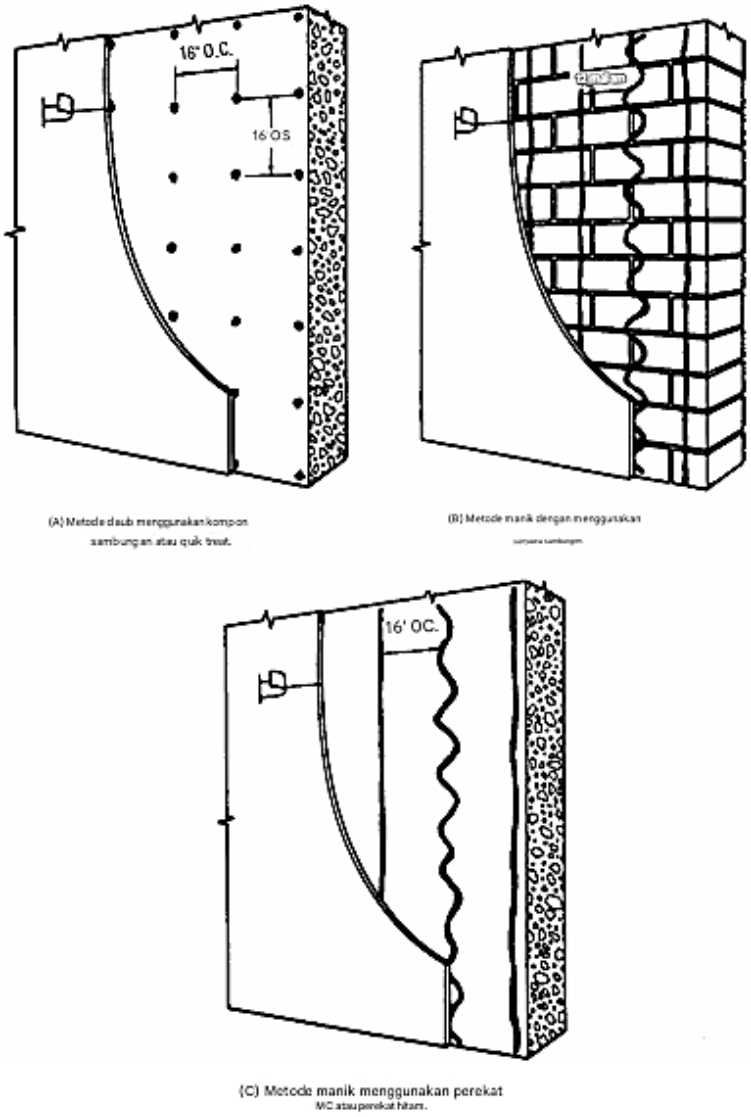
Gambar 18.10 Detail pemasangan papan dinding terkunci vinil dan tahan lembap untuk penggunaan bak mandi dan pancuran.

Papan Gipsum di Atas Dinding Batu Bata

Papan gipsum dapat diaplikasikan ke dinding batu bata bagian dalam dengan salah satu dari beberapa metode berikut:

- Langsung di atas dinding batu bata menggunakan semen perekat
- Di atas kayu atau strip penguat yang diikat ke dinding batu bata
- Dinding berisolasi polistirena dengan melapisi strip penguat di atas insulasi
- Dengan laminasi langsung ke insulasi

Dinding gipsum biasa atau yang sudah jadi dapat dilaminasi ke dinding batu bata yang tidak dicat (seperti partisi interior beton atau blok) dan ke bagian dalam dinding eksterior di atas atau di bawah permukaan tanah. Meskipun hampir semua perekat yang tersedia dapat digunakan di atas atau di bawah permukaan tanah, senyawa sambungan biasa direkomendasikan untuk digunakan hanya di atas permukaan tanah. Dinding luar pasangan bata harus kedap air di bawah permukaan tanah dan dibuat kedap air di atas permukaan tanah. Pasangan bata harus bersih dan bebas dari debu, kotoran, minyak, lemak, partikel lepas, atau partikel yang larut dalam air. Pasangan bata harus tegak lurus, lurus, dan dalam satu bidang.



(A) Metode daub menggunakan kompon sambungan atau quik treat.

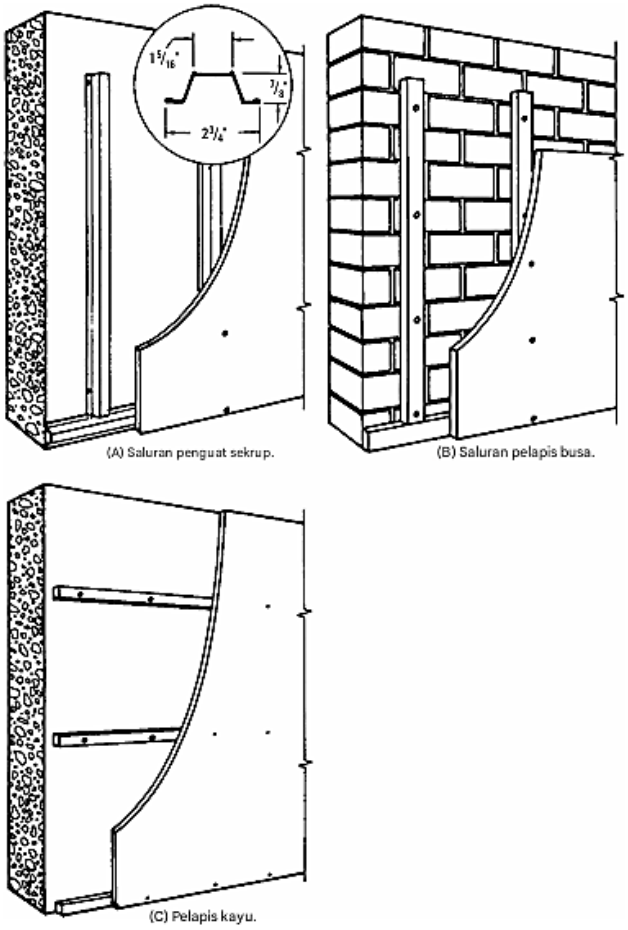
(B) Metode manik dengan menggunakan senyawa sambungan

(C) Metode manik menggunakan perekat MC atau perekat hitam.

Gambar 18.11 Metode pengaplikasian perekat langsung ke dinding pasangan bata.

Gambar 18.11 menunjukkan metode pengaplikasian perekat pada dinding pasangan bata. Papan dapat dipasang secara horizontal atau vertikal. Papan dinding langit-langit biasanya harus diaplikasikan terakhir untuk memungkinkan pemasangan paku penyangga sementara pada balok kayu. Papan dinding harus dipasang dengan jarak bebas $^{1}/_{8}$ inci atau lebih dari lantai untuk mencegah penyerapan air. Jika terdapat sambungan ekspansi pada pasangan bata, potong papan dinding agar sambungan ekspansi sesuai dengan pasangan bata. Gambar 18.12 menunjukkan pemasangan papan dinding pada pasangan bata dengan strip penguat. Strip penguat dapat berupa kayu atau logam berbentuk U seperti yang digunakan untuk insulasi busa. Strip penguat diikatkan pada pasangan bata dengan paku beton. Strip penguat dapat dipasang secara vertikal atau horizontal, tetapi harus ada satu strip horizontal di sepanjang garis dasar. Dimensi panjang papan dinding harus tegak lurus dengan strip penguat. Strip penguat diikat 24 inci. Papan dinding dipasang pada strip penguat dengan cara biasa. Gunakan sekrup bor otomatis pada strip penguat logam dan paku atau sekrup pada strip kayu.

Insulasi dapat diaplikasikan di antara papan gipsum dan pasangan bata, menggunakan lembaran busa uretan atau polistirena yang diekstrusi. Papan gipsum kemudian diamankan ke dinding baik dengan menggunakan strip penguat di atas insulasi atau dengan melaminasi langsung ke insulasi.

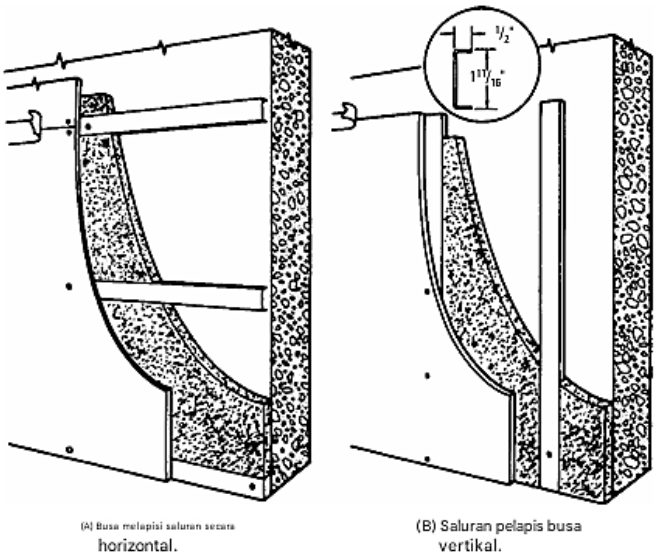


Gambar 18.12 Tiga jenis strip penguat yang digunakan di antara dinding pasangan bata dan

papan gipsum.

Strip penguat logam berbentuk U khusus dipasang di atas insulasi (Gambar 18.13). Bantalan insulasi dapat ditahan di dinding saat strip dipasang, atau dapat ditahan di tempatnya dengan sedikit perekat papan gipsum. Gunakan perekat yang cepat kering. Jika beberapa waktu harus berlalu sebelum strip penguat dan papan gipsum dipasang, bubuhkan perekat pada insulasi setiap 24 inci di kedua arah di bagian belakang bantalan insulasi. Strip penguat logam diikat di tempatnya dengan paku beton.

Letakkan dengan jarak maksimum 24 inci, mulai sekitar 1 inci hingga $1^1/_2$ inci dari ujungnya. Strip dapat dipasang secara vertikal atau horizontal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18.13. Kencangkan papan dinding ke strip penguat dengan obeng listrik (Gambar 18.14), menggunakan sekrup bor otomatis. Sekrup tidak boleh lebih panjang dari ketebalan papan dinding ditambah strip penguat $^1/_2$ inci. Beri jarak sekrup 24 inci untuk papan $^1/_2$ inci dan $^5/_8$ inci, dan 16 inci untuk papan $^3/_8$ inci. Papan gipsum dapat dilaminasi langsung pada insulasi busa.

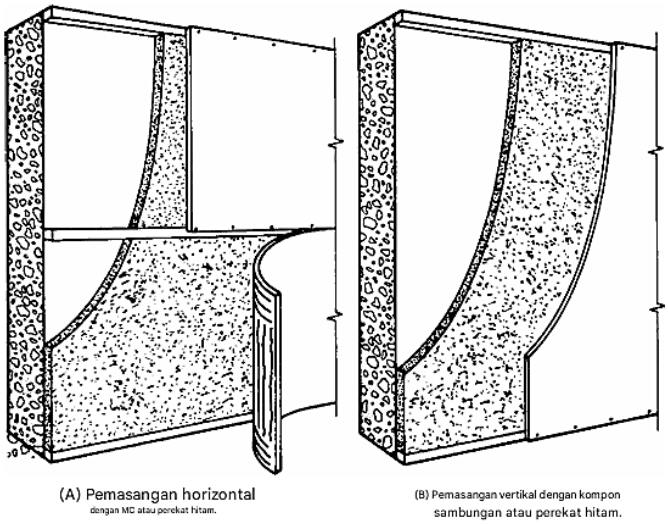


Gambar 18.13 Saluran penguat berbentuk U dipasang secara horizontal atau vertikal di atas bahan insulasi busa.

Gambar 18.14 Sekrup khusus dengan pengeboran sendiri digerakkan dengan tenaga melalui papan gipsum dan ke dalam strip penguat logam.

Gambar 18.15 menunjukkan cara melakukannya untuk papan yang dipasang secara horizontal dan vertikal. Pasang strip penguat kayu pada dinding pasangan bata, untuk sekeliling papan dinding. Strip harus selebar 2 inci dan setebal $^{1}/_{32}$ inci dari insulasi busa. Sertakan penguat di tempat papan disambung, seperti yang ditunjukkan di sebelah kiri Gambar 18.15. Tempelkan manik berdiameter $^{3}/_{8}$ inci di bagian belakang insulasi busa dan dalam strip kontinu di sekeliling sekeliling. Letakkan titik-titik manik sekitar 16 inci terpisah. Tempelkan panel busa dengan gerakan menggeser dan tekan seluruh panel dengan tangan untuk memastikan kontak penuh dengan permukaan dinding. Untuk beberapa perekat, panel perlu ditarik dari dinding agar pelarut dapat terlepas dengan cepat. Kemudian, posisikan ulang panel. Baca petunjuk dengan perekat yang dibeli.

Lapisi bagian belakang papan dinding dan tekan ke insulasi busa. Paku atau sekrup papan ke strip penguat. Paku atau sekrup tidak boleh terlalu panjang atau akan menembus strip penguat dan menekan dinding pasangan bata. Panel harus menonjol dari lantai sejauh $^{1}/_{8}$ inci. Hampir semua jenis perekat dapat digunakan dengan busa uretan, tetapi beberapa perekat tidak dapat digunakan dengan polistirena. Selain itu, saat memasang panel yang sudah jadi, berhati-hatilah dengan pilihan perekat Anda. Beberapa jenis perekat yang cepat kering dapat merusak lapisan akhir. Baca petunjuk pada perekat sebelum Anda membeli.



Gambar 18.15 Papan gipsum dapat dipasang pada insulasi busa dengan perekat.

18.3 DINDING DAN LANGIT-LANGIT TAHAN API

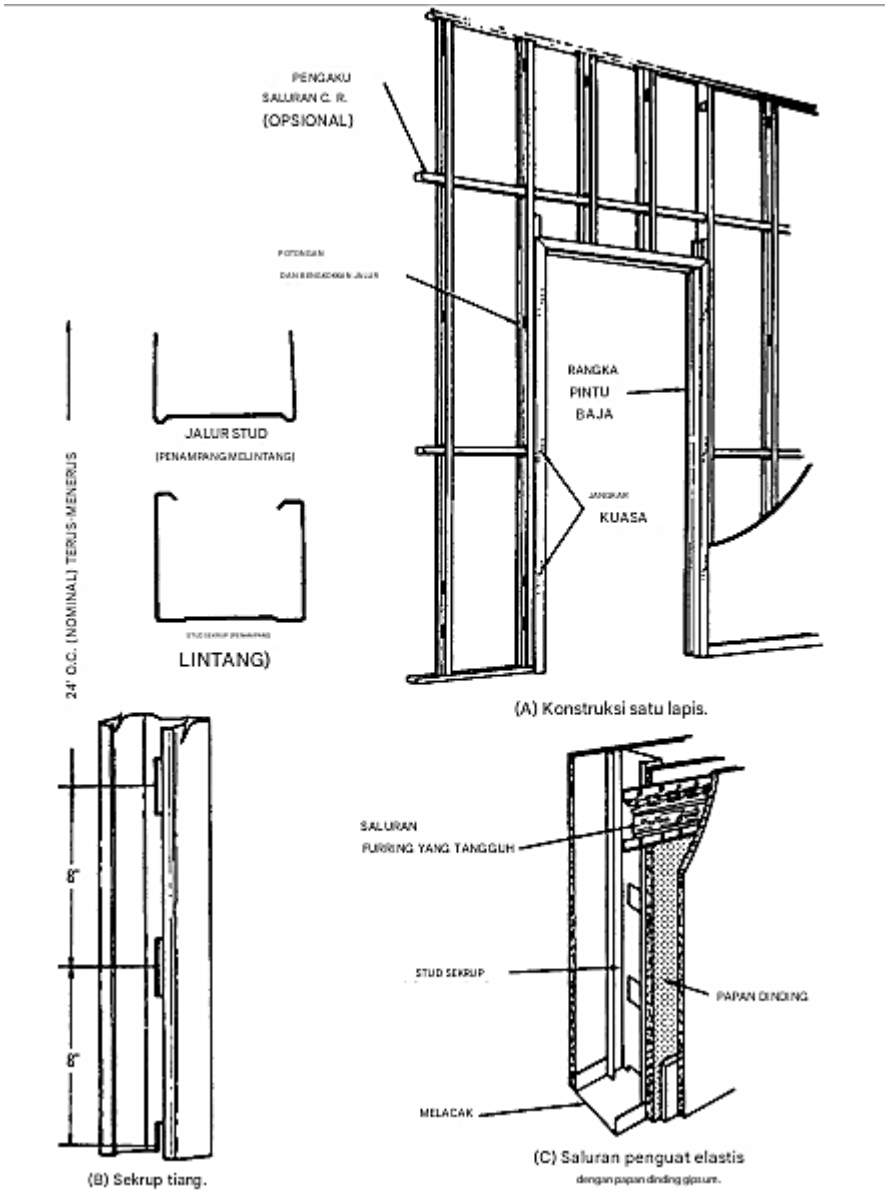
Untuk aplikasi industri, dinding atau langit-langit dapat dibuat sepenuhnya dari bahan yang tidak mudah terbakar, menggunakan konstruksi dinding dan langit-langit baja galvanis yang dilapisi dengan papan gipsum. Perakitan dilakukan dengan sekrup pengeboran sendiri, yang digerakkan oleh obeng listrik dengan mata obeng Phillips.

Partisi Dinding

Konstruksi terdiri dari rel berbentuk U yang dapat diikat ke langit-langit yang sudah ada, atau langit-langit anggota baja, dan ke lantai. Kancing baja berbentuk U disekrup ke rel. Tersedia juga rangka pintu logam satu bagian atau tiga bagian. Rangka tiga bagian biasanya

lebih disukai oleh kontraktor karena memungkinkan penyelesaian seluruh dinding sebelum rangka pintu dipasang.

Gambar 18.16 menunjukkan detail konstruksi dinding, serta penampang melintang saluran rel dan tiang. Untuk peredaman suara yang lebih baik, konstruksi papan dua lapis dengan strip penguat elastis di antara kedua lapisan direkomendasikan. Ini ditunjukkan dalam tampilan potongan di sudut kanan bawah Gambar 18.16. Material yang lebih berat dan tiang yang lebih lebar diperlukan untuk konstruksi dinding yang tinggi.

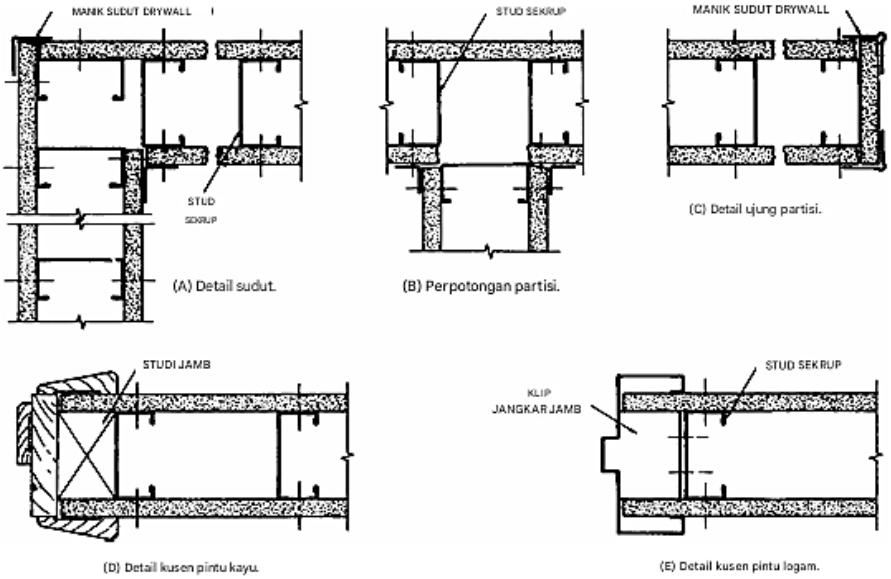


Gambar 18.16 Detail konstruksi dinding logam menggunakan rangka dan rel logam.

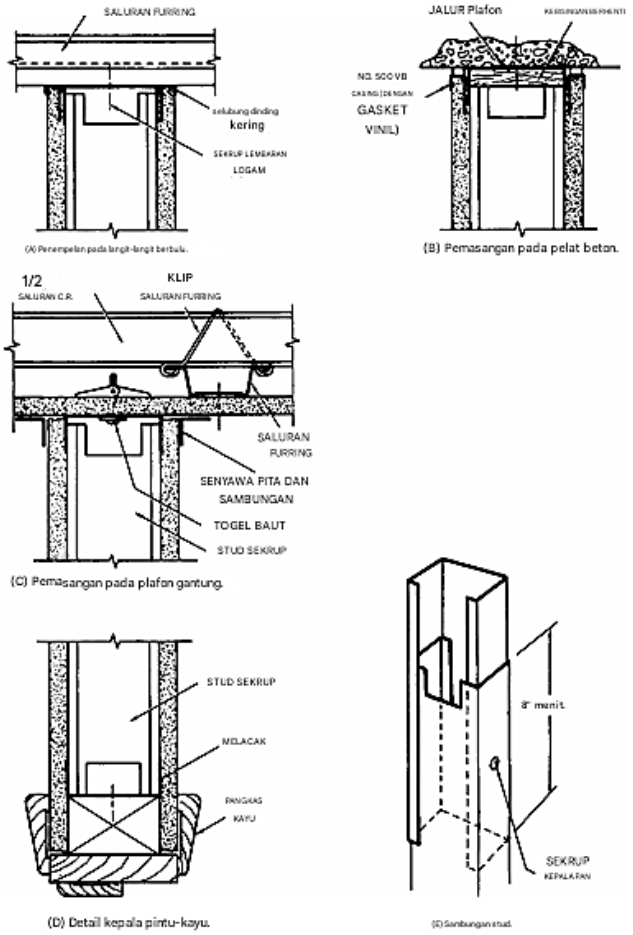
Gambar 18.17 dan Gambar 18.18 menunjukkan detail untuk dinding yang berpotongan, kusen, dan kebutuhan penyelesaian lainnya. Dinding kejar (Gambar 18.19) digunakan di mana ruang dinding interior yang lebih besar dibutuhkan (di antara dinding) untuk peralatan.

Gambar 18.20 menunjukkan cara memasang braket untuk beban berat. Tabel 18.1

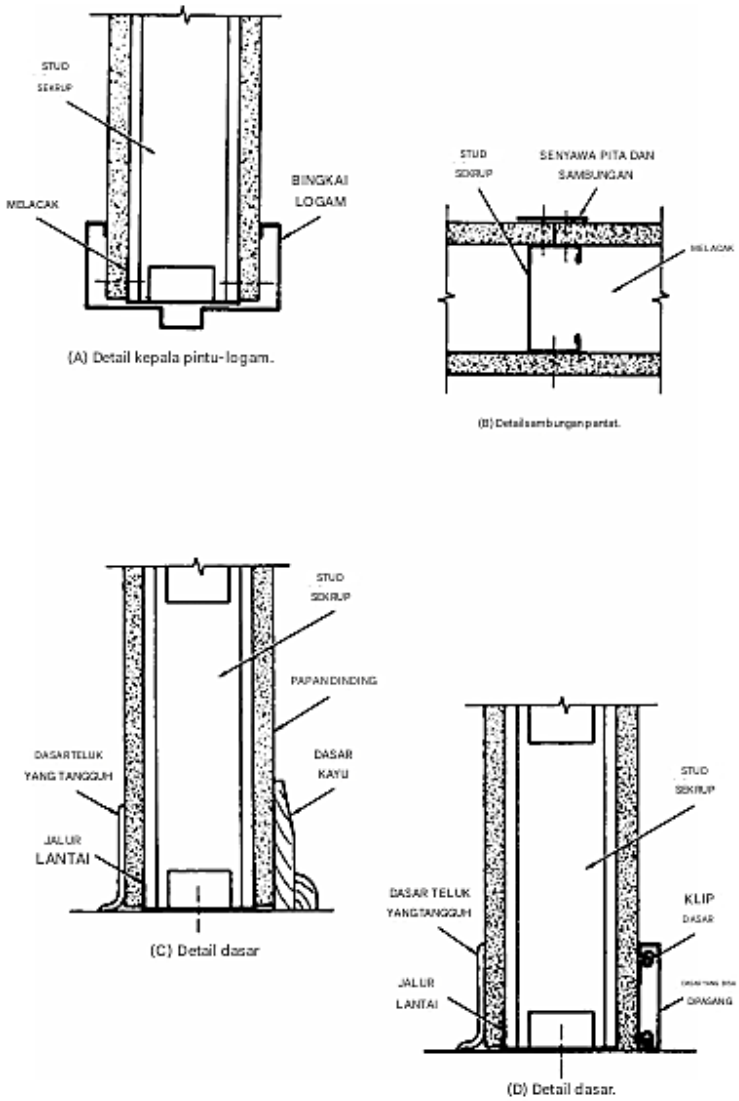
mencantumkan beban yang diizinkan untuk baut yang dipasang langsung ke papan gipsum.



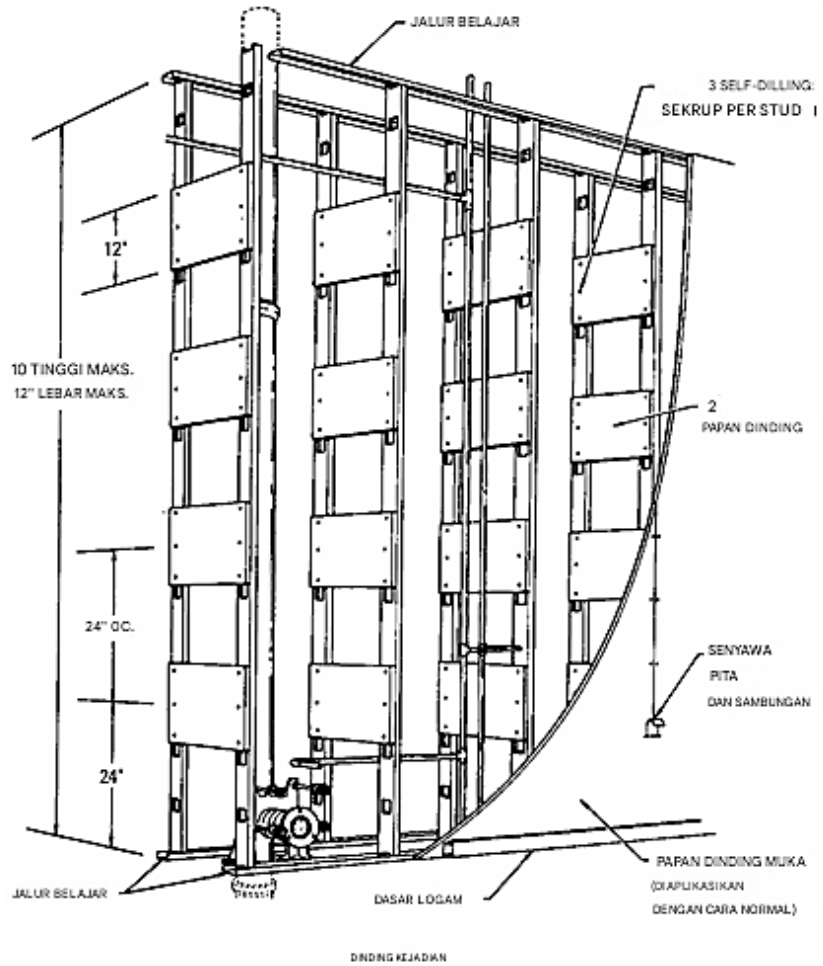
Gambar 18.17 Detail untuk persimpangan dan kusen yang menggunakan konstruksi dinding logam.



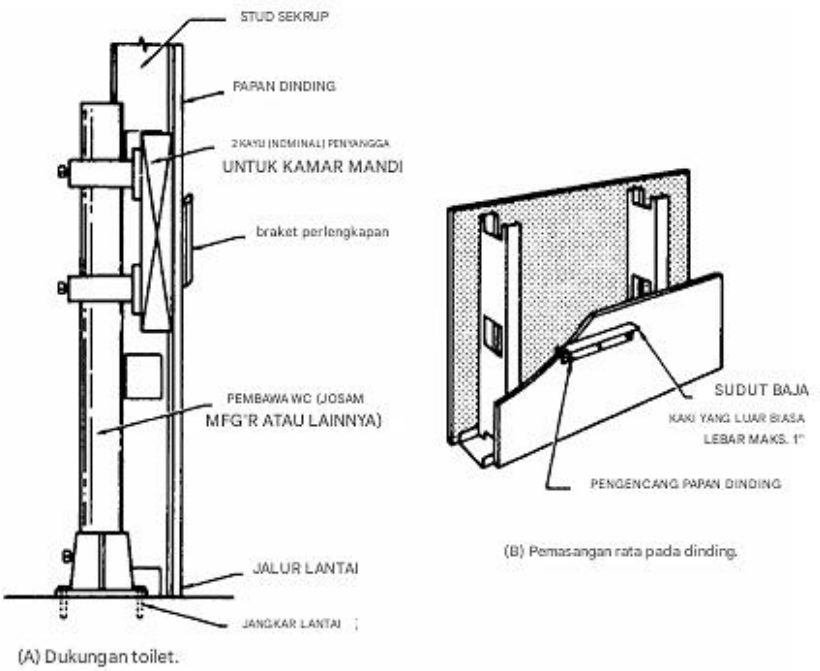
Gambar 18.18 Cara menangani penyelesaian plafon dan alas.

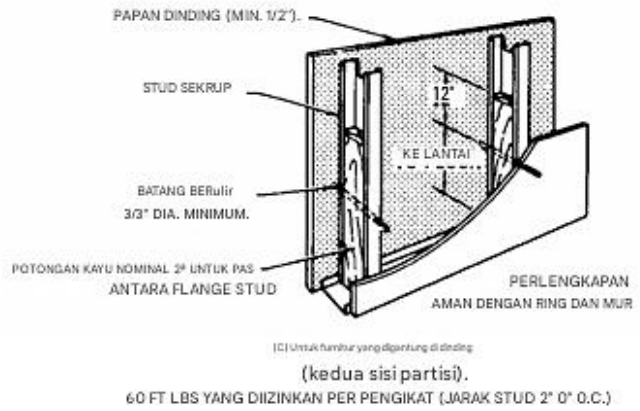


Gambar 18.18 (lanjutan)

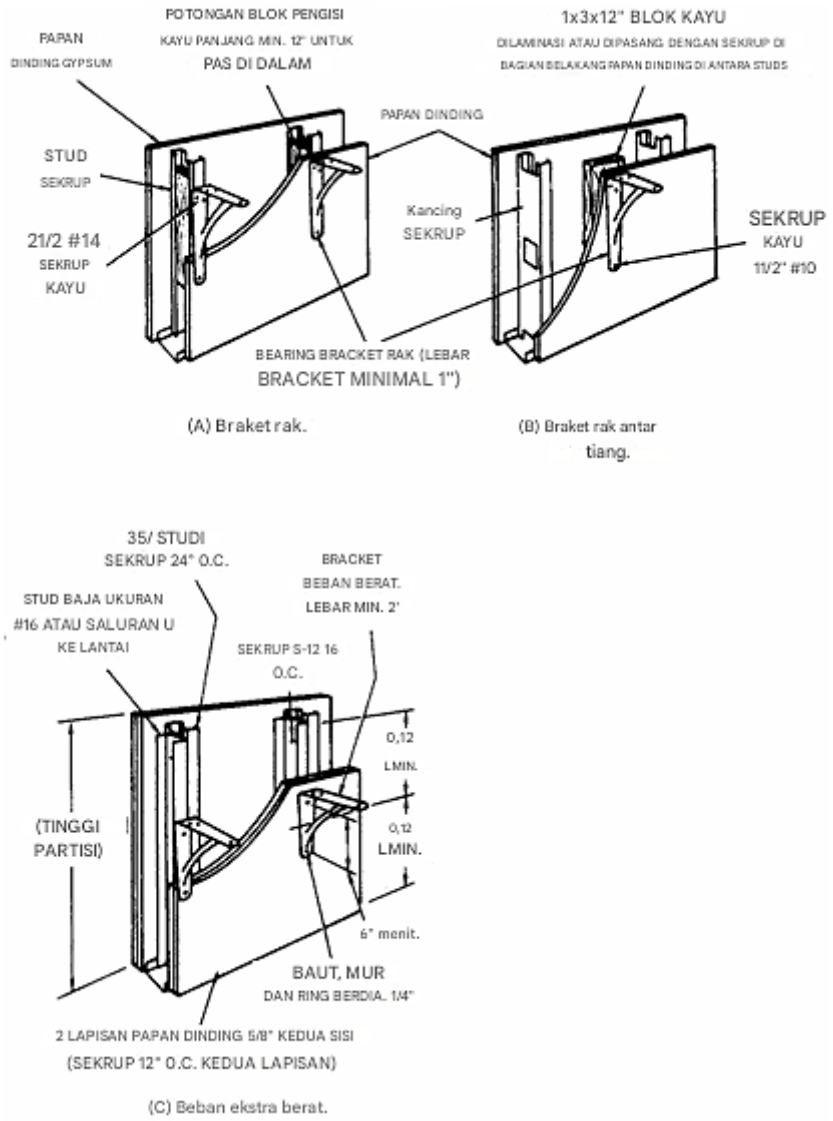


Gambar 18.19 Konstruksi dinding dalam yang memerlukan ruang untuk keperluan seperti pipa ledeng dan pemanas.



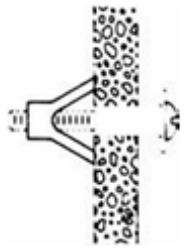
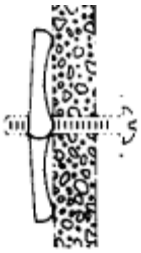


Gambar 18.19 (lanjutan)



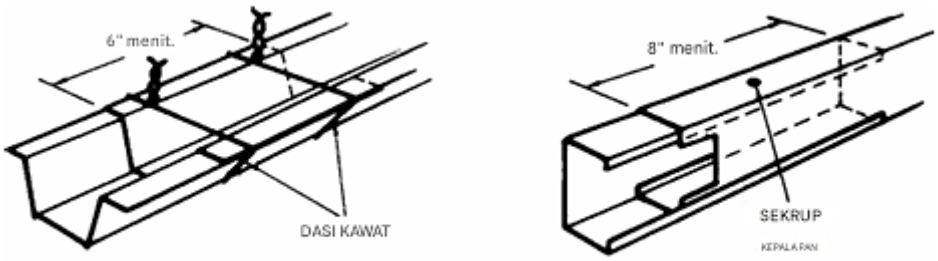
Gambar 18.20 Metode yang disarankan untuk mengencangkan braket rak ke papan gipsum.

Tabel 18.1 Beban yang Diizinkan untuk Baut Jangkar

Ketik Pengikat	Ukuran	Beban yang Diizinkan (Pound)	
		Papan Dinding $^{1}/_{2}$ Inci	Papan Dinding $^{5}/_{8}$ Inci
Jangkar Sekrup Dinding Berongga	$^{1}/_{8}$ inch dia. (pendek)	50	—
JANGKAR SEKRUP DINDING BERONGGA	$^{3}/_{16}$ inch dia. (pendek)	65	—
	$^{1}/_{4}$ inci, $^{5}/_{16}$ inci, $^{3}/_{8}$ inci dia. (pendek)	65	—
	$^{3}/_{16}$ inch dia. (panjang)	—	90
	$^{1}/_{4}$ inci, $^{5}/_{16}$ inci, $^{3}/_{8}$ inci dia. (panjang)	—	95
	$^{1}/_{8}$ inch dia.	30	90
Umum Ganti Baut (Baut Toggle Umum)	$^{3}/_{16}$ inch dia.	60	120
BAUT TOGGLE UMUM 	$^{1}/_{4}$ inci, $^{5}/_{16}$ inci, $^{3}/_{8}$ inci dia.	80	120

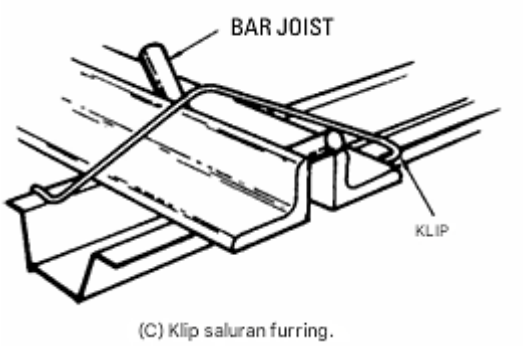
Plafon Rangka Baja

Tiga jenis anggota penguat tersedia untuk memasang papan gipsum ke plafon: saluran penguat sekrup, saluran penguat sekrup elastis, dan tiang sekrup. Sekrup pengeboran sendiri memasang papan dinding ke saluran (Gambar 18.21). Ketiganya dapat dipasang ke tali bawah balok baja atau saluran pembawa pada konstruksi plafon gantung. Klip khusus atau ikatan kawat digunakan untuk mengencangkan saluran. Gambar 18.22 menunjukkan detail dalam rakitan plafon lengkap.

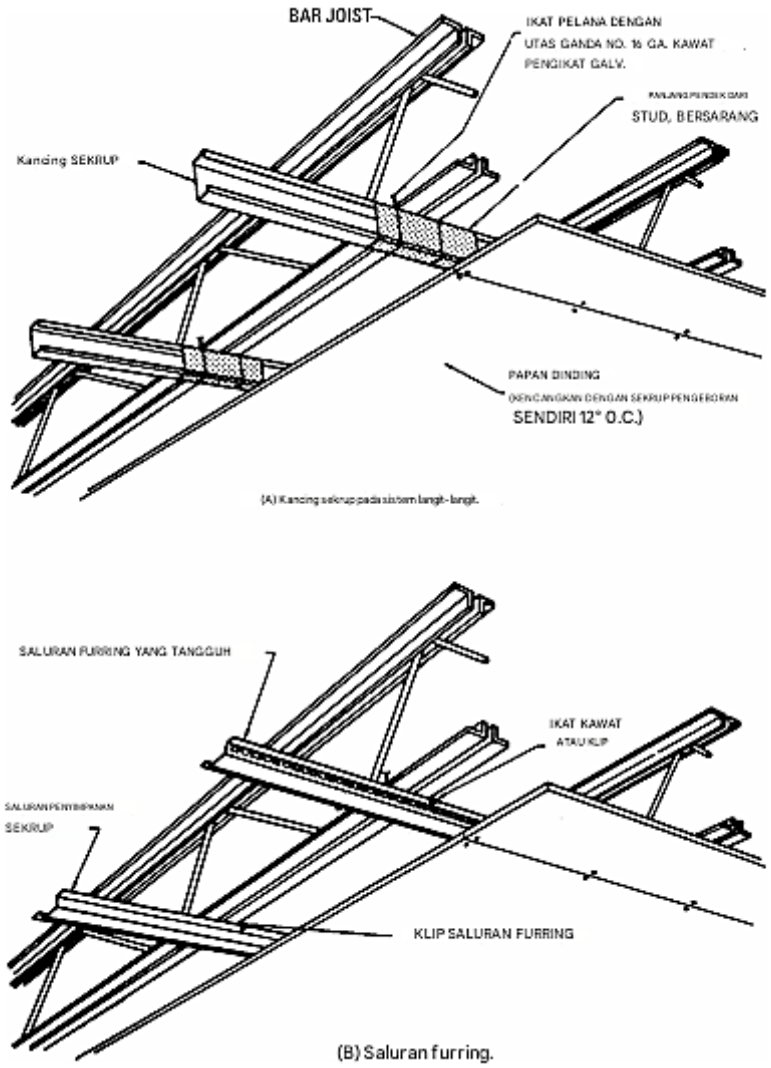


(A) Sambungan saluran penguat sekrup.

(B) Sambungan sambatan untuk kancing.



Gambar 18.21 Saluran langit-langit logam dapat diikat ke balok logam dengan ikatan kawat atau klip khusus.

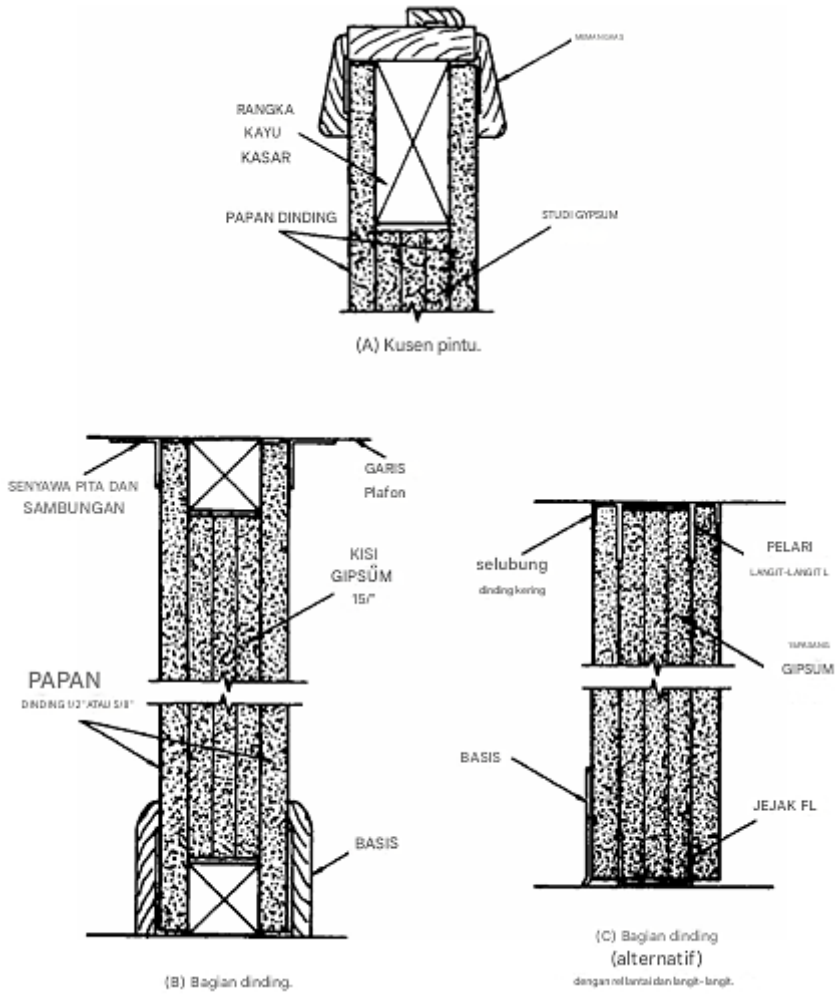


Gambar 18.22 Rincian lengkap yang menunjukkan dua metode pemasangan papan dinding ke struktur plafon gantung.

Partisi Semipadat

Dinding partisi lengkap dapat dibuat dari semua papan gipsum, dengan penghematan material dan waktu yang cukup besar dibandingkan jenis kayu dan papan gipsum biasa.

Dinding ini lebih tipis daripada dinding tiang 2 x 4 biasa, tetapi bukan dinding yang menahan beban. Gambar 18.23 menunjukkan tampilan penampang dinding yang seluruhnya terbuat dari papan gipsum, dengan detail untuk menghubungkannya ke langit-langit dan lantai. Juga ditunjukkan rangka pintu dan bagian dinding yang menggunakan papan alas. Partisi dapat memiliki ketebalan $2^1/_4$, $2^5/_8$, atau $2^7/_8$ inci, tergantung pada ketebalan papan dinding yang digunakan dan jumlah lapisannya. Bagian tengahnya tidak padat, tetapi sepotong papan gipsum berukuran 1 atau $1^5/_8$ inci dengan lebar sekitar 6 inci yang berfungsi sebagai elemen tiang.



Gambar 18.23 Tampilan penampang melintang dinding gipsum semipadat.

Gambar 18.24 menunjukkan bagaimana dinding dibangun. Papan dipasang secara vertikal, jadi panjangnya harus sama dengan jarak dari lantai ke langit-langit tetapi tidak melebihi 10 kaki. Lapisan-lapisan tersebut dilaminasi terlebih dahulu di tempat kerja dan kemudian dinaikkan ke posisinya.

