



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



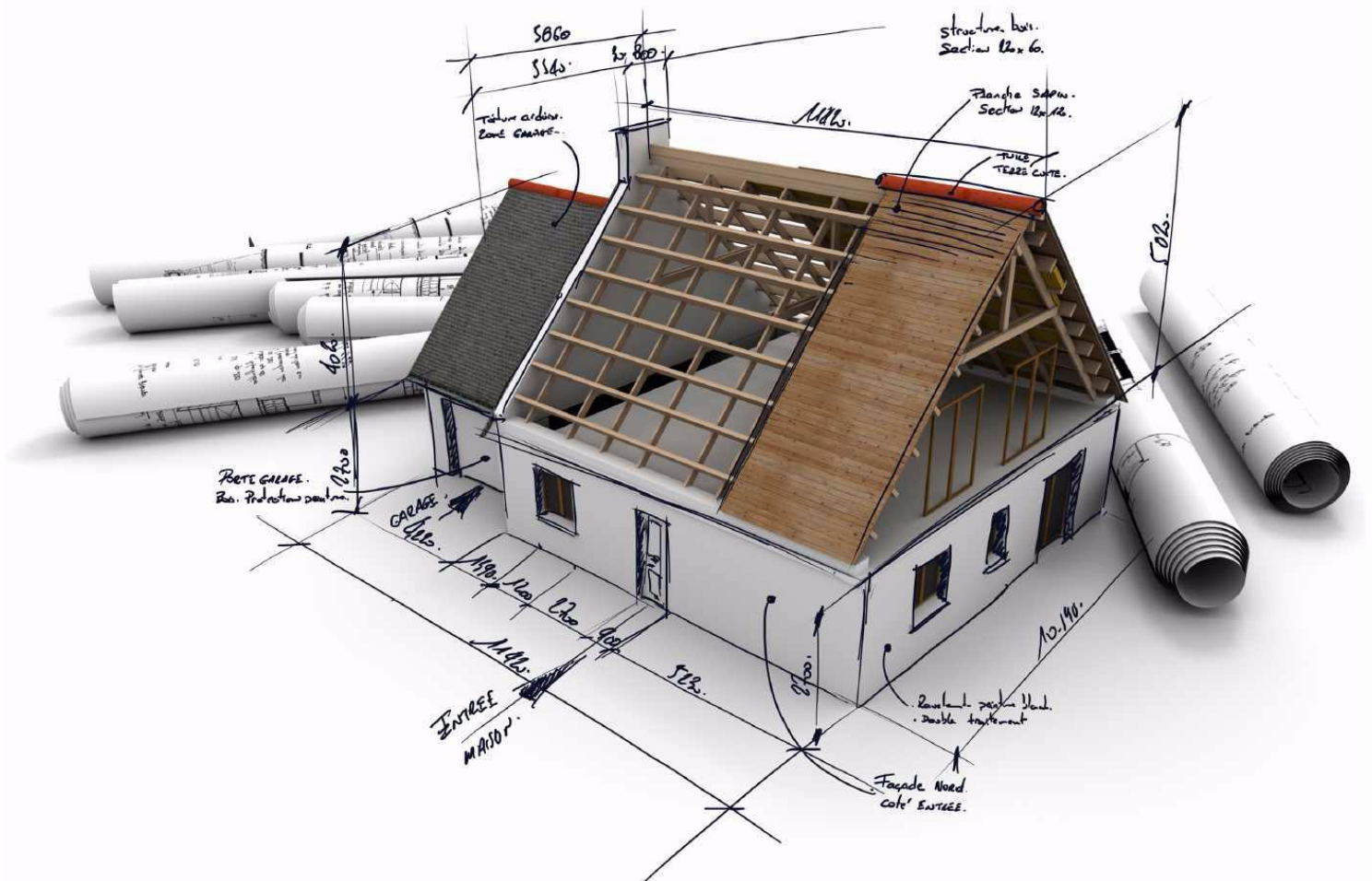
Dr. Mars Caroline Wibowo. S.T., M.Mm.Tech

Detail Arsitektur Gambar Kerja



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

Detail Arsitektur Gambar Kerja



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 978-623-8642-81-6 (PDF)



9

786238

642816

Detail Arsitektur Gambar Kerja

Penulis :

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

ISBN : 978-623-8642-8-6

Editor :

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

Penyunting :

Dr. Joseph Teguh Santoso, M.Kom.

Desain Sampul dan Tata Letak :

Irdha Yuniyanto, 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. (024) 6723456

Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Distributor Tunggal :

Universitas STEKOM

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. (024) 6723456

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 dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku yang berjudul "*Detail Arsitektur Gambar Kerja*" dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun dengan tujuan untuk memberikan pemahaman yang mendalam mengenai teknik dan prinsip dasar dalam menggambar detail arsitektur yang menjadi landasan penting dalam proses pembangunan.

Detail gambar kerja arsitektur adalah bagian esensial dalam mengkomunikasikan desain kepada semua pihak yang terlibat dalam konstruksi, mulai dari arsitek, kontraktor, hingga tukang. Buku ini membahas dengan rinci tentang berbagai elemen gambar kerja, dari dimensi, material, hingga teknik penggambaran yang tepat untuk setiap detail konstruksi bangunan. Dengan memahami gambar kerja secara menyeluruh, para profesional di bidang arsitektur dan konstruksi dapat menghasilkan bangunan yang tidak hanya estetik tetapi juga fungsional dan aman.

Bab-bab dalam buku ini disusun secara sistematis, dimulai dengan pembahasan dasar-dasar gambar kerja arsitektur, standar dan simbol yang digunakan dalam gambar teknik, serta pengenalan berbagai jenis detail arsitektur yang umum digunakan dalam proyek pembangunan. Pembaca akan diajak untuk mempelajari cara menggambar elemen-elemen struktural dan non-struktural dengan akurat, serta teknik penggambaran yang memudahkan pemahaman, baik oleh tim desain maupun tim pelaksana konstruksi.

Selanjutnya, buku ini akan membahas pentingnya koordinasi antara gambar kerja arsitektur dengan gambar kerja lainnya, seperti gambar struktur, mekanikal, dan elektrik, sehingga tercipta gambar yang utuh dan dapat diimplementasikan dengan baik di lapangan. Kami juga menyertakan berbagai contoh gambar detail yang dapat dijadikan referensi praktis bagi pembaca yang ingin mendalami lebih lanjut dunia gambar kerja arsitektur.

Dengan pendekatan yang terstruktur dan praktis, buku ini diharapkan dapat menjadi sumber pengetahuan yang berguna bagi para mahasiswa, profesional, dan siapa saja yang tertarik untuk memahami lebih dalam tentang gambar kerja arsitektur. Semoga buku ini dapat memberikan wawasan dan menginspirasi pembaca untuk menciptakan karya arsitektur yang berkualitas dan sesuai dengan standar konstruksi yang berlaku. Terima kasih.

Semarang, Februari 2025

Penulis

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

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
BAB 1 PENGENDALIAN AIR	1
1.1 Menghilangkan Celah Pada Rakitan Bangunan	1
1.2 Drainase Dan Weep	19
1.3 Sambungan Dan Gasket Sealant	40
BAB 2 PENGENDALIAN UDARA	51
2.1 Pengendalian Kebocoran Udara Dan Ventilasi Alami	51
2.2 Sistem Penghalang Udara	52
2.3 Jenis-Jenis Sekat Cuaca Untuk Mencegah Kebocoran Udara	55
BAB 3 MENGENDALIKAN ALIRAN PANAS	58
3.1 Pengendalian Panas Dalam Desain Bangunan	58
3.2 Isolasi Termal	59
3.3 Kaca Ganda	66
3.4 Permukaan Dan Ruang Udara Yang Memantulkan	72
3.5 Massa Termal Terisolasi Di Luar	74
BAB 4 PENGENDALIAN UAP AIR	78
4.1 Mencegah Kondensasi Dalam Bangunan	78
4.2 Permukaan Interior Yang Hangat	79
4.3 Penghambat Uap Sisi Hangat	82
4.4 Ventilasi Uap	87
4.5 Drainase Kondensat	90
BAB 5 MENGENDALIKAN SUARA	92
5.1 Mengelola Kebisingan Dan Akustik Bangunan	92
5.2 Pengendalian Transmisi Suara Melalui Lantai	96
5.3 Pemasangan Yang Senyap	98
5.4 Permukaan Penyerap Suara	99
BAB 6 MENAMPUNG PERGERAKAN	102
6.1 Pergerakan Dan Dampaknya Pada Bangunan	102
6.2 Pembumbuan Dan Pengeringan	104
6.3 Penggunaan Dan Pergerakan Kayu Pada Konstruksi Bangunan	108
6.4 Menyeimbangkan Serat Kayu	110
6.5 Pondasi Di Bawah Garis Es	112
6.6 Sambungan Struktur/Penutup	114
BAB 7 MEMBERIKAN DUKUNGAN STRUKTURAL	126
7.1 Struktur Kecil	126
7.2 Menghubungkan Material Yang Berbeda	128
7.3 Mendistribusikan Beban	130
BAB 8 PENYEDIAAN JALUR UNTUK LAYANAN MEKANIK DAN LISTRIK	134

8.1	Perencanaan Jaringan Layanan Dalam Bangunan	134
8.2	Pengejaran Vertikal	135
8.3	Plenum Horizontal	138
BAB 9	KESEHATAN DAN KESELAMATAN	142
9.1	Pijakan Yang Aman	142
9.2	Pelindung Jatuh	144
9.3	Keamanan Tepi Dan Permukaan Bangunan	146
BAB 10	MEMPERSIAPKAN BANGUNAN AGAR TAHAN LAMA	160
10.1	Siklus Hidup	160
10.2	Permukaan Yang Menua Dengan Anggun	164
10.3	Akses Pemeliharaan	170
10.4	Kayu Kering	172
10.5	Material Yang Daya Serapnya Rendah	179
10.6	Perakitan Yang Kokoh	181
BAB 11	KEMUDAHAN PERAKITAN	187
11.1	Unit Yang Belum Dipotong	188
11.2	Perakitan Berulang	195
11.3	Koneksi Yang Mudah Diakses	200
11.4	Detailing Untuk Pembongkaran	202
11.5	Sistem Yang Tidak Berkonflik	205
BAB 12	DETAIL YANG MEMAAFKAN	208
12.1	Toleransi Dimensi	209
12.2	Pemasangan Geser Pada Komponen Bangunan	215
12.3	Kesesuaian Yang Dapat Disesuaikan	218
12.4	Pengungkapan	221
12.5	Penyelesaian Progresif	227
BAB 13	PEMNFAATAN SUMBER DAYA KONSTRUKSI YANG EFISIEN	232
13.1	Pabrik Dan Lokasi	232
13.2	Fabrikasi Berulang	235
13.3	Komponen Siap Pakai	240
13.4	Menyelaraskan Bentuk Dengan Gaya	244
13.5	Menyempurnakan Detail	247
13.6	Standar Yang Diterima	252
BAB 14	ESTETIKA	255
14.1	Detail Yang Berkontribusi	255
14.2	Geometri Dan Proporsi	259
14.3	Hirarki Penyempurnaan	260
14.4	Intensifikasi Dan Ornamen	262
14.5	Transisi Formal	265
14.6	Memperinci Sudut Dan Kolom	277
14.7	Mencetak Parapet	280
14.8	Perakitan Didaktik	291
BAB 15	MENDETAILKAN BANGUNAN DENGAN RANGKA KAYU RINGAN	295
15.1	Proyek	295

15.2 Rincian Utama Yang Harus Dikembangkan	296
15.3 Memperinci Atap	300
15.4 Memperinci Desain Atap Dengan Koordinasi Yang Tepat	306
15.5 Menjelaskan Kondisi Tanah	313
15.6 Memperinci Sudut	319
15.7 Memperinci Jendela	322
15.8 Merancang Ikatan Kayu	326
BAB 16 DETAIL BANGUNAN DENGAN BETON ARSITEKTUR	337
16.1 Proyek	337
16.2 Rincian Utama Yang Perlu Dikembangkan	338
16.3 Memformulasi Pendekatan Terhadap Fungsi-Fungsi Penting Dinding	341
16.4 Studi Ketinggian	350
BAB 17 MERINCI LAPISAN BATA PADA RANGKA BETON	358
17.1 Proyek	358
17.2 Keputusan Awal Mengenai Material, Struktur Dan Bentuk	358
17.3 Memperinci Spandrel	366
17.4 Ikatan Dan Flashing	372
Daftar Pustaka	399

BAB 1

PENGENDALIAN AIR

Pendahuluan

Air harus dikontrol untuk mencegah kebocoran, yaitu masuknya air melalui suatu bangunan. Agar air dapat masuk melalui suatu bangunan, tiga kondisi harus terjadi secara bersamaan:

1. Harus ada lubang pada bangunan tersebut.
2. Harus ada air pada lubang tersebut.
3. Harus ada gaya yang dapat menggerakkan air melalui lubang tersebut.

Jika salah satu dari ketiga kondisi ini tidak terpenuhi, air tidak akan dapat masuk ke dalam bangunan. Oleh karena itu, dalam mendesain detail eksterior, kita dapat menggunakan satu atau lebih dari tiga strategi berikut:

1. Kita dapat mencoba menghilangkan lubang pada bangunan.
2. Kita dapat mencoba menjauhkan air dari lubang pada bangunan.
3. Kita dapat mencoba menetralkan gaya yang menggerakkan air melalui lubang pada bangunan.

Keberhasilan penuh pada salah satu dari ketiga strategi ini akan menghasilkan penghapusan kebocoran air secara menyeluruh, tetapi terkadang dalam perincian, kita menggunakan dua dari strategi ini atau bahkan ketiganya secara bersamaan. Pendekatan ini memberikan keamanan tambahan jika salah satu strategi gagal akibat pengerjaan yang buruk atau kerusakan bangunan. Mari kita bahas masing-masing strategi ini secara singkat dan buat daftar pola detail yang terkait dengan masing-masing. Semua pola yang tercantum akan dijelaskan lebih lanjut nanti dalam bab ini.

1.1 MENGHILANGKAN CELAH PADA RAKITAN BANGUNAN

Setiap bangunan penuh dengan celah. Atap sirap memiliki celah di bawah setiap sirap. Dinding memiliki retakan di sekitar jendela dan pintu, dan di sekitar sambungan antara unit material tempat dinding dibuat. Retakan dan lubang tambahan dapat terbentuk seiring bertambahnya usia bangunan dan kerusakan. Kita dapat mencoba menghilangkan semua celah ini dengan menggunakan gasket dan sealant yang sudah dibentuk sebelumnya. Namun, sebagai satu-satunya strategi, ini tidak dapat diandalkan.

Gasket mungkin tidak menutup dengan aman jika ukurannya salah atau ketahanannya salah, atau jika permukaan yang disentuhnya kasar atau tidak bersih. Sealant mungkin gagal menempel dengan benar jika material yang diaplikasikan tidak dibersihkan dengan saksama dan diberi primer dengan benar, atau jika pemasang tidak memadatkan sealant sepenuhnya ke dalam jahitan. Baik sealant maupun gasket dapat rusak akibat pelapukan dan dari pelenturan dan peregangan yang mungkin dialaminya seiring bertambahnya usia bangunan.

Kulit bangunan yang hanya mengandalkan sealant dan gasket untuk kedap air akan bocor cepat atau lambat. Lebih jauh lagi, bahkan cacat kecil pada sealant atau gasket yang terkena cuaca dapat membocorkan air dalam jumlah yang sangat besar, seperti lubang kecil di bak mandi dapat membuat genangan air yang sangat besar. Namun, sealant dan gasket yang sudah dibentuk sebelumnya sangat berguna sebagai komponen dari keseluruhan strategi untuk membuat kulit bangunan kedap air. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui cara merinci sambungan sealant dan sambungan gasket dengan benar dan cara menggabungkannya ke dalam skema yang lebih rumit untuk mengendalikan penetrasi air. Pola detail yang berhubungan dengan menghilangkan bukaan pada rakitan bangunan adalah: Sambungan Sealant dan Gasket.

Menjauhkan air dari bukaan pada rakitan bangunan

Ada sejumlah cara efektif untuk menjauhkan air dari bukaan. Sering kali berguna untuk menjauhkan sebagian besar air dari bukaan hanya untuk mengurangi volume air yang harus ditangani di bukaan itu sendiri. Dalam banyak kasus, kita dapat dengan mudah dan aman menjauhkan semua air dari bukaan. Pola detail yang berhubungan dengan menjauhkan air dari bukaan di rakitan bangunan adalah sebagai berikut:

- Pencucian (hlm. 7)
- Tumpang tindih (hlm. 12)
- Overhang dan Tetesan (hlm. 15)
- Drainase dan Weep (hlm. 19)
- Atap Dingin Berventilasi (hlm. 22)
- Drainase Pondasi (hlm. 24)

Menetralkan gaya yang memindahkan air melalui bukaan di rakitan bangunan

Ada lima gaya yang dapat memindahkan air melalui bukaan di dinding atau atap:

- (1) gravitasi
- (2) tegangan permukaan
- (3) aksi kapiler
- (4) momentum
- (5) perbedaan tekanan udara.

Dalam kebanyakan kasus, sangat mudah untuk merinci perakitan bangunan sehingga kelima gaya ini dinetralkan, dan strategi paling aman untuk mencegah air masuk ke dalam bangunan didasarkan pada pendekatan ini. Kita telah menemukan pola detail untuk menetralkan dua gaya ini, karena pola yang sama ini berguna untuk mencegah air masuk ke bukaan bangunan. Gaya gravitasi dinetralkan dengan hal berikut:

- Pencucian
- Tumpang tindih

Tegangan permukaan, gaya yang menyebabkan air menempel di bagian bawah permukaan tempat air dapat mengalir ke dalam lubang, dinetralkan oleh: Overhang dan

Tetes (hlm. 15). Pola untuk menetralkan tiga gaya lainnya adalah sebagai berikut:

- Moisture Break
- Capillary Break
- Labyrinth
- Rainscreen Assembly dan Pressure Equalization
- Upstand

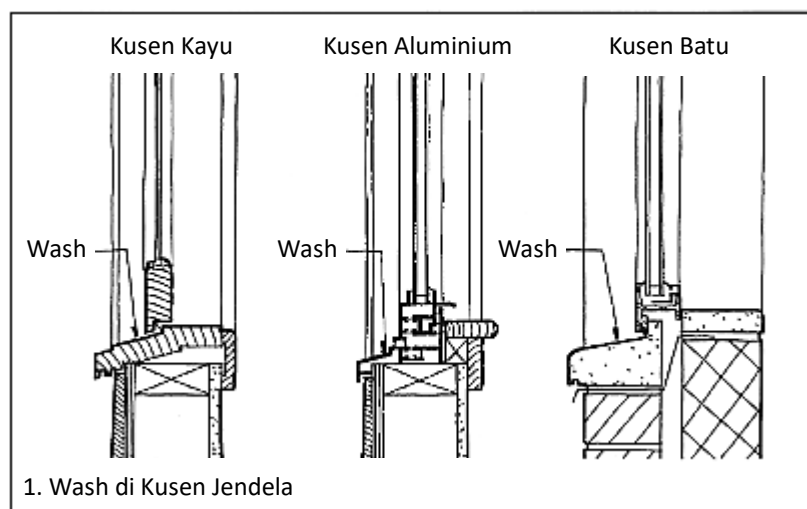
Capillary break menetralkan aksi kapiler. Labyrinth menetralkan momentum, dan rainscreen assembly dan upstand menetralkan perbedaan tekanan udara. Dengan menggabungkan ketujuh pola ini di setiap sambungan eksterior bangunan, kita dapat membuat bangunan sepenuhnya kedap air.

Ketika dipahami sebagai kelompok yang terkoordinasi dengan baik, fitur-fitur ini bergabung untuk membentuk lapisan pengendali air dari selubung bangunan. Perancang harus dapat menggambar garis yang tidak terputus dalam denah dan bagian yang mewakili lapisan pengendali air. Bangunan dengan lapisan pengendali air berkesinambungan sepenuhnya kedap air.

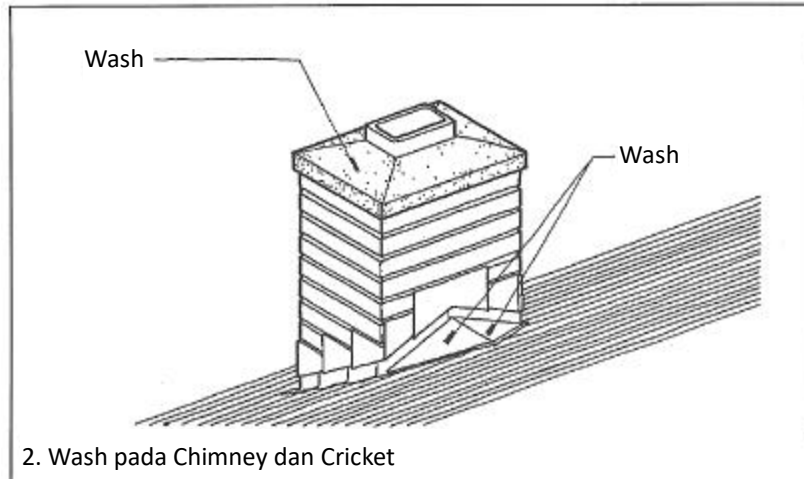
Wastafel

Wastafel adalah kemiringan yang diberikan pada permukaan horizontal untuk mengalirkan air dari area bangunan yang rentan. Secara umum, setiap permukaan horizontal eksternal bangunan harus memiliki wash. Material yang lebih permeabel harus memiliki kemiringan yang lebih curam untuk mengalirkan air lebih cepat.

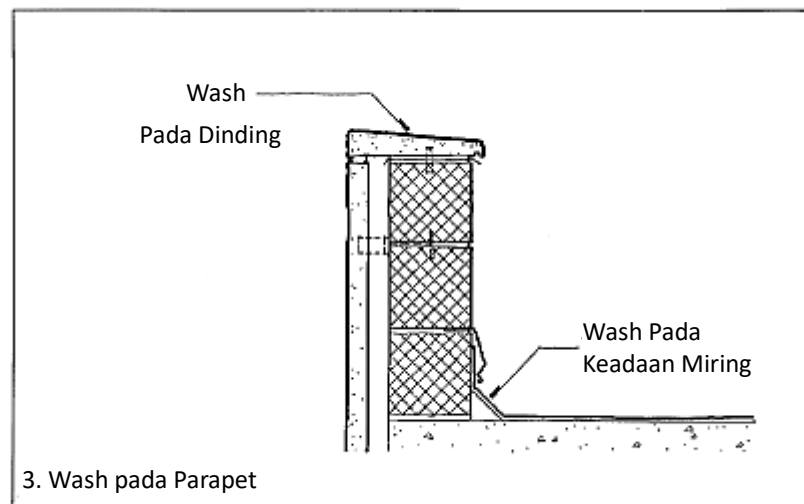
1. Kusen jendela atau pintu, baik yang terbuat dari batu, beton, kayu, atau logam, selalu memiliki wash untuk mencegah air terkumpul di samping pintu atau rangka jendela. Kemiringan minimum untuk jenis wash ini adalah sekitar 1 inci per kaki (1:10 atau 1:12). Kemiringan yang lebih curam mengalirkan air lebih cepat dan lebih aman, karena semakin cepat air dikeluarkan dari permukaan, semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk bocor. Angin juga lebih sulit untuk mendorong air ke atas lereng yang lebih curam.



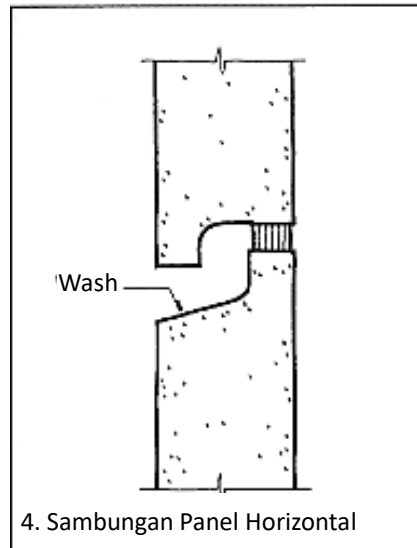
2. Wash pada tutup cerobong beton ini mencegah air masuk ke celah yang rentan antara ubin cerobong tanah liat dan beton. Kemiringan harus minimal 1:12. Tepi luar tutup harus memiliki ketebalan minimal 3 in. (75 mm) untuk mencegah retaknya beton, bukan tepi bulu yang biasa digunakan (lihat Tepi Bersih, Bab 12). Jangkrik pada sisi atas cerobong terdiri dari dua saluran yang mengalihkan air di sekitar poros cerobong.



3. Penutup tembok pembatas bangunan memiliki saluran pembuangan untuk mencegah genangan air dari sambungan tembok pembatas. Biasanya saluran pembuangan mengalir ke atap, untuk meminimalkan noda air pada permukaan bangunan. Lereng miring di dasar tembok pembatas miring tajam ke membran atap untuk mengarahkan air menjauh dari sambungan antara tembok pembatas dan dek atap.

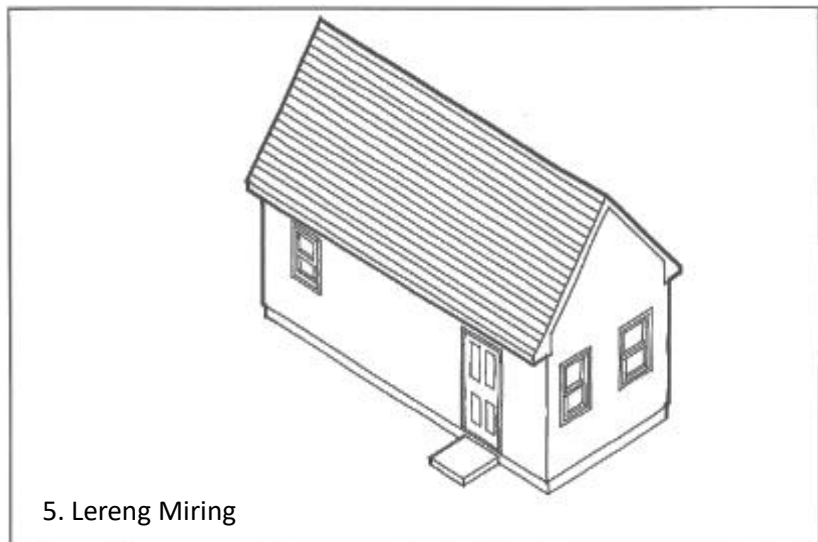


4. Permukaan bawah pada sambungan horizontal antara panel dinding harus memiliki saluran pembuangan untuk mengalirkan air ke luar. Bahkan jika sambungan akan ditutup di permukaan luar dengan sealant, saluran pembuangan harus disediakan untuk mencegah kebocoran jika sealant gagal.



5. Atap miring merupakan kasus khusus saluran pembuangan. Atap sirap tidak akan menumpahkan air kecuali jika memiliki kemiringan yang cukup besar. Jika kemiringannya terlalu dangkal, air akan bertahan di atap, mengalir di sekitar dan di bawah sirap, dan menembus celah di bawahnya. Setiap jenis material sirap memiliki kemiringan minimum yang direkomendasikan. Kemiringan yang lebih curam dari minimum disarankan pada lokasi yang terbuka di mana hujan sering kali tertiuip angin ke arah bangunan. Aturan praktis yang baik adalah menghindari kemiringan atap kurang dari 4:12. Sirap kayu, sirap aspal, dan atap logam yang tidak disolder dapat dibuat sedatar 3:12

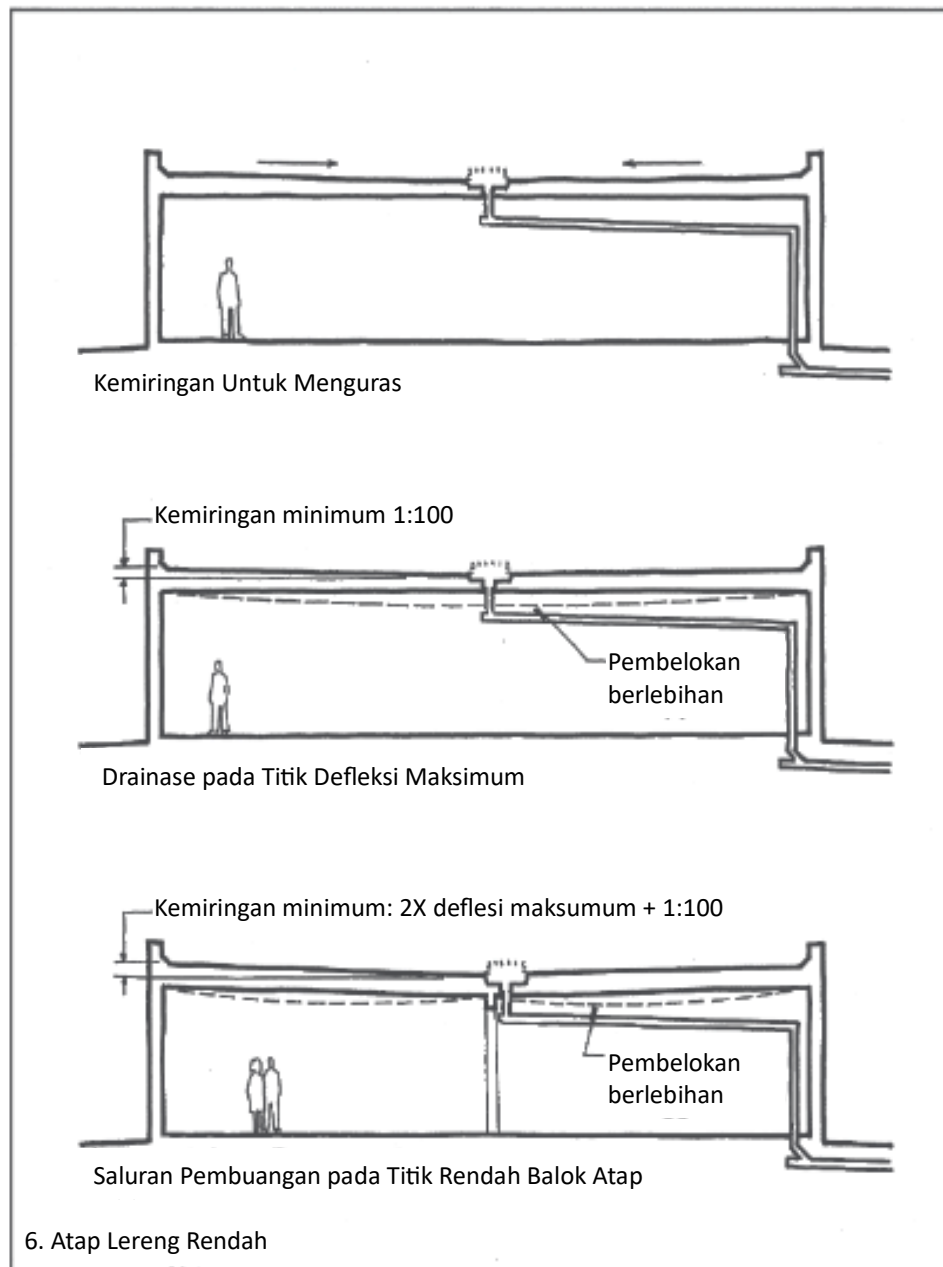
dengan lapisan bawah khusus (periksa literatur yang sesuai dari asosiasi perdagangan atau produsen untuk informasi lebih lanjut). Lereng yang lebih curam menumpahkan air lebih cepat dan



dengan demikian lebih kecil kemungkinannya mengalami masalah. Namun, mungkin lebih mahal karena luas atap bertambah, dan pekerja akan mengalami kesulitan yang lebih besar untuk bergerak di permukaan yang lebih curam. Banyak material atap dapat dipasang pada kemiringan yang sangat curam, bahkan pada permukaan vertikal.

6. Atap yang disebut datar jarang datar. Atap tersebut diberi kemiringan positif ke arah titik-titik tempat air dibuang oleh saluran pembuangan atap atau scupper, karena

genangan air di atap dapat menyebabkan kerusakan membran atap dan bahkan keruntuhan struktural. Nama yang tepat untuk atap "datar" sebenarnya adalah atap "kemiringan rendah". Saluran pembuangan di atap dengan kemiringan rendah harus ditempatkan di titik-titik defleksi struktural maksimum (biasanya di tengah bentang balok atau balok guling) atau di titik-titik rendah yang sengaja dibuat dengan membuat kemiringan pada struktur yang menyangga atap.

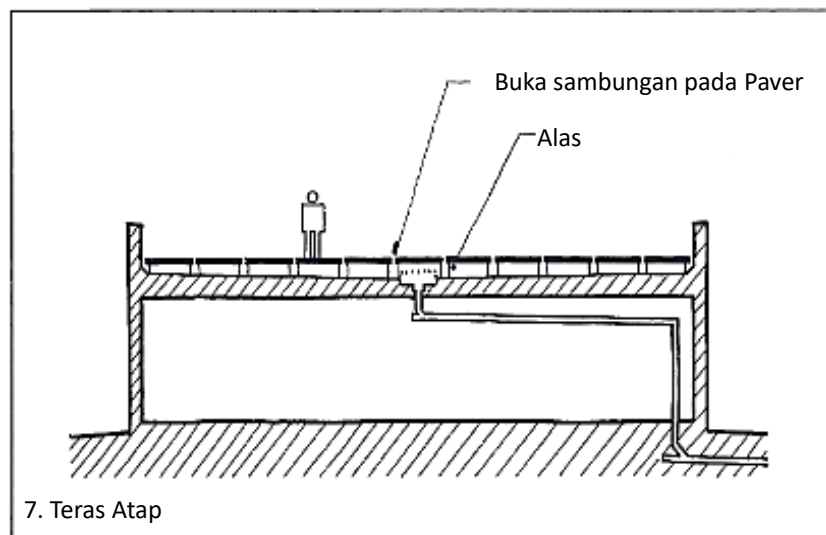


Isolasi yang meruncing atau pengisi atap harus digunakan jika diperlukan untuk membuat kemiringan tambahan yang akan menyebabkan air mengalir dengan baik dari atap. Jika saluran pembuangan terletak pada titik defleksi struktural maksimum, kemiringan minimum yang disarankan adalah 1/8 inci per kaki (1:100), dan kemiringan

yang lebih besar dari ini diinginkan. Jika saluran pembuangan terletak pada titik rendah yang dibuat dengan memiringkan balok, kenaikan keseluruhan sepanjang balok harus setidaknya dua kali lipat dari defleksi maksimum yang diharapkan pada balok, ditambah 1/8 inci per kaki (1:100) dari panjang balok, untuk memastikan air tidak dapat terperangkap oleh kelengkungan balok. Perinci harus bekerja sama erat dengan insinyur struktur untuk merancang sistem drainase atap yang mematuhi pedoman ini. Ini terutama penting jika atap terdiri dari elemen melengkung seperti papan atau balok beton pracetak. Sebaiknya (dan wajib menurut beberapa peraturan bangunan) menyediakan satu set saluran pembuangan atap tambahan atau scupper yang lengkap dan independen untuk menggantikan saluran pembuangan utama yang tersumbat oleh puing-puing. Saluran pembuangan tambahan atau scupper biasanya terletak 2 inci (51 mm) lebih tinggi dari saluran pembuangan utama dan harus dilayani oleh jaringan perpipaannya sendiri.

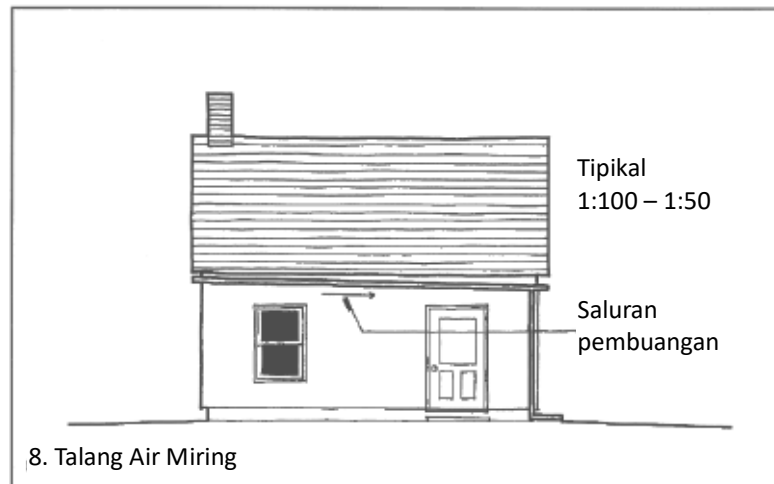
7. Teras atap biasanya dikeringkan melalui sambungan terbuka di antara paving atau ubin yang datar. Air menetes melalui sambungan dan disalurkan ke sistem saluran pembuangan atap oleh membran atap dengan kemiringan rendah di bawahnya. Kemiringan yang direkomendasikan sama berlaku untuk membran ini seperti pada atap dengan kemiringan rendah lainnya. Paving teras ditahan agar tetap rata oleh tiang penyangga kecil yang tingginya dapat disesuaikan yang berdiri di atas membran atap dan menopang unit paving di setiap persimpangan.

Tiang penyangga ini dipasarkan dalam beberapa desain khusus dan biasanya terbuat dari plastik.

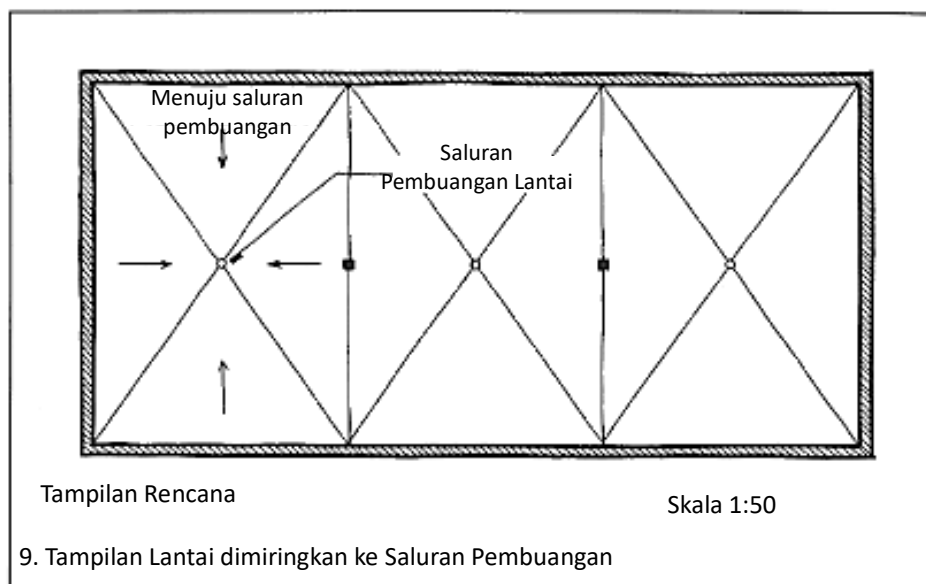


8. Kasus khusus lain dari pencucian ditunjukkan pada gambar arsitektur dengan catatan "kemiringan untuk pembuangan." Talang air hujan di bagian atap biasanya dibuat miring (miring) untuk mengalirkan air ke pipa pembuangan terdekat. Kemiringan yang umum digunakan untuk talang air adalah 1/8 inci atau 1/4 inci per kaki (1:100 atau 1:50). Kemiringan yang lebih curam memberikan kapasitas yang lebih besar untuk menangani air dalam hujan badai yang lebat. Air hujan yang dikumpulkan oleh talang air dapat terus mengalir karena gravitasi menuju tangki air, pot tanaman, atau permukaan yang ditumbuhi tanaman, atau dapat dibuang ke sistem pengumpulan air

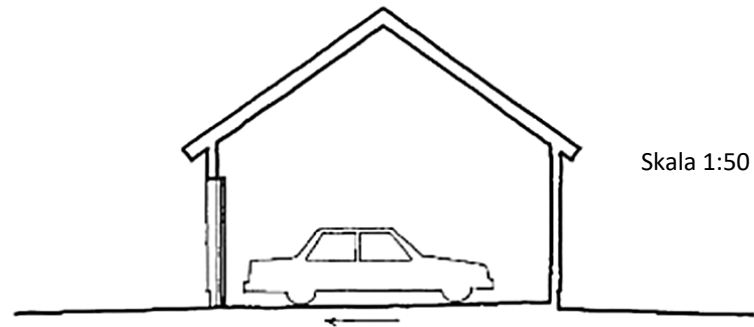
hujan.



9. Pelat lantai industri atau ruang bawah tanah sering dibuat miring ke arah saluran pembuangan lantai untuk menghilangkan genangan air. Aturan praktis kemiringan untuk drainase pelat adalah 1/4 in. per kaki (1:50), tetapi untuk mencegah genangan air, kemiringan ini harus ditingkatkan untuk permukaan yang tidak terlalu datar, dan dapat dikurangi untuk permukaan yang sangat halus. Namun, dalam kasus lantai atau paving, kemiringan tidak boleh terlalu curam, atau akan sulit bagi pejalan kaki dan kendaraan untuk melewatinya.

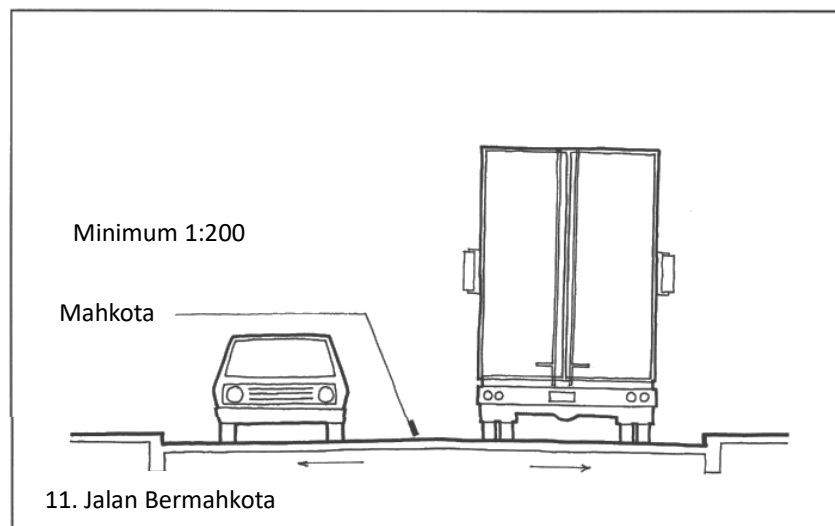


10. Jika tidak ada saluran pembuangan lantai interior, lantai garasi hunian biasanya memiliki kemiringan sehingga air yang menetes dari mobil akan mengalir di bawah pintu garasi dan keluar. Rekomendasi kemiringan minimum sama dengan untuk pelat industri dan ruang bawah tanah.



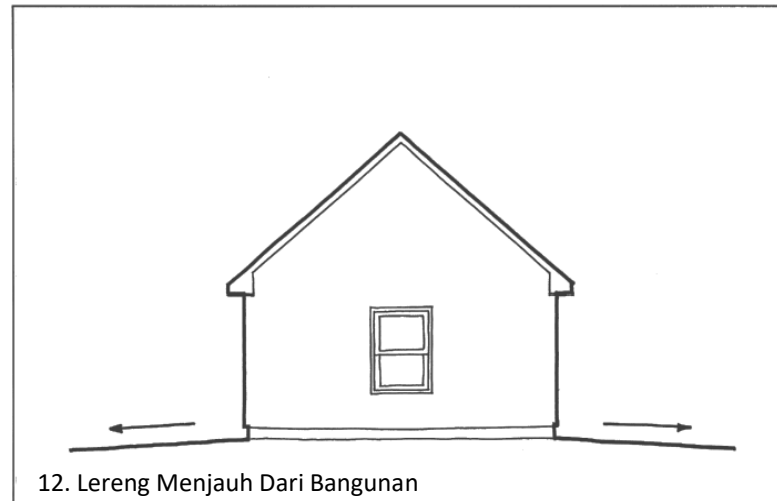
10. Pelat Lantai dibuang ke Saluran Pembuangan

11. Jalan, jalur masuk, dan jalan setapak biasanya diberi mahkota, untuk membuang air di kedua arah dan menghindari genangan air. Kemiringan di setiap sisi mahkota harus minimal 1:200. Tempat parkir harus miring minimal 1:100 untuk membuang air, tetapi tidak lebih dari 5:100.



11. Jalan Bermahkota

12. Tanah di sekitar bangunan harus miring menjauhi bangunan dengan kecepatan minimal 2:100 untuk minimal 6 kaki (1,83 m). Ini membantu mencegah air menggenang di fondasi dan bocor ke ruang bawah tanah dan ruang bawah tanah.

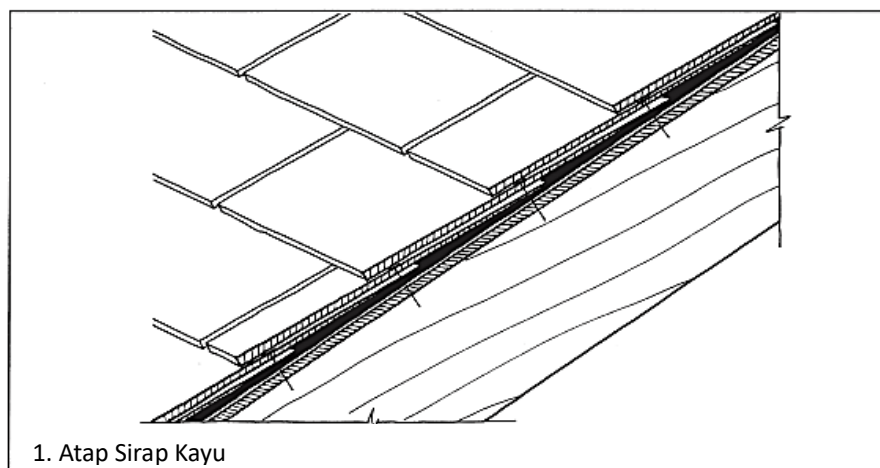


Pencucian memastikan bahwa gravitasi akan bekerja untuk menjauhkan air dari bukaan, tetapi aksinya dapat diatasi oleh arus angin yang kuat. Jadi, pencucian yang terdapat di dalam sambungan sering kali dikombinasikan dengan penghalang udara dan ruang pemerataan tekanan untuk membentuk sambungan layar hujan (lihat Perakitan Layar Hujan dan Pemerataan Tekanan, nanti di bab ini).

Tumpang Tindih

Pada tumpang tindih, permukaan yang lebih tinggi diperluas ke permukaan yang lebih rendah sehingga air yang dipindahkan oleh gaya gravitasi tidak dapat mengalir di belakang atau di bawahnya. Agar tumpang tindih berfungsi, permukaannya harus miring atau vertikal. Material berpori membutuhkan tumpang tindih yang lebih besar dan kemiringan yang lebih curam agar efektif.

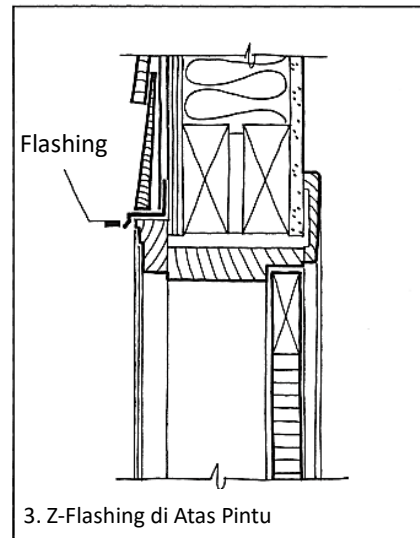
1. Sirap dan genteng atap menahan air dengan tumpang tindih sedemikian rupa sehingga tidak ada jalur menurun melalui atau di antara keduanya. Setiap unit menutupi sambungan antara unit di jalur di bawahnya. Namun, tumpang tindih hanya berfungsi jika permukaan atap cukup miring sehingga air mengalir sebelum dapat menemukan jalannya di sekitar bagian belakang sirap atau genteng ke celah terbuka di bawahnya.



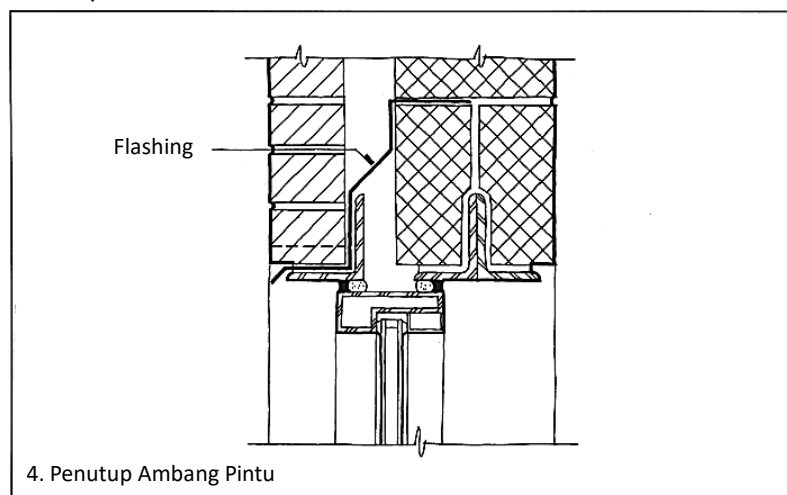
2. Pelapis kayu miring mengalirkan air dengan menumpuk setiap papan di atas papan di bawahnya. Titik lemah pada pelapis kayu adalah sambungan ujung, yang harus

didempul dan dilem untuk mencegah penetrasi air.

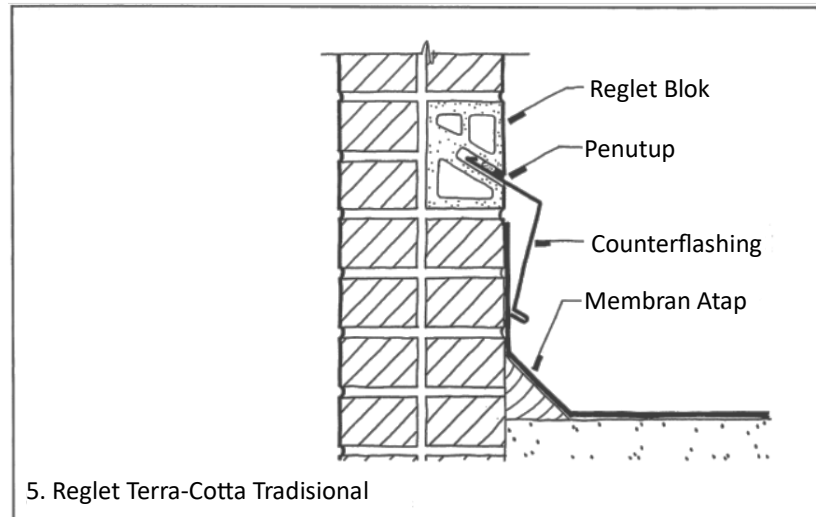
3. Lempengan menahan air dengan tumpang tindih. Flashing digunakan untuk membuat tumpang tindih di mana pun tumpang tindih atau kemiringan bahan dasar tidak cukup untuk mencegah masuknya air. Flashing Z sederhana dari lembaran logam atau plastik tipis ini mencegah air masuk melalui celah di atas jendela atau kusen pintu.



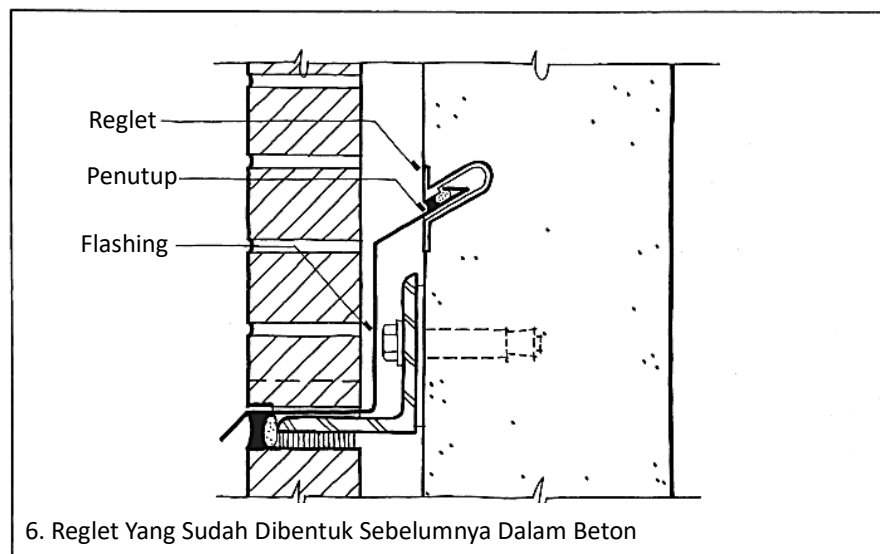
4. Flashing ambang pintu di dinding rongga pemasangan bata ini adalah contoh lain dari tumpang tindih. Air yang menembus bagian luar bata akan terperangkap oleh lembaran flashing logam atau sintetis dan dialirkan melalui lubang rembesan ke luar. Perhatikan tonjolan dan tetesan di tepi luar flashing. Ini mencegah air masuk ke celah antara flashing dan ambang pintu baja (lihat Tonjolan dan Tetesan, nanti di bab ini).



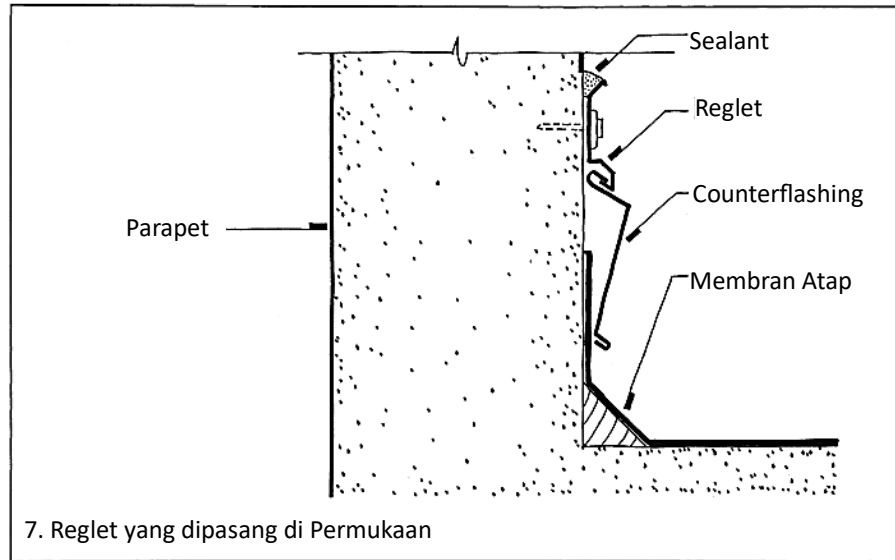
5. Reglet adalah slot miring ke atas pada permukaan vertikal tempat flashing atau tepi membran atap dapat dimasukkan. Lereng (wash) berfungsi untuk mencegah air masuk ke sambungan yang rentan oleh gravitasi, dan tumpang tindih bibir atas reglet di atas flashing mencegah air mencapai sambungan antara dua komponen. Reglet yang ditunjukkan dalam gambar ini adalah jenis tradisional yang sebagian besar sudah usang, tetapi mungkin masih ditemukan saat bangunan lama direnovasi. Reglet dibentuk menjadi ubin terakota berkaca yang dibangun di dinding tembok pembatas oleh tukang batu. Ganjalan dan/atau manik sealant harus dimasukkan ke dalam reglet untuk menahan flashing atau membran di tempatnya.



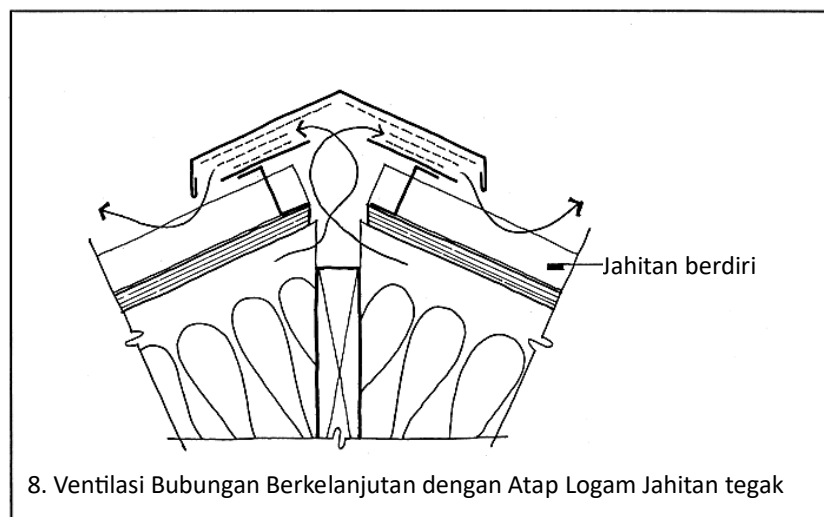
6. Jenis reglet kontemporer ini dibuat di dinding beton atau balok spandrel dengan menggunakan potongan logam atau plastik yang sudah dibentuk sebelumnya yang dipaku ringan ke bekisting sebelum beton dituang. Biasanya pada reglet biasanya ditutup sementara dengan pita perekat atau sepotong busa plastik untuk mencegahnya tersumbat oleh beton secara tidak sengaja. Ada banyak profil yang dipatenkan untuk jenis reglet ini yang dimaksudkan untuk saling mengunci dengan aman dengan tepi terlipat di bagian atas flashing. Pemeriksaan yang cermat diperlukan sebelum menuangkan beton untuk memastikan bahwa reglet terpasang dengan benar. Jika reglet basah, air dapat masuk melalui kapiler. Butiran sealant yang terus-menerus antara flashing dan reglet dapat membantu mencegah hal ini.



7. Ada juga sejumlah desain reglet yang dipasang di permukaan yang dipatenkan yang terbuat dari plastik atau logam. Butiran sealant dimaksudkan untuk menahan air dari belakang reglet. Ini agak berisiko, karena keberhasilan detail sepenuhnya bergantung pada pengerjaan yang sempurna dalam memasang sealant dan daya rekat sealant yang sempurna ke dinding.



8. Bubungan atap logam dengan jahitan berdiri menggunakan rakitan tutup yang terus-menerus untuk menutupi semua jahitan berdiri, menghasilkan bukaan tertutup yang tidak memungkinkan air masuk, tetapi udara panas dapat keluar.



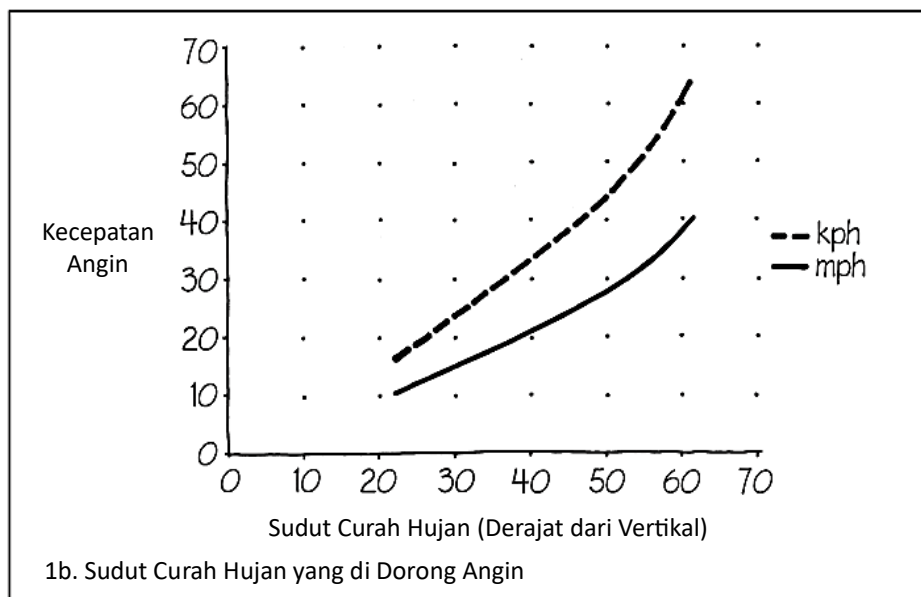
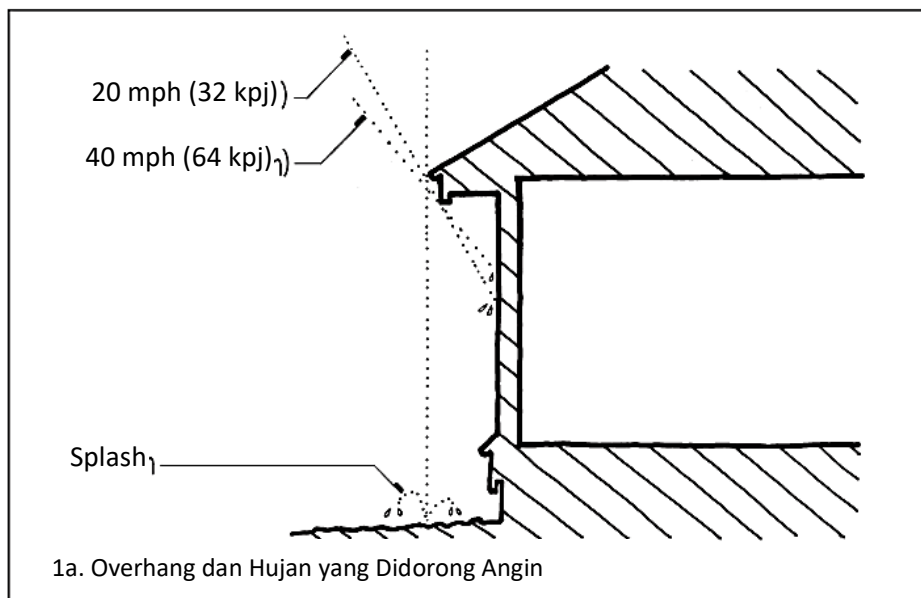
Tumpang tindih umumnya sangat efektif dalam mencegah masuknya air yang didorong oleh gaya gravitasi. Namun, jika angin dibiarkan bertiup melalui tumpang tindih, angin tersebut dapat membawa air bersamanya. Tumpang tindih tidak berguna untuk menahan air yang tergenang, sehingga tidak dapat digunakan pada permukaan yang datar.

Tonjolan dan Tetesan

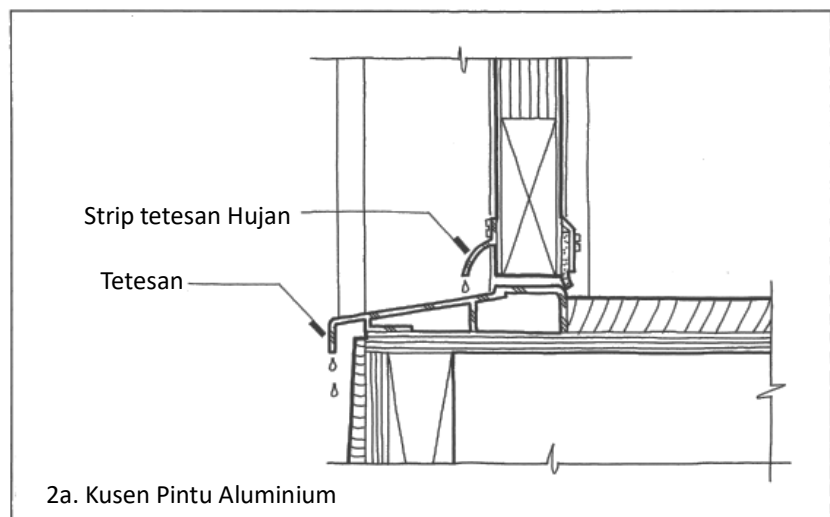
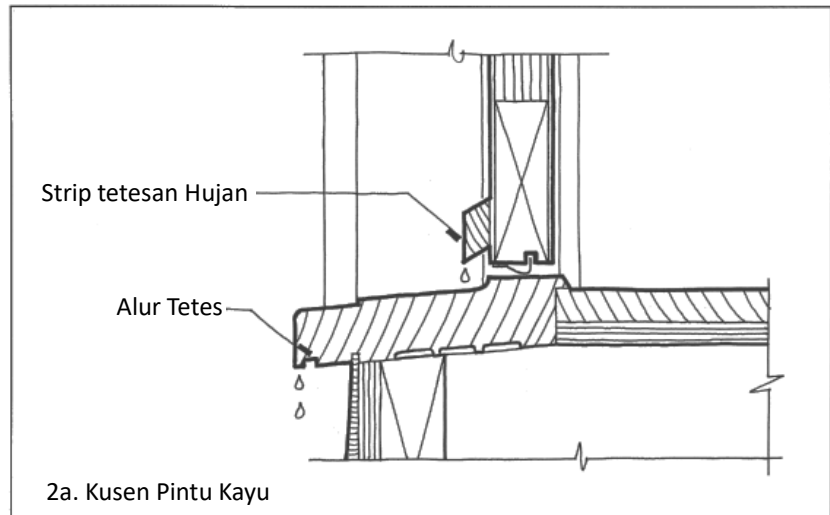
Tetes atau aliran air yang mengalir di dinding bangunan dapat dihindarkan dari bukaan dinding dengan dua strategi yaitu membuat profil yang menjorok (tonjolan) tepat di atas bukaan dan membuat alur atau tonjolan yang terus-menerus di bagian bawah tonjolan (tetesan) sehingga gravitasi akan menarik air yang menempel keluar dari tonjolan.

1. Ukuran tonjolan ditentukan oleh fungsinya. Lebar tonjolan yang melindungi jahitan atau sambungan tidak perlu memanjang jauh dari permukaan yang dilindunginya. Tonjolan yang dimaksudkan untuk melindungi dinding eksterior yang tinggi harus jauh

lebih lebar agar efektif. Semakin lebar tonjolan, semakin besar area dinding di bawahnya yang akan dilindungi, karena hujan yang terbawa angin jatuh pada sudut, bukan lurus ke bawah. Sudut jatuhnya hujan selama badai sulit diprediksi secara akurat, tetapi aturan praktis yang baik adalah menambahkan 20 ke kecepatan angin (dalam mph) pada saat hujan. Jumlahnya adalah sudut perkiraan dari vertikal jatuhnya hujan. Hujan yang jatuh dengan kecepatan angin 20 mph (32 kph) akan jatuh pada sudut sekitar 40 derajat dari vertikal; pada kecepatan 40 mph (64 kph) akan jatuh pada sudut sekitar 60 derajat dari vertikal. Lebar tonjolan yang lebih besar juga memindahkan percikan air di tanah di bawah lebih jauh dari permukaan dinding, mengurangi pembasahan sekunder dan pengotoran permukaan dinding.



2. Berikut adalah dua versi detail ambang pintu: satu dibuat seluruhnya dari kayu dan yang lainnya dari kombinasi komponen kayu dan aluminium. Ada dua bukaan yang harus dilindungi dalam kedua kasus: celah antara pintu dan ambang pintu, dan sambungan antara ambang pintu dan dinding bangunan. Pintu tidak dapat terpasang erat pada ambang

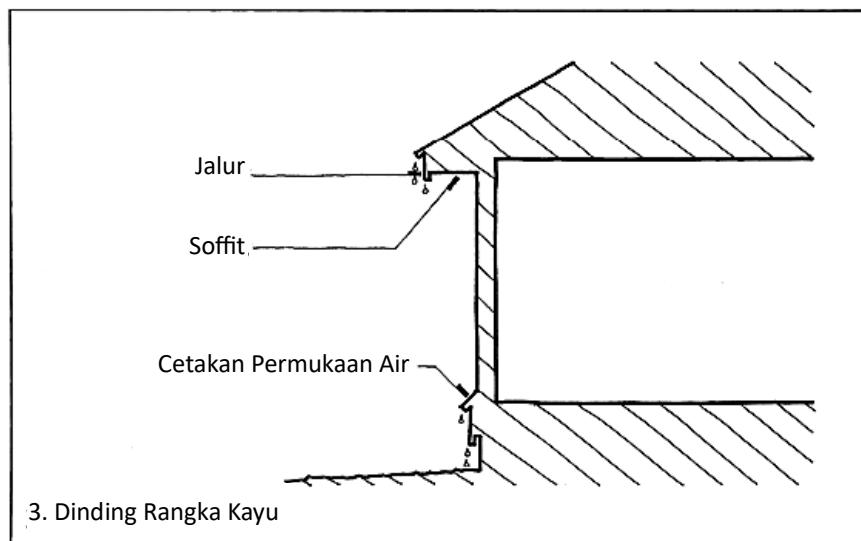


pintu, karena diperlukan jarak yang cukup lebar agar pintu dapat beroperasi dengan bebas. Kami tentu akan memasang weatherstrip pada celah ini, tetapi weatherstrip dimaksudkan hanya sebagai penghalang masuknya udara dan tidak dapat diandalkan untuk mencegah masuknya air. Kami ingin pemasangan melapisi ambang pintu dengan sealant, tetapi pekerjaan sealant mungkin tidak sempurna, dan akan rusak seiring waktu. Tonjolan dan tetesan air adalah elemen detail yang sederhana, ekonomis, dan sangat efektif yang muncul dalam berbagai jenis detail. Dalam kedua gambar ini, kami melihatnya digunakan untuk melindungi dua bukaan di bawah pintu. Di bagian bawah kedua detail ini, ambang pintu menyorok ke dinding di bawahnya. Pada detail ambang kayu (2a), tetesan air hanyalah alur yang digiling di bagian bawah ambang kayu. Alur tersebut harus cukup lebar dan cukup dalam sehingga setetes air tidak dapat menjembatannya: Biasanya lebar 1/4 in. (6 mm) dan kedalaman 1/8 in. (3 mm) sudah tepat. Pada detail ambang aluminium (2b), tetesan air dibentuk oleh tepi luar yang miring dari ekstrusi. Dalam kedua kasus tersebut, tetesan air yang menempel tidak dapat bergerak melintasi tetesan, karena, untuk melakukannya, tetesan tersebut harus

bergerak menanjak, melawan gaya gravitasi. Oleh karena itu, tetesan air terkumpul di tepi luar tetesan dan jatuh bebas. Perhatikan pada kedua kasus bahwa ambang memiliki saluran untuk mengalirkan air dari pintu.

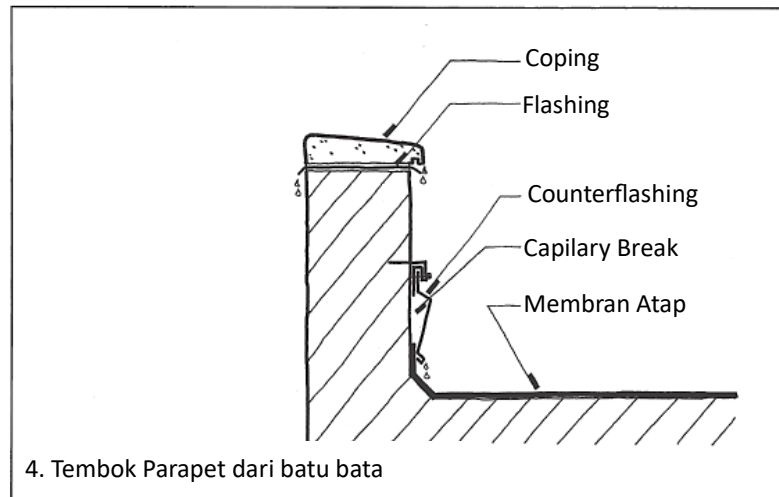
Di bagian bawah pintu pada kedua detail tersebut terdapat jenis tonjolan dan tetesan kedua yang melindungi celah antara pintu dan ambang. Tonjolan tersebut disediakan oleh strip tetesan kayu atau aluminium yang disekrup erat ke pintu. Bagian bawah strip tetesan dikonfigurasi sedemikian rupa sehingga air harus menetes bebas di tepi luar, jauh dari celah antara pintu dan ambang pintu. Bagian atas strip tetesan, tentu saja, memiliki aliran air yang curam dalam setiap kasus.

3. Detail eksterior standar rumah rangka kayu berisi beberapa contoh prinsip overhang dan drip. Sirap atap menjorok ke papan fascia dan miring ke atas sehingga air akan menetes hingga bersih dari sambungan antara fascia dan sirap. Tepi bawah fascia menjorok di bawah soffit horizontal sehingga air yang mengalir ke bawah fascia akan menetes hingga bersih dari celah antara fascia dan soffit. Seluruh atap, tentu saja, adalah overhang besar dan drip yang menahan air agar tidak mengenai tepi atas dinding yang rentan dan juga memberikan perlindungan pada bukaan jendela dan pintu. Di dasar dinding, detail water table tradisional terdiri dari overhang dan drip yang dirancang untuk menahan air agar tidak masuk ke celah antara dinding kayu dan fondasi. Apakah water table digunakan atau tidak, tepi bawah pelapis dinding harus diberi jarak dari dinding fondasi untuk membuat overhang dan drip lainnya.

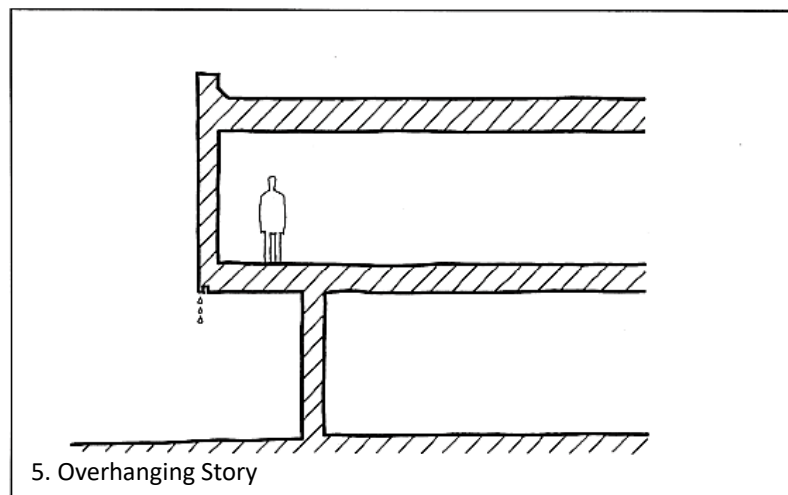


4. Batu atau beton yang berada di atas tembok tembok pasangan bata miring ke arah dalam bangunan untuk membantu mencegah noda dan kebocoran pada permukaan luar tembok. Tonjolan yang menjorok dan tetesan air disediakan untuk mencegah air masuk ke sambungan mortar tepat di bawah tonggak. Selain itu, lapisan logam pada sambungan mortar ini menjorok keluar dan ke bawah untuk menyediakan tonjolan dan tetesan air lainnya. Sambungan antara lapisan logam dan membran atap, tempat atap menyambung dengan tembok tembok pasangan bata, berpotensi menimbulkan masalah. Lapisan logam dan membran atap sering kali cukup rapat sehingga air yang

masuk ke dalam sambungan akan tertarik ke dalamnya oleh aksi kapiler. Tonjolan dan tetesan air pada profil lapisan logam menjaga sambungan tetap kering. Sebagai tindakan pencegahan cadangan, lapisan logam juga dilipat keluar untuk menciptakan Pemutusan Kapiler (lihat informasi di bagian akhir bab ini). Untuk kemudahan pemasangan, lapisan logam sering kali dibuat dalam dua bagian, seperti yang ditunjukkan. Potongan pertama ditanam di dinding oleh tukang batu, dan potongan kedua dimasukkan ke dalam potongan pertama dan disekrup oleh pemasang atap.

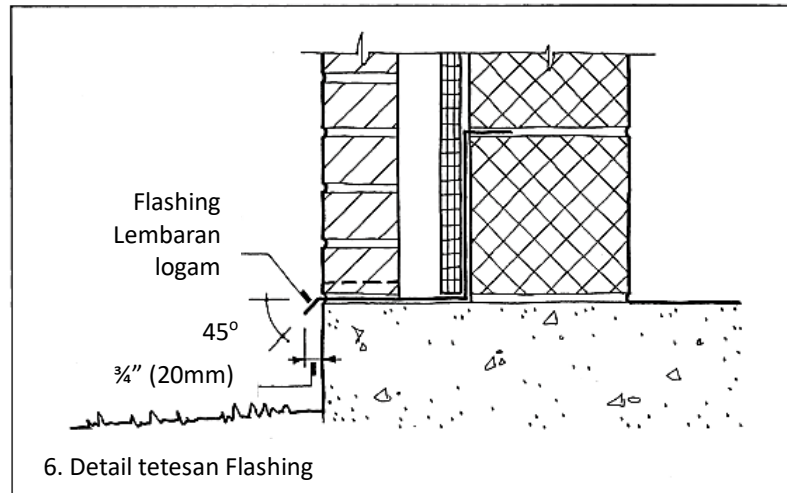


5. Tetesan air harus selalu disediakan di bawah tepi luar lantai bangunan yang menjorok. Pada bangunan kayu, tepi bawah dinding biasanya dapat diproyeksikan di bawah sofit untuk menyediakan tetesan air. Pada bangunan beton atau batu, alur tetesan air di sekitar tepi luar sofit akan mencegah kebocoran dan noda pada area sofit.

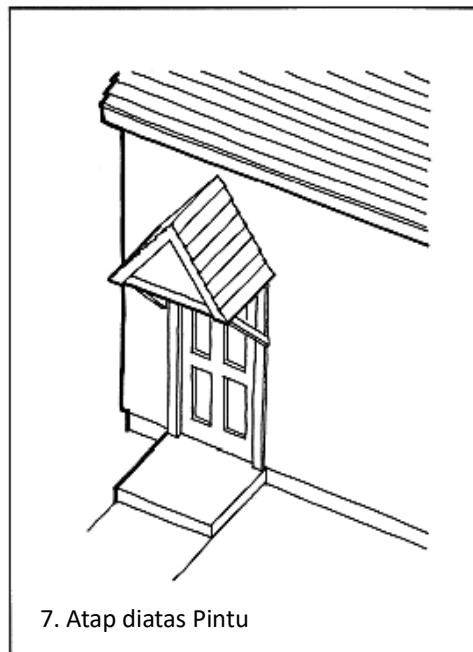


6. Flashing internal pada veneer pasangan bata terkadang menangkap dan mengalihkan volume air yang relatif besar saat sambungan mortar pada veneer menua dan memburuk. Setiap flashing harus menjorok sepenuhnya melalui permukaan luar pasangan bata sekitar $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) dan berbelok ke bawah pada sudut 45 derajat untuk mencegah air yang mengalir membasahi sambungan horizontal tanpa mortar di

bawah flashing. Detailer harus menahan keinginan untuk menenggelamkan tepi luar flashing ke dalam sambungan mortar. Ini mungkin terlihat lebih baik daripada flashing yang menonjol, tetapi dapat menyebabkan masalah kebocoran dan kerusakan serius di bawah flashing.



7. Atap yang menjorok dan menetes dalam skala yang lebih besar dalam bentuk atap teras atau tenda menawarkan kesempatan kepada pengguna bangunan untuk membiarkan pintu atau jendela terbuka untuk ventilasi atau akses bahkan selama hujan badai yang cukup deras.



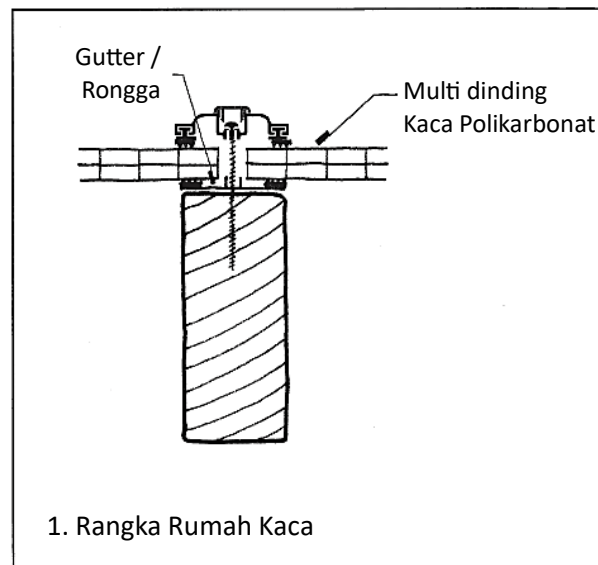
Masalah dalam membuat celah di sekitar pintu eksterior kedap air adalah menyediakan atap pelindung kecil di atas setiap pintu eksterior di sebuah bangunan bukanlah ide yang buruk.

1.2 DRAINASE DAN WEEP

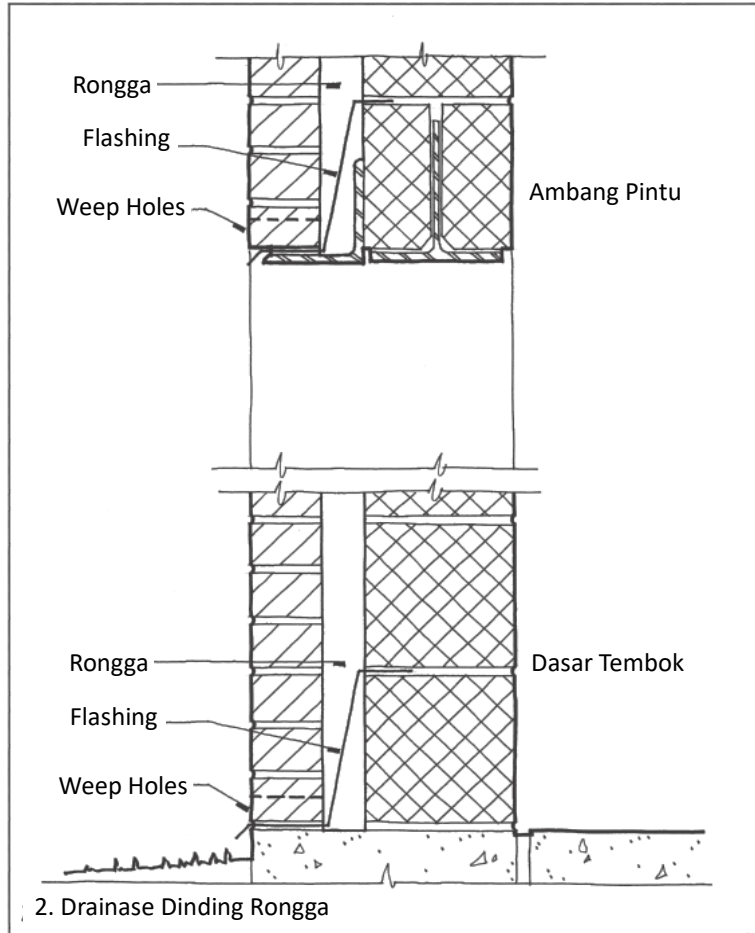
Sering kali merupakan hal yang bijaksana untuk menyertakan ketentuan untuk mengumpulkan dan mengalirkan air yang mungkin bocor melalui lapisan luar sistem pelapis bangunan. Sistem drainase internal ini merupakan pengakuan yang jujur dan berguna bahwa berbagai hal dapat menjadi salah pada sealant, senyawa kaca, gasket, sambungan mortar, dan sambungan logam apakah masalah tersebut disebabkan oleh material yang salah, pengerjaan yang tidak memadai, pergerakan bangunan, atau kerusakan material seiring berjalannya waktu.

Sistem drainase seperti itu juga melepaskan air yang mengembun di dalam rakitan atau yang berasal dari sumber internal. Ini merupakan asuransi yang murah terhadap kerusakan yang dapat disebabkan oleh kebocoran yang tidak terkendali dan biaya untuk membangun kembali dinding dengan desain yang cacat. Sistem drainase internal terdiri dari ruang atau saluran yang mengalirkan air secara gravitasi ke lubang weep atau bukaan lain yang mengarahkan air kembali ke luar ruangan.

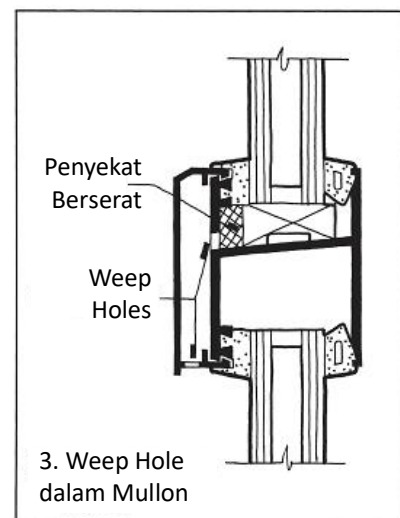
1. Detail kasau rumah kaca berbingkai kayu dasar sangatlah sederhana. Lembaran kaca polikarbonat yang berada di atas kasau diamankan dengan gasket karet dan ekstrusi aluminium yang ditahan dengan sekrup. Ini bukan detail layar hujan; cacat apa pun pada gasket karet akan mengakibatkan kebocoran air antara kaca dan kasau. Karena tegangan permukaan, air yang bocor dapat menempel pada kasau dan mengalir ke sisi-sisinya. Detail ini menyediakan talang drainase kecil di permukaan atas gasket, yang terletak di bawah kaca polikarbonat. Talang ini akan menangkap air ini dan menyalurkannya ke bagian bawah kasau, tempat air tersebut dialirkan ke luar. Rakitan skylight buatan kontemporer memiliki fitur drainase integral yang serupa.



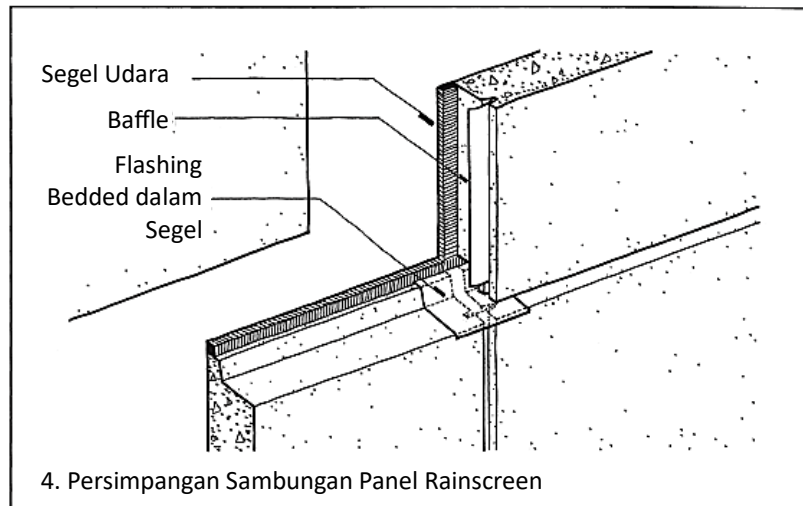
2. Bagian luar dinding rongga pasangan bata diperkirakan akan mengalami kebocoran air, terutama saat sambungan mortar menua dan memburuk. Kebocoran mengalir ke bawah rongga hingga menemui gangguan rongga, seperti ambang jendela atau pintu atau dasar dinding. Pada masing-masing titik ini, penyaluran air secara terus-menerus mengumpulkan air dan mengalirkannya melalui lubang tangis yang disediakan pada interval horizontal 8 inci hingga 4 kaki (203 hingga 1219 mm).
3. Kusen horizontal dinding gorden



aluminium berfungsi sebagai talang untuk menampung kebocoran, jika segel antara kaca dan paking kaca tidak sempurna. Lubang rembesan membuang kebocoran ini kembali ke luar ruangan. Jendela dengan lebar rata-rata mungkin memiliki tiga lubang rembesan yang tersebar di ambangnya. Angin dapat mendorong air kembali melalui lubang rembesan jika tidak ada penghalang udara yang memadai antara lubang rembesan dan bagian dalam bangunan. Kemungkinan ini dapat diminimalkan dengan menempatkan lubang rembesan di lokasi terlindung yang tidak mungkin menjadi basah dan dengan memasukkan sekat di belakang lubang rembesan. Sekat terbuat dari bahan sel terbuka yang tidak membusuk dan tidak berkarat yang memungkinkan air tersaring keluar oleh gravitasi, tetapi memperlambat arus udara yang masuk sehingga tidak mungkin dapat memindahkan air melalui bukaan. Bahan sekat yang umum adalah tikar nonwoven yang terdiri dari filamen plastik kaku.



4. Dalam merinci sistem panel rainscreen (lihat Perakitan Rainscreen dan Penyeimbangan Tekanan, di bagian akhir bab ini), penting untuk merancang sistem tiga dimensi untuk menguras sambungan terbuka. Yang paling penting adalah desain persimpangan sambungan horizontal dan vertikal, yang perlu dirinci dengan hati-hati untuk kemudahan perakitan dan kedap air. Setiap rongga antara panel rainscreen dan dinding penghalang udara juga harus dikeringkan, dengan menggunakan detail yang hampir sama seperti untuk dinding rongga pasangan bata (lihat detail 2).