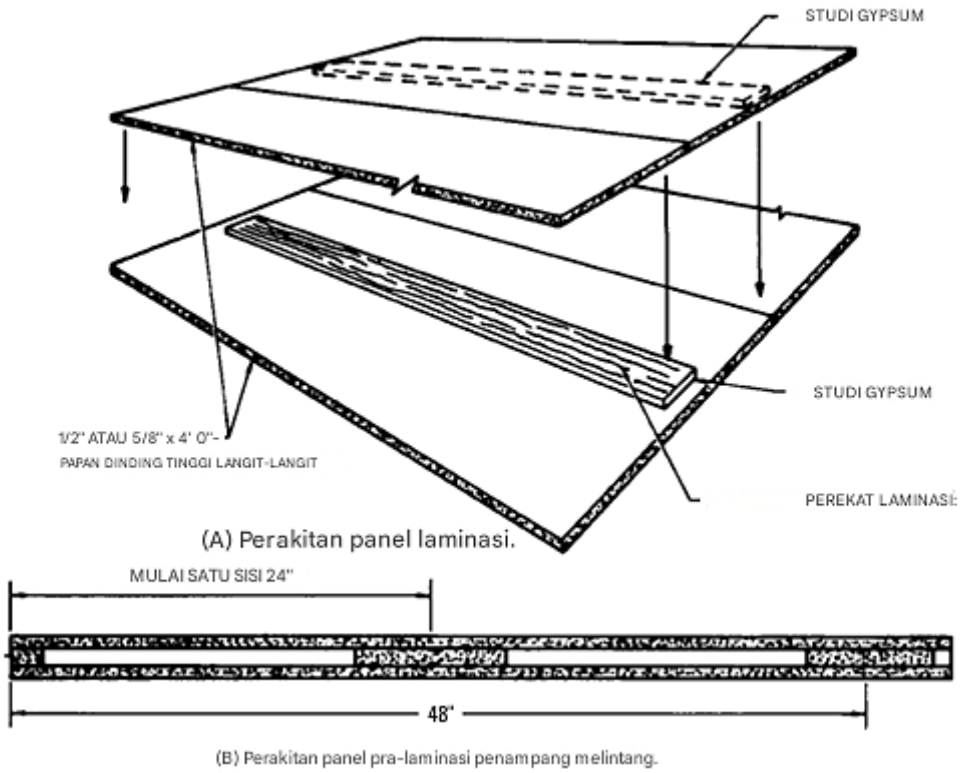
Tempatkan dua potong papan dinding pada permukaan datar dengan permukaan muka saling menempel. Panjangnya harus sesuai dengan tinggi dinding. Potong dua tiang dengan lebar 6 inci dan sedikit lebih pendek dari panjang papan dinding besar. Ratakan perekat di sepanjang kedua tiang gipsum dan letakkan salah satunya, dengan perekat menghadap ke

bawah, di tengah papan besar bagian atas. Jaraknya harus 21 inci dari tepi dan berjarak sama dari ujung-ujungnya. Letakkan tiang lainnya, dengan perekat menghadap ke atas, sejajar dengan salah satu tepi papan gipsum besar.

Letakkan dua panel besar lagi di atas tiang, dengan tepi bundel sejajar dengan tepi luar tiang yang tidak dilapisi. Letakkan sementara sepotong papan gipsum di bawah tepi yang berlawanan untuk penyangga. Dalam sistem ini, setiap pasang papan tidak akan saling menempel secara langsung, tetapi bundel alternatif akan menonjol. Prosedur ini harus dilanjutkan hingga rakitan yang diperlukan diperoleh. Biarkan kering, dengan penyangga sementara di bawah tepi yang menjorok. Gambar 18.24 menunjukkan proses laminasi.

Untuk menaikkan dinding, pertama-tama pasang bagian awal papan dinding selebar 24 inci dengan satu sisi sejajar dengan dinding yang berpotongan. Ratakan perekat di sepanjang tiang papan gipsum di satu bagian dinding dan pasang di seberang bagian awal 24 inci. Tepi bebas bagian awal harus berada di tengah tiang. Oleskan perekat ke tiang papan gipsum di bagian lain dan pasang di samping panel awal. Lanjutkan dengan sisi-sisi bergantian saat Anda memasang setiap bagian di tempatnya.

Beberapa produsen papan gipsum membuat papan gipsum padat tebal untuk dinding partisi padat. Biasanya mereka akan melaminasi dua lembar papan gipsum setebal 1 inci untuk membuat papan setebal 2 inci. Dinding kerekan, poros lift, dan tangga biasanya memerlukan dinding padat dan tebal yang dapat terbuat dari semua papan gipsum dengan biaya konstruksi yang lebih rendah. Tidak ada batasan ketebalan yang dapat diperoleh. Itu tergantung pada persyaratan.



Gambar 18.24 Papan gipsum dilaminasi bersama dengan potongan-potongan papan gipsum lebar yang berfungsi sebagai tiang dinding.

19.4 PENYELESAIAN SAMBUNGAN

Sambungan sudut datar dan dalam disegel dengan pita berlubang yang disematkan dalam kompon sambungan dan dengan lapisan akhir dari kompon yang sama. Sudut luar dilindungi dengan manik logam, dipaku pada tempatnya dan diselesaikan dengan kompon sambungan, atau pita khusus yang dilapisi logam, yang juga digunakan pada sudut dalam.

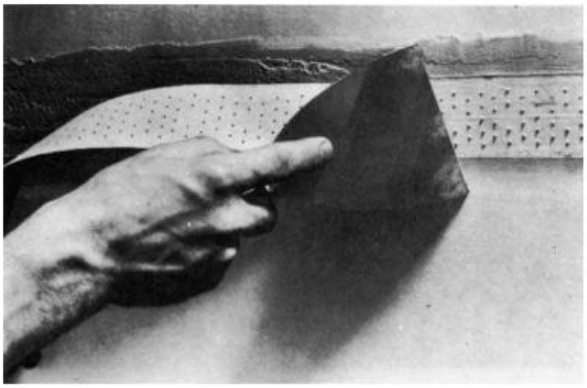
Dua jenis kompon sambungan umumnya tersedia: biasa (yang membutuhkan waktu sekitar 24 jam untuk mengering) dan cepat kering (yang membutuhkan waktu sekitar $2^1/_2$ jam untuk mengering). Pemasang harus membuat keputusan tentang jenis yang akan digunakan, tergantung pada jumlah sambungan dan kapan lapisan berikutnya akan diterapkan.

Awali dengan menandai kepala paku dengan kompon sambungan. Gunakan pisau lebar untuk menghaluskan kompon. Oleskan kompon di atas sambungan (Gambar 18.25). Ikuti ini segera dengan menanamkan pita berlubang di atas sambungan (Gambar 18.26). Gambar 18.27 adalah tampilan close-up yang menunjukkan kompon yang ditekan melalui perforasi pada pita untuk penguncian yang baik. Sebelum senyawa mengering, jalankan pisau lebar di atas pita untuk menghaluskan senyawa dan meratakan permukaan (Gambar 18.28).

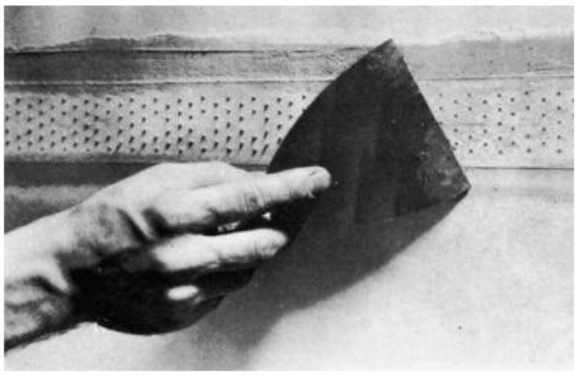
Gambar 18.25 Langkah pertama dalam menyelesaikan sambungan antara papan gipsum.

Gambar 18.26 Tempelkan selotip berlubang di atas sambungan dan tanamkan di dalam

campuran sambungan.

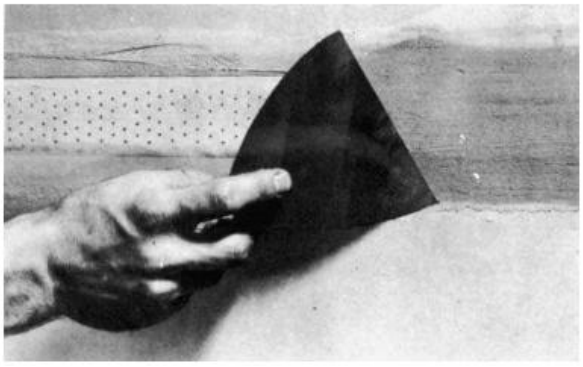


Gambar 18.27 Tampilan close-up yang menunjukkan bagaimana selotip yang ditanamkan dengan benar akan memperlihatkan butiran campuran melalui lubang-lubang.



Gambar 18.28 Menggunakan pisau lebar untuk menghaluskan campuran dan tepian bulu.

Setelah lapisan pertama mengering, aplikasikan lapisan kedua (Gambar 18.29) tipis-tipis dan buat garis-garis sepanjang 3 hingga 4 inci di setiap sisi sambungan. Aplikasikan lapisan kedua pada titik-titik paku. Setelah lapisan kedua mengering, aplikasikan lapisan ketiga, juga tipis-tipis. Buat garis-garis sepanjang sekitar 6 atau 7 inci dari sambungan (Gambar 18.30). Pembuatan titik-titik paku terakhir juga dilakukan pada saat ini.



Gambar 18.29 Mengaplikasikan lapisan kedua campuran di atas pita berlubang setelah lapisan pertama mengering. Lapisan ini harus diaplikasikan dengan halus dengan tepian bulu

yang bagus.

Gambar 18.30 Lapisan akhir diaplikasikan dengan pisau lebar, dengan hati-hati menghaluskan tepian bulu. Spons basah akan menghilangkan kebutuhan untuk penghalusan lebih lanjut saat kering.

Sudut Dalam

Sudut dalam diperlakukan dengan cara yang sama seperti sambungan datar, dengan satu pengecualian. Pita perekat harus dipotong dengan ukuran yang tepat dan dilipat di bagian tengah. Oleskan pada sambungan yang telah dilapisi (Gambar 18.31) dan lanjutkan dengan perawatan yang disebutkan sebelumnya, tetapi pada satu sisi pada satu waktu. Biarkan sambungan mengering sebelum mengoleskan lapisan kedua senyawa dan hal yang sama untuk lapisan ketiga.

Gambar 18.31 Sudut dalam ditangani dengan cara yang sama seperti sambungan datar. Pisau sudut berbentuk khusus juga bagus.

Sudut Luar

Sudut luar memerlukan penguatan ekstra karena benturan yang lebih keras. Manik-manik sudut logam (Gambar 18.32) digunakan. Paku manik-manik tersebut ke dalam papan gipsum dan rangka. Oleskan senyawa sambungan di atas manik-manik, menggunakan pisau lebar (Gambar 18.33). Perawatan akhir sama seperti untuk sambungan lainnya. Lapisan pertama harus selebar sekitar 6 inci dan lapisan kedua sekitar 9 inci. Rapikan tepinya dan ratakan permukaannya dengan pisau lebar dan spons basah.

Gambar 18.32 Sudut luar umumnya diperkuat dengan manik logam. Manik logam dipaku di tempatnya melalui papan gipsum ke tiang.

Gambar 18.33 Pengaplikasian kompon di atas manik sudut.

19.4 PAPAN DINDING PRA-SELESAI

Papan dinding pra-selesai dilapisi dengan bahan vinil dekoratif. Karena tidak dicat atau dilapisi kertas setelah pemasangan, untuk mempertahankan hasil akhir yang halus dan tidak rusak, penanganannya sedikit berbeda dari papan dinding standar. Pada sebagian besar pemasangan, paku dan sekrup dihindari (kecuali di bagian atas dan bawah) dan tidak ada selotip dan senyawa sambungan yang digunakan pada sambungan.

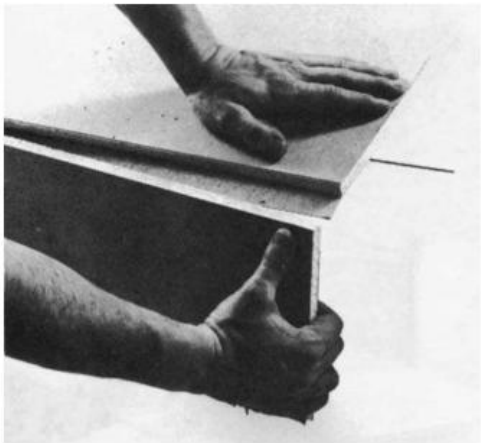
Tiga metode dasar digunakan untuk memasang papan dinding pra-selesai:

- Memaku ke tiang setinggi 16 inci atau ke strip penguat tetapi menggunakan paku berwarna dan senada yang tersedia untuk tujuan tersebut.
- Menyemen ke tiang atau strip penguat dengan paku perekat hanya di bagian atas dan bawah. Paku ini dapat berupa paku berwarna senada atau paku polos yang ditutupi dengan cetakan cekung dan trim dasar yang senada.
- Laminasi ke lapisan dasar pada papan dinding biasa atau ke papan dinding lama jika pemasangan dinding sudah ada.

Sebelum memasang papan dinding yang sudah jadi, pelajari dengan saksama susunan dinding. Sambungan harus dipusatkan pada fitur arsitektur seperti perapian dan jendela. Panel ujung harus memiliki lebar yang sama. Hindari potongan yang sempit sebisa mungkin.

Papan dinding dekorator tersedia dalam panjang yang sesuai dengan sebagian besar tinggi dinding tanpa pemotongan lebih lanjut. Papan dinding harus dipasang secara vertikal, dan harus sekitar $^{1}/_{8}$ inci lebih pendek dari tinggi sebenarnya, jadi tidak perlu memaksanya ke tempatnya. Papan dinding yang sudah jadi memiliki tepi persegi. Papan dinding tersebut disambungkan pada sambungannya, dan dapat dengan atau tanpa permukaan vinil yang menutupi tepinya.

Gambar 18.34 Saat memotong papan dinding dengan lapisan vinil, potongannya harus sekitar 1 inci lebih lebar dari lebar yang diinginkan. Ini untuk menyediakan satu inci vinil tambahan untuk perawatan tepi



Gambar 18.35 Buat garis tepi pada bagian belakang papan dinding sesuai lebar yang diinginkan, sisakan vinil selebar 1 inci.

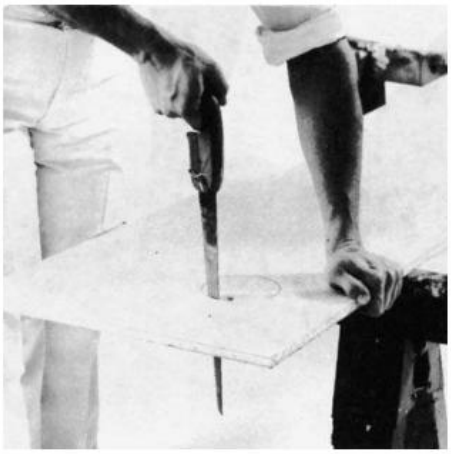
Seperti papan dinding standar, papan dinding yang sudah jadi dapat dipotong menjadi potongan-potongan sempit dengan cara digores dan dijepit. Letakkan papan pada permukaan datar dengan sisi vinil menghadap ke atas. Buat guratan pada sisi vinil dengan dimensi sekitar 1 inci lebih lebar dari lebar panel (Gambar 18.34). Balikkan permukaan vinil menghadap ke bawah dan buat guratan pada tepi belakang sesuai dimensi yang diinginkan. Dalam kasus ini, gunakan papan lurus yang bagus sebagai penggaris. Letakkan papan di tepi meja panjang dan patahkan bagian tersebut (Gambar 18.35). Ini akan meninggalkan sepotong bahan vinil yang menggantung di tepi. Lipat bahan tersebut ke belakang dan tempelkan pada bagian belakang papan dinding (Gambar 18.36).

Gambar 18.36 Lipat bahan vinil setebal 1 inci di atas tepi papan dinding dan rekatkan dengan paku. Ini akan menghasilkan tepi yang sudah jadi tanpa perlu perawatan sambungan lebih lanjut.

Guntingan mudah dibuat pada papan dinding dengan gergaji bergigi rapat. Jika ada bagian yang akan dipotong (misalnya untuk jendela), buat guratan di sepanjang potongan yang lebih sempit, lalu buat guratan pada dimensi yang lebih panjang dan patahkan bagian tersebut (Gambar 18.37). Lingkaran dipotong dengan terlebih dahulu mengebor lubang yang cukup besar untuk memasukkan ujung gergaji lubang kunci (Gambar 18.38). Potongan persegi untuk

kotak stopkontak listrik tidak perlu digergaji, tetapi dapat dilubangi. Buat guratan pada permukaan vinil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18.39. Pukul area tersebut dengan keras dan guratan akan menembusnya.

Gambar 18.37 Memotong papan dinding berlapis vinil untuk bukaan lainnya.



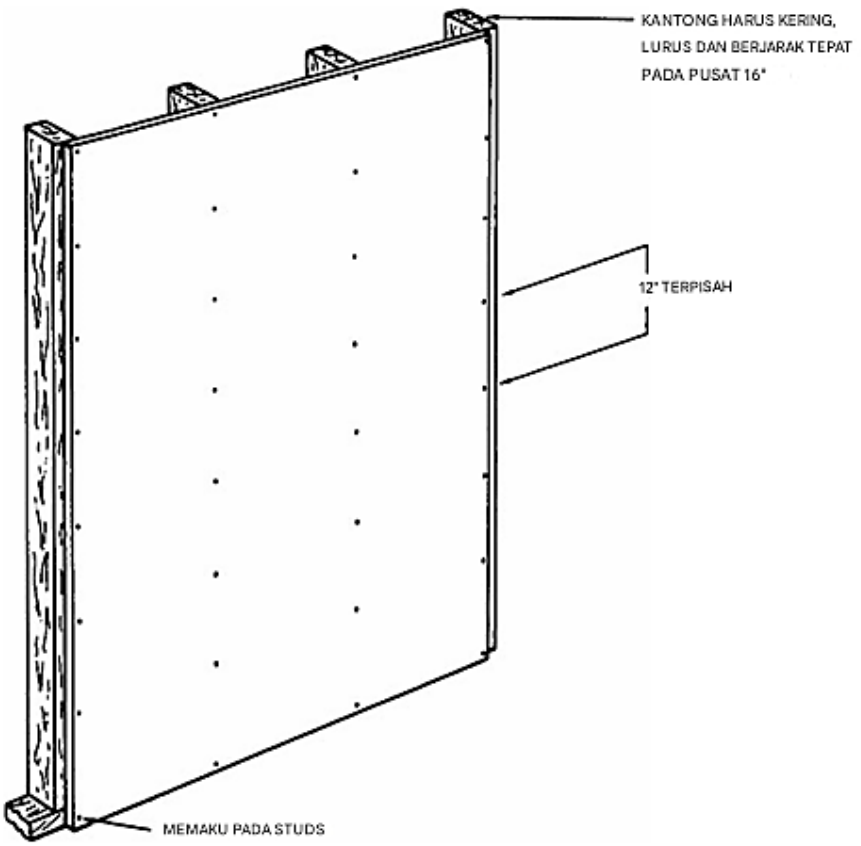
Gambar 18.38 Potongan lingkaran dibuat dengan terlebih dahulu mengebor lubang yang cukup besar untuk memasukkan gergaji lubang kunci.

Gambar 18.39 Untuk potongan persegi panjang, buat garis tepi potongan pada sisi vinil.

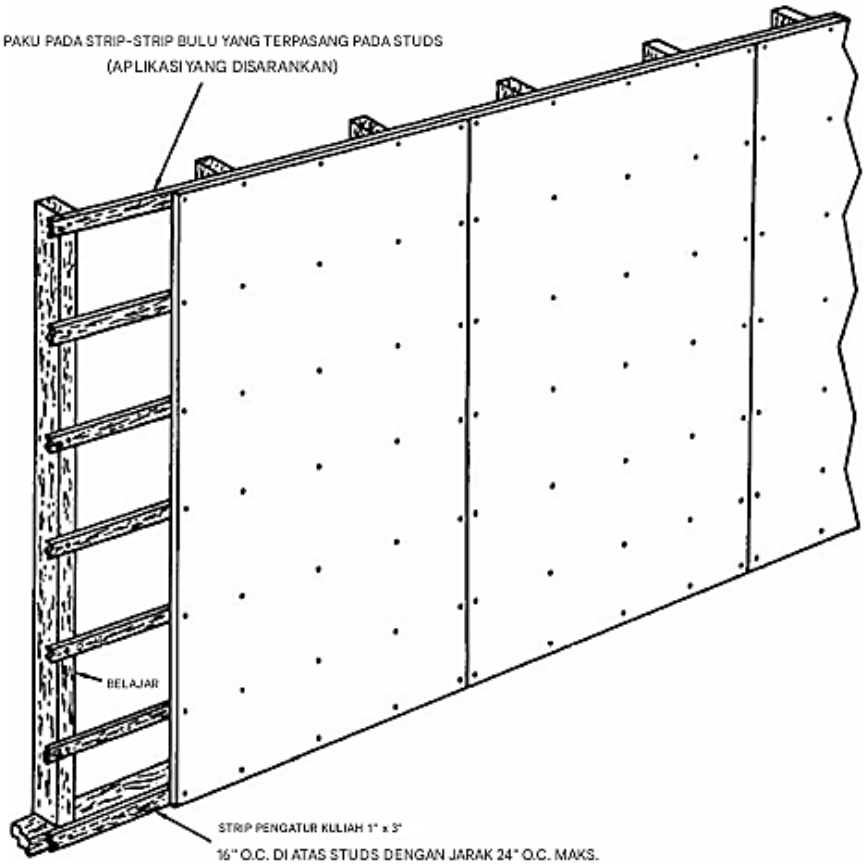
Ketuk bagian yang akan dihilangkan.

Memasang Papan Dinding yang Sudah Jadi

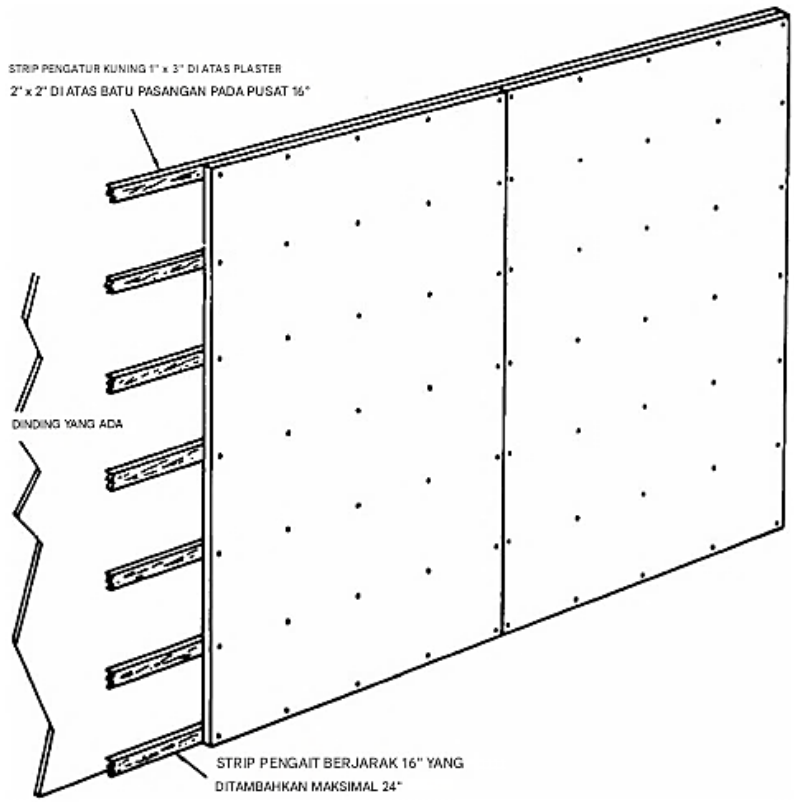
Papan dinding yang sudah jadi dapat dipaku ke tiang atau strip penguat dengan paku dekorator atau paku berwarna. Namun, saat melakukannya, pekerjaan harus dilakukan dengan hati-hati sehingga paku membentuk pola dekoratif. Beri jarak setiap 12 inci dan tidak kurang dari $^3/_8$ inci dari tepi panel (Gambar 18.40). Saat memaku langsung ke tiang, pastikan tiang lurus dan rata. Jika melengkung, tiang mungkin perlu dikikis di tempat yang tinggi atau diberi ganjal di tempat yang rendah. Untuk menghindari pekerjaan tambahan, tukang kayu harus diinstruksikan, pada konstruksi baru, untuk memilih kayu 2 x 4 terbaik dan memasangnya dengan hati-hati. Bila tiang sudah terpasang, akan lebih mudah memasang strip penguat secara horizontal dan mengganjalnya selama pemasangan (Gambar 18.41). Gunakan kayu berukuran 1 inci x 3 inci dengan jarak 16 inci. Di atas dinding plester yang rusak atau pasangan bata yang kokoh, pasang strip penguat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18.42. Gunakan paku beton untuk mengencangkan strip penguat pada pasangan bata yang kokoh.



Gambar 18.40 Dinding yang sudah jadi dapat dipaku langsung ke tiang seperti yang ditunjukkan.



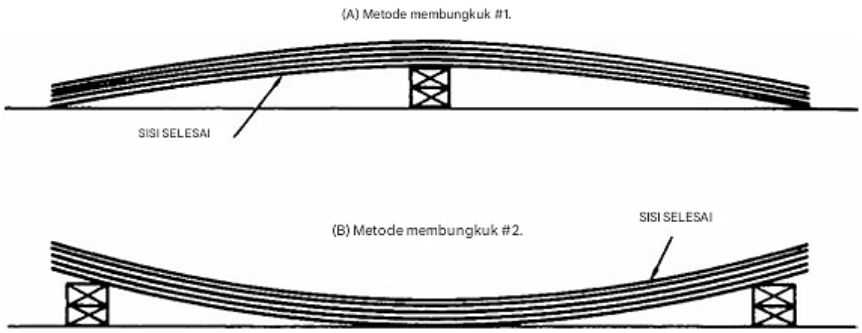
Gambar 18.41 Strip penguat kayu dapat dipasang di atas tiang dinding yang tidak lurus.



Gambar 18.42 Strip penguat kayu dipasang di atas pasangan bata padat atau dinding lama

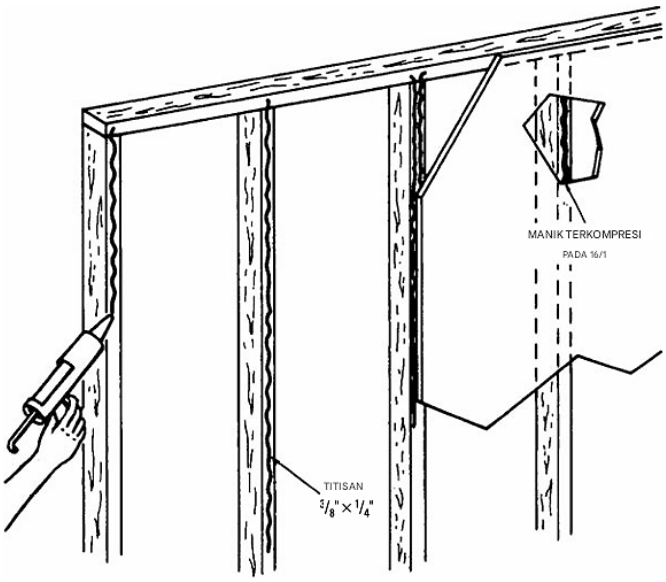
yang sudah ada.

Cara yang baik untuk memasang papan dinding yang sudah jadi adalah dengan perekat, baik pada tiang vertikal atau strip penguat horizontal, atau pada papan gipsum atau dinding yang kokoh. Untuk mendapatkan tekanan yang efektif di seluruh area papan agar daya rekatnya bagus, panel harus sedikit melengkung. Ini dilakukan dengan cara yang ditunjukkan pada Gambar 18.43. Stok papan dinding diletakkan menghadap ke bawah di atas penyangga tengah atau menghadap ke atas di atas dua penyangga ujung.

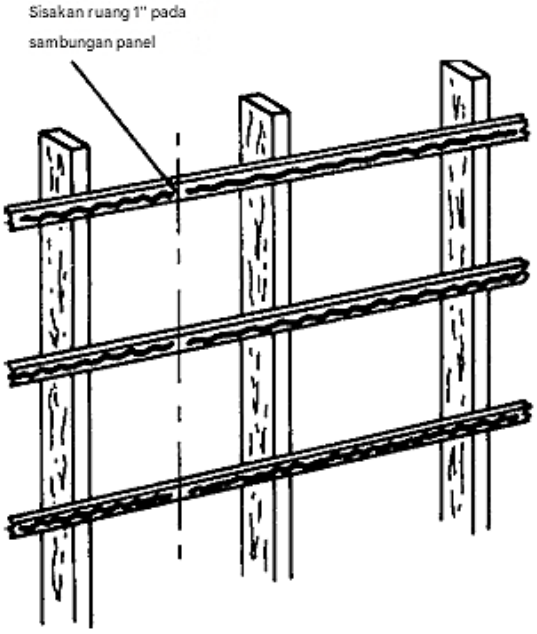


Gambar 18.43 Papan dinding lengkung untuk metode pemasangan perekat.

Penyangga dapat berupa kayu 2 x 4, tetapi jika bersentuhan dengan lapisan vinil, penyangga tersebut harus diberi bantalan untuk mencegah kerusakan. Mungkin perlu waktu satu hari atau beberapa hari untuk mendapatkan lengkungan sedang, tergantung pada cuaca dan kelembapan. Perekat dapat diaplikasikan langsung ke tiang (Gambar 18.44) atau ke strip penguat (Gambar 18.45). Di tempat tepi panel tersambung, buat dua garis perekat pada tiang, satu untuk setiap tepi panel. Garis-garis ini harus sedekat mungkin dengan tepi tiang 2 x 4 untuk mencegah perekat merembes keluar di antara sambungan panel. Untuk alasan yang sama, sisakan ruang 1 inci tanpa perekat di sepanjang strip penguat tempat tepi panel tersambung.

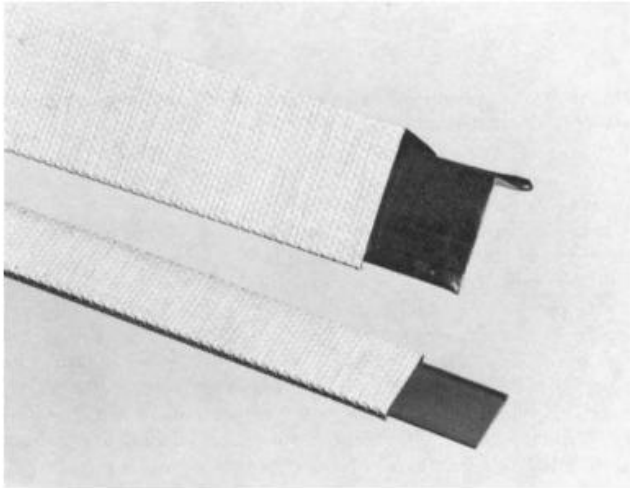


Gambar 18.44 Perekat yang diaplikasikan langsung ke rangka dinding. Perekat diaplikasikan dalam bentuk garis bergelombang di sepanjang rangka.



Gambar 18.45 Perekat yang diaplikasikan langsung ke strip rangka kayu.

Letakkan panel pada posisinya dengan gerakan menggeser sedikit dan paku tepi atas dan bawah. Pastikan tepi panjang setiap panel disatukan secara merata. Paku ke ambang dan pelat hanya di bagian atas dan bawah. Panel yang melengkung akan memberikan tekanan yang tepat untuk seluruh permukaan.



Gambar 18.46 Tersedia trim yang dapat dipasang dengan snap-on untuk papan dinding yang sudah jadi yang akan dipasang di atas dinding plester lama.

Paku atas dan bawah dapat berupa paku berwarna senada atau paku yang diselesaikan

dengan ceruk dan lis dinding. Tersedia lis khusus yang dapat ditekan agar sesuai dengan dinding yang sudah jadi. Sudut dalam dapat dibiarkan dengan panel yang disatukan tetapi satu panel harus tumpang tindih dengan yang lain. Sudut luar harus memiliki pelindung yang kuat. Untuk sudut dalam (jika diinginkan), dan untuk sudut luar, lis yang dapat dipasang dan manik-manik yang cocok dengan panel dapat diperoleh (Gambar 18.46). Mereka dipasang dengan memasang strip penahan terlebih dahulu (vinil untuk sudut dalam dan baja untuk sudut luar), yang menahan bahan lis yang sudah jadi di tempatnya.

Panel yang sudah jadi dapat dipasang di atas dinding plester lama atau dinding padat dengan menggunakan perekat. Jika dipasang pada plester lama, permukaannya harus bersih dan bebas dari debu atau cat yang mengelupas. Jika dilapisi kertas dinding, kertas harus dilepas dan dinding dicuci bersih. Panel baru ditekuk, seperti yang dijelaskan sebelumnya, lalu garis perekat digoreskan di sepanjang panel dengan jarak sekitar 16 inci (Gambar 18.47). Jaga garis tepi $^3/_4$ hingga 1 inci dari tepi.

Tempelkan papan ke permukaan lama dengan gerakan menggeser sedikit dan kencangkan di bagian atas dan bawah dengan paku 6d, atau paku dengan warna yang senada. Jika papan tidak dapat tetap sejajar dengan benar, tambahkan lebih banyak penyangga pada permukaan dan biarkan selama 24 jam. Bagian atas dan bawah dapat diselesaikan dengan trim yang senada, seperti yang dijelaskan sebelumnya.

Gambar 18.47 Pengaplikasian perekat pada papan dinding yang sudah jadi untuk dipasang di atas dinding plester lama.

Gypsonite dan FiberBond

Gypsonite dan FiberBond adalah dua produk baru di Amerika Serikat yang berasal dari Eropa pada awal tahun 1980an. Keduanya menguasai sekitar 25 persen pasar papan dinding Jerman. Gypsonite diproduksi oleh Highland American Corporation di East Providence, Rhode Island. FiberBond adalah produk dari Louisiana-Pacific, yang diproduksi di Nova Scotia, Kanada.

Gypsonite terbuat dari gipsum alami dan gipsum daur ulang, serat selulosa (koran daur ulang), dan perlit. Bahan-bahan tersebut direkatkan tanpa lem melalui panas dan tekanan. Gypsonite adalah bahan padat, bukan bahan berlapis yang dilapisi kertas. Produk ini tersedia dalam ketebalan $^3/_8$, $^7/_{16}$, $^1/_2$, dan $^5/_8$ inci, panjang 8, 10, dan 12 feet, serta ukuran 8 feet x 12 feet dan panjang ganjil berdasarkan pesanan khusus.

FiberBond dilapisi dengan inti tengah perlite di antara dua lapisan gipsum yang diperkuat serat. Panel tersedia dalam ukuran 4 feet x 8 feet, 4 feet x 10 feet, 4 feet x 12 feet, dan dalam ketebalan $^1/_2$ inci dan $^5/_8$ inci. Lebar 8 feet dan panjang hingga 24 feet juga tersedia. Panel ini memiliki peringkat api Tipe X selama 1 jam, untuk papan setebal $^5/_8$ inci, dan peringkat 45 menit untuk papan setebal $^1/_2$ inci.

Gypsonite beratnya sekitar $2^1/_4$ pon per feet persegi. Lembaran A4 x $8^1/_2$ inci beratnya 72 pon dibandingkan dengan 58 pon untuk papan dinding gipsum berukuran sama. FiberBond berukuran sama beratnya 72 pon. Gypsonite membuat keempat sisinya miring, yang cenderung membuatnya agak rapuh. FiberBond hanya memotong bagian tepi yang panjang dengan sudut miring, dan bagian lancipnya lebarnya sekitar $^3/_4$ inci.

Gypsonite sulit dipotong, dan alat drywall konvensional tidak akan dapat menyelesaikan pekerjaan. Penting untuk tidak memperlakukan Gypsonite seperti drywall biasa. Mata pisau cepat tumpul, dan diperlukan beberapa kali gerakan dengan pisau. Karena tidak ada kertas, bagian belakang papan tidak perlu digores. Retakannya kasar, dan menghaluskan tepinya dengan Surform tidak akan berhasil dengan baik. Parutan drywall atau kikir kayu kasar mungkin lebih baik. Atau, tepinya dapat dibiarkan kasar dan diisi dengan dempul langkah 1.

Kepadatan material yang lebih besar memungkinkan penggunaan paku pneumatik (gunakan paku cincin melingkar 6d). Staples tidak menarik papan dengan kuat ke tiang. Pistol sekrup konvensional dapat digunakan, tetapi tenaga yang lebih besar harus digunakan. Karena papan tidak berlesung, pistol mungkin harus disesuaikan dengan kedalaman penuh untuk memaksa sekrup di bawah permukaan papan. FiberBond sedikit lebih mudah dipotong dan dikerjakan.

Pendempulan

Salah satu keuntungan dari produk ini adalah tidak perlu perekatan. Stabilitas panel membuat perekatan tidak diperlukan. Sambungan diisi dengan dempul tahap 1 (Gambar 18.48 dan Gambar 18.49) dan dilumuri dengan dua lapis senyawa sambungan khusus. Karena dempul adalah lem, lembaran harus diberi celah untuk merekatkan lembaran tersebut. Senyawa Gypsonite mengandung pasir kasar. Senyawa FiberBond lebih mirip dengan lumpur konvensional dan jauh lebih halus. Dempul tahap 1 sangat keras. Harus berhati-hati agar tidak melewati tepi miring, karena mungkin sangat sulit untuk diampelas.

Karena senyawa cenderung menyusut, manik-manik tebal harus diletakkan di sambungan dan dibiarkan mengering selama sekitar dua hari. Dapat disebarkan dengan pisau dempul atau sekop bersudut. Dinding yang sudah jadi menggunakan salah satu produk tersebut jauh lebih keras, lebih mirip plester daripada drywall, dan tidak rentan terhadap retakan yang biasanya terjadi pada plester. Material baru ini memungkinkan kontraktor drywall untuk bersaing dengan tukang plester. Para produsen meningkatkan kompon dan mengurangi berat papan. Peredam suara yang lebih baik, ketahanan terhadap jamur, pegangan sekrup dan paku yang lebih baik (tidak perlu jangkar sekrup), dan hasil akhir seperti plester dengan biaya drywall hanyalah beberapa keuntungan dari produk baru ini.

Gambar 18.48 Menerapkan lem dempul pada panel Gypsonite.

Gambar 18.49 Menyebarkan campuran dengan pisau dempul.

18.4 PANELING

Perkembangan utama dalam penutup dinding dalam beberapa tahun terakhir adalah paneling. Paneling dapat mengubah dinding dalam kondisi apa pun (dari yang sedikit rusak hingga yang hampir hancur) dan memberikannya wajah baru yang berkilau. Paneling adalah material perbaikan utama bagi tukang kayu dan tukang yang mengerjakan sendiri.

Paneling tersedia dalam berbagai gaya, warna, dan tekstur yang hampir tak terbatas (Gambar 18.50). Paneling yang sudah jadi dapat berupa kayu lapis atau produk serat kayu olahan. Permukaan paneling dapat berupa kayu keras asli atau pelapis kayu lunak yang difinishing untuk meningkatkan tekstur, serat, dan warna alaminya. Permukaan lainnya dapat dicetak, dilapisi kertas, atau diberi perlakuan untuk meniru serat kayu. Teknik penyelesaian pada permukaan kayu asli dan serat kayu tiruan menghasilkan dinding yang tahan lama dan

mudah dirawat. Pembersihan biasanya dilakukan dengan mengelapnya menggunakan kain lembap.

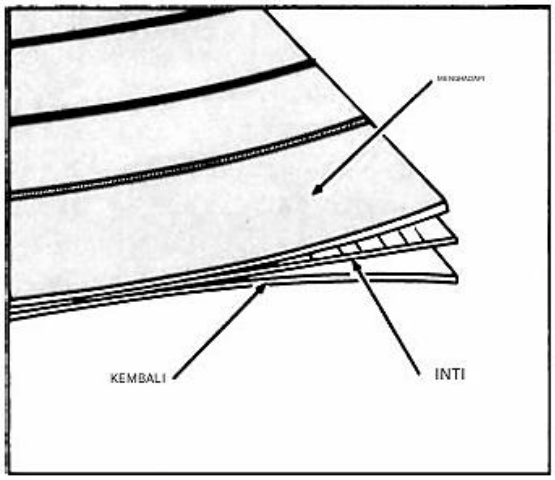
Gambar 18.50 Panel ini tampak seperti berasal dari lumbung. Panel ini tersedia dalam berbagai warna dan gaya.

Kayu Lapis Keras dan Kayu Lunak

Panel kayu lapis dibuat dengan lapisan muka, inti, dan belakang dari kayu lunak, kayu keras, atau keduanya (Gambar 18.51). Serat kayu pelapis muka dan belakang berjalan vertikal, inti horizontal. Ini memberikan kekuatan dan stabilitas pada kayu lapis. Panel dinding kayu lapis keras dan kayu lunak biasanya setebal $^{1}/_{4}$ inci dengan beberapa panel yang tebalnya mencapai $^{7}/_{16}$ inci.

Panel kayu lapis yang paling elegan dan mahal memiliki lapisan muka kayu keras atau kayu lunak asli—kenari, birch, elm, oak, ceri, cedar, pinus, atau cemara. Panel kayu lapis lainnya mungkin memiliki lapisan kayu keras tropis. Teknik penyelesaian meliputi embossing, antiquing, atau pewarnaan untuk mendapatkan serat kayu atau tampilan dekoratif. Panel juga dapat dilapisi kertas dengan serat kayu atau kertas berpola yang dilaminasi pada bagian muka. Panel kemudian diberi alur dan difinishing. Sebagian besar panel ini memiliki ketebalan $^{5}/_{23}$ inci.

Panel dinding serat kayu olahan (papan partikel atau papan keras) juga tersedia dengan lapisan kertas berpola serat atau permukaan berpola. Panel prafinishing ini ekonomis namun menarik. Ketebalan yang tersedia adalah $^{5}/_{23}$, $^{3}/_{16}$, dan $^{1}/_{4}$ inci. Panel serat kayu memerlukan teknik pemasangan khusus. Cari petunjuk pemasangan dari produsen yang tercetak di bagian belakang setiap panel.



Gambar 18.51 Panel khas dengan bagian inti, belakang, dan muka.

Panel lainnya meliputi papan keras dan papan keras dengan lapisan plastik kuat yang membuat material ini cocok untuk digunakan di area dengan kelembapan tinggi, seperti kamar mandi.

Perlakuan Alur

Sebagian besar panel dinding vertikal memiliki alur acak dengan alur yang jatuh pada bagian tengah 16 inci sehingga paku di atas tiang akan konsisten. Pola alur acak yang umum mungkin terlihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18.52. Perlakuan alur lainnya mencakup jarak yang seragam (4, 8, 12, atau 16 inci) dan alur silang yang diberi jarak acak untuk memberikan efek papan. Alur umumnya bergaris lebih gelap dari permukaan panel. Alur dipotong atau timbul ke dalam panel dalam alur-V atau alur saluran. Panel yang lebih murah terkadang memiliki alur bergaris di permukaannya. Seperti kebanyakan produk untuk rumah, panel tersedia dalam berbagai kisaran harga.

Gambar 18.52 Panel alur acak.

Menghitung Jumlah Material yang Dibutuhkan

Ada beberapa cara untuk memperkirakan jumlah panel yang Anda perlukan. Salah satu caranya adalah dengan membuat denah ruangan. Mulailah denah Anda pada kertas grafik yang memiliki kotak berukuran $^1/_4$ inci. Ukur lebar ruangan, catat bukaan jendela dan pintu. Ubah pengukuran ke kertas grafik. Misalnya, anggaplah Anda memiliki ruangan berukuran 14 feet x 16 feet. Jika Anda membiarkan setiap persegi berukuran $^1/_4$ inci mewakili 6 inci, skalanya adalah 1 inci sama dengan 2 feet, jadi Anda akan mendapatkan persegi panjang berukuran 7 inci x 8 inci. Tunjukkan posisi jendela, pintu (dan arah bukaannya), perapian, dan elemen struktural lainnya. Sekarang mulailah menghitung kebutuhan panel Anda. Jumlahkan keempat ukuran dinding:

14 feet + 16 feet + 14 feet + 16 feet = 60 feet

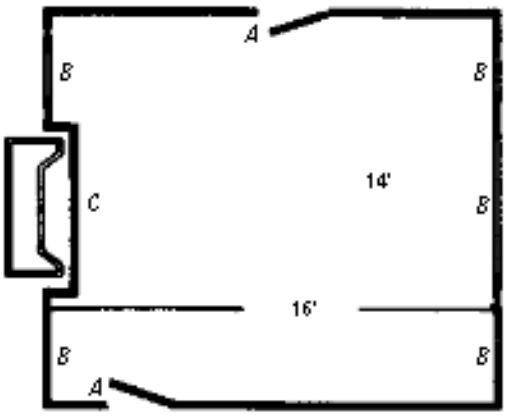
Bagilah total luas keliling dengan lebar panel 4 feet:

60 feet dibagi 4 feet sama dengan 15 panel

Untuk memperhitungkan potongan pintu, jendela, dan perapian, gunakan pengurangan sebagai berikut (perkiraan): pintu, $^1/_2$ panel (A); jendela, $^1/_4$ panel (B); perapian, $^1/_2$ panel (C) (Gambar 18.53). Untuk memperkirakan panel yang dibutuhkan, kurangi panel yang sudah dipotong dari angka awal Anda:

15 panel − 2 panel = 13 panel

Jika keliling ruangan berada di antara angka-angka pada Tabel 18.2, gunakan angka yang lebih tinggi berikutnya untuk menentukan panel yang dibutuhkan. Angka-angka ini berlaku untuk ruangan dengan tinggi dinding 8 feet atau kurang. Untuk dinding yang lebih tinggi, tambahkan material tambahan yang dibutuhkan di atas ketinggian 8 feet.