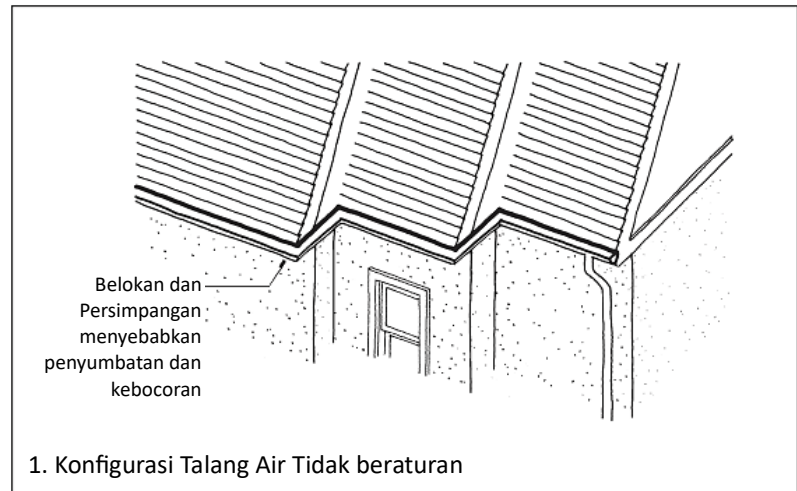


Drainase yang Tidak Terhalang

Kadang-kadang air bocor ke dalam suatu rakitan karena mekanisme drainase yang tidak memadai atau tidak dirawat dengan baik. Perancang harus melacak jalur air dari tempat pertama kali air tersebut menyentuh bangunan hingga ke titik pembuangannya, untuk memastikan bahwa jalur tersebut akan efektif. Mekanisme drainase terbaik membuang air dengan cepat dan langsung.

Kanopi dan scupper tanpa talang melepaskan air untuk jatuh karena gravitasi, tanpa mekanisme drainase yang berkelanjutan. Perhatian khusus diperlukan ketika saluran drainase disembunyikan di dalam rakitan atap atau dinding, karena sulit dideteksi dan mahal untuk diperbaiki.

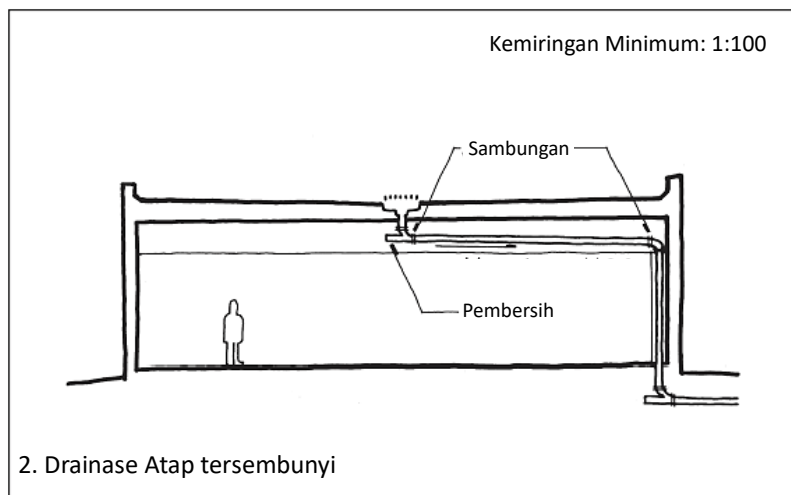
1. Setelah air terkumpul dalam mekanisme drainase, jaga agar air tetap mengalir dengan lancar ke titik pembuangan dengan menghindari jalur yang datar atau berliku-liku. Jalur tersebut harus terdiri dari bentuk-bentuk yang cair, meskipun mungkin terbuat dari lembaran logam atau plastik kaku. Bahkan jarak pendek di mana air tidak bergerak dapat memungkinkan sedimen yang terbawa air terkumpul, yang mungkin



memperlambat aliran air. Transisi, seperti sambungan saluran pembuangan atap pada atap dengan kemiringan rendah, perpotongan atap miring, dan tikungan pada saluran utama yang membawa air turun melalui bangunan, merupakan titik-titik yang diperkirakan akan mengalami turbulensi, dan diperlukan perincian dan pemasangan yang cermat untuk menghindari penyumbatan dan kebocoran.

2. Antisipasi di mana penyumbatan dapat terjadi, dan sertakan fitur-fitur yang meminimalkan

ancamannya. Gunakan data intensitas curah hujan dari kode perpipaan yang relevan (seperti Kode Perpipaan Internasional/Saluran Air Badai) untuk lokasi bangunan guna menghitung volume air yang akan dibawa



oleh sistem drainase. Sertakan faktor keamanan jika terjadi cuaca yang tidak biasa, bendungan es, atau pemeliharaan yang buruk. Faktor keamanan harus berlipat ganda jika beberapa faktor buruk diperkirakan terjadi. Skala talang, saluran utama, dan scupper dengan cukup besar, dan hindari pengurangan tiba-tiba pada ukuran saluran yang membawa air. Sediakan saluran pembuangan yang dapat diakses di lokasi-lokasi yang kemungkinan besar mengalami penyumbatan. Jika memungkinkan, sertakan detail yang memisahkan puing-puing yang terbawa air dari air yang bergerak. Filter atau saringan di titik tempat air masuk ke saluran pembuangan atap, talang, atau

saluran utama merupakan solusi umum, tetapi memerlukan perawatan berkala untuk membuang kotoran.

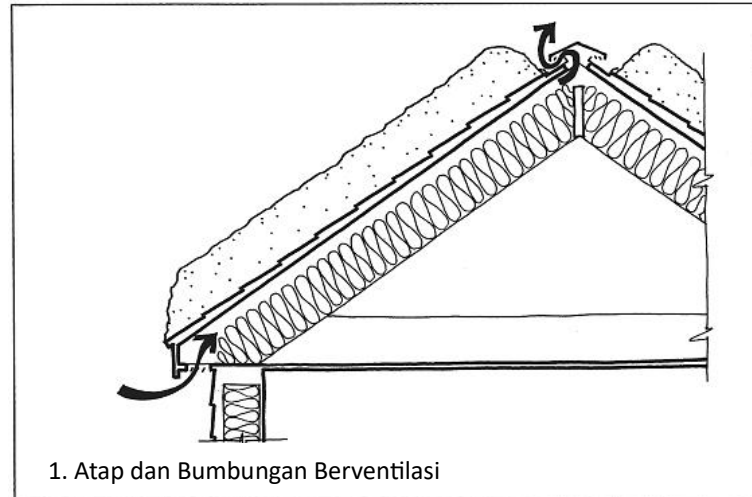
3. Sambungan dalam sistem pembuangan air untuk presipitasi, pencairan salju, dan kondensasi biasanya tidak disegel rapat seperti pipa ledeng yang berisi air bertekanan. Jika saluran pembuangan tersumbat, air dapat terkumpul hingga kedalaman yang cukup untuk menyebabkan sambungan ini bocor. Saluran pembuangan yang tersembunyi di dalam rongga dinding atau rakitan atap harus kedap air, untuk menghindari kebocoran yang sulit ditemukan dan diperbaiki. Saluran pembuangan tersembunyi harus diuji oleh inspektur kode. Dalam salah satu pengujian tersebut, saluran pembuangan diisi dengan air dan harus tetap kedap air setidaknya selama 15 menit.

Atap Dingin Berventilasi

Pada rakitan loteng berbingkai kayu berventilasi tradisional, permukaan luar atap di iklim bersalju harus tetap dingin di musim dingin untuk mencegah salju mencair. Sistem drainase atap sering tersumbat oleh salju dan es selama cuaca musim dingin yang dingin. Ketika air lelehan yang mengalir di atap mencapai talang, saluran air, atau atap yang tersumbat es, kolam dapat terbentuk yang cukup dalam untuk menyumbat sirap dan selubung dan dengan demikian bocor ke dalam bangunan.

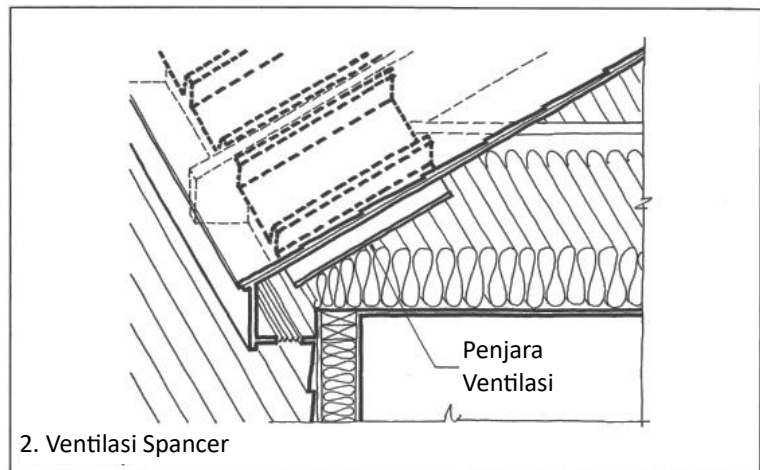
Ventilasi bagian bawah dek atap dengan udara luar dapat menjaga atap cukup dingin sehingga salju tidak akan mencair, kecuali pada suhu luar di atas titik beku yang juga akan mencairkan salju dan es di sistem drainase.

1. Untuk atap dingin, sebagian besar peraturan bangunan mengharuskan jumlah minimum yang ditentukan dari area ventilasi bebas bersih di atap dan bubungan di atap miring umumnya 1 dari area ruang yang akan diberi ventilasi. Bangunan dengan luas langit-langit 3.000 kaki persegi (279 m²), misalnya, akan memerlukan total setidaknya 10 kaki persegi (0,93 m²) bukaan ventilasi bebas bersih. Setengah dari jumlah ini harus didistribusikan di sepanjang bubungan atau tinggi di ujung atap pelana, dan setengah lainnya harus didistribusikan di sepanjang atap. Bukaan ventilasi tinggi dan rendah ini memungkinkan konveksi bekerja secara efisien untuk menghilangkan panas dari ruang atap atau loteng. Kisi-kisi ventilasi yang sesuai untuk tujuan ini tersedia dari sejumlah produsen, yang mencantumkan luas ventilasi bebas bersih untuk setiap produk.



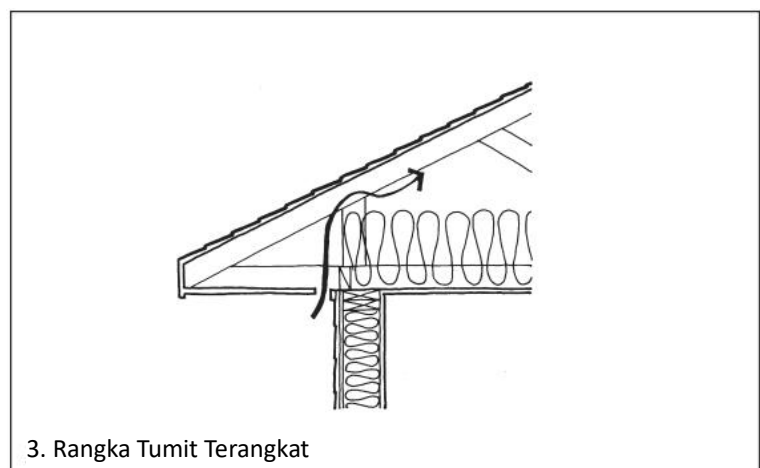
2. Penting untuk merinci atap dingin sehingga semua ventilasi terjadi di atas insulasi termal di atap. Sebagian besar kode bangunan mengharuskan rakitan atap berventilasi memiliki ruang udara minimal 1 inci (25 mm) antara insulasi dan selubung atap. Dalam situasi apa pun di mana

ada kemungkinan insulasi secara tidak sengaja menyumbat rongga ventilasi di bawah selubung atap, saluran pemisah ventilasi yang terbuat dari plastik busa atau papan kertas harus digunakan untuk menjaga saluran udara tetap terbuka. Saluran ini



khususnya sesuai jika digunakan isian lepas, insulasi reng, atau insulasi busa semprot di tempat. Ventilasi atap juga berfungsi untuk membuang uap air yang mungkin keluar melalui cacat pada penghambat uap atau melalui penetrasi langit-langit, seperti lampu dan palka loteng.

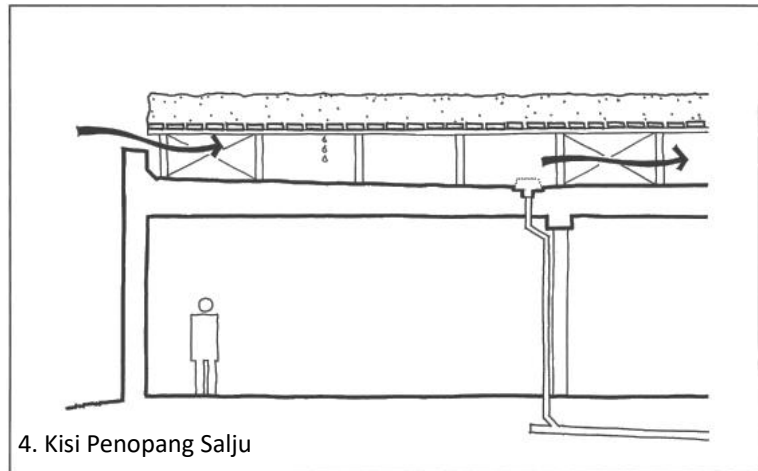
3. Di daerah beriklim dingin, jumlah insulasi yang dibutuhkan dapat melebihi kedalaman yang tersedia yang disediakan oleh balok langit-langit



atau kasau atap. Dalam hal ini, rangka atap dengan tumit yang ditinggikan mungkin merupakan cara terbaik untuk menyediakan banyak ruang bagi insulasi loteng dan ventilasi di bagian atap.

4. Beberapa bangunan dengan atap dengan kemiringan rendah di lingkungan yang sangat bersalju dilengkapi

dilengkapi dengan konstruksi kisi horizontal yang kuat beberapa kaki di atas atap yang menangkap dan menahan salju, menjaga membran atap di bawahnya bebas dari salju dan es. Ketika cuaca cukup hangat untuk mencairkan salju, air menetes melalui kisi dan



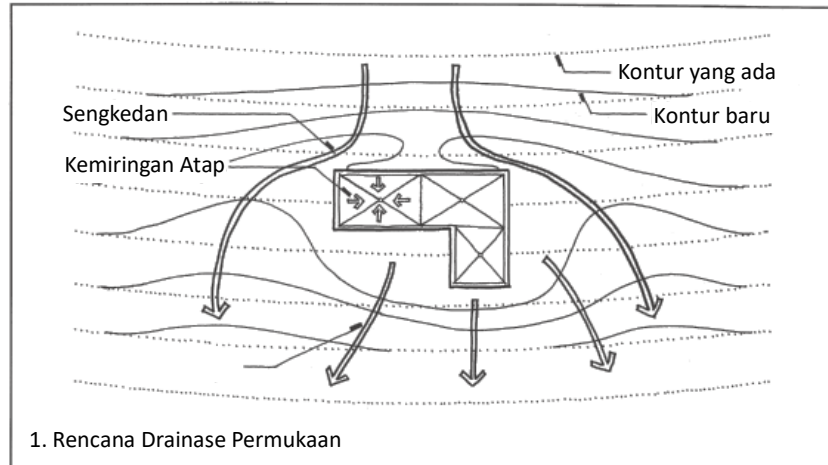
terbawa oleh membran dan saluran pembuangan atap. Ruang antara membran atap dan kisi terbuka ke udara dan cukup tinggi untuk pemeriksaan dan pemeliharaan, serta aliran udara bebas.

Drainase Pondasi

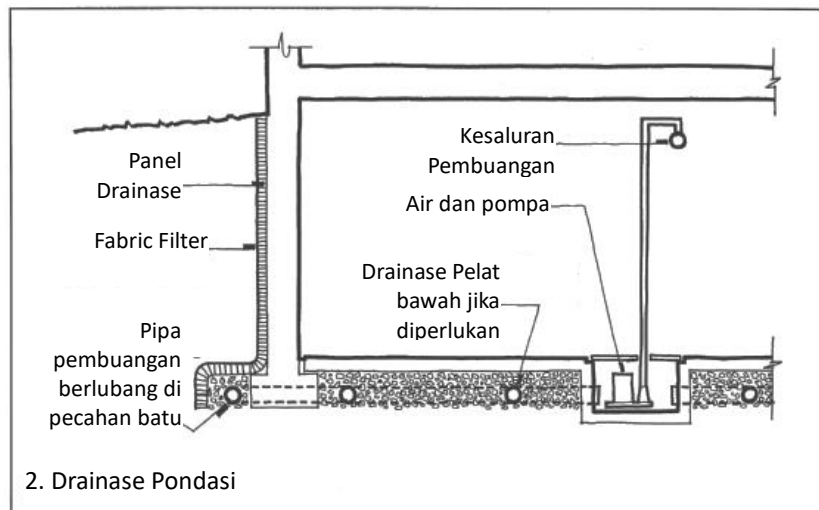
Ruang bawah tanah cenderung bocor. Air hampir selalu ada di tanah di sekitarnya. Selalu ada lubang di dinding ruang bawah tanah: Dinding pondasi beton dan batu bata penuh dengan retakan, pori-pori, dan penetrasi saluran utilitas, dan sambungan antara pelat lantai ruang bawah tanah dan dinding pondasi sulit dibuat kedap air. Juga ada gaya kuat untuk memindahkan air melalui lubang, terutama tekanan hidrostatik.

Membuang air dari tanah di sekitar ruang bawah tanah dengan drainase pondasi adalah cara paling pasti untuk mencegah kebocoran ruang bawah tanah. Drainase pondasi memiliki manfaat tambahan untuk mengurangi atau menghilangkan tekanan air yang cenderung meruntuhkan dinding ruang bawah tanah. Prinsip-prinsip ini juga berlaku untuk bangunan tanpa ruang bawah tanah karena air tanah juga dapat merusak pelat di permukaan tanah dan sistem pondasi ruang bawah tanah.

1. Lereng dan cekungan adalah garis pertahanan pertama terhadap air di sekitar ruang bawah tanah. Lereng dan cekungan menyediakan sistem sederhana permukaan miring (lihat Wash, sebelumnya dalam bab ini) dari tanah atau paving yang mendorong air permukaan mengalir menjauh dari ruang bawah tanah daripada ke arahnya. Gradien 2 hingga 10 persen direkomendasikan untuk jarak setidaknya 6 kaki (1,83 m) dari rumah. Bagian lain dari garis pertahanan pertama adalah sistem drainase atap, baik talang air keliling atau saluran air atap internal, yang menjaga air atap menjauh dari fondasi dan ruang bawah tanah.



2. Garis pertahanan kedua terhadap air di sekitar ruang bawah tanah terdiri dari pipa pembuangan berlubang yang diletakkan di bahan berpori di dasar dinding ruang bawah tanah. Terkadang di lokasi yang sangat basah, pipa pembuangan juga diletakkan di bawah pelat lantai. Bahan berpori yang menempel pada dinding dapat berupa batu pecah (dengan ukuran partikel seragam, untuk porositas maksimum) dan/atau panel atau alas tebal dari bahan sintesis yang berisi saluran internal besar untuk air. Ketika air bergerak melalui tanah menuju dinding ruang bawah tanah, air pertama-tama mencapai lapisan berpori, di mana gravitasi menariknya dengan cepat ke bawah.



Saat air terkumpul di dasar dinding, air tersebut masuk ke pipa pembuangan terbuka dan mengalir karena gravitasi baik ke saluran keluar di lereng bangunan atau ke bak penampung di lantai dasar, yang kemudian dikeluarkan oleh pompa otomatis. Pipa pembuangan memiliki serangkaian lubang atau celah di dalamnya agar air dapat masuk. Fungsi pipa adalah untuk menyediakan jalur lateral yang tidak terhalang bagi air melalui batu pecah.

Asalkan pipa ditempatkan lebih rendah dari pelat dasar yang dilindunginya, tidak ada bedanya apakah lubang menghadap ke atas, ke bawah, atau ke samping, kecuali lubang yang menghadap ke bawah memungkinkan air masuk ke pipa pada ketinggian yang lebih rendah daripada orientasi lainnya. Partikel tanah halus dapat terbawa ke lapisan drainase oleh air yang

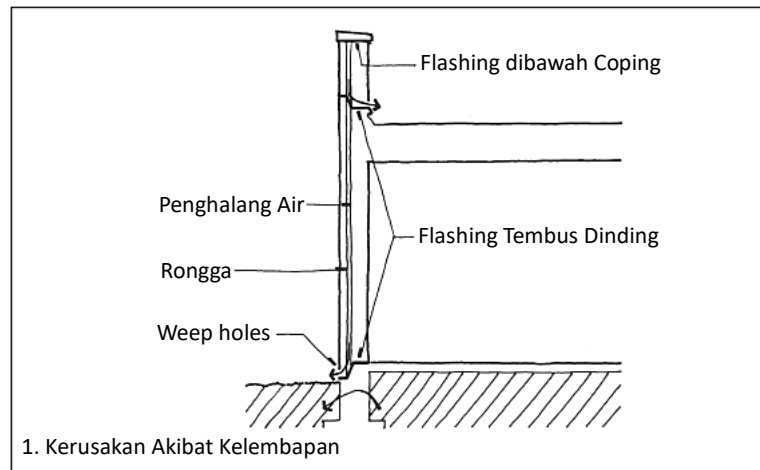
meresap melalui tanah. Akhirnya, partikel ini dapat menyumbat pori-pori bahan drainase. Untuk mencegah hal ini, sebaiknya sediakan kain penyaring sintetis di antara bahan drainase dan tanah. Kain tersebut memungkinkan air mengalir dengan bebas, sambil menyaring partikel tanah.

Penghalang Kelembapan

Banyak bahan bangunan eksterior tidak sepenuhnya kedap air. Ketika air bersentuhan dengan bahan eksterior yang permeabel, seperti kayu, beton, plesteran, dan pemasangan bata, sebagian kelembapan dapat berpindah ke dalam bahan dan dapat terus bergerak melalui rakitan, menggunakan bahan berpori sebagai jalurnya. Kelembapan dapat dicegah agar tidak bergerak melalui rakitan dengan menggunakan rongga, penghalang kedap air, atau keduanya. Rongga hanyalah rongga yang menyela jalur melalui satu atau lebih bahan berpori. Kelembapan yang mencapai rongga dapat menguap atau dapat mengalir ke dalam rongga dan diarahkan melalui celah tembus ke bagian luar.

1. Rongga sering digunakan dalam rakitan vertikal, seperti di balik batu atau pelapis pasangan bata. Hanya ikatan logam yang menjembatani rongga, dan ikatan tersebut tidak membahayakan penghalang kelembapan, karena ikatan tersebut tidak permeabel terhadap air. Penghalang air yang andal dan berkelanjutan diterapkan pada permukaan bagian dalam rongga. Di bagian bawah semua rongga, penghalang kedap air dapat dibuat menggunakan bahan pelapis yang tahan lama, seperti lembaran logam yang kompatibel atau pelapis sintetis yang fleksibel.

Di bagian dasar dinding, air tanah dicegah agar tidak bermigrasi melalui material pondasi beton dan pasangan bata, suatu proses yang disebut "rising damp," oleh lapisan pelapis tembus dinding yang kontinu. Lapisan pelapis ini dipasang di dekat elevasi



permukaan akhir, tempat pondasi bertemu dengan bangunan atas. Sebagian presipitasi yang jatuh pada lapisan penutup bangunan ini dapat masuk ke dalam rakitan, baik melalui material lapisan penutup maupun melalui sambungannya. Lapisan pelapis tembus dinding dipasang di bawah lapisan penutup untuk mengisolasi kelembapannya dari dinding di bawahnya.

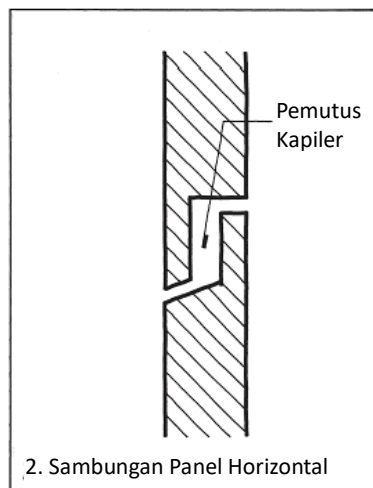
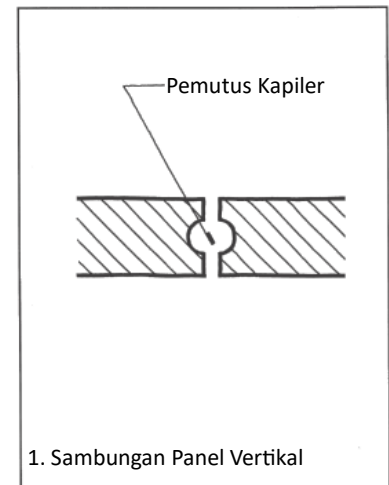
Material tembok pembatas di bawah lapisan penutup juga dapat menjadi basah, dan kondensasi dapat terjadi di bagian atas rongga dinding saat suhu turun di bawah titik embun. Flashing tembus dinding juga dipasang di dekat dasar tembok pembatas untuk mencegah masuknya uap air dari sumber-sumber ini ke bagian bawah dinding atau

rakitan atap. Flashing tembus dinding di dasar rongga juga memerlukan weeps, tetapi ini tidak diperlukan jika flashing tembus dinding tidak terletak di bawah rongga. Flashing tembus dinding meningkatkan ketahanan terhadap intrusi uap air, tetapi dapat membahayakan integritas struktural dinding, jadi konsultasi dengan insinyur struktur sangat disarankan.

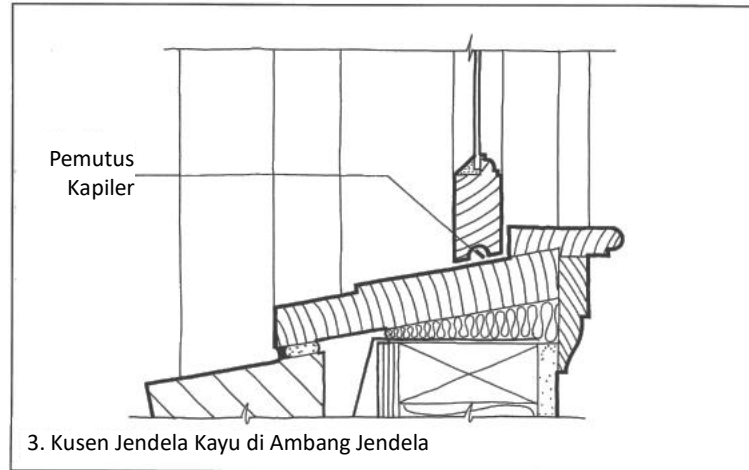
Pemutus Kapiler

Air dapat menarik dirinya sendiri melalui aksi kapiler melintasi dan bahkan ke atas melalui celah sempit, tetapi tidak yang lebar. Untuk mencegah masuknya air melalui kapiler, kami membuat pemutus kapiler dengan memperbesar celah di bagian dalam hingga dimensi yang cukup besar sehingga setetes air tidak dapat melewatinya, setidaknya $\frac{1}{4}$ in. (6 mm).

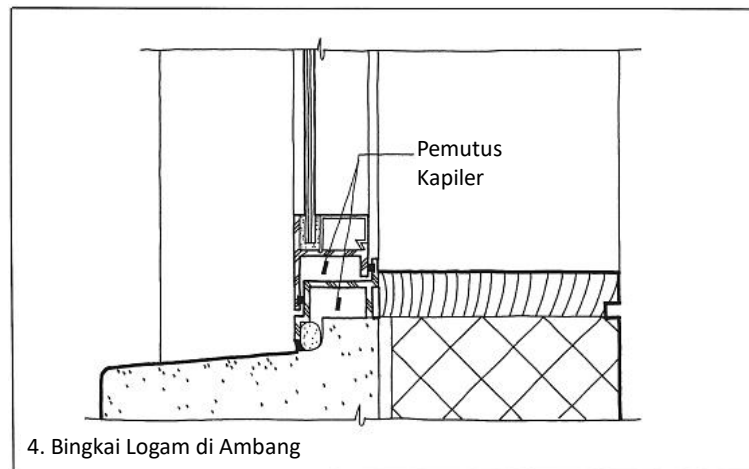
1. Gambar ini menunjukkan tepi vertikal antara dua panel pelapis eksterior yang ingin kami tempatkan hanya dengan jarak $\frac{1}{8}$ in. (3 mm). Jika tepi ini basah, air akan ditarik ke dalam bukaan sempit oleh aksi kapiler. Namun, saat air mencapai pemutus kapiler, air tidak akan dapat melewatinya, dan air tidak akan mengalir lebih jauh ke bagian dalam bangunan kecuali didorong oleh gaya angin.
2. Pada sambungan horizontal antara panel dinding ini, pemutus kapiler dibuat dengan memperbesar dimensi sambungan labirin yang jelas di bagian tengah panel.



3. Detail tradisional ambang jendela kayu menunjukkan adanya retakan kapiler yang dibuat dengan menggiling alur di tepi bawah bingkai jendela.

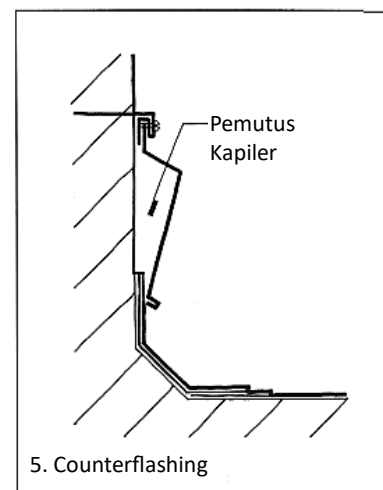


4. Terdapat dua celah kapiler pada detail jendela aluminium ini: satu di antara bingkai jendela dan rangka jendela, dan satu lagi di antara rangka aluminium dan ambang jendela batu.



5. Counterflashing parapet dapat menarik air melalui aksi kapiler melalui celah sempit di antara dirinya dan tepi terbalik membran atap di bawahnya. Kemungkinan ini dapat dihindari dengan menekuk flashing lembaran logam sehingga menciptakan celah kapiler.

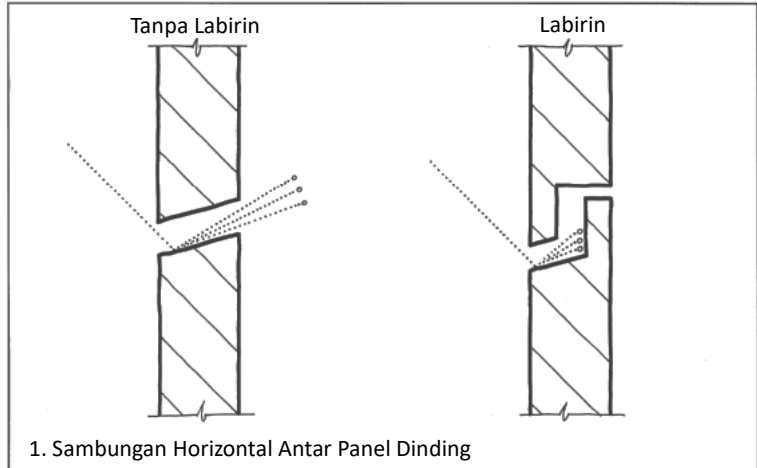
Celah kapiler hanya berfungsi untuk menetralkan aksi kapiler sebagai gaya yang dapat menggerakkan air melalui rakitan bangunan. Ini adalah komponen yang andal dan berguna dari keseluruhan strategi untuk membuat rakitan kedap air, tetapi tidak mampu menahan penetrasi air yang disebabkan oleh gravitasi, momentum, atau angin.



Labirin

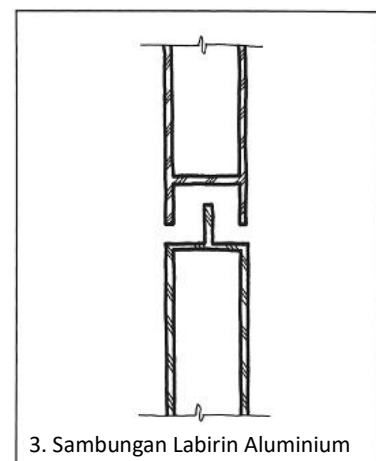
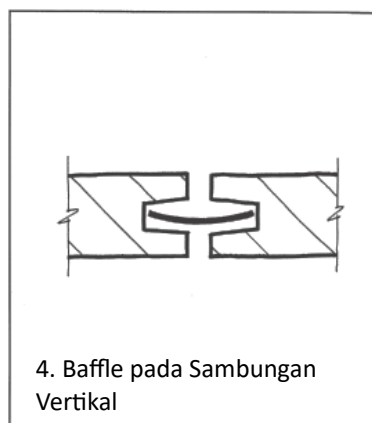
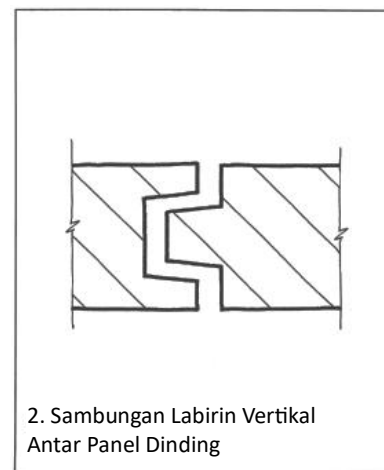
Jika sambungan dirancang sedemikian rupa sehingga tidak ada garis lurus yang dapat melewatinya tanpa menabrak material padat, maka tetesan air hujan atau kepingan salju tidak dapat melewati sambungan tersebut dengan momentumnya sendiri.

1. Tetesan air hujan atau kepingan salju yang tertiuip angin memiliki momentum yang dapat menggerakannya melalui celah di dinding bangunan. Tetesan air hujan yang mengenai sambungan horizontal terbuka antara dua panel dinding batu atau beton pracetak, misalnya, akan memercikkan air melalui sambungan tersebut ke bagian dalam bangunan,

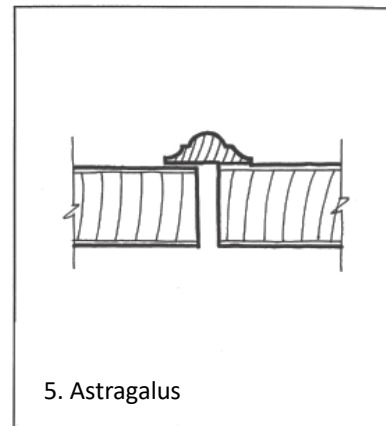


kecuali sambungan tersebut dikonfigurasi sebagai labirin sederhana.

2. Ini adalah desain labirin untuk sambungan vertikal pada panel komposit busa berlapis logam.
3. Labirin juga dapat dibuat dari aluminium ekstrusi atau logam lainnya.
4. Penghalang logam atau plastik kaku ini merupakan pendekatan lain untuk merancang sambungan labirin vertikal. Penghalang ini dimaksudkan hanya untuk menghalangi air yang didorong oleh momentum, sehingga pas dengan alurnya. Pada sambungan jenis ini, tepi panel tidak serapuh pada beberapa jenis sambungan labirin lainnya, dan tidak ada tepi panel kiri dan kanan yang perlu diperhatikan kedua tepi vertikal setiap panel sama.



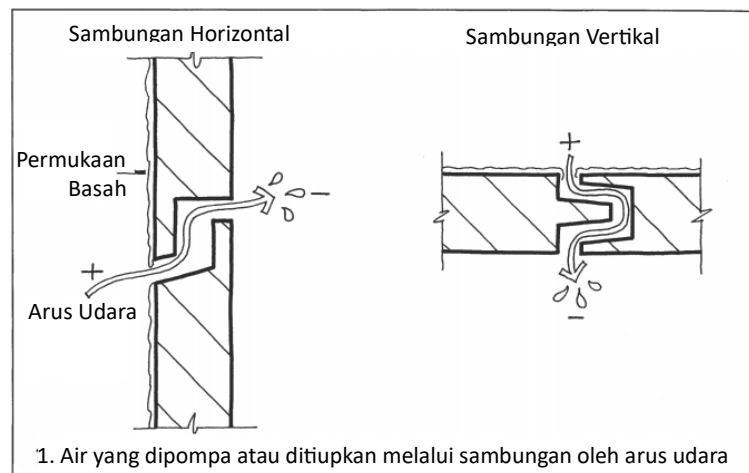
5. Astragalus adalah desain labirin tradisional yang digunakan untuk mencegah tetesan air tertiuap melalui celah vertikal di antara sepasang pintu ayun. Labirin adalah bagian yang sangat berguna dari keseluruhan strategi untuk mencegah air masuk ke dalam bangunan, tetapi tidak cukup untuk mencegah masuknya air yang tertiuap angin atau salju; labirin harus dikombinasikan dengan penghalang udara dan ruang pemerataan tekanan (lihat bagian berikut).



Perakitan Rainscreen dan Penyetaraan Tekanan

Detail yang menghalangi aliran udara melewati sambungan akan menahan air yang didorong melalui sambungan oleh perbedaan tekanan udara. Karena alasan yang sama bahwa Anda tidak dapat meniupkan banyak udara ke dalam botol minuman ringan yang kosong, angin dan air tidak dapat dengan mudah masuk ke sambungan yang dibuat dengan cara ini.

1. Dengan menggunakan kombinasi wash, labirin, capillary break, dan overhang and drip, kita dapat merancang sambungan dinding atau jendela dengan perawatan rendah yang akan menahan masuknya air yang didorong oleh gaya gravitasi, momentum, aksi kapiler, dan tegangan permukaan. Namun, jika sambungan ini basah, dan jika aliran udara mengalir dari luar ke dalam, aliran udara dapat meniup atau memompa air dan uap melalui sambungan. Jika dilihat dari sudut pandang lain, aliran aliran udara menunjukkan bahwa tekanan udara di luar sambungan lebih tinggi daripada tekanan udara di dalam. Perbedaan tekanan ini merupakan energi potensial yang dapat memindahkan air dari luar ke dalam. Perbedaan tekanan seperti itu ada pada setiap bangunan yang terpapar angin, itulah sebabnya sebagian besar kebocoran air pada kulit bangunan terjadi pada cuaca berangin dan hujan.



2. Arus udara dapat memaksa air melewati sambungan yang berkeluk-luk, sehingga

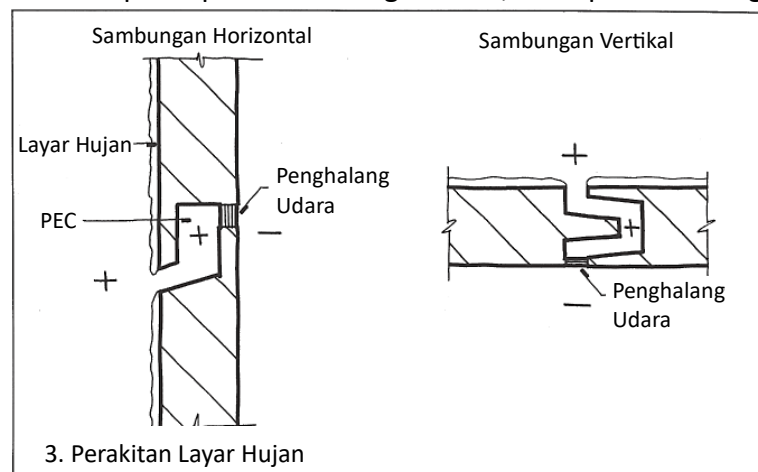
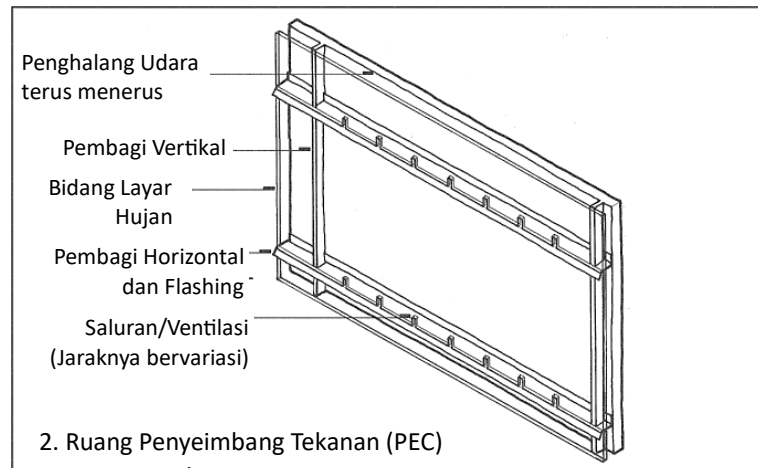
penghalang udara digunakan di belakang layar hujan luar untuk membatasi penetrasi angin badai sekalipun. Panel dinding itu sendiri disebut sebagai layar hujan, yang berarti bahwa panel tersebut berfungsi untuk menyaring air hujan kecuali pada sambungan. Layar hujan juga membelokkan gaya kinetik hujan yang didorong angin, dan mengurangi tekanan udara di rongga dengan mengurangi kecepatan angin.

Dalam proyek-proyek di mana curah hujan yang didorong angin menjadi

perhatian yang lebih besar, ruang pemerataan tekanan (PEC) dapat dibuat. PEC adalah wadah udara yang dipertahankan pada tekanan yang sama dengan udara di luar dinding, melalui gerakan udara kecil masuk dan keluar dari ventilasi PEC. Semakin kecil volume udara di dalam ruangan, semakin cepat tekanan udara di dalam ruangan menyamakan tekanan udara dari angin luar. Dengan menyamakan tekanan udara dengan cepat, lebih sedikit air yang terdorong oleh angin ke dalam rakitan. Strategi menyamakan tekanan dapat diterapkan pada sambungan kecil, dan pada dinding secara keseluruhan. Seluruh rakitan layar hujan, penghalang udara, dan PEC dikenal sebagai rakitan layar hujan, dan prinsip kerjanya dikenal sebagai prinsip layar hujan.

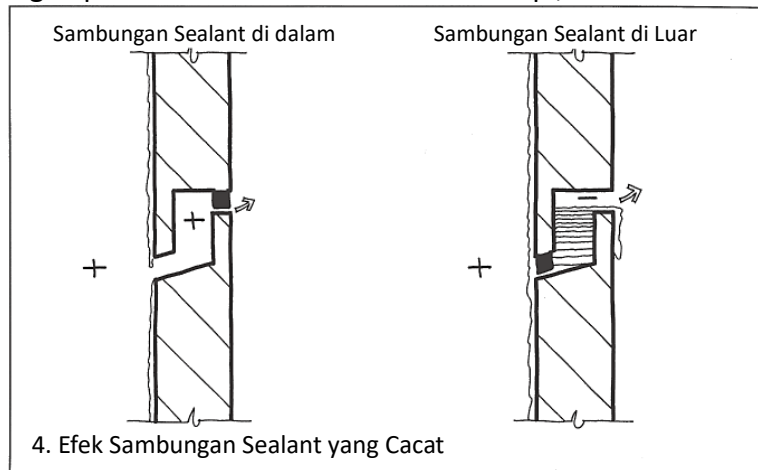
3. Ini adalah pasangan detail yang sama seperti pada gambar pertama, dengan

tambahan manik sealant di sepanjang tepi bagian dalam sambungan. Untuk sementara, kita akan berasumsi bahwa sealant benar-benar kedap udara. Sekarang udara dapat masuk dan keluar dari sambungan, tetapi tidak dapat lagi melewatinya. Jika hembusan angin tiba-tiba meningkatkan tekanan di bagian luar dinding, udara akan dipaksa masuk ke bagian dalam sambungan yang terbuka oleh tekanan eksternal yang meningkat. Namun, setelah hanya sedikit udara yang masuk ke dalam sambungan, tekanan udara di dalam sambungan akan sama dengan tekanan udara di luar, dan pergerakan udara akan berhenti. Karena kedua tekanan udara tersebut sama,



tidak ada energi yang tersedia untuk memompa air, sehingga air tidak akan menembus melewati sambungan. Material yang tahan lembap (lihat Rakitan Kuat, Bab 10) harus digunakan untuk membuat sambungan. Sambungan sealant dalam detail ini tidak akan pernah basah; sambungan ini hanya berfungsi sebagai penghalang udara. Jeda kapiler besar di dalam sambungan kini memiliki fungsi kedua: Sambungan ini juga berfungsi sebagai ruang pemerataan tekanan.