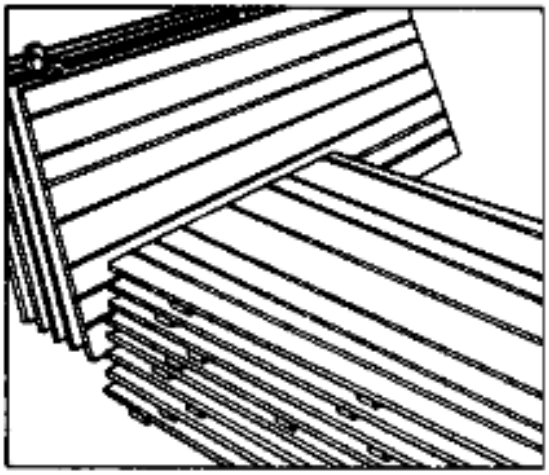


Gambar 18.53 Lihat teks untuk detail tentang perhitungan kebutuhan panel seperti yang digambarkan dalam gambar ini.

Tabel 18.2 Persyaratan Panel

Perimeter	Jumlah Panel 4 Feet x 8 Kaki yang Dibutuhkan (Tanpa Pengurangan)
36 feet	9
40 feet	10
44 feet	11
48 feet	12
52 feet	13
56 feet	14
60 feet	15
64 feet	16
68 feet	17
72 feet	18
92 feet	23

Panel baru harus disimpan di tempat yang kering. Pada konstruksi baru, dinding yang baru diplester harus dibiarkan kering secara menyeluruh sebelum pemasangan panel. Panel yang sudah jadi tahan lembap, tetapi seperti semua produk kayu, panel ini tidak kedap air dan tidak boleh disimpan atau dipasang di area yang sangat lembap. Idealnya, panel harus ditumpuk rata di lantai dengan tongkat di antara lembaran (Gambar 18.54) untuk memungkinkan sirkulasi udara, atau harus disangga di tepi setinggi 8 feet. Panel harus tetap berada di ruangan selama 48 jam sebelum pemasangan agar dapat menyesuaikan diri dengan suhu dan kelembapan.



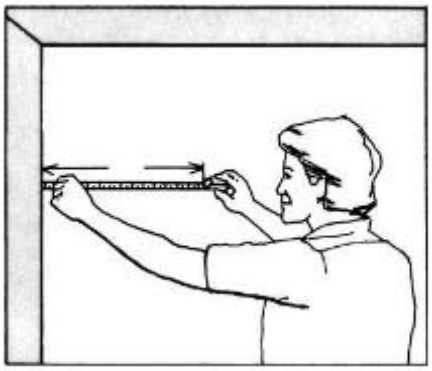
Gambar 18.54 Jika memungkinkan, simpan panel selama sekitar satu hari dengan tongkat di antara panel sehingga panel dapat terbiasa dengan kondisi ruangan.

Pemasangan

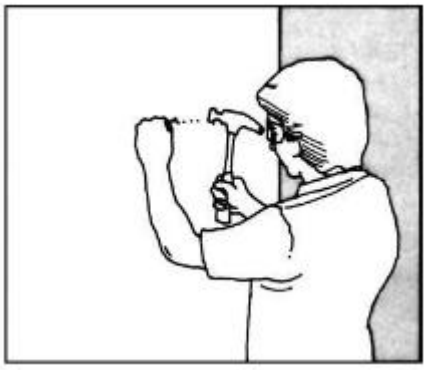
Memasang panel di atas dinding lurus yang sudah ada di atas permukaan tanah tidak memerlukan persiapan awal. Pertama, cari tiang. Tiang biasanya diberi jarak 16 inci dari

tengah, tetapi variasi jarak 24 inci dari tengah dan jarak lainnya dapat ditemukan. Jika Anda berencana mengganti cetakan yang ada, lepaskan dengan hati-hati. Anda mungkin menemukan kepala paku yang digunakan untuk mengamankan reng plester atau dinding kering ke tiang. Paku ini menandai lokasi tiang.

Jika Anda tidak dapat menemukan tiang, mulailah memeriksa dengan paku atau bor kecil ke permukaan dinding yang akan diberi panel, hingga Anda menemukan kayu solid. Mulailah 16 inci dari salah satu sudut ruangan pada percobaan pertama Anda, buat lubang uji pada interval $^3/_4$ inci di setiap sisi lubang awal hingga Anda menemukan tiang (Gambar 18.55 dan Gambar 18.56).



Gambar 18.55 Ukur 16 inci dari sudut ruangan.



Gambar 18.56 Buat lubang uji dengan jarak $^3/_4$ inci untuk menentukan lokasi stud.

Kancing tidak selalu lurus, jadi sebaiknya ukur pada beberapa ketinggian. Setelah kancing ditemukan, buat tanda pensil tipis di lantai dan langit-langit untuk memposisikan semua kancing, lalu buat garis kapur pada interval 4 feet (lebar panel standar).

Mengukur dan Memotong

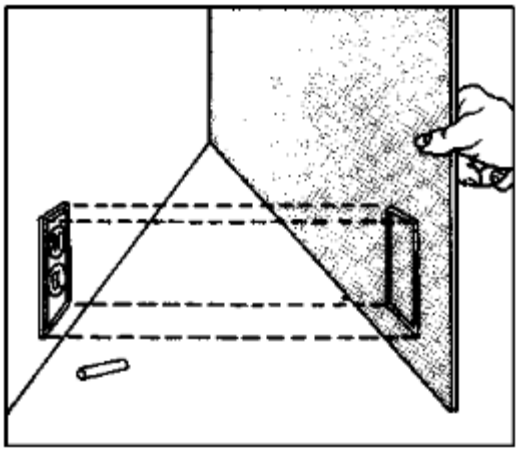
Mulailah dari salah satu sudut ruangan dan ukur tinggi lantai ke langit-langit untuk panel pertama. Kurangi $^1/_2$ inci untuk memberi ruang bebas di bagian atas dan bawah. Pindahkan pengukuran ke panel pertama dan tandai dimensi dengan pensil, gunakan penggaris untuk membuat garis yang bersih. Gunakan gergaji tangan potong silang tajam dengan 10 atau lebih gigi per inci, atau bilah kayu lapis di gergaji meja, untuk semua

pemotongan. Potong dengan panel menghadap ke atas. Jika menggunakan gergaji bundar portabel atau gergaji pedang, tandai dan potong panel dari belakang.

Potongan untuk bagian pintu dan jendela, sakelar listrik, dan stopkontak atau pemanas memerlukan pengukuran yang cermat. Ukur dimensi dari tepi panel yang terakhir dipasang untuk lebar, dan dari garis lantai dan langit-langit untuk tinggi. Pindahkan pengukuran ke panel, periksa saat Anda mengerjakannya. Kecuali jika rencananya adalah menambahkan molding, potongan pintu dan jendela harus pas dengan casing di sekelilingnya. Jika memungkinkan, potongan panel harus bertemu dekat di tengah pintu dan jendela.

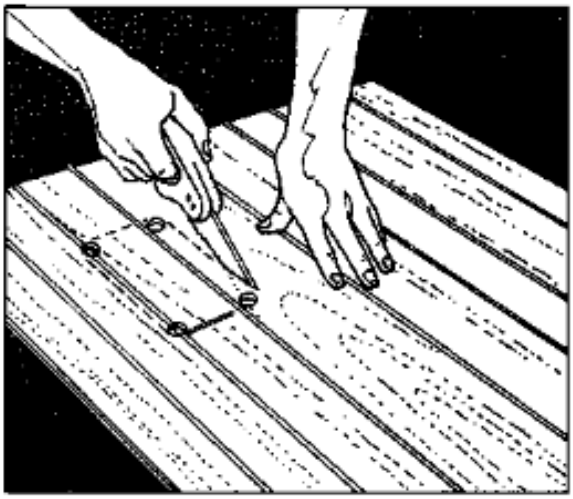
Cara yang lebih mudah untuk membuat potongan adalah dengan router. Anda dapat memaku panel di atas bukaan (jendela, misalnya) setelah melepas trim. Kemudian gunakan router untuk memangkas panel limbah di bukaan, menggunakan tepi bukaan sebagai panduan untuk bit router. Kemudian Anda dapat memaku molding atau trim kembali ke tempatnya.

Untuk kotak listrik, matikan daya dan buka pelat pelindung untuk memperlihatkan kotak. Kemudian cat atau oleskan kapur di sekitar tepi kotak dan posisikan panel dengan hati-hati. Tekan panel dengan kuat di atas area kotak, pindahkan garis luar ke bagian belakang panel (Gambar 18.57). Untuk mengganti pelat sakelar, mungkin diperlukan spacer atau ring berukuran $^1/_4$ inci di antara lubang sekrup kotak dan sakelar atau stopkontak.



Gambar 18.57 Cara yang baik untuk mendapatkan garis luarnya adalah dengan memindahkan tanda kapur dari pelat ke bagian belakang panel.

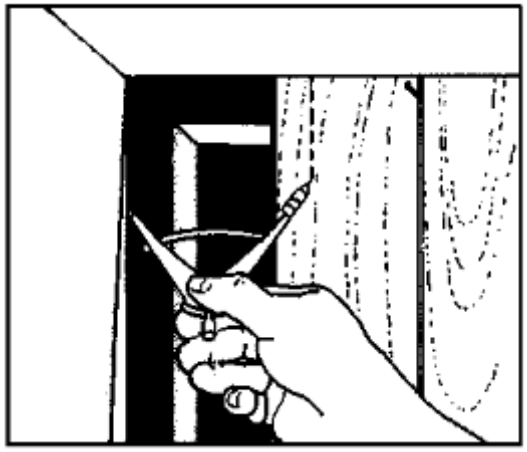
Tancapkan paku kecil di setiap sudut melalui panel hingga menonjol keluar melalui permukaan. Balik panel, bor dua lubang berukuran $^3/_4$ inci tepat di dalam sudut, dan gunakan lubang kunci atau gergaji besi untuk membuat potongan (Gambar 18.58). Lubang dapat berukuran hingga $^1/_4$ inci lebih besar dan masih dapat ditutup saat pelat sakelar pelindung diganti.



Gambar 18.58 Bor lubang awal, lalu potong bagian pelat dengan gergaji lubang kunci atau gergaji pedang.

Mengencangkan Panel

Pasang panel pertama di tempatnya dan tempelkan pada dinding yang berdekatan di sudut. Pastikan panel tersebut tegak lurus dan kedua tepi panel kiri dan kanan berada pada penyangga tiang yang kokoh. Akan tetapi, sebagian besar sudut tidak sepenuhnya tegak lurus, jadi Anda mungkin perlu memotong panel agar pas dengan sudut tersebut. Pasang panel pada sudut tersebut, periksa dengan waterpas untuk memastikan panel tegak lurus secara vertikal. Buat tanda di sepanjang tepi panel, sejajar dengan sudut tersebut. Pada dinding yang kasar, seperti dinding pasangan bata, atau pada dinding yang berdampingan dengan perapian, buat tanda pada panel dengan kompas di tepi panel bagian dalam, lalu potong pada garis tanda tersebut agar pas (Gambar 18.59).



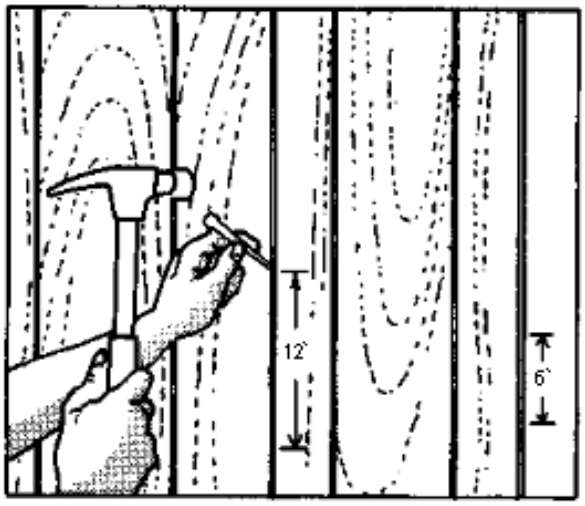
Gambar 18.59 Pada dinding kasar, gunakan scriber seperti yang ditunjukkan untuk mendapatkan garis luar dinding pada panel. Potong sesuai kebutuhan.

Membuat tanda dan memotong tepi panel bagian dalam mungkin juga diperlukan jika tepi luar panel tidak pas langsung pada tiang. Tepi luar harus berada di tengah tiang untuk

memberi ruang bagi paku untuk memaku panel berikutnya. Sebelum memasang panel, cat garis warna yang sesuai dengan warna alur panel pada lokasi dinding tempat panel bertemu. Celah di antara panel tidak akan terlihat.

Sebagian besar panel beralur dibuat beralur acak untuk menciptakan efek kayu solid, tetapi biasanya ada alur yang terletak setiap 16 inci. Ini memungkinkan sebagian besar paku ditempatkan di alur, jatuh langsung pada jarak stud 16 inci. Paku akhir berkepala kecil biasa atau paku panel berwarna dapat digunakan. Untuk panel langsung ke stud, paku 3d ($1^1/_4$ inci) direkomendasikan.

Namun, jika Anda harus menembus papan penyangga, plester, atau drywall, paku 6d (2 inci) diperlukan untuk mendapatkan gigitan yang solid di stud. Beri jarak paku 6 inci di tepi panel dan 12 inci di bidang panel (Gambar 18.60). Paku harus dibenamkan sedikit di bawah permukaan panel dengan paku, kemudian, disembunyikan dengan tongkat dempul yang serasi. Paku berwarna menghilangkan kebutuhan untuk melakukan ini. Gunakan paku berwarna berukuran 1 inci untuk memasang panel pada tiang dan paku berukuran $1^5/_8$ inci untuk memasang panel melalui papan gipsum atau plester.



Gambar 18.60 Paku harus berjarak 12 inci secara vertikal.

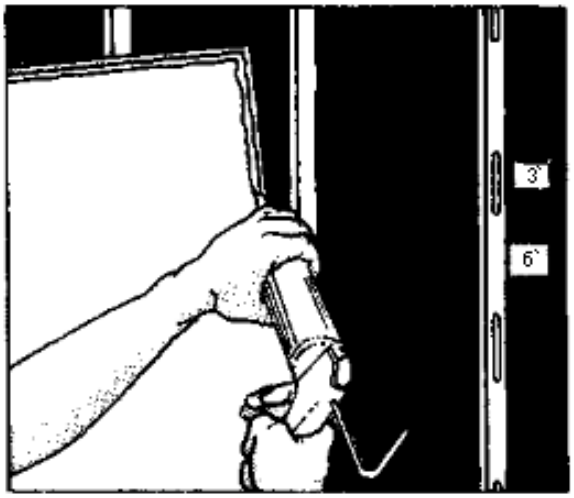
Pemasangan Perekat

Penggunaan perekat untuk memasang panel menghilangkan cekungan dan menyembunyikan kepala paku. Perekat dapat digunakan untuk memasang panel langsung ke tiang atau di atas dinding yang sudah ada asalkan permukaannya kuat dan bersih.

Panel harus dipotong dan dipasang sebelum pemasangan. Pastikan panel dan dinding bersih—bebas dari kotoran dan partikel—sebelum Anda mulai. Setelah diaplikasikan, perekat akan menyulitkan penyesuaian. Pistol mendempul dengan tabung perekat adalah metode aplikasi yang paling sederhana. Potong ujung tabung sehingga manik perekat selebar $^1/_8$ inci dapat dikeluarkan. Setelah panel dipasang, aplikasikan manik perekat dalam bentuk strip kontinu di sepanjang bagian atas, bawah, dan kedua ujung panel. Pada tiang perantara, aplikasikan manik perekat sepanjang 3 inci dan berjarak 6 inci (Gambar 18.61). Dengan sisa

kayu lapis atau sirap yang digunakan sebagai pemisah di lantai, pasang panel di tempatnya dan tekan dengan kuat di sepanjang garis tiang untuk menyebarkan perekat di dinding. Dengan menggunakan palu dengan balok kayu berlapis atau palu karet, ketuk di atas garis lem untuk memastikan ikatan yang kuat antara panel dan bagian belakang.

Beberapa perekat mengharuskan panel diletakkan di atas perekat lalu ditarik perlahan dan dibiarkan selama beberapa menit agar pelarutnya hilang dan perekatnya mengeras. Panel kemudian diposisikan ulang dan diketuk hingga menempel.



Gambar 18.61 Aplikasikan perekat seperti yang ditunjukkan.

Permukaan Tidak Rata

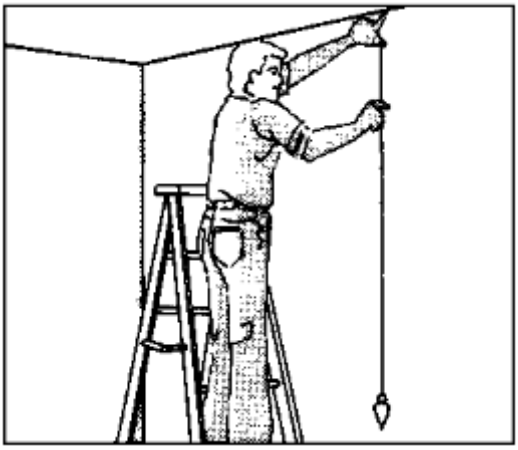
Sebagian besar pemasangan panel tidak memerlukan persiapan awal. Jika Anda memulai dengan permukaan yang rata, pemasangan panel akan cepat dan mudah. Namun, tidak semua dinding adalah dinding yang sempurna. Dinding dapat memiliki plester yang terkelupas, pecah, dan hancur, kertas dinding yang mengelupas, atau papan gipsum yang tertusuk gagang pintu yang berayun atau sepeda roda tiga yang lepas kendali di sore hari yang hujan. Di sisi lain, dinding dapat terbuat dari beton cor kasar atau batako. Dinding harus diperbaiki sebelum Anda mencoba menutupinya dengan panel.

Sebagian besar dinding yang bermasalah terbagi dalam satu dari dua kategori. Anda berhadapan dengan plester atau papan gipsum yang diaplikasikan pada dinding rangka kayu konvensional, atau Anda menghadapi dinding pasangan bata yang tidak rata (misalnya bata, batu, semen, atau batako). Solusi untuk kedua masalah tersebut sama, tetapi untuk mencapainya diperlukan pendekatan yang sedikit berbeda.

Pada dinding konvensional, bersihkan area yang rusak. Singkirkan kertas dinding yang robek, kikis plester yang mengelupas dan bagian papan gipsum yang rusak. Pada dinding pasangan bata, kikis mortar yang menonjol. Jangan repot-repot melakukan perbaikan; ada solusi yang lebih mudah.

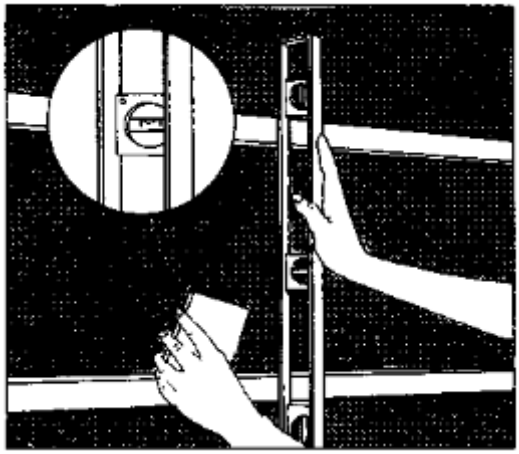
Panel akan dipasang pada strip penguat. Strip penguat bisa berupa kayu berukuran 1 inci x 2 inci atau strip tripleks berukuran $^{3}/_{8}$ inci atau $^{1}/_{2}$ inci yang dipotong selebar $1^{1}/_{2}$ inci.

Strip penguat dipasang secara horizontal dengan jarak 16 inci di dinding (berdasarkan langit-langit setinggi 8 feet) dengan anggota vertikal di bagian tengah 48 inci tempat panel saling bertemu. Awali dengan mencari titik tertinggi di dinding. Untuk menentukannya, buat garis tegak lurus (Gambar 18.62).

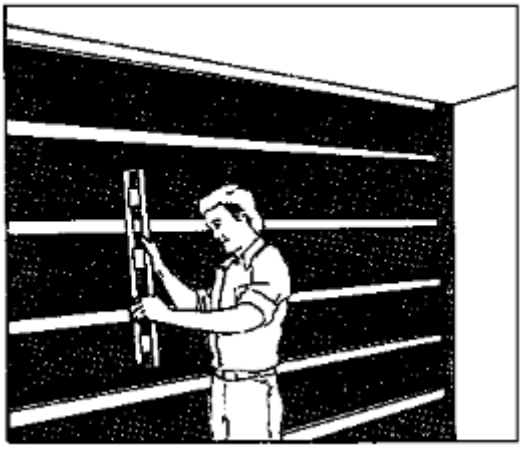


Gambar 18.62 Dinding harus diluruskan sebelum Anda memasang strip penguat.

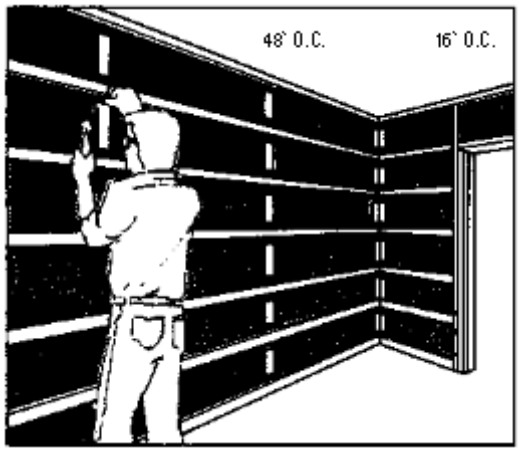
Kencangkan strip penguat pertama Anda, pastikan bahwa ketebalan strip penguat mengimbangi tonjolan permukaan dinding. Periksa dengan level untuk memastikan bahwa setiap strip penguat sejajar dengan strip pertama (Gambar 18.63). Gunakan sirap kayu atau ganjal di antara dinding dan strip untuk memastikan permukaan yang rata dan seragam (Gambar 18.64). Dinding yang diberi bulu harus memiliki ruang $^1/_2$ inci di lantai dan langit-langit dengan strip horizontal berjarak 16 inci dan strip vertikal berjarak 48 inci (Gambar 18.65). Ingatlah untuk memberi bulu di sekitar pintu, jendela, dan bukaan lainnya. (Gambar 18.66).



Gambar 18.63 Gunakan level untuk menentukan kerataan dinding. Gunakan ganjal seperti yang ditunjukkan.



Gambar 18.64 Tampilan keseluruhan strip pelapis yang diberi ganjal.

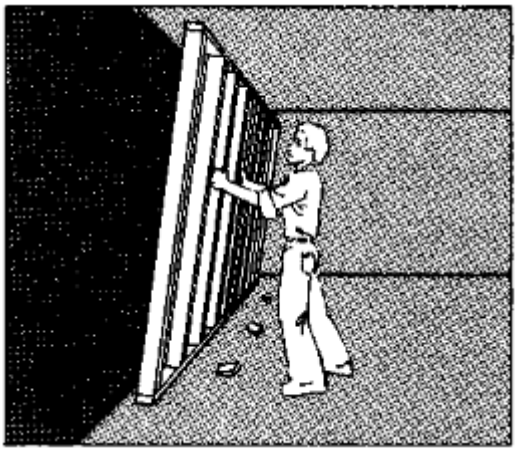


Gambar 18.65 Kencangkan paku vertikal seperti yang ditunjukkan.

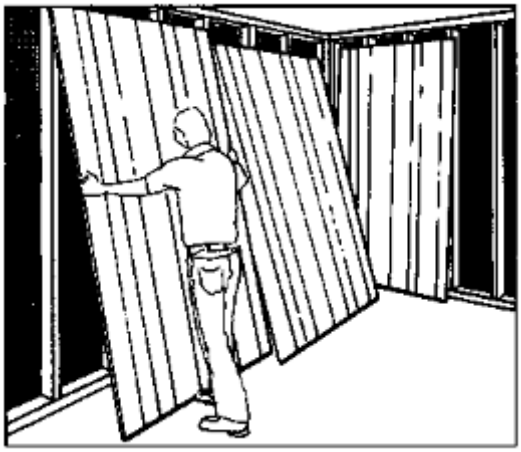
Gambar 18.66 Jangan lupa memasang lapisan penutup di sekeliling jendela.

Pada dinding rangka, strip rangka dapat dipaku langsung melalui ganjal dan papan gipsum atau plester ke rangka. Bergantung pada ketebalan rangka dan penutup dinding, Anda akan membutuhkan paku biasa berukuran 6d (2 inci) atau 8d ($2^1/_2$ inci).

Dinding batu bata sedikit lebih sulit ditangani. Paku batu bata (paku baja yang dikeraskan secara khusus) dapat digunakan, atau Anda dapat mengebor lubang dengan mata bor berujung karbida, memasukkan sumbat kayu atau pelindung ekspansi, dan memaku atau memasang baut rangka yang diberi ganjal pada tempatnya (Gambar 18.67). Jika dinding batu bata rusak parah, buat dinding tiang berukuran 2 inci x 3 inci untuk memasang panel. Panel dapat langsung dipasang pada dinding ini (Gambar 18.68).



Gambar 18.67 Jika dindingnya sangat kasar, dinding berukuran 2 inci x 3 inci dapat dibangun, disambungkan dengan pipa, dan dipasang panel di atasnya.



Gambar 18.68 Sebelum memasang panel, sejajarkan panel-panel tersebut untuk mendapatkan warna yang paling cocok.

Dinding Lembab

Dinding batu bata, selain tidak rata, sering kali menghadirkan masalah yang lebih sulit:

lembap. Biasanya, dinding lembap ditemukan sebagian atau seluruhnya di bawah permukaan tanah. Dinding ruang bawah tanah yang lembap dapat disebabkan oleh dua kondisi: rembesan air dari dinding luar atau kondensasi (udara hangat lembap di dalam rumah yang mengembun atau menggumpal saat bersentuhan dengan dinding luar yang lebih dingin). Apa pun penyebabnya, kelembapan harus dihilangkan sebelum Anda mempertimbangkan untuk memasang panel.

Rembesan dapat disebabkan oleh talang air yang bocor, kemiringan yang tidak tepat, atau retakan pada pondasi. Setiap lubang atau retakan harus diperbaiki dengan senyawa penambal beton atau dengan semen hidrolik khusus yang dirancang untuk menutup kebocoran aktif.

Dinding yang berpori atau bocor dapat diperbaiki dengan aplikasi cat kedap air untuk pasangan bata. Tersedia formula untuk dinding basah dan kering, tetapi cat harus digosokkan ke permukaan untuk menembus pori-pori, retakan halus, dan celah.

Masalah kondensasi memerlukan penanganan yang berbeda. Di sini, jawabannya adalah mengeringkan udara di ruang bawah tanah. Ruang bawah tanah harus diberi pemanas di musim dingin dan ventilasi silang di musim panas. Bungkus pipa air dingin dengan insulasi untuk mengurangi keringat. Alirkan udara dari mesin cuci, pengering, dan pancuran ruang bawah tanah langsung ke luar. Mungkin ada baiknya mempertimbangkan pemasangan sistem penurun kelembapan untuk mengendalikan kondensasi.

Setelah masalah kelembapan teratasi, pasang strip pelapis dinding yang sejajar dengan dinding. Gunakan insulasi jika diinginkan. Kemudian lapisi dinding dengan lapisan film penghalang uap air polivinil yang dipasang di atas strip pelapis. Gulungan bahan yang murah ini dapat diperoleh dan dipasang, tetapi pastikan untuk menyediakan tumpang tindih minimal 6 inci di tempat bagian-bagian bertemu.

Pasang panel dengan metode konvensional. Jika kelembapannya sangat parah sehingga tidak dapat diperbaiki secara efektif, maka langkah-langkah lain harus diambil. Panel kayu keras yang sudah jadi dibuat dengan lem interior dan harus dipasang di tempat yang kering untuk kinerja yang memuaskan.

Konstruksi Bermasalah

Terkadang masalahnya adalah dinding yang tidak persegi, lantai yang tidak rata, atau tiang yang dipasang tidak berurutan. Atau, mungkin diperlukan pemangkasan di sekitar perapian batu atau bata. Selain itu, membuat potongan untuk pipa dinding atau menangani balok dan kolom di ruang bawah tanah dapat menyebabkan masalah.

Setiap dinding yang akan diberi panel harus diperiksa kebenarannya. Jika dinding benar-benar tidak tegak lurus, dinding tersebut harus diperbaiki sebelum Anda memasang panel. Strip pelapis harus dipasang sedemikian rupa sehingga tegak lurus dengan arah pemasangan panel. Strip pelapis dari kayu lapis $^{3}/_{8}$ inci $1^{1}/_{2}$ inci atau kayu 1 inci 2 inci harus digunakan. Penyangga yang kokoh diperlukan di sepanjang keempat tepi panel pada setiap panel.

Tambahkan strip di mana pun diperlukan untuk memastikan penyangga ini. Sebaiknya letakkan strip pelapis bawah $^{1}/_{2}$ inci dari lantai. Sisakan ruang $^{1}/_{4}$ inci antara strip horizontal

dan strip vertikal untuk memungkinkan ventilasi. Jika plester, pasangan bata, atau jenis dinding lainnya sangat tidak rata sehingga tidak dapat diperbaiki dengan menggunakan strip penguat dan mengganjalnya di bagian dinding yang menonjol, mungkin diperlukan tiang berukuran 2 inci x 3 inci. Anda dapat menggunakan tiang yang rata dengan dinding untuk menghemat ruang. Gunakan tiang untuk pelat atas dan bawah dan beri jarak tiang vertikal 16 inci. Pasang panel langsung ke tiang atau di atas papan gipsum atau papan belakang kayu lapis.

Tiang yang tidak berurutan (yaitu, tiang yang tidak berada di tengah yang teratur) memerlukan sedikit perencanaan, tetapi biasanya tidak menjadi masalah serius. Selidiki untuk menemukan lokasi tiang yang tepat seperti yang dijelaskan sebelumnya, buat garis kapur, dan periksa situasinya. Biasanya Anda akan menemukan urutan tiang normal yang dimulai dari satu sudut. Kemudian mungkin di tempat tukang kayu membuat bingkai untuk pintu tengah dinding, jaraknya tiba-tiba berubah ke pola baru. Mulailah memasang panel dengan cara normal, menggunakan perekat panel dan paku. Saat Anda mencapai titik pergantian, potong strip pengisi panel untuk menjembatani jarak stud yang ganjil, lalu ambil pola baru dengan panel ukuran penuh.

Sesekali Anda akan menemukan satu atau dua stud yang dipasang miring. Kombinasi perekat panel ditambah daya tahan langit-langit dan cetakan papan pinggir umumnya mengatasi masalah ini.

Lantai yang tidak rata biasanya dapat ditangani dengan cetakan sepatu. Sepatu ($^1/_2$ inci $^3/_4$ inci) cukup fleksibel untuk menyesuaikan dengan deviasi sedang. Jika celah lebih besar dari $^3/_4$ inci, cetakan dasar atau panel harus digores dengan kompas agar sesuai dengan garis lantai. Sebarkan titik-titik sedikit lebih besar dari celah, pegang kompas secara vertikal, dan gambar titik di sepanjang lantai, dengan menggores garis pensil pada cetakan dasar. Lepaskan trim cetakan ke garis baru dengan gergaji coping atau gergaji pedang dan pasang kembali. Jika Anda memiliki lantai yang benar-benar seperti papan cuci, maka Anda memiliki masalah lantai, bukan masalah dinding. Paku ulang lantai hingga rata atau tutupi dengan lapisan bawah kayu lapis atau papan partikel sebelum memasang panel.

Trik kompas juga digunakan untuk menandai garis tempat panel bertemu dengan perapian batu atau bata. Tempelkan panel sementara di tempatnya. Tandai garis sejajar dengan tepi perapian, dan rapikan. Pastikan tepi panel yang berlawanan berada di tiang sebelum memasang.

Ringkasan

Papan gipsum menggantikan plester sebagai cara untuk menyelesaikan dinding dan langit-langit interior di sebuah bangunan. Bahan bangunan ini juga disebut drywall dan papan dinding. Papan gipsum tersedia dalam sejumlah ukuran lembaran dengan ukuran 4 feet x 8 feet yang paling umum digunakan. Ketebalan lembaran adalah $^1/_4$ inci, $^3/_8$ inci, $^1/_2$ inci, dan $^5/_8$ inci. Beberapa papan dinding memiliki lapisan belakang aluminium yang memantulkan panas dan berfungsi sebagai penghalang uap.

Metode konstruksi papan gipsum yang paling sederhana adalah satu lapisan papan

dinding yang dipaku langsung ke tiang kayu dan balok langit-langit. Sejumlah perekat tersedia untuk memasang drywall. Beberapa cepat kering dan yang lainnya lebih lambat. Dua lapisan drywall meningkatkan peredaman suara dan penghambatan api. Lapisan pertama diaplikasikan seperti biasa. Lapisan kedua disemen ke lapisan dasar. Konstruksi dua lapis dengan perekat adalah metode yang digunakan dengan panel vinil dekorator.

Setidaknya dua jenis papan gipsum tersedia sebagai bahan pendukung untuk digunakan di area ubin yang memerlukan perlindungan kelembaban (seperti penutup bak mandi, bilik pancuran, kamar mandi, papan percikan wastafel dapur, dan ruang ganti). Papan gipsum dapat diaplikasikan ke dinding pasangan bata bagian dalam dengan salah satu dari beberapa metode.

Untuk aplikasi industri, dinding atau langit-langit dapat dibuat seluruhnya dari bahan yang tidak mudah terbakar, menggunakan konstruksi dinding dan langit-langit baja galvanis yang dilapisi papan gipsum.

Tersedia tiga jenis anggota penguat untuk memasang papan gipsum ke langit-langit: saluran penguat sekrup, saluran penguat sekrup elastis, dan tiang sekrup. Sambungan sudut datar dan dalam disegel dengan pita berlubang yang tertanam dalam senyawa sambungan dan dengan lapisan akhir dari senyawa yang sama. Dua jenis senyawa sambungan umumnya tersedia, yaitu perekat biasa dan perekat cepat. Yang satu membutuhkan waktu 24 jam untuk mengering dan yang lainnya hanya 2.5 jam. Sudut luar memerlukan penguatan ekstra karena benturan yang lebih keras.

Manik-manik logam digunakan. Kemudian paku ditancapkan melalui manik-manik ke dalam papan gipsum dan rangka. Kemudian strip logam ditutup dengan senyawa dan dibiarkan kering sebelum diampelas dan dipoles. Papan dinding yang sudah jadi dilapisi dengan bahan vinil dekoratif. Tidak perlu dicat atau diberi kertas setelah pemasangan. Paku dan sekrup dihindari kecuali di bagian atas dan bawah.

Tidak ada senyawa sambungan pita yang digunakan pada sambungan. Salah satu keuntungan dari produk ini adalah tidak perlu direkatkan. Stabilitas panel membuat perekatan tidak diperlukan. Sambungan diisi dengan dempul dan dilumuri dengan dua lapis senyawa sambungan khusus. Karena dempul adalah lem, lembaran harus diberi celah untuk merekatkan lembaran tersebut. Penutup yang cocok kemudian diaplikasikan di atas sambungan yang sudah didempul dan tampilan akhir diperoleh tanpa perlu dicat, diampelas, atau menunggu berhari-hari untuk proses pengeringan.

Panel dapat mengerjakan ulang dinding yang rusak dengan cepat dan menghasilkan dinding yang indah. Panel kayu lapis dibuat dengan lapisan kayu lunak, kayu keras, atau keduanya yang terdiri dari bagian muka, inti, dan belakang. Serat kayu lapisan muka dan belakang berjalan vertikal, sedangkan inti berjalan horizontal. Hal ini memberikan kekuatan dan stabilitas pada kayu lapis. Sebagian besar panel memiliki ketebalan panel $^{1}/_{4}$ inci. Dalam beberapa kasus, ketebalannya mencapai $^{7}/_{16}$ inci. Memasang panel di atas dinding lurus yang sudah ada di atas permukaan tanah tidak memerlukan persiapan awal. Mengukur, memotong, dan memasang panel adalah keterampilan yang mudah dipelajari bagi mereka yang mengerjakannya sendiri.

Latihan Soal

1. Apa saja nama lain yang digunakan untuk papan gipsum?
2. Apa saja ukuran standar papan dinding?
3. Berapa ketebalan standar untuk papan gipsum?
4. Mengapa papan gipsum berlapis ganda dibutuhkan?
5. Apa saja dua jenis kompon yang digunakan untuk sambungan pada papan gipsum?
6. Bagaimana sudut dinding diselesaikan pada pekerjaan papan gipsum?
7. Seberapa dalam kepala sekrup atau kepala paku harus menembus permukaan papan gipsum?
8. Apa itu strip penguat? Apa perannya dalam aplikasi pasangan bata pada papan gipsum?
9. Bagaimana cara membuat potongan pada dinding gipsum?
10. Bagaimana cara merawat sudut dan sambungan panel yang sudah jadi?

BAB 19
TANGGA

Semua tukang kayu yang pernah mencoba membuat tangga merasa bahwa membangun tangga (seperti membangun perahu) merupakan seni tersendiri. Bab ini tidak dimaksudkan untuk mengecilkan hati tukang kayu, tetapi untuk menekankan fakta bahwa jika prinsip tata letak tangga tidak dikuasai, akan ada banyak kesulitan dalam konstruksi. Meskipun pembuatan tangga merupakan cabang dari pekerjaan pertukangan, tukang kayu harus mengetahui prinsip tata letak dan konstruksi tangga yang sederhana, karena tangga teras, tangga ruang bawah tanah dan loteng, dan terkadang tangga utama sering dibutuhkan dalam pekerjaan. Untuk mengikuti petunjuk dengan cerdas, tukang kayu harus memahami istilah dan nama bagian yang digunakan dalam pembuatan tangga.

19.1 KONSTRUKSI TANGGA

Tangga harus dirancang, diatur, dan dipasang agar aman, memiliki ruang kepala yang cukup, dan ruang untuk perabotan. Secara umum, ada dua jenis tangga di rumah: tangga yang berfungsi sebagai tangga utama dan tangga yang digunakan sebagai tangga layanan. Tangga utama dirancang untuk memberikan kemudahan dan kenyamanan, dan sering kali dijadikan fitur desain, sedangkan tangga servis yang mengarah ke ruang bawah tanah atau loteng biasanya agak lebih curam dan terbuat dari bahan yang lebih murah.

Tangga dapat dibangun di tempat, atau dapat dibangun sebagai unit di bengkel dan dipasang di tempat. Kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, dan kebiasaan bervariasi tergantung pada lokasi. Tangga dapat memiliki lintasan lurus dan kontinu, dengan atau tanpa platform perantara, atau dapat terdiri dari dua atau lebih lintasan yang membentuk sudut satu sama lain. Dalam praktik terbaik dan teraman, platform diperkenalkan pada sudut tersebut, tetapi belokan dapat dilakukan dengan anak tangga yang memancar yang disebut tangga berliku.

Tangga tanpa tangga berliku paling sering ditemui dalam perencanaan perumahan, karena tangga berliku merupakan kondisi yang umumnya dianggap tidak diinginkan. Namun, penggunaan tangga berliku terkadang diperlukan karena ruang yang sempit. Tangga berliku diizinkan sebagai sarana tangga keluar di unit hunian satu dan dua keluarga, berdasarkan kode BOCA, tetapi ada persyaratan tertentu. Garis lintasan adalah titik pada tangga yang kemungkinan akan diikuti oleh pengguna tangga saat menaiki tangga. Jaraknya, diukur dari ujung sempit anak tangga, bervariasi dari 12 hingga 16 inci. Namun, kode BOCA mengharuskan jarak ini tidak melebihi 12 inci, dan pada titik tersebut, kedalaman tapak tidak boleh kurang dari 9 inci. Lebar tapak di ujung sempit harus minimal 6 inci.

Rasio Riser terhadap Tapak

Terdapat hubungan yang pasti antara tinggi riser dan lebar tapak, dan semua tangga harus ditata sesuai dengan aturan yang ditetapkan yang mengatur hubungan ini. Jika kombinasi antara run dan rise terlalu besar, anak tangga akan melelahkan, yang akan

membebani otot kaki dan jantung. Jika anak tangga terlalu pendek, kaki dapat menendang riser kaki di setiap anak tangga dan upaya untuk memperpendek langkah dapat melelahkan.
Berikut ini adalah tiga aturan umum tradisional yang telah digunakan untuk menetapkan rasio riser terhadap tapak:

- Jumlah dua riser dan satu tapak harus antara 24 inci dan 25 inci. Oleh karena itu, riser 7 inci hingga $7^1/_2$ inci, dan tapak 10 inci hingga 11 inci dapat diterima.

  Dua riser = $7^1/_2$ inci + $7^1/_2$ inci = 15 ditambah satu tapak 10 inci = 25 inci.

- Jumlah satu anak tangga dan satu tapak harus antara 17 inci dan 18 inci.

  Anak tangga 7 inci dan tapak 10 inci = $17^1/_2$ inci.

- Mengalikan tinggi anak tangga dengan lebar tapak akan menghasilkan angka antara 70 inci dan 75 inci.

  Anak tangga 7 inci dikali tapak 10 inci = 70 inci.

Aturan praktis pertama dibuat pada tahun 1672 oleh Francois Blondel, direktur Royal Academy of Architecture di Paris, Prancis. Sayangnya, dengan anak tangga yang lebih tinggi atau lebih rendah dari biasanya, tapak akan menjadi sangat sempit atau sangat lebar.
Aturan praktis kedua lebih mudah diingat dan telah diadopsi secara umum. Namun, pengujian kombinasi ini menunjukkan bahwa hasilnya adalah anak tangga yang terlalu kecil untuk tangga bertahap, dan terlalu besar untuk tangga yang lebih curam.
Masalahnya adalah rasio mana yang terbaik. Hal ini telah menjadi subjek penelitian yang cukup banyak akhir-akhir ini serta perdebatan yang sengit. Yang menjadi perhatian adalah menemukan kombinasi yang paling kecil kemungkinannya menyebabkan jatuh dan yang lebih nyaman (memerlukan lebih sedikit energi) daripada yang lain. Kombinasi yang membutuhkan energi paling sedikit dan memiliki tingkat kesalahan langkah terendah adalah anak tangga setinggi 4 hingga 7 inci dengan tapak 11 hingga 14 inci.
Kode Bangunan Nasional mengharuskan tinggi anak tangga minimum 4 inci dan anak tangga maksimum 7 inci. Kedalaman tapak minimum adalah 11 inci (yang disebut aturan 7–11). Namun, ada sejumlah pengecualian terhadap aturan ini, salah satunya adalah Use Group R3, hunian tunggal dan multikeluarga. Di sini, tinggi anak tangga maksimum adalah $8^1/_4$ inci, dan kedalaman tapak minimum adalah 9 inci. Kode Bangunan Seragam menetapkan tinggi anak tangga maksimum 8 inci dan lebar tapak minimum 9 inci.

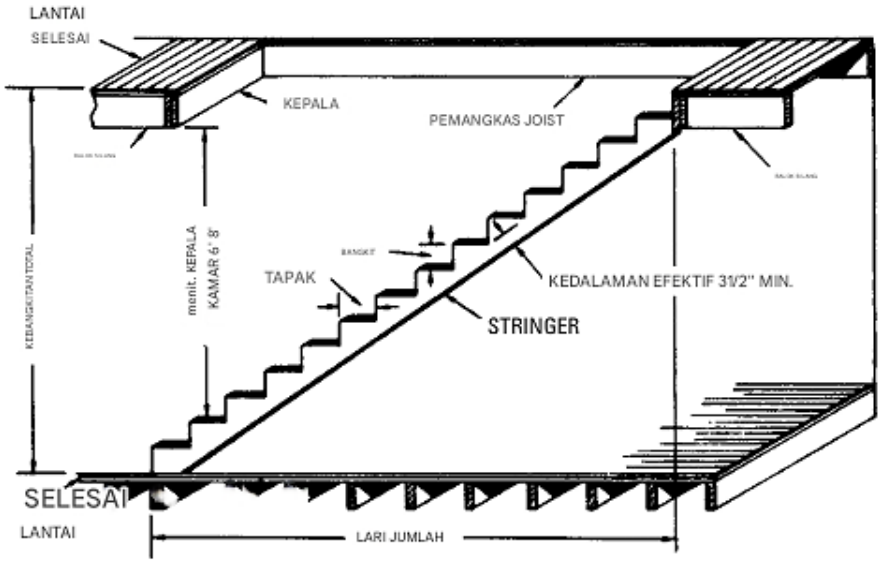
Desain Tangga

Lokasi dan lebar tangga (beserta platform) telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan tinggi anak tangga dan lebar tapak (Gambar 19.1). Setelah tinggi anak tangga yang sesuai dipilih, jarak pasti antara lantai akhir dari dua lantai yang dipertimbangkan

dibagi dengan tinggi anak tangga. Jika jawabannya adalah angka genap, maka jumlah anak tangga ditentukan. Sering kali hasilnya tidak sama, dalam hal ini tinggi lantai dibagi dengan bilangan bulat di atas atau di bawah hasil bagi. Hasil pembagian ini menghasilkan tinggi anak tangga. Tapak kemudian diproporsikan dengan salah satu aturan rasio anak tangga terhadap tapak.

Asumsikan bahwa tinggi total dari satu lantai ke atas lantai berikutnya adalah 9 feet 6 inci (atau 114 inci), dan anak tangga kira-kira berukuran $7^1/_2$ inci. 114 inci akan dibagi dengan $7^1/_2$ inci, yang akan menghasilkan $15^1/_5$ anak tangga. Namun, jumlah anak tangga harus berupa bilangan bulat atau sama. Karena bilangan bulat terdekat adalah 15, dapat diasumsikan bahwa akan ada 15 anak tangga, dalam hal ini 114 dibagi 15 sama dengan 7.6 inci, atau sekitar $7^9/_{16}$ inci untuk tinggi setiap anak tangga. Untuk menentukan lebar tapak, kalikan tinggi anak tangga dengan 2 (2 x $7^9/_{16}$ = $15^1/_8$), dan kurangi dari 25 (25 - $15^1/_8$ = $9^7/_8$ inci).

Mungkin ada lebih banyak pelanggaran kode ruang kepala daripada jenis pelanggaran lainnya. Baik BOCA maupun UBC mensyaratkan jarak bebas ruang kepala minimum 6 feet 8 inci. Semua tangga dan semua bagian tangga, berdasarkan kode BOCA, harus memiliki jarak bebas ruang kepala minimum 6 feet 8 inci. Kode Hunian Satu dan Dua Keluarga Massachusetts CABO mengizinkan tangga ruang bawah tanah memiliki jarak bebas 6 feet 6 inci.



Gambar 19.1 Desain tangga.

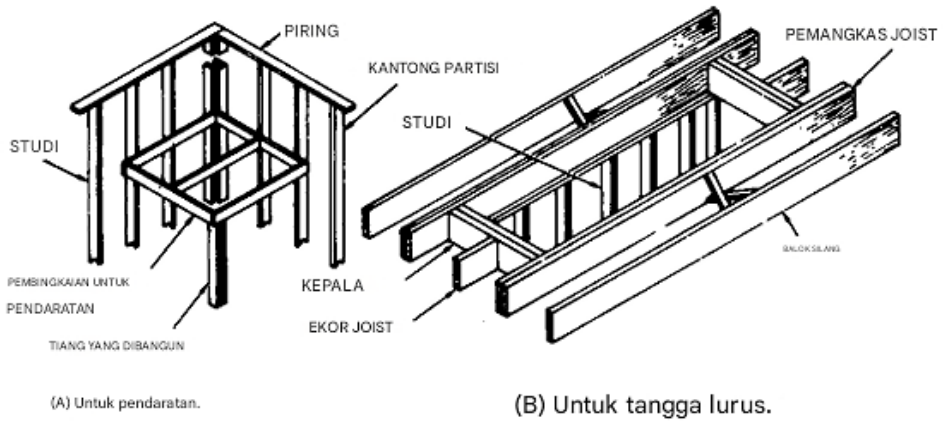
Pembingkaian Tangga

Jika bukaan besar dibuat di lantai (seperti untuk tangga), satu atau lebih balok harus dipotong. Lokasi di lantai memiliki pengaruh langsung pada metode pembingkaian balok.

Anggota rangka di sekitar bukaan untuk tangga umumnya memiliki kedalaman yang sama dengan balok. Gambar 19.2 menunjukkan pembingkaian umum di sekitar tangga dan landasan.

Header adalah balok pendek yang tegak lurus dengan balok biasa di ujung bukaan lantai. Balok ini digandakan. Selain itu, balok ini menyangga ujung balok yang telah dipotong.

Balok pemangkas berada di sisi bukaan lantai dan sejajar dengan balok biasa. Balok ini digandakan dan menyangga ujung header. Balok ekor adalah balok yang membentang dari header ke partisi penyangga.



Gambar 19.2 Rangka tangga.

Tali Pengikat atau Kereta

Tapak dan anak tangga ditopang oleh tali pengikat atau kereta yang terpasang kokoh di tempatnya dan sejajar serta menempel pada rangka bangunan. Tali pengikat dapat dipotong atau dibajak agar sesuai dengan bentuk tapak dan anak tangga. Tali pengikat ketiga harus dipasang di tengah tangga jika tapak kurang dari $1^1/_8$ inci tebalnya dan lebar tangga lebih dari 2 feet 6 inci.

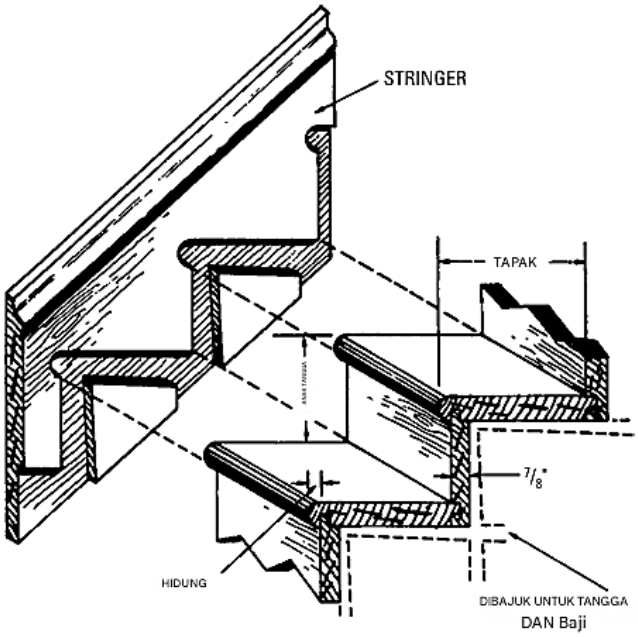
Dalam beberapa kasus, tali pengikat kasar digunakan selama masa konstruksi. Tali pengikat ini memiliki tapak kasar yang dipaku di seluruh tali pengikat untuk memudahkan pekerja hingga pelapis dinding diaplikasikan. Ada beberapa bentuk tali pengikat yang digolongkan menurut metode pemasangan anak tangga dan tapak. Jenis-jenis yang berbeda ini adalah yang dipaku, dipotong, dibuat, dan dibuat dengan rabbet.

Setelah pelapis dinding selesai, tangga yang sudah jadi didirikan atau dibangun di tempatnya. Pekerjaan ini umumnya dilakukan oleh pembuat tangga, yang sering kali bekerja sebagai anggota dari bidang khusus yang terpisah. Tali pengikat dinding dapat dibajak (atau dibuat rabbet), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.3, sesuai dengan profil tapak, anak tangga, dan nosing, dengan ruang yang cukup di bagian belakang untuk menampung irisan. Bagian atas anak tangga dilidah ke bagian depan tapak dan ke bagian bawah anak tangga berikutnya.

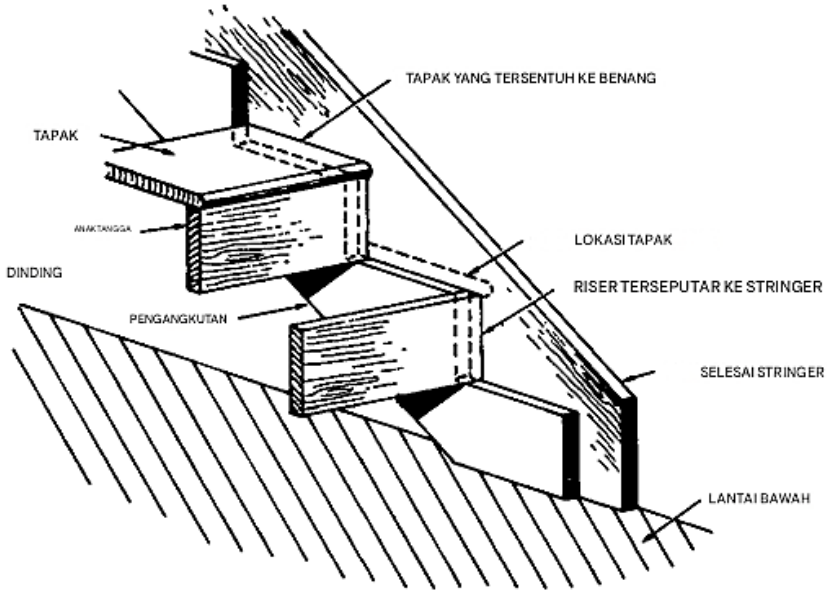
Tali pengikat dinding dipaku ke bagian dalam dinding, dan tapak serta anak tangga dipasang bersama dan dipaksa ke nosing tali pengikat dinding, di mana keduanya dikencangkan dengan cara memaku dan merekatkan irisan kayu di belakangnya. Tali pengikat dinding terlihat di atas profil tapak dan anak tangga sebagai lapisan akhir pada dinding, dan sering dibuat terus menerus dengan papan dasar pendaratan atas dan bawah. Jika tali pengikat luar adalah tali pengikat terbuka, tali tersebut dipotong agar sesuai dengan anak tangga dan tapak, dan dipaku pada kereta luar. Tepi anak tangga disambung dengan tepi tali pengikat yang

sesuai, dan ujung tapak dikembalikan pada tepi luarnya di sepanjang permukaan tali pengikat. Metode lain adalah dengan menempelkan tali pengikat ke anak tangga dan menutupi sambungan dengan braket tangga yang murah.

Gambar 19.4 memperlihatkan tali pengikat akhir yang dipaku pada posisinya di dinding, dan rangka kasar dipaku pada tempatnya terhadap tali pengikat. Jika ada dinding di kedua sisi tangga, tali pengikat dan rangka lainnya akan ditempatkan dengan cara yang sama. Anak tangga dipaku pada potongan anak tangga kereta di setiap sisi dan menempel pada setiap sisi tali pengikat. Tapak dipaku pada potongan tapak kereta dan menempel pada tali pengikat. Ini adalah jenis yang paling murah dari yang dijelaskan dan mungkin konstruksi terbaik untuk digunakan saat tapak dan anak tangga akan dipaku pada kereta.

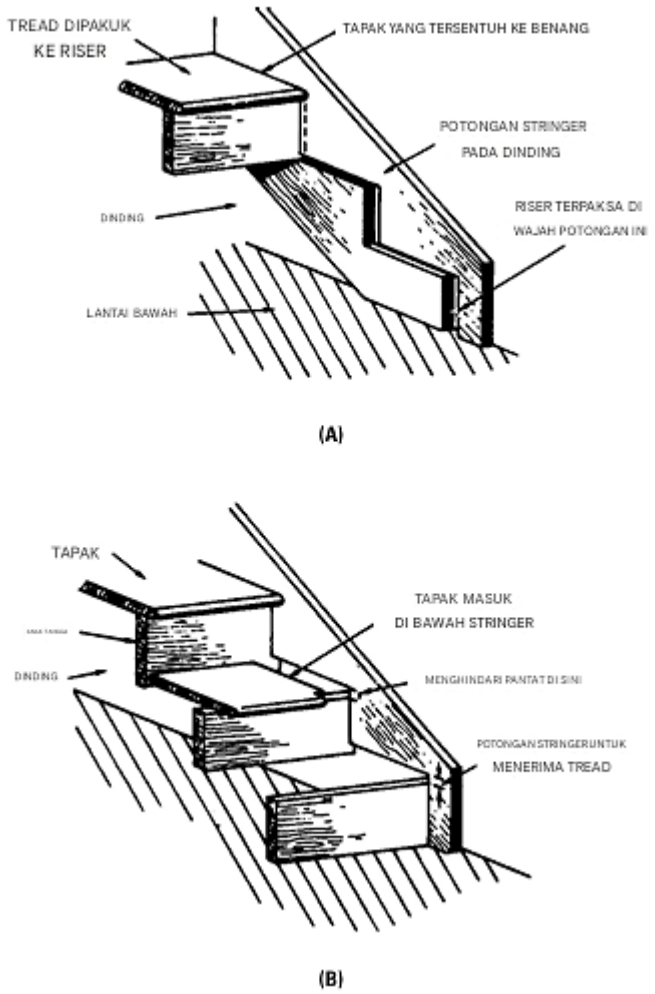


Gambar 19.3 Rumah pada papan pengikat untuk tapak dan anak tangga.



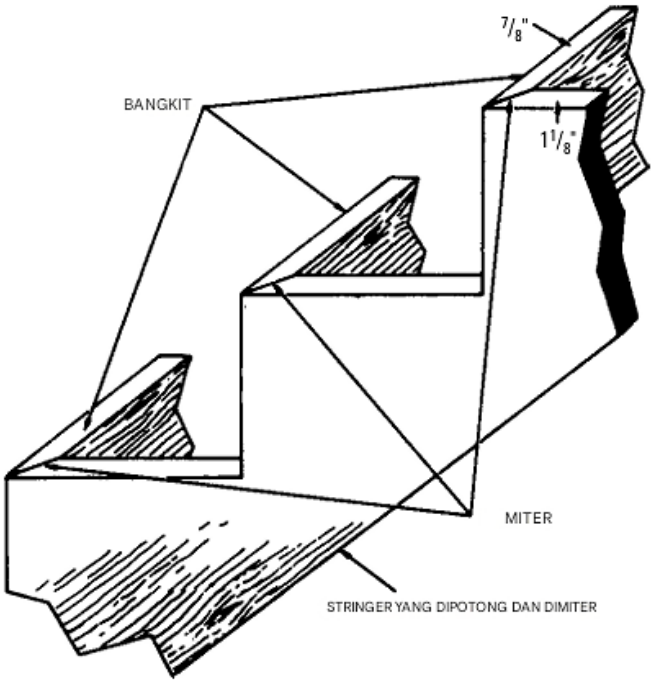
Gambar 19.4 Penyangga dinding dan kereta yang sudah jadi.

Metode lain untuk memasang tapak dan anak tangga pada penyangga dinding ditunjukkan pada Gambar 19.5A. Penyangga diletakkan dengan anak tangga dan alur yang sama seperti kereta tangga, tetapi dipotong secara terbalik. Anak tangga disambung dan dipaku pada potongan anak tangga penyangga dinding, dan penyangga dan anak tangga yang sudah dirakit diletakkan di atas kereta. Terkadang tapak dibiarkan berada di bawah potongan tapak penyangga. Hal ini mengharuskan pembuatan takik pada tapak di ujung agar pas dengan penyangga, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.5B.

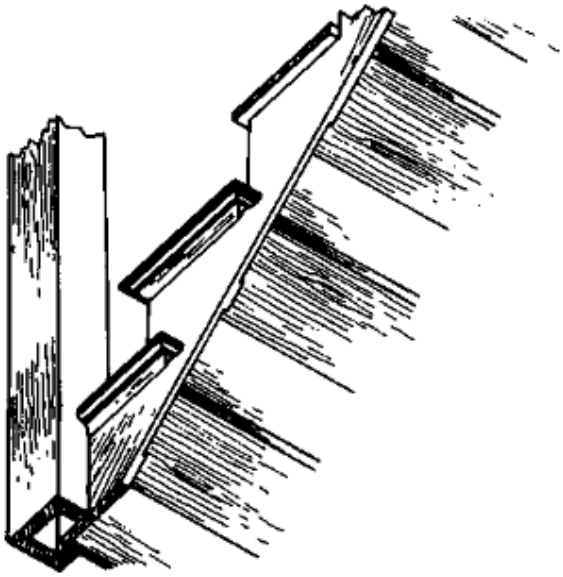


Gambar 19.5 Tali pengikat dan tapak.

Bentuk penyangga lainnya adalah tipe potong dan sambung. Ini adalah bentuk penyangga terbuka di mana ujung anak tangga disambungkan dengan bagian vertikal penyangga. Konstruksi ini ditunjukkan pada Gambar 19.6 dan digunakan saat penyangga luar akan disambung dan harus menyatu dengan casing atau papan pinggir lainnya. Cetakan dipasang pada tepi tapak dan dibawa ke samping, sehingga terbentuk tumpang tindih seperti ditunjukkan pada Gambar 19.7.



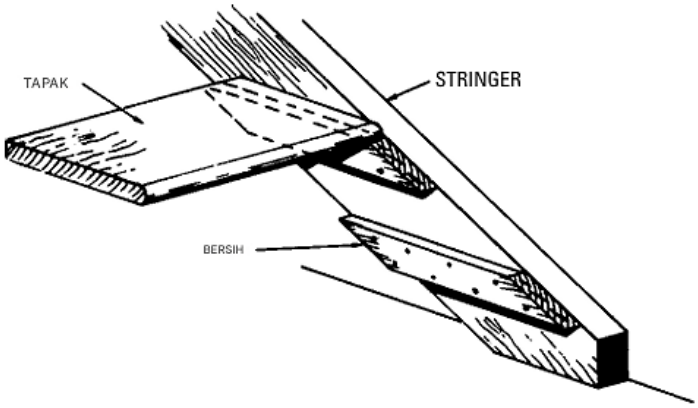
Gambar 19.6 Tali pengikat yang dipotong dan disambung.



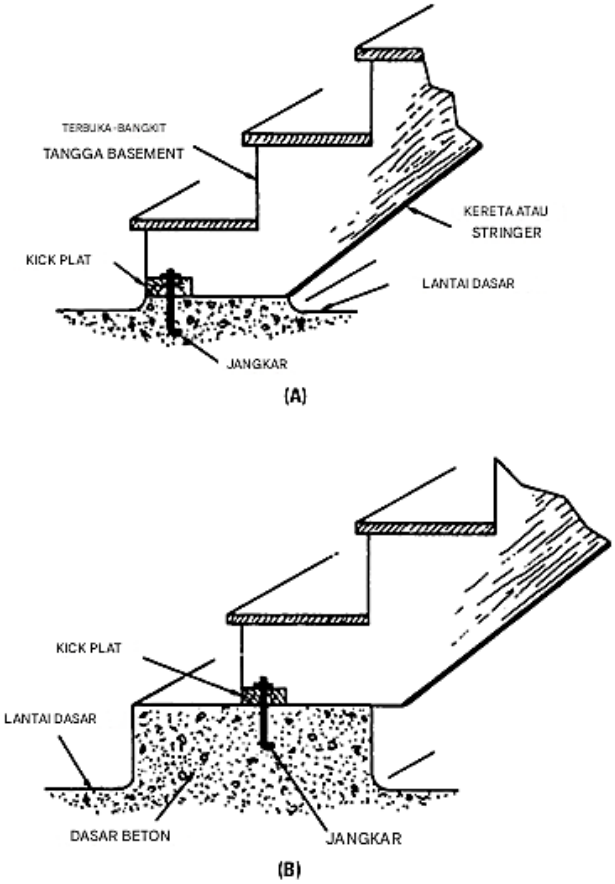
Gambar 19.7 Penggunaan molding pada tepi tapak.

Tangga Ruang Bawah Tanah

Tangga ruang bawah tanah dapat dibangun dengan atau tanpa papan anak tangga. Tali pengikat yang dipotong mungkin merupakan penopang yang paling banyak digunakan untuk anak tangga, tetapi anak tangga dapat diikat ke tali pengikat dengan penjepit, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.8. Gambar 19.9 menunjukkan dua metode untuk mengakhiri tangga ruang bawah tanah di garis lantai.



Gambar 19.8 Tali pengikat yang digunakan di tangga ruang bawah tanah.

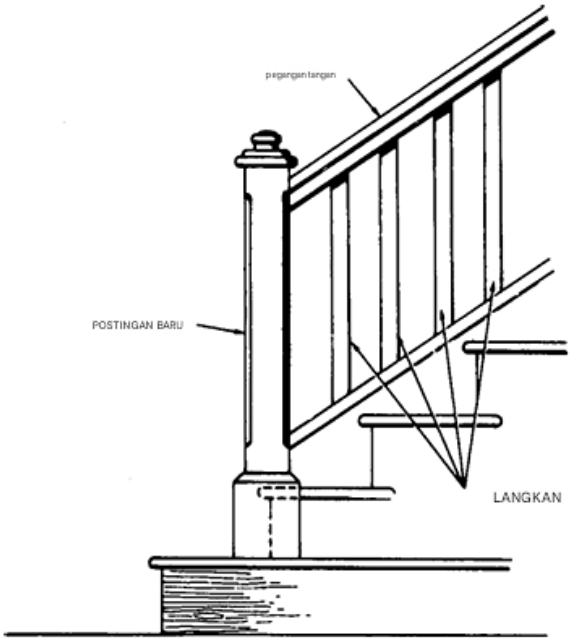


Gambar 19.9 Ujung tangga basement pada garis lantai.

Newel dan Pegangan Tangga

Semua tangga harus memiliki pegangan tangga dari lantai ke lantai. Untuk tangga tertutup, rel dipasang ke dinding dengan braket logam yang sesuai. Rel harus dipasang minimal 2 feet 10 inci (34 inci), dan maksimal 3 feet 2 inci (38 inci) di atas tapak pada garis anak tangga. Pegangan tangga dan langkan digunakan untuk tangga terbuka dan untuk ruang terbuka di sekitar tangga. Pegangan tangga berakhir pada tiang newel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.10.

Tangga harus ditata sedemikian rupa sehingga bagian-bagian stok dapat digunakan untuk newel, rel, langkan, leher angsa, dan belokan. Bagian-bagian ini adalah masalah desain dan tampilan, jadi mungkin sangat polos atau rumit, tetapi harus sesuai dengan gaya rumah. Baluster disambung dengan pasak atau ekor burung ke dalam tapak dan, dalam beberapa kasus, ditutupi oleh sambungan balik. Tiang baru harus ditambatkan dengan kuat, dan jika tiang baru setengah terpasang pada dinding, penghalang harus disediakan pada saat dinding dibingkai.

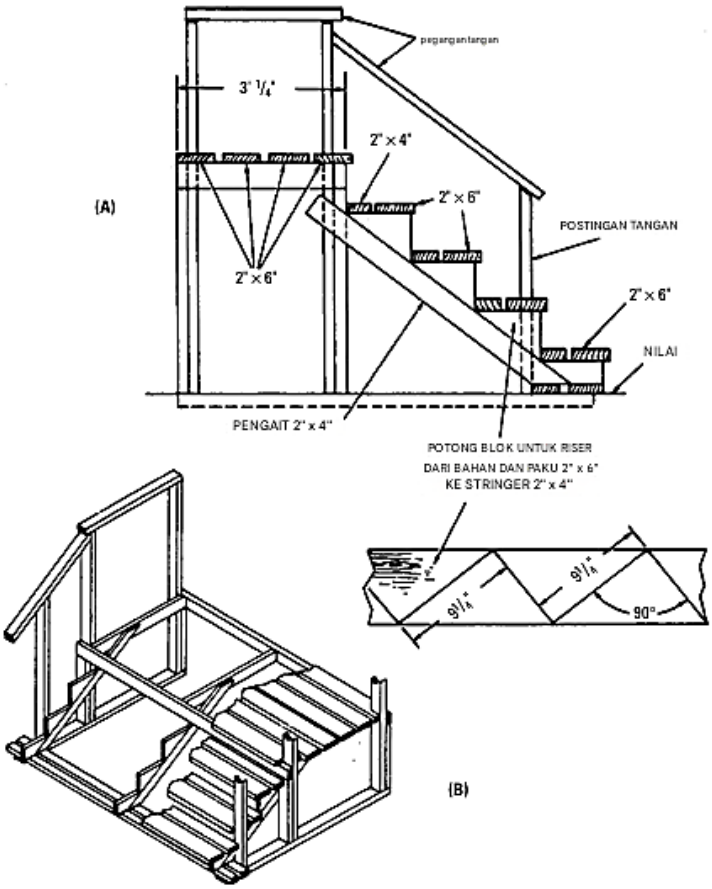


Gambar 19.10 Tiang baru, langkan, dan pegangan tangan.

Tangga Eksterior

Proporsi anak tangga dan tapak dalam menata anak tangga teras atau pendekatan ke teras harus dipertimbangkan dengan saksama seperti desain tangga interior. Namun, rasio anak tangga dan tapak yang sama dapat digunakan. Anak tangga yang digunakan pada anak tangga eksterior utama harus antara 6 dan 7 inci. Kebutuhan akan dukungan atau fondasi yang baik untuk anak tangga luar sering kali diabaikan.

Jika anak tangga kayu digunakan, anak tangga paling bawah harus dipasang dengan beton. Jika anak tangga terletak di atas timbunan tanah atau tanah terganggu, fondasi harus dibawa ke tanah yang tidak terganggu. Gambar 19.11 menunjukkan fondasi dan detail tapak anak tangga, pegangan tangan, dan pengikat serta metode pemasangannya. Jenis tangga ini paling umum digunakan pada konstruksi lapangan dan tangga teras luar. Bahan yang umumnya digunakan untuk konstruksi tangga jenis ini adalah papan 2 × 4 dan 2 × 6.

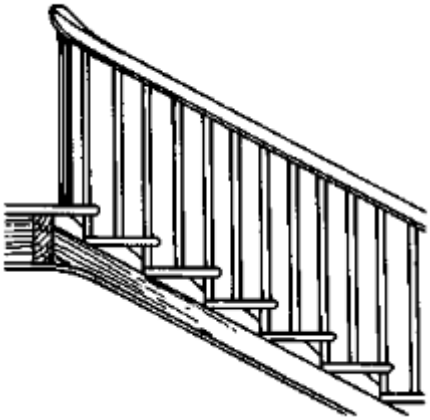


Gambar 19.11 Konstruksi anak tangga luar.

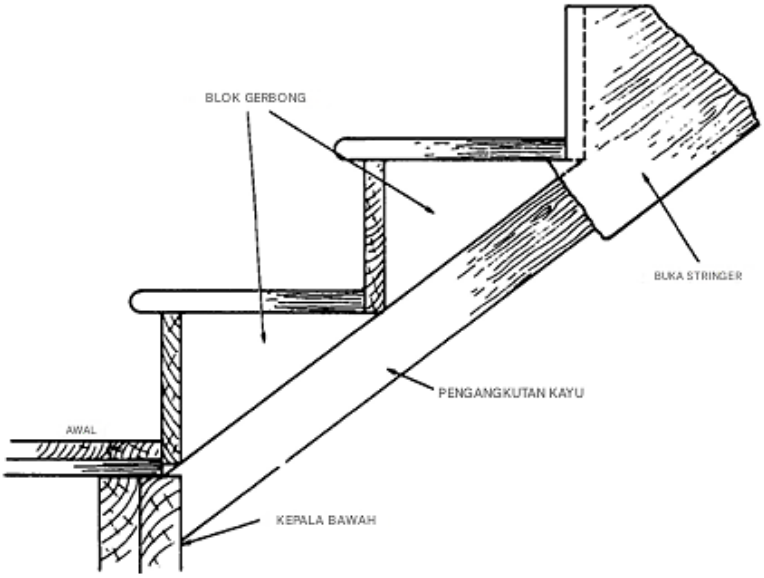
19.2 GLOSARIUM ISTILAH TANGGA

Istilah yang umumnya digunakan dalam desain tangga dapat didefinisikan sebagai berikut.

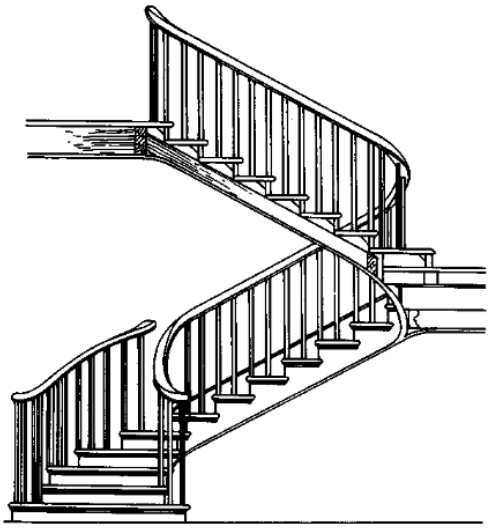
- Langkan—Anggota vertikal yang menyangga pegangan tangan pada tangga terbuka (Gambar 19.12).
- Kereta—Kayu kasar yang menyangga tapak dan anak tangga tangga kayu yang terkadang disebut tali atau pengikat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.13.
- Tangga melingkar—Tangga dengan anak tangga yang direncanakan dalam bentuk lingkaran, semua anak tangganya berkelok-kelok (Gambar 19.14).
- Tangga tingkat—Rangkaian anak tangga yang mengarah dari satu landasan ke landasan lainnya.
- Tali depan—Tali depan adalah sisi tangga tempat pegangan tangan diletakkan.
- Fillet—Pita yang dipaku pada permukaan tali depan di bawah lengkungan dan memanjang selebar tapak.
- Flyers—Tangga yang sejajar satu sama lain.



Gambar 19.12 Baluster yang menyangga pegangan tangan.

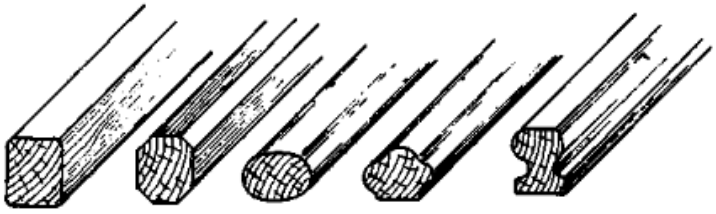


Gambar 19.13 Blok kereta yang terhubung ke tali tangga.

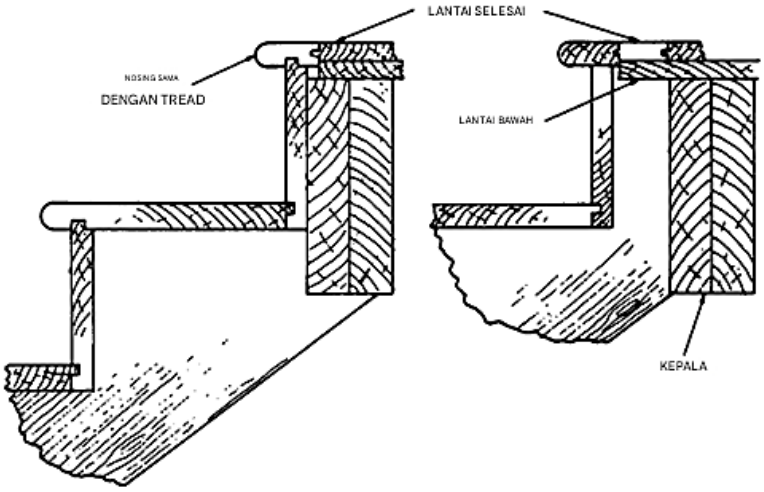


Gambar 19.14 Tangga melingkar yang umum.

- Half-space—Interval antara dua anak tangga di tangga.
- Pegangan tangan—Bagian akhir teratas pada pegangan tangan yang dimaksudkan untuk dipegang oleh tangan saat naik dan turun. Untuk tangga tertutup yang tidak memiliki pegangan tangan, pegangan tangan dipasang ke dinding dengan braket. Berbagai bentuk pegangan tangan ditunjukkan pada Gambar 19.15.
- Rumah—Rumah memiliki lekukan pada papan tali tangga untuk menerima anak tangga.
- Pendaratan—Lantai di bagian atas atau bawah setiap lantai tempat tangga berakhir atau dimulai.
- Newel—Tiang utama pagar di awal tangga dan tiang pengaku di sudut dan platform.
- Nosing—Proyeksi tapak di luar muka anak tangga (Gambar 19.16).
- Rise—Jarak vertikal antara tapak atau untuk seluruh tangga.

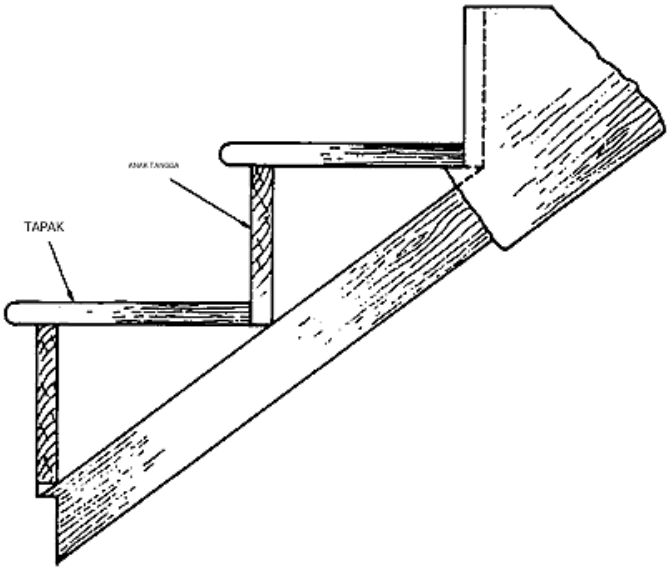


Gambar 19.15 Berbagai bentuk pegangan tangan.



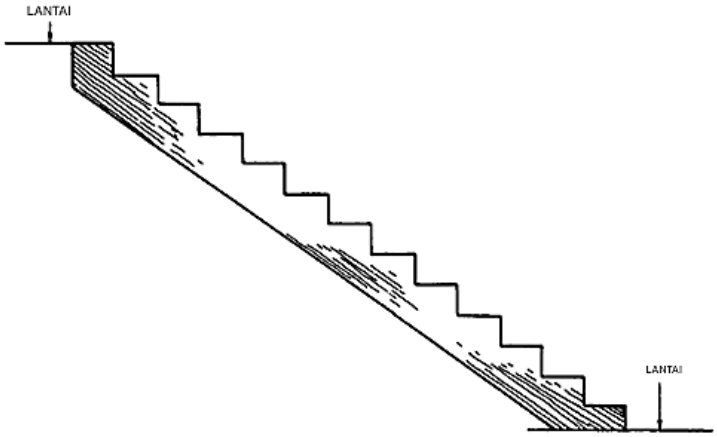
Gambar 19.16 Nosing yang dipasang pada tapak.

- Riser—Papan yang membentuk bagian vertikal bagian depan anak tangga (Gambar 19.17).
- Run—Total panjang tangga termasuk platform disebut run.
- Tangga—Anak tangga yang digunakan untuk naik dan turun dari satu lantai ke lantai lainnya.

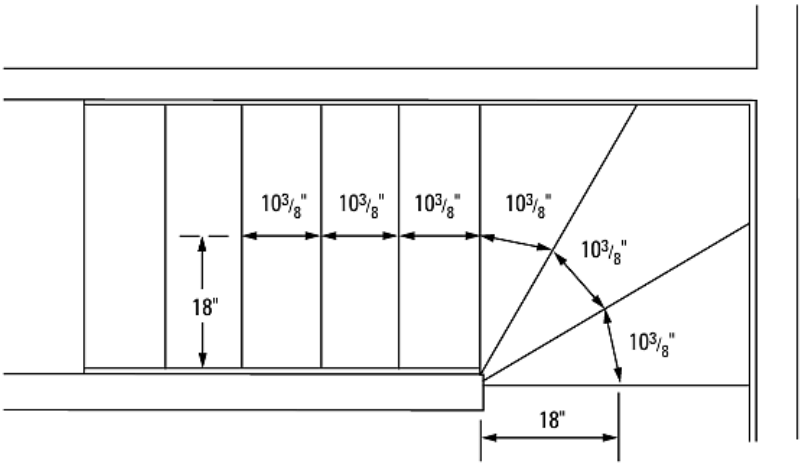


Gambar 19.17 Tapak dan anak tangga.

- Tangga—Seluruh rangkaian tangga dengan anggota sisi yang menyokong anak tangga.
- Tangga lurus—Satu anak tangga yang anak tangganya sejajar dan tegak lurus dengan tali disebut sebagai tangga lurus.
- Tali atau stringer—Salah satu sisi miring tangga yang menyokong tapak dan anak tangga. Selain itu, anggota serupa (baik penyangga atau bukan), seperti stok akhir yang ditempatkan di bagian luar kereta pada tangga terbuka dan di samping dinding pada tangga tertutup, untuk memberikan lapisan akhir pada tangga. Tali pengikat terbuka, baik stok kasar maupun akhir, dipotong mengikuti garis tapak dan anak tangga. Tali pengikat tertutup memiliki sisi paralel, dengan anak tangga dan anak tangga ditempatkan di dalamnya (Gambar 19.18).
- Tapa—Permukaan horizontal anak tangga adalah tapak, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.17.
- Tangga berliku—Tapak yang memancar atau berbentuk baji. Tapak berada di belokan tangga (Gambar 19.19).



Gambar 19.18 Tali pengikat tangga.



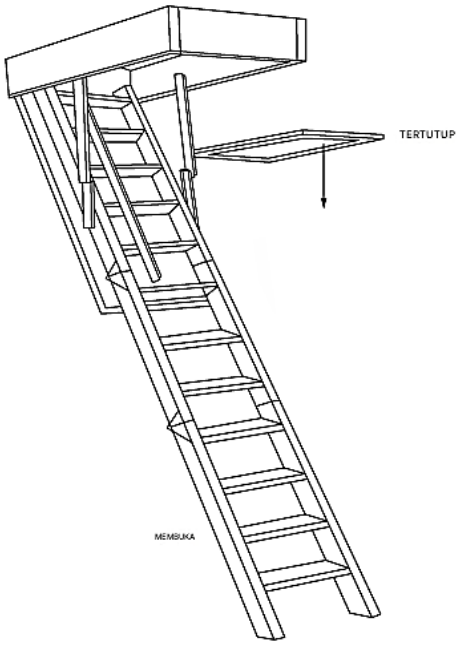
Gambar 19.19 Pada tangga berliku, lebar tapak harus sama pada jalur utama.

19.3 TANGGA YANG HILANG

Jika loteng digunakan terutama untuk penyimpanan, dan jika ruang untuk tangga tetap tidak tersedia, tangga berengsel atau hilang sering digunakan. Tangga seperti itu dapat dibeli dalam keadaan siap dipasang. Tangga tersebut beroperasi melalui bukaan di langit-langit aula dan berayun ke atas ke ruang loteng, tidak menghalangi saat tidak digunakan. Jika tangga seperti itu akan disediakan, lantai loteng harus dirancang untuk beban lantai biasa (Gambar 19.20).

Tangga Lipat

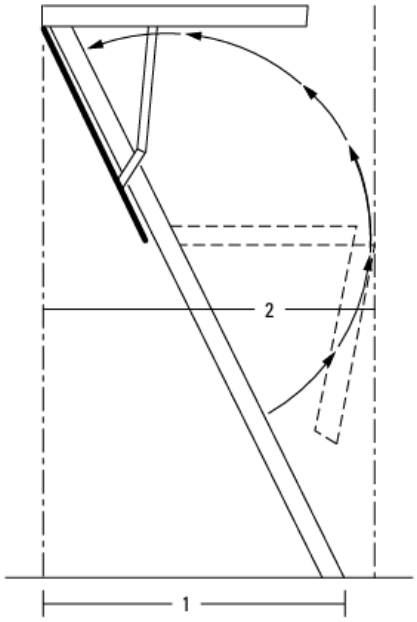
Tangga lipat memiliki sejumlah kegunaan. Tangga ini digunakan untuk mencapai loteng, tetapi dapat dilipat dan disingkirkan saat tidak digunakan. Tangga lipat juga berguna saat diperlukan untuk mengakses area mana pun, tetapi tidak ada cukup ruang untuk tangga permanen. Lihat Gambar 19.20.



Gambar 19.20 Tangga lipat yang sudah diperpanjang sepenuhnya.

Menempatkan Tangga

Berikan ruang yang cukup untuk area pendaratan yang aman di bagian bawah tangga. Pastikan ada jarak yang cukup untuk ayunan tangga saat dibuka hingga panjang penuh (Gambar 19.21).



PEMBUKAAN KASAR	TINGGI PLAFON	RUANG PENDARATAN (1)
22 x 48''	8'5''	59"
22 x 54''	8'9''	67"
22 x 54''	10'	73"
*22 x 60''	8'9''	67"
*22 x 60''	10'	73"
25½ x 48''	8'5"	59"
25½ x 54''	8'9"	67"
25½ x 54''		73"
*25½ x 60''	8'9"	67"
*25½ x 60''	10'	73"
**30 x 54''	8'9''	67"
**30 x 54''	10'	73"
**30 x 60''	8'9"	67"
**30 x 60''	10'	73"

Gambar 19.21 Ruang yang dibutuhkan untuk tangga.

Membuat Bukaan Kasar

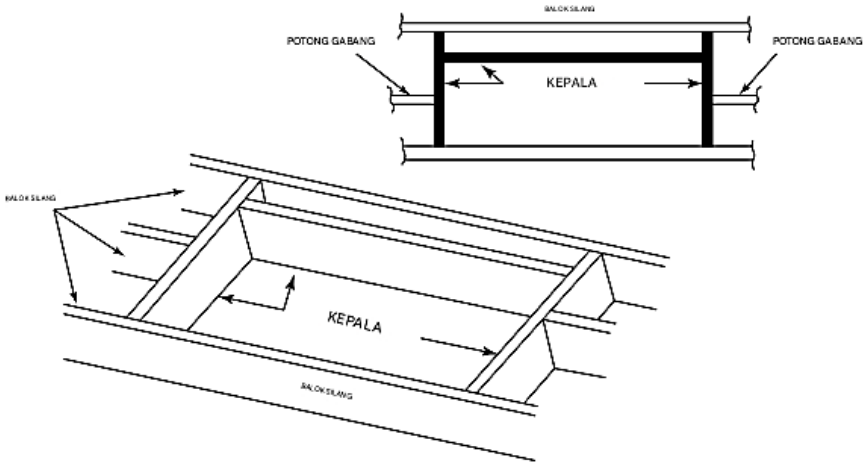
Potong dan rangkai bukaan kasar melalui plester atau material langit-langit dengan ukuran yang sama seperti yang ditunjukkan pada karton. Umumnya, ukuran bukaan kasar tangga, seperti yang tercantum pada karton, akan lebih panjang $^1/_2$ inci dari ukuran bersih tangga yang sebenarnya. Ini memungkinkan untuk memasang ganjal dan meluruskan tangga di bukaan.

Dalam kebanyakan kasus, tangga dipasang sejajar dengan balok langit-langit (Gambar 19.22). Namun, dalam beberapa kasus, tangga harus dipasang tegak lurus dengan balok langit-langit (Gambar 19.23).

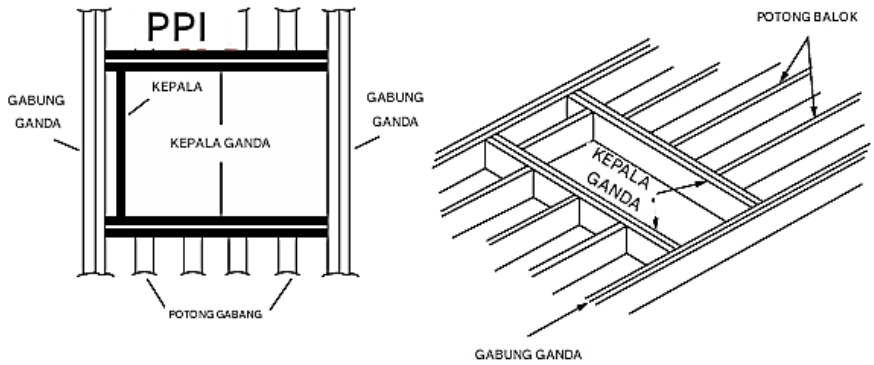
Jika rumah menggunakan rangka atap, jangan memotong balok langit-langit tanpa konsultasi dan persetujuan teknisi. Jika perlu memotong balok langit-langit atau kabel rangka, perhatikan kabel listrik dan pastikan untuk mengikat bagian yang dipotong ke balok atau rangka lainnya dengan tajuk 2 x 6 atau 2 x 8 yang membentuk rangka atau tangga bersisi empat untuk memasang tangga. Jaga agar sudut-sudutnya tetap persegi untuk menyederhanakan pemasangan. Gambar 19.22 dan Gambar 19.23 menunjukkan rangka yang harus dibangun sebelum memasang tangga jika tangga dipasang setelah rumah dibangun. Area yang gelap menunjukkan rangka yang diperlukan sebelum memasang tangga.

Gambar 19.22 dan Gambar 19.23 menunjukkan cara membingkai bukaan kasar untuk tangga. Pemasangan yang sejajar dengan balok yang sudah ada hanya memerlukan balok

tunggal dan kepala balok. Pemasangan yang tegak lurus dengan balok memerlukan kepala balok dan balok ganda. Buat balok langit-langit dan bagian kepala balok dari kayu berukuran sama dengan balok yang sudah ada. Saat membuat kepala balok ganda, kencangkan anggota bersama-sama dengan paku biasa 10d. Bagian balok ganda yang ditunjukkan pada Gambar 19.23 harus cukup panjang untuk disangga oleh dinding penahan beban di kedua ujungnya.



Gambar 19.22 Membingkai penyangga untuk tangga.



Gambar 19.23 Bukaan kasar untuk tangga.