4. Mari kita lihat sekali lagi pada sambungan yang sama, tetapi kali ini mari kita asumsikan bahwa ada cacat pada sealant. Mungkin sealant tidak pernah menempel dengan benar pada salah satu panel, atau mungkin sealant sudah tua dan retak, sehingga menciptakan lubang kecil yang dapat dilalui udara atau air. Akan tetapi, kecuali sealant terlepas sepenuhnya dari sambungan, sealant akan mencegah sebagian besar udara masuk, dan sedikit udara yang berhasil masuk tidak akan cukup untuk mengganggu tindakan penyeimbang tekanan otomatis yang mencegah pemompaan air melalui sambungan.

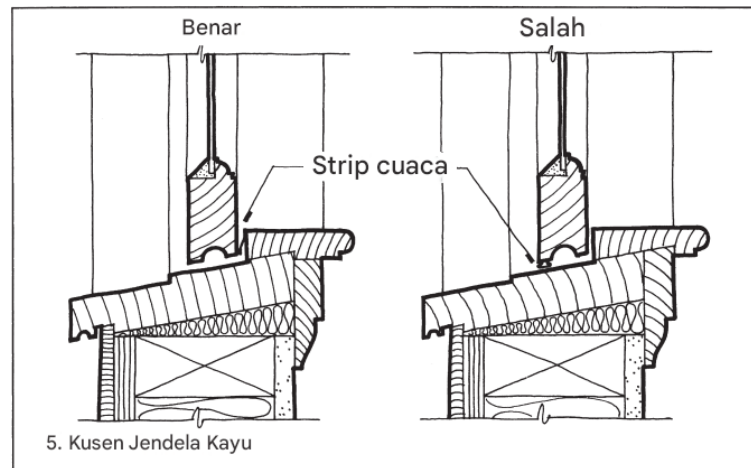


Sebagai aturan praktis, jika total area kebocoran pada penghalang udara tidak lebih besar dari sepersepuluh dari total area bukaan yang dilindungi penghalang udara, kebocoran tidak mungkin terjadi.

Bandingkan ini dengan pemasangan sealant yang cacat di bagian luar sambungan yang sama, bukan di bagian dalam. Sealant akan terendam air selama hujan badai, dan air akan dipaksa masuk melalui cacat tersebut bahkan oleh perbedaan kecil dalam tekanan udara antara bagian dalam dan luar. Ini menunjukkan bahwa bagian luar sambungan bukanlah tempat yang tepat untuk memasang penghalang udara, karena pada posisi ini penghalang udara hanya berfungsi jika sempurna. Lokasi yang tepat untuk penghalang udara adalah di bagian dalam sambungan, yang selalu kering dan lubang kecil, retakan, atau cacat lainnya tidak akan mengganggu fungsinya.

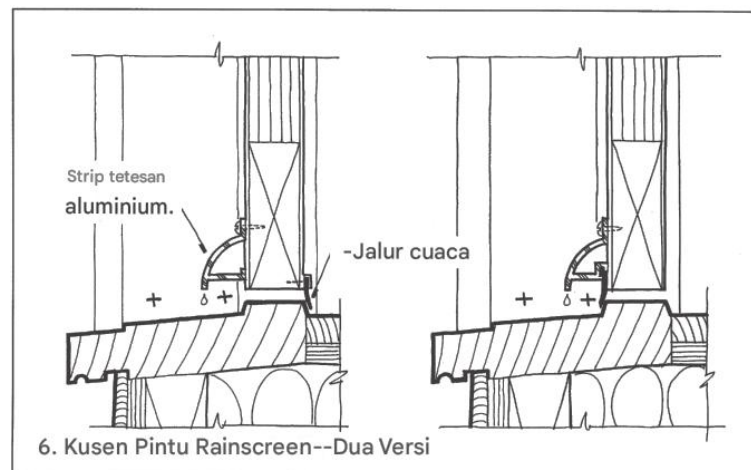
5. Ini adalah ambang jendela kayu biasa. Detail di sebelah kiri menggabungkan semua prinsip yang telah kita identifikasi sejauh ini untuk mencegah air masuk: Ada celah pada ambang jendela untuk mencegah air masuk karena gravitasi, dan tonjolan dan tetesan di bawahnya untuk mencegah air masuk karena tegangan permukaan. Retakan berbentuk L antara bingkai jendela dan ambang jendela adalah labirin yang menghilangkan momentum sebagai gaya yang dapat memindahkan air melalui unit jendela. Alur di bagian bawah bingkai jendela adalah retakan kapiler. Dengan penambahan weatherstrip yang cukup kedap udara di ujung dalam retakan, alur

tersebut juga menjadi ruang pemerataan tekanan (PEC), dan gaya angin dinetralkan. Detail ini merupakan strategi lengkap untuk mencegah air masuk—detail layar hujan yang sebenarnya.



Detail di sebelah kanan berbeda dari yang di sebelah kiri hanya pada lokasi weatherstrip. Jika weatherstrip dalam contoh ini mengalami kebocoran kecil, air dapat dipaksa masuk melaluinya selama hujan badai yang disebabkan angin dan dapat dengan mudah dipompa ke bangku jendela di dalam.

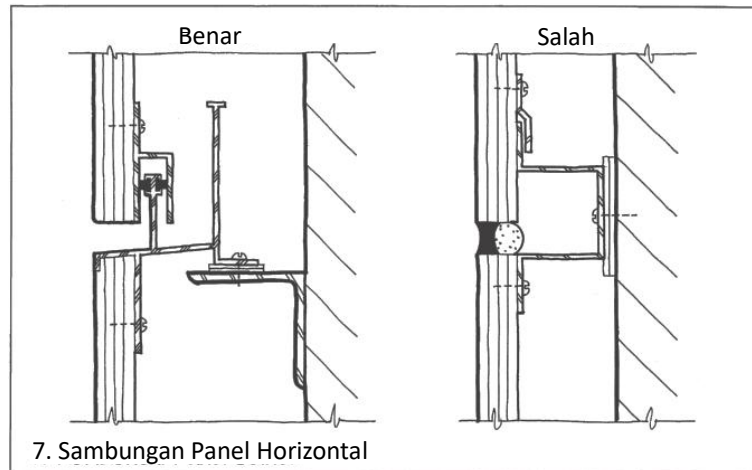
6. Di sebelah kiri terdapat ambang pintu yang merupakan strategi layar hujan lengkap untuk mencegah penetrasi air. PEC adalah ruang di bawah strip tetes aluminium. Penghalang udara adalah weatherstrip di bagian dalam pintu (bisa juga di dalam celah). Layar hujan adalah pintu itu sendiri.



Detail ambang di sebelah kanan menunjukkan jenis strip tetes yang tersedia yang menggabungkan weatherstrip karet sintetis. Weatherstrip ditempatkan tepat di bagian dalam PEC dan akan tetap kering dan efektif di lokasi ini. Jika ditempatkan, sebaliknya, di tepi luar strip tetes, seluruh detail tidak akan dapat diandalkan.

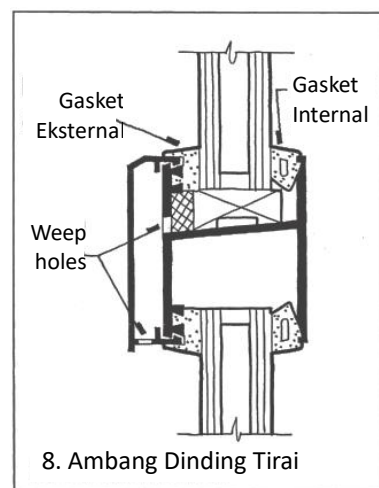
7. Detail sebelah kiri merupakan sambungan horizontal antara dua panel logam komposit dari sistem dinding gorden. Ini termasuk pencuci, labirin, dan tetesan internal.

Penghalang udara disediakan oleh dua gasket karet sintetis yang dimasukkan ke dalam saluran aluminium sempit tepat di belakang panel logam. Ini adalah detail pelindung hujan sederhana. Bahkan jika gasket tidak tertutup rapat, detail ini tidak akan bocor.



Detail di sebelah kanan bukanlah detail layar hujan. Detail ini sepenuhnya bergantung pada integritas sambungan sealant. Detail ini jauh lebih sederhana dan lebih murah untuk dipasang, tetapi tidak dapat diandalkan, karena cacat apa pun pada sealant akan menyebabkan kebocoran air. Sambungan sealant dua tahap yang telah disempurnakan, yang menciptakan PEC di ruang kecil di antara kedua sealant, ditunjukkan dalam Sambungan dan Gasket Sealant, di bagian akhir bab ini.

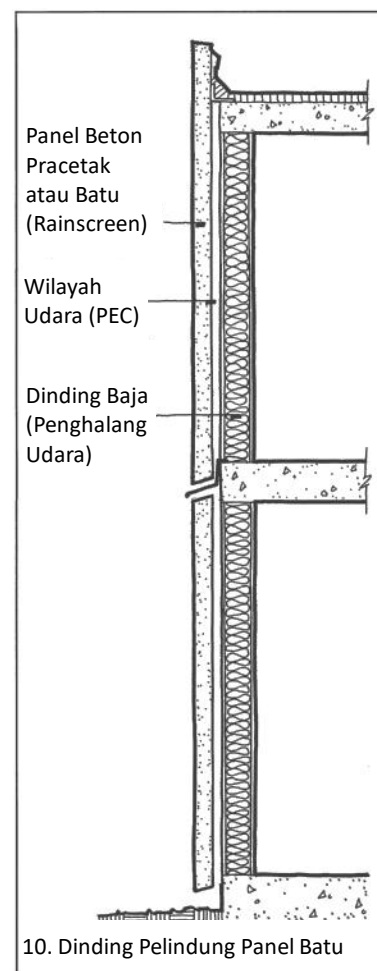
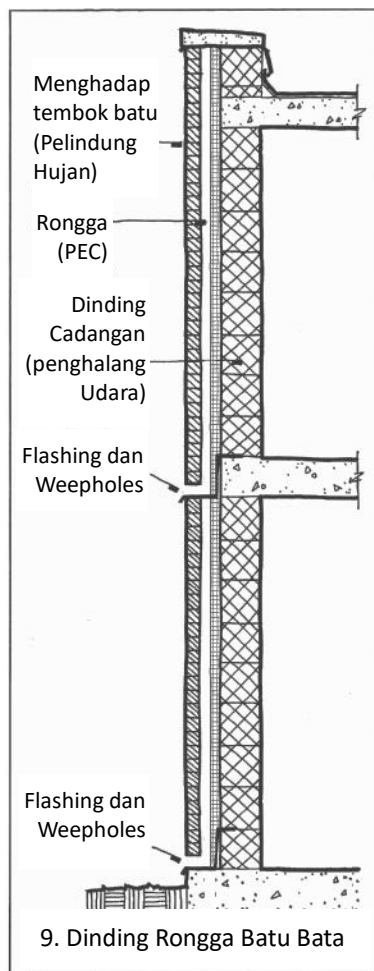
8. Ini adalah detail ambang dari sistem dinding gordena aluminium dan kaca. Detail ini memiliki gasket karet sintetis yang terletak di bagian luar kaca. Jika gasket sedikit rusak, air akan melewatinya dan masuk ke saluran aluminium interior di bawah kaca. Namun, produsen sistem dinding telah mengantisipasi kemungkinan ini, dan telah menyediakan lubang rembesan yang akan memungkinkan kebocoran mengalir kembali ke luar ruangan. Lebih jauh lagi, ada juga gasket pada sisi dalam kaca yang berfungsi sebagai penghalang udara, mencegah air dipompa lebih jauh ke bagian dalam bangunan. Dengan kata lain, jika gasket eksternal bocor, detail ini berfungsi sebagai detail penghalang hujan. Dalam detail seperti ini, gasket eksternal disebut "segel pencegah," karena perannya hanya untuk menghalangi masuknya air sebanyak mungkin, dan tidak berfungsi sebagai segel sempurna terhadap semua penetrasi air. Gasket internal disebut "segel udara" untuk menunjukkan bahwa ia berfungsi sebagai penghalang udara dalam detail penghalang hujan.



9. Dinding rongga batu bata tradisional adalah penghalang hujan. Lengkungan luar batu bata

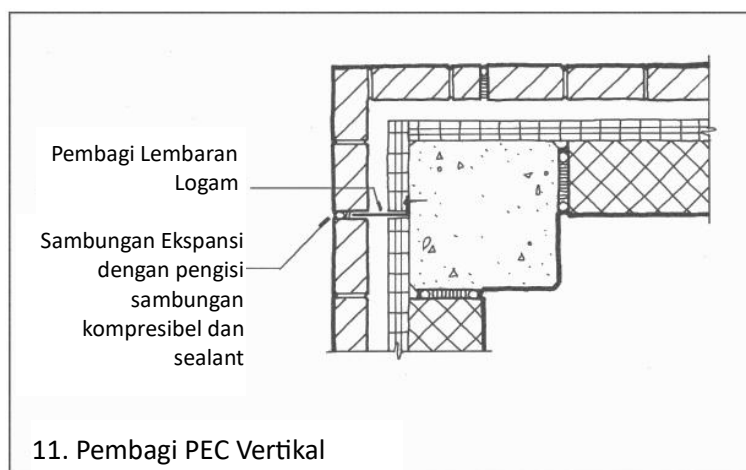
adalah penghalang hujan. Rongga adalah ruang pemerataan tekanan, jika dibagi-bagi. Lengkungan dalam batu bata yang disegel adalah penghalang udara, dan lubang-lubang tangis tidak hanya menyediakan drainase tetapi juga aliran udara untuk menyamakan tekanan udara antara rongga dan bagian luar.

10. Gambar ini merupakan adaptasi dari desain dinding rongga penahan hujan pada bangunan yang berhadapan dengan panel batu potong atau beton pracetak setinggi lantai. Dinding penahan udara terdiri dari tiang baja, selubung, dan insulasi kaku, dilapisi dengan lapisan aspal damar wangi karet agar kedap udara dan kedap air. Saat melihat dua desain penahan hujan terakhir ini dengan PEC besar, kita dapat membuat tiga pengamatan yang penting untuk diingat oleh detailer.



Kedua, tekanan angin sangat bervariasi di seluruh permukaan bangunan. Pada bangunan tinggi yang berdiri sendiri, tekanan jauh lebih tinggi di lantai atas bangunan daripada di lantai bawah, dan tekanan di dekat tepi fasad jauh berbeda dari tekanan di bagian tengah. Sering kali, beberapa area dinding mengalami isapan alih-alih tekanan positif karena aerodinamika bangunan. Bangunan di lingkungan perkotaan sering kali memiliki gradien tekanan yang sangat bervariasi di dekat bangunan yang bersebelahan.

Karena itu, penting untuk membagi fasad bangunan menjadi beberapa kompartemen. Kompartemen mungkin lebih besar di bagian tengah fasad, tetapi harus relatif kecil di tepi bangunan dan tembok pembatas. Tekanan udara di kompartemen yang lebih kecil lebih cepat menyamakan tekanan udara luar, sehingga mengurangi volume udara dan air yang masuk. Kompartemen terbesar mungkin setinggi dua lantai dan lebar satu rongga struktural. Gambar 11 mengilustrasikan pembagi PEC vertikal yang terbuat dari lembaran logam yang secara ekonomis dipasang ke dalam sambungan ekspansi vertikal di dekat sudut bangunan.



Jika ruang di belakang layar hujan tidak terbagi, maka tekanan udara berkurang tetapi tidak disamakan. Udara dapat mengalir dari satu bagian fasad bangunan ke bagian lain di dalam ruang dan menyebabkan perbedaan tekanan lokal yang dapat mengakibatkan kebocoran air. Pemisah antara kompartemen tidak perlu benar-benar kedap udara, tetapi harus dirancang untuk menghentikan sebagian besar aliran udara. Pemisah dapat dibuat dari pasangan bata, lembaran logam, busa yang dapat dimampatkan, atau bahan lain yang sesuai dengan sistem konstruksi dinding.

Ketiga, setiap ruang pemerataan tekanan, baik kecil maupun besar, harus dikeringkan dan disapu ke luar untuk membuang air yang mungkin masuk tanpa membahayakan (lihat Drain and Weep, sebelumnya dalam bab ini). Pendekatan layar hujan tidak dapat diterapkan pada dinding padat karena dinding padat, menurut definisinya, tidak dapat menampung ruang pemerataan tekanan. Pasangan bata padat atau dinding eksterior beton dianggap sebagai "dinding penghalang" yang tertutup rapat, yang berarti dinding tersebut sangat tebal dan dibangun dengan sangat baik sehingga tidak mungkin bocor. Namun, pendekatan dinding penghalang ini jauh dari kata sempurna, karena satu retakan saja dapat menyebabkan air masuk ke dalam bangunan.

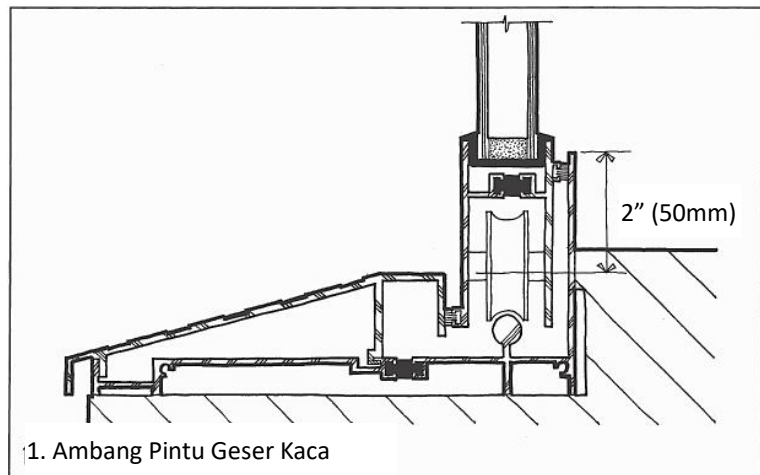
Upstand

Upstand hanyalah sebuah bendungan. Prinsip upstand adalah bahwa tekanan angin dapat mendorong air ke atas bukit hanya hingga ketinggian di mana tekanan hidrostatik air yang tertahan oleh bendungan sama dengan tekanan yang diberikan oleh angin. Kami menggunakan upstand dalam perincian ketika tidak praktis untuk menyediakan penghalang udara yang andal guna mencegah air didorong melalui celah horizontal oleh perbedaan tekanan udara. Ini dapat terjadi dalam situasi di mana akses pemasangan ke lokasi yang tepat untuk penghalang udara terhalang oleh balok spandrel atau kolom.

Ini dapat terjadi di ambang pintu atau jendela saat paking atau weatherstrip menua, aus, dan mulai membocorkan sejumlah besar udara. Upstand mengurangi tekanan yang mungkin memaksa air melewati weatherstrip yang tidak sempurna. Terkadang kami hanya ingin memastikan bahwa detail tidak akan bocor. Dalam semua kasus ini, upstand sederhana dapat berfungsi untuk mencegah tekanan angin mendorong air melalui sambungan horizontal, bahkan jika sambungan tersebut benar-benar tidak tertutup rapat untuk mencegah kebocoran udara.

Ketinggian upstand yang diperlukan ditentukan oleh tekanan angin maksimum yang diharapkan. Untuk menemukan tekanan angin, temukan kecepatan angin desain untuk lokasi bangunan dalam kode bangunan yang sesuai. (Perhatikan bahwa konfigurasi bangunan dan lokasi dapat menciptakan kecepatan angin lokal yang melebihi beban angin umum yang dinyatakan dalam kode bangunan). Kemudian tentukan ketinggian upstand yang diperlukan sesuai dengan tabel terlampir, dengan melakukan interpolasi seperlunya.

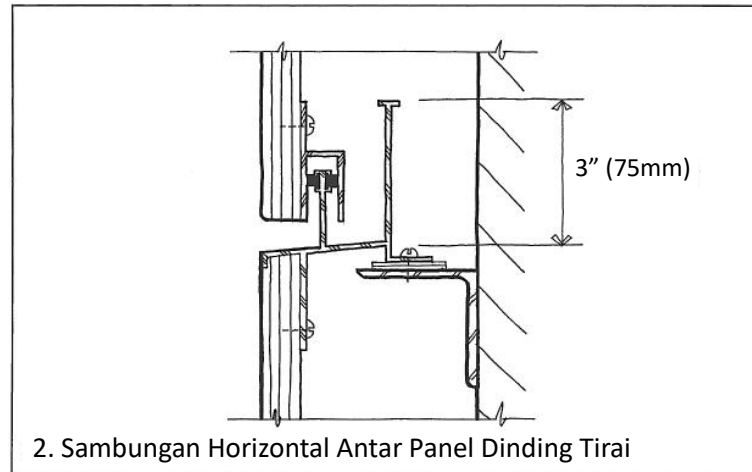
1. Seorang produsen pintu kaca geser menyadari bahwa jika weatherstrip interior menjadi cukup usang karena penggunaan bertahun-tahun, aksi rainscreen dari detail ambang pintu mungkin tidak berfungsi. Upstand 2 in. (51 mm) di sisi interior pintu menawarkan tingkat perlindungan cadangan dengan mencegah kebocoran hingga tekanan angin maksimum 10 psf (480 Pa), setara dengan angin 60-mph (100 km/jam). Dudukan yang lebih tinggi akan menawarkan perlindungan lebih baik terhadap kebocoran, tetapi keuntungan ini harus diimbangi dengan meningkatnya bahaya tersandung akibat ambang yang lebih tinggi.



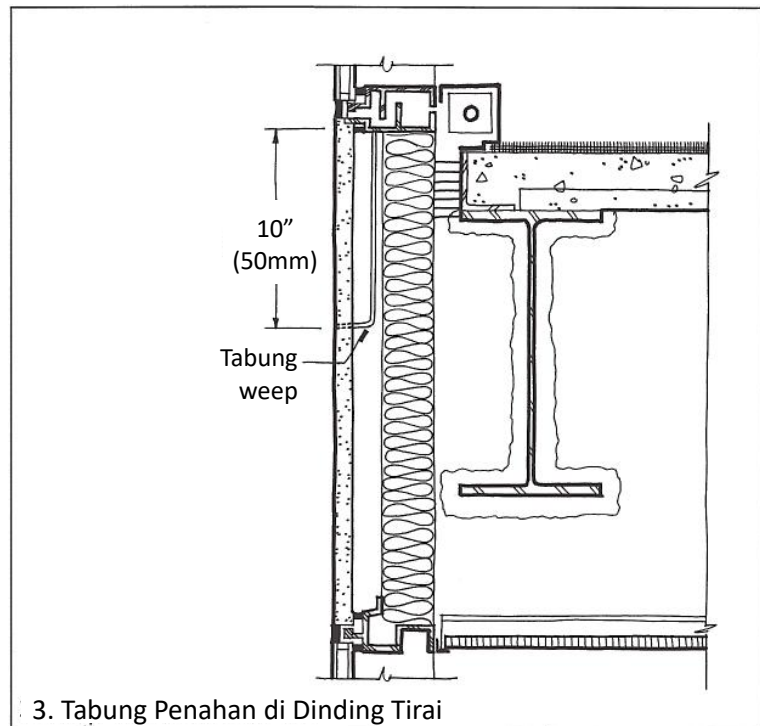
Tabel 1.1 Tinggi Minimum Upstand

Perkiraan Kecepatan Angin	Tekanan Angin	Tinggi Tegak
45 mph (70 km/jam)	5 psf (240 Pa)	1" (25 mm)
60 mph (100 km/jam)	10 psf (480 Pa)	2" (51 mm)
90 mph (145 km/jam)	20 psf (960 Pa)	4" (102 mm)
110 mph (175 km/jam)	30 psf (1.440 Pa)	6" (152 mm)
125 mph (200 km/jam)	40 psf (1.920 Pa)	8" (203 mm)
140 mph (225 km/jam)	50 psf (2.400 Pa)	10" (254 mm)

2. Sambungan horizontal antara panel dinding gorden logam ini memiliki penyangga setinggi 3 in. (75 mm), yang memberikan perlindungan terhadap penetrasi air pada tekanan angin setinggi 15 psf (720 Pa), bahkan jika paking tidak sengaja tertinggal selama pemasangan.



3. Agar benar-benar aman terhadap air yang dipompa kembali melalui lubang rembesan oleh tekanan angin, lubang tersebut dapat dikeringkan melalui tabung rembesan vertikal yang keluar dari dinding pada jarak di bawah titik yang dikeringkan. Jika terdapat jarak vertikal 10 in. (254 mm) antara saluran masuk dan saluran keluar tabung rembesan, misalnya, diperlukan angin sekitar 140 mph (225 km/jam) untuk memompa air ke atas dan ke dalam bangunan melalui tabung. Ini adalah prinsip penyangga yang diterapkan dengan cara yang sedikit berbeda, menggunakan tabel yang sama untuk menyamakan tinggi air dengan tekanan udara. Diameter tabung harus setidaknya 3/8 in. (9,5 mm) untuk drainase yang baik; ini juga cukup besar untuk mencegah masuknya air secara kapiler.



Saat membuat detail upstand, ingatlah bahwa ujungnya harus dibendung dengan hati-hati pada sambungan vertikal, atau air akan mengalir keluar dari ujungnya dan menjadi kebocoran yang tidak diinginkan. Pada detail pelapis aluminium, bendungan ujung sering kali berupa sumbat yang dicetak dari karet sintesis.

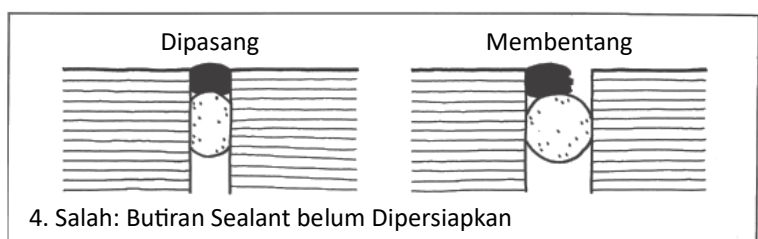
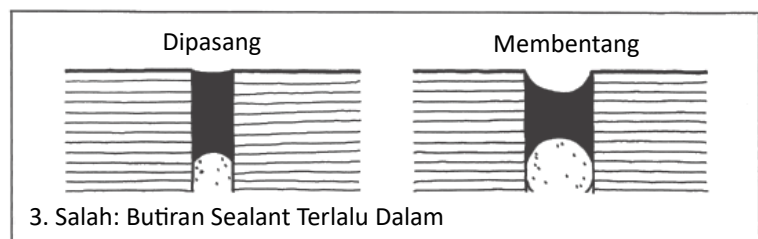
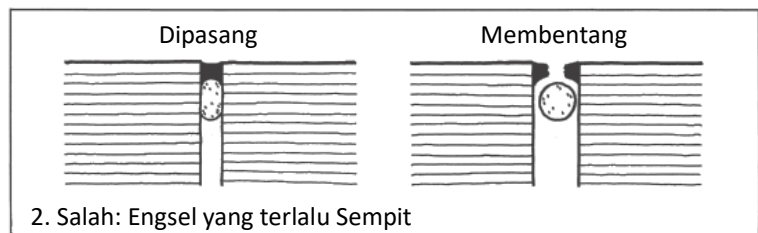
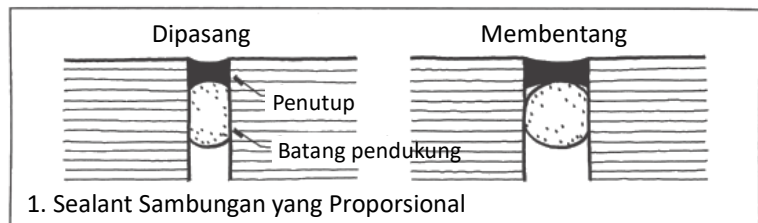
1.3 SAMBUNGAN DAN GASKET SEALANT

Sealant dan gasket adalah bahan elastis yang dapat ditempatkan di sambungan untuk menghalangi aliran udara dan/atau air, sekaligus memungkinkan pergerakan relatif antara kedua sisi sambungan. Gasket adalah potongan karet elastomer yang dipadatkan ke dalam sambungan. Sebagian besar sealant adalah bahan mastik yang disuntikkan ke dalam sambungan dan kemudian mengeras menjadi seperti karet. Gasket menyegel permukaan dengan menekannya dengan kuat. Sealant menyegel dengan melekat erat pada permukaan.

1. Lebar dan kedalaman sambungan sealant tidak boleh dibiarkan begitu saja; keduanya harus ditentukan sesuai dengan prosedur yang ditunjukkan dalam Sambungan Ekspansi (lihat Bab 6).

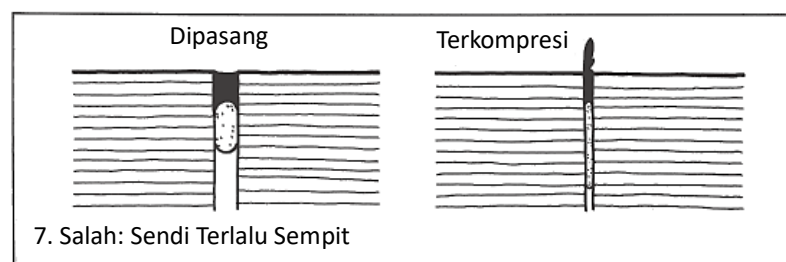
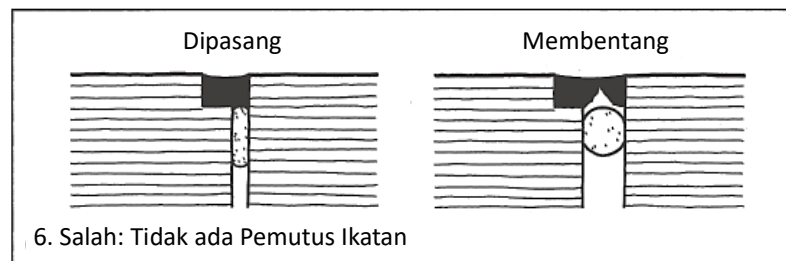
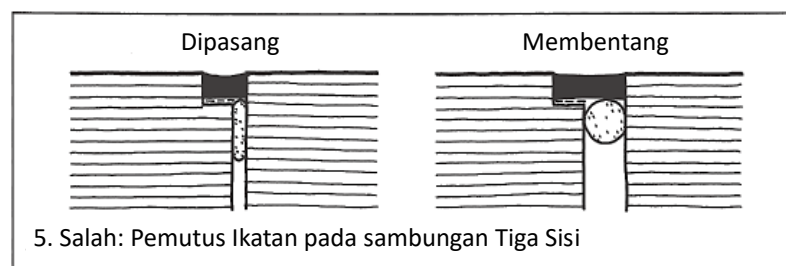
Batang penyangga busa plastik merupakan bagian yang sangat penting dari setiap sambungan sealant: Batang ini membatasi kedalaman sealant pada dimensi yang telah ditentukan, menyediakan permukaan yang kokoh untuk memasang sealant, dan memberikan bentuk jam pasir 1:2 pada manik sealant yang mengoptimalkan kekuatan dan elastisitas sealant. Batang penyangga harus setidaknya 20 persen lebih besar dari lebar sambungan maksimum.

2. Jika sambungan sealant terlalu sempit, jumlah

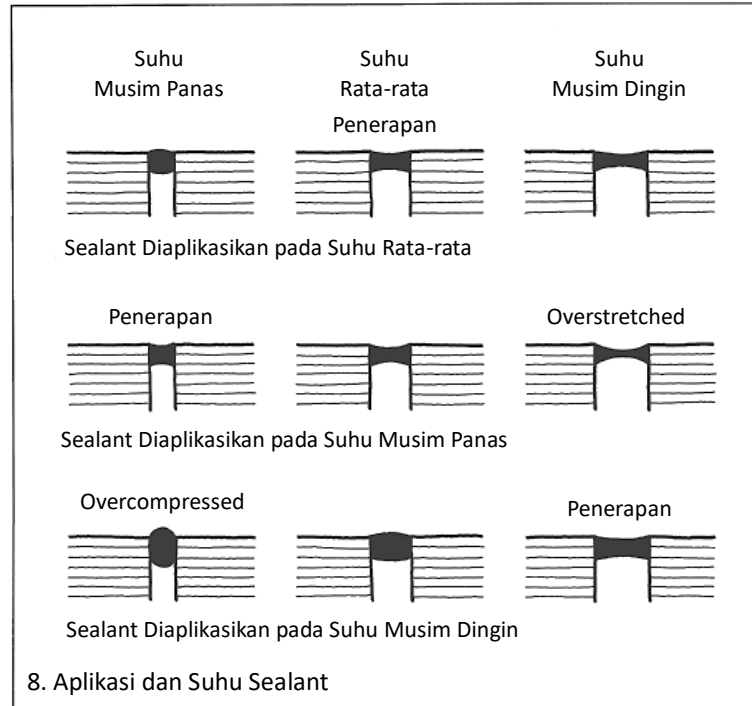


gerakan normal antara komponen yang berdampingan dapat meregangkan sealant secara berlebihan dan merobeknya. Hal ini juga dapat terjadi jika sambungan sealant terlalu dangkal dibandingkan dengan lebarnya.

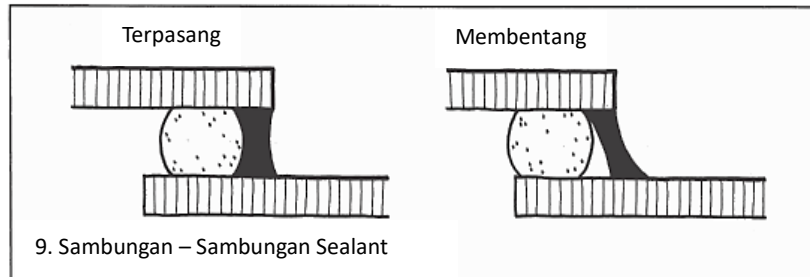
3. Jika manik sealant terlalu dalam, tekanan pada manik akan berlebihan, dan kemungkinan robek.
4. Pemasangan memaksa material sealant untuk mengisi sambungan, mengambil profil yang diinginkan, dan melekat pada komponen yang berdampingan.
5. 5 & 6. Pada sambungan sealant tiga sisi, pita pemutus ikatan harus diaplikasikan pada bagian belakang sambungan untuk memungkinkan manik sealant memanjang penuh saat sambungan terbuka.



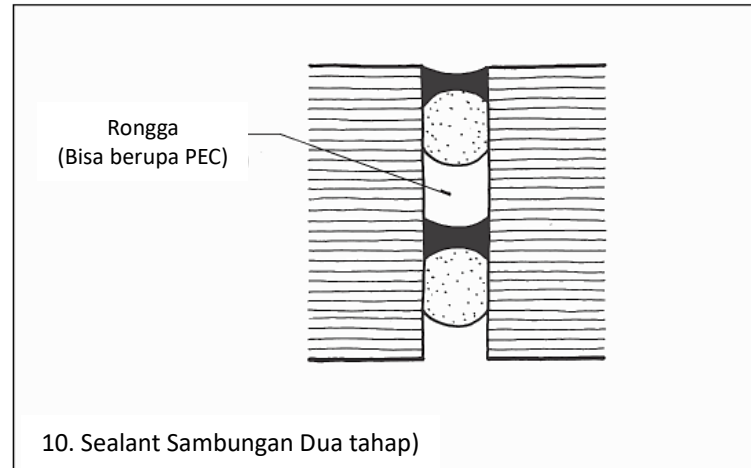
7. Jika sambungan sealant terlalu sempit, sealant dapat menjadi terlalu padat, meremasnya keluar dari sambungan dan merobeknya.
8. Sealant harus diaplikasikan pada suhu udara yang tidak terlalu panas atau terlalu dingin. Jika aplikasi pada suhu yang sangat panas atau sangat dingin diantisipasi, lebar sambungan awal harus disesuaikan untuk mengimbangi tekanan berlebih musiman yang mungkin terjadi.



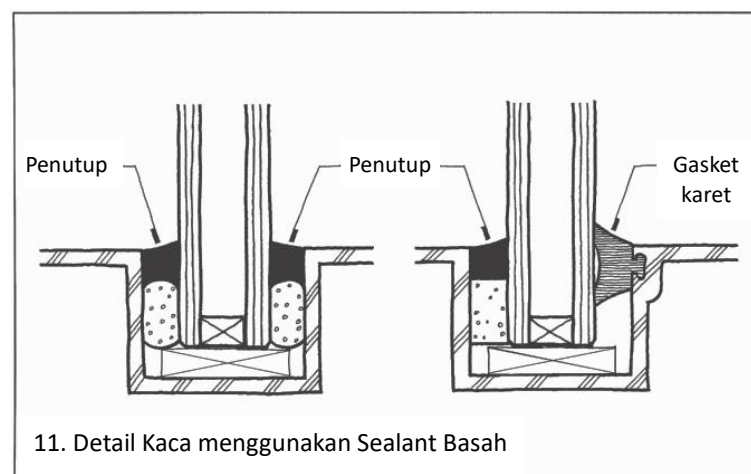
9. Sambungan tumpang sealant dapat diukur menggunakan prosedur yang sama seperti untuk sambungan pantat normal, seperti yang diilustrasikan sebelumnya di bagian ini.



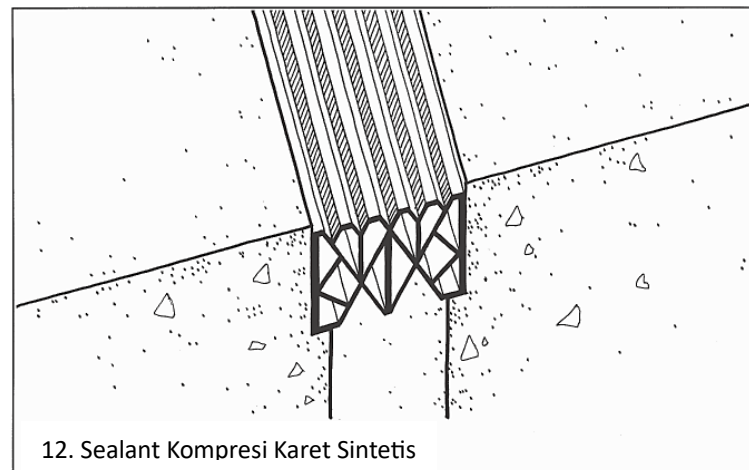
10. Bahkan jika dipasang dengan sempurna, sambungan sealant dapat rusak karena bahan menua dan menjadi kurang elastis. Perlindungan dan daya tahan tambahan dapat diberikan oleh sambungan sealant dua tahap yang dikeringkan. Ini terdiri dari pemasangan batang penyangga dan sealant secara hati-hati di dalam sambungan dan disembunyikan di belakang sambungan sealant luar untuk menghasilkan rongga kecil. Sambungan dua tahap memerlukan lebar sambungan minimal $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) untuk akses yang cukup bagi pemasang. Sambungan dua tahap vertikal harus dibuat detail untuk mengalirkan air di bagian bawah sambungan. Rongga di antara sealant juga dapat disamakan tekanannya jika segel bagian dalam kedap udara.



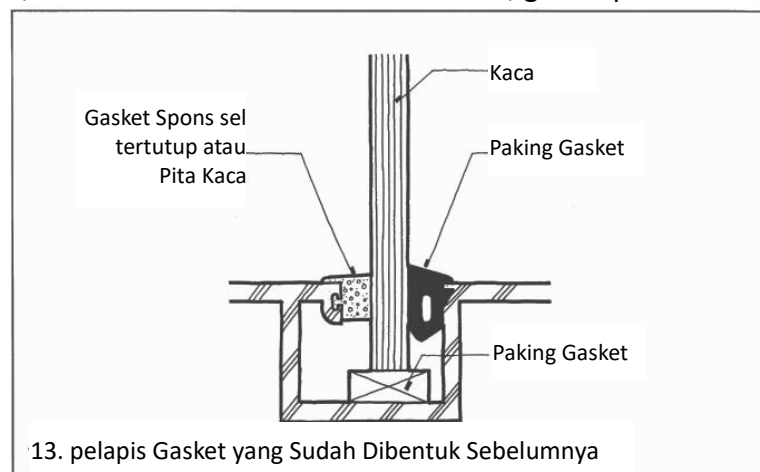
11. Ada banyak jenis detail pelapisan yang mencakup sealant basah (dapat ditembakkan). Secara umum, ini menggabungkan spacer karet sintetis yang mengatur kedalaman dan ketebalan sealant, sesuai dengan prinsip-prinsip yang ditetapkan sebelumnya. Pada detail di sebelah kiri dalam gambar, kaca dipasang pada blok karet sintetis dan dipusatkan pada rangka logam dengan bantuan strip spacer yang dapat dikompresi yang juga berfungsi sebagai batang penyangga. Detail ini meminimalkan jumlah komponen berbeda yang diperlukan untuk memasang kaca dengan menghilangkan gasket apa pun. Detail di sebelah kanan menggunakan gasket karet sintetis yang telah dibentuk sebelumnya di sisi interior untuk pemasangan yang mudah dan tampilan yang rapi. Bagian luar disegel dengan sealant yang dapat ditembakkan untuk keamanan maksimum terhadap kebocoran.



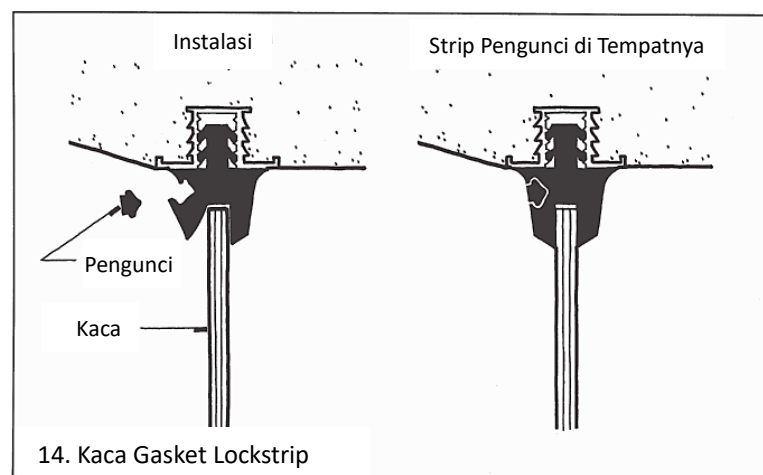
12. Ini adalah contoh gasket karet sintetis yang telah dibentuk sebelumnya yang digunakan untuk menutup sambungan gerakan pada permukaan horizontal dengan lalu lintas tinggi, seperti jalan raya atau garasi parkir. Gasket sedikit lebih lebar dari sambungan dan harus dipadatkan selama pemasangan.



13. Gasket yang telah dibentuk sebelumnya digunakan secara luas untuk menutup antara kaca jendela dan rangka logam. Dalam contoh ini, gasket spons sel tertutup dimasukkan terlebih dahulu; kemudian kaca dimasukkan. Terakhir, gasket padat dalam profil baji yang dapat digulung dipaksa masuk di antara permukaan bagian dalam kaca dan rangka, menekan gasket spons dan menahan seluruh rakitan agar tetap menyatu. Untuk keamanan tambahan terhadap penetrasi air, manik-manik sealant yang dapat ditembus terkadang ditempatkan di atas gasket luar. Ini disebut sealant tutup. Gasket biasanya dipotong miring agar pas di sudut-sudut.