Penyangga Sementara untuk Tangga

Penting untuk menahan tangga di bukaan kasar yang telah disiapkan dengan menggunakan papan sementara yang memanjang melintasi lebar bukaan kasar dan membentuk langkan $^1/_2$ inci di ujung engsel utama dan langkan $^7/_8$ inci di ujung tali tarik. Papan-papan ini harus dipaku dengan cukup kuat untuk menahan beban di bukaan kasar.

Menempatkan Tangga di Bukaan Kasar

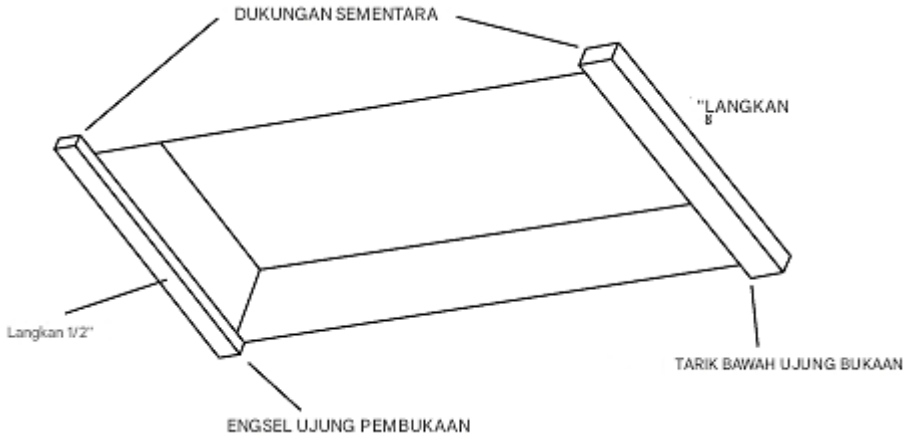
Angkat tangga ke loteng dengan memutarnya ke samping. Tarik ke atas melalui bukaan kasar lalu turunkan dengan hati-hati hingga ujung engsel bertumpu pada langkan $^1/_2$ inci dan ujung tali penarik bertumpu pada langkan $^7/_8$ inci (Gambar 19.24). Ini dapat dilakukan dari atas loteng sementara seorang pembantu di lantai diperlukan untuk menurunkan bagian tangga agar tidak menghalangi untuk memaku rangka tangga ke rangka bukaan kasar. Sebagai

pengaman tambahan agar tangga tidak jatuh melalui bukaan kasar, sebaiknya kencangkan dengan beberapa paku biasa 8d yang ditancapkan melalui rangka tangga ke rangka bukaan kasar untuk membantu menahan tangga di tempatnya. Jangan tancapkan paku ini ke dalam karena dapat dilepas setelah paku permanen selesai.

Pastikan tangga berbentuk persegi dan rata di bukaan kasar. Balok kayu dapat digunakan sebagai ganjal untuk meluruskan rangka tangga jika rangka tersebut melengkung di inventaris. Hal ini normal karena bagian-bagian kayu ini mengalami tegangan pegas yang kuat terkadang beberapa bulan sebelum pemasangan, tetapi dapat diluruskan dengan penggunaan paku dan ganjal.

Langkah selanjutnya adalah menurunkan tangga dan membuka bagian-bagian tangga. Jangan berdiri di tangga saat ini. Gunakan tangga lipat atau tangga ekstensi.

Paku sisi (kusen) tangga ke rangka bukaan kasar menggunakan paku 16d atau sekrup kayu 3 inci. Lubang disediakan di pelat poros dan header utama. Paku juga melalui engsel utama ke header bukaan kasar, lalu selesaikan pemasangan paku permanen dengan memaku paku 16d secukupnya untuk mengencangkan tangga dengan aman ke keempat sisi bukaan. Lepaskan bilah sementara dan paku akhir 8d yang digunakan untuk penyangga sementara.



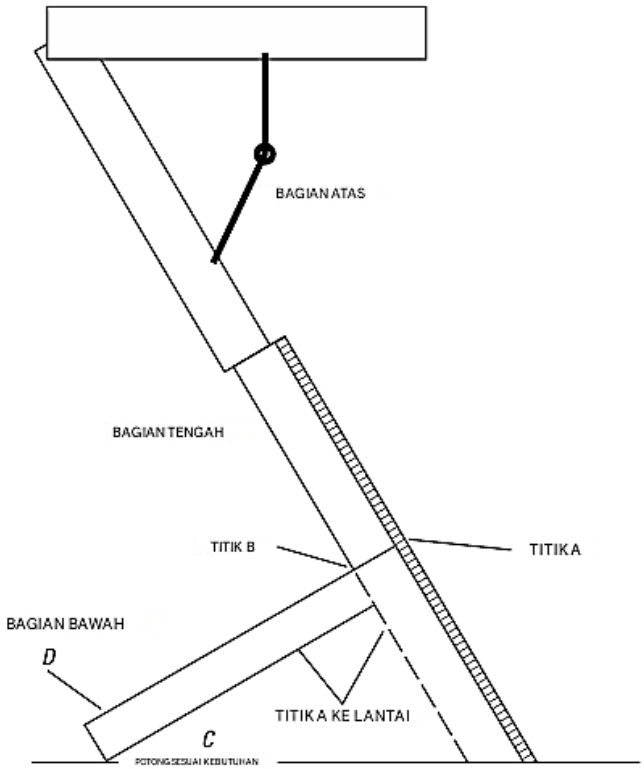
Gambar 19.24 Penempatan dukungan sementara.

Penyetelan

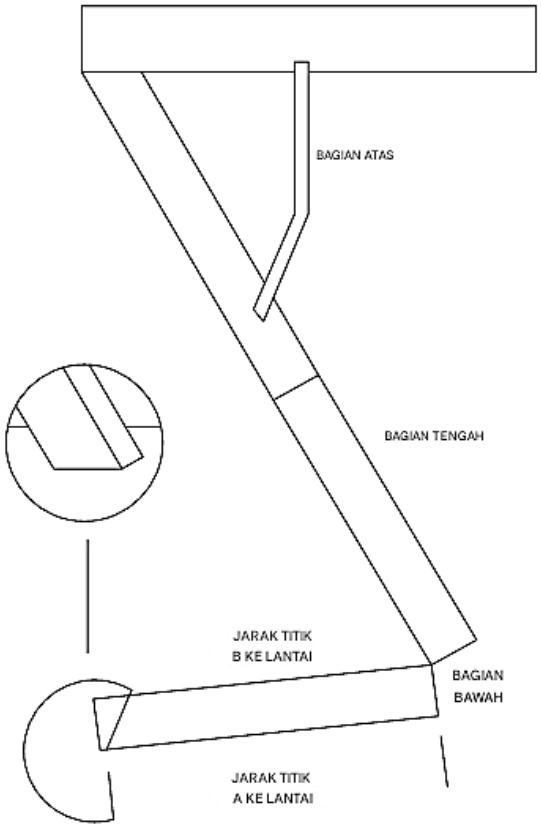
Tarik tangga ke bawah. Buka bagian tangga, lipat bagian bawah di bawah bagian tengah sehingga bagian atas dan tengah membentuk garis lurus (Gambar 19.25). Berikan tekanan sehingga lengan perangkat keras terentang sepenuhnya. Pertahankan tekanan ini dan gunakan penggaris yang diletakkan di atas bagian tengah (Gambar 19.25). Geser penggaris ke bawah hingga menyentuh lantai.

Ukur dari titik A ke lantai. Sekarang catat bagian atas bagian bawah C. Dengan menggunakan prosedur yang sama, ukur sisi bawah B ke lantai. Kemudian, catat di sisi bawah D. Potong dari C ke D (Gambar 19.25). Area pendaratan mungkin tidak rata karena saluran pembuangan lantai, lantai tidak rata, atau alasan lainnya. Pastikan untuk mengukur kedua sisi bagian bawah menggunakan prosedur ini. Bagian bawah harus pas dengan lantai di kedua sisi setelah dipotong (Gambar 19.26 dan Gambar 19.27). Semua sambungan harus kencang di

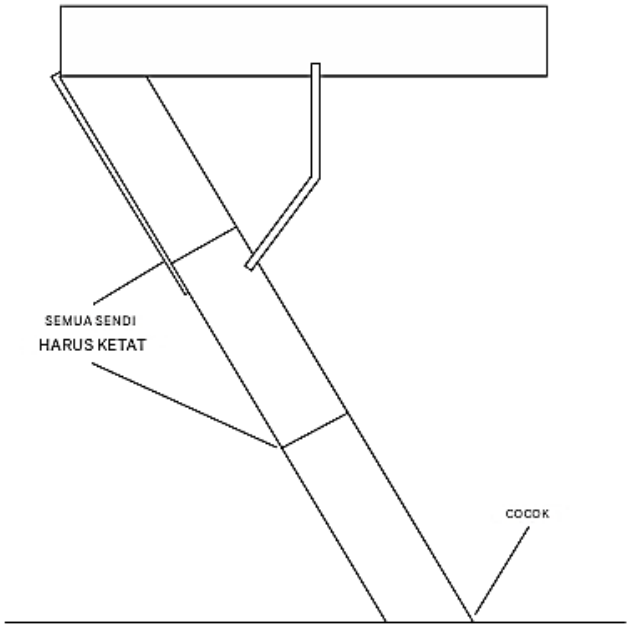
setiap bagian dengan beban di tangga (Gambar 19.27).



Gambar 19.25 Mengukur bagian bawah untuk pemasangan lantai.

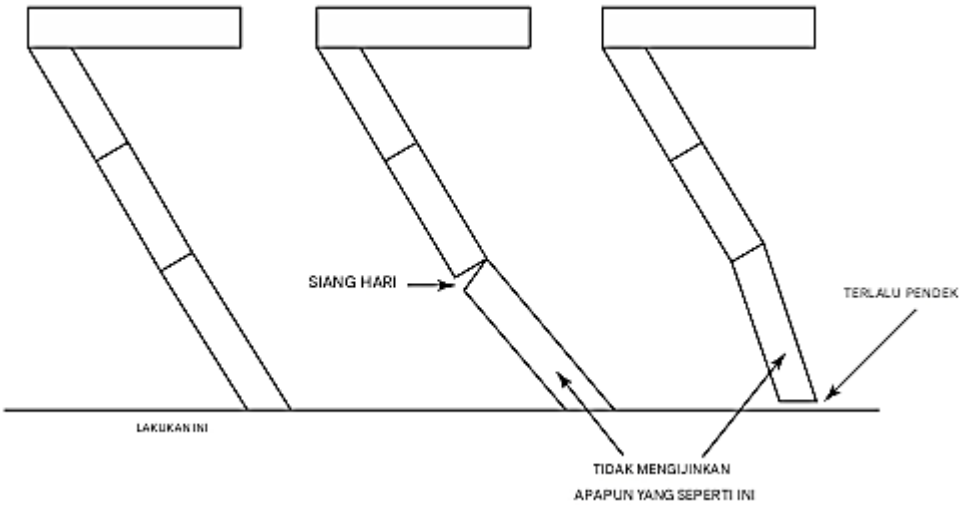


Gambar 19.26 Pengukuran bagian bawah untuk pemotongan.

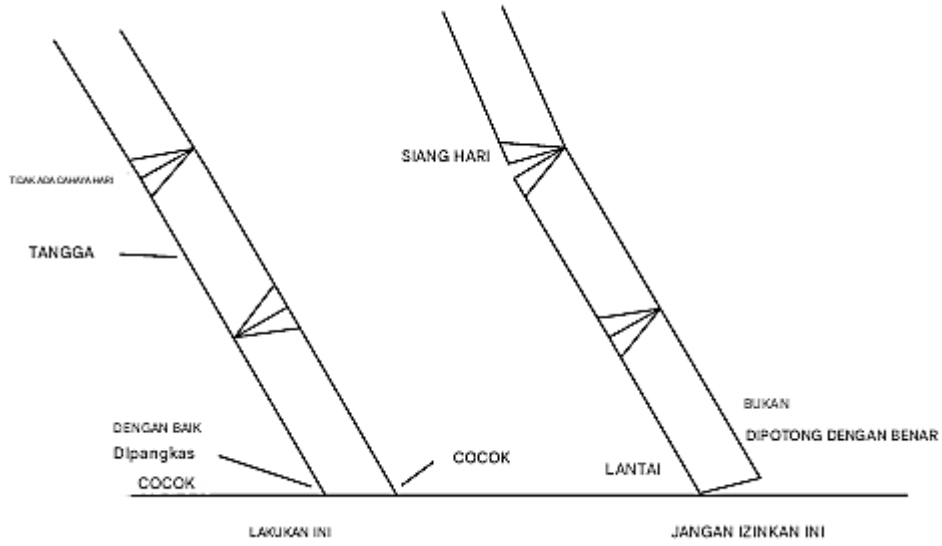


Gambar 19.27 Semua sambungan harus terpasang erat dan pas harus terlihat di lantai.

Jika tangga terpasang dengan benar, berdirilah di anak tangga kedua bagian bawah. Pastikan tangga miring dari langit-langit ke lantai dan semua bagian tangga berada dalam garis lurus sepenuhnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.28. Ini harus terjadi setiap kali tangga digunakan. Kaki tangga yang berada di lantai harus selalu dirapikan sehingga setiap bagian kaki atau bagian bawah tangga selalu pas dengan lantai dan berada dengan kuat dan nyaman di lantai (Gambar 19.29). Kegagalan untuk melakukannya dapat menimbulkan tekanan yang tidak semestinya pada komponen tangga dan menyebabkan tangga patah.



Gambar 19.28 Pemotongan yang tepat dan tidak tepat.



Gambar 19.29 Pemasangan lantai yang benar dan salah.

Hal ini dapat menyebabkan cedera. Gambar 19.20 menunjukkan unit yang telah selesai.

Ringkasan

Tangga harus dirancang, diatur, dan dipasang agar aman, memiliki ruang kepala yang cukup, dan ruang untuk perabotan. Ada tiga aturan umum yang digunakan untuk menentukan rasio anak tangga dengan ulir. Ruang kepala harus minimal 6 kaki 8 inci menurut kode BOCA. Semua tangga harus memiliki pegangan tangan dari lantai ke lantai. Untuk tangga tertutup, rel dipasang ke dinding dan dengan braket logam yang sesuai. Tangga harus ditata sedemikian rupa sehingga komponen standar dapat digunakan untuk newel, rel, baluster, gooseneck, dan turnout.

Bagian-bagian tangga dan definisi bagian-bagian diberikan untuk membantu tukang kayu memastikan istilah yang tepat digunakan saat membahas pekerjaan.

Latihan Soal

1. Bagaimana tangga harus dirancang?
2. Berapa jarak bebas kepala minimum tangga?
3. Apa yang dimaksud dengan anak tangga?
4. Apa yang dimaksud dengan tapak?
5. Berapa rasio yang tepat antara anak tangga dengan tapak?
6. Apa yang dimaksud dengan baluster?
7. Apa yang dimaksud dengan tali pengikat?
8. Di mana tangga yang menghilang digunakan?
9. Apa yang dimaksud dengan newel?
10. Apa yang dimaksud dengan kereta?

BAB 20
LANTAI

Beragam jenis lantai tersedia, masing-masing memiliki sifat yang sesuai untuk penggunaan tertentu. Dari sifat-sifat ini, daya tahan dan kemudahan pembersihan sangat penting dalam semua kasus. Persyaratan layanan khusus mungkin memerlukan sifat-sifat khusus, seperti berikut ini:

- Tahan terhadap keausan keras di gudang dan di platform pemuatan
- Kenyamanan bagi pengguna di kantor dan toko
- Penampilan menarik, yang selalu diinginkan di tempat tinggal

Baik kayu keras maupun kayu lunak tersedia sebagai lantai strip dalam berbagai lebar dan ketebalan, serta papan lebar acak, parket, dan lantai blok. Bahan-bahan lain termasuk yang disebutkan sebelumnya. Lantai yang tampak seperti kayu keras tersedia saat ini dalam bentuk laminasi. Lantai tersebut memiliki alas Masonite dengan reproduksi fotografis pola serat yang dilaminasi padanya. Lantai tersebut kemudian diproses menjadi strip selebar sekitar 4 inci dan dapat diaplikasikan dengan menempelkannya ke lapisan bawah, atau dibiarkan mengambang dan diamankan di tempatnya di sisi dan ujung ruangan.

20.1 LANTAI KAYU STRIP

Kayu lunak yang paling umum digunakan untuk lantai adalah pinus kuning selatan, cemara Douglas, kayu merah, larch Barat, dan hemlock Barat. Merupakan kebiasaan untuk membagi kayu lunak menjadi dua kelas:

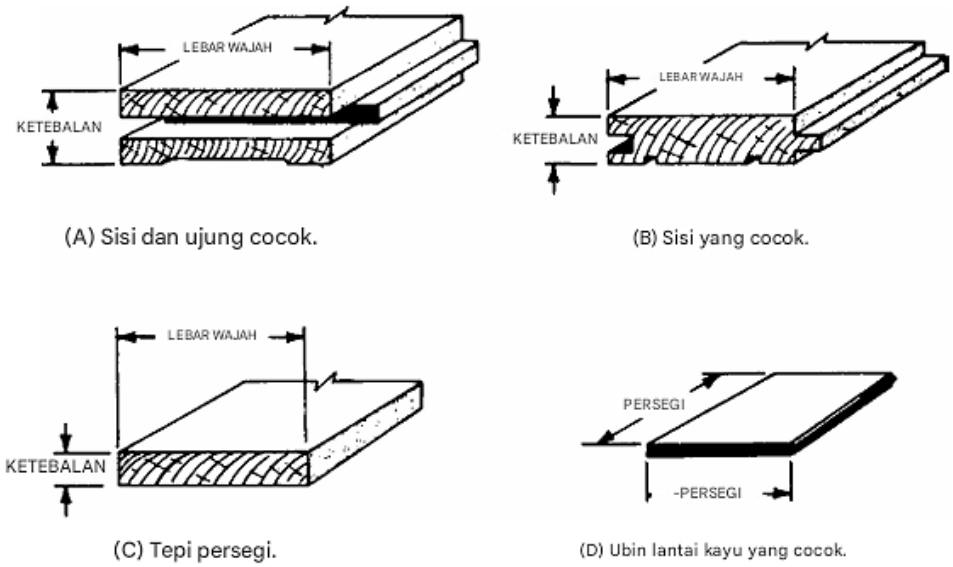
- Serat vertikal, atau serat tepi
- Serat datar

Setiap kelas dipisahkan menjadi kelas tertentu dan umum. Kelas tertentu yang ditetapkan sebagai kelas B dan kelas yang lebih baik, dan terkadang kelas C, digunakan ketika tujuannya adalah untuk mewarnai, memoles, atau memoles lantai. Kelas C sangat cocok untuk lantai yang diwarnai gelap atau dicat, dan kelas yang lebih rendah cocok untuk penggunaan kasar atau ketika ditutupi dengan karpet. Lantai kayu lunak diproduksi dalam beberapa lebar. Di beberapa tempat, lebar $2^1/_2$ inci lebih disukai, sedangkan di tempat lain lebar $3^1/_2$ inci lebih populer. Lantai kayu lunak memiliki tepi lidah dan alur, dan mungkin berlubang atau beralur. Lantai serat vertikal lebih tahan lama daripada serat datar dalam penggunaan keras.

Kayu keras yang paling umum digunakan untuk lantai adalah kayu ek merah dan putih, maple keras, beech, dan birch. Maple, beech, dan birch tersedia dalam beberapa tingkatan, seperti tingkat pertama, kedua, dan ketiga. Kayu keras lain yang diproduksi menjadi lantai (meskipun tidak umum digunakan) adalah walnut, cherry, ash, hickory, pecan, sweet gum, dan sycamore. Lantai kayu keras diproduksi dalam berbagai lebar dan ketebalan, beberapa di antaranya disebut sebagai pola standar, yang lain sebagai pola khusus. Pola standar yang banyak digunakan terdiri dari potongan-potongan yang relatif sempit yang diletakkan

memanjang di sebuah ruangan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 20.1.

Pola standar yang paling banyak digunakan adalah setebal $^{25}/_{32}$ inci dan memiliki lebar muka $2^1/_4$ inci. Satu sisi memiliki lidah dan sisi lainnya memiliki alur, dan ujung-ujungnya juga cocok. Potongan-potongan tersebut memiliki panjang acak, bervariasi dari 1 hingga 16 feet panjangnya. Jumlah potongan pendek akan tergantung pada tingkatan yang digunakan. Pola lantai serupa tersedia dalam ketebalan $^{15}/_{32}$ dan $^{11}/_{32}$ inci, lebar $1^1/_2$ inci, dan dengan tepi persegi dan bagian belakang datar.



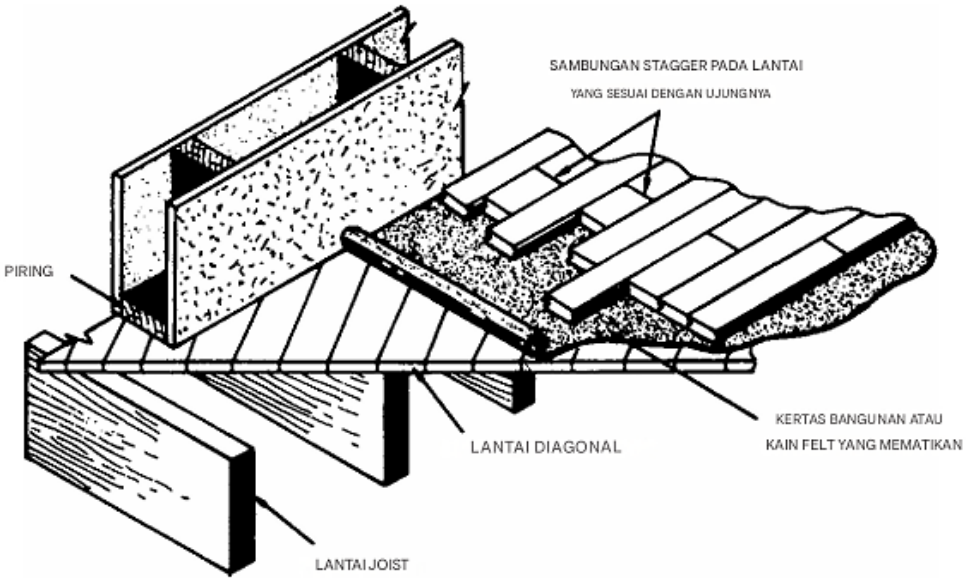
Gambar 20.1 Jenis lantai kayu keras yang sudah jadi.

Lantai ini umumnya memiliki bagian belakang berongga. Bagian atas sedikit lebih lebar daripada bagian bawah, sehingga strip-strip tersebut saling menempel erat di bagian atas, tetapi tepi bagian bawah sedikit terbuka. Lidah harus pas dengan alur untuk menghilangkan bunyi derit di lantai.

Pola lantai lain yang digunakan dalam jumlah terbatas adalah setebal $^3/_8$ inci dengan lebar bagian depan $1^1/_2$ dan 2 inci, dengan tepi persegi dan bagian belakang datar. Gambar 20.1D menunjukkan jenis ubin lantai kayu yang umumnya dikenal sebagai parket.

20.2 PEMASANGAN LANTAI KAYU STRIP

Lantai harus dipasang setelah plesteran dan pelapisan dinding dan langit-langit interior lainnya selesai, setelah jendela dan pintu eksterior terpasang, dan setelah sebagian besar lis interior dipasang. Bila lantai kayu digunakan, sublantai harus bersih dan rata, dan harus ditutup dengan kain felt atau kertas bangunan tebal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 20.2. Kain felt atau kertas bangunan ini akan menahan sejumlah debu, dan akan meredam suara. Bila ruang bawah tanah digunakan, lantai akan lebih hangat dengan mencegah masuknya udara. Lokasi balok harus diberi garis kapur pada kertas sebagai panduan untuk memaku (Tabel 20.1).



Gambar 20.2 Aplikasi lantai strip yang menunjukkan penggunaan kain felt yang dapat meredam suara atau kertas bangunan yang tebal.

Lantai strip harus dipasang melintang pada balok lantai, dan akan terlihat paling bagus jika lantai dipasang memanjang di ruangan persegi panjang. Karena balok lantai umumnya membentang di bagian yang pendek di ruang keluarga, ruangan tersebut menentukan arah pemasangan lantai di ruangan lain. Lantai harus dipasang hanya saat cuaca kering, dan harus disimpan di tempat yang paling hangat dan kering di dalam rumah. Kadar air rata-rata yang disarankan untuk lantai pada saat pemasangan harus antara 6 dan 10 persen. Kelembapan yang diserap setelah pemasangan di lokasi rumah merupakan salah satu penyebab paling umum terjadinya sambungan terbuka di antara strip lantai. Kelembapan akan terlihat beberapa bulan setelah lantai dipasang.

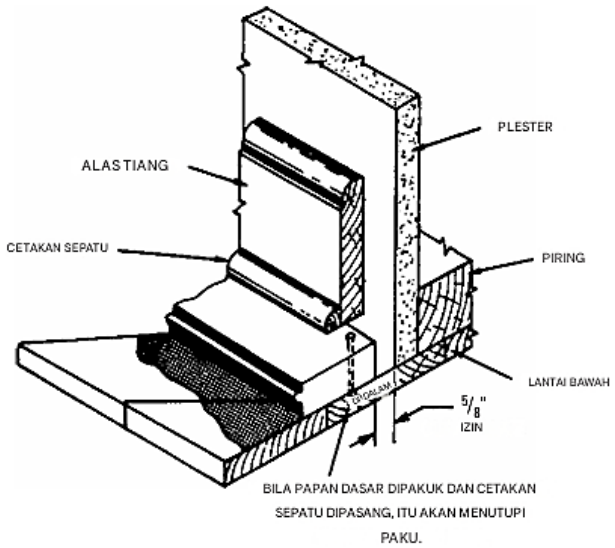
Tabel 20.1 Ketebalan Kayu Lapis dan Jarak Balok Lantai

Ketebalan Minimum Sublantai Lima Lapisan	Ketebalan Lantai Finishing Sedang	Jarak Balok Maksimum
$*^1/_2$ inci	Kayu berukuran $^{25}/_{32}$ inci diletakkan tegak lurus dengan balok	24 inci
$*^1/_2$ inci	Kayu berukuran $^{25}/_{32}$ inci diletakkan sejajar dengan balok	20 inci
$^1/_2$ inci	Kayu berukuran $^{25}/_{32}$ inci diletakkan tegak lurus dengan balok	20 inci
$^1/_2$ inci	Kurang dari $^{25}/_{32}$ inci kayu atau lapisan lainnya	ł 16 inci
$*^5/_8$ inci	Kurang dari $^{25}/_{32}$ inci kayu atau lapisan lainnya	ł 20 inci
$*^3/_4$ inci	Kurang dari $^{25}/_{32}$ inci kayu atau lapisan lainnya	ł 24 inci

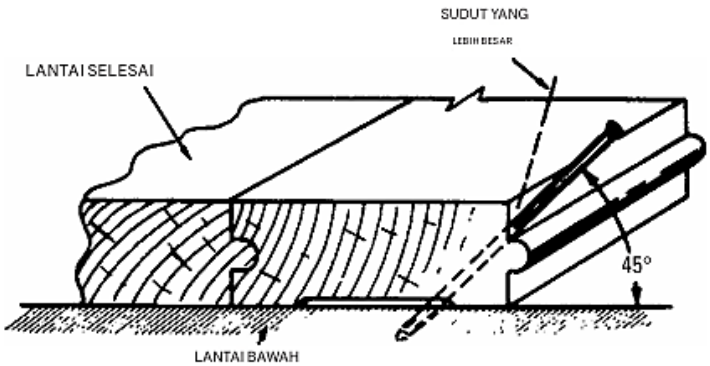
Derit lantai disebabkan oleh pergerakan satu papan terhadap papan lainnya. Pergerakan tersebut dapat terjadi karena balok lantai terlalu ringan dan tidak tertahan dengan kuat, lidah terlalu longgar pada alur, atau lantai dipaku dengan buruk. Pemakuan yang memadai merupakan salah satu cara terpenting untuk meminimalkan derit. Jika memungkinkan untuk memaku lantai akhir melalui sublantai ke dalam balok, pekerjaan yang diperoleh jauh lebih baik daripada jika lantai akhir hanya dipaku ke sublantai. Berbagai jenis paku digunakan untuk memaku berbagai ketebalan lantai. Untuk lantai $^{25}/_{32}$ inci, sebaiknya gunakan paku lantai baja potong 8d.

Untuk lantai $^{1}/_{2}$ inci, sebaiknya gunakan paku 6d. Jenis paku lain telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir untuk memaku lantai, di antaranya adalah paku beralur melingkar dan beralur spiral. Dalam menggunakan paku ini, sebaiknya periksa rekomendasi produsen lantai mengenai ukuran dan diameter untuk penggunaan tertentu. Gambar 20.3 menunjukkan metode memakukan potongan lantai pertama. Paku ditancapkan lurus ke bawah melalui papan di tepi alur. Paku harus ditancapkan ke balok dan cukup dekat ke tepi sehingga akan tertutup oleh alas atau cetakan sepatu. Potongan lantai pertama dapat dipaku melalui lidah. Gambar 20.4 menunjukkan paku yang ditancapkan pada sudut antara 45 dan 50 derajat di mana lidah menyatu dengan bahu.

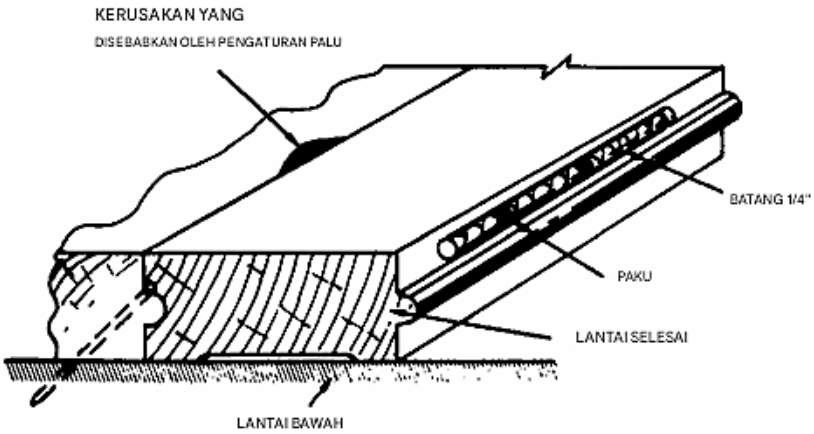
Jangan mencoba memakukan paku dengan palu, karena kayu dapat dengan mudah terbentur dan rusak. Sebaliknya, gunakan satu set paku untuk menyelesaikan pemakuan. Gambar 20.5 menunjukkan satu set paku khusus yang umumnya digunakan untuk pemakuan akhir. Untuk menghindari terbelahnya kayu, terkadang perlu untuk mengebor lubang terlebih dahulu melalui lidah. Ini juga akan membantu memakukan paku dengan mudah ke balok. Untuk lapisan lantai kedua, pilih bagian yang sambungan ujungnya akan terpisah dengan baik dari sambungan pada lapisan pertama. Untuk lantai yang akan ditutup dengan karpet, bagian yang panjang dapat digunakan di sisi ruangan dan bagian yang pendek di bagian tengah, yang akan ditutup dengan karpet.



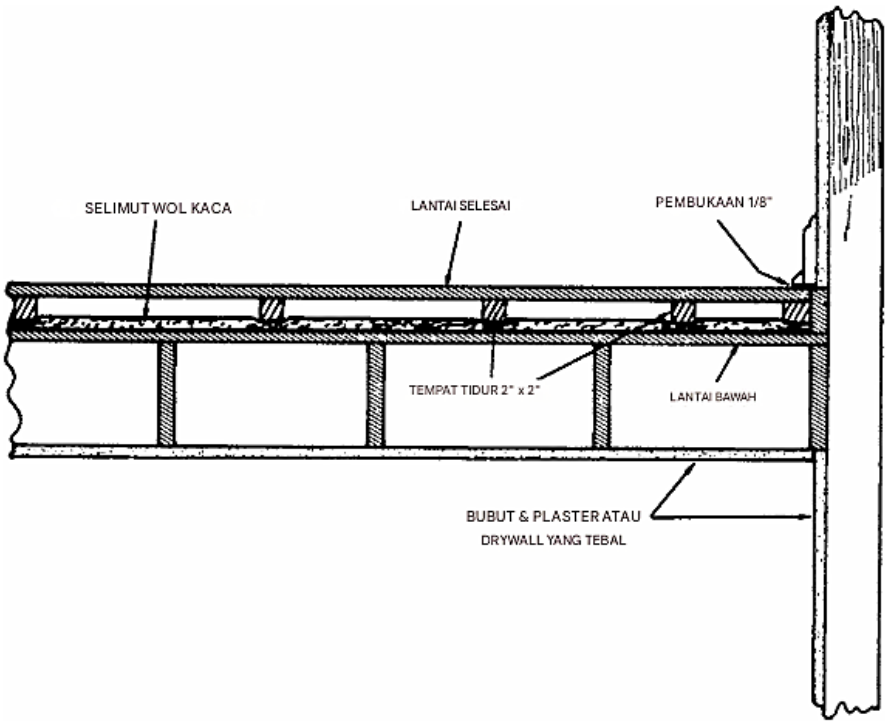
Gambar 20.3 Metode pemasangan strip pertama lantai kayu.



Gambar 20.4 Metode pemakuan untuk memasang paku di lantai.



Gambar 20.5 Metode yang disarankan untuk memasang paku di lantai.



Gambar 20.6 Lantai kedap suara.

Setiap papan harus ditancapkan dengan kuat, tetapi jangan pukul bagian lidahnya dengan palu, karena ini akan menghancurkan kayu. Gunakan sepotong lantai bekas sebagai balok pemacu. Potongan yang bengkok mungkin perlu diganjal untuk memaksanya agar sejajar. Ini diperlukan agar potongan lantai terakhir sejajar dengan papan pinggir. Jika ruangan tidak berbentuk persegi, mungkin perlu untuk memulai penyelarasan pada tahap awal.

Lantai Papan Laminasi

Lantai papan laminasi dirancang untuk orang yang mengerjakan sendiri dan/atau pemasang lantai profesional. Sublantai harus bersih, kering, dan datar, tidak peduli apakah lantai tersebut dipasang pada rumah baru atau di atas lantai yang sudah ada. Ruang ekspansi standar $^1/_4$ inci diperbolehkan di ujung dan samping. Namun, jika ruangan atau aula memiliki panjang atau lebar lebih dari 66 kaki, ruang ekspansi $^1/_2$ inci diperlukan untuk seluruh perimeter dan di sekitar objek tetap seperti kolom.

Memasang Lantai Papan Laminasi

Lantai laminasi memiliki kemampuan dan batasan yang berbeda-beda, tergantung pada berbagai produsen yang mengkhususkan diri pada hasil akhir dan metode pemasangan mereka sendiri. Pastikan untuk mengikuti rekomendasi produsen untuk setiap pilihan lantai. Gambar 20.7 mengilustrasikan berbagai langkah dalam memasang lantai papan laminasi. Lantai kayu mempercantik ruangan. Desainer mengatakan bahwa lantai kayu memberikan kesan permanen, stabil, dan hangat pada ruangan. Bahkan di rumah kecil dengan luas persegi yang minim, lantai kayu memberikan kesan "mewah" pada rumah. Faktanya, 90 persen agen properti mengatakan bahwa lantai kayu membantu menjual rumah lebih cepat dan dengan harga lebih tinggi.

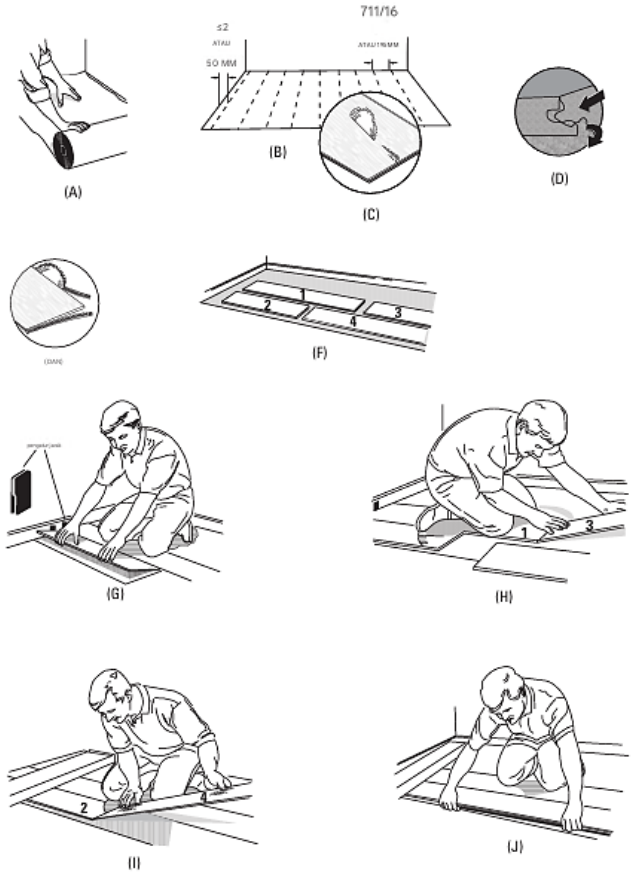
Ada banyak alasan mengapa lantai kayu mungkin cocok untuk rumah. Ada juga beberapa alasan mengapa lantai kayu mungkin bukan pilihan yang tepat. Sebaiknya luangkan waktu untuk memeriksa manfaat dan keterbatasan kayu sebelum melakukan investasi. Di antara alasan untuk memilih kayu adalah:

- Lantai kayu menyatukan ruangan. Namun, lantai kayu melengkapi hampir semua furnitur, karya seni, atau gaya keseluruhan.
- Berbagai jenis, warna, dan pola menawarkan kemungkinan desain yang tak terbatas.
- Lantai kayu mudah dibersihkan secara menyeluruh. Lantai ini ideal bagi penderita alergi, asma, atau masalah pernapasan lainnya, karena partikel debu, serbuk sari, dan tungau debu menempel di permukaan sehingga dapat dibersihkan.
- Lantai kayu yang dirawat dengan baik dapat bertahan lebih dari 30 tahun hipotek, sementara karpet diganti rata-rata tiga kali dalam rentang waktu yang sama.

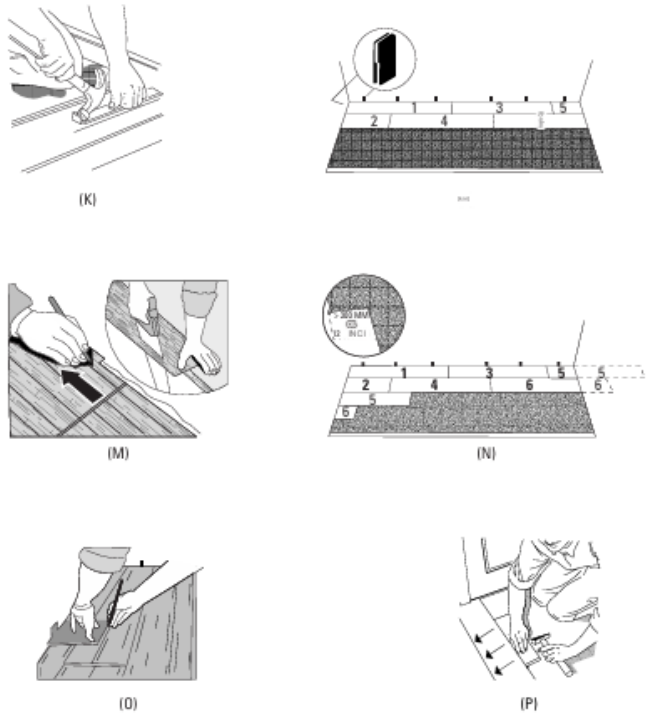
Sebelum mempertimbangkan lantai kayu, pertimbangkan apa yang ada di bawahnya. Sebelum melihat kelebihan berbagai jenis lantai kayu, spesies kayu, pelapis, dan semua pertimbangan lainnya, sangat penting untuk membicarakan lantai yang akan berada di bawah lantai kayu. Sederhananya: lantai kayu hanya sebagus sub-lantai.

Sebagian besar lantai kayu solid perlu dipaku atau dijepit melalui bagian muka atau dipaku buta melalui lidah. Sub-lantai harus mampu menahan paku atau staples. Karena alasan itu, beton tidak akan berfungsi. Bukan ide yang baik untuk memasang lantai kayu di atas papan

partikel karena tidak dapat menahan paku dengan baik. Bahkan jika pada awalnya dapat menahannya, paku tersebut akan segera kendur, dan Anda akan kembali ke tempat semula.



Gambar 20.7 Memasang strip lantai papan laminasi.



Gambar 20.7 (lanjutan)

Kayu lapis, papan untai berorientasi (OSB), atau produk dek lidah dan alur di atas balok lantai direkomendasikan untuk sebagian besar pemasangan.

Lepaskan lantai vinil, karpet yang direkatkan, dan jenis lantai lain yang sudah ada sebelum memasang lantai kayu solid. Pasang sublantai yang solid, datar, dan kering. Penting untuk diingat bahwa lantai kayu hanya sebagus sublantai.

Memasang Lantai

Sebagian besar pemasangan dianggap "di atas tanah" yang berarti lantai sejajar dengan ketinggian tanah eksterior dengan balok lantai atau konstruksi tiang dan balok yang menopang lantai. Saat memasang di atas tanah, penting agar ruang bawah tanah atau ruang bawah tanah di bawah sublantai berventilasi. Tanpa ventilasi yang memadai, kelembapan kemungkinan akan menyebabkan cekungan atau lengkungan kayu keras beberapa bulan setelah pemasangan.

"Di atas tanah" berarti lantai atas rumah atau gedung bertingkat. Mungkin cocok untuk lantai kayu solid jika sublantainya terbuat dari kayu. Pertimbangan lainnya adalah jumlah kelenturan di lantai sebelum pemasangan.

Sementara semua lantai memiliki, dan membutuhkan, beberapa fleksibilitas, lantai yang lebih kaku diperlukan untuk lantai kayu solid strip. Pemasangan "di bawah permukaan tanah", seperti ruang bawah tanah dengan lantai semen, sangat membatasi pilihan. Beberapa parket, serta kayu solid seperti Natural Reflections Line dari Bruce dapat dipasang di atas semen menggunakan metode lem langsung. Namun, secara umum, lantai beton berarti lembap. Ini berarti bencana bagi kayu keras.

Akan lebih baik untuk memasang lantai kayu rekayasa di atas penghalang lembap. Gunakan teknik pemasangan mengambang untuk hasil terbaik.

Pra-finish vs. Belum Finish

Beberapa distributor hanya menjual lantai kayu pra-finish, di mana pewarna dan pelapis diaplikasikan di pabrik dalam kondisi yang dirawat dengan hati-hati. Yang lain tidak menjual lantai yang belum finish yang dipasang, diampelas, dan difinish di rumah.

Kayu pra-finish sangat baik bagi orang yang ingin melakukan pemasangan sendiri, tetapi tanpa pengamplasan dan proses finishing yang menyeluruh. Harga umumnya bukan keuntungan. Dengan biaya lantai pra-finish berkualitas tinggi, Anda mungkin dapat menemukan kontraktor lokal untuk memasang, mengampelas, dan memoles lantai dengan harga yang lebih murah.

Namun, lantai pra-finish menawarkan hasil akhir yang jauh lebih bersih dan jernih daripada lantai yang difinish di rumah Anda. Karena kayu difinish dalam kondisi pabrik yang dikontrol dengan cermat, tidak ada debu, kotoran, dan partikel lain yang terlihat di hampir semua lantai yang difinish di lokasi. Jika rumah ditempati saat pekerjaan sedang dilakukan, tidak perlu pindah saat finishing diterapkan.

Pra-finish juga menawarkan lebih banyak variasi daripada lantai standar yang belum difinish. Pilihan tambahannya adalah beberapa spesies kayu keras Afrika yang menarik seperti Purple Heart, atau menggunakan spesies yang kontras sebagai aksen.

Lantai Kayu Solid

Lantai kayu solid adalah jenis yang paling dikenal orang, karena sudah tersedia lebih lama. Lantai ini biasanya terbuat dari potongan kayu yang dipaku berdampingan. Ini memberikan insulasi yang sangat baik, dan menambah kekuatan substansial pada struktur rumah.

Selain banyak pilihan, distributor yang tersedia juga menawarkan beberapa merek kayu keras yang "digores dengan tangan". Harganya lebih mahal, karena setiap papan telah diubah dengan tangan oleh pengrajin untuk memberikan lantai tampilan yang mengilap dan usang seiring waktu. Tanda-tanda di lantai itu unik dan disengaja, dan lantainya memberikan ruangan tampilan yang nyaman dan abadi. Lantai ini memiliki lapisan akhir yang sangat baik yang mengunci kualitasnya.

Karena lantai kayu solid mengembang dan menyusut karena perubahan suhu dan kelembapan, lantai ini sebaiknya hanya dipasang di rumah-rumah yang memiliki pengaturan suhu sepanjang tahun. Jika ada perubahan suhu atau kelembapan yang tinggi, lantai kemungkinan akan mengalami cekungan, lengkungan, atau celah. Kondisi ini tidak terkait dengan pemasangan dan umumnya tidak tercakup dalam garansi seperti halnya dengan pilihan lantai kayu lainnya. Lantai kayu untuk rumah musim panas atau pondok yang sering ditinggalkan tanpa pengawasan, tidak dipanaskan dan tidak didinginkan, maka kayu solid yang dipaku mungkin bukan pilihan yang tepat.

Metode Pemasangan

Metode paku atau staples adalah satu-satunya metode pemasangan yang dapat diterima. Satu-satunya pengecualian untuk lantai kayu solid yang dapat dipasang di atas beton adalah Bruce Natural Reflections Hardwood. Panjangnya acak dari 12” hingga 84”. Lebarnya 2 1/4” (paling umum) juga dari strip 1-1/2” hingga papan 7” dengan ketebalan 3/4” (paling umum) atau 5/16”.

Papan Strip Panjang Kayu Keras

Lantai ini adalah versi produk kayu rekayasa, tetapi memiliki komposisi uniknya sendiri, dan karenanya memiliki kategori sendiri. Lapisan atas papan panjang ini terbuat dari fillet atau bilah individual yang direkatkan untuk membentuk permukaan setiap papan. Lantai ini dapat dipasang di tempat yang tidak memungkinkan penggunaan kayu solid karena masalah kelembapan. Bila dipasang sebagai "lantai mengambang", papan dapat dipasang tanpa paku di atas beton, dan terkadang di bawah permukaan tanah di ruang bawah tanah bila lapisan bawah dan penghalang uap yang direkomendasikan digunakan.

Dimensi Standar Papan Strip Panjang

Panjang: Dari panjang 82” hingga 96”
Lebar: Dari papan 5” hingga 7 1/2”
Ketebalan: Dari papan 1/4” hingga 9/16”

Engineered Wood

Lantai kayu engineered terdiri dari 3 hingga 5 lapisan kayu yang direkatkan dalam laminasi serat silang yang membuatnya sangat tahan terhadap pemuaian dan penyusutan akibat perubahan suhu dan kelembapan. Hasilnya, engineered wood adalah satu-satunya

lantai kayu yang memiliki garansi stabilitas. Meski lebih tipis dari lantai kayu solid, pilihan engineered wood jauh lebih stabil dan tahan penyok serta dapat dipasang di atas beton. Lantai kayu engineered juga dapat dipasang di atas, di bawah, atau di atas permukaan tanah.

Metode Pemasangan

Metode mengapung, direkatkan, atau dijepit dapat digunakan untuk engineered wood, tergantung pada jenis sublantai yang digunakan.

20.3 LANTAI KEDAP SUARA

Salah satu lantai kedap suara yang paling efektif disebut lantai mengapung. Lantai atas atau lantai akhir dibangun di atas 2 balok yang benar-benar mengapung di atas alas wol kaca, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 20.6. Sama sekali tidak boleh ada sambungan mekanis melalui alas wol kaca (bahkan paku ke sublantai atau ke dinding).

20.4 LANTAI PARKET

Produsen lantai telah mengembangkan berbagai macam pola lantai khusus, termasuk parket (Gambar 20.8), yang dipaku di tempatnya atau memiliki lapisan perekat. Salah satu jenis ubin lantai yang umum adalah blok berukuran 9 inci persegi dan tebal $^{13}/_{16}$ inci, yang terdiri dari beberapa strip lantai yang disatukan dengan lem dan splines. Dua sisi memiliki lidah dan sisi yang berlawanan beralur. Tersedia berbagai ukuran dan ketebalan lainnya. Saat memasang lantai, arah blok diubah-ubah untuk menciptakan efek papan catur. Setiap produsen menyediakan petunjuk untuk memasang ubinnya, dan disarankan untuk mengikutinya dengan saksama. Saat ubin digunakan di atas pelat beton, penghalang uap harus digunakan. Pelat harus rata dan diangin-anginkan serta dikeringkan secara menyeluruh sebelum lantai dipasang.

Gambar 20.8 Lantai parket.

20.5 UBIN KERAMIK

Ubin keramik (Gambar 20.9) dibuat dalam berbagai warna dan dengan permukaan yang dilapisi dan tidak dilapisi. Ubin ini digunakan sebagai penutup lantai di kamar mandi, pintu masuk, dapur, dan perapian. Ubin keramik memiliki permukaan yang keras dan kedap air. Selain ukuran standar dan warna polos, banyak ubin yang dibuat khusus untuk

menghasilkan efek arsitektur. Bila lantai keramik digunakan dengan konstruksi rangka kayu, alas beton dengan ketebalan yang memadai harus dipasang untuk menerima lapisan akhir.

Pemasangan ubin dilakukan dengan perekat. Lihat Bab 22 untuk petunjuk khusus tentang pemasangan ubin.

Gambar 20.9 Ubin keramik digunakan terutama di kamar mandi. Ubin tersedia dalam berbagai warna dan pola.

20.6 LANTAI JADI LAINNYA

Tukang kayu dan tukang yang mengerjakan sendiri dapat memilih dari berbagai macam penutup lantai. Mungkin perkembangan utamanya adalah lantai yang tahan banting, disebut demikian karena akan mengeras saat Anda menginjaknya. Ada ubin berukuran 12 inci, tersedia untuk dipasang dengan perekat (Gambar 20.10), serta ubin berperekat. Saat ini ubin dapat berupa vinil atau sejumlah komposit. Ubin tersedia dalam berbagai macam gaya, warna, dan pola. Jenis lantai terbaru adalah yang disebut lantai tanpa lilin (Gambar 20.11), yang memerlukan pembaruan dengan bahan seperti lilin setelah jangka waktu tertentu. Jenis penutup lantai ini sekarang disebut tanpa lilin. Lantai yang tahan banting juga tersedia dalam bentuk lembaran atau gulungan selebar 12 kaki. Lantai ini juga sebagian besar terbuat dari vinil dan tersedia dalam berbagai macam gaya dan warna.

Gambar 20.10 Bagi Anda yang ingin melakukannya sendiri, tersedia ubin dengan perekat di

bagian belakangnya.

Lantai lembaran yang tahan banting tersedia dalam beberapa kualitas dan Anda harus memeriksa bahan yang bersaing sebelum membeli. Lantai vinil yang tahan banting dapat dipasang di mana saja di dalam rumah, di atas atau di bawah permukaan tanah, tanpa perlu khawatir akan masalah kelembapan. Diperlukan sublantai yang memadai (biasanya dari papan partikel atau kayu lapis). Lantai dapat dipasang dengan cara direkatkan, menggunakan perekat, atau menggunakan selotip. Beberapa lantai dibuat dengan perekat di bagian belakang yang dapat dibuka dengan cara mengambil selembar kertas dari ubin dan menempelkannya ke lantai yang telah disiapkan secara khusus. Dalam kasus renovasi, mungkin lebih baik untuk menutupi linoleum lama dengan yang baru. Dalam hal ini, sebaiknya pastikan retakan dan retakan telah diperbaiki.

Karpet juga tersedia. Pemasangan karpet dari dinding ke dinding adalah pekerjaan profesional, tetapi ubin karpet tersedia untuk penggunaan di dalam dan luar ruangan. Cat ini juga populer digunakan di dapur dan kamar mandi. Material lantai lainnya termasuk pelapis cat dan cat. Cat biasanya digunakan di area yang mengutamakan penghematan.

Gambar 20.11 Lantai tanpa lilin memudahkan kehidupan ibu rumah tangga.

Ringkasan

Kayu keras dan kayu lunak tersedia sebagai lantai strip dalam berbagai lebar dan ketebalan. Lantai harus dipasang setelah plesteran dan pelapisan dinding dan langit-langit interior lainnya selesai.

Derit lantai disebabkan oleh pergerakan satu papan terhadap papan lainnya. Pergerakan tersebut dapat terjadi karena balok lantai terlalu ringan dan tidak ditahan dengan kuat, lidah terlalu longgar pada alur, atau lantai dipaku dengan buruk.

Produsen lantai telah mengembangkan berbagai macam pola lantai khusus (termasuk parket). Lantai dipaku di tempatnya atau memiliki perekat di bagian belakang. Tukang kayu dan tukang yang mengerjakan sendiri dapat memilih dari berbagai macam penutup lantai. Lantai tahan banting tersedia dalam bentuk lembaran atau gulungan selebar 12 kaki. Lantai ini sebagian besar terbuat dari vinil dan tersedia dalam berbagai macam gaya dan warna. Lantai

tahan banting vinil dapat dipasang di mana saja di dalam rumah, di atas atau di bawah permukaan tanah, dengan atau tanpa masalah kelembapan.

Gambar 20.12 Pemasangan lantai lembaran tidak mudah dilakukan dengan benar.

Biasanya, diperlukan papan partikel atau tripleks sebagai alas atau sublantai. Pemasangan karpet dari dinding ke dinding merupakan pekerjaan profesional, tetapi ubin karpet tersedia untuk penggunaan di dalam dan luar ruangan. Ubin karpet juga populer digunakan di dapur dan kamar mandi.

Latihan Soal

1. Sebutkan setidaknya tiga jenis kayu yang dapat digunakan untuk lantai strip.
2. Kapan lantai harus diaplikasikan atau dipasang?
3. Bagaimana lantai strip dipasang?
4. Apa yang menyebabkan lantai berderit?
5. Apa yang dimaksud dengan tongue-and-groove?
6. Berapa ukuran lantai parket?
7. Apa yang dimaksud dengan lantai elastis?
8. Di mana lantai keramik digunakan? Mengapa?
9. Bagaimana lantai elastis dibeli?
10. Di mana lantai yang dicat paling sering digunakan?

BAB 21
PINTU

Pintu dapat diperoleh dari pabrik dalam ukuran standar yang jauh lebih murah daripada yang dapat dibuat dengan tangan. Ukuran standar pintu mencakup rentang yang luas, tetapi yang paling umum digunakan adalah 2 feet-4 inci x 6 feet-8 inci, 2 feet-8 inci x 6 feet-8 inci, 3 feet-0 inci x 6 feet-8 inci, dan 3 feet-0 inci x 7 feet-0 inci. Ukuran ini memiliki ketebalan $1^3/_8$ inci (bagian dalam) atau $1^3/_4$ inci (bagian luar).

21.1 JENIS PINTU

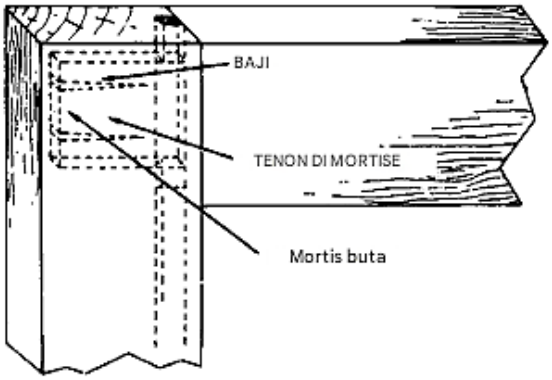
Berbagai jenis pintu meliputi berikut ini:

- Pintu berpanel
- Pintu rata
- Pintu inti padat
- Pintu inti berongga
- Pintu kisi-kisi

Pintu berpanel

Pintu berpanel (atau sash) dibuat dalam berbagai susunan panel (horizontal, vertikal, atau kombinasi keduanya). Pintu sash memiliki komponen rel atas, rel bawah, dan dua tiang, yang membentuk sisi pintu. Pintu tipe horizontal memiliki rel perantara yang membentuk panel. Panel tipe vertikal memiliki rel horizontal dan tiang vertikal yang membentuk panel.

Rel dan tiang pintu umumnya dibuat dengan pasak dan alur, alur dipotong pada tiang samping seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21.1. Rel atas dan bawah pada pintu berpanel memiliki lebar yang berbeda, rel bawah jauh lebih lebar. Rel perantara biasanya memiliki lebar yang sama dengan rel atas. Bahan panel biasanya berupa kayu lapis yang dipasang pada alur atau alur pada tiang dan rel, dengan cetakan yang dipasang pada sebagian besar pintu sebagai pelapis.



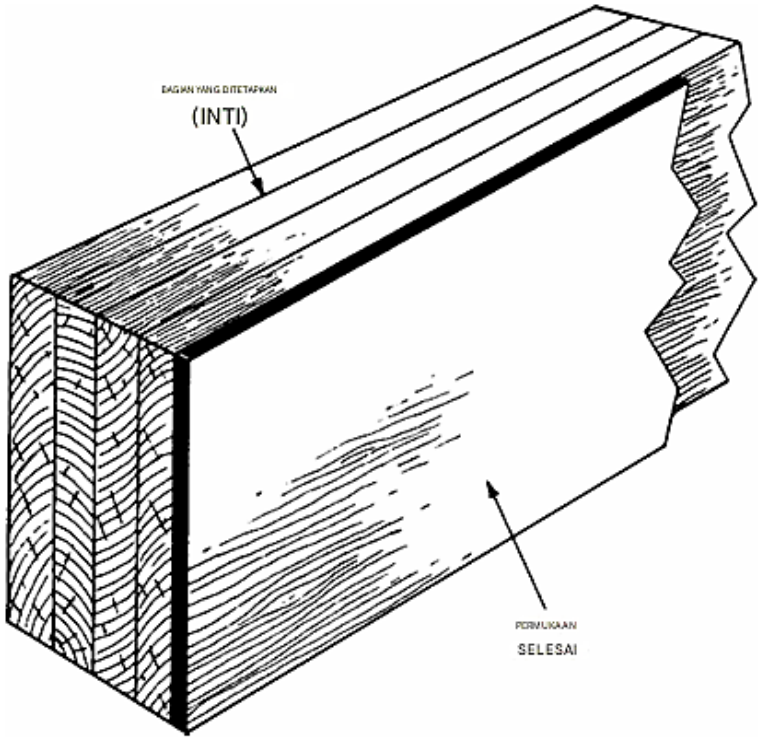
Gambar 21.1 Konstruksi pintu yang menunjukkan sambungan mortise.

Pintu Rata

Pintu rata biasanya datar sempurna di kedua sisi. Papan padat jarang digunakan untuk pintu rata. Pintu rata dibuat dengan inti padat atau berongga, dengan dua atau lebih lapisan veneer yang direkatkan pada inti.

Pintu Inti Padat

Pintu inti padat terbuat dari potongan kayu pendek yang direkatkan dengan ujung-ujungnya disusun berselang-seling, mirip seperti pemasangan batu bata. Satu atau dua lapis veneer direkatkan ke inti. Bagian pertama (tebal sekitar $^1/_8$ inci) diaplikasikan tegak lurus dengan arah inti, dan bagian lainnya ($^1/_8$ inci atau kurang) direkatkan dengan arah serat kayu vertikal. Potongan kayu setebal $^3/_4$ inci (ketebalan pintu) direkatkan ke tepi pintu di keempat sisinya. Gambar 21.2 menunjukkan jenis konstruksi pintu ini.



Gambar 21.2 Konstruksi pintu laminasi atau veneer.

Pintu Hollow-Core

Pintu hollow-core memiliki rangka kayu atau bahan sarang lebah lainnya sebagai alasnya, dengan strip tepi kayu solid di keempat sisinya. Bagian depan pintu jenis ini biasanya berupa veneer tiga lapis, bukan dua lapis tunggal. Pintu hollow-core memiliki blok solid di kedua sisinya untuk memasang kenop pintu dan untuk memungkinkan pemasangan kunci. Pintu honeycomb-core hanya untuk penggunaan di dalam ruangan.

Pintu Kisi-kisi

Jenis pintu ini memiliki kisi-kisi yang tetap atau dapat disesuaikan. Kisi-kisi ini dapat digunakan sebagai pintu interior, penyekat ruangan, atau pintu lemari. Pintu kisi-kisi tersedia dalam berbagai gaya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21.3. Pintu kisi-kisi eksterior

dapat digunakan (yang disebut pintu jalusi). Pintu ini memiliki kisi-kisi yang dapat disesuaikan yang biasanya terbuat dari kayu atau kaca. Meskipun hanya ada sedikit perlindungan terhadap angin musim dingin, jendela badai yang solid dibuat agar pas di atas kisi-kisi untuk memberikan perlindungan tambahan.

Gambar 21.3 Berbagai gaya pintu kisi-kisi.

21.2 MEMASANG PINTU

Saat memasang pintu, tukang kayu harus mengetahui hal-hal berikut:

- Rangka pintu
- Kusen pintu
- Trim pintu

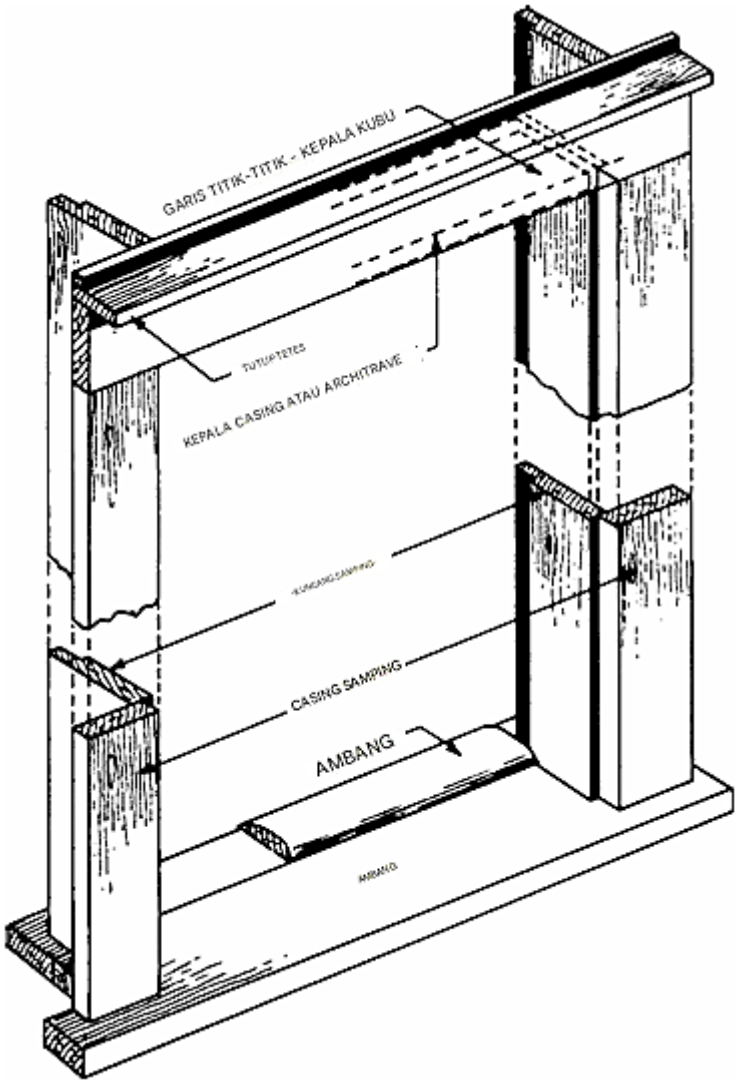
Rangka pintu

Sebelum pintu dapat dipasang, rangka harus dibuat untuk pintu tersebut. Ada banyak cara untuk melakukannya. Rangka untuk pintu eksterior terdiri dari bagian-bagian penting berikut (Gambar 21.4):

- Ambang
- Kusen samping dan atas
- Casing

Persiapan harus dilakukan sebelum penutup eksterior dipasang pada dinding luar. Untuk menyiapkan bukaan, buat persegi pada setiap bagian selubung yang tidak rata dan bungkus kertas bangunan tebal di sekeliling sisi dan atas. Karena ambang harus dikerjakan pada sebagian lantai dasar, tidak ada kertas yang diletakkan di lantai. Posisikan kertas dari titik yang sejajar dengan bagian dalam tiang ke titik sekitar 6 inci pada dinding berselubung dan paku dengan paku kecil.

Dalam konstruksi cepat, tidak ada rangka pintu (tiang pada setiap sisi bukaan berfungsi sebagai rangka). Rangka pintu bagian dalam dibuat dengan cara yang sama seperti rangka luar, kecuali tidak ada ambang dan ambang.



Gambar 21.4 Tampilan rangka pintu yang menunjukkan konstruksi umum.

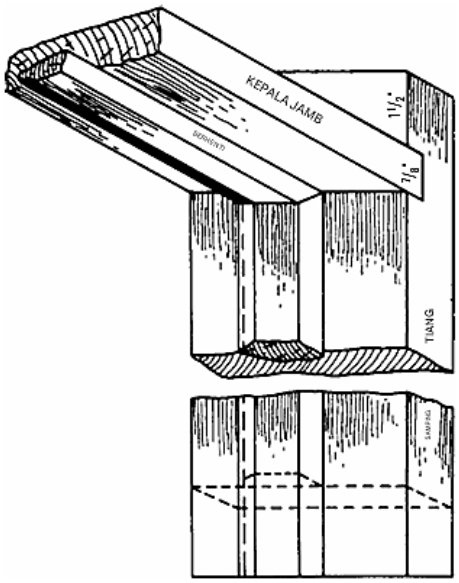
Kusen Pintu

Kusen pintu adalah lapisan bukaan pintu. Casing dan penahan dipaku pada kusen, dan pintu diikat dengan aman oleh engsel di satu sisi. Lebar kusen akan bervariasi sesuai dengan ketebalan dinding. Kusen pintu dibuat dan dipasang dengan cara berikut:

1. Terlepas dari seberapa hati-hati bukaan kasar dibuat, pastikan untuk meluruskan kusen dan meratakan kepala saat kusen dipasang.
2. Bukaan kasar biasanya dibuat $2^1/_2$ inci lebih besar di setiap sisinya daripada ukuran pintu yang akan digantung. Misalnya, pintu berukuran 2 feet-8 inci x 6 feet-8 inci akan membutuhkan bukaan kasar berukuran 2 feet-$10^1/_2$ inci x 6 feet-$10^1/_2$ inci. Ruang ekstra ini memungkinkan kusen, ganjal, dan ruang bebas agar pintu dapat berayun.
3. Ratakan lantai di sepanjang bukaan untuk menentukan variasi ketinggian lantai di titik tempat kusen bersandar di lantai.
4. Potong kusen kepala dengan kedua ujungnya berbentuk persegi, sesuaikan dengan lebar pintu ditambah kedalaman kedua dado dan $^3/_{16}$ inci penuh untuk jarak bebas pintu. 5. Dari tepi bawah dado, ukur jarak yang sama dengan tinggi pintu ditambah

jarak bebas yang diinginkan di bagian bawah.

5. Lakukan hal yang sama pada kusen yang berlawanan, hanya tambahkan atau kurangi untuk variasi lantai.
6. Paku kusen dan kepala kusen melalui dado ke kusen kepala, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21.5.
7. Pasang kusen ke dalam bukaan dan letakkan balok kecil di bawah setiap kusen di lantai dasar setebal lantai akhir. Ini akan memungkinkan lantai akhir masuk ke bawah pintu.
8. Tegakkan kusen dan ratakan kepala kusen.
9. Jepit sisi-sisi ke garis tegak lurus dengan sirap di antara kusen dan tiang, lalu paku dengan kuat di tempatnya.
10. Berhati-hatilah. Jangan mengganjal kusen agar tidak rata.
11. Gunakan penggaris sepanjang 5 hingga 6 kaki di dalam kusen untuk membantu mencegah terjepitnya kusen yang tidak rata.
12. Periksa setiap kusen dan kepala dengan hati-hati. Bila kusen tidak tegak lurus, maka pintu akan cenderung terbuka atau tertutup, tergantung pada arah kusen yang tidak tegak lurus.



Gambar 21.5 Detail yang memperlihatkan kusen kepala atas yang disambungkan ke kusen samping.

Trim Pintu

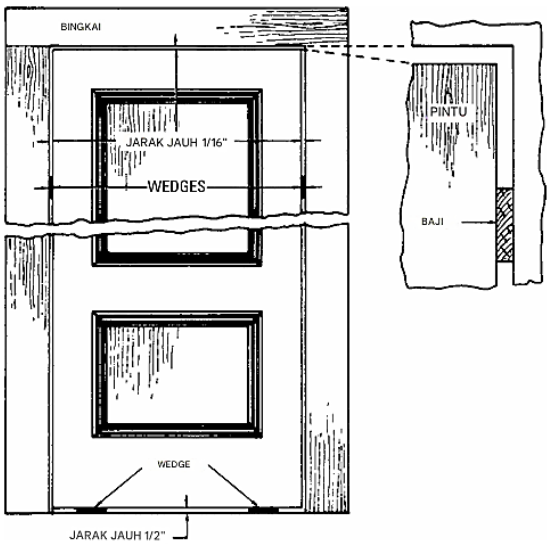
Material trim pintu dipaku ke kusen untuk memberikan lapisan akhir antara kusen dan dinding yang diplester. Ini disebut casing. Ukurannya bervariasi dari ketebalan $^1/_2$ hingga $^3/_4$ inci, dan dari lebar $2^1/_2$ hingga 6 inci. Sebagian besar material casing memiliki bagian belakang cekung agar pas dengan material dinding yang tidak rata. Dalam pengerjaan dengan sambungan miring, harus diperhatikan agar semua sambungan bersih, persegi, rapi, dan pas. Jika trim akan disambung miring di sudut atas, kotak miring, siku miring, palu, paku, dan bidang blok akan diperlukan. Bukaan pintu ditutup dengan cara berikut:

1. Sisakan margin $^1/_4$ inci antara tepi kusen dan casing di semua sisi.
2. Potong salah satu casing samping menjadi persegi dan sejajar dengan bagian bawah kusen. 3. Potong bagian atas atau ujung yang dipotong miring berikutnya, sisakan panjang $^1/_4$ inci untuk margin di bagian atas.
3. Paku casing ke kusen dan sejajarkan dengan garis margin $^1/_4$ inci, mulai dari bagian atas dan lanjutkan ke bagian bawah.
4. Paku di sepanjang tepi luar harus cukup panjang untuk menembus casing, plester, dan tiang dinding.
5. Letakkan semua kepala paku sekitar $^1/_8$ inci di bawah permukaan kayu.
6. Pasang casing untuk sisi lain bukaan pintu dengan cara yang sama, diikuti oleh kepala (atau bagian atas) casing.

21.3 PINTU GANTUNG BUATAN PABRIK

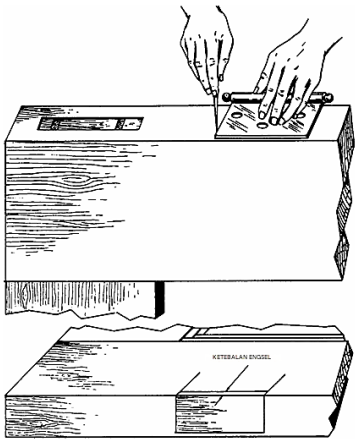
Jika pintu rata atau pintu geser digunakan, pasang di bukaan pintu yang sudah jadi sebagai berikut:

1. Potong ekstensi tiang, jika ada, dan letakkan pintu di kusen. Ratakan tepi tiang hingga pintu pas dengan sisi engsel dan melewati sisi kunci kusen sekitar $^1/_{16}$ inci. Pastikan bagian atas pintu pas dengan lekukan yang dibuat dengan lekukan dan bagian bawahnya berayun bebas dari lantai yang sudah jadi sekitar $^1/_2$ inci. Tiang pengunci pintu harus sedikit miring sehingga tepi pintu tidak akan menyentuh tepi kusen pintu.
2. Setelah jarak pintu yang tepat telah dibuat, atur pintu pada posisinya dan tempatkan ganjal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21.6. Tandai posisi engsel pada tiang dan kusen dengan pisau tajam. Engsel bawah harus ditempatkan sedikit di atas rel bawah pintu. Engsel atas pintu harus ditempatkan sedikit di bawah rel atas untuk menghindari pemotongan sebagian pasak rel pintu. Ada tiga ukuran yang harus ditandai: lokasi engsel ujung pada kusen, lokasi engsel pada pintu, dan ketebalan engsel pada kusen dan pintu.

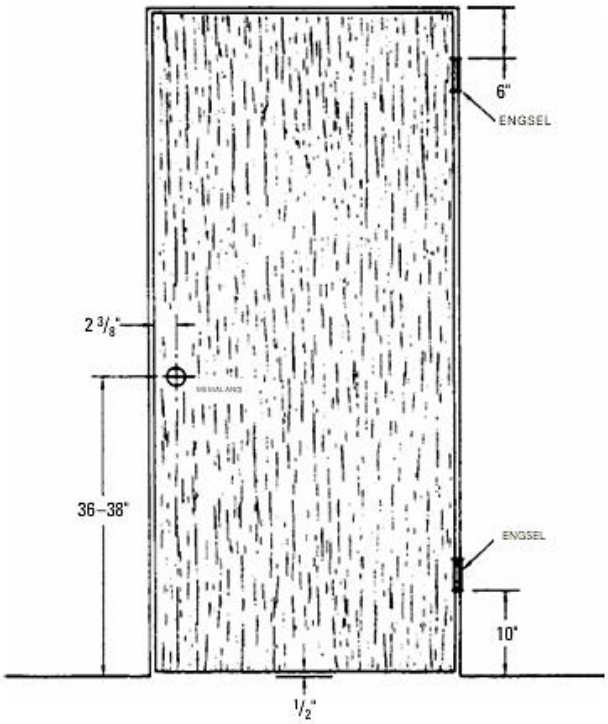


Gambar 21.6 Menentukan ukuran pintu untuk bukaan

3. Desain engsel pintu harus dilubangi ke pintu dan rangka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21.7. Gambar 21.8 menunjukkan dimensi dan jarak bebas yang disarankan untuk pemasangan. Tiga engsel biasanya digunakan pada pintu panjang penuh untuk mencegah lengkungan dan kendur.
4. Dengan menggunakan pangkal pintu sebagai pola, tandai dimensi pangkal pintu pada tepi pintu dan bagian depan kusen. Pangkal pintu harus pas dan rata dengan tepi pintu dan bagian depan kusen. Alat yang disebut penanda pangkal pintu dapat membantu di sini.



Gambar 21.7 Metode pemasangan engsel.



Gambar 21.8 Jarak bebas dan dimensi yang disarankan setelah pintu digantung.

Setelah memasang engsel dan menggantung pintu, tandai posisi kunci dan gagang pintu. Kunci biasanya ditempatkan sekitar 36 inci dari lantai. Pegang kunci pada posisinya di

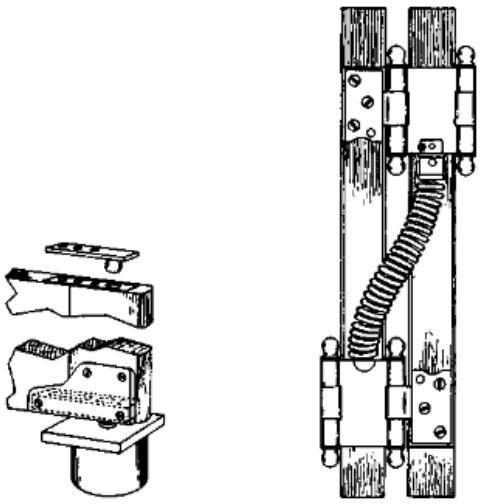
rangka pintu dan tandai dengan pisau tajam area yang akan dilepas dari tepi rangka pintu. Tandai posisi hub gagang pintu. Bor kayu untuk menempatkan kunci dan pahat lubang kunci hingga bersih. Setelah rakitan kunci dipasang, tutup pintu dan tandai kusen untuk pelat penahan.

Memasang pintu itu sulit. Tren terkini adalah produsen menyediakan tidak hanya pintu tetapi juga seluruh rangka di sekelilingnya (Gambar 21.9). Ini mengurangi kemungkinan kesalahan.

Gambar 21.9 Beberapa Perusahaan menyediakan pintu dan rangka di sekelilingnya untuk memastikan pemasangan yang bebas masalah

21.4 PINTU AYUN

Seringkali diinginkan untuk menggantung pintu sehingga terbuka saat Anda melewatinya dari kedua arah, tetapi tetap tertutup di waktu lain. Untuk tujuan ini, Anda dapat menggunakan engsel pegas tipe putar. Jenis engsel ini menempel pada rel pintu dan kusen seperti engsel pantat biasa. Jenis lainnya dilubangi ke rel bawah pintu dan diikat ke lantai dengan pelat lantai. Dalam kebanyakan kasus, engsel pelat lantai (Gambar 21.10) adalah yang terbaik, karena tidak akan melemah dan membiarkan pintu melorot. Engsel ini juga dirancang dengan penahan untuk menahan pintu agar tetap terbuka pada sudut yang tepat, jika diinginkan.

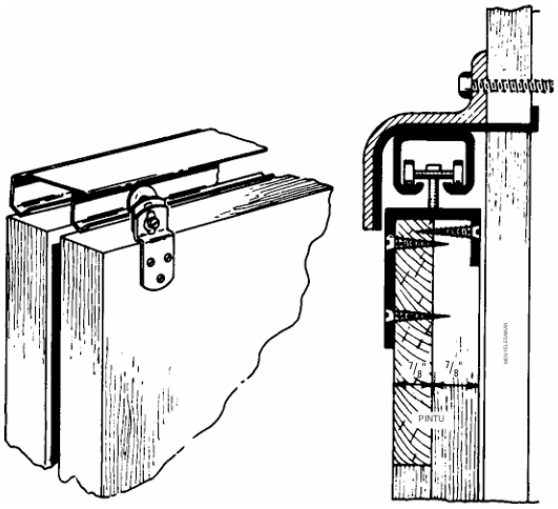


Gambar 21.10 Dua jenis engsel pegas putar.

21.5 PINTU GESER

Pintu geser biasanya digunakan untuk lemari pakaian. Pintu geser hanya membutuhkan sedikit ruang, dan memungkinkan variasi denah lantai yang luas.

Jenis pintu ini biasanya membatasi akses ke kamar atau lemari kecuali pintunya didorong ke dalam dinding. Sangat sedikit pintu geser yang didorong ke dalam dinding karena ruang dan biaya yang dikeluarkan. Gambar 21.11 memperlihatkan jalur pintu geser ganda dan tunggal.



Gambar 21.11 Dua jenis rel pintu geser.

Pintu Garasi

Pintu garasi dibuat dalam berbagai ukuran dan desain. Keuntungan utama menggunakan pintu garasi, tentu saja, adalah pintu tersebut dapat digulung dan tidak menghalangi. Selain itu, pintu tidak dapat ditutup oleh angin, dan tidak terhalang oleh salju dan es.

Meskipun dirancang terutama untuk digunakan di garasi perumahan dan komersial, pintu jenis ini juga digunakan di stasiun layanan, dermaga penerima pabrik, rumah perahu, dan banyak bangunan lainnya.

Untuk memungkinkan pengoperasian pintu atas, pintu garasi jenis ini dibuat dalam bagian berengsel yang sesuai. Biasanya empat hingga tujuh bagian digunakan, tergantung pada persyaratan ketinggian pintu. Pintu garasi rumah standar biasanya berukuran 9 feet x 7 feet untuk pintu tunggal, dan 16 feet x 7 feet untuk pintu ganda. Pintu garasi rumah biasanya diproduksi dengan ketebalan $1^3/_4$ inci kecuali diminta sebaliknya. Saat memesan pintu untuk garasi, informasi berikut harus diteruskan ke produsen:

- Lebar bukaan antara kusen yang sudah jadi
- Tinggi langit-langit dari lantai yang sudah jadi di bawah pintu ke bagian bawah header yang sudah jadi
- Ketebalan pintu
- Desain pintu (jumlah jendela kaca dan bagian)

- Bahan kusen (harus rata)
- Ruang kepala dari bagian bawah header ke langit-langit, atau ke pipa, lampu, dan sebagainya
- Jarak antara ambang dan permukaan lantai
- Metode yang diusulkan untuk menjangkarkan rel horizontal
- Kedalaman ke bagian belakang dari dalam kusen atas
- Lebar muka bagian dalam kusen, sudut, atau saluran

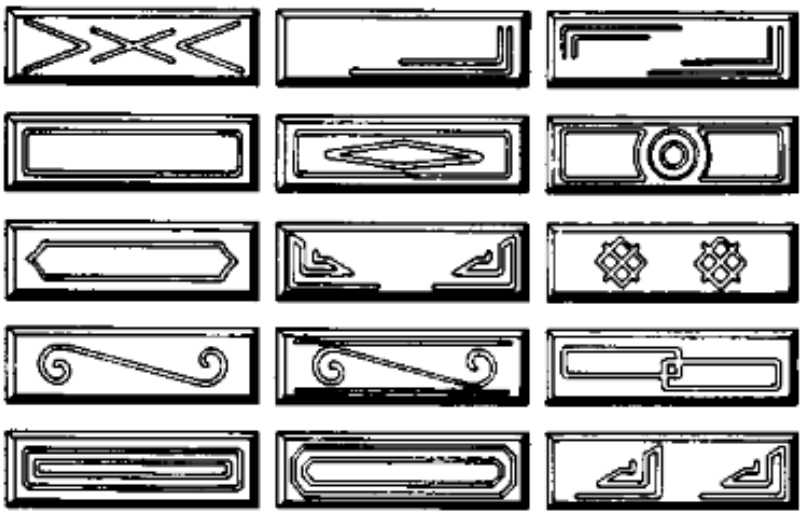
Informasi ini hanya berlaku untuk pintu garasi atas dan tidak berlaku untuk pintu garasi tipe geser, lipat, atau berengsel. Pintu dapat dilengkapi agar sesuai dengan gaya arsitektur apa pun dan dapat dilengkapi dengan jendela kaca berukuran sesuai jika diinginkan (Gambar 21.12).

Gambar 21.12 Pintu garasi atas berukuran 16 feet.

Jika garasi Anda menyatu dengan rumah, pintu garasi Anda sering kali mewakili sepertiga hingga seperempat muka rumah Anda. Gaya dan material harus dipertimbangkan untuk menghasilkan efek yang menyenangkan dengan arsitektur batu atau kayu. Gambar 21.13 menunjukkan tiga jenis pintu garasi atas yang dapat digunakan dengan hampir semua jenis desain arsitektur.

Gambar 21.13 Tiga jenis pintu garasi.

Banyak variasi dapat dibuat dari kombinasi panel timbul dengan desain yang dirutekan atau diukir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21.14. Panel ini juga dapat dikombinasikan dengan panel timbul polos untuk menghasilkan pola dramatis dan kombinasi warna lainnya. Pembuka pintu garasi otomatis dulunya merupakan barang mewah, tetapi dalam beberapa tahun terakhir harganya telah diturunkan dan kegagalan diminimalkan karena sebagian besar instalasi baru menyertakan fitur ini.



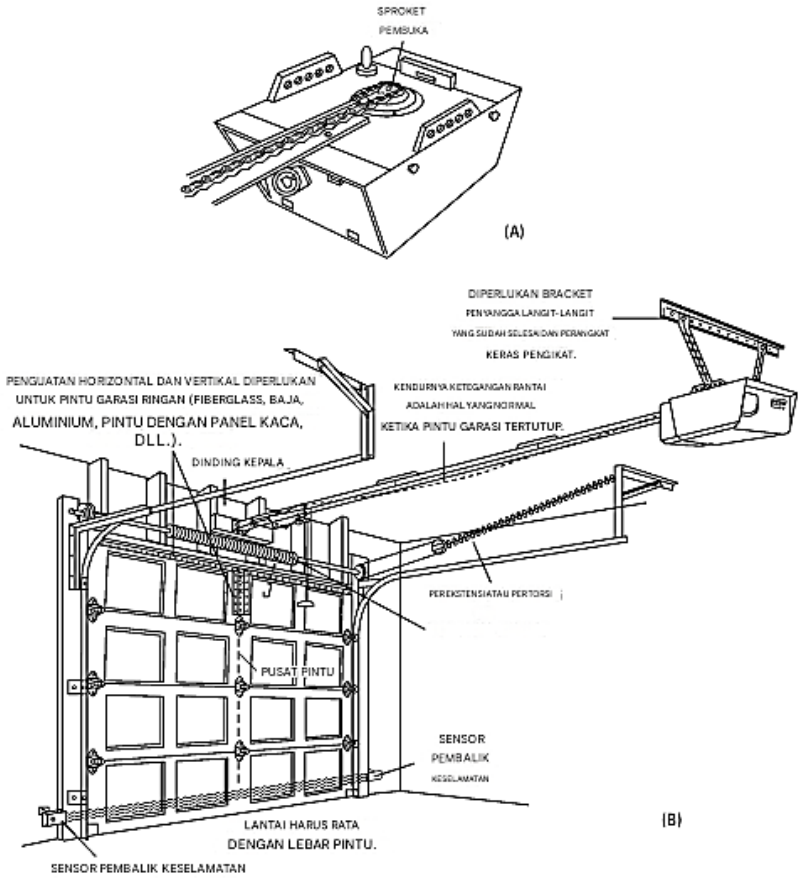
Gambar 21.14 Variasi dalam desain panel yang diukir atau dirutekan.

Pembuka pintu garasi otomatis menghemat waktu, menghilangkan kebutuhan untuk menghentikan mobil dan keluar dalam segala jenis cuaca, dan menghemat energi dan upaya yang diperlukan untuk membuka dan menutup pintu dengan tangan.

Pembuka pintu otomatis adalah unit daya yang digerakkan motor yang diaktifkan melalui radio yang dipasang di langit-langit garasi, dan menempel di bagian atas bagian dalam pintu garasi. Sinyal frekuensi radio dari pemancar yang dipasang di dinding (atau gelombang radio dari pemancar radio portabel di dalam mobil) menyalakan mekanisme pintu. Mekanisme ini juga dapat dioperasikan dengan tombol tekan yang dihubungkan ke sistem kelistrikan pembuka. Saat pintu mencapai batas pergerakannya (naik atau turun), unit akan mati dan menunggu perintah berikutnya.

Sebagian besar pembuka pintu di pasaran memiliki faktor keamanan bawaan, yang ditunjukkan sebagai sinar lampu di bagian bawah pintu. Jika pintu menemui halangan dalam perjalanannya atau berkas cahayanya putus, pintu akan langsung berhenti, atau berhenti dan membalikkan perjalanannya. Pintu tidak akan menutup hingga halangan telah disingkirkan.

Ketika pintu tertutup sepenuhnya, pintu terkunci secara otomatis dan tidak dapat dibuka dari luar, sehingga membuatnya tahan terhadap pencurian. Gambar 21.15 (A dan B) menunjukkan pembuka pintu garasi otomatis yang dapat dengan cepat dilepaskan untuk pengoperasian pintu manual jika terjadi kegagalan daya listrik. Perhatikan soket lampu listrik pada unit pembuka otomatis, yang menyala saat pintu terbuka untuk menerangi bagian dalam garasi.



Gambar 21.15 Pembuka pintu garasi otomatis yang umum.

21.6 PINTU TERAS

Dalam beberapa tahun terakhir, pintu yang semakin populer adalah pintu teras (Gambar 21.16). Pintu ini menyediakan akses mudah ke area yang nyaman untuk ditinggali. Pintu teras tersedia dalam bentuk logam dan kayu, dengan kebanyakan orang lebih menyukai kayu. Pintu ini tersedia dengan kaca berinsulasi ganda dan sisipan yang memberikan efek kusen. Pintu teras dapat berupa pintu teras berayun atau pintu teras geser. Pintu ini tersedia dalam bentuk logam, kayu, atau plastik, atau rangka kayu yang seluruhnya tertutup plastik vinil. Rangka kayu juga dapat dilapisi aluminium atau vinil di bagian luar, sehingga bagian dalam kayu tetap polos untuk dicat atau diwarnai. Produsen memberikan petunjuk tentang cara memasang pintu teras.

Gambar 21.16 Pintu teras.

Ringkasan

Pintu dapat diperoleh dari pabrik dalam ukuran standar dengan harga yang jauh lebih murah daripada yang dapat dibuat dengan tangan. Pintu berpanel (atau sash) dibuat dalam berbagai susunan panel (horizontal, vertikal, atau kombinasi keduanya).

Pintu rata biasanya datar sempurna di kedua sisinya. Pintu inti padat terbuat dari potongan kayu pendek yang direkatkan dengan ujung-ujungnya disusun berselang-seling seperti pada pemasangan batu bata. Pintu inti berongga memiliki kisi-kisi kayu atau bahan sarang lebah lainnya sebagai alasnya, dengan strip tepi kayu padat di keempat sisinya. Bagian depan pintu jenis ini biasanya berupa pelapis tiga lapis, bukan dua lapis tunggal. Pintu kisi-kisi memiliki kisi-kisi yang tetap atau dapat disesuaikan.

Rangka untuk pintu eksterior terdiri dari ambang, ambang pintu, kusen samping dan atas, serta casing. Bahan trim pintu dipaku ke kusen untuk memberikan lapisan akhir antara kusen dan dinding yang diplester. Kusen pintu adalah lapisan bukaan pintu. Pintu ayun terbuka saat Anda melewatinya dari kedua arah. Pintu geser biasanya digunakan untuk lemari pakaian.