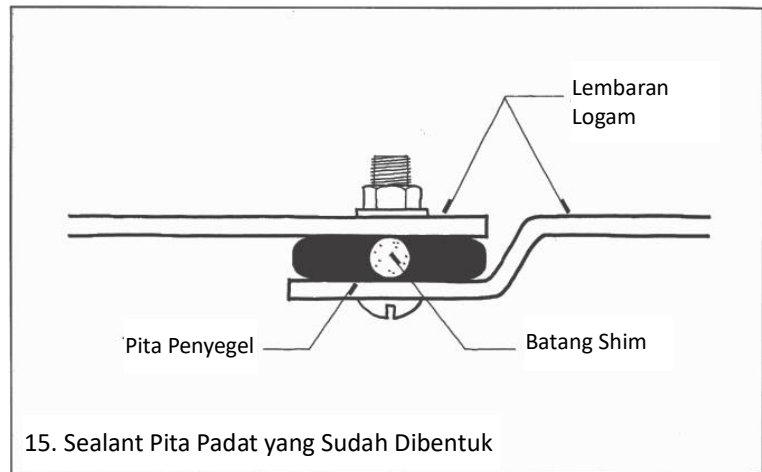


14. Ada banyak jenis gasket karet sintetis yang berguna dalam beberapa aplikasi pelapisan kaca. Contoh ini menggunakan alur pohon pinus yang dimasukkan ke dalam celah di ambang atau kusen beton. Kaca dipasang di gasket, lalu karet sintetis dimasukkan

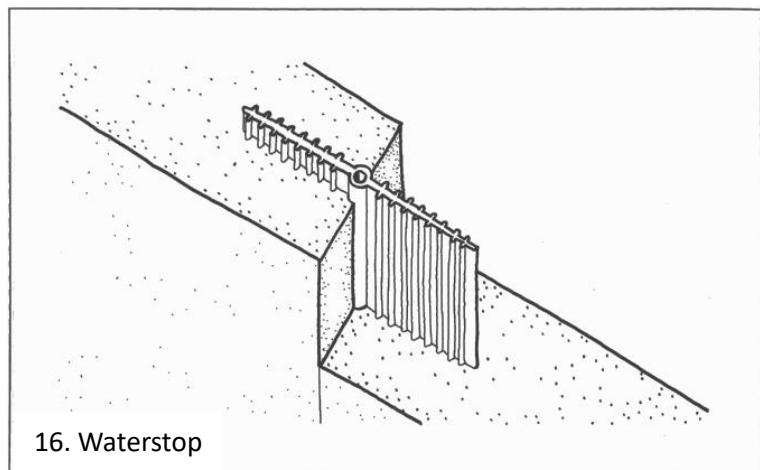


dengan alat khusus untuk membuat gasket kaku dan mengunci kaca di tempatnya. Gasket lockstrip sederhana dan aman, tetapi diketahui rentan terhadap kebocoran air, mungkin karena tidak memberikan tekanan berkelanjutan pada bibir gasket terhadap kaca. Kerentanan ini tidak membatasi penggunaannya di dalam ruangan atau tempat yang terlindung.

15. Sealant pita padat yang telah dibentuk sebelumnya dibuat untuk dipadatkan di antara komponen sambungan yang tidak berfungsi. Pita tersebut tebal dan sangat lengket. Batang pengganjal semi kaku di bagian tengah pita mengontrol ketebalan sambungan dan membatasi kecenderungan mastik di sekitarnya untuk terjepit keluar.



16. Waterstop adalah gasket karet sintesis yang telah dibentuk sebelumnya yang digunakan untuk menutup sambungan tuang dan sambungan gerakan pada dinding pondasi beton. Contoh yang ditunjukkan di sini memiliki tabung tengah yang memungkinkan waterstop meregang atau terkompresi secara signifikan sebagai respons terhadap gerakan pada dinding beton. Banyak bentuk lain dari waterstop karet sintesis juga diproduksi, bersama dengan desain alternatif yang terbuat dari plastik kaku, logam, mastik, dan bahkan tanah liat bentonit, yang mengembang dan menutup saat dibasahi.



Detail pelapisan kaca dan pelapis biasanya dikembangkan oleh produsen sistem pelapisan kaca dan pelapis, bukan oleh detailer di kantor arsitektur. Namun, penting bagi desainer dan detailer untuk memiliki pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip detailing sehingga mereka mampu menilai sistem pabrikan dan pekerjaan yang dipasang di lapangan.

Memproporsi Sambungan Sealant

Sambungan sealant harus diberikan pada interval yang cukup sering di suatu

permukaan sehingga pergerakan keseluruhan yang diharapkan di permukaan dibagi menjadi sejumlah pergerakan yang cukup kecil di setiap sambungan. Biasanya, jarak sambungan sealant ditentukan oleh ukuran panel atau bahan lembaran yang diinginkan yang membentuk dinding. Umumnya, sambungan sealant tidak boleh lebih sempit dari 1/4 in. (6 mm).

Sambungan yang lebih sempit dari ini sulit dibuat dan memiliki sedikit kemampuan untuk menyerap pergerakan. Sambungan dapat selebar 1 hingga 2 in. (25–51 mm), tergantung pada kemampuan sealant untuk tidak melorot keluar dari sambungan sebelum mengeras. Kedalaman sealant dalam sambungan harus sama dengan setengah lebar sambungan, tetapi tidak kurang dari 1/4 in. (6 mm) atau lebih dari 1/2 in. (13 mm). Dengan demikian, sambungan selebar 1/4 inci harus memiliki kedalaman 1/4 inci (6 × 6 mm), sambungan selebar 3/4 inci harus memiliki kedalaman 3/8 inci (19 × 9 mm), dan sambungan selebar 1 1/4 inci harus memiliki kedalaman 1/2 inci (32 × 13 mm).

Untuk menentukan lebar yang diperlukan untuk sambungan sealant di lokasi tertentu dalam sebuah bangunan, banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Jarak antara sambungan pergerakan, bahan tertentu yang digunakan, dan iklim di lokasi bangunan adalah beberapa faktor tersebut. Pembahasan lengkap tentang topik ini, termasuk contoh perhitungan sambungan sealant, akan dibahas di bagian “Menentukan Lebar Sambungan Sealant.”

Menentukan Lebar Sambungan Sealant

Perhitungan interval sambungan ekspansi dan lebar sambungan sealant saling bergantung. Lebar sambungan sealant harus ditentukan oleh perancang bangunan, detailer, penulis spesifikasi, pemasok komponen atau material di kedua sisi sambungan, dan insinyur struktur. Para kolaborator ini bekerja sama menggunakan semua informasi yang tersedia tentang suhu ekstrem di lokasi bangunan, waktu pemasangan sealant, sifat material di kedua sisi sambungan, sifat sealant itu sendiri, dan karakteristik struktural rangka dan kulit bangunan. Untuk tujuan awal, persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan lebar sambungan sealant apa pun:

$$w = \frac{100}{X} (\epsilon L \Delta T + M_o) + t$$

di mana

W = lebar sambungan sealant yang dibutuhkan

X = persen plus atau minus kemampuan pergerakan sealant, dinyatakan sebagai bilangan bulat

ϵ = koefisien ekspansi material kulit

L = panjang kulit bangunan di antara sambungan

ΔT = rentang tahunan antara suhu tinggi dan rendah yang ekstrem. Jika data suhu spesifik tidak ada, asumsikan bahwa ΔT adalah 130°F (54°C)

M_o = pergerakan yang diantisipasi karena faktor nontermal seperti defleksi struktural, creep, atau ekspansi dan kontraksi kelembaban

t = toleransi konstruksi

Rumus ini dapat digunakan dengan unit konvensional atau SI. Berikut adalah tiga contoh penggunaannya.

Tabel 1.2 Koefisien Ekspansi Termal Linier Dari Bahan Bangunan Umum (Verifikasi Sifat Bahan Tertentu Yang Digunakan)

		<i>inci/inci/°F</i>	<i>mm/mm/°C</i>
Kayu (berpengalaman)			
Douglas cemara	sejajar dengan butiran	0.0000021	0.0000038
	tegak lurus terhadap butiran	0.0000320	0.0000580
Pinus	sejajar dengan butiran	0.0000030	0.0000054
	tegak lurus terhadap butiran	0.0000190	0.0000340
Oak	sejajar dengan butiran	0.0000027	0.0000049
	tegak lurus terhadap butiran	0.0000300	0.0000540
Maple	sejajar dengan butiran	0.0000036	0.0000065
	tegak lurus terhadap butiran	0.0000270	0.0000486
Batu dan Beton			
Batu kapur		0.0000044	0.0000079
Granit		0.0000047	0.0000085
Marmer		0.0000073	0.0000131
Batu bata dan terakota		0.0000036	0.0000065
Unit pasangan bata beton, agregat normal		0.0000052	0.0000094
Unit pasangan bata beton, agregat ringan		0.0000043	0.0000077
Konkret		0.0000055	0.0000099
Beton aerasi autoklaf		0.0000045	0.0000081
Logam			
Baja		0.0000065	0.0000117
Baja tahan karat, Tipe 304		0.0000099	0.0000173
Aluminium		0.0000128	0.0000231
Tembaga		0.0000093	0.0000168
Lead		0.0000151	0.0000272
Timah		0.0000161	0.0000290
Titanium		0.0000050	0.0000090
Seng		0.0000172	0.0000310
Bahan Selesai			
Papan gipsum		0.0000090	0.0000162
Plester gipsum, pasir		0.0000070	0.0000126
Panel semen fiber		0.0000076	0.0000142
Kaca		0.0000050	0.0000090
Lembaran kaca akrilik		0.0000410	0.0000742
Lembaran kaca polikarbonat		0.0000440	0.0000796
Polietilen		0.0000850	0.0001530
Polivinil klorida		0.0000400	0.0000720
Poliester, serat kaca diperkuat		0.0000140	0.0000250

Perhitungan Lebar Sambungan Sealant Contoh 1 Hitung lebar sambungan sealant horizontal yang dibutuhkan untuk panel dinding gorden aluminium, berwarna abu-abu gelap, yang tingginya 6 kaki 8 inci atau 80 inci (2032 mm). Suhu berkisar antara -40° dan $+100^{\circ}\text{F}$ (-40° dan $+38^{\circ}\text{C}$) setiap tahun. Bangunan itu dirangkai dengan baja. Sealant dengan kemampuan pergerakan 125 persen direkomendasikan oleh produsen panel dinding. Kisaran suhu udara tahunan adalah 100° hingga $-40^{\circ}\text{F} = 140^{\circ}\text{F}$ (78°C), tetapi matahari akan memanaskan panel berwarna gelap hingga jauh di atas suhu udara.

Sebagai perkiraan, kami akan menambahkan 40°F (22°C) ke suhu untuk memperhitungkan fenomena ini, sehingga menghasilkan kisaran suhu total hingga 180°F (100°C). Insinyur struktur memperkirakan bahwa defleksi balok spandrel dan kolom di bawah beban hidup dan angin dapat mencapai 0,04 in. (1 mm) per panel. Toleransi konstruksi, keakuratan panel aluminium yang dipasang pada bangunan, diperkirakan oleh kontraktor dinding gorden sebesar $\pm 1/8$ in. (3,2 mm). Dari tabel terlampir, kami menentukan bahwa koefisien ekspansi termal aluminium adalah 0,0000128 in./in./ $^{\circ}\text{F}$. Dimulai dengan persamaan yang diberikan

$$w = \frac{100}{X} (\varepsilon L \Delta T + M_o) + t$$

dan mengganti,

$$w = \frac{100}{25} [0.0000128 \text{ in./in./}^{\circ}\text{F})(80 \text{ in.})(180^{\circ}\text{F}) + 0.04 \text{ in.}] + 0.125 \text{ in.}$$

kita memiliki $W = 1,02$ in.; gunakan sambungan sealant selebar 1 in. atau $1 1/8$ in., jika kita ingin konservatif. Kedalamannya harus $1/2$ in. Contoh ini dapat dikerjakan dalam satuan SI (metrik) menggunakan rumus dan prosedur yang sama, asalkan semua satuan panjang konsisten dan suhu diubah dari Fahrenheit ke Celsius.

$$w = \frac{100}{25} [(0.0000231 \text{ mm/mm/}^{\circ}\text{C})(2023 \text{ mm})(100^{\circ}\text{C}) + 1 \text{ mm}] + 3.2 \text{ mm}$$

kita memiliki $W = 25,98$ mm; gunakan sambungan sealant selebar 26 mm. Kedalamannya harus 13 mm. Contoh 2 Hitung lebar sambungan sealant yang diperlukan antara panel dinding granit putih yang berdimensi maksimum 4 kaki 7 inci atau 55 inci (1397 mm). Kisaran suhu udara tahunan adalah dari -10° hingga 110°F (-23° hingga 43°C). Struktur bangunan akan terbuat dari beton bertulang, dan insinyur struktur memperkirakan bahwa creep pada rangka pada akhirnya akan mencapai sekitar 0,03 inci (0,76 mm) per panel, tetapi defleksi struktural tidak akan signifikan.

Sealant akan memiliki kemampuan pergerakan ± 25 persen. Pemasok dan pemasang panel granit berharap dapat bekerja dengan akurasi $\pm 3/16$ inci (4,76 mm). Dari Tabel 1-2 dalam Contoh 1, kita menemukan koefisien ekspansi termal untuk granit sebesar 0,0000047 inci/inci/ $^{\circ}$ F. Dimulai dengan persamaan yang diberikan

$$w = \frac{100}{X} (\varepsilon L \Delta T + M_0) + t$$

dan mengganti,

$$w = \frac{100}{25} [0.0000047 \text{ in./in./}^{\circ}\text{F})(55 \text{ in.})(120^{\circ}\text{F}) + 0.03 \text{ in.}] + \frac{3}{16} \text{ in.}$$

kita memiliki $W = 0,43$ in.; gunakan sambungan 1/2-in. Kedalaman 1/4 in. sudah sesuai. Bekerja dalam satuan SI (metrik):

$$w = \frac{100}{25} [(0.0000085 \text{ mm/mm/}^{\circ}\text{C})(1397 \text{ mm})(66^{\circ}\text{C}) + 0.76 \text{ mm}] + 4.76 \text{ mm}$$

kita memiliki $W = 10,93$ mm; gunakan sambungan 11 mm. Kedalaman 6 mm sudah cukup. Contoh 3 Hitung lebar sambungan sealant vertikal yang dibutuhkan pada dinding bata dengan jarak sambungan 21 kaki 4 inci atau 256 inci (6,5 m atau 6500 mm). Kisaran suhu udara hingga 108 $^{\circ}$ F (60 $^{\circ}$ C). Kontraktor ingin menggunakan sealant yang memiliki kemampuan bergerak $\pm 12,5$ persen.

Menurut Catatan Teknis No. 18 dari Asosiasi Industri Bata, bata akan mengembang seiring waktu sekitar 2 dari 1 persen karena penyerapan air. Toleransi konstruksi diharapkan sebesar $\pm 1/4$ inci (6 mm). Menurut Tabel 1-2, koefisien ekspansi termal pasangan bata adalah sekitar 0,0000036 inci/inci/ $^{\circ}$ F (0,0000065 mm/mm/ $^{\circ}$ C). Dimulai dengan persamaan yang diberikan

$$w = \frac{100}{X} (\varepsilon L \Delta T + M_0) + t$$

dan mengganti,

$$w = \frac{100}{12.5} [0.0000036 \text{ in./in./}^\circ\text{F})(256 \text{ in.})(108^\circ\text{F}) + (256 \text{ in.})(0.0002)] + \frac{1}{4} \text{ in.}$$

kita punya $W = 1,45 \text{ in.}$ Berlaku dalam satuan SI (metrik):

$$w = \frac{100}{12.5} [(0.0000065 \text{ mm/mm/}^\circ\text{C})(6500 \text{ mm})(60^\circ\text{C}) + (6500 \text{ mm})(0.0002) + 6 \text{ mm}]$$

kita memiliki $W = 36,7 \text{ mm.}$ Ini sangat lebar, hampir $1\frac{1}{2} \text{ in}$ yang akan membuat pemasangan sealant menjadi sulit. Jika sealant dengan kemampuan gerakan ± 25 persen digunakan sebagai gantinya, sambungan hanya perlu selebar $\frac{7}{8} \text{ in.}$ (22 mm), yang dapat dibulatkan menjadi 1 in. (25 mm). Jika sambungan yang lebih sempit diinginkan, maka sealant lain dengan kemampuan gerakan yang lebih besar dapat dipilih.

BAB 2

PENGENDALIAN UDARA

2.1 PENGENDALIAN KEBOCORAN UDARA DAN VENTILASI ALAMI

Ventilasi Alami pada interior bangunan memiliki banyak manfaat, seperti memberikan kenyamanan, biaya pemasangan rendah, kebutuhan perawatan rendah, tidak ada biaya energi, dan sering kali meningkatkan kualitas udara. Di sisi lain, kebocoran udara dapat menyebabkan aliran udara yang tidak nyaman. Udara yang dipanaskan dan didinginkan terbuang sia-sia yang merupakan energi yang hilang. Udara yang dipanaskan dan didinginkan dapat menyebabkan terbentuknya kondensat atau embun beku di musim dingin, di mana udara dalam ruangan yang lebih hangat dan lembap bocor ke rongga bangunan yang dingin.

Kebocoran udara juga merupakan kebocoran suara yang dapat merusak efektivitas akustik penutup bangunan. Kebocoran udara dapat menyalurkan panas dan asap kebakaran dari satu bagian bangunan ke bagian lain. Kebocoran udara dapat membawa polutan, debu, spora jamur, dan serangga ke dalam bangunan. Dan kebocoran udara dapat membawa kelembapan dan air hujan melalui dinding, jendela, pintu, atau atap. Kebocoran udara adalah aliran udara yang tidak terkendali melalui dinding luar bangunan; kebocoran ini disebabkan oleh perbedaan tekanan antara udara di dalam dan luar. Perbedaan tekanan udara dapat disebabkan oleh angin, efek cerobong termal di gedung tinggi, dan sistem ventilasi mekanis gedung.

Ventilasi terkendali tidak boleh disamakan dengan kebocoran udara. Misalnya, ventilasi terkendali pada rakitan atap dingin bukanlah kebocoran udara, karena ventilasi ini diterapkan dengan hati-hati untuk mengendalikan suhu dan kelembapan di rakitan atap. Rongga berventilasi alami di balik layar hujan membantu dinding mengendalikan kelembapan dan suhu. Demikian pula, ventilasi terkendali pada tanah di ruang bawah tanah perumahan di bawah penghalang uap dapat membawa gas radon yang keluar dari tanah di beberapa lokasi tanpa membahayakan. Dalam semua contoh ini, ventilasi terjadi di luar selubung penghalang udara gedung.

Memang benar bahwa sejumlah udara segar harus masuk ke dalam gedung, untuk menjaga kualitas udara interiornya, tetapi kita tidak boleh mengandalkan kebocoran udara untuk memasok udara ini. Strategi yang tepat adalah menutup rapat gedung dan melakukan ventilasi melalui jendela dan ventilasi yang dapat dioperasikan, atau melalui sistem mekanis gedung. Prinsip di balik perincian kedap udara serupa dengan perincian kedap air: Agar udara dapat menembus rakitan bangunan, tiga kondisi harus terjadi secara bersamaan:

1. Harus ada bukaan melalui rakitan.
2. Harus ada udara di bukaan.
3. Harus ada gaya untuk menggerakkan udara melalui bukaan.

Jika salah satu dari ketiga kondisi ini tidak terpenuhi, udara tidak akan menembus rakitan. Meskipun prinsipnya serupa, strategi perincian untuk mengendalikan kebocoran udara agak berbeda dari yang digunakan untuk mengendalikan kebocoran air. Kita dikelilingi oleh udara, jadi kita tidak dapat menjauhkannya dari bukaan. Dari gaya yang menggerakkan udara melalui bukaan, konveksi dan tekanan angin sebagian besar berada di luar kendali perancang bangunan.

Perbedaan tekanan yang disebabkan oleh peralatan pemanas, pendingin, dan ventilasi di dalam bangunan diatur secara sadar di beberapa bangunan besar, untuk meminimalkan hilangnya udara yang dikondisikan ke luar ruangan, tetapi ini tidak terjadi di sebagian besar bangunan. Oleh karena itu, aliran udara melalui suatu bangunan harus dikontrol terutama dengan menutup bukaan-bukaan pada bangunan tersebut sebaik mungkin. Pola-pola detail yang berhubungan dengan hal ini adalah sebagai berikut (lihat bagian-bagian yang sesuai di bagian akhir bab ini):

- Sistem Penghalang Udara (hlm. 46)
- Retakan yang Terkena Cuaca (hlm. 48)

Selain kedua pola ini, kita telah mempertimbangkan pola lain yang berguna dalam mengendalikan kebocoran udara: Sambungan dan Gasket Penyekel (hlm. 36). Penting untuk menyadari bahwa permukaan penghalang udara, strip cuaca, sambungan penyekel, dan gasket semuanya merupakan elemen yang harus menahan gaya angin.

Oleh karena itu, elemen-elemen tersebut harus dirancang dengan kekuatan dan kekakuan struktural yang cukup untuk menahan setidaknya beban angin yang ditentukan untuk pelapis bangunan. Ketika dipahami sebagai kelompok yang terkoordinasi dengan baik, fitur-fitur ini bergabung untuk membentuk lapisan pengendali udara bangunan. Seperti halnya lapisan pengendali air, perancang harus dapat menggambar garis yang tidak terputus dalam denah dan penampang yang mewakili lapisan pengendali udara.

2.2 SISTEM PENGHALANG UDARA

Ruang ber-AC pada suatu bangunan harus dibungkus dengan sistem penghalang udara yang tipis namun tahan lama untuk mengurangi kebocoran udara melalui berbagai jenis bukaan kecil yang umumnya terdapat di lantai dasar, dinding luar, dan atap. Sistem penghalang udara yang dipasang dengan benar dapat mengurangi konsumsi energi bangunan, mengendalikan masuknya uap, dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.

1. Permukaan luar bangunan dengan konstruksi rangka kayu ringan dipenuhi dengan bukaan, terutama retakan antara panel selubung dan retakan di sekitar unit jendela dan pintu. Ini memungkinkan udara masuk melalui kotak listrik, papan pinggir, dan rangka pintu dan jendela ke dalam atau keluar bangunan. Kebocoran udara di sepanjang jalur ini dapat dikurangi secara signifikan dengan menutupi selubung di bawah dinding atau atap dengan bahan lembaran kedap udara. Bentuk permukaan penghalang udara tradisional namun tidak efektif terdiri dari kertas yang dijenuhkan dengan aspal. Karena kertas (biasanya disebut sebagai "felt," "kertas bangunan," atau

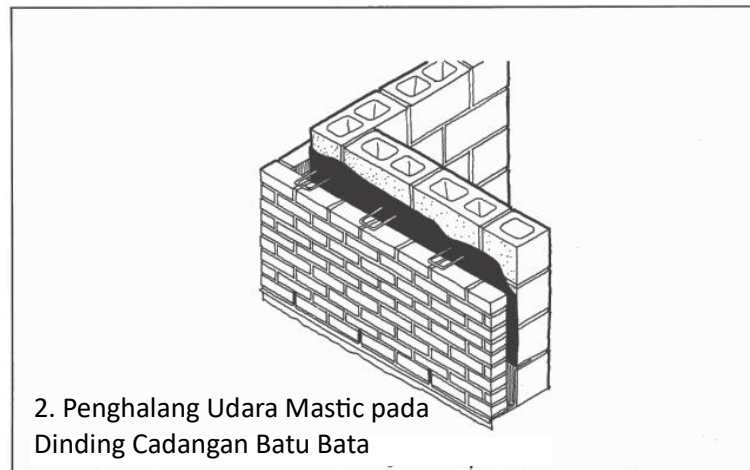
"kertas tar") disediakan dalam gulungan selebar hanya 36 in. (900 mm), mudah dipasang, tetapi penghalang udara yang dihasilkan memiliki banyak jahitan yang dapat membocorkan udara.



Solusi kontemporer adalah lembaran penghalang udara yang terbuat dari polipropilena nonwoven atau serat poliolefin spun-bonded (SBPO). Lembaran ini, terkadang disebut sebagai "housewrap," diproduksi sedemikian rupa sehingga uap air dapat melewatinya, tetapi udara dan air cair tidak dapat melewatinya. Lembaran ini sangat tipis dan ringan sehingga biasanya disediakan dalam gulungan selebar 9 kaki (2,7 m), yang memungkinkan setiap lantai bangunan skala perumahan sederhana dibungkus dalam satu pita horizontal. Ini sangat mengurangi jumlah jahitan. Jahitan yang tersisa pada penetrasi dan perimeter disegel dengan hati-hati dengan selotip atau sealant yang tahan lama, yang sering kali disediakan untuk tujuan ini oleh produsen housewrap. Ketahanan struktural terhadap beban angin tidak disediakan oleh lembaran penghalang udara itu sendiri, tetapi oleh bahan-bahan yang diapitnya misalnya, selubung dinding di satu sisi dan insulasi kaku atau pelapis dinding di sisi lainnya.

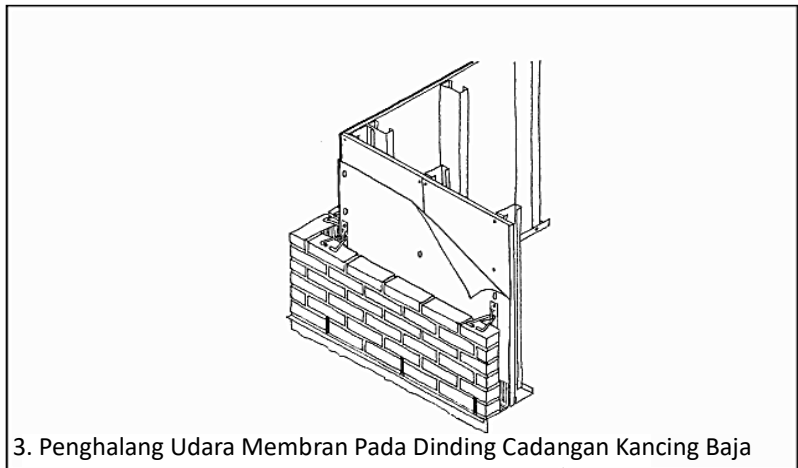
2. Pada bangunan berdinding rongga dengan permukaan batu, penghalang udara umumnya ditempatkan di bagian luar lapisan struktural bagian dalam dinding. Meskipun lapisan struktural ini sangat kuat, jika terbuat dari unit pasangan bata beton polos, ia tidak akan menjadi penghalang udara, karena unit pasangan bata beton tidak kedap udara. Permeabilitas udara dinding melebihi tingkat yang ditetapkan kode [0,004 cfm/kaki persegi @ 1,57 psf (0,02 L/detik/m² @ 75 Pa)]. Pasangan bata beton secara tradisional dilapisi dengan lapisan semen portland setebal 5/8 in. (16 mm) pada sisi yang menghadap rongga dinding yang berkesinambungan, untuk mengurangi kebocoran udara. Dalam pekerjaan saat ini, permukaan ini biasanya dilapisi dengan mastik yang dapat menyerap uap dan diaplikasikan dengan cairan, atau dengan strip horizontal membran buatan yang direkatkan ke dinding dan satu sama lain di

jahitannya. Mastik dan membran lebih mungkin tetap kedap udara jika substrat bergerak atau retak.



Dalam kasus apa pun, sangat penting untuk menjaga integritas penghalang udara dengan menyegel dengan hati-hati di semua jahitan dan transisi. Lihat ketentuan kode khusus mengenai pemasangan penghalang udara di sekitar tepi dinding cadangan tempat dinding tersebut menyambung kolom, balok spandrel, pelat, bukaan jendela, tepi atap, lampu tersembunyi, dan kotak listrik. Kode juga menjelaskan prosedur untuk menguji bangunan yang telah selesai guna memverifikasi bahwa rakitan penghalang udara berfungsi seperti yang diharapkan. Beberapa mastik dan membran yang digunakan sebagai penghalang udara juga berfungsi sebagai penghalang air dan/atau penghalang uap. Tidak ada salahnya memasang beberapa penghalang udara dalam satu rakitan, tetapi paling banyak satu lapisan penghambat uap harus ada. Lihat Pengendalian Uap Air (Bab 4) untuk pembahasan masalah terkait ini.

3. Jika permukaan pasangan bata didukung oleh dinding dari tiang baja dan selubung gipsum, penghalang udara minimum yang harus dijelaskan secara rinci adalah membran SBPO tipis yang diaplikasikan ke bagian luar selubung sebelum ikatan pasangan bata dipasang. Ini akan berfungsi sebagai penghalang udara dan penghalang air sekunder. Untuk keamanan yang lebih baik terhadap kebocoran udara dan air, selubung dapat dilapisi dengan aspal

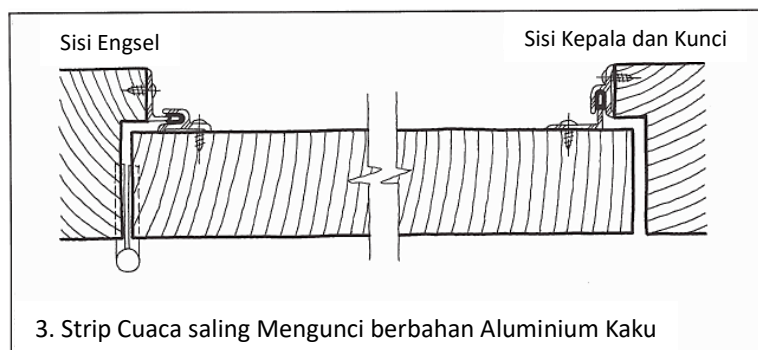
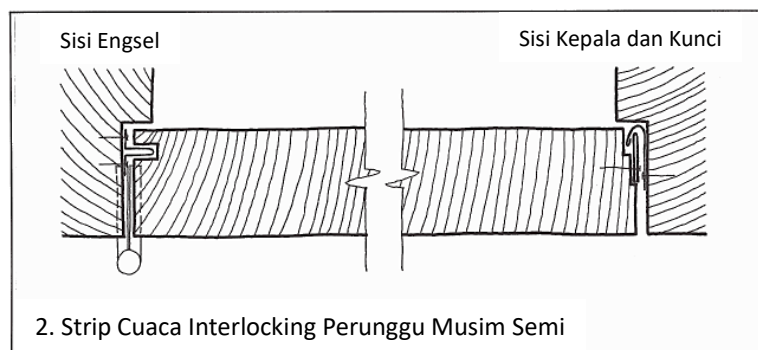
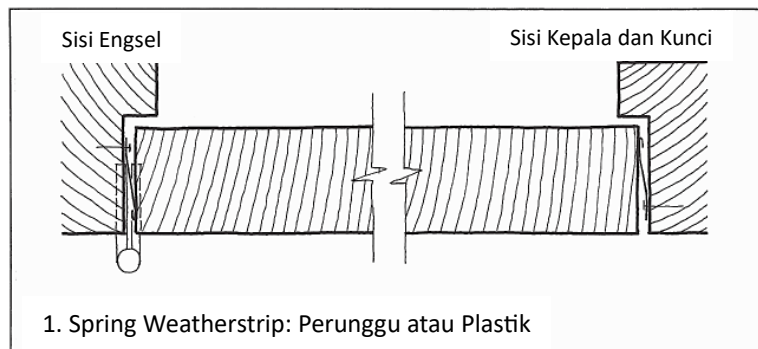


mastik yang mengandung serat atau potongan membran buatan. Ini mengubah selubung menjadi penghalang udara yang sangat efektif, dan memberikan perlindungan yang sangat baik terhadap air untuk material di dinding pendukung. Serat dalam mastik membantu menjembatani retakan dan lubang di selubung dan menyesuaikan dengan sejumlah kecil gerakan di selubung.

2.3 JENIS-JENIS SEKAT CUACA UNTUK MENCEGAH KEBOCORAN UDARA

Retakan di sekitar pintu dan bingkai jendela harus cukup lebar untuk memungkinkan jarak bebas saat beroperasi. Untuk mencegah udara masuk, berbagai jenis sekat cuaca dipasang di celah-celah tersebut. Jendela, pintu, dan skylight yang diproduksi harus sesuai dengan batasan yang ditetapkan oleh kode mengenai kebocoran udara. Bukaan yang dibangun di lokasi juga harus diperinci untuk membatasi kebocoran udara.

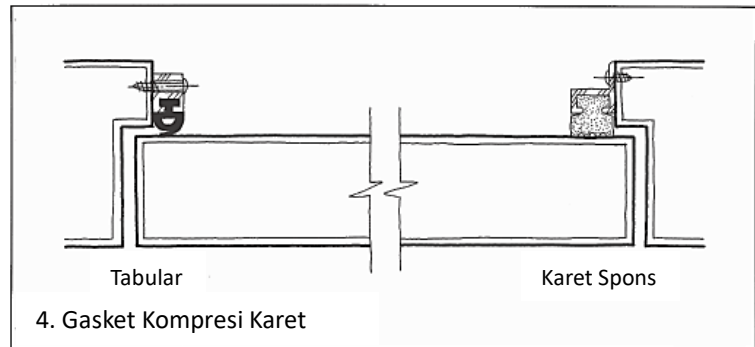
1. Salah satu jenis sekat cuaca tertua dan paling sederhana adalah sekat cuaca pegas dari perunggu atau plastik, yang menyesuaikan secara otomatis dengan lebar dan kontur retakan.
2. Sekat cuaca yang saling mengunci lebih efektif dan jauh lebih sulit dipasang daripada sekat cuaca pegas. Sekat ini terbuat dari potongan tipis perunggu pegas.
3. Detail sekat cuaca yang saling mengunci telah diperbarui dengan penggunaan komponen kaku yang terbuat dari aluminium ekstrusi. Dengan penambahan paking kompresi tubular karet sintetis, tingkat kedap udara yang tinggi dapat dicapai.



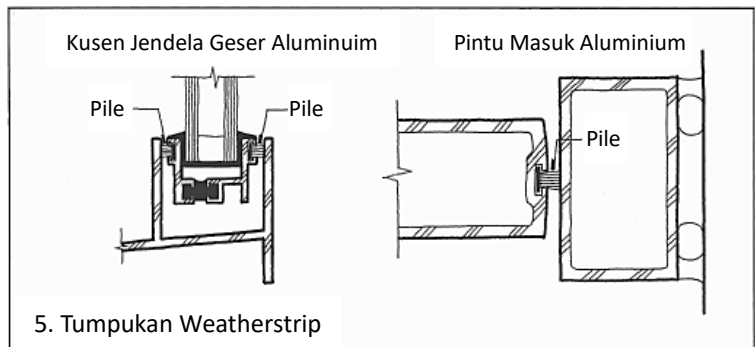
4. Gasket kompresi dari karet sintetis memiliki banyak kegunaan dalam weatherstripping. Gasket ini dapat dirancang untuk menutup retakan yang sangat besar atau sangat kecil,

dan tersedia berbagai adaptasi untuk setiap jenis pintu yang dapat dibayangkan, termasuk pintu garasi atas dan pintu hanggar pesawat. Dua jenis ditunjukkan di sini: gasket tubular dari karet padat dan gasket padat dari karet spons.

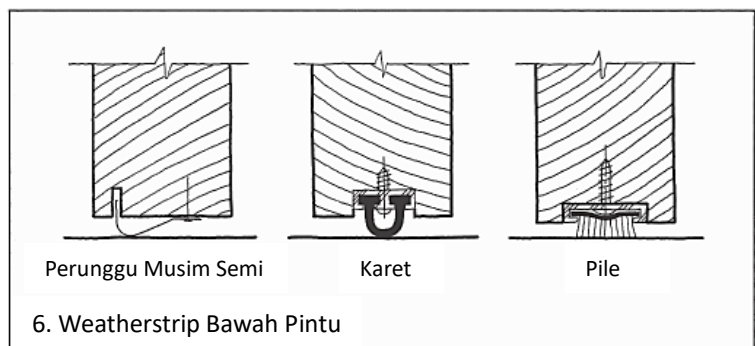
5. Weatherstrip tiang menyerupai sikat kecil yang terus-menerus dengan bulu yang sangat padat dan halus. Tiang biasanya terbuat dari serat sintesis dengan karakteristik keausan yang sangat baik, tetapi pada akhirnya akan memerlukan penggantian sebagai akibat dari abrasi atau kompresi serat. Weatherstrip tiang, karena gesekannya yang



4. Gasket Kompresi Karet



5. Tumpukan Weatherstrip



6. Weatherstrip Bawah Pintu

rendah, adalah salah satu dari sedikit jenis yang bekerja dengan baik pada sambungan jendela dan pintu geser. Tiang umumnya sangat pendek dan tidak dapat mentoleransi banyak variasi dimensi pada retakan, dibandingkan dengan weatherstripping perunggu pegas atau karet sintetis.

6. Weatherstrip bagian bawah pintu dapat berupa salah satu jenis yang telah ditunjukkan. Selain tiga contoh yang ditunjukkan di sini, ambang aluminium yang saling mengunci dengan weatherstrip di bagian bawah pintu juga tersedia. Dalam aplikasi yang sangat menuntut, bagian bawah pintu otomatis dapat digunakan. Ini adalah mekanisme yang mengangkat weatherstrip di atas ambang pintu saat pintu dibuka, dan menekannya ke bawah ke ambang pintu tepat saat pintu ditutup, mengurangi gesekan dan keausan serta memastikan segel yang sangat rapat. Mekanisme ini digerakkan oleh pendorong kecil yang menahan kusen saat pintu ditutup.

Perangkat weatherstripping diproduksi dalam berbagai macam bahan dan konfigurasi, sering kali menggunakan kombinasi jenis yang ditunjukkan di sini untuk memenuhi tuntutan khusus untuk jenis pintu dan jendela yang berbeda, dan untuk menyegel terhadap angin, asap, atau

suara. Produsen jendela dan pintu dengan hati-hati merinci weatherstrip antara rangka dan pintu serta rangka yang dapat digerakkan. Infiltrasi udara dalam rakitan pintu ayun tidak boleh melebihi 0,5 cfm/kaki persegi (2,6 L/detik/m persegi). Semua jenis bukaan lainnya dibatasi hingga 0,3 cfm/kaki persegi (1,5 L/detik/m persegi). Katalog produsen merupakan sumber informasi terkini terbaik.

BAB 3

MENGENDALIKAN ALIRAN PANAS

3.1 PENGENDALIAN PANAS DALAM DESAIN BANGUNAN

Aliran panas yang berlebihan melalui rakitan bangunan mengakibatkan pemborosan energi, investasi yang tidak perlu pada peralatan pemanas dan pendingin berukuran besar, kerusakan akibat air di musim dingin akibat kondensasi dan embun beku pada permukaan interior, dan ketidaknyamanan bagi penghuni bangunan. Dalam merinci bangunan, ada tiga cara dasar untuk meminimalkan transmisi panas dan memaksimalkan kenyamanan termal:

1. Mengendalikan konduksi panas melalui selubung bangunan.
2. Mengendalikan radiasi panas ke dan melalui selubung bangunan.
3. Memanfaatkan massa termal untuk mengatur aliran panas melalui selubung bangunan.

Masing-masing menghasilkan pola detailnya sendiri. Pola-pola tersebut akan diperkenalkan di sini, dan masing-masing akan dijelaskan lebih lengkap nanti dalam bab ini.

1. Mengendalikan Konduksi Panas

Sebagian besar bahan bangunan padat dan menghantarkan panas dengan cepat. Dalam menyusun lapisan material untuk membuat dinding, atap, lantai, fondasi, jendela, atau pintu, kita hampir selalu menyertakan satu atau lebih material berdensitas rendah dengan konduktivitas termal rendah. Pola terperinci yang berhubungan dengan pengendalian konduksi panas meliputi Isolasi Termal, Pemutus Termal, Kaca Ganda.

Ketika dipahami sebagai kelompok yang terkoordinasi dengan baik, fitur-fitur ini bergabung untuk membentuk lapisan kontrol termal dari selubung bangunan. Perancang harus dapat menggambar garis yang tidak terputus dalam denah dan bagian yang mewakili lapisan kontrol termal. Bangunan dengan lapisan kontrol termal yang berkelanjutan kemungkinan akan nyaman dan efisien untuk dioperasikan.

2. Kontrol Radiasi Panas

Ada dua sumber panas terpancar yang sangat berbeda yang harus kita kendalikan di dalam sebuah bangunan. Salah satunya adalah matahari, dan yang lainnya adalah permukaan dan benda-benda hangat di dalam dan di sekitar bangunan. Panas yang terpancar dari matahari menyinari bangunan dari satu arah pada saat tertentu, tetapi arah tersebut berubah secara konstan seiring waktu dan musim, dalam pola yang dapat kita prediksi dengan sangat akurat. Radiasi matahari ditransmisikan melalui spektrum panjang gelombang yang luas. Sebagian besar energinya berada dalam spektrum tampak dan panjang gelombang inframerah yang lebih pendek.

Panjang gelombang ini dapat dipantulkan secara efisien oleh permukaan putih dan

permukaan metalik yang terang. Radiasi matahari juga dapat diblokir secara efektif dengan perangkat peneduh sederhana. Pola detail yang berhubungan dengan pengendalian radiasi panas matahari meliputi, Permukaan Putih dan Terang, Kaca Reflektif, Permukaan dan objek yang hangat di dalam dan di sekitar bangunan memancarkan panas ke segala arah, terutama dalam panjang gelombang inframerah yang lebih panjang. Panjang gelombang ini dipantulkan secara efisien hanya oleh permukaan metalik yang terang. Pola detail yang berkaitan dengan pengendalian radiasi dari permukaan dan objek bangunan yang hangat adalah, Permukaan Reflektif dan Ruang Udara.

3. Memanfaatkan Massa Termal

Saat terpapar udara hangat atau radiasi matahari, massa besar dari material padat seperti tanah, pasangan bata, beton, dan air menyerap dan menyimpan sejumlah besar panas. Mereka melakukannya selama periode waktu yang bergantung pada ketebalan material dan sifat termalnya; dalam sebuah bangunan, periode ini biasanya bisa mencapai 12 jam. Di iklim panas dengan perbedaan suhu yang besar antara siang dan malam, kita dapat memanfaatkan penundaan ini.

Kita merinci bangunan sedemikian rupa sehingga massa termalnya menyerap panas di siang hari dan melepaskannya lagi di malam hari, yang berfungsi untuk mempertahankan kisaran suhu yang nyaman di dalam bangunan sementara suhu udara luar berfluktuasi dalam rentang yang jauh lebih luas. Massa termal juga dapat berguna dalam memungkinkan bangunan menerima sejumlah besar panas (dari radiasi matahari atau sumber internal seperti pencahayaan dan mesin) di siang hari, tanpa terlalu panas. Massa termal kemudian dapat mengembalikan panas ini ke bangunan pada malam hari, saat bangunan cenderung menjadi terlalu dingin. Pola detail yang berkaitan dengan pemanfaatan massa termal adalah, Massa Termal Terisolasi Luar.

3.2 ISOLASI TERMAL

Lebih banyak energi digunakan di seluruh dunia untuk memanaskan dan mendinginkan bangunan daripada untuk tujuan tunggal lainnya. Pengurangan konsumsi energi merupakan cara yang semakin penting untuk mengurangi biaya ekonomi dan lingkungan dari operasi bangunan. Dalam beberapa tahun terakhir, persyaratan kode mengenai isolasi termal telah meningkat secara substansial, sebuah tren yang kemungkinan akan terus berlanjut. Beberapa pemilik dan desainer menghindari biaya operasi masa depan yang tinggi dengan sengaja melampaui persyaratan isolasi termal minimum. Kami menggunakan bahan isolasi termal sebagai komponen dinding, langit-langit, dan lantai bangunan untuk mengurangi konsumsi energi dan menjaga permukaan interior pada suhu yang nyaman.

1. Konduktivitas termal suatu bahan biasanya berkorelasi langsung dengan kepadatannya, sehingga bahan isolasi bangunan hampir selalu memiliki kepadatan yang sangat rendah. Hal ini membuatnya rapuh dan mudah rusak; banyak juga yang tidak menarik bagi mata. Isolasi plastik busa sering kali mudah terbakar dan dapat mengeluarkan gas beracun saat terbakar, sehingga memerlukan lapisan bahan tahan

api. Plastik busa juga cepat rusak saat terkena sinar ultraviolet. Karena alasan ini, kami hampir selalu merinci perakitan bangunan sehingga bahan isolasi diapit di tengah, terlindungi dan tersembunyi dari pandangan oleh lapisan akhir eksterior dan interior.