Pintu garasi dibuat dalam berbagai ukuran dan desain. Pembuka pintu garasi otomatis menghemat waktu, menghilangkan kebutuhan untuk menghentikan mobil dan keluar dalam segala jenis cuaca, dan menghemat energi dan tenaga yang diperlukan untuk membuka dan menutup pintu dengan tangan. Pintu teras tersedia dengan kaca berinsulasi ganda dan sisipan yang memberikan efek kusen.

Latihan Soal

1. Berapa ukuran standar untuk pintu buatan pabrik?
2. Apa itu pintu berpanel?
3. Jelaskan pintu rata.
4. Mengapa pintu inti padat lebih mahal daripada pintu inti berongga?
5. Apa nama lain untuk pintu kisi-kisi?

6. Apa empat bagian dari rangka pintu eksterior?
7. Apa itu kusen pintu?
8. Apa tujuan trim pintu?
9. Kapan engsel diterapkan pada pintu?
10. Berikan setidaknya tiga alasan mengapa pembuka pintu garasi harus ada di setiap rumah.

BAB 22
UBIN KERAMIK

Ubin keramik mirip dengan batu bata dalam asal-usulnya dan metode produksi umumnya. Bahan-bahannya pada dasarnya adalah tanah liat yang dipanggang hingga keras (seperti batu bata). Akan tetapi, secara khusus, ubin ditekan menjadi biskuit yang jauh lebih tipis dan ukuran permukaan yang lebih kecil, lalu dipanggang. Pemanggangan dan pelapisan permukaan menghasilkan berbagai hasil akhir yang membuat ubin cocok untuk keperluan dekoratif. Tidak seperti batu bata yang digunakan untuk keperluan struktural, ubin digunakan untuk melapisi dinding atau lantai. Ubin memiliki permukaan yang keras dan mengilap, kedap air, dan tahan terhadap kotoran. Ubin mudah dibersihkan.

Ubin umumnya digunakan untuk lantai, dinding, penutup atap, dan pipa pembuangan. Beberapa penutup atap terbuat dari tanah liat yang dipanggang, sama seperti ubin pembuangan yang digunakan di bawah tanah. Bab ini membahas ubin keramik yang digunakan untuk penutup dinding dan lantai serta pemasangannya.

Istilah ubin keramik membedakan ubin tanah liat dari ubin logam dan plastik. Penggunaan ubin keramik sudah ada sejak 4000 hingga 6000 tahun yang lalu. Ubin keramik digunakan pada masa awal kebudayaan Mesir, Romawi, dan Yunani dan, karena ketahanannya, terkadang menjadi satu-satunya bagian bangunan yang tersisa untuk dipelajari dari penggalian di reruntuhan zaman kuno tersebut (Gambar 22.1).

Pengenalan ubin keramik di Amerika Serikat dimulai sekitar waktu Philadelphia Centennial Exposition pada tahun 1876. Hingga saat itu, ubin dibuat dan digunakan di Eropa. Beberapa produsen Inggris memamerkan produk ubin di Pameran tersebut, dan hal itu menarik minat produsen bahan bangunan Amerika. Selanjutnya, sebuah pabrik didirikan di Ohio, kemudian pabrik lainnya di Indiana.

Gambar 22.1 Aula Mesir yang direkonstruksi yang memperlihatkan lantai ubin.

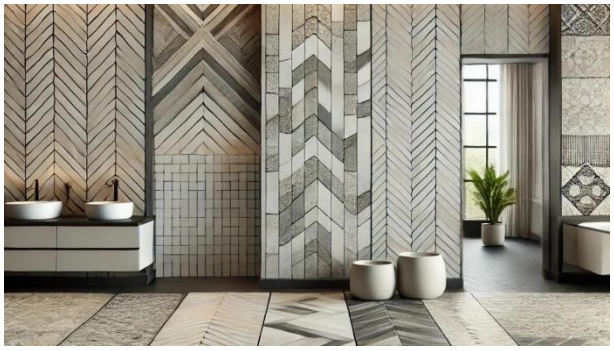
22.1 APLIKASI UBIN

Penggunaan ubin berkisar dari yang jelas hingga yang eksotis. Yang jelas dimulai dengan penggunaannya di kamar mandi (Gambar 22.2), karena air tidak memengaruhinya dan ubin yang dilapisi kaca selaras dengan bak mandi dan perlengkapan lainnya. Area lain di rumah

tempat kelembapan dapat memengaruhi pelapis dinding konvensional kemungkinan merupakan area untuk ubin. Bagian atas wastafel dapur dan backsplash (Gambar 22.3) merupakan area alami untuk ubin. Gambar 22.4 memperlihatkan seluruh dinding yang dilapisi ubin, di sudut sarapan. Untuk alasan yang sama, ubin sangat cocok untuk kolam renang. Dinding dan lantai, serta kolam itu sendiri, dilapisi ubin keramik di kolam renang umum. Anda bahkan dapat menemukan ubin di kolam renang di kapal pesiar mewah.

Gambar 22.2 Kamar mandi adalah tempat yang sempurna untuk memasang ubin keramik.

Gambar 22.3 Ubin juga digunakan untuk meja dapur.



Gambar 22.4 Ubin tersedia dalam bentuk blok untuk lantai dan dinding.

22.2 JENIS-JENIS UBIN

Dahulu kala, ubin tersedia dalam jumlah warna, bentuk, dan lapisan yang relatif terbatas (seperti beberapa ubin halus berwarna pastel). Namun, hal itu tidak berlaku lagi. Kini, tersedia berbagai macam ubin. Untuk dinding, tersedia ubin standar berukuran $4^1/_4$ inci, tetapi Anda juga bisa mendapatkan ubin dalam berbagai bentuk (berlian, lengkung, dan sebagainya) dan dalam berbagai macam warna dan tekstur, dari pasir hingga halus.

Ada ubin blok untuk lantai, ubin yang tersedia dalam berbagai bentuk, dan ubin mosaik dengan ubin dalam kotak-kotak berukuran 1 inci yang dipasang pada latar belakang jala.

Dulu, ubin dipasang dengan semen Portland (yang disebut pekerjaan lumpur), tetapi kini, pekerjaan tersebut biasanya dilakukan (di lantai dan dinding) dengan perekat. Tersedia berbagai macam perekat, dan Anda harus berkonsultasi dengan penjual ubin untuk memastikan bahwa Anda memilih perekat yang tepat.

22.3 MEMASANG UBIN

Para penjual juga menyediakan petunjuk terperinci (dalam beberapa kasus, film berwarna) yang menunjukkan cara memasang ubin. Namun, berikut ini adalah langkah-langkah dasar yang terlibat dalam pemasangan ubin di dinding dan lantai.

Rencanakan Tata Letak

Untuk dinding, satu pekerjaan adalah mengelilingi bak mandi standar dengan tiga dinding. Mulailah dengan menggambar garis horizontal dan vertikal di bagian tengah setiap dinding. Pada satu dinding, letakkan satu garis ubin di sepanjang bagian atas bak mandi. Lihat ubin dalam kaitannya dengan garis.

Jika lebar ubin kurang dari satu ubin, pindahkan garisnya. Pastikan tidak ada ubin yang lebarnya kurang dari setengah ubin. Dalam beberapa kasus, tentu saja, Anda tidak akan dapat memasang ubin dengan ukuran yang tepat, tetapi Anda harus mencobanya.

Oleskan Perekat

Gunakan sekop berlekuk untuk mengoleskan perekat. Pegang sekop pada sudut 45 derajat dan oleskan perekat dalam jumlah terbatas pada satu waktu sehingga tidak mengering sebelum ubin dapat diaplikasikan.

Letakkan setiap ubin dengan gerakan memutar agar melekat dengan baik di semen. Tekan ubin ke bawah, ketuk dengan kuat di tempatnya. Jaga agar sambungan tetap lurus.

Ubin standar dilengkapi dengan mata pena atau spacer di tepinya sehingga jarak sambungan yang tepat dapat dipertahankan. Jika tidak demikian, berhati-hatilah. Gunakan batang kecil dengan ketebalan yang sama untuk menjaga jarak sambungan. Namun, pastikan ubin lurus.

Gambar 22.5 Panduan penting untuk memasang ubin di dinding dan lantai.

Gambar 22.6 Ubin yang diaplikasikan pada perekat yang telah ditempelkan dengan sekop bergerigi (berlekuk).

Memotong Ubin

Pada beberapa titik pemasangan, kemungkinan besar Anda harus memotong ubin (Gambar 22.7 hingga 22.11). Untuk ini, Anda dapat menggunakan pemotong ubin sewaan (berfungsi seperti pemotong kertas). Untuk ubin yang harus digigit potongan-potongan kecil agar pas di sekitar pipa dan sejenisnya, Anda dapat menggunakan tang potong (pedagang ubin biasanya menyediakannya).

Gambar 22.7 Tang potong ubin bagus untuk membuat potongan yang tidak beraturan pada ubin.

Gambar 22.8 Jika ubin tidak memiliki spacer, Anda harus menyediakannya.

Saat memotong ubin, ikuti prosedur berikut:

- Potong dan tempatkan bagian satu per satu. Memotong semua bagian ubin yang Anda perlukan dapat menyebabkan kesalahan, karena beberapa sudutnya tegak lurus.
- Potong bagian ubin yang sangat kecil saat memotong. Mencoba mengambil sebagian besar sekaligus dapat membuat ubin retak.

Mengaplikasikan Nat

Nat adalah material yang mengisi sambungan. Nat dulunya hanya tersedia dalam warna putih, tetapi kini Anda bisa mendapatkan nat dalam berbagai warna, dan menjadi material aksen yang bagus untuk ubin.

Kemasan yang berisi nat (berbentuk bubuk yang dicampur dengan air) akan memberikan petunjuk penggunaannya. Nat harus diaplikasikan setidaknya 24 jam setelah ubin dipasang. Karet pembersih lantai merupakan aplikator yang bagus.

Gambar 22.9 Ketuk ubin dengan hati-hati menggunakan blok pemukul untuk memastikannya terpasang dengan benar.

Gambar 22.10 Pemotong ubin sewaan berfungsi baik untuk membuat potongan persegi.

Gambar 22.11 Pada pemasangan ini, kasa dipasang ke lantai. Semen akan digunakan. Ini adalah pekerjaan lumpur kuno.

Letakkan nat dan bersihkan kelebihannya dengan alat pembersih kaca (Gambar 22.12). Nat yang berlebih dapat dibersihkan dengan spons basah. Untuk membentuk garis sambungan, Anda dapat menggunakan ujung sikat gigi. Biarkan nat mengering. Kemudian, semprot dengan silikon dan poles dengan kain.

Gambar 22.12 Alat pembersih kaca atau sekop karet bagus untuk menghaluskan nat.

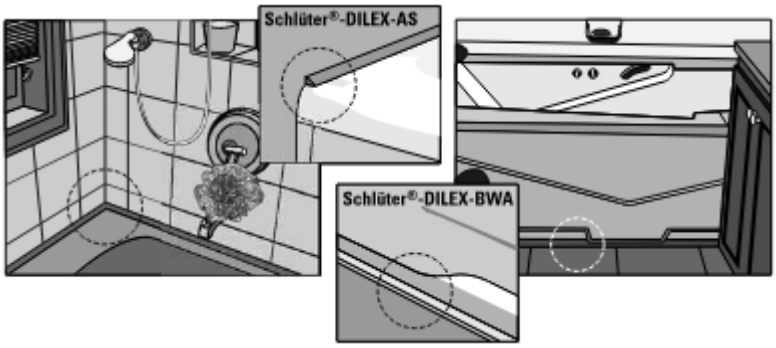
Memasang Lantai

Memasang ubin lantai pada dasarnya mengikuti prosedur yang sama: menggambar garis, memindahkannya sesuai kebutuhan, mengoleskan perekat, memasang ubin. Jika Anda memasang ubin di meja dapur dan memiliki permukaan horizontal dan vertikal, lebih mudah memasang ubin di area horizontal terlebih dahulu.

Sambungan Sudut

Ada area di lantai keramik atau meja dapur yang rentan retak. Mirip dengan lembaran kaca besar, lantai atau dinding keramik yang terpasang pada dasarnya kaku. Oleh karena itu, penting untuk memasang sambungan gerakan di sudut dan perimeter bagian dalam dan di dalam permukaan yang besar, menciptakan zona lunak yang akan menyerap gerakan dan mencegah ubin atau nat retak. Secara tradisional, hal ini dilakukan dengan menggunakan sealant silikon (dempul). Akan tetapi, dempul sulit diaplikasikan dan akan mengering seiring waktu, sehingga perlu didempul ulang nanti.

Ada profil sudut dan pergerakan yang diproduksi dan dibuat sebelumnya yang ditawarkan kepada tukang ubin. Profil ini dirancang untuk melindungi lantai atau dinding sekaligus menciptakan tampilan sambungan yang lurus dan seragam. Selain itu, profil mencegah masuknya air permukaan dan menghilangkan kebutuhan akan dempul. Hasilnya adalah pemasangan yang profesional, bebas perawatan, dan tahan lama (Gambar 22.13).



Gambar 22.13 Profil Schluter-dilex yang digunakan dalam pemasangan bak mandi di kamar mandi.

Ringkasan

Ubin keramik mirip dengan batu bata dalam asal-usulnya dan metode produksi umumnya. Ubin umumnya digunakan untuk lantai, dinding, penutup atap, dan pipa pembuangan. Beberapa penutup atap terbuat dari tanah liat yang dipanggang, sama seperti ubin pembuangan yang digunakan di bawah tanah.

Ubin keramik diperkenalkan ke Amerika Serikat sekitar tahun 1876 di Philadelphia Centennial Exposition. Penggunaan ubin keramik berkisar dari yang jelas hingga yang eksotis, kamar mandi menjadi tempat pertama yang terpikirkan dalam penggunaan ubin keramik. Saat ini, ada berbagai ubin keramik yang tersedia untuk dinding, langit-langit, dan lantai. Dapur adalah tempat lain yang mungkin untuk ubin keramik yang digunakan untuk meja dapur dan penutup lantai.

Sebelumnya, ubin dipasang dengan semen Portland (yang disebut pekerjaan lumpur), tetapi sekarang pekerjaan tersebut biasanya dilakukan, di lantai dan dinding, dengan perekat. Saat mengaplikasikan perekat, gunakan sekop berlekuk. Gunting dan pemotong ubin memudahkan pemotongan ubin sesuai ukuran. Nat adalah bahan yang mengisi sambungan. Dulunya hanya tersedia dalam warna putih, tetapi kini Anda bisa mendapatkan nat dalam berbagai warna, dan menjadi bahan aksen yang bagus untuk ubin.

Latihan Soal

1. Apa itu ubin keramik?
2. Di mana ubin keramik digunakan? Mengapa?
3. Kapan Amerika Serikat mulai menggunakan ubin keramik di rumah-rumah?
4. Berapa ukuran standar ubin kamar mandi?
5. Bagaimana cara memasang ubin keramik?
6. Apa itu nat?
7. Di mana nat digunakan dan tersedia dalam warna apa?
8. Bagaimana cara memasang perekat?
9. Bagaimana jarak sambungan dijaga selama pemasangan ubin?
10. Apa itu tang penjepit?

BAB 23
VENTILASI LOTENG

Bentuk ventilasi loteng yang paling umum adalah ventilasi berjeruji di ujung atap pelana, yang ukurannya bervariasi dari unit segitiga yang sangat besar hingga satu celah. Menurut seorang peneliti, "Daya tarik estetika kisi-kisi sederhana telah menjadi faktor utama dalam penggunaan kisi-kisi yang terus berlanjut dan populer." Sayangnya, kisi-kisi tersebut memiliki kendali yang terbatas terhadap penetrasi hujan dan salju saat ukurannya dibuat untuk ventilasi musim panas. Kisi-kisi yang lebih rumit dan lebih mahal juga memiliki keterbatasan dalam menghentikan penetrasi hujan atau salju. Ilmuwan bangunan Kanada Y. E. Forgues, dalam makalahnya,

> *"Ventilasi Atap Terisolasi" (Institut Penelitian Konstruksi), memperingatkan, Ventilasi atap pelana memiliki serangkaian bilah yang miring pada sudut 45 derajat. Jika tidak dirancang dengan benar, ventilasi tersebut dapat menyebabkan hujan atau salju masuk ke ruang atap. Di wilayah seperti Prairies, yang tunduk pada salju halus yang terbawa angin, ventilasi atap pelana mungkin harus ditutup di musim dingin untuk mencegah salju menumpuk di loteng."*

Banyak warga Amerika mendapati loteng mereka penuh salju setelah Badai Timur Laut karena salah satu ujung atap pelana rumah menghadap ke utara. Para veteran Vietnam Amerika bercerita tentang pasir di loteng barak yang terbawa masuk melalui ventilasi ujung atap pelana. Akan tetapi, para pembangun tidak tertarik pada ventilasi yang lebih baik selama mereka yakin ventilasi yang sederhana dapat berfungsi. Mereka bersikeras bahwa "mereka tidak pernah mengalami masalah apa pun karena ventilasi atap pelana." Persyaratan ventilasi dalam tiga kode bangunan model berasal dari "Standar Properti Minimum" FHA, bagian 403–3.2:

> *Ventilasi silang untuk setiap ruang terpisah dengan bukaan ventilasi yang terlindungi dari masuknya hujan dan salju.*
> *Rasio total area ventilasi bebas bersih terhadap area langit-langit tidak boleh kurang dari* $^{1}/_{500}$ *, kecuali rasio tersebut dapat berupa* $^{1}/_{300}$ *dengan ketentuan:*
> *Penghambat uap yang memiliki laju transmisi tidak melebihi satu perm dipasang pada sisi hangat langit-langit,*
> *atau setidaknya 50 persen dari area ventilasi yang diperlukan disediakan oleh ventilator yang terletak di bagian atas ruang yang akan diberi ventilasi (setidaknya 3 feet-0 inci di atas ventilasi atap atau cornice) dengan keseimbangan ventilasi yang diperlukan yang disediakan oleh ventilasi atap atau cornice.*

23.1 PENGENDALIAN KELEMBAPAN

Untuk pengendalian kelembapan, kode mengharuskan ventilasi loteng di rumah dengan penghambat difusi uap di langit-langit harus memiliki area ventilasi bebas yang sama dengan $^1/_{300}$ dari luas lantai loteng. (Perhatikan bahwa area loteng adalah area lantai loteng, bukan area atap.) Kode BOCA mengharuskan bukaan ventilasi dilindungi dengan saringan antikarat. UBC 1988 mengharuskan kasa dengan bukaan $^1/_4\, inci$. Untuk mengimbangi pengurangan Net Free Venting Area (NFVA) yang disebabkan oleh kasa $8 \times 8\ (64\ bukaan\ per\ in)^2$, bukaan kasa harus 25 persen lebih besar. Jika bukaan kasa dan kisi-kisi digunakan untuk ventilasi, ukuran kisi-kisi harus 125 persen lebih besar dari area yang ditentukan.

Sebagai contoh, perhatikan sebuah rumah dengan luas lantai loteng $1000\ ft^2$ yang memerlukan NFVA $7\ ^1/_2\ ft^2$:

$$1000\ \text{ft}^2\ \times\ ^1/_{300}\ =\ 3\ ^1/_{300}\ \text{ft}^2\ \text{NFVA}$$
$$3{,}33\ \text{ft}^2\ \times\ 2.5\ \text{persen plus}\ =\ 4\ ^1/_6\ \text{ft}^2\ \text{area yang disaring NFVA}$$
$$3{,}33\ \text{ft}^2\ 2\ 4{,}16\ \text{ft}^2\ =\ 7{,}49\ \text{ft}^2\ \text{atau}\ 7\ ^1/_2\ \text{ft}^2\ \text{area berlubang dengan penutup}$$

Rumah ini memerlukan ventilasi berlubang $7\ ^1/_2\ \text{ft}^2/2 =\ 3\ ^3/_4\ \text{ft}^2$ di setiap ujung atap pelana rumah. Sayangnya, rasio $^1/_{300}$kurang dari $1/2\ \text{in}^2\ \text{per ft}^2$ area loteng dan tidak memadai. Jawaban resmi BOCA atas ketidakcukupan ini adalah bahwa kode tersebut membahas tentang minimum.

23.2 VENTILASI UDARA

Kebutuhan ventilasi loteng paling besar di musim panas. Namun, jika penurunan suhu loteng yang besar akan dicapai dengan aliran udara gravitasi, area ventilasi harus ditingkatkan secara signifikan. Area ventilasi sebenarnya ditentukan oleh tinggi cerobong (yaitu, perbedaan ketinggian dari ventilasi masuk ke ventilasi keluar). Jika setengah dari ventilasi rendah (di atap) dan setengah lainnya berada di dekat bubungan, aliran udara akan jauh lebih besar daripada jika semua ventilasi tinggi. Semakin tinggi cerobong, semakin besar aliran udara gravitasi. Kita perlu bergantung pada aliran udara gravitasi daripada aliran udara yang lebih besar yang disebabkan oleh angin karena kebutuhan utama ventilasi bukanlah saat angin bertiup, tetapi saat tidak ada angin yang memaksa udara masuk dan keluar dari loteng.

Di rumah dengan tinggi cerobong 6-kaki, NFVA harus $^1/_{50}$ dari area loteng. Misalnya, jika setengah dari ventilasi masuk disaring, dan setengah ventilasi lainnya adalah ventilasi pembuangan yang disaring dan terletak tinggi di loteng, loteng seluas $1000\ ft^2$ persegi akan memerlukan asupan yang disaring seluas $12\ ft^2$ persegi dan dua pembuangan yang dilapisi kisi-kisi masing-masing seluas $11\ ft^2$ persegi. Ukuran ventilasi ini tidak hanya tidak praktis, tetapi juga dapat menyebabkan tuntutan hukum karena tidak ada cara praktis untuk mengendalikan penetrasi hujan dan salju. Lebih buruk lagi, jika tinggi cerobong kurang dari

6 feet, ventilasi yang lebih besar akan diperlukan. Ukuran area pembuangan dan asupan terkait dengan total area yang dibutuhkan, jadi pengurangan apa pun di area pembuangan akan memerlukan peningkatan yang cukup besar di area asupan untuk mendapatkan aliran udara gravitasi yang sama. Ketika NFVA pembuangan/asupan seimbang, pendinginan maksimum terjadi.

Jika ventilasi berkisi-kisi ujung atap pelana akan digunakan dengan ventilasi soffit, secara praktis tidak mungkin untuk menyediakan ventilasi pembuangan yang cukup untuk menyamai area ventilasi soffit. Sekalipun lubang ventilasi pembuangan berukuran setengah dari luas lubang ventilasi soffit, lubang ventilasi kisi-kisi pada ujung atap pelana harus berukuran sangat besar.

Contoh

Sebagai contoh, perhatikan rumah berukuran $25\ \mathrm{ft}$ dengan bubungan setinggi $4\ \mathrm{kaki}$ yang akan memiliki tinggi cerobong asap $2\ \mathrm{ft} - 8\ \mathrm{inci}$. Ventilasi kisi-kisi ujung atap pelana harus memiliki lebar $12\ \mathrm{ft} - 6\ \mathrm{inci}$ di pangkalnya dan tinggi $2\ \mathrm{ft}$.

Jelas, kode-kode tersebut tidak membantu. Batas minimumnya lebih baik daripada tidak ada sama sekali, tetapi hukuman yang lebih baik daripada tidak sama sekali adalah bendungan es, dan semua masalah yang diakibatkannya. Bendungan es akan ditemukan di rumah-rumah tanpa ventilasi loteng, tetapi 95 persen bendungan es ditemukan di rumah-rumah dengan ventilasi kisi-kisi ujung atap pelana. Menggunakan tinggi cerobong asap untuk mengukur NFVA memang menyediakan ventilasi dengan aliran udara yang lebih besar, yang menghasilkan pendinginan yang lebih baik.

Namun, penetrasi hujan dan salju dapat menyebabkan tuntutan hukum. Sarana ventilasi loteng lainnya harus ditemukan. Selain itu, kita harus menetapkan kriteria yang harus dipenuhi oleh semua skema ventilasi loteng:

1. Harus selalu ada ventilasi pembuangan di area bertekanan negatif.
2. Perangkat ventilasi terpisah harus beroperasi sebagai suatu sistem.
3. Sistem harus beroperasi secara independen dari angin.
4. Sistem harus bekerja pada waktu yang paling krusial: saat tidak ada angin.
5. Sistem harus secara substansial mengurangi penetrasi salju dan hujan.
6. Aliran udara harus berada di sepanjang sisi bawah selubung atap.
7. Aliran udara harus konsisten dan searah,
8. apa pun arah angin.
9. Sekitar $1\,{}^{1}/_{2}\ \mathrm{ft}^3$ per menit udara per ft^2 luas lantai loteng harus dipindahkan di sepanjang sisi bawah selubung atap untuk ventilasi yang efektif.

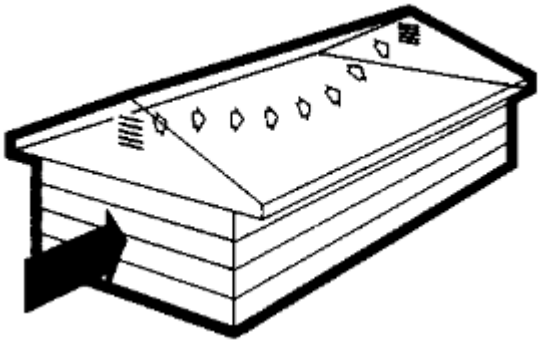
23.3 POLA ALIRAN UDARA

Kami memulai analisis kami dengan melihat pola aliran udara di loteng dengan berbagai jenis ventilasi loteng, dan dengan angin yang bertiup langsung ke arah mereka atau tegak lurus (sudut siku-siku) terhadap mereka.

Ventilasi Berlubang di Ujung Pelana

Gambar 23.1 menunjukkan angin yang bertiup langsung di ventilasi berlubang di ujung

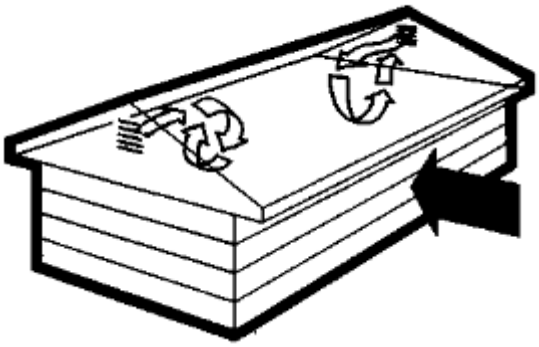
pelana. Saat angin menerpa bangunan, ia menciptakan area bertekanan positif tinggi, dan ventilasi yang diterpa angin menjadi ventilasi masuk. Angin mengalir ke atas, di sekitar, dan di atas bangunan, menciptakan area bertekanan negatif (atau hisapan) dan menyebabkan ventilasi yang terletak di sisi negatif menjadi ventilasi buang.



Gambar 23.1 Pola aliran udara dengan angin sejajar dengan punggung bukit.

Selama angin bertiup langsung ke ventilasi, akan selalu ada ventilasi pembuangan di area bertekanan negatif. Angin memasuki ventilasi positif, turun dan bergerak melewati insulasi di lantai loteng, bergerak ke atas dan keluar melalui ventilasi negatif. Kriteria 1 dan 2 terpenuhi. Namun, kriteria lainnya tidak terpenuhi.

Selain itu, angin tidak bertiup terus-menerus ke satu arah. Pergeseran arah mengubah area bertekanan positif menjadi negatif, dan sebaliknya. Angin yang tegak lurus dengan punggungan membuat setiap ventilasi menjadi ventilasi masuk/keluar (Gambar 23.2). Kisi-kisi sekarang bekerja secara independen satu sama lain, bukan sebagai suatu sistem. Bagian bawah selubung tidak berventilasi. Sedikit kelembapan yang dihilangkan. Tidak ada pergerakan udara karena efek termal. Tidak ada kriteria yang terpenuhi.

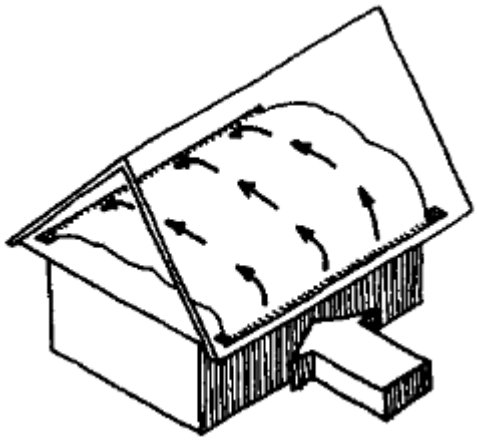


Gambar 23.2 Pola aliran udara dengan angin tegak lurus terhadap punggungan.

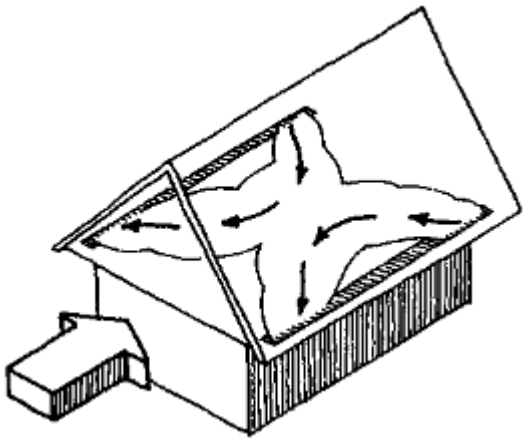
Ventilasi Soffit

Ventilasi soffit menyediakan aliran udara yang efektif tanpa mempedulikan arah angin, dan ada keseimbangan antara area pemasukan dan pembuangan (Gambar 23.3 dan Gambar 23.4). Aliran udara dibatasi pada lantai loteng, yang dapat mengurangi efektivitas insulasi. Bagian bawah selubung tidak berventilasi, dan sangat sedikit kelembapan yang dikeluarkan.

Tidak ada pergerakan udara, karena efek termal, saat tidak ada angin. Efektivitas ventilasi ini yang sedikit disebabkan oleh angin.



Gambar 23.3 Pola aliran udara dengan ventilasi soffit saat angin sejajar dengan soffit.



Gambar 23.4 Pola aliran udara di ventilasi soffit saat angin tegak lurus dengan soffit.

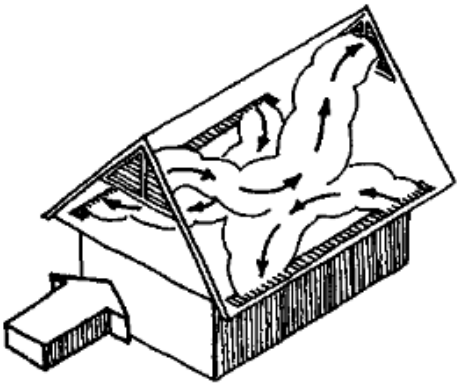
Kombinasi Ventilasi Atap/Soffit

Ada kepercayaan umum (tetapi keliru) bahwa lebih banyak lebih baik: gabungkan ventilasi atap dan soffit untuk bekerja sebagai suatu sistem. Namun, seperti yang ditunjukkan pola aliran udara pada Gambar 23.5 dan Gambar 23.6, terlepas dari arah angin, ventilasi atap dan soffit bekerja secara independen satu sama lain. Ventilasi soffit memenuhi Kriteria 1, tetapi tidak memenuhi kriteria lainnya.

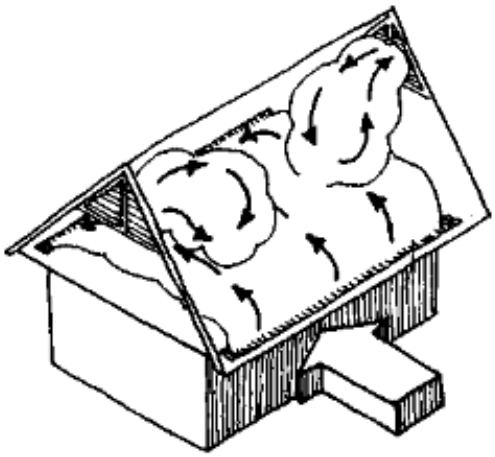
Ada skema ventilasi loteng lainnya: hanya kisi-kisi atap (baik ventilasi persegi panjang berbentuk jamur atau ventilasi turbin), kisi-kisi atap dengan ventilasi soffit, dan kipas loteng. Dengan kisi-kisi atap tunggal, pergerakan udara hanya terjadi di area kecil di sekitar kisi-kisi. Dengan hanya dua kisi-kisi atap, pergerakan udara terjadi dari satu ventilasi kisi-kisi ke ventilasi kisi-kisi lainnya. Kisi-kisi hanya membasahi area atap tepat di sebelahnya. Kisi-kisi atap dengan ventilasi sofit sangat bergantung pada angin. Saat angin tegak lurus dengan bubungan, hanya ventilasi sofit yang berfungsi. Saat angin bertiup sejajar dengan bubungan, hanya kisi-kisi atap yang berfungsi.

Beberapa produsen rumah modular melengkapi loteng dengan kipas angin karena keyakinan keliru bahwa kipas angin dapat membuat perbedaan dengan mengurangi suhu loteng dan, oleh karena itu, mengurangi beban pendingin udara. Selain itu, banyak penelitian oleh universitas, utilitas publik, pemerintah federal, dan lainnya meragukan klaim ini. Kipas angin dapat membantu menurunkan suhu loteng, tetapi hal ini hanya berdampak kecil pada beban pendinginan total. Energi tidak dihemat.

Kipas angin meningkatkan tagihan listrik tanpa mengurangi tagihan pendingin udara. Jika kipas angin terletak di sisi atap yang menghadap angin, angin mengurangi efektivitasnya. Menempatkan kipas angin di sisi bawah angin membantu, tetapi tidak lebih dari 50 persen selubung atap dapat dicuci (diventilasi). Sebagian besar utilitas tidak merekomendasikan kipas angin.



Gambar 23.5 Pola aliran udara dengan ventilasi atap pelana dan sofit saat angin sejajar dengan punggungan.



Gambar 23.6 Pola aliran udara dengan ventilasi atap pelana dan sofit dengan angin tegak lurus dengan punggungan.

Ventilasi Turbin

Baru-baru ini, ventilasi turbin telah menjadi bahan perdebatan dan kontroversi yang sengit. Seperti yang telah dibahas, ventilasi atap hanya menggerakkan udara di area kecil yang mengelilingi ventilasi. Bahkan jika ventilasi soffit digabungkan dengan ventilasi atap, pola aliran

udaranya tidak teratur. Udara masuk ke satu soffit dan keluar melalui ventilasi soffit lainnya. Hanya sedikit aliran udara yang sampai ke ventilasi atap.

Ventilasi turbin sebenarnya tidak lebih dari sekadar ventilasi atap dengan tutup ventilator yang berputar (Gambar 23.7). Pada kecepatan angin rendah saat loteng sangat membutuhkan ventilasi, turbin tidak bekerja lebih baik atau lebih buruk daripada ventilasi atap lainnya. Angin kencang menyebabkan putaran berlebihan yang menyebabkan keausan berlebihan pada bantalan. Ventilasi turbin sering kali macet dan gagal berputar.

Pengujian berulang (dan pengujian terowongan angin pada ventilasi turbin selama beberapa tahun) mengungkapkan betapa buruknya kinerjanya. Pengujian ini menunjukkan bahwa udara dapat masuk ke turbin alih-alih dikeluarkan olehnya. Banyak yang percaya bahwa saat turbin berputar, tidak ada hujan atau salju yang dapat masuk. Namun, seperti halnya masuk ke kisi-kisi atap biasa, ia masuk ke turbin yang berputar. Ratusan rumah di Oklahoma memiliki beberapa inci pasir di atas insulasi langit-langit yang dibawa oleh ventilator turbin. Pengujian di Texas A&M telah menunjukkan sedikit perbedaan antara aliran udara dengan ventilator turbin dan cerobong terbuka, atau sistem ventilasi tipe gravitasi.

Kesimpulan yang sama dicapai di Virginia Polytechnic Institute, berdasarkan pengujian terowongan angin pada ventilator turbin. Seorang insinyur di universitas lain telah mengamati bahwa seberapa baik ventilator turbin bekerja tergantung pada siapa yang melakukan pengujian. Texas A&M menyimpulkan bahwa satu-satunya aliran udara buangan loteng melalui ventilator turbin dalam kondisi angin normal adalah udara apung yang dihasilkan dari perbedaan kepadatan antara loteng yang panas dan udara luar yang lebih dingin. Turbin gagal (seperti halnya ventilasi kisi-kisi ujung atap pelana dan ventilasi sofit) saat tidak ada angin. Apakah Ada Kesepakatan?

Pencarian kami menunjukkan bahwa ventilasi loteng bukanlah hal yang mudah dan langsung dengan memasang ventilasi kisi-kisi di ujung atap pelana, atau ventilasi sofit, atau ventilasi turbin. Pendekatan yang sederhana ini mengabaikan fakta bahwa menambahkan ventilasi loteng tidak sama dengan upaya untuk menurunkan suhu loteng dan menghilangkan kelembapan.

Kode bangunan tidak sendirian dalam merekomendasikan, tanpa diragukan lagi, rasio "Standar Properti Minimum". Hampir semua buku tentang pertukangan, konstruksi hemat energi, dan konstruksi arsitektur dan hampir semua majalah untuk pemilik rumah dan orang yang mengerjakan sendiri mengikuti rasio ini. Produsen produk ventilasi loteng tidak banyak membantu karena mereka terlibat dalam klaim dan klaim balik atas area ventilasi bebas bersih, apakah penyekat eksternal pada ventilasi bubungan diperlukan atau tidak, dan apakah ventilasi bubungan dan sofit harus diseimbangkan.

Banyak penulis setuju, "Jenis ventilasi loteng yang paling efektif adalah ventilasi bubungan dan sofit yang berkesinambungan." Akan tetapi, mereka tidak memberi tahu kita mengapa mereka percaya hal ini, atau kombinasi ventilasi bubungan dan soffit apa yang harus digunakan dan mengapa. Seorang peneliti menantang produsen dan penulis kode tentang penggunaan penyaringan untuk ventilasi soffit tetapi tidak memberi kita panduan apa pun.

Gambar 23.7 Ventilasi Turbin

Delapan kriteria memberi tahu kita bahwa harus ada sistem ventilasi loteng. Mereka juga memberi tahu apa yang harus dilakukan sistem itu. Analisis pola aliran udara menunjukkan bahwa ventilasi ujung atap pelana, ventilasi atap/turbin (semua dengan atau tanpa ventilasi soffit), dan kipas loteng gagal memenuhi kriteria. Kita dihadapkan pada ventilasi bubungan dan apakah mereka mematuhi kriteria atau tidak. Sayangnya kriteria tersebut tidak membantu kita memilah labirin saran yang saling bertentangan:

Untuk ventilasi soffit gunakan salah satu dari yang berikut: panel aluminium, vinil, atau Masonite dengan lubang atau slot; ventilasi tersaring melingkar dengan berbagai diameter; penyaringan; strip berkisi tunggal atau berkisi ganda; ventilasi berkisi persegi panjang. Semua kecuali strip dan panel dapat ditempatkan di setiap rongga, setiap rongga lainnya, atau setiap rongga kelima, dan di mana saja di soffit.

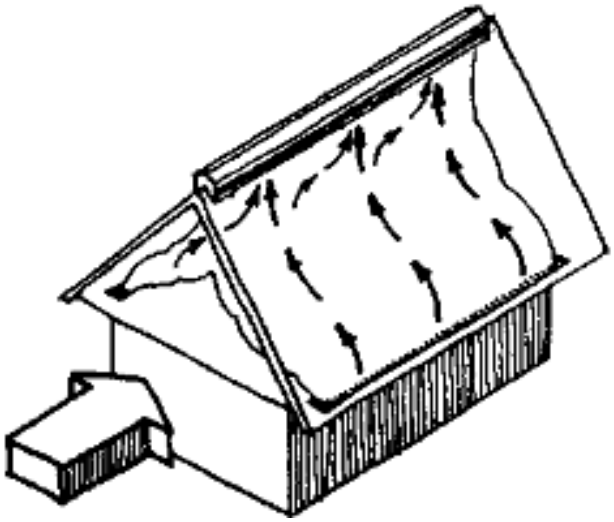
- ☑ Pasang semua jenis ventilasi bubungan kontinu dengan semua jenis ventilasi soffit.
- ☑ Pasang hanya ventilasi bubungan dengan sekat eksternal dan hanya ventilasi soffit berpalang ganda.
- ☑ Ventilasi soffit dapat ditempatkan di mana saja di soffit.
- ☑ Jauhkan ventilasi soffit sejauh mungkin dari dinding luar. Pasang di samping papan fasia.

Ventilasi Bubungan

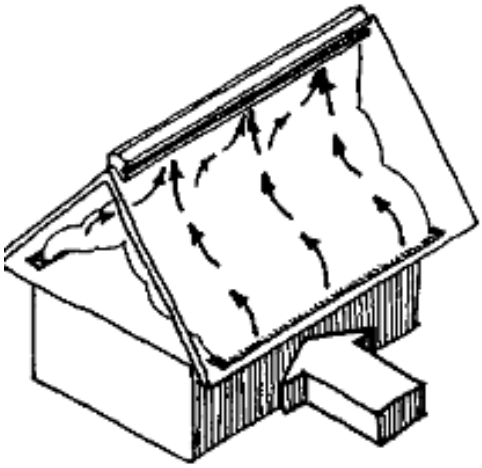
Ventilasi bubungan, yang terletak di titik tertinggi atap, menyediakan 50 persen NFVA di lokasi yang tinggi. Sisa 50 persen dibagi antara ventilasi soffit rendah (25 persen di setiap soffit). Keseimbangan ini menyediakan area ventilasi yang sama untuk aliran udara yang sama ke dalam dan keluar loteng. Untuk efek pendinginan maksimum, masukan dan keluaran NFVA

harus seimbang. Laju ventilasi efektif sistem yang tidak seimbang dikurangi menjadi aliran udara melalui NFVA yang lebih kecil.

Gambar 23.8 dan Gambar 23.9 menunjukkan bahwa pola aliran udara dengan ventilasi bubungan dan soffit tetap sama terlepas dari arah angin. Pola aliran udara berasal dari ventilasi soffit rendah ke atas di sepanjang selubung dan keluar di ventilasi bubungan. Karena aliran udara selalu dalam arah yang sama, maka aliran udara tersebut menciptakan inersia pergerakan udara yang konstan.



Gambar 23.8 Pola aliran udara dengan ventilasi bubungan dan soffit dengan angin sejajar dengan bubungan.



Gambar 23.9 Pola aliran udara dengan ventilasi bubungan dan sofit dengan angin tegak lurus terhadap bubungan.

Hal ini menjelaskan mengapa ventilasi bubungan sangat efisien. Beberapa peneliti mempertanyakan apakah pola aliran udara tersebut seperti yang diklaim. Mereka berpendapat bahwa, menurut mekanika fluida, ketika udara memasuki celah soffit kecil dan tiba-tiba mengosongkannya ke ruang loteng yang besar, udara tersebut akan menyebar ke seluruh loteng. Namun, pengukuran terkini telah mengonfirmasi bahwa aliran udara mengalir

di sepanjang selubung atap dan dalam jarak 3 atau 4 inci dari selubung atap.

Yang krusial bagi kinerja ventilasi bubungan adalah penyekat eksternal. Sayangnya, tidak ada kesepakatan mengenai hal ini di antara produsen ventilasi bubungan. Beberapa perusahaan memproduksi ventilasi bubungan tanpa sekat, dan mengklaim bahwa ventilasi tersebut beroperasi tanpa masalah.

Construction Research Laboratory of Miami, Florida, adalah laboratorium pengujian yang sangat dihormati yang mengkhususkan diri dalam pengujian ventilasi loteng. Antara tahun 1983 dan 1987, mereka menjalankan serangkaian pengujian ventilasi bubungan dengan dan tanpa sekat, untuk mengukur penetrasi hujan yang didorong angin ke dalam ventilasi. Kecepatan angin adalah 50, 75, dan 100 mph. Laju hujan yang disimulasikan adalah 8 inci per jam, laju yang digunakan untuk evaluasi Dade County, Florida. Semprotan air ditambahkan ke aliran udara yang berlawanan arah angin dari spesimen uji dengan laju yang sama dengan 8 inci per jam hujan.

Dalam satu rangkaian pengujian pada kecepatan 50 mph dan berlangsung selama 5 menit, air memasuki seluruh panjang ventilasi bubungan tanpa sekat dan jatuh ke ruang di bawahnya. Total kebocoran air adalah 1,5 liter, atau sekitar 9 ons per menit. Dalam kondisi pengujian yang sama, ventilasi bubungan dengan sekat eksternal hanya memungkinkan penetrasi air sebanyak 0,2 ons dalam waktu 5 menit, 0,6 ons pada kecepatan 75 mph, dan 1,2 ons pada kecepatan 100 mph dalam waktu 5 menit.