2. Bahan isolasi bervariasi dalam efisiensinya: Satu inci busa fenolik memiliki ketahanan yang jauh lebih tinggi terhadap aliran panas daripada satu inci beton ringan. Tabel yang menyertainya mencantumkan ketahanan termal bahan isolasi umum. Ketahanan termal untuk bahan isolasi juga bervariasi menurut formulasi khususnya, kepadatan pemasangan, dan suhu spesifik saat ketahanan termalnya diukur. Variabel-variabel ini diwakili oleh kisaran dalam tabel. Tugas detailer termasuk memilih bahan isolasi yang dapat memberikan ketahanan termal yang diperlukan dalam jumlah ruang yang tersedia di dalam perakitan bangunan yang sedang dirinci.
3. Bahan isolasi yang paling murah, diukur dalam satuan ketahanan termal per dolar biaya pemasangan, umumnya terbuat dari serat kaca. Ini hanya dapat digunakan di lokasi kering, karena nilai insulasinya akan hilang saat basah. Serat kaca tidak boleh dipadatkan, karena efektivitasnya bergantung pada ketebalan dan kelembutannya.
4. Ketahanan termal dari insulasi yang terpasang dapat berubah seiring waktu. Insulasi isian longgar cenderung mengendap, dan beberapa insulasi busa kaku menunjukkan nilai R yang sedikit lebih rendah seiring bertambahnya usia. Detailer harus mendasarkan analisis mereka pada nilai yang memperhitungkan penuaan dan pengendapan bahan insulasi yang diantisipasi (lihat Tabel 3.1).
5. Insulasi sering kali diperlukan di lokasi basah, seperti di bagian luar dinding pondasi, di dalam dinding rongga pasangan bata, atau di rakitan atap membran yang dilindungi. Busa polistirena ekstrusi sel tertutup (XPS) adalah salah satu material yang mempertahankan sebagian besar nilai insulasinya saat dibasahi dalam jangka waktu yang sangat lama. Yang lainnya adalah insulasi papan busa kaca, yang tidak higroskopis dan tersusun dari sel-sel kaca kecil yang tak terhitung jumlahnya yang tertutup rapat.
6. Beberapa insulasi busa di tempat juga dapat berfungsi sebagai penghalang udara dan penghambat uap pada selubung bangunan, jika dipasang dengan benar. Beberapa papan busa kaku juga dapat berfungsi sebagai fungsi tambahan ini jika disegel dengan andal di bagian tepinya. Jika insulasi termal bukan juga penghambat uap, maka perancang harus memposisikan lapisan penghambat uap dengan benar dalam kaitannya dengan insulasi termal, yang disesuaikan dengan persyaratan iklim setempat. Misalnya, di daerah beriklim dingin, insulasi termal umumnya harus dipasang dengan penghambat uap di sisi dalamnya; di daerah beriklim panas dan lembap, lapisan penghambat uap dapat ditempatkan di bagian luar insulasi atau bahkan dapat dihilangkan. Lihat Penghambat Uap Sisi Hangat.
7. Insulasi Aerogel adalah gel silika dengan kepadatan sangat rendah. Insulasi ini dapat dibenamkan dalam kain serat kaca fleksibel untuk membentuk lapisan setebal 0,2 inci atau 0,4 inci. Selimut setebal (5 atau 10 mm) yang dapat dipasang dalam beberapa lapisan untuk mencapai tingkat isolasi yang diinginkan. Selimut ini dapat memberikan

ketahanan termal tertentu dengan produk yang sangat tipis dan ringan, tetapi harganya sangat mahal.

Tabel 3.1 Resistansi Termal dari Bahan Isolasi Umum (termasuk efek penuaan dan pengendapan)

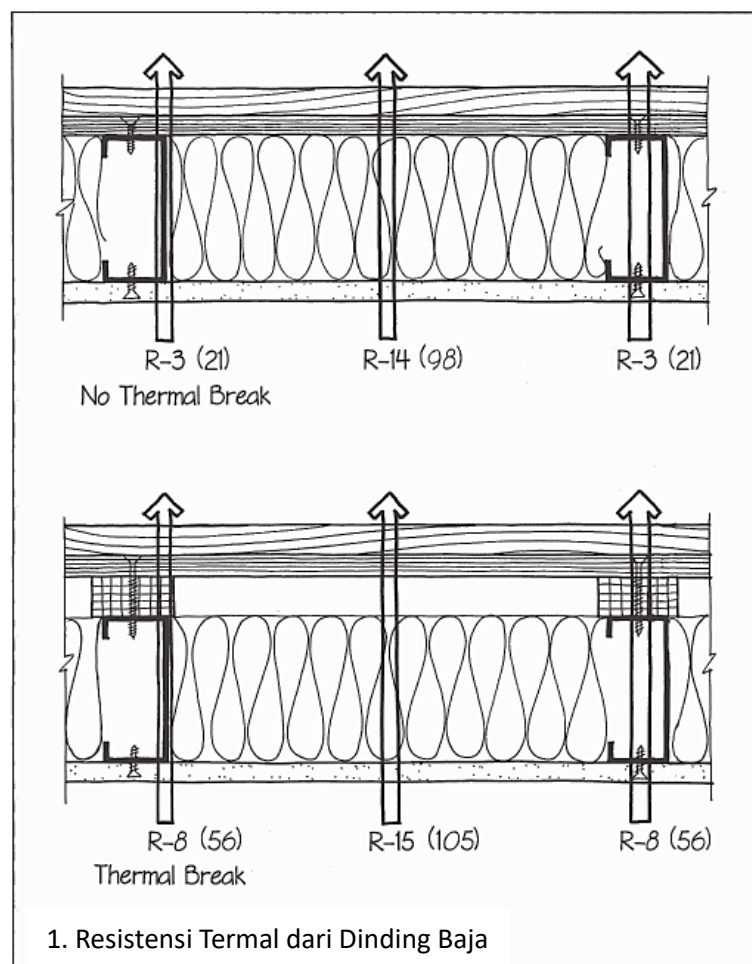
	Range		Digunakan untuk Analisis	
	$(\text{ft}^2\text{-hr-}^\circ\text{F}/\text{BTU-in})$	$(\text{m}^2\text{-}^\circ\text{K}/\text{W-m})$	$(\text{ft}^2\text{-hr-}^\circ\text{F}/\text{BTU-in})$	$(\text{m}^2\text{-}^\circ\text{K}/\text{W-m})$
Serat selulosa, isi lepas atau disemprot	3.1-4.0	22-28	3.5	25
Beton, kepadatan rendah 30 lb/ft ³ (480 kg/m ³)	1.0-1.5	7-10	1.1	7.7
Serat kaca, batts normal	2.9-3.8	20-27	3.2	22
Serat kaca atau wol mineral, batts berdensitas tinggi	3.7-4.3	26-30	4.1	29
Serat kaca, papan	2.7-2.9	19-20	2.9	20
Serat kaca, disemprotkan	3.1-4.0	22-28	3.5	25
Papan busa kaca, 7,5 lb/ft ³ (120 kg/m ³)	3.4-4.0	25-28	3.4	24
Perlite, isi lepas	2.4-3.7	17-26	2.7	19
Busa polistirena, papan ekstrusi (XPS)	4.5-5.0	32-35	5	35
Busa polistirena, papan yang diperluas (EPS)	3.6-4.2	25-29	3.8	27
Papan poliisiosianurat	5.0-6.0	35-42	6	42
Papan poliisiosianurat, berlapis foil	5.8-7.8	40-53	6.5	46
Polycynene atau poliuretan, busa berdensitas rendah	3.6-4.0	25-28	3.6	25
Poliuretana, kepadatan tinggi, busa	5.0-7.0	35-49	6	42
Gel silika aerogel, selimut	8.0-10.0	55-69	9	63

Thermal Break

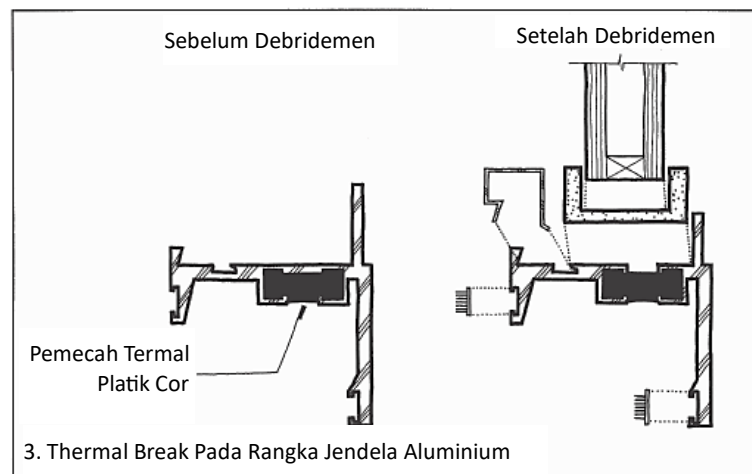
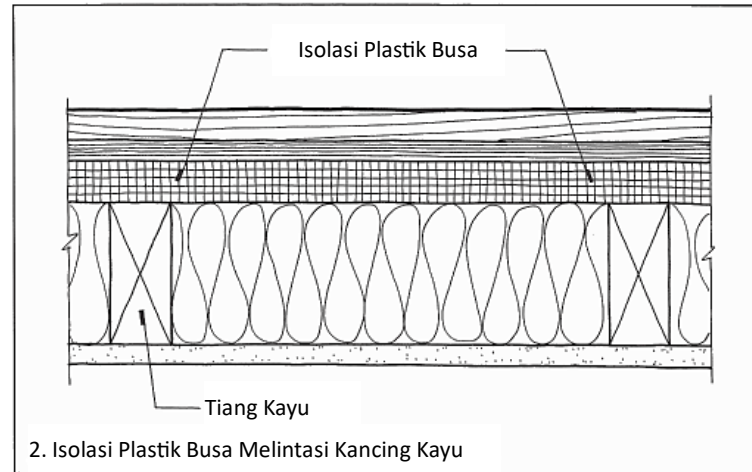
Thermal break adalah potongan bahan isolasi yang dimasukkan ke dalam rakitan bangunan untuk mencegah konduksi panas yang cepat melalui bahan padat dan sangat konduktif seperti logam, beton, dan pasangan bata. Thermal break harus disertakan, tidak hanya pada rakitan dinding dan atap, tetapi juga pada elemen apa pun yang melewatinya ke luar, seperti elemen struktural atau saluran utilitas. Thermal break menghemat energi dan menurunkan risiko terjadinya kondensasi pada permukaan dingin di dalam rakitan dinding dan atap. Kami berusaha untuk memenuhi cita-cita ini dengan membatasi elemen yang menjembatani thermal break ke elemen kecil, seperti pengencang, kabel, dan pipa kecil.

1. Ruang antara tiang baja dan kasau baja dapat diisolasi secara efektif dan ekonomis dengan bilah serat kaca, tetapi anggota rangka baja itu sendiri akan terus menghantarkan panas melalui dinding atau atap dengan kecepatan yang sangat tinggi. Anggota rangka dalam kasus ini disebut sebagai jembatan termal, yang berarti bahwa mereka menyediakan cara bagi panas untuk mengalir dengan mudah melalui rakitan yang terisolasi dengan baik, seperti jembatan jalan yang memungkinkan lalu lintas mengalir dengan mudah melintasi rintangan yang tidak dapat dilewati. Secara terperinci, kami memblokir jembatan termal potensial dengan pemutus termal, yang

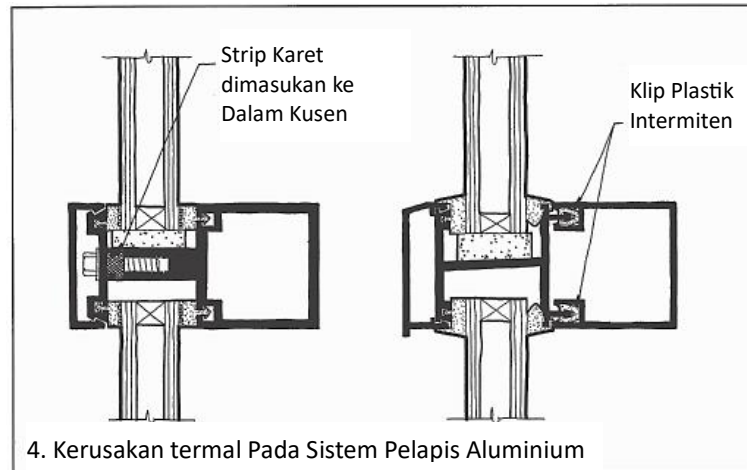
terbuat dari bahan dengan konduktivitas termal rendah. Dalam contoh yang ditunjukkan di sini, jembatan termal adalah tiang baja di dinding, dan pemutus termal terdiri dari strip busa plastik setebal 1 inci (25 mm) yang ditempatkan di antara bahan pelapis eksterior dan tiang. Meskipun salah satu pemutus termal ini mungkin tidak mengisolasi anggota rangka dengan nilai resistansi termal yang sama dengan ruang terisolasi di antara anggota, itu sangat mengurangi aliran panas melaluinya, dan itu menaikkan suhu sisi pintu anggota cukup sehingga uap air tidak akan mengembun di atasnya. Sekrup baja yang melewati pemutus termal membentuk rangkaian jembatan termal lain, tetapi penampang melintangnya sangat kecil sehingga hanya sedikit panas yang mengalir melaluinya.



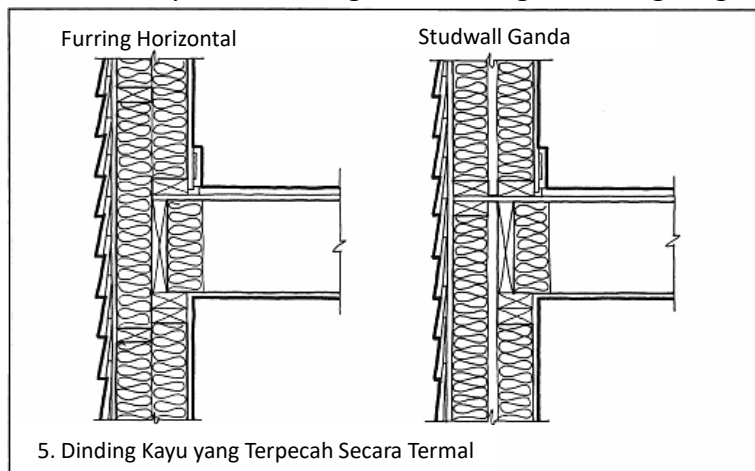
2. Meskipun kayu tidak terlalu menghantarkan panas (dibandingkan dengan logam), tiang dan kasau kayu menghantarkan panas jauh lebih cepat daripada rongga terisolasi di antara keduanya. Sekitar 15 persen dari luas dinding rangka ringan adalah rangka kayu, bukan rongga terisolasi. Di beberapa bangunan hemat energi, bidang kontinu dari insulasi busa plastik kaku ditambahkan di bagian luar atau dalam rangka sebagai penahan panas. Selain memberikan penahan panas di setiap rangka, hal ini juga meningkatkan ketahanan panas keseluruhan rakitan.



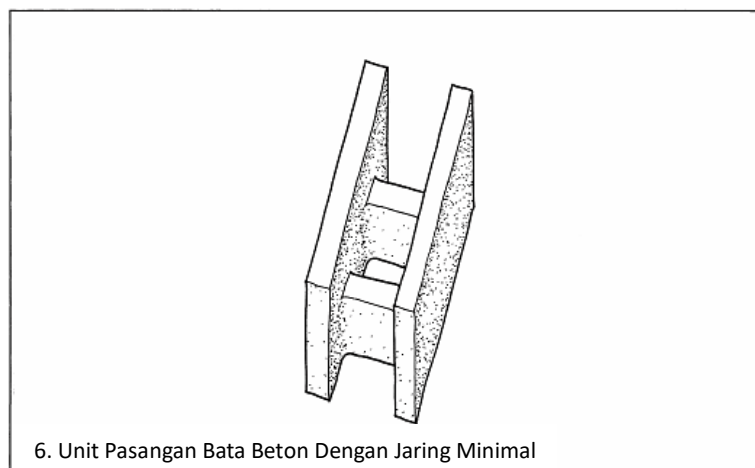
3. Aluminium menghantarkan panas bahkan lebih mudah daripada baja. Hal ini dapat menjadi masalah pada rangka jendela aluminium, rangka pintu, dan komponen pelapis, di daerah beriklim dingin. Jika aluminium terus menerus berpindah dari luar ruangan ke dalam ruangan dalam komponen ini, sejumlah besar air dan embun beku sering mengembun di permukaan bagian dalam yang dingin di musim dingin. Untuk mencegah hal ini terjadi, beberapa jenis penahan panas telah dikembangkan untuk digunakan pada rangka aluminium. Dalam contoh yang ditunjukkan di sini, plastik keras dituang ke dalam alur di anggota aluminium selama pembuatan. Kemudian alur tersebut didebridge (jembatan termal dihilangkan) dengan menggiling aluminium di bagian bawah alur. Ini hanya menyisakan pemutus termal plastik berkonduktivitas rendah untuk menghubungkan sisi dalam anggota ke sisi luar.
4. Jenis pemutus termal kedua untuk rakitan pelapis aluminium adalah strip plastik atau karet sederhana yang disisipkan di antara lapisan luar dan dalam kusen selama perakitan. Sekrup aluminium tetap menjadi jembatan termal, tetapi terlalu kecil untuk menghantarkan banyak panas. Jenis pemutus termal ketiga untuk rakitan aluminium adalah penggunaan klip plastik kecil dan terputus-putus yang memasang komponen penutup interior ke kusen.



5. Jika diperlukan isolasi termal yang lebih besar pada dinding rangka kayu ringan, maka strategi isolasi dan rangka lainnya dapat digunakan. Salah satunya adalah dengan menerapkan strip penguat horizontal dan lapisan kedua dari bilah isolasi di seluruh bagian luar atau dalam rangka. Cara lainnya adalah dengan membangun dinding rangka lain tepat di luar dinding pertama, menyisakan ruang udara kecil di antara rangka untuk bertindak sebagai penahan termal. Metode pertama mengurangi jembatan termal yang disebabkan oleh rangka kayu menjadi hanya sekitar 4 persen dari luas dinding. Metode kedua dapat menurunkan luas jembatan menjadi kurang dari 1 persen.



6. Unit pasangan bata beton berongga dapat diisolasi dengan mengisi intinya dengan isolasi pengisi granular atau sisipan busa plastik, tetapi jaring unit bertindak sebagai



jembatan termal. Banyak skema berbeda telah diciptakan untuk meminimalkan jembatan ini. Beberapa jenis unit pasangan bata berpemilik telah dirancang dengan jaring yang penampang melintangnya sekecil yang memungkinkan secara struktural,

untuk mengurangi efek jembatan termal.

7. Pendekatan umum untuk masalah jembatan termal pada pasangan bata beton adalah

dengan melapisi dinding pasangan bata di bagian dalam dan mengisolasi di antara strip pelapis. Metode ini juga dapat digunakan pada dinding beton. Menempatkan isolasi di bagian dalam pasangan bata atau dinding beton akan

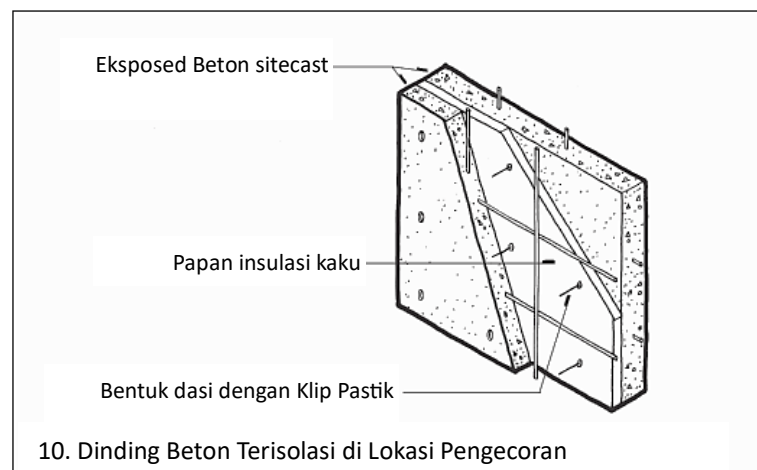
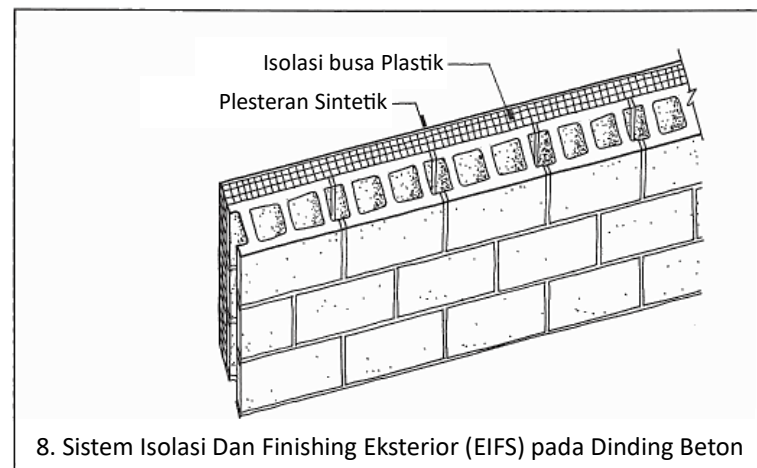
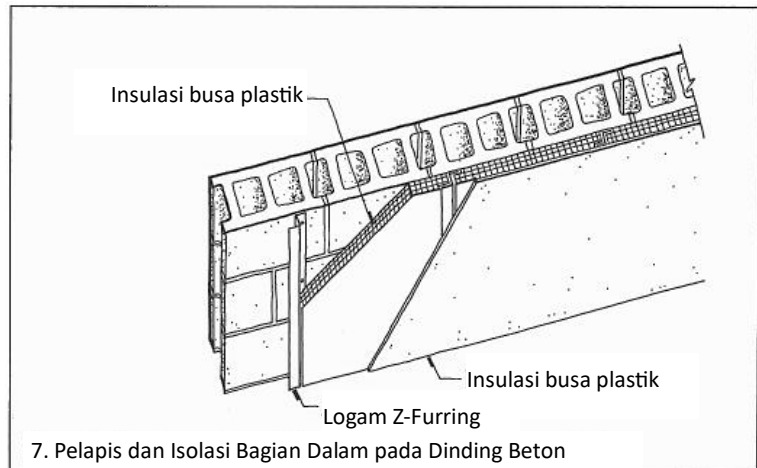
meniadakan nilai massa termal bahan-bahan tersebut; lihat Massa Termal Terisolasi Luar, di bagian akhir bab ini, untuk pembahasan lengkap.

8. Pendekatan generik lainnya adalah melapisi bagian luar dinding pasangan bata dengan sistem insulasi dan pelapis eksterior (EIFS) yang terdiri dari lapisan insulasi papan busa plastik yang terus-menerus yang direkatkan ke bagian luar dinding pasangan bata dan dilapisi dengan pelapis semen sintetis.

9. Dalam konstruksi dinding rongga pasangan bata, lapisan insulasi busa yang terus-menerus dapat ditempatkan pada permukaan bagian dalam rongga, untuk menghilangkan jembatan

termal pada unit pasangan bata beton dan membatasi jembatan termal secara keseluruhan hanya pada tulangan sambungan logam di antara kedua wythes.

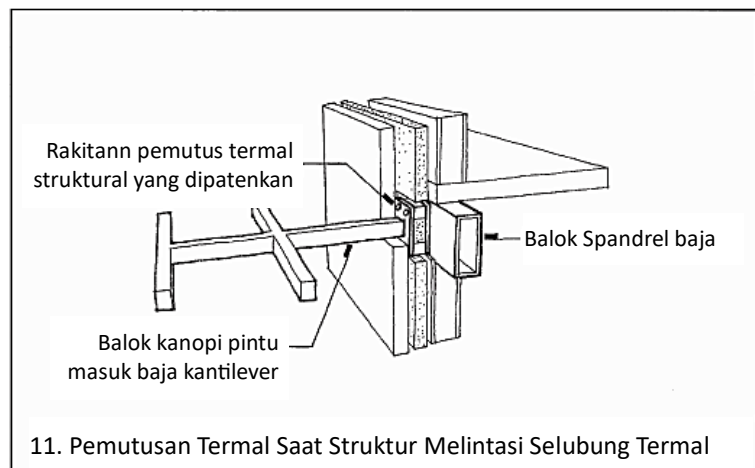
10. Dalam konstruksi dinding beton cor di lokasi di mana kedua permukaan beton akan



terlihat, pemutusan termal sangat sulit dicapai. Untuk membuat pemutusan termal pada dinding seperti itu, beton dapat dicor dalam dua lapisan sekaligus, dengan lapisan insulasi papan busa plastik yang terus-menerus diikat dengan kuat di antara keduanya, di dalam bekisting. Beton harus ditempatkan dengan hati-hati secara merata di kedua sisi insulasi, untuk menghindari pergerakan insulasi. Beton di sisi interior biasanya merupakan elemen struktural utama, sedangkan lapisan luar terutama merupakan pelapis dinding eksterior. Atau, lapisan beton dapat dibentuk dan dicor secara terpisah. Rangkaian berlapis serupa dapat diproduksi dengan lebih mudah pada panel beton pracetak berinsulasi. Dalam hal ini, lapisan-lapisan dicor secara berurutan secara horizontal di pabrik, dengan jeda singkat di antara penempatan lapisan-lapisan tersebut. Dalam kedua kasus tersebut, ikatan baja atau tulangan merupakan satu-satunya jembatan termal yang melewati pemutus termal, tetapi keduanya merupakan bagian yang sangat kecil dari luas dinding.

11. Pemutus termal dapat digunakan pada sambungan rangka baja tempat elemen struktural konduktif termal yang padat melewati selubung termal bangunan.

Contohnya adalah balok baja kantilever yang menopang kanopi pintu masuk, atau sudut rak baja yang melewati lapisan insulasi untuk menopang lapisan batu bata. Solusi siap pakai yang eksklusif untuk sambungan penting ini dapat digunakan untuk mematuhi persyaratan



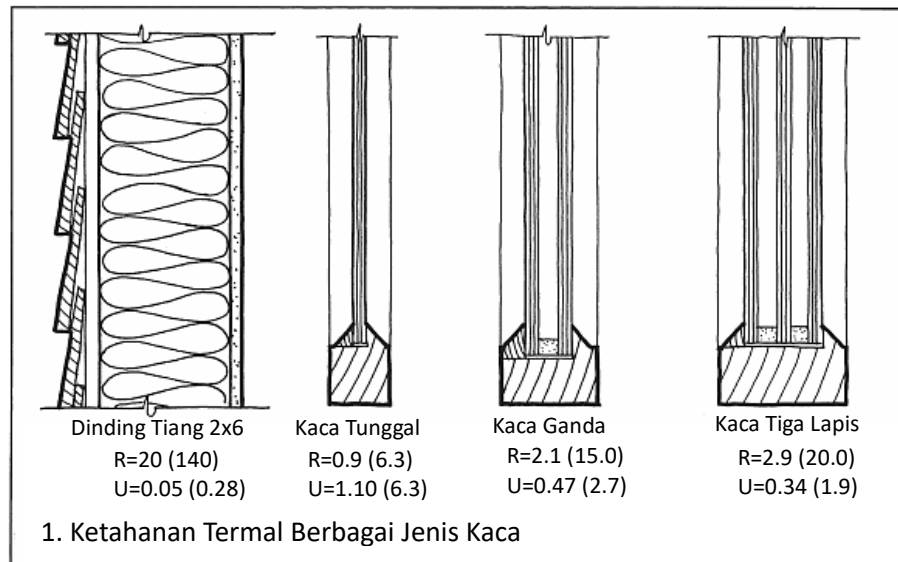
insulasi termal yang ketat, tanpa mengorbankan kemampuan struktural. Dalam contoh yang ditunjukkan, perangkat keras dan busung baja tahan karat khusus mentransfer beban dengan penampang yang relatif kecil, meminimalkan pelanggaran bidang insulasi termal yang tadinya kontinu. Baja tahan karat digunakan karena resistansi termalnya sekitar tiga kali lebih besar daripada baja karbon. Sambungan eksklusif seperti ini mahal, tetapi dapat dibenarkan dengan biaya pengoperasian yang lebih rendah, terutama di iklim panas atau dingin.

3.3 KACA GANDA

Kaca merupakan isolator termal yang buruk. Untuk jendela yang lebih efisien secara termal, dua atau lebih lapisan kaca dapat dipasang dengan ruang di antaranya. Prinsip yang dibahas di sini berlaku untuk produk kaca dan kaca polimer, seperti polikarbonat dan akrilik.

1. Sehelai kaca menghantarkan panas sekitar 20 kali lebih cepat daripada dinding yang

diisolasi dengan baik. Jika selembar kaca kedua ditambahkan, dengan ruang udara di antara kedua lembar (kaca ganda), aliran panas yang cepat ini berkurang setengahnya. Jika selembar kaca ketiga dan ruang udara kedua ditambahkan (kaca rangkap tiga), aliran keseluruhannya sekitar sepertiga dari aliran untuk selembar kaca tunggal. Ketebalan ruang udara, asalkan setidaknya 3/8 in. (9 mm), membuat perbedaan yang relatif kecil dalam kemampuan isolasinya.



Kaca ganda dapat dibuat dengan menambahkan selembar kaca yang dapat dilepas di bagian luar (jendela badai) atau di dalam jendela. Namun, dalam kebanyakan kasus, lebih memuaskan untuk menggunakan unit kaca isolasi ganda atau rangkap tiga (IGU) yang telah dirakit di pabrik. Unit-unit ini memiliki segel kedap udara di sekeliling tepinya, udara kering atau gas dengan konduktivitas rendah di antara panel kaca, dan sisipan kristal gel silika di segel tepi untuk menghilangkan kelembapan yang keluar dari udara yang terperangkap. Ini menghindari masalah debu dan kondensasi di antara panel, serta kebutuhan untuk mencuci permukaan interior.

2. Masalah utama dengan unit kaca ganda konvensional adalah bahwa unit tersebut masih sangat konduktif terhadap panas jika dibandingkan dengan dinding yang terisolasi dengan baik. Lebih banyak lembar kaca dan lebih banyak ruang udara dapat ditambahkan, tetapi unit kaca menjadi tebal dan berat, dan setiap lapisan berikutnya yang ditambahkan ke rakitan memberikan nilai isolasi tambahan yang lebih sedikit daripada yang sebelumnya. Oleh karena itu, beberapa jalur lain sering diikuti untuk meningkatkan ketahanan termal dari beberapa unit kaca.

Kode bangunan tempat tinggal yang preskriptif membatasi faktor-U dari rakitan jendela menjadi 0,32 hingga 0,40, tergantung pada zona iklim. Untuk mematuhi, produsen melengkapi beberapa kaca dengan strategi perincian tambahan. Banyak produsen rakitan

jendela dan skylight menggunakan satu atau beberapa hal berikut:

- Lembaran kaca interior dari film plastik yang sangat tipis, tahan lama, dan sangat transparan. Ini menambah ruang udara statis, sambil menambahkan sedikit ketebalan dan hampir tidak ada bobot.
- Pengisi gas yang tidak beracun dan berkonduktivitas rendah, biasanya argon atau kripton, sebagai pengganti udara kering di antara kaca.
- Pelapis emisivitas rendah (low-E) pada permukaan bagian dalam kaca. Pelapis yang sangat tipis secara mikroskopis ini biasanya diformulasikan untuk digunakan di iklim dingin, agar sangat transparan terhadap panjang gelombang cahaya dan panas matahari tetapi memantulkan panjang gelombang inframerah yang lebih panjang yang merupakan karakteristik panas yang terpancar dari bagian dalam bangunan. Untuk penggunaan di gedung-gedung yang masalah utamanya adalah pendinginan di musim panas, rumus lain digunakan untuk menghasilkan lapisan yang memantulkan sebagian besar panas matahari. Paparan sinar matahari pada gedung mungkin memerlukan lapisan yang sedikit berbeda dari yang tidak terkena sinar matahari langsung. Produsen dapat mengakomodasi perbedaan kecil dalam spesifikasi lapisan, tanpa perubahan yang kentara pada tampilan jendela.
- Detail pemisah tepi antara lembaran kaca yang kurang menghantarkan panas dibandingkan dengan spline logam konvensional.
- Pemutus termal fiberglass di dalam rangka dan kusen dinding gorden.

Pada tulisan ini, unit kaca ganda yang paling efisien secara termal, dengan memanfaatkan kombinasi perangkat ini, mencapai nilai isolasi keseluruhan produk hingga R-10 (70) atau U-0,10 (0,57) sekitar 50 persen sebaik dinding yang terisolasi dengan baik. Lihat literatur produsen untuk informasi lebih lanjut mengenai kemajuan dalam jendela dan kaca. Saat mengevaluasi jenis jendela alternatif untuk ketahanan termalnya, penting bagi kita untuk membandingkan nilai uji untuk seluruh unit jendela, bukan hanya untuk bagian tengah kaca saja. Nilai keseluruhan produk mencakup efek kaca, segel tepi, dan rangka, sedangkan nilai bagian tengah kaca hanya terkait dengan kaca itu sendiri.

Permukaan Putih dan Cerah

Permukaan metalik cerah dan permukaan putih cerah sangat efektif dalam memantulkan panas matahari dari bagian luar bangunan. Sebaliknya, permukaan gelap menyerap energi radiasi dari matahari dan mengubahnya menjadi panas. Permukaan bangunan yang terpapar sinar matahari harus dipilih dengan mempertimbangkan tujuan keseluruhan bangunan untuk pencahayaan, pemanasan, dan pendinginan.

1. Tabel terlampir menunjukkan kemampuan berbagai permukaan untuk memantulkan panas matahari. Bangunan yang dicat putih atau dicat putih akan tetap jauh lebih sejuk di musim panas daripada bangunan berwarna gelap. Penutup atap yang berwarna putih cerah atau logam cerah akan sangat membantu dalam menjaga panas matahari keluar dari bangunan, terutama jika dibandingkan dengan atap berwarna hitam atau

gelap. Dinding gorden yang memiliki lapisan metalik putih atau cerah tidak akan mengalami rentang suhu yang besar seperti yang lebih gelap, sehingga tidak terlalu rentan terhadap pemuaian dan penyusutan yang ekstrem. Warna yang sangat terang agak efektif dalam memantulkan panas matahari. Warna sedang hingga gelap cenderung menyerap panas matahari daripada memantulkannya. Permukaan putih atau metalik yang telah teroksidasi, berkapur, atau menjadi kotor menjadi penyerap daripada memantulkan, jadi pembersihan dan pelapisan ulang secara teratur penting dilakukan.

Material berwarna terang cenderung menyebarkan energi ke berbagai arah, tetapi permukaan planar yang sangat memantulkan dapat mengarahkan energi radiasi ke lanskap atau bangunan lain di dekatnya, yang menyebabkan silau atau meningkatkan suhu di ruang publik, pada permukaan, dan bahkan di dalam bangunan di dekatnya. Adalah bijaksana bagi perancang untuk memverifikasi bahwa energi yang dipantulkan tidak akan membahayakan lanskap atau bangunan di dekatnya.

Beberapa yurisdiksi telah mengadopsi peraturan yang membatasi pantulan matahari pada permukaan atap sebagai sarana untuk mengurangi efek pulau panas. Salah satu standar tersebut mengharuskan permukaan atap yang berusia minimal 3 tahun memiliki pantulan matahari minimal 30 persen jika atap memiliki kemiringan lebih dari 2:12, dan minimal 55 persen jika kemiringan 2:12 atau kurang.

Tabel 3.2 Perkiraan Persentase Reflektansi Matahari Pada Berbagai Permukaan

Membran atap dingin termoplastik putih, baru	90%
Membran atap dingin termoplastik putih, lapuk	85%
Aluminium, dipoles, baru	85%
Cat aluminium, baru	80%
Cat putih	80%
Membran atap karet putih, TPO, baru	75%
Tembaga atau kuningan, dipoles, baru	70%
Film Kynar® PVDF putih pada logam, baru	65%
Beton putih	60%
Marmer putih	55%
Baja tahan karat, 301, 316	55%
Cat aluminium, lapuk	50%
Bata merah	45%
Tembaga atau kuningan, lapuk	35%
Baja, galvanis, baru	35%
Beton, abu-abu alami, tidak lapuk	35%
Ubin tanah liat merah	30%
Cat cokelat, merah, hijau, abu-abu tua	30%

Sirap aspal putih	25%
Tumbuhan	25%
Baja, galvanis, lapuk	20%
Pasir	20%
Membran atap karet hitam, atap yang dibangun	15%
Kayu yang tidak dicat, pinus, tidak lapuk	10%
Air	10%
Cat hitam	10%

Kaca Reflektif

Jendela yang bersifat reflektif dapat menghalau sebagian besar panas matahari sebelum memasuki bangunan. Produk kaca dan kaca polimer dapat diformulasikan atau dilapisi untuk memberikan pemandangan dan tingkat cahaya matahari dan pemanasan yang diinginkan tanpa menimbulkan panas atau silau yang berlebihan.

Tabel 3.3 Perkiraan Perolehan Panas Matahari dan Koefisien Bayangan dari Bahan Kaca Umum

Semua produk kaca memiliki ketebalan 1/4 in. (6 mm) kecuali yang disebutkan.	Jumlah Lapisan	Koefisien Perolehan Panas Matahari	Koefisien Bayangan
Kaca bening	1	0,85	0,65-0,94
	2	0,70	0,55-0,80
	3	0,52	0,50-0,60
Kaca berwarna, abu-abu, berbagai pilihan pewarnaan	1	0,43-0,78	0,48-0,68
	2	0,41-0,62	0,38-0,55
Kaca bening, lapisan low-E, berbagai pilihan pelapisan	1	0,17-0,50	0,19-0,57
	2	0,27-0,63	0,30-0,65
	3	0,24-0,60	0,25-0,55
Kaca reflektif, berbagai pilihan pelapis	1	0,10-0,30	0,15-0,35
	2	0,20-0,60	0,29-0,41
Lembaran polikarbonat, bergelombang, bening, 0,04 in. (1 mm)	1	0,85-1,00	0,70-0,86
bergelombang, berwarna, 0,04 in. (1 mm)	1	0,49-0,75	0,42-0,79
lembaran multidinding, bening, 0,33 in. (8 mm)	3	0,69	0,77
lembaran multiwall, berwarna, 0,33 in. (8 mm)	3	0,49-0,67	0,30-0,52
lembaran multidinding, reflektif inframerah, 0,33 in. (8 mm)	3	0,39	0,45

- (1) Kaca bening mentransmisikan sebagian besar sinar matahari yang menyinarinya, dan sebagian besar panas matahari juga. Kaca apung standar yang tidak dilapisi memantulkan sekitar 8 persen sinar matahari yang mengenainya. Pelapis antipantulan dapat diaplikasikan pada kaca untuk mengurangnya hingga hanya 2 persen, yang

mungkin diinginkan untuk kaca di atas kolektor surya, di mana transmisi energi maksimum diinginkan. Namun, jendela kaca bening yang tidak berorientasi dengan baik dan tidak memiliki naungan dapat menjadi sumber utama ketidaknyamanan di musim panas dan biaya pendinginan yang tinggi di dalam gedung. Kaca berwarna, juga disebut kaca "penyerap panas", dapat mengurangi transmisi panas matahari dari jendela hingga seperempat hingga setengahnya, tetapi sebagian besar panas yang diserap diteruskan ke udara ruangan dalam. Kaca reflektif, yang memiliki lapisan metalik pada satu permukaannya, dapat memantulkan panas matahari sebelum memasuki bangunan, dan sangat efektif dalam menjaga suhu interior yang nyaman dengan biaya pendinginan yang rendah. Produk kaca dapat dibuat yang memantulkan bagian tertentu dari spektrum yang terlihat, serta bagian yang berada di luar rentang ini. Pelapis emisivitas rendah (low-E) yang tidak terlihat (lihat Multiple Glazing, sebelumnya dalam bab ini) juga dapat memantulkan energi radiasi, tetapi memungkinkan lebih banyak energi tersebut masuk daripada sebagian besar jenis kaca reflektif.

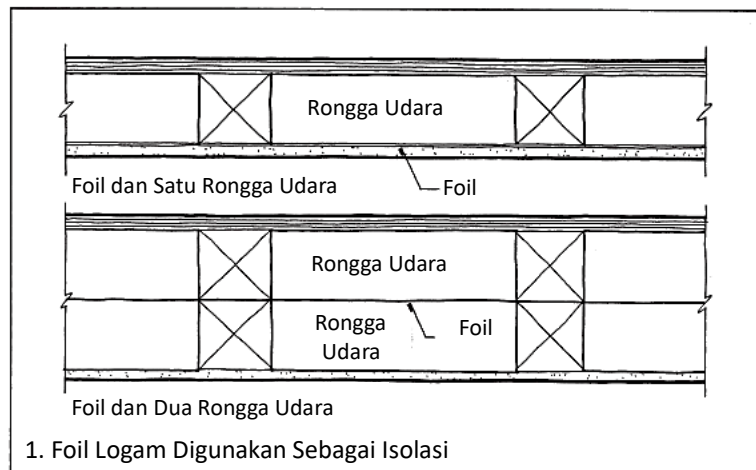
- (2) Saat memilih kaca, gunakan angka koefisien perolehan panas matahari (SHGC) dari katalog produsen untuk mengevaluasi kemampuan relatif berbagai jenis kaca dalam mengendalikan perolehan panas matahari. SHGC memperhitungkan panas dari sinar matahari yang melewati kaca dan panas yang dihantarkan dari luar melalui kaca ke udara ruangan. SHGC yang rendah menunjukkan bahwa lebih sedikit panas yang masuk ke dalam bangunan. Kode bangunan menetapkan nilai SHGC maksimum untuk setiap zona iklim.
- (3) Angka koefisien naungan dari produsen adalah rasio perolehan panas karena sinar matahari yang melewati suatu produk dibandingkan dengan satu liter kaca bening setebal 1/8 in. (3 mm). Angka tersebut tidak termasuk panas yang dihantarkan melalui kaca. Koefisien naungan sebesar 0,35, misalnya, berarti bahwa kaca tersebut hanya akan menerima 35 persen panas matahari sebanyak kaca bening berkekuatan ganda (ketebalan 1/8 in., atau 3 mm), dan setengah dari panas sebanyak kaca yang memiliki koefisien naungan sebesar 0,70. Koefisien naungan kaca reflektif sebagian besar bergantung pada kerapatan lapisan logamnya.
- (4) Beberapa lapisan yang membuat produk kaca memantulkan energi matahari bersifat keras dan tahan lama. Namun, banyak lapisan lainnya yang rentan tergores; oleh karena itu, lapisan tersebut harus berada di sisi rongga unit kaca berlapis ganda. Ikuti rekomendasi produsen mengenai permukaan kaca mana yang akan dilapisi. Beberapa pelapis hanya tersedia dengan unit kaca isolasi, karena pelapis akan rusak jika berada pada permukaan yang dibersihkan berulang kali.
- (5) Detailer harus mengingat beberapa masalah potensial yang sering dikaitkan dengan kaca reflektif. Kaca reflektif dapat memantulkan sinar matahari ke mata pejalan kaki dan pengendara. Kaca reflektif dan kaca low-E dapat menyebabkan masalah panas berlebih akibat sinar matahari di gedung-gedung yang berdekatan dan ruang luar

dengan memantulkan sinar matahari ke permukaan yang tidak akan menerimanya. Jika kaca tersebut menciptakan pantulan lingkungan alam yang terlalu sempurna, permukaan kaca reflektif dapat disalahartikan oleh burung sebagai jalur terbang yang aman. Frit dan pola khusus dapat digunakan saat membuat produk kaca reflektif, untuk membuat fasad terlihat oleh burung yang terbang di dekat gedung. Kaca reflektif memberikan privasi penuh pada bagian dalam gedung pada siang hari, tetapi pada malam hari, saat lampu interior menyala, kaca tersebut tampak dari luar sebagai kaca yang gelap tetapi transparan, dan bagian dalam gedung sepenuhnya terlihat oleh orang yang lewat.

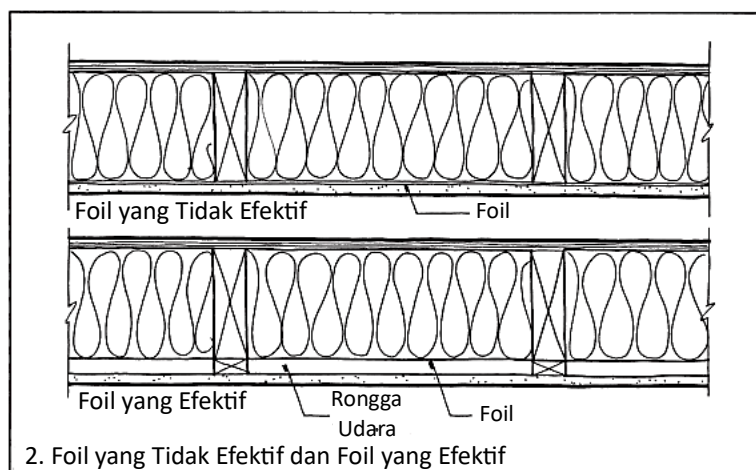
3.4 PERMUKAAN DAN RUANG UDARA YANG MEMANTULKAN

Lembaran atau foil logam yang cerah merupakan reflektor yang sangat baik untuk energi panas yang terpancar pada panjang gelombang apa pun, dan dapat digunakan di dalam rakitan atap atau dinding untuk mengurangi aliran panas ke dalam bangunan. Namun, agar efektif, foil tersebut harus menghadap ruang udara yang bersih dengan ketebalan minimal $\frac{1}{2}$ in. (13 mm), dan harus tetap bersih.

1. Foil aluminium yang cerah pada konstruksi dinding atau atap dengan ruang udara 1 in. (25 mm) di satu sisi memiliki nilai isolasi sekitar R-2 (R-14 dalam satuan SI). Jika foil tersebut cerah pada kedua sisi dan memiliki ruang udara di kedua sisi, nilai isolasinya kira-kira dua kali lebih besar.

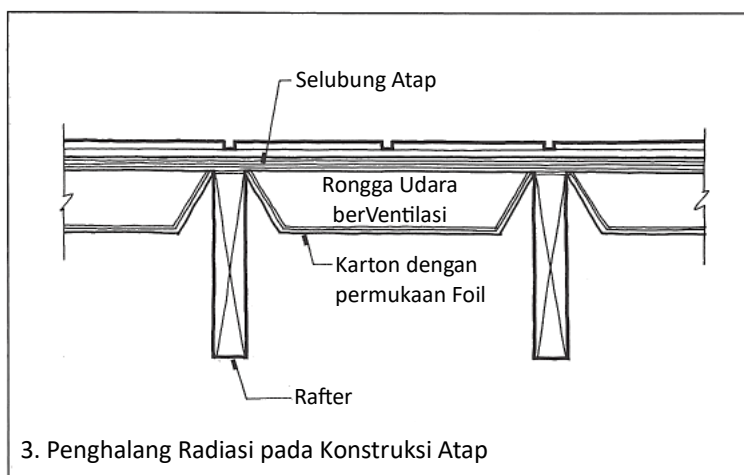


2. Foil logam cerah yang diapit rapat di antara dua potong bahan bangunan tidak memiliki nilai isolasi. Foil reflektif yang digunakan sebagai pelapis pada lapisan isolasi tidak memiliki nilai isolasi jika dipasang rapat pada bagian belakang bahan pelapis dinding interior. Namun, jika lapisan dinding diberi bulu untuk menyediakan ruang udara, lapisan foil akan menambah ketahanan termal lapisan



isolasi secara signifikan. Demikian pula, papan dinding gipsum yang dilapisi foil tidak akan memperoleh nilai isolasi dari foil jika papan dipasang dengan rapat pada lapisan isolasi. Jika papan diberi jarak dari isolasi pada strip bulu, atau jika ada ruang di belakang papan di antara tiang dinding, foil akan menjadi efektif.

3. Pada rakitan atap yang terisolasi dengan baik, penghalang radiasi hanya sedikit meningkatkan kinerja termal secara keseluruhan. Biaya pemasangan penghalang radiasi pada bangunan seperti itu umumnya lebih baik diarahkan pada isolasi termal tambahan. Namun, pada rakitan yang terisolasi dengan baik, atau pada atap yang tidak terisolasi, seperti garasi atau bangunan luar, permukaan foil yang cerah menjadi penghalang panas radiasi yang sangat baik di antara kasau. Beberapa produk



jenis ini tersedia secara komersial. Yang ditunjukkan di sini adalah foil aluminium cerah yang dilaminasi pada alas karton, dikonfigurasi sehingga membentuk saluran udara tepat di bawah selubung atap bangunan rangka kayu ringan. Ini sangat efektif dalam mencegah panas matahari ditransmisikan dari atap ke ruang di bawahnya, menghalangi sebanyak 40 persen perolehan panas musim panas.

Ruang udara antara foil dan selubung berfungsi sebagai (1) ruang kosong tempat satu sisi foil dapat memantulkan, dan (2) ruang udara berventilasi untuk membawa pergi panas matahari. Di musim dingin, lapisan foil berfungsi sebagai insulasi tambahan untuk menghambat aliran panas keluar dari gedung ke udara luar yang dingin.

Lapisan foil berfungsi demikian, bukan hanya karena lapisan foil merupakan penyerap yang buruk (yaitu, reflektor yang baik) terhadap energi radiasi, tetapi juga karena lapisan foil merupakan pemancar yang buruk, yang berarti lapisan foil tidak memancarkan panas secara efektif ke luar angkasa. Faktanya, laju penyerapan dan laju pemancarannya sama persis, yang berarti tidak ada perbedaan arah aliran panas melalui lapisan foil yang menghadap ke ruang udara; lapisan foil akan sama efektifnya dalam menghalangi aliran panas ke kedua arah.

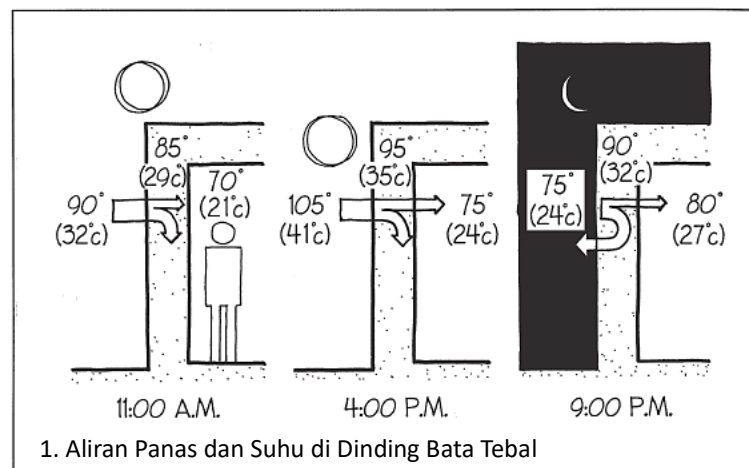
4. Kualitas reflektif dari permukaan logam yang cerah berkurang dengan cepat saat permukaannya menjadi berdebu atau kusam. Foil di ruang udara kering yang statis umumnya akan tetap bersih dan mempertahankan efektivitas termalnya lebih baik daripada foil di aliran udara yang bersirkulasi.
5. Foil logam merupakan penghambat uap yang sangat baik, dan di daerah beriklim dingin, foil logam dapat dipasang di sisi dinding atau rakitan atap yang hangat untuk memenuhi kedua fungsi tersebut (lihat Penghambat Uap Sisi Hangat, Bab 4). Jika

permukaan foil reflektif harus digunakan di tempat yang tidak memerlukan penghambat uap, foil tersebut harus dilubangi agar uap air dapat lewat dengan bebas.

3.5 MASSA TERMAL TERISOLASI DI LUAR

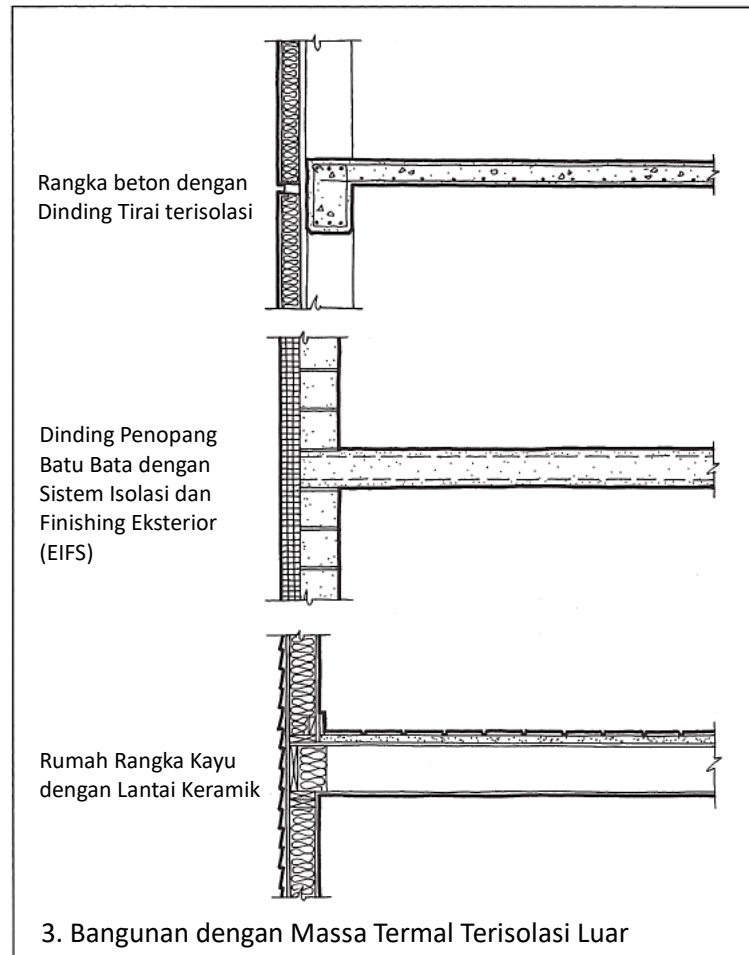
Kemampuan material masif seperti beton, pasangan bata, dan tanah untuk menyimpan sejumlah besar panas dapat dimanfaatkan untuk menciptakan bangunan yang mudah dipanaskan dan didinginkan.

1. Dinding tebal dan atap berat bangunan adobe tradisional tanpa insulasi di iklim gurun menyerap sejumlah besar panas di siang hari, baik dari matahari maupun dari udara luar yang panas. Panas ini menghangatkan material adobe lapis demi lapis, dimulai dari luar dan bergerak perlahan ke dalam. Namun, setelah matahari terbenam, udara luar dengan cepat mendingin, langit malam menjadi penyerap panas, dan bagian luar struktur adobe mulai memancarkan dan mengalirkan kembali panas yang tersimpan ke luar ruangan. Jika dinding atau atap cukup tebal, ini terjadi sebelum panas siang hari telah menjaral melalui adobe ke bagian dalam bangunan. Sebagian besar panas tersimpan yang bergerak maju melalui dinding dan atap berputar balik perlahan dan menghilang ke luar ruangan selama malam yang dingin. Bagian dalam bangunan tetap berada dalam kisaran suhu udara yang relatif sempit dan nyaman. Bata adobe berfungsi sebagai massa termal, yaitu, sebagai bahan penyerap panas dalam jumlah besar yang dapat digunakan untuk mengatur suhu bagian dalam.



2. Di iklim yang panas dan lembap, udara luar tidak terlalu dingin di malam hari, dan massa termal yang tidak berinsulasi tidak banyak berguna. Massa termal yang tidak berinsulasi juga tidak berguna di iklim musim dingin yang dingin baik siang maupun malam. Massa termal ini paling efektif di iklim yang memiliki siang hari yang hangat dan malam yang sejuk sepanjang tahun.
3. Jika lapisan insulasi termal ditambahkan ke bagian luar bangunan masif, seperti struktur batu bata atau beton biasa, massa tersebut menjadi efektif di hampir semua iklim, karena massa tersebut menjadi "roda gila" termal yang menstabilkan suhu

interior bangunan meskipun ada masukan panas jangka pendek.



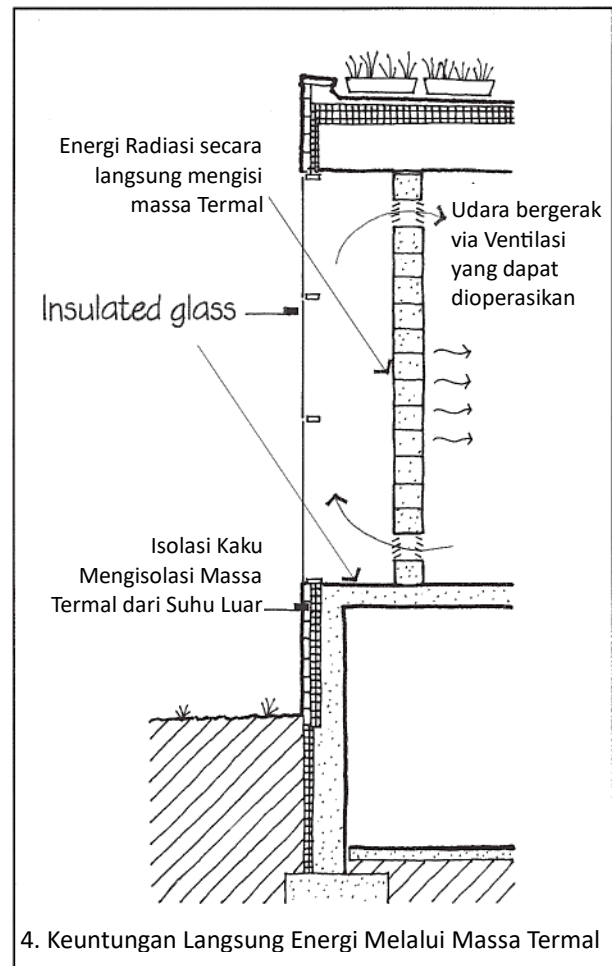
Bangunan dengan massa termal yang diisolasi dari luar dapat menerima sejumlah besar panas matahari melalui jendela selama hari musim dingin dan tetap mempertahankan suhu udara dalam ruangan yang nyaman, karena beton dan batu bata menyerap dan menyimpan sebagian besar panas. Ketika udara interior mendingin di malam hari, massa tersebut perlahan-lahan mengembalikan panas yang tersimpan ini untuk menstabilkan suhu dalam ruangan.

Mesin penghasil panas seperti peralatan kantor yang hanya beroperasi selama sebagian hari dapat dioperasikan tanpa membuat bangunan menjadi terlalu panas; sebagian besar panas berlebih disimpan dalam massa termal struktur untuk digunakan saat bangunan membutuhkannya. Lapisan luar insulasi juga memiliki keuntungan menstabilkan gerakan termal dalam rangka dan permukaan bangunan, menghilangkan sebagian besar pemuai dan penyusutan yang merupakan karakteristik struktur bangunan yang terpapar udara luar.

Salah satu contoh umum massa termal yang diisolasi dari luar adalah bangunan rangka beton bertulang yang sepenuhnya tertutup oleh panel dinding gorden yang diisolasi dengan baik. Contoh lainnya adalah bangunan dinding penahan batu bata yang dilapisi dengan sistem insulasi dan pelapis eksterior (EIFS). Contoh ketiga adalah rumah rangka kayu dengan perapian

batu bata besar atau lantai keramik tebal.

4. Massa termal dapat dimanfaatkan dengan baik dalam strategi pemanasan pasif bangunan ketika energi radiasi matahari mengisi massa secara langsung. Strategi "perolehan langsung" ini umumnya melibatkan penempatan jendela yang berorientasi tepat sehingga sinar matahari dapat melewatinya, kemudian mengenai permukaan lantai dan dinding massa termal. Dalam contoh ini, pelat lantai beton dan dinding pasangan bata beton sama-sama terkena sinar matahari langsung yang masuk melalui jendela tinggi. Ventilasi di dinding pasangan bata memungkinkan penghuni untuk mengalirkan udara ruangan ke zona antara jendela dan dinding pasangan bata sesuai kebutuhan untuk membuat ruangan terasa nyaman. Dinding ruang bawah tanah dan pelat



lantai dalam contoh ini juga berkontribusi terhadap massa termal bangunan.

Lapisan insulasi busa kaku yang terus menerus di luar dinding pondasi mengisolasi massa bangunan dari suhu luar yang berfluktuasi. Kecuali di zona iklim permafrost, kode energi hanya mengharuskan dinding pondasi diisolasi secara termal hingga kedalaman 10 kaki (3 m), karena tanah dalam cukup jauh dari suhu yang berfluktuasi dan dapat menjadi bagian dari massa termal bangunan. Namun, dalam contoh ini, atap yang ditumbuhi tanaman tidak dihitung sebagai bagian dari massa termal, karena berada di luar lapisan insulasi termal bangunan dan terpapar pada suhu luar yang berfluktuasi.

5. Massa termal tidak akan mengendalikan suhu udara interior sedekat termostat dan sistem pemanas dan pendingin mekanis, tetapi selama musim semi dan musim gugur, massa termal dapat mempertahankan perubahan suhu harian hanya beberapa derajat di kedua arah dari suhu optimal, dan massa termal akan membantu sistem kontrol kenyamanan bangunan mempertahankan suhu yang nyaman selama sisa tahun tersebut.
6. Bangunan dengan massa termal yang diisolasi dari luar harus dirancang dengan kerja sama yang erat dengan perancang sistem pemanas dan pendingin bangunan. Desain

yang sangat masif mungkin tidak sesuai untuk bangunan yang dipanaskan atau didinginkan secara berkala—seperti rumah ibadah, yang mungkin hanya dipanaskan satu hari per minggu, atau pondok ski akhir pekan—karena massa termal membuat bangunan menjadi sangat lambat memanas. 7. Agar efektif sepenuhnya, massa termal harus terpapar langsung ke udara dalam ruangan. Karpet, langit-langit gantung, dan dinding berbulu semuanya mengurangi efektivitas bangunan besar.

BAB 4

PENGENDALIAN UAP AIR

4.1 MENCEGAH KONDENSASI DALAM BANGUNAN

Uap air adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang selalu ada di udara. Uap air menarik bagi para detailer karena masalah yang dapat ditimbulkannya jika mengembun pada atau di dalam komponen bangunan. Kondensasi terjadi ketika udara lembap didinginkan di bawah suhu titik embunnya, baik dengan cara bercampur dengan udara yang lebih dingin atau bersentuhan dengan permukaan yang dingin. Kondensasi dapat menyebabkan pengabutan atau pembekuan pada permukaan komponen pelapis kaca dan logam. Kondensasi dapat menjenuhkan bahan isolasi di dinding dan atap dan membuatnya tidak efektif.

Kondensasi dapat menyebabkan tetesan, genangan air, noda air, pertumbuhan jamur, dan korosi logam di dalam bangunan. Kelembapan kronis dapat menyebabkan beberapa bahan bangunan melemah dan hancur. Kondensasi dapat melepuh dan merusak lapisan cat dan membran atap di bagian luar bangunan. Uap air di dalam bangunan terutama dihasilkan oleh kegiatan memasak, mandi, mencuci, proses industri, dan aktivitas metabolisme manusia seperti pernapasan. Di gedung baru, uap air juga dapat berasal dari kayu, beton, plester, dan material pasangan bata yang masih mengeluarkan kelembapan berlebih.

Hunian biasanya menghasilkan kelembapan interior yang lebih tinggi daripada bangunan komersial atau institusional. Kelembapan relatif interior yang optimal adalah antara 40 dan 60 persen. Sistem mekanis bangunan sering kali dirancang untuk mengurangi jumlah uap air di dalam bangunan melalui ventilasi, dengan menghilangkan kelembapan udara menggunakan sistem pendingin udara, atau keduanya. Di lokasi yang hangat dan lembap, tekanan udara interior harus sedikit lebih tinggi daripada di luar untuk mengurangi masuknya udara lembap. Namun, terlepas dari apakah sistem mekanis tersebut dipasang atau tidak, ada empat tindakan pencegahan yang kami lakukan secara terperinci untuk menghindari masalah uap air di dalam bangunan:

1. Kami menggunakan insulasi termal, kaca berlapis, dan penahan termal untuk menjaga permukaan interior pada suhu di atas titik embun udara.
2. Kami menggunakan penghambat uap sisi hangat untuk mencegah udara dan uap air mencapai permukaan dan ruang yang cukup dingin untuk menyebabkan terjadinya kondensasi.
3. Di setiap bangunan, kami memberikan ventilasi pada bagian yang terletak di sisi dingin penghambat uap, untuk memastikan tidak ada uap air yang terperangkap di sana.
4. Jika kondensasi mungkin terjadi meskipun ada tindakan pencegahan seperti itu, kami menyediakan sistem yang digerakkan oleh gravitasi untuk menangkap dan membuang kondensat sebelum dapat menimbulkan masalah.

Tindakan ini diterjemahkan ke dalam empat pola detail (lihat bagian yang sesuai di akhir bab ini):

- Permukaan Interior yang Hangat
- Penghambat Uap Sisi Hangat
- Ventilasi Uap
- Drainase Kondensat

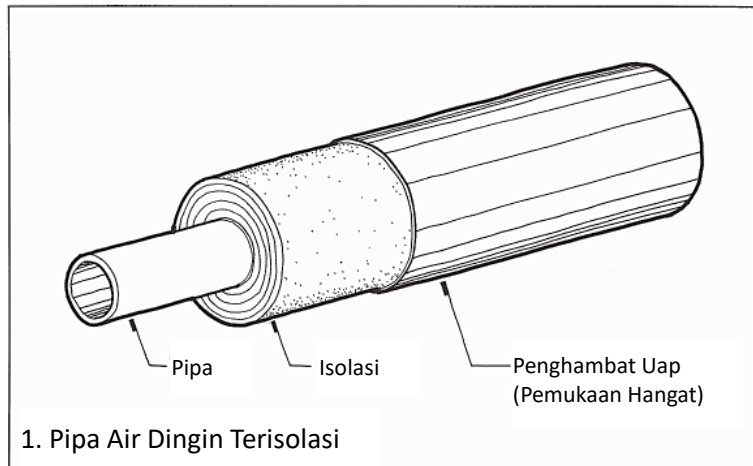
4.2 PERMUKAAN INTERIOR YANG HANGAT

Untuk mencegah kondensasi, permukaan di dalam selubung termal bangunan harus diberi detail sehingga suhunya akan selalu berada di atas suhu titik embun udara. Pola perincian ini sangat penting di daerah lembap atau tempat udara interior tidak mengalami dehumidifikasi.

1. Ketika kelembapan udara interior tinggi, uap air mengembun di bagian luar pipa air dingin dan menetes ke apa pun yang ada di bawahnya. Untuk mencegahnya, kami membungkus pipa dengan insulasi termal. Bagian luar insulasi termal berada pada suhu yang sangat mendekati suhu ruangan, sehingga kondensasi tidak terjadi. Namun, sangat penting untuk menutupi bagian luar insulasi pipa dengan penghambat uap, seperti lembaran plastik atau lembaran logam, untuk mencegah uap air bergerak

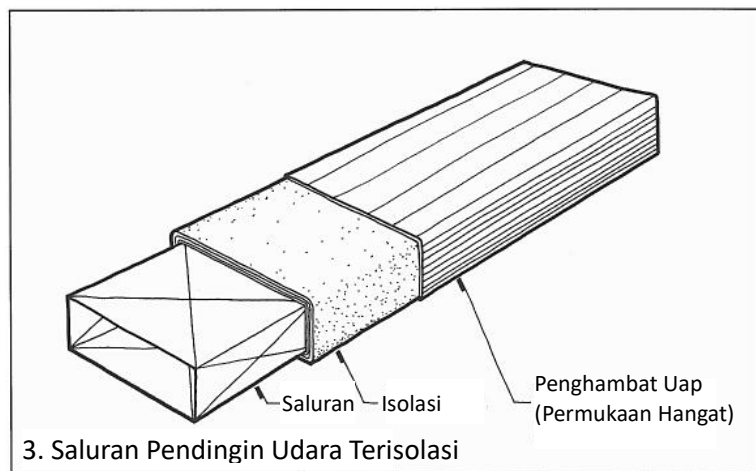
melalui insulasi dan mengembun di permukaan pipa yang dingin. Tanpa penghambat uap, uap akan bermigrasi melalui insulasi yang dapat ditembus uap atau melalui celah di antara potongan insulasi. Insulasi akan segera jenuh dengan air, dan tetesan akan mulai lagi (lihat Penghambat Uap Sisi Hangat, di bagian akhir bab ini).

2. Dengan cara yang sama, tangki atau bak di bagian belakang toilet menjadi dingin karena suhu air yang ditampungnya, dan meneteskan kondensat



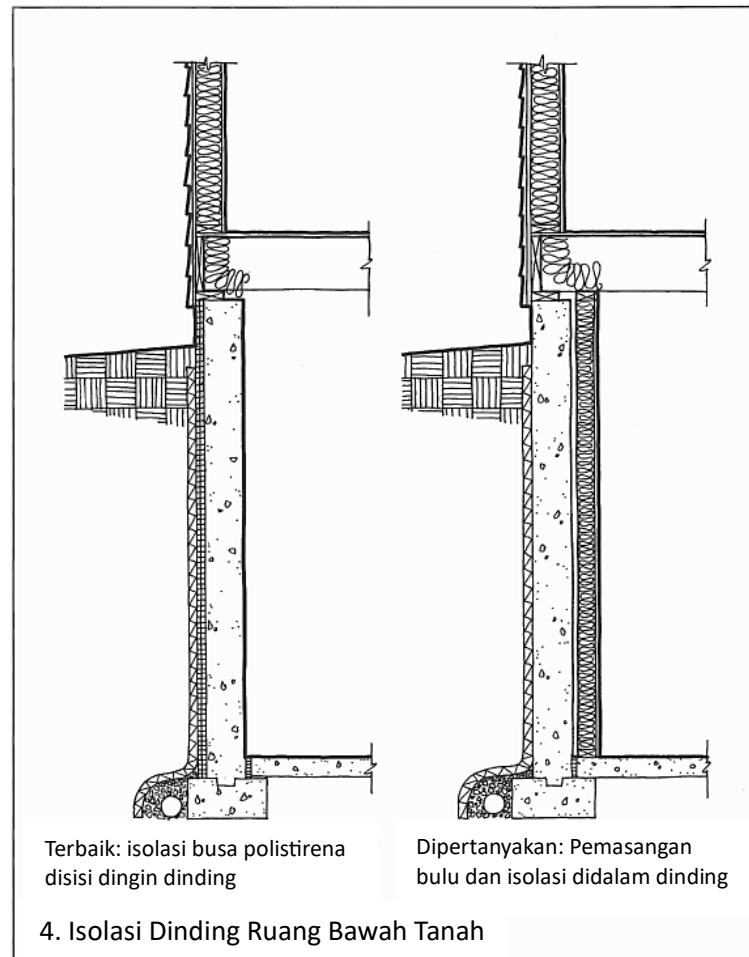
ke lantai dalam kondisi lembap. Ini berantakan dan dapat menyebabkan pembusukan struktur lantai. Ada dua cara untuk mengatasi masalah ini: Salah satunya adalah memasang katup pencampur pada pipa yang memasok air ke kloset. Katup pencampur menambahkan cukup air panas untuk menjaga suhu bagian luar tangki di atas titik embun udara. Pendekatan lainnya tidak terlalu boros energi: Kita cukup menambahkan lapisan isolasi busa plastik ke bagian dalam tangki. Ini mengisolasi air dingin dari dinding tangki sehingga dinding tetap pada suhu di atas titik embun udara. Dinding tangki terbuat dari porselen atau plastik, keduanya tidak dapat ditembus uap air. Dengan demikian, tangki itu sendiri berfungsi sebagai penghambat uap.

3. Saluran pasokan AC yang melewati ruang tanpa AC sering kali memiliki suhu permukaan di bawah titik embun udara di sekitarnya. Saluran tersebut harus dibungkus dengan insulasi dan penghambat uap luar untuk mencegah kondensasi. Saluran yang berjalan di dalam ruang ber-AC membawa udara yang hanya sedikit lebih dingin daripada udara



ruangan, sehingga kondensasi jarang terjadi, dan insulasi tidak diperlukan. Staf pemeliharaan harus secara berkala memeriksa bagian dalam saluran pasokan yang paling dekat dengan peralatan pendingin untuk memastikan tidak ada kondensasi dan pertumbuhan biologis.

4. Dinding ruang bawah tanah dari beton atau batu bata tetap sejuk di musim panas karena massa termal tanah di luar yang sangat besar. Bahkan ruang bawah tanah yang berada di tanah kering akan sering menjadi lembap dan pengap karena air mengembun di sisi dalam dinding yang dingin. Jawaban terbaik untuk masalah ini adalah dengan menggunakan busa plastik untuk mengisolasi dinding ruang bawah tanah di bagian luar, di antara dinding dan tanah. Ini memungkinkan permukaan bagian dalam dinding tetap mendekati suhu udara interior sehingga kondensasi tidak akan terjadi.



Namun, jika dinding ruang bawah tanah perlu diisolasi di bagian dalam, terutama saat pekerjaan perbaikan atau renovasi sedang dilakukan, hal ini dapat dilakukan dengan melapisi dinding dan menambahkan isolasi termal di antara strip pelapis. Penghambat uap harus dipasang tepat di bawah lapisan dinding bagian dalam untuk mencegah udara lembap ruang bawah tanah masuk ke dalam isolasi.

Sayangnya, hal ini menyisakan masalah potensial yang belum terpecahkan: Ruang bawah tanah juga cenderung membocorkan air dari tanah di luar, dan kebocoran apa pun akan terperangkap di balik penghambat uap dan isolasi, yang dapat menyebabkan pembusukan, karat, dan jamur. Tidak ada jawaban yang tepat untuk masalah ini. Kita hanya dapat membuat fondasi kedap lembap dan mengalirkan air dengan hati-hati di bagian luar (lihat Drainase Fondasi, Bab 1), dan berharap yang terbaik.

5. Dinding luar, atap, rangka jendela, dan kaca dapat menjadi cukup dingin di musim dingin untuk mengembunkan uap air di permukaan bagian dalamnya. Tiga pola perincian dalam Bab 3 Isolasi Termal, Pemutus Termal, dan Kaca Ganda—sering digunakan untuk menjaga permukaan bagian dalam ini tetap hangat untuk mencegah kondensasi. Ada prosedur perhitungan standar untuk menemukan suhu di mana kondensasi kemungkinan terjadi di sebuah bangunan dan untuk menentukan jumlah

resistansi termal yang diperlukan di dinding, jendela, atau atap untuk mempertahankan permukaan interiornya di atas suhu ini. Meskipun relatif sederhana, prosedur ini berada di luar cakupan buku ini. Prosedur ini disajikan dalam buku referensi standar tentang pemanasan dan pendinginan bangunan. Perincian dapat melakukan prosedur ini secara langsung atau berkonsultasi dengan insinyur yang merancang sistem mekanis untuk bangunan tersebut.

4.3 PENGHAMBAT UAP SISI HANGAT

Di banyak iklim, lembaran penghambat uap harus dipasang di sisi hangat bahan isolasi apa pun untuk mencegah kondensasi uap air di dalam rakitan. Hanya boleh ada satu penghambat uap, yang harus setidaknya lima kali lebih tahan terhadap uap daripada total ketahanan uap semua bahan di sisi dingin penghambat. Ini akan memungkinkan sejumlah kecil uap di sisi dingin untuk bernapas atau keluar ke bagian luar. Penghambat uap mencegah uap air memasuki rakitan, dan sisi yang dapat ditembus uap memungkinkan uap air keluar.

Lapisan penghambat uap harus menjadi salah satu lapisan kontrol berkelanjutan yang membentuk selubung bangunan. Perancang harus dapat menggambar satu garis tanpa gangguan dalam denah dan penampang yang mewakili lapisan penghambat uap. Bangunan dengan satu lapisan penghambat uap yang berkelanjutan dan ditempatkan dengan benar tidak akan mengalami kondensasi yang berbahaya di dalam rakitan.

Tabel 4.1 Klasifikasi Penghambat Uap

	Permeabilitas	Permeabilitas AS butir/jam – ft ² -in. Hg
Kelas I	Kedap	< 0.1
Kelas II	Semi Kedap Air	0.1 – 1.0
Kelas III	Semi-permeabel	1.0 – 10.0
(Tidak diklasifikasikan)	Berpori	> 10.0

Tabel 4.2 Penggunaan Penghambat Uap di Berbagai Zona Iklim

Zona Iklim IECC dan IRC	Kelas Yang Direkomendasikan Tentang Perakitan Dinding Bagian Dalam		
	Jika Selubung Luar < 0.1 Perm (Kelas I)	Jika Selubung Luar 0.1 – 1.0 Perm (Kelas II)	Jika Selubung Luar 1.0 – 10.0 Perm (Kelas III)
1	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan
2	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan
3	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan
4 (bukan kelautan)	Kelas III	Kelas III	Kelas III
4 (Kelautan)	Kelas III atau Lebih rendah	Kelas II atau I	Kelas III
5	Kelas II atau I	Kelas II atau I	Kelas III atau Lebih rendah
6	Kelas II atau I	Kelas II atau I	Kelas II atau I
7	Kelas II atau I	Kelas II atau I	Kelas II atau I

Tabel 4.3 Permeabilitas Uap pada Bahan Bangunan Umum

	Permeansi Uap		Kelas IECC dan IRC
	Perm AS Butir/jam-ft ² -in.hg	Metrik Perm Ng/s-m ² -Pa	
Aluminium foil, 1 mil (0,025 mm)	0	0	I
Atap terasa, dua lapis, dengan aspal panas	0.005	0.29	I
Flashing bitumen dan membran tahan air, berpelekat sendiri	0.05	2.8	I
Lembaran polietilen, 4 mil (0,08 mm)	0.08	4.6	I
Penghambat uap di bawah pelat beton di permukaan tanah	0.3	17	II
Cat, alkyd eksterior (minyak), tiga lapis di atas kayu	0.3-1.0	17-57	II
Pelapis kertas kraft untuk insulasi serat kaca			
kelembaban rendah	0.4-1.0	23-57	II
kelembaban tinggi	8	460	III
Cat, primer penghalang uap lateks	0.4	23	II
Atap EPDM satu lapis, 45 mil (1,1 mm)	0.4	23	II
Busa semprot poliuretan sel tertutup, kepadatan tinggi, 2 in. (50 mm)	0.6	34	II
OSB, lem eksterior, ½ in. (13 mm), tidak dicat	0.7	40	II
Kayu lapis, lem eksterior, 1½ in. (13 mm), tidak dicat			
kelembaban rendah	0.5	29	II
kelembaban tinggi	3.0-10.0	170-570	III
Batu bata, 4 in. (102 mm)	0.8-1.1	46-63	II
Lembaran berpemilik dengan permeabilitas variabel, berbasis kertas			
kelembaban rendah	0.8	46	II
kelembaban tinggi	5.5	314	III
Lembaran permeabilitas variabel eksklusif, berbahan dasar nilon / polietilen			
kelembaban rendah	< 1.0	< 57	II
kelembaban tinggi	> 10.0	> 570	not classified
Cat, alkyd interior (minyak), primer dan satu lapisan akhir di atas plester	1.6-3.0	92-172	IIII
Papan dinding gipsium, 1/2 in. (13 mm)			
tidak dicat	25	1400	not classified
dicat, lateks interior	2.0-3.0	110-172	III
Kertas bangunan, aspal diresapi	3.3	190	III
Bungkus Rumah, SBPO			
permeabilitas rendah	5.0-10.0	290-570	III
permeabilitas tinggi	> 10.0	>570	not classified
Plester pada bilah logam, 3/4 in. (19 mm)	15	860	not classified
Polyicynene, busa semprot berdensitas rendah, 31½ in. (90 mm)	16	914	not classified
Busa semprot poliuretan sel terbuka, 2 in. (51 mm)	17	970	not elassified

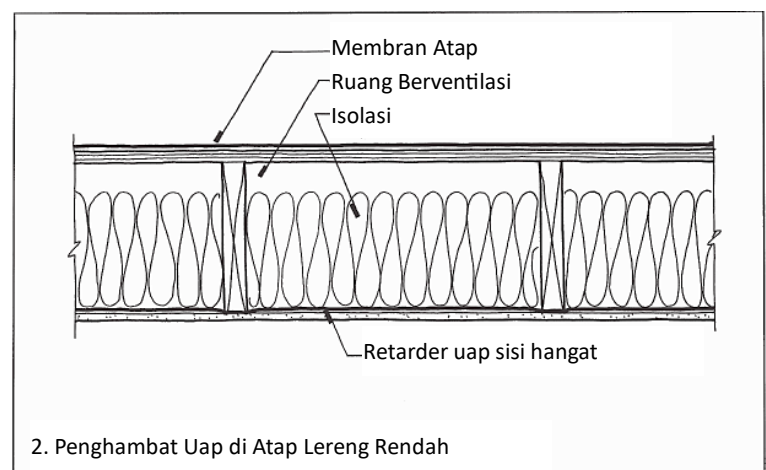
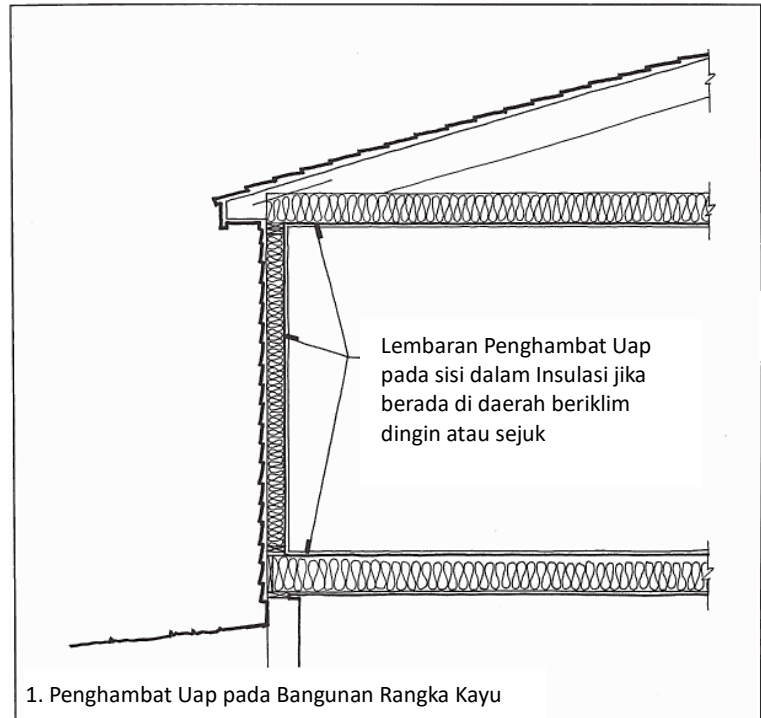
1. Karena udara hangat umumnya mengandung lebih banyak uap air daripada udara dingin, uap air hampir selalu memasuki lapisan insulasi termal dari sisi hangat. Di suatu tempat di dalam lapisan insulasi, uap ini cenderung mengembun jika terdapat perbedaan suhu yang besar antara bagian dalam dan luar ruangan. Untuk mencegah insulasi termal menjadi jenuh dengan kondensat, penghambat uap harus dipasang

pada sisi insulasi yang hangat. Kode bangunan menetapkan untuk setiap zona iklim kelas penghambat uap yang diperlukan, dan di mana lapisan kontrol ini harus ditempatkan dalam rakitan. Solusi khusus untuk proyek tertentu harus dipilih dengan cermat bekerja sama dengan insinyur konsultan dan dengan pemilik, karena dipengaruhi oleh lokasi tertentu dan oleh asumsi mengenai parameter pemanasan dan pendinginan bangunan.

Penghambat uap mencegah uap air memasuki insulasi. Dalam pola detail sebelumnya, Permukaan Interior yang Hangat, kita melihat penggunaan penghambat uap sisi hangat di bagian luar insulasi pipa, insulasi saluran udara pendingin udara, dan insulasi tangki toilet. Pada dinding, lantai, dan atap bangunan di daerah beriklim dingin dan dingin, sisi hangat adalah sisi dalam insulasi. Di daerah beriklim panas dan lembap, sisi hangat adalah bagian luar insulasi jika bangunan didinginkan secara artifisial. Di beberapa daerah beriklim sedang, kondensasi tidak mungkin terjadi kapan pun sepanjang tahun dalam kondisi iklim normal, dan tidak diperlukan penghambat uap. Kecuali

untuk daerah beriklim hangat dan lembap (zona iklim 1–3), hal yang aman untuk dilakukan di Amerika Utara adalah menyediakan penghambat uap dengan jenis yang sesuai (Lihat Tabel 4.1) di sisi dalam insulasi termal apa pun di cangkang bangunan. Lihat Tabel 4.2 untuk rekomendasi untuk setiap zona iklim. Penting untuk menghindari kebocoran pada penghambat uap.

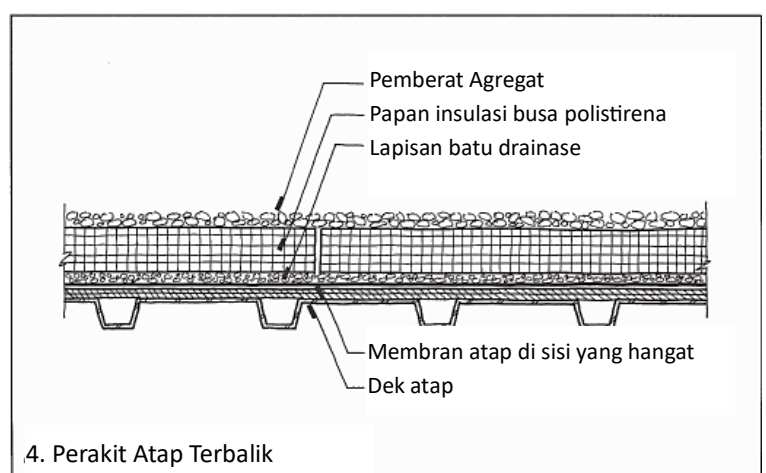
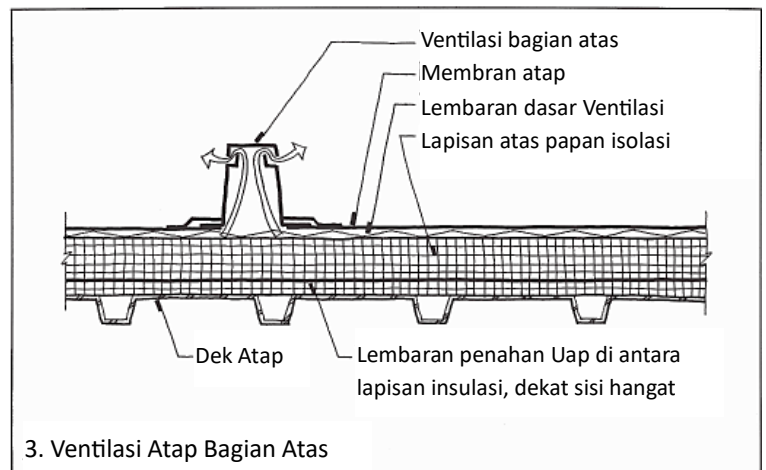
Meskipun banyak jenis lapisan insulasi dilengkapi dengan lembaran penghambat uap



yang sudah terpasang di sisi dalam, sambungan antara lapisan menyediakan jalur untuk kebocoran udara dan uap air yang besar. Dalam kebanyakan kasus, lebih baik menggunakan lapisan yang tidak dilapisi dan membuat lembaran penghambat uap yang mulus di antara insulasi dan lapisan akhir interior. Penghambat uap harus disegel di sekitar setiap penetrasi, seperti rangka jendela dan pintu, sakelar listrik, dan stopkontak. Untuk merinci selubung eksterior bangunan, perancang harus menyadari bagaimana setiap material dalam rakitan memengaruhi aliran uap.

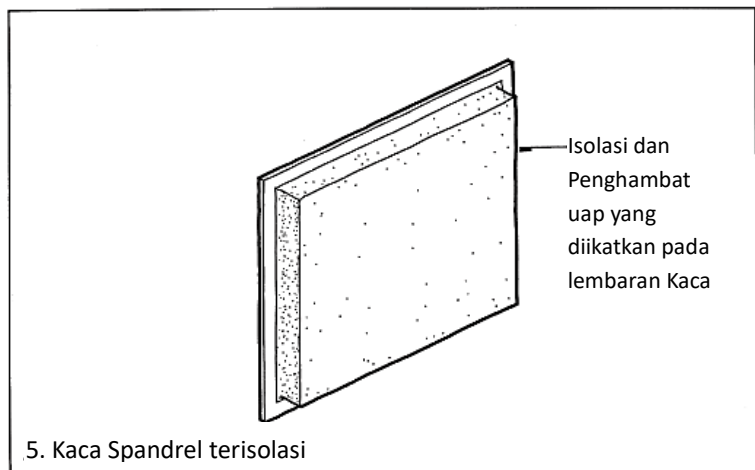
Tabel berikut memberikan panduan umum, dan contoh data permeabilitas uap untuk beberapa material bangunan yang paling umum. Lihat literatur produsen untuk mengetahui sifat produk tertentu yang digunakan. Perhatikan bahwa beberapa penghambat uap, yang ditunjukkan dengan huruf tebal pada Tabel 4.3, lebih mudah ditembus uap saat kelembapan tinggi dan kurang mudah ditembus saat kelembapan rendah. Ini terkadang disebut penghambat uap "pintar", karena memungkinkan difusi uap yang lebih besar saat pengeringan diinginkan, dan menghambat difusi uap dalam kondisi yang kurang lembap. Membran dengan permeabilitas variabel ini paling cocok untuk zona iklim yang mengalami perubahan suhu dan kelembapan yang signifikan dari musim panas ke musim dingin.