Serangkaian pengujian lain pada merek ventilasi bubungan yang berbeda dengan sekat eksternal menunjukkan tidak ada penetrasi air pada kecepatan angin 50, 75, dan 100 mph. Ventilasi bubungan tanpa sekat menyerap 0,3 galon air per jam per kaki ventilasi hingga sebanyak 1 galon dengan kecepatan angin 100 mph.

Foto-foto menunjukkan dengan jelas bahwa sekat eksterior menyebabkan aliran udara dan hujan melonjak ke atas dan melewati bagian atas ventilasi. Sekat penting karena sejumlah alasan:

- ☑ Angin dapat melompati seluruh atap atau mengikuti permukaan atap tergantung pada kemiringan atap dan arah angin. Lihat ASHRAE Handbook of Fundamentals (Atlanta: ASHRAE). Baffle membantu menendang angin melewati ventilasi bubungan.
- ☑ Angin sarat salju dengan kecepatan 25 mph atau lebih dapat menembus bukaan terkecil. Baffle membantu mengurangi hal ini dengan menyebabkan angin melompat melewati ventilasi bubungan.
- ☑ Pergerakan angin melewati ventilasi bubungan menciptakan aksi venturi yang menyebabkan sisi bubungan yang menghadap angin dan sisi bawah angin berada di area bertekanan negatif. Artinya, ia menyedot udara keluar dari loteng. Ventilasi soffit tidak diperlukan untuk terjadinya hal ini.

23.4 VENTILASI ATAP

Sebagian besar ventilasi atap yang terbuat dari vinil, aluminium, dan Masonite memiliki lubang melingkar atau slot. Biasanya, atap vinil memiliki lubang berdiameter 0,125 (1/8) inci dengan jarak 0,5 inci (1/2). Satu kaki persegi penuh ventilasi atap ini awalnya akan memberikan

NFVA sebesar 6 in2 dibandingkan ventilasi bubungan yang berukuran 9 in2. Ada perbedaan regional, tetapi bahkan di Selatan, rumah yang seharusnya memiliki atap selebar 3 kaki atau lebih memiliki overhang kurang dari 1 kaki. Jika rata-rata lebar atap adalah 6 inci, NFVA terpasang dari ventilasi atap ini adalah sekitar 3 in2.

Saat NFVA atap berkurang, tercapai titik di mana ventilasi bubungan terbalik: sisi yang menghadap angin menjadi ventilasi masuk, dan sisi yang menghadap angin menjadi ventilasi buang. Bila rasio NFVA bubungan terhadap NFVA soffit adalah 9 banding 6, maka kecil kemungkinan ventilasi bubungan terbalik hingga lubang-lubang pada ventilasi soffit tersumbat oleh kotoran. Bila rasionya 9 banding 4 atau 9 banding 3, kemungkinan ventilasi bubungan terbalik sangat besar.

Beberapa produsen ventilasi bubungan menyatakan bahwa mereka tidak dapat menemukan alasan mengapa ventilasi bubungan dan soffit harus diseimbangkan. Namun, mereka mengakui bahwa ventilasi bubungan bekerja lebih baik dengan ventilasi soffit. Aliran dan pendinginan maksimum terjadi bila ventilasi masuk/keluar seimbang. Akan tetapi, meskipun keseimbangan mutlak tidak diperlukan, pertanyaan tentang seberapa besar ketidakseimbangan dan apakah ventilasi soffit lebih banyak atau lebih sedikit harus dijawab.

Titik di mana ketidakseimbangan akan menyebabkan bubungan terbalik tidak diketahui. Ventilasi bubungan digerakkan oleh ventilasi soffit udara dari ventilasi soffit harus dialirkan ke ventilasi bubungan. Ventilasi soffit dapat tidak seimbang ke arah area ventilasi yang 10 hingga 15 persen lebih banyak. Namun, ventilasi soffit yang berlebihan akan mengakibatkan udara berpindah dari satu bagian ventilasi soffit ke bagian berikutnya, bukan ke ventilasi bubungan. Saat NFVA soffit berkurang, ventilasi bubungan berbalik arah, dan angin yang mengandung salju dapat masuk ke sisi yang berhadapan dengan angin dan menjatuhkan salju di lantai loteng. Air Vent Incorporated memasang filter fiberglass di ventilasi bubungan mereka yang mencegah masuknya salju.

Pengalaman lapangan (dan kerusakan senilai ratusan ribu dolar akibat ventilasi loteng yang terlalu sedikit) menunjukkan bahwa saat NFVA ventilasi soffit sekitar 3 atau 4 in2, ventilasi bubungan akan berbalik arah. Informasi ini dan panduan berikut membantu dalam memilih ventilasi soffit.

- Ventilasi soffit harus kontinu dan membentang selebar kasau.
- Ventilasi soffit NFVA harus sesuai dengan ventilasi bubungan NFVA.
- Jangan gunakan panel soffit berbahan penyaring, vinil, aluminium, atau Masonite dengan lubang melingkar. Lubang-lubang tersebut pada akhirnya akan menghalangi kotoran dan mengurangi NFVA. Penyaring juga akan menghalangi debu dan kotoran. Penyaring mungkin 70 persen terbuka atau 70 persen tertutup. Jika kontraktor menggunakan penyaring yang 70 persen tertutup, berapa NFVA penyaring tersebut? Masonite akan dicat dan meskipun NFVA memadai, pengecatan akan menguranginya.
- Tempatkan ventilasi soffit di sebelah papan fasia. Semakin dekat ventilasi dengan dinding eksterior, semakin dekat ventilasi tersebut dengan area bertekanan angin positif. Hal ini meningkatkan kemungkinan masuknya hujan atau salju.
- Hindari ventilasi soffit berpalang tunggal. Ada dua cara untuk memasangnya, salah

satunya salah. Menghilangkannya akan menghilangkan kekhawatiran apakah sudah terpasang dengan benar, dan kemungkinan tuntutan hukum akibat kerusakan akibat air.

Gunakan hanya ventilasi soffit berkisi ganda. Tidak dapat dipasang terbalik. Kisi-kisi menghadap ke arah yang berlawanan (Gambar 23.10), yang membantu menciptakan turbulensi yang membantu mencegah salju memasuki ruang loteng.

Gambar 23.10 Ventilasi sofit berkisi ganda.

Ingat bahwa soffit selebar 1 kaki hanya akan memungkinkan sepotong masonit, vinil, atau aluminium selebar 10 inci. Ini mengurangi NFVA menjadi 5 in2, yang mungkin memadai, selama ventilasi tidak dicat atau cukup banyak lubang yang akhirnya tersumbat oleh tanah untuk mengurangi NFVA ke titik bahaya.

Pedoman ini bukan aturan praktis. Pengujian terowongan angin menunjukkan salju atau hujan memasuki ventilasi soffit saat berada di sebelah dinding eksterior. Ventilasi berkisi ujung atap pelana atau ventilasi soffit (sendiri atau dalam kombinasi) tidak menyediakan sirkulasi udara di bagian atas loteng untuk menghilangkan kelembapan. Menempatkan ventilasi melingkar kecil yang disaring di tengah soffit tidak akan membasahi seluruh lebar rangka kasau. Kantong-kantong air tetap ada, dan bubungan terbalik karena ketidakseimbangan. Bubungan berfungsi paruh waktu, yang lebih baik daripada tidak berfungsi sama sekali. Namun, penaltinya adalah penetrasi air.

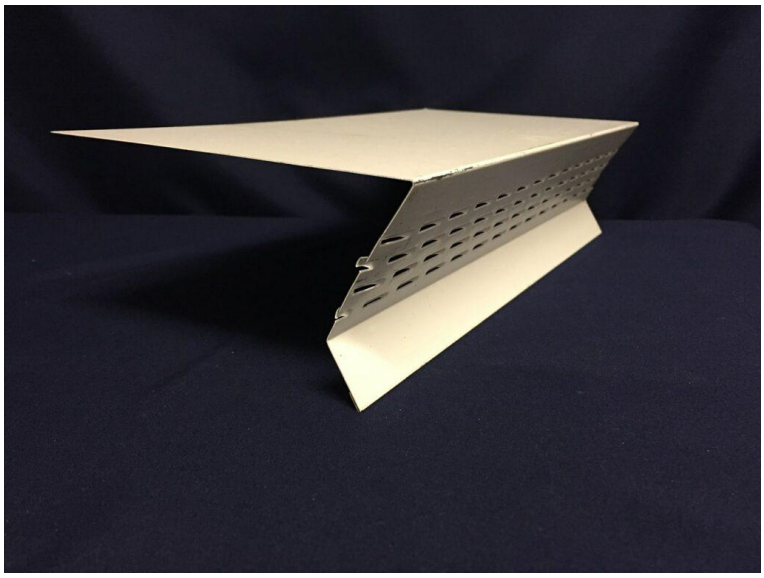
Lebih mudah dalam konstruksi baru untuk menempatkan ventilasi soffit di samping papan fasia daripada saat melakukan perbaikan. Air Vent Incorporated memproduksi Model SV202 (Gambar 23.10) yang memiliki flensa vertikal. Flensa dipaku ke ujung kasau atau rangka sebelum papan fasia dipasang.

Jika pelapis dinding vinil digunakan, SV202 dipasang di ujung kasau/rangka, dan saluran J menahan ujung lain ventilasi soffit dan soffit vinil padat. Sekali lagi, hal ini harus didiskusikan dengan kontraktor pelapis dinding vinil pada konferensi prapembingkaian. Bila seorang

pelanggan menginginkan ventilasi kisi-kisi pada ujung atap pelana demi penampilan, atau karena rumahnya bergaya kolonial, tetapi setuju dengan ventilasi bubungan/soffit, bagian dalam ventilasi ujung atap pelana harus diblokir untuk mencegah udara masuk.

Ventilasi Tepi Tetes

Ventilasi tepi tetes (Gambar 23.11) tampaknya sangat masuk akal. Tepi tetes atap dan ventilasi dipasang dalam satu operasi. Sayangnya, ide yang bagus ternyata menjadi ide yang buruk dalam praktiknya.



Gambar 23.11 Ventilasi tepi tetes.

Salah satu raksasa bisnis konstruksi perumahan secara teratur menggunakan ventilasi tepi tetes. Namun, laporan lapangan dari Toledo (Ohio), Buffalo (New York), Minnesota, dan daerah lain melaporkan salju yang terdorong melalui ventilasi setinggi 6 dan 8 kaki ke loteng. Laboratorium Penelitian Konstruksi disewa untuk menemukan alasan penetrasi salju.

Yang ditemukan laboratorium adalah bahwa salju akan selalu menembus ventilasi kecuali jika dipasang penyekat untuk mencegahnya. Tidak ada ventilasi tepi tetes yang tersedia secara komersial dengan penyekat.

Masalah lain dengan banyak ventilasi tepi tetes adalah bahwa NFVA terlalu kecil (sekitar $4\ \mathrm{in}^2$). Beberapa ventilasi tepi tetes mudah rusak ketika tangga diletakkan di atasnya. Banyak pembangun melaporkan bahwa mereka tidak menjauhkan air hujan dari dinding luar. Bendungan es adalah masalah umum dengan ventilasi tepi tetes.

23.5 VENTILASI BUBUNGAN CHINGIE-OVER

Meskipun ventilasi bubungan aluminium masih tersedia, ventilasi bubungan plastik perlahan menggantikannya. Gambar 23.12 adalah contoh salah satu ventilasi tersebut. Disebut ShingleVent II, ventilasi ini terbuat dari polietilena dan diproduksi oleh Air Vent, Inc. Sirap penutup dipasang di atas, yang dibulatkan untuk mencegah retaknya sirap penutup. Telah ada peningkatan laporan lapangan tentang retaknya sirap penutup yang disebabkan oleh ujung

tajam beberapa ventilasi bubungan plastik.

Atap Pinggul

Atap pinggul, tergantung pada kemiringannya, sering kali memiliki sedikit bubungan, dan ventilasinya dapat menjadi masalah. Pasang ventilasi sofit berkisi ganda di keempat atap. Haruskah ventilasi bubungan dipasang pada kasau pinggul? Dengan atap bernada rendah, ventilasi ini dapat berfungsi; gunakan ventilasi bubungan tanpa sekat eksternal. Sekat eksternal dapat menyediakan saluran bagi air yang dapat masuk ke bubungan dan ruang loteng. Hal ini dapat dengan mudah terjadi pada atap pinggul bernada tinggi.

Perlunya Ventilasi Loteng

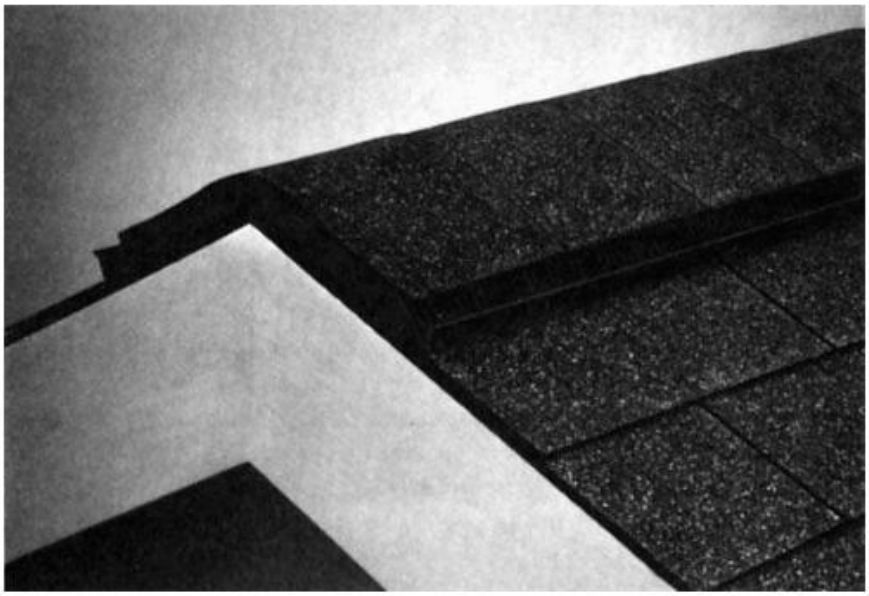
Ada delapan aliran ventilasi loteng yang berbeda, salah satunya berpendapat bahwa ventilasi loteng tidak diperlukan. Aliran lain bersikeras bahwa di loteng yang sangat terisolasi (R-40 dan lebih tinggi), ventilasi tidak berfungsi, dan malah dapat menyebabkan masalah. Tidak adanya ventilasi pada langit-langit katedral telah mengakibatkan kerusakan atap senilai jutaan dolar karena kebocoran pada penghambat udara lembaran batu. Langit-langit katedral dan kipas Casablanca, alis, dan lampu tersembunyi lainnya dapat menjadi kombinasi yang membawa bencana jika ruang loteng tidak berventilasi.

Jika penghambat udara lembaran batu langit-langit kontinu dan tidak terputus (tidak ada penetrasi), ventilasi langit-langit katedral tidak diperlukan. Sayangnya, produsen sirap akan membatalkan garansi sirap jika ruang loteng tidak berventilasi.

Kontraktor harus menanyakan hal berikut:

- ☞ Apakah merupakan pertaruhan bahwa sirap tidak akan rusak karena kerusakan akibat panas (seperti yang diklaim oleh produsen)?
- ☞ Siapa yang membayar pengawasan penyegelan penghambat udara?
- ☞ Apakah mungkin untuk menutup penahan udara yang bocor dengan kipas Casablanca, perlengkapan lampu tersembunyi, dan jendela atap?

Penyegelan penahan udara harus diawasi oleh seseorang yang berpengalaman. Jangan membuat kesalahan dengan menugaskannya kepada salah satu kru. Bahkan jika langit-langit berventilasi, penahan udara harus sebisa mungkin kedap bocor. Mungkin tidak mungkin untuk menghindari penetrasi langit-langit dengan ventilasi cerobong. Namun, kipas kamar mandi tidak boleh diberi ventilasi secara vertikal. Efek cerobong membuat aliran udara hangat terus naik, yang membuat katup aliran balik terus terbuka. Rencanakan kipas pembuangan kamar mandi terlebih dahulu. Tempatkan di dinding interior, dan arahkan saluran udara ke bawah dan keluar melalui tajuk balok. Udara dingin tidak dapat bergerak ke atas saluran udara; efek cerobong dihilangkan, seperti halnya kemungkinan kerusakan akibat kelembapan.



Gambar 23.12 Ventilasi sirap plastik dengan tutup sirap di atasnya. Perhatikan sekat luar.

Kesimpulan

Bentuk ventilasi loteng yang paling umum adalah ventilasi berjeruji di ujung atap pelana. Ventilasi ini terbatas karena tidak memungkinkan masuknya salju dan hujan. Untuk pengendalian kelembapan, peraturan mengharuskan ventilasi loteng di rumah-rumah dengan penghambat difusi uap di langit-langit harus memiliki area ventilasi bebas yang sama dengan $^{1}/_{300}$ dari luas lantai loteng. Ventilasi loteng paling dibutuhkan di musim panas. Ada sejumlah skema ventilasi loteng. Ventilasi loteng bukan sekadar memasang ventilasi berjeruji di ujung atap pelana, atau ventilasi sofit, atau ventilasi turbin. Menambahkan ventilasi loteng tidak sama dengan berupaya mengurangi suhu loteng dan menghilangkan kelembapan.

Texas A&M menyimpulkan bahwa satu-satunya aliran udara buangan loteng melalui ventilator turbin dalam kondisi angin normal adalah udara apung yang dihasilkan dari perbedaan densitas antara udara loteng yang panas dan udara luar yang lebih dingin. Turbin gagal (seperti halnya ventilasi berjeruji di ujung atap pelana dan ventilasi sofit) saat tidak ada angin.

Latihan Soal

1. Apa metode ventilasi loteng yang paling universal?
2. Apakah ventilator bocor? Bagaimana cara memasangnya untuk mencegah kebocoran salju dan hujan?
3. Kapan ventilasi loteng paling dibutuhkan?
4. Apa yang menjadi andalan kisi-kisi atap dengan ventilasi soffit untuk membuang udara loteng yang panas?
5. Apakah kipas loteng mengurangi beban AC rumah?
6. Apa tujuan ventilasi turbin? Apakah berfungsi?
7. Apa itu ventilasi bubungan? Apakah semua rumah memilikinya?

8. Apakah ventilasi bubungan bekerja lebih baik daripada ventilasi soffit?
9. Apa saja masalah yang terkait dengan ventilasi tepi tetes?
10. Apakah ventilasi loteng diperlukan?

BAB 24
RADON

Radon adalah gas radioaktif alami yang ditemukan di tanah dan bebatuan yang membentuk kerak bumi. Gas radon berasal dari kerusakan atau peluruhan radium secara alami. Gas ini tidak bertahan lama sebagai gas. Gas ini memiliki waktu paruh 3,8 hari. Jika Anda mengisi kendi galon dengan radon pada Senin pagi, pada Kamis malam hanya tersisa setengah galon radon; dalam 3,8 hari berikutnya, setengah galon akan meluruh menjadi seperempat galon, dan seterusnya.

Ketika radium meluruh menjadi radon, radon melepaskan energi. Pelepasan energi yang cepat tersebut menyebabkan radon dan produk peluruhan radon (disebut keturunan atau anak radon) menjadi berbahaya bagi kesehatan. Peluruhan anak radon yang berumur pendek itulah yang berbahaya, bukan peluruhan radon.

Anak radon yang ada di udara yang kita hirup terhirup. Karena bukan gas, anak radon dapat menempel di paru-paru. Energi yang dilepaskan saat anak-anaknya membusuk dapat menyerang sel-sel paru-paru, merusak jaringan, dan menyebabkan kanker paru-paru. Demi kesederhanaan, istilah radon akan digunakan di seluruh bab ini.

Radon tidak dapat dilihat. Manusia tidak dapat mencium atau merasakannya. Namun, itu mungkin menjadi masalah di rumah mana pun. Radon diperkirakan menyebabkan ribuan kematian setiap tahun karena ketika Anda menghirup udara dengan radon, Anda dapat terkena kanker paru-paru. Bahkan, Dokter Umum telah memperingatkan bahwa radon adalah penyebab kanker paru-paru terbanyak kedua di Amerika Serikat saat ini.

Banyak negara bagian sekarang mengharuskan tabung deteksi radon ditempatkan di ruang bawah tanah atau, jika rumah berada di atas lempengan, di tempat terbuka di dalam ruang keluarga, sebelum rumah dapat dijual. Jika kadarnya tinggi, pekerjaan perbaikan harus dilakukan dan gas tidak terdeteksi sebelum rumah dapat dijual dan ditempati kembali (Tabel 24.1). Bagaimana Radon Masuk ke Rumah?

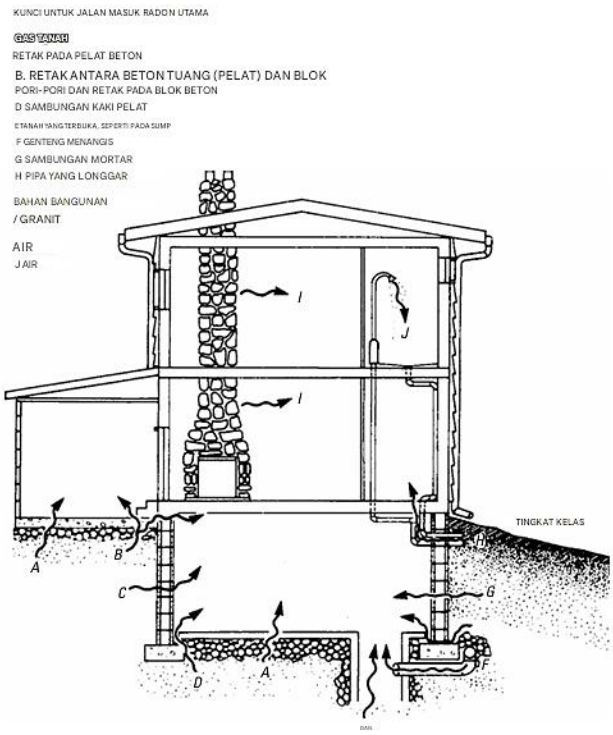
Tabel 24.1 Rata-rata Tingkat Dosis Radiasi Tahunan (mrem/tahun) di Amerika Serikat

Sumber	Dosis Ekuivalen (Mrem/Tahun)	Dosis Efektif (Mrem/Tahun)	Persentase Dari Total
Alamiah			
Kosmik	27	27	8%
Terestrial (dari tanah)	28	28	8%
Radon	2400	200	55%
Internal (dari tubuh sendiri)	39	39	11%
Total Alamiah		**294**	**82%**
Buatan (Artifisial)			
Medis – Rontgen (X-ray Dx)	39	39	11%

Medis – Pengobatan Nuklir	14	14	4%
Produk Konsumen	10	10	4%
Lain-lain	<0,01	<0,01	<0,3%
Total Buatan		**63**	**19%**
Total (Alamiah + Buatan)		**360**	**100%**

Gas radon dapat masuk ke dalam rumah melalui berbagai cara, termasuk (tetapi tidak terbatas pada) retakan di lantai beton, melalui sambungan konstruksi, serta merembes langsung melalui lantai dan dinding beton (yang berpori). Cegah gas radon masuk melalui area yang dicurigai ini (seperti retakan dan celah di sekitar pipa dan lubang lainnya). Area tersebut harus ditutup rapat dengan bahan penambal yang dibuat dengan senyawa khusus.

Radon masuk ke dalam bangunan melalui tanah di bawah rumah, melalui retakan atau lubang di lantai pelat, fondasi, cerobong asap, perapian, dan sebagainya (Gambar 24.1). Namun, cara paling umum radon masuk adalah saat rumah mengalami penurunan tekanan atau tekanan negatif. Perapian, cerobong asap, tungku, dan kompor gas memerlukan udara pembakaran. Kecuali jika peralatan ini disuplai dengan udara luar, peralatan tersebut akan mengambil udara dari dalam rumah. Peralatan tersebut seperti kipas angin dan menyedot udara keluar dari rumah. Kipas kamar mandi dan kap kompor yang diventilasi ke luar juga mengeluarkan udara dari dalam. Tindakan menghisap ini mengurangi jumlah udara di dalam rumah dan menurunkan tekanan di bagian dalam rumah. Hal ini menyebabkan tekanan negatif di dalam rumah. Efek angin dan cerobong juga membantu menurunkan tekanan pada struktur rumah.



Gambar 24.1 Rute utama masuknya radon ke rumah-rumah terpisah.

Air yang bergolak atau panas (mengalir di wastafel, pancuran, mesin cuci, toilet siram, dan sebagainya) merupakan sumber peningkatan kadar di dalam rumah karena aktivitas ini melepaskan radon terlarut ke atmosfer rumah. Jumlah yang dilepaskan bergantung pada kandungan radon dalam air (yang sangat bervariasi di antara wilayah) dan jumlah yang digunakan (70 hingga 250 galon dalam rumah tangga biasa per hari). Rata-rata, 70 persen radon yang terkandung dalam air rumah tangga dilepaskan ke udara dalam ruangan.

Pasokan air dapat menjadi jalur masuk jika terdapat sejumlah besar radon di air tanah, dan jika pasokan air rumah berasal langsung dari sumur dalam. Perbedaan pola penggunaan air, ventilasi, dan aliran udara dapat menyebabkan variasi sementara yang signifikan pada tingkat radon di dalam ruangan. Namun, kandungan radon gas tanah mungkin merupakan penentu terbesar pada tingkat rumah.

Pada beberapa kejadian langka, tingkat radon ditemukan di rumah-rumah yang melebihi yang diukur di tambang uranium. Situasi ini terjadi ketika rumah berada di atas celah dalam di lapisan granit yang mengandung radium dengan tingkat yang lebih tinggi dari biasanya. Radon keluar dari celah melalui tanah di bawah dan di sekitar rumah dan memasuki rumah. Tekanan yang lebih tinggi di bawah tanah (relatif terhadap tekanan di dalam rumah) dapat memaksa radon masuk ke dalam bangunan. Hal ini terutama berlaku di musim dingin, ketika udara panas dengan kepadatan rendah dikeluarkan dari cerobong asap dan lubang lainnya dan digantikan oleh udara dingin yang mengandung radon dari lingkungan. Ketika tanah yang berdekatan dengan rumah membeku, permeabilitas tanahnya berkurang. Saluran akses tinggi untuk masuknya radon ke dalam rumah ditemukan di bawah rumah, di mana tanah lebih hangat.

Efek cerobong disebabkan oleh kecenderungan udara hangat yang mengapung untuk naik dan bocor keluar dari bagian atas bangunan. Saat udara hangat keluar, udara dingin ditarik ke bagian bawah bangunan. Tingkat infiltrasi sangat bervariasi dari hari ke hari, jam ke jam, tergantung pada kecepatan dan arah angin serta jendela atau ventilasi yang terbuka atau tertutup.

Rumah dengan tekanan negatif memungkinkan gas radon bergerak ke dalam lubang dan retakan di ruang bawah tanah dan fondasi pelat di atas tanah. Tekanan udara yang lebih tinggi di dalam tanah ditarik ke ruang bawah tanah oleh tekanan udara dalam ruangan yang lebih rendah. Ini adalah radon yang didorong oleh tekanan. Radon dapat memasuki bangunan meskipun tidak ada perbedaan tekanan. Radon akan menyebar dari area dengan konsentrasi lebih tinggi ke area dengan konsentrasi lebih rendah melalui difusi. Ini adalah radon yang didorong oleh difusi.

Jika air sumur disuplai oleh air tanah yang bersentuhan dengan formasi yang mengandung radium, maka radon akan masuk ke dalam rumah. Risiko kesehatan akibat menghirup gas radon yang dilepaskan dari air (seperti di pancuran) adalah 10 kali lebih besar daripada meminum air yang mengandung radon. Bahan bangunan dapat terkontaminasi radium, tetapi hanya ada sedikit informasi mengenai hal ini.

24.1 METODE PENGURANGAN RADON

Metode untuk mengurangi risiko kontaminasi radon meliputi evaluasi lokasi dan ventilasi subslab.

Evaluasi Lokasi

Tingkat radon yang tinggi ditemukan di area tambang uranium atau fosfat. Namun, ada juga formasi geologi tertentu yang mengandung tingkat radon tinggi. Salah satu formasi tersebut, misalnya, adalah Formasi Reading yang membentang di Pennsylvania hingga ke New Jersey dan New York. Sayangnya, tidak ada metode sederhana yang dapat diandalkan untuk mengidentifikasi lokasi yang berpotensi menimbulkan masalah.

Meskipun para peneliti telah membuat kemajuan substansial dalam mengidentifikasi area dengan risiko radon yang tinggi, diperlukan banyak sekali pengukuran di lokasi tertentu untuk menentukan risikonya. Pada titik ini, analisis nilai dapat digunakan untuk memutuskan mana yang lebih hemat biaya: membangun struktur tahan radon atau menghabiskan uang untuk evaluasi lokasi guna menghindari kebutuhan akan bangunan tahan radon. Meskipun penelitian terus berlanjut, data yang telah terkumpul hanya berguna untuk seluruh komunitas, bukan untuk lahan perorangan.

Ada sejumlah cara untuk mencegah radon memasuki rumah:

1) Menutup semua lubang, retakan, tanah yang terbuka, bak penampung, saluran pembuangan lantai
2) Membalikkan arah aliran radon sehingga pergerakan udara dari rumah ke tanah dan udara luar
3) Menghindari penggunaan air yang mengandung radon melalui penggunaan aerasi atau filter karbon
4) Menghindari penggunaan bahan bangunan yang terkontaminasi radium
5) Menyediakan sistem depresurisasi atau penekan subslab selama konstruksi baru
6) Memasang penghalang mekanis untuk menghalangi masuknya gas tanah
7) Menghindari lokasi berisiko
8) Menggunakan sistem mekanis terencana
9) Menyediakan udara segar untuk mengencerkan radon
10) Membalikkan aliran udara dengan menjaga ruang bawah tanah di bawah tekanan positif

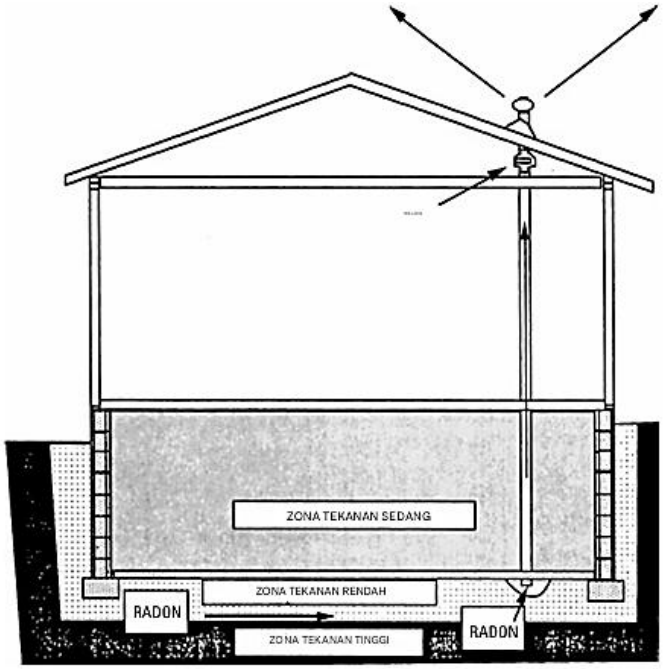
24.2 VENTILASI SUBSLAB

Sayangnya, keterbatasan ruang mencegah tinjauan menyeluruh dari semua teknik untuk menangani radon. Ventilasi subslab telah bekerja dengan baik dan merupakan sistem yang dibahas di sini.

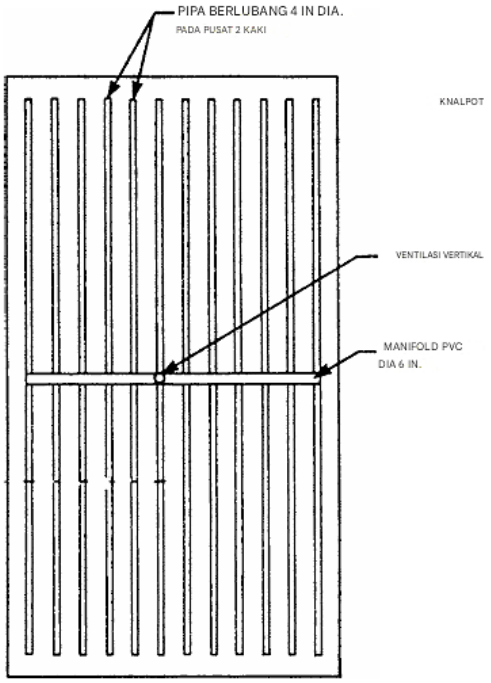
Gas tanah dapat terakumulasi dalam agregat di bawah pelat dan memasuki rumah melalui bukaan apa pun (di mana pelat lantai bertemu dengan dinding pondasi, pada penetrasi pipa gas, listrik, atau air). Tujuan dari sistem ventilasi subslab adalah untuk mengeluarkan gas tanah dari agregat sebelum dapat memasuki rumah. Ada dua sistem: sistem pasif (yang dapat terdiri dari satu pipa atau jaringan pipa) dan sistem aktif (yang juga terdiri dari pipa atau

jaringan pipa dan kipas pembuangan).

Sistem pasif bergantung pada hisapan yang dihasilkan oleh efek cerobong asap untuk menghilangkan radon. Pipa tanpa perforasi dipasang secara vertikal ke bawah melalui pelat lantai dan ke dalam agregat. Pipa diperpanjang secara vertikal ke atas melalui rumah dan keluar melalui atap (Gambar 24.2). Penting bahwa cerobong pasif ini terus-menerus vertikal. Versi yang lebih rumit adalah dengan menggunakan jaringan pipa (Gambar 24.3).

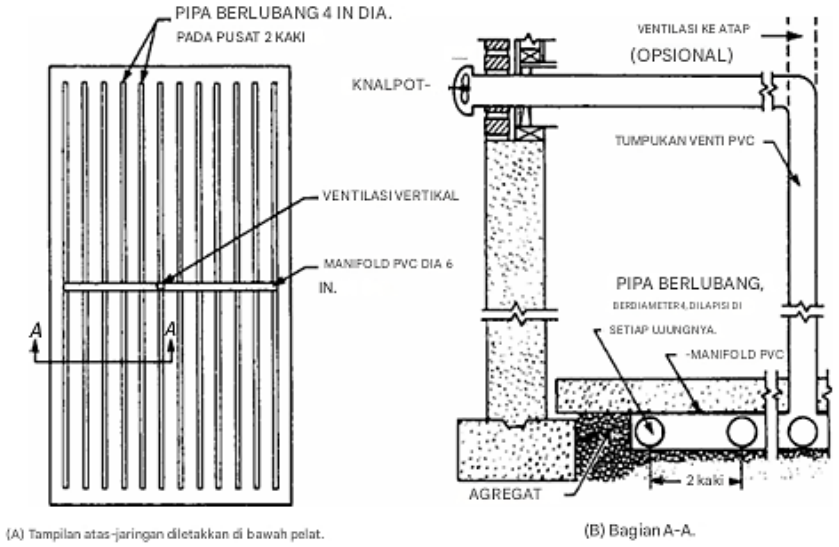


Gambar 24.2 Sistem depresurisasi subslab tumpukan aktif.

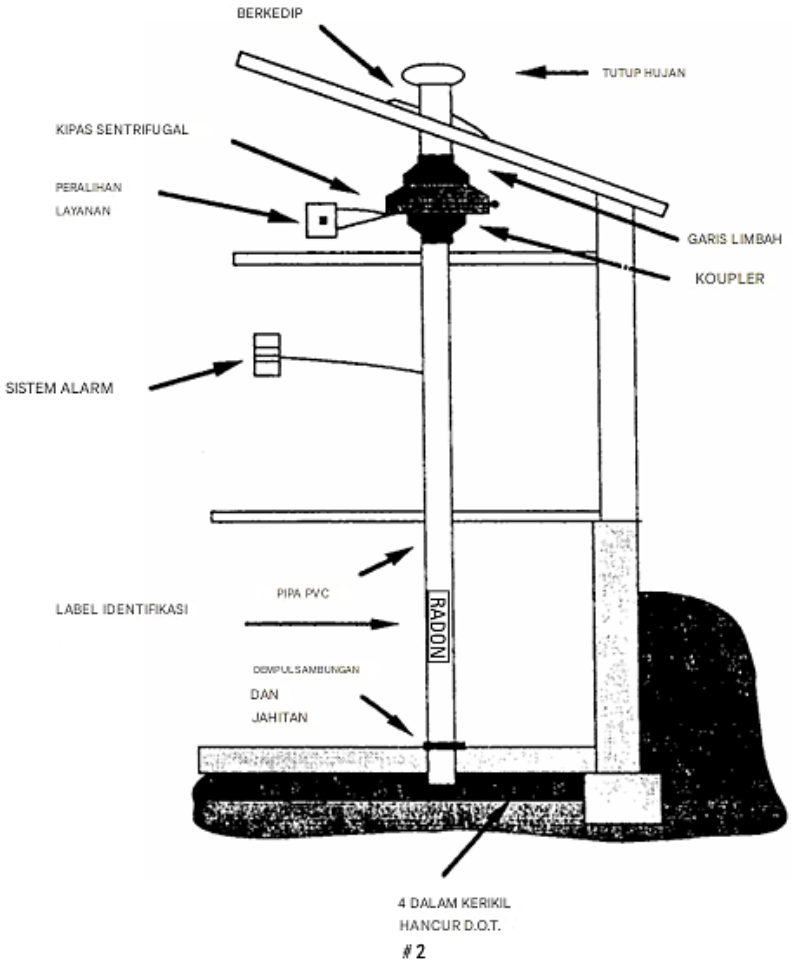


Gambar 24.3 Jaringan pipa subslab.

Sistem aktif menggunakan kipas untuk menciptakan daya hisap. Sistem ini dapat berupa sistem pipa tunggal atau sistem jaringan (Gambar 24.4). Sistem aktif dapat dikuras secara vertikal (Gambar 24.5) atau horizontal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 24.4.



Gambar 24.4 Sistem aktif menggunakan jaringan pipa.



Gambar 24.5 Sistem depresurisasi subslab aktif yang dibuang secara vertikal.

Untuk informasi, lihat publikasi Badan Perlindungan Lingkungan (EPA). Ada lebih dari 100 situs web dengan radon atau produk dan artikel radon. Periksa Internet untuk keterangan lebih lanjut.

Ringkasan

Radon adalah gas radioaktif alami yang ditemukan di tanah dan bebatuan yang membentuk kerak bumi. Radon memasuki bangunan melalui tanah di bawah rumah, melalui retakan atau lubang di lantai pelat, fondasi, cerobong asap, perapian, dan sebagainya. Efek cerobong disebabkan oleh kecenderungan udara hangat yang mengapung untuk naik dan bocor keluar dari bagian atas bangunan. Rumah dengan tekanan negatif memungkinkan gas radon bergerak ke dalam lubang dan retakan di ruang bawah tanah dan fondasi pelat di atas tanah. Ada radon yang didorong oleh tekanan dan ada radon yang didorong oleh difusi. Kadar radon yang tinggi ditemukan di area tambang uranium atau fosfat.

Ada sejumlah cara untuk mencegah radon memasuki rumah. Di beberapa bagian negara, pemeriksaan radon harus dilakukan sebelum rumah dapat ditempati untuk pertama kalinya atau dijual kepada pemilik kedua. Gas radioaktif ini dikenal di daerah dengan endapan granit besar dan sangat diyakini dapat menyebabkan kanker.

Latihan Soal

1. Di mana gas radioaktif yang dihasilkan oleh granit yang membusuk ditemukan?
2. Kerusakan apa yang dapat ditimbulkan gas radon ini terhadap manusia?
3. Bagaimana cara mencegah masuknya gas?
4. Apa sistem pasif untuk menghilangkan radon?
5. Apa sistem aktif untuk menghilangkan gas?

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, S., & Khan, M. A. (2023). Sustainable construction materials: Properties and applications. Springer.

Al-Ansari, M. S., & Al-Nuaimi, A. S. (2022). Advanced concrete technology: Innovations and sustainability. CRC Press.

Al-Deen, S., & El-Sayed, T. (2023). Durability of concrete structures. Springer.

Anderson, J. C., & Smith, R. L. (2024). Building information modeling (BIM) in civil engineering: Principles and practices. Wiley.

Barnes, D. J., & Cooper, P. A. (2021). Prefabricated construction: Design and implementation. Routledge.

Bennett, C., & Forrester, J. (2022). Modern methods of construction. Wiley.

Brown, E. T., & Davis, L. K. (2023). Geosynthetics in civil engineering: Design and applications. ASCE Press.

Carter, R. E., & Wilson, G. H. (2022). Smart infrastructure: Technologies and applications. Institution of Civil Engineers.

Chen, Q., & Wang, X. (2024). High-performance concrete: Properties and applications. Elsevier.

Clark, T. J., & Edwards, A. B. (2021). Construction project management: Theory and practice. Pearson.

Clarkson, T., & De Silva, N. (2024). Applications of AI in civil engineering. ASCE.

Collins, M. P., & Mitchell, D. (2023). Prestressed concrete structures. PCI Press.

Davis, P. Q., & Miller, R. S. (2022). Advanced structural analysis: Methods and applications. McGraw-Hill.

Dubois, M., & Evans, P. (2021). Green building materials. Routledge.

Evans, L. M., & Green, S. D. (2024). Sustainable construction practices: A practical guide. Wiley-Blackwell.

Fitzgerald, L., & Grant, R. (2023). Civil engineering design. ICE Publishing.

Foster, N. R., & Hughes, J. K. (2021). Soil mechanics and foundation engineering. CRC Press.

Garcia, A. B., & Hernandez, C. D. (2023). Bridge engineering: Design and construction. ICE Publishing.

Gray, R. J., & White, K. L. (2022). Tunnel engineering: Planning, design, and construction. Spon Press.

Hall, W. P., & Irwin, M. J. (2024). Roadway design and safety. Transportation Research Board.

Harris, G. L., & Jackson, P. R. (2021). Water resources engineering: Principles and practice. John Wiley & Sons.

Harrison, K., & Ingram, S. (2022). Sustainable infrastructure design. Island Press.

Hill, S. T., & King, V. U. (2023). Coastal engineering: Processes, theory, and design practice. World Scientific.

Howard, R. N., & Lewis, Q. A. (2022). Construction safety management. Taylor & Francis.

Ingram, O. P., & Moore, L. J. (2024). Advanced materials in civil engineering. Woodhead Publishing.

Jacobs, A., & Knight, B. (2024). Advanced structural systems. CRC Press.

Johnson, F. R., & Nelson, S. T. (2021). Earthquake engineering: From engineering seismology to performance-based design. Springer.

Jones, A. B., & Olson, C. K. (2023). Reinforced concrete design. Prentice Hall.

Kelly, P. L., & Baker, R. M. (2022). Highway engineering. Cengage Learning.

King, D. S., & Lane, E. W. (2024). Structural steel design. American Institute of Steel Construction.

Lawson, D., & Moore, E. (2021). Construction innovation. Wiley-Blackwell.

Lee, H. J., & Kim, S. W. (2021). Smart construction technologies: Applications and case studies. Springer.

Martin, G. R., & Scott, D. A. (2023). Geotechnical earthquake engineering. CRC Press.

Miller, T. Y., & Wilson, U. P. (2022). Construction law and contracts. Aspen Publishers.

Moore, A. C., & Taylor, B. D. (2024). Transportation planning handbook. Institute of Transportation Engineers.

Nelson, R. F., & Young, P. A. (2021). Pavement analysis and design. Pearson Education.

Nicholson, H., & O'Connell, R. (2023). Geotechnical engineering principles. Cengage Learning.

Olson, J. K., & Quinn, L. M. (2023). Bridge maintenance and rehabilitation. CRC Press.

Parker, S. R., & Owen, T. J. (2022). Sustainable urban development. Island Press.

Peterson, Q., & Reynolds, S. (2022). Modern bridge design. McGraw-Hill.

Quinn, M. L., & Roberts, N. K. (2024). Construction cost estimating. McGraw-Hill Education.

Roberts, K. J., & Peterson, A. L. (2021). Advanced composite materials in civil structures. Woodhead Publishing.

Scott, B. C., & Nguyen, D. T. (2023). Risk management in construction projects. Wiley.

Taylor, C. D., & Underwood, E. F. (2022). Environmental engineering: Principles and practice. John Wiley & Sons.

Underwood, G. H., & Vargas, R. T. (2024). Lean construction: Principles and practices. CRC Press.

Vargas, S. A., & Walker, P. Q. (2021). Building materials: Properties, performance, and applications. Macmillan.

Walker, R. S., & Xavier, L. M. (2023). Construction equipment management. Pearson.

Xavier, T. R., & Young, C. V. (2022). Infrastructure asset management. ASCE Press.

Young, V. P., & Zhang, W. L. (2024). Advanced concrete materials: Properties and testing. Elsevier.

Zhang, L. W., & Anderson, J. C. (2021). Finite element analysis in geotechnical engineering. CRC Press.

KONSTRUKSI SIPIL MODERN

Material, Metode, dan Aplikasi

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 978-634-7227-16-4 (PDF)
9 786347 227164