2. Atap dengan kemiringan rendah dibuat kedap air dengan membran kedap air yang terbuat dari karet sintetis, plastik, atau aspal yang dilaminasi dengan kain felt. Membran ini juga merupakan penghambat uap yang efektif. Jika insulasi dipasang di bawahnya di iklim dingin atau sejuk, dua tindakan pencegahan harus dilakukan: Penghambat uap harus dipasang di bagian bawah (sisi hangat) insulasi, dan ruang berventilasi harus disediakan antara insulasi dan membran atap. Gambar ini menunjukkan bagaimana hal ini dapat dilakukan untuk insulasi di bawah dek atap.
3. Pada jenis konstruksi atap dengan kemiringan rendah



yang paling konvensional, insulasi papan kaku dipasang di atas dek dan di bawah membran kedap air. Di daerah beriklim dingin dan sejuk, kondensasi uap air cenderung terjadi pada jenis atap ini, karena penghambat uap (membran kedap air) ditempatkan pada sisi dingin insulasi, yang secara langsung bertentangan dengan logika pola detail ini. Jika jenis detail ini harus digunakan, penghambat uap air harus dipasang sedekat mungkin dengan sisi hangat insulasi, dengan setidaknya 2/3 insulasi berada di luar penghambat. Selain itu, literatur produsen atap harus dikonsultasikan sehubungan dengan pemasangan ventilasi atap bagian atas dan lembaran dasar ventilasi di atas insulasi untuk melepaskan kelembapan yang terperangkap. Lembaran dasar ventilasi umumnya berupa lembaran berlubang dari kain felt yang jenuh aspal yang telah diembos atau dilapisi dengan butiran sedemikian rupa sehingga menyediakan saluran terbuka kecil tempat uap air dapat bergerak secara lateral di kedua arah. Hal ini terutama penting ketika membran atap bitumen yang dibuat atau dimodifikasi digunakan, karena membran ini rentan terhadap gelembung ketika uap terperangkap di bawahnya. Jika tindakan pencegahan ini tidak dilakukan, tekanan uap dapat gelembung dan merusak membran atap, dan uap air yang terperangkap dapat merusak papan insulasi dan dek atap. Lihat Ventilasi Uap, di bagian akhir bab ini, untuk informasi lebih lanjut tentang ventilasi rakitan atap yang diisolasi.

4. Detail yang lebih disukai untuk atap dengan kemiringan rendah di iklim dingin atau sejuk adalah rakitan atap terbalik, di mana insulasi busa polistirena ekstrusi (XPS) dipasang di atas membran atap, yang memungkinkan membran berfungsi baik sebagai membran kedap air maupun penghambat uap sisi hangat. Busa polistirena menyerap sangat sedikit air, sehingga mempertahankan efektivitas isolasinya bahkan ketika terendam sepenuhnya.
5. Kaca spandrel untuk dinding gorden sering kali disediakan oleh pabrik dengan insulasi dan penghambat uap yang sudah terpasang. Sebagai alternatif, "panci belakang" logam berinsulasi dapat dipasang menggunakan segel kedap uap ke rangka dinding gorden. Sangat penting dalam aplikasi ini agar penghambat uap bebas dari lubang dan tertutup rapat di sekeliling tepinya, karena kaca spandrel kedap uap dan tidak akan



membiarkan uap air yang terperangkap keluar dari insulasi.

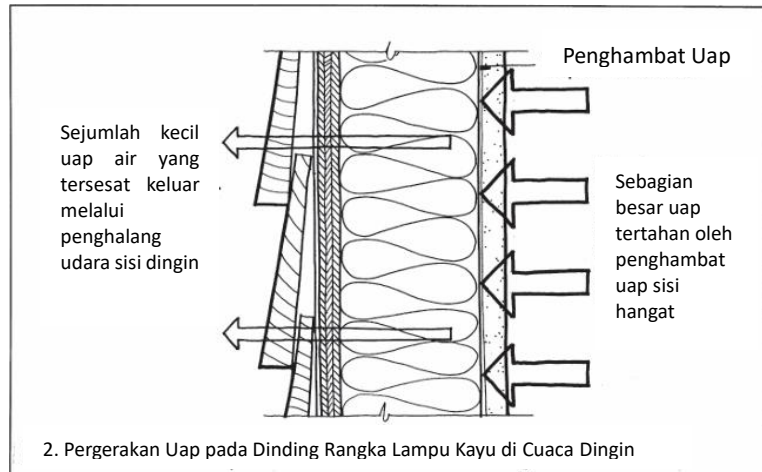
6. Uap air memasuki konstruksi dinding atau langit-langit melalui dua cara yang berbeda. Salah satunya adalah kebocoran udara melalui retakan dan bukaan dari bagian dalam bangunan ke dinding atau langit-langit. Yang lainnya adalah difusi uap, di mana uap air dipaksa melalui bahan bangunan berpori oleh perbedaan tekanan uap antara udara dalam dan luar ruangan. Dalam kebanyakan kasus, kebocoran udara mengangkut lebih banyak uap air daripada difusi uap. Bekerja dengan asumsi ini, beberapa pembangun dan perancang rumah tidak memasang penghambat uap di bangunan mereka. Sebaliknya, mereka sangat berhati-hati untuk menutup semua potensi kebocoran udara di dalam dan di sekitar lapisan akhir interior konstruksi. Sealant dan gasket dipasang di balik semua tepi papan dinding gipsium pada dinding eksterior. Kotak listrik disegel dengan hati-hati untuk mencegah kebocoran udara. Strategi ini disebut pendekatan drywall kedap udara (ADA). Jika pendekatan ini digunakan, pemilik bangunan harus waspada untuk tidak menusuk membran kedap udara selama masa pakai bangunan jika tidak, strategi tersebut akan gagal. Pejabat kode di yurisdiksi bangunan harus diajak berkonsultasi terlebih dahulu untuk memverifikasi penerimaan.
7. Pelapis dinding vinil adalah penghambat uap yang cukup efektif. Karena dipasang pada permukaan interior bangunan, pelapis dinding ini tidak menimbulkan masalah di iklim dingin. Namun, pada bangunan ber-AC di iklim lembap dan hangat, pelapis dinding ini dapat menjadi penghambat uap sisi dingin, yang menyebabkan uap air mengembun di permukaan eksteriornya. Hal ini dapat mengakibatkan pertumbuhan jamur, bau yang tidak sedap, dan kerusakan dinding. Penutup dinding vinil khusus yang dapat menyerap uap dengan antijamur terpadu tersedia dan harus ditentukan untuk proyek di daerah beriklim panas dan lembap.

4.4 VENTILASI UAP

Uap air harus diberi jalur keluar yang mudah dari sisi dingin penghambat uap apa pun. Jangan letakkan bahan kedap uap (Kelas I) di sisi dingin insulasi. Ini menghindari terperangkapnya sejumlah kecil uap air yang mungkin masuk melalui penghambat uap. Ini juga memungkinkan uap air yang menyimpang keluar dari insulasi selama periode cuaca hangat.

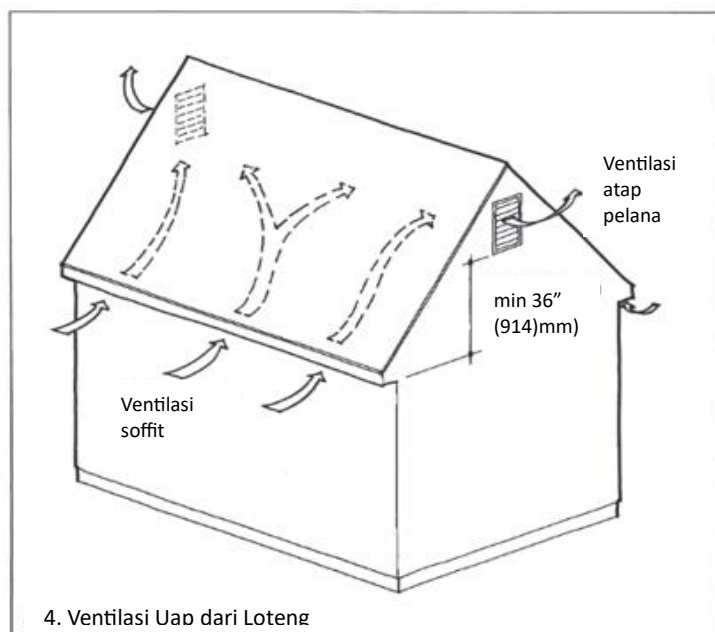
1. Dalam pola detail Penghambat Uap Sisi Hangat, sebelumnya dalam bab ini, kita telah melihat dua contoh umum bahan kedap uap air yang diletakkan di sisi dingin insulasi. Dalam salah satunya, atap lereng rendah yang diisolasi secara konvensional, ventilasi atap bagian atas, dan lembaran dasar ventilasi digunakan untuk melepaskan uap air yang terperangkap. Dalam contoh lainnya, kaca spandrel yang diisolasi, fabrikasi bebas cacat, dan pemasangan unit kaca diperlukan untuk menghindari masalah kondensasi, karena tidak ada ketentuan yang dapat dibuat untuk ventilasi uap melalui kaca ke luar ruangan. Keduanya merupakan solusi yang kurang optimal.
2. Pada konstruksi rangka kayu ringan biasa, lembaran penghalang udara digunakan pada sisi dingin dinding, untuk mengurangi infiltrasi udara lihat Sistem Penghalang Udara, Bab 2. Penting agar lembaran penghalang udara ini dapat ditembus uap air sehingga

tidak akan memerangkap kelembapan yang tersesat di dinding tetapi akan membiarkannya menyebar ke luar ruangan saat cuaca hangat. Housewrap yang terbuat dari kain poliolefin spunbonded (SBPO) merupakan penghalang yang efektif terhadap aliran udara dan air cair, tetapi bersifat semi-permeabel (Kelas III) terhadap aliran uap air. Kualitas ini membuatnya cocok untuk digunakan pada sisi dingin dinding. Lembaran polietilena dan foil logam kedap uap air dan tidak boleh digunakan di bagian luar dinding di iklim dingin.



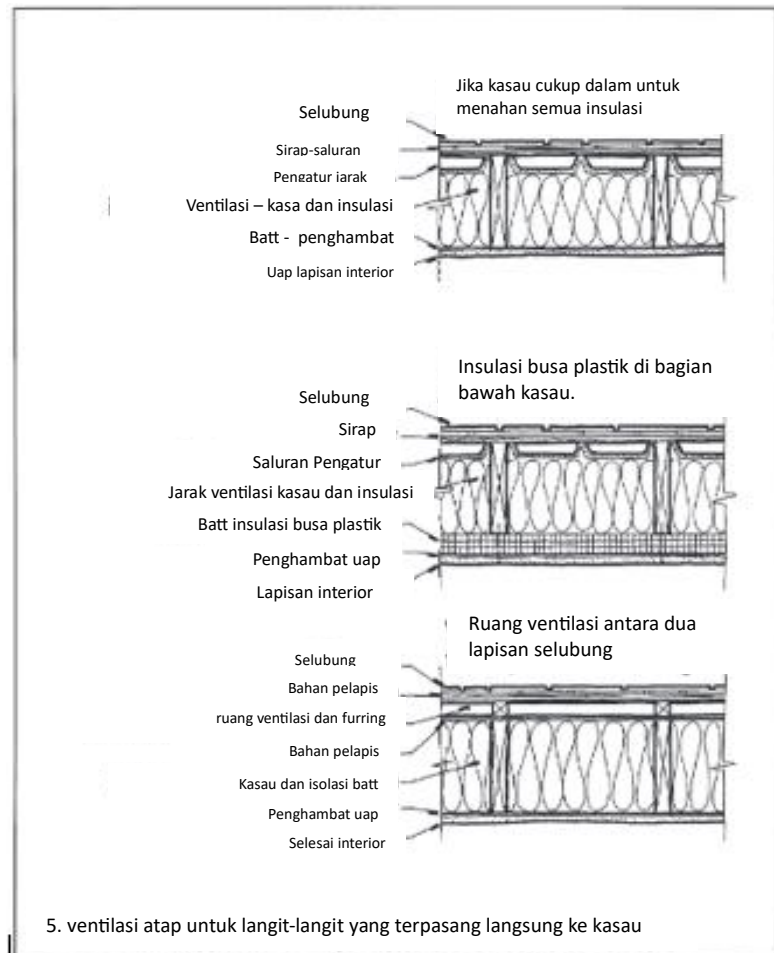
3. Ada kontroversi tentang penggunaan selubung kayu lapis di bagian luar dinding rangka kayu. Karena permukaan internalnya yang terbuat dari lem, kayu lapis tidak terlalu mudah menyerap uap air (Kelas II atau III, tergantung pada kelembapan) dan, secara teori, dapat memerangkap kelembapan di rongga dinding dan insulasi. Beberapa detailer meminta lubang dibor dengan jarak beberapa inci di kedua arah di seluruh selubung, untuk mengalirkan kelembapan. Yang lain memberi jarak selubung dari insulasi dan menyediakan bukaan ventilasi tersaring ke udara luar di bagian atas dan bawah setiap rongga dinding. Namun, penyelidikan terhadap ribuan rumah gagal menemukan banyak contoh kelembapan yang terperangkap di dalam dinding berselubung kayu lapis, terutama ketika penghambat uap sisi hangat telah dipasang dengan hati-hati, sehingga sebagian besar detailer merasa aman untuk terus menggunakan selubung kayu lapis dengan cara konvensional.

4. Pada loteng dan atap berbingkai kayu, ventilasi sisi dingin sangat penting karena beberapa alasan. Salah satunya adalah untuk mencegah bendungan es (lihat Atap Dingin Berventilasi, Bab 1). Alasan lainnya adalah untuk mengurangi panas berlebih pada bangunan di musim panas. Alasan ketiga adalah untuk menghilangkan uap air. Masalah uap bisa jauh lebih akut di loteng dan atap daripada di dinding, karena konveksi mengangkut udara lembap dari dalam



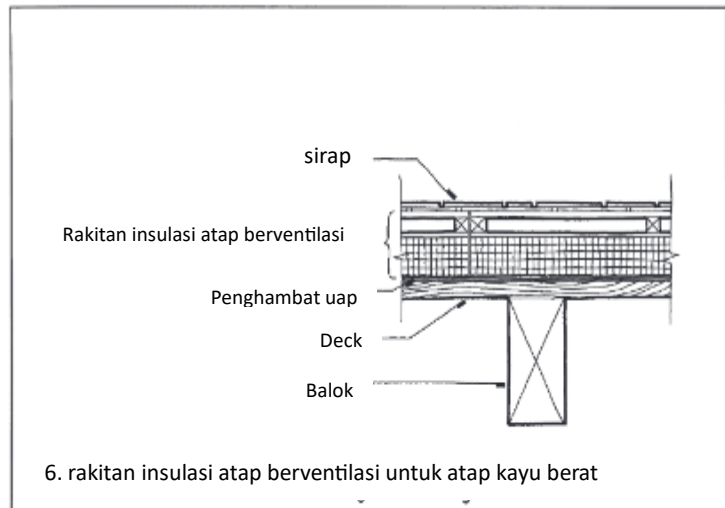
ruangan ke dalam struktur atap melalui bukaan seperti perlengkapan lampu, kipas ventilasi, dan pintu loteng. Loteng relatif mudah diberi ventilasi, menggunakan ventilasi sofit dan ventilasi bubungan atau ventilasi atap pelana. Kode bangunan umumnya mengharuskan bukaan ventilasi tinggi dan rendah di loteng, dengan perbedaan elevasi minimal 3 kaki (914 mm). Kode tersebut juga menentukan luas minimum bukaan yang diperlukan, yaitu 1/150 dari luas ruang yang berventilasi.

5. Kasau berisolasi dengan permukaan langit-langit yang langsung menempel pada bagian bawahnya (sayangnya, kadang-kadang disebut "langit-langit katedral") dapat menimbulkan masalah perincian yang lebih sulit daripada loteng, karena membuat ventilasi dan saluran udara yang diperlukan untuk ventilasi yang diamankan kode merupakan tantangan. Saluran udara sedalam minimal 1 in. (25 mm) di bawah selubung diwajibkan oleh kode bangunan dan dapat dibuat dengan mudah dan ekonomis dengan menggunakan saluran pengatur jarak ventilasi yang telah dibentuk sebelumnya yang terbuat dari busa plastik atau serat kertas. Namun, di iklim dingin, hal ini biasanya menyisakan ruang yang tidak cukup untuk



jumlah isolasi termal yang diamankan kode. Terkadang masalah ini dapat diatasi hanya dengan menggunakan kasau yang lebih dalam daripada yang diwajibkan secara struktural, mungkin dengan menambah jaraknya dari 16 menjadi 24 in. (400 menjadi 600 mm) untuk penghematan material yang lebih besar. Jika hal ini menyisakan ruang yang tidak cukup untuk insulasi, maka perancang harus mengganti sebagian atau seluruh ketebalan bilah serat kaca dengan insulasi busa plastik efisiensi tinggi, menambahkan lapisan insulasi busa plastik kaku di bawah kasau, atau melapisi di atas kasau dan menambahkan lapisan kedua selubung atap untuk menyediakan ventilasi yang diperlukan.

6. Beberapa produsen memasarkan rakitan insulasi atap berventilasi yang mencakup insulasi termal, saluran ventilasi sisi dingin, dan lembaran atas dengan dasar paku untuk menerima sirap. Ini sangat berguna jika kasau itu sendiri akan diekspos di ruangan di bawahnya, seperti pada rangka kayu yang berat. Rakitan ini cukup tebal dan dipasang ke atap dengan paku panjang khusus atau sekrup yang ditancapkan melalui rakitan insulasi ke dek atap. Beberapa sistem yang dipatenkan ini juga dapat diterapkan di atas dek atap logam yang miring dan dapat ditutup dengan membran atap logam atau atap dengan kemiringan rendah.

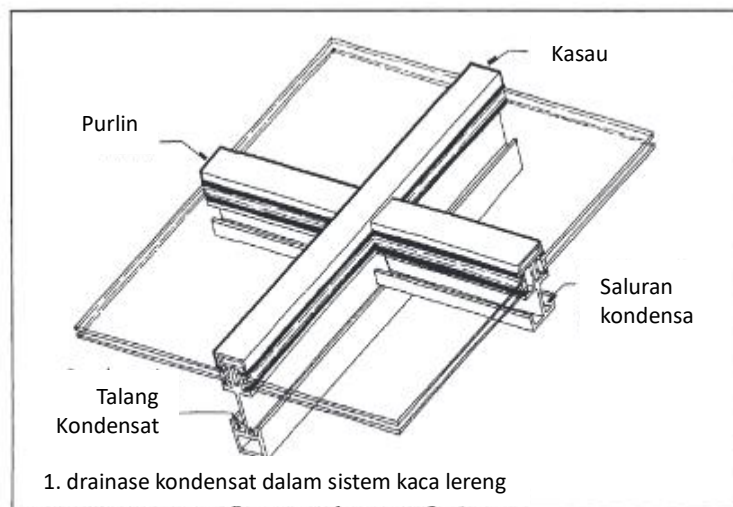


4.5 DRAINASE KONDENSAT

Jika kondensasi dapat terjadi di dalam bangunan, sediakan saluran dan lubang pembuangan yang memungkinkan gravitasi menghilangkan kelembapan tanpa merusak bangunan.

1. Banyak desain khusus untuk sistem kaca lereng dan skylight dirancang untuk menangkap dan mengalirkan kondensat yang mungkin mengalir dari permukaan bagian dalam kaca saat cuaca dingin. Jika ini tidak dilakukan, kondensat akan menetes ke ruangan di bawahnya.

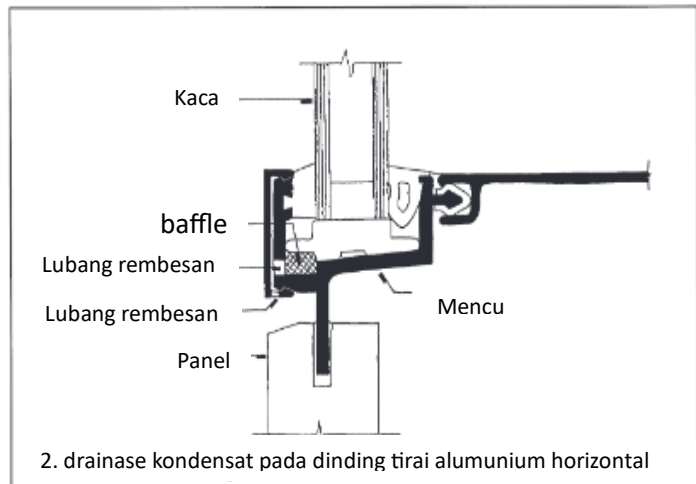
Pada gording kaca lereng ini, talang kondensat dibangun di flensa bawah anggota struktural aluminium. Talang di sisi menanjak akan menangkap kelembapan yang mengalir dari kaca di atasnya. (Talang di sisi menurun tidak berguna, tetapi memiliki talang di kedua sisi membuat pekerja yang ceroboh tidak mungkin memasang



gording secara terbalik.) Setiap gording ditopang di setiap ujungnya oleh kasau aluminium. Kasau memiliki penampang yang mirip dengan gording tetapi lebih dalam. Sambungan antara keduanya dibuat sedemikian rupa sehingga air yang mengalir dari ujung gording tertahan di talang di bagian bawah kasau. Di sini, air mengalir dengan

cepat karena gravitasi ke bagian bawah lereng kasau, tempat air keluar ke luar melalui lubang rembesan.

2. Meskipun masalah kondensasi umumnya jauh lebih ringan pada rakitan dinding daripada pada sistem kaca lereng, sebagian besar sistem dinding gorden logam berpemilik mencakup saluran, lubang rembesan, dan terkadang tabung rembesan untuk mengalirkan kondensat dan kebocoran dari rongga internal lihat juga Drain and Weep, Bab 1.



BAB 5 MENGENDALIKAN SUARA

5.1 MENGELOLA KEBISINGAN DAN AKUSTIK BANGUNAN

Pengurangan kebisingan, privasi akustik, dan kondisi pendengaran yang baik adalah kualitas yang kami cari di hampir setiap bangunan. Detail bangunan berkontribusi dalam cara-cara penting untuk mencapai kualitas-kualitas ini. Untuk mengurangi kebisingan di dalam bangunan, kami merinci dinding eksterior untuk menyingkirkan kebisingan luar. Kami merinci komponen bangunan yang berpotensi bising sedemikian rupa sehingga tetap senyap. Kami menggunakan bahan penyerap suara di dalam ruangan untuk mengurangi tingkat kebisingan dari percakapan dan mesin. Untuk mencapai privasi akustik, kami merinci pintu interior, partisi, lantai, dan saluran udara untuk mengurangi transmisi suara antar ruangan seminimal mungkin.

Untuk kondisi pendengaran yang baik, kami mengurangi kebisingan dan menyediakan kombinasi dan konfigurasi optimal permukaan penyerap dan pemantul di dalam ruangan. Sering kali disarankan untuk bekerja sama dengan konsultan khusus guna mencapai kualitas akustik yang baik di dalam sebuah gedung, tetapi banyak masalah umum seperti kebisingan, pendengaran, dan privasi dapat dipecahkan melalui empat pola detail (setiap pola yang tercantum akan dijelaskan lebih lanjut di bab ini):

- Partisi Kedap Udara, Berat, dan Lemas
- Lantai Berbantalan
- Perlengkapan yang Senyap
- Permukaan Penyerap Suara

Partisi Kedap Udara, Berat, dan Lemas

Partisi kedap suara yang ideal adalah yang kedap udara, berat, dan lemas. Lembaran timah lunak yang tebal dan menggantung yang disegel di sekeliling tepinya memenuhi semua persyaratan ini. Namun, harganya mahal dan tidak menarik, jadi kami merinci partisi menggunakan kombinasi bahan standar sedemikian rupa sehingga kami menggabungkan kualitas yang diperlukan dari kedap udara, berat, dan lemas.

Tabel 5.1 Kriteria Isolasi Suara Terpilih Untuk Dinding Hunian

Tingkat Kebisingan Lingkungan	Lingkungan Tenang	Lingkungan Rata-Rata	Lingkungan Bising
Tingkat Suara Sekitar	Rata-rata 35–40 dB(A)	Rata-rata 40–45 dB(A)	Rata-rata 45–65 dB(A)
	STC Minimum	STC Minimum	STC Minimum
Antar Unit Hunian			
Kamar tidur ke kamar tidur	55	52	48
Ruang tamu ke ruang tamu	55	52	48
Kamar mandi ke kamar tidur	59	56	52
Dapur, ruang makan, atau ruang	58	55	52

keluarga ke kamar tidur			
Dalam Unit Hunian			
Kamar tidur ke kamar tidur	48	44	40
Ruang tamu ke kamar tidur	50	46	42
Dapur ke kamar tidur	52	48	45
Kamar mandi ke kamar tidur atau ruang tamu	52	48	45

1. Tingkat ketahanan partisi terhadap transmisi suara diukur dalam satuan desibel dan disebut kelas transmisi suara (STC). Untuk berbagai detail konstruksi partisi, STC ditabulasikan dalam referensi seperti Manual Desain Tahan Api Gypsum Association dan Manual TEK National Concrete Masonry Association untuk Desain dan Konstruksi Masonry Beton (lihat Lampiran A, Rak Referensi Detailer). Kode mengharuskan dinding, partisi, dan lantai yang memisahkan tempat tinggal minimal harus memiliki STC 50. Tabel yang menyertai memberikan rekomendasi STC minimum untuk dinding dan partisi dalam berbagai situasi; nilai yang lebih tinggi dari ini diinginkan. Karena kebisingan latar belakang menutupi kejelasan suara, partisi dengan kualitas akustik yang lebih rendah dianggap dapat diterima di lingkungan yang lebih bising. Diadaptasi dari Federal Housing Administration, "Panduan untuk Pengendalian Kebisingan Udara, Benturan, dan Struktur di Hunian Multikeluarga"

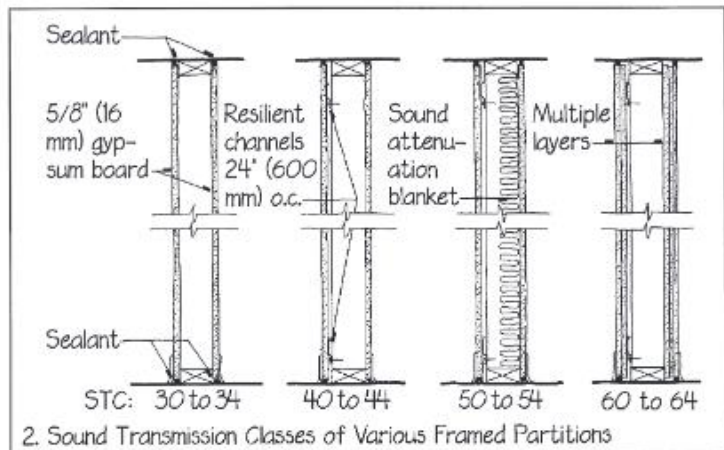
Tabel 5.2 Kriteria Isolasi Suara Terpilih untuk Dinding Nonhunian

Jenis Hunian Ruang Sumber	Hunian Ruang Penerima	STC Minimum
Kantor eksekutif, ruang konferensi, ruang dokter	Kantor yang berdekatan	50-55
Kantor biasa	Kantor yang berdekatan	45-50
Laboratorium atau area manufaktur	Kantor yang berdekatan	40-45
Ruang kelas sekolah	Ruang kelas yang berdekatan	50
Ruang kelas sekolah	Koridor	45
Area musik atau drama sekolah	Area musik atau drama yang berdekatan	60
Ruang peralatan mekanik	Ruangan lainnya	50-60
Ruangan hunian dalam bangunan	Eksterior	35-60

2. Contoh detail partisi ini menggambarkan dasar-dasar perincian partisi berbingkai untuk

privasi akustik. STC partisi ini mungkin terkait dengan tabel sebelumnya. Semua konstruksi ini menggunakan bahan yang tersedia dan murah: papan dinding gipsum dan rangka tiang kayu. Detail serupa telah dikembangkan untuk rangka tiang baja; nilai STC sama untuk kayu dan baja. Setiap partisi dibuat kedap udara dengan menggunakan sealant akustik di sekitar tepinya, dengan menghindari stopkontak listrik atau layanan lain yang menembus dinding, dan dengan menggunakan pintu yang berat dan diberi gasket rapat.

Partisi dengan peringkat terendah (paling kiri) menggunakan papan gipsum yang dipasang langsung ke tiang. Pada detail berikutnya di sebelah kanan, kelenturan dibuat dengan memasang papan gipsum di satu sisi partisi pada saluran lembaran logam yang kuat yang menyerap getaran.

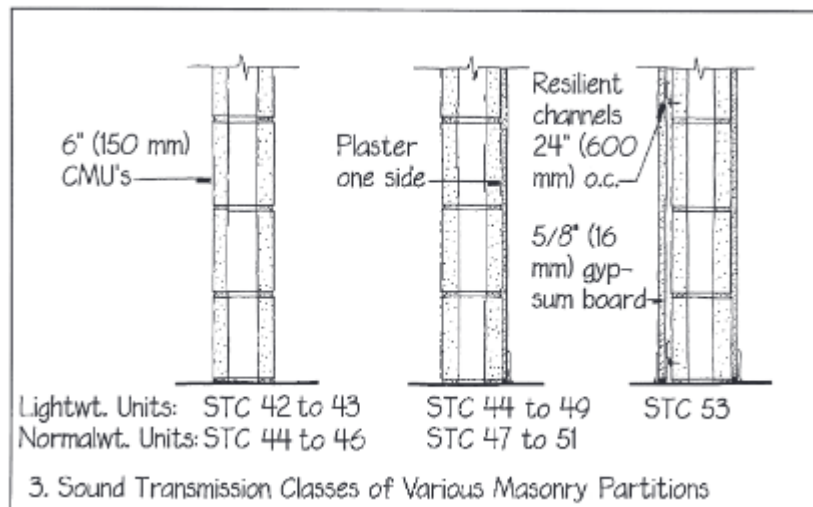


Ini menghasilkan

peningkatan kinerja sebesar 10 desibel. Lapisan peredam suara dari serat mineral menambahkan 10 desibel lebih lanjut (kedua dari kanan). Partisi terbaik (paling kanan) dibuat lebih berat dengan menerapkan lapisan papan gipsum tambahan dan membuat kedua sisi partisi tidak sama massanya sehingga tidak akan bergetar pada frekuensi yang sama. Saluran, sealant, dan batt semuanya adalah barang yang tersedia dari stok.

3. Partisi batu bata umumnya memiliki STC yang cukup tinggi. Batu bata adalah material yang berat, dan STC partisi batu bata tanpa permukaan berbanding lurus dengan beratnya. Beberapa

jenis batu bata beton cukup berpori, tetapi kedap udara dapat dicapai dengan cat atau plester. Kelenturan merupakan kualitas yang sulit dicapai dalam batu bata itu sendiri, tetapi dapat ditambahkan dengan memasang saluran yang kuat pada dinding batu bata dan menempelkan lapisan akhir papan gipsum pada saluran tersebut.



4. Bukaan di dalam atau di sekitar pintu lubang kunci atau kisi ventilasi, tepi bawah yang terpotong, atau celah antara pintu dan kusen dapat membuat partisi yang tadinya

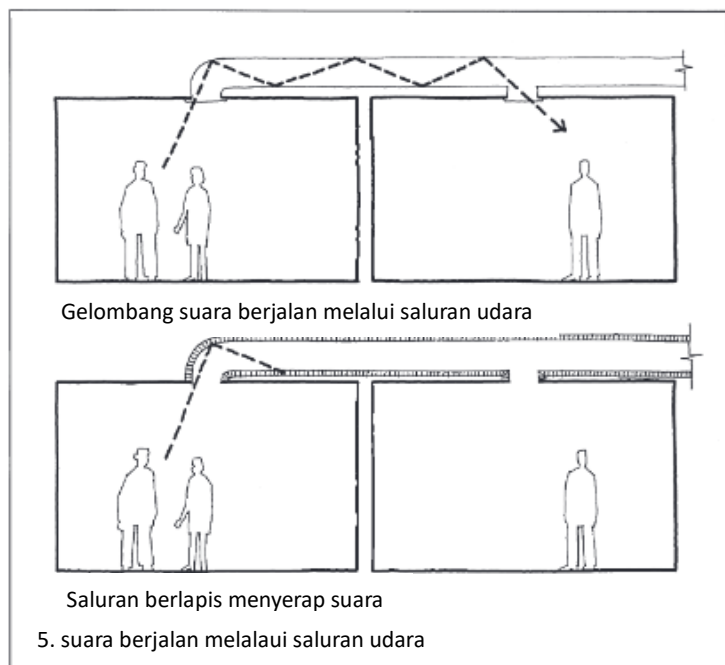
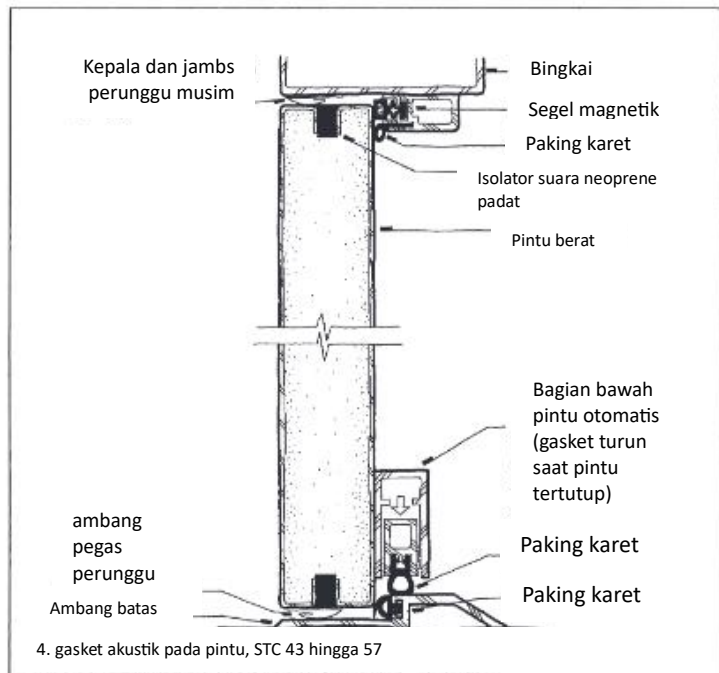
efektif hampir tidak tembus suara. Pintu pada partisi privasi harus dihindari jika memungkinkan.

Jika diperlukan pintu, pintu tersebut harus terbuat dari kayu berinti padat atau baja komposit, yang dirancang dan diuji untuk isolasi akustik. Ini adalah detail gasket akustik yang umum, menggunakan komponen yang tersedia secara komersial, untuk menutup celah di sekitar pintu. Gasket dibuat dengan detail agar mudah diganti, karena akan rusak karena penggunaan.

- Saluran udara harus ditata sedemikian rupa sehingga tidak menyediakan jalur bagi suara untuk berpindah antara satu ruangan dan ruangan berikutnya, sehingga bahkan partisi terbaik pun tidak berguna secara akustik. Jika saluran udara seperti itu tidak dapat dihindari, saluran tersebut harus berbentuk persegi panjang daripada bundar pada penampang melintang, karena dinding saluran udara datar kurang kaku, sehingga lebih baik dalam meredam suara. Mereka

juga harus dilapisi dengan bahan penyerap suara untuk mencegah gelombang suara menyebar. Prinsip yang sama berlaku untuk ruang pleno di atas langit-langit dan ruang servis di bawah lantai.

- Jendela di gedung-gedung dekat bandara, jalan raya, dan industri berat sering kali harus kedap suara sebisa mungkin. Selebar kaca biasa memiliki STC hanya 28 hingga 36. Dua lapisan kaca dengan ruang udara di antaranya, disegel dengan hati-hati di sekeliling tepinya, memberikan jumlah massa sedang, kedap udara, dan beberapa ketahanan untuk mencapai STC mulai dari 32 hingga 40. Kisaran STC yang sama dapat



dicapai dengan selembur kaca laminasi, yang terdiri dari dua lapisan kaca yang diapit erat dengan lapisan plastik lunak yang memberikan ketahanan. Pada masing-masing contoh ini, STC bawah sesuai dengan ketebalan kaca 1/4 in. (6,5 mm), dan STC atas sesuai dengan ketebalan kaca 1/2 in. hingga 3/4 in. (13 hingga 19 mm). Jendela yang dapat dibuka harus dihindari di lingkungan dengan kebisingan tinggi, karena sulit dibuat kedap udara.

5.2 PENGENDALIAN TRANSMISI SUARA MELALUI LANTAI

Pengendalian transmisi suara melalui lantai sering kali penting, terutama di apartemen, hotel, dan asrama, tempat orang tinggal di atas satu sama lain. Selain menghalangi suara di udara, lantai juga harus menghalangi suara benturan dan getaran dari tumit dan mesin. Kriteria kedap udara, berat, dan lemas yang berlaku untuk partisi digabungkan, dalam mendesain lantai, dengan kriteria keempat, bantalan.

1. Hambatan terhadap transmisi suara dari rakitan lantai diukur dengan dua cara. Hambatan terhadap transmisi suara di udara dinyatakan dalam desibel sebagai kelas transmisi suara (STC), sama seperti untuk partisi. Hambatan terhadap transmisi kebisingan benturan dinyatakan dalam desibel sebagai kelas isolasi benturan (IIC). Kedua kuantitas ini perlu dikontrol melalui perincian untuk mencapai kinerja akustik yang diinginkan.

Secara umum, nilai IIC untuk rakitan konstruksi tidak boleh lebih rendah dari kriteria STC untuk kedekatan tersebut. Kode mengharuskan agar rakitan yang memisahkan tempat tinggal setidaknya memiliki IIC 50. Tabel terlampir memberikan nilai STC dan IIC minimum yang direkomendasikan untuk lantai tempat tinggal dalam berbagai situasi; nilai yang lebih tinggi dari ini diinginkan. Karena kebisingan latar belakang menutupi kejelasan suara, konstruksi lantai dan langit-langit dengan kualitas akustik yang lebih rendah dianggap dapat diterima di lingkungan yang lebih bising.

Tabel 5.3 Kriteria Isolasi Suara Terpilih untuk Konstruksi Lantai dan Langit-langit Antar Unit Hunian

Tingkat Suara Sekitar Rata-rata dB(A)	Lingkungan Tenang		Lingkungan Rata-rata		Lingkungan Bising	
	35-40		40-45		45-65	
	STC Minimum	IIC Minimum	STC Minimum	IIC Minimum	STC Minimum	IIC Minimum
Kamar tidur di atas kamar tidur	55	55	52	52	48	48
Ruang tamu di atas kamar tidur	57	60	54	57	50	53
Dapur di atas kamar tidur	58	65	55	62	52	58
Kamar tidur di atas ruang tamu	57	55	54	52	50	48
Ruang tamu di atas ruang tamu	55	55	52	52	48	48
Dapur di atas ruang tamu	55	60	52	57	48	53
Kamar mandi di atas kamar mandi	52	52	50	50	48	48

Diadaptasi dari Federal Housing Administration, "Panduan untuk Pengendalian Kebisingan Udara, Benturan, dan Struktur di Hunian Multikeluarga"

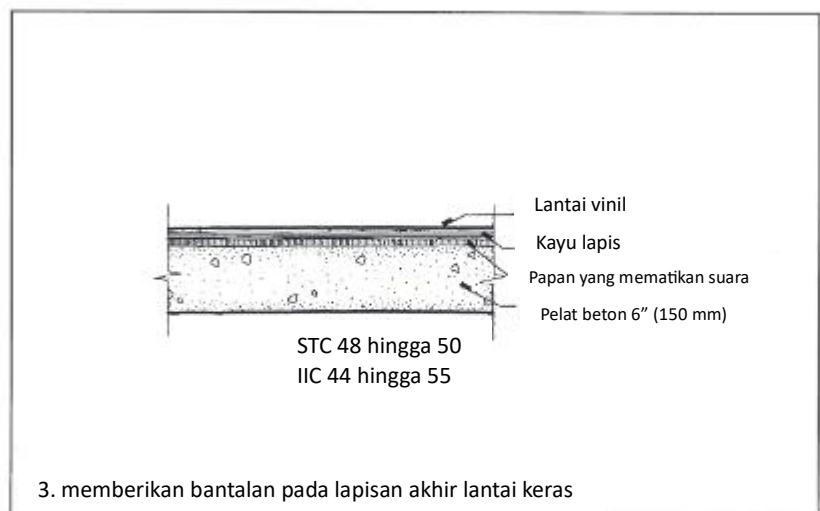
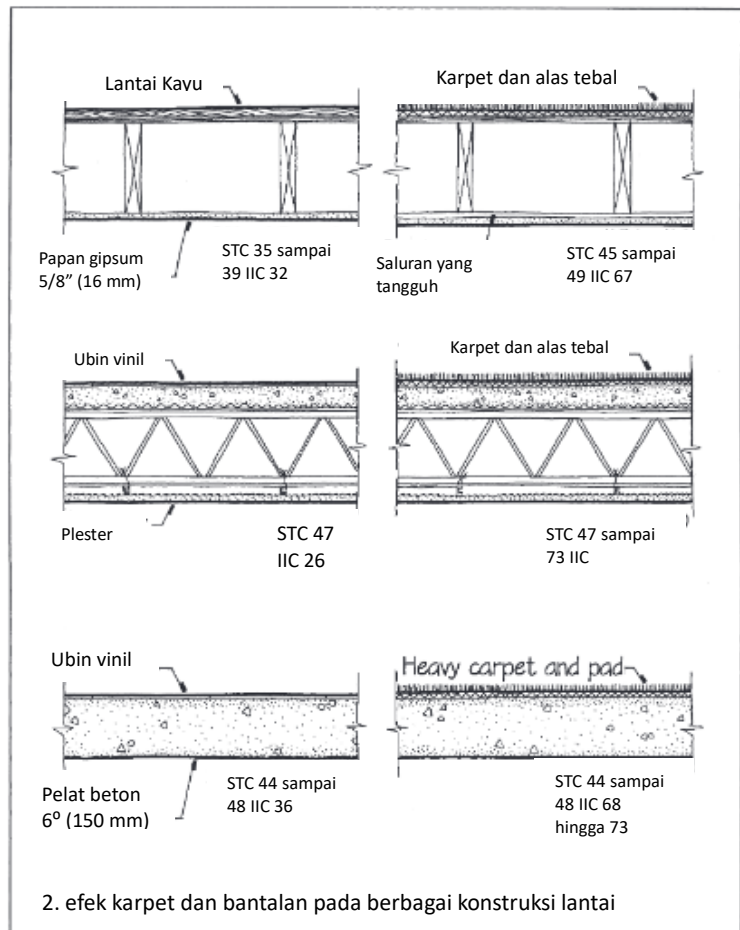
2. Kedap udara mudah dicapai pada struktur lantai baja dengan beton atau beton, jika lubang untuk pipa, kabel, dan saluran tertutup rapat. Struktur lantai kayu dapat dibuat kedap udara dengan menambahkan lapisan atas beton cor atau gipsum, atau dengan

plesteran atau pekerjaan papan gipsum yang cermat pada langit-langit di bawahnya. Lantai beton, baja, atau kayu cukup berat untuk meredam kebisingan di udara.

Kebisingan benturan dapat dikurangi dengan menggunakan kelenturan atau ketahanan dengan beberapa cara. Cara yang paling efektif dalam kebanyakan situasi adalah memasang karpet dan bantalan yang tebal di atas pelat. Ini memberikan ketahanan dan juga meredam benturan tumit. Namun, perhatikan dalam contoh terlampir bahwa karpet dan bantalan tidak banyak membantu meningkatkan STC lantai.

Pada lantai kayu yang diilustrasikan di sini, peningkatan STC dicapai dengan memasang langit-langit papan gipsum pada saluran yang tangguh. Gantungan pegas yang dipatenkan juga dapat digunakan untuk menggantung langit-langit dengan longgar, mengisolasi getaran antara lantai dan langit-langit. Kebisingan yang ditimbulkan oleh struktur tidak berkurang dengan penggunaan selimut peredam suara yang longgar di antara balok, karena rangka struktural melewati selimut ini.

3. Pelapis lantai keras seperti ubin keramik, ubin vinil, vinil lembaran, atau lantai kayu biasanya merupakan generator dan pemancar kebisingan benturan yang sangat baik. Papan peredam suara, alas yang lentur, atau isolator lantai mengambang yang dipasang di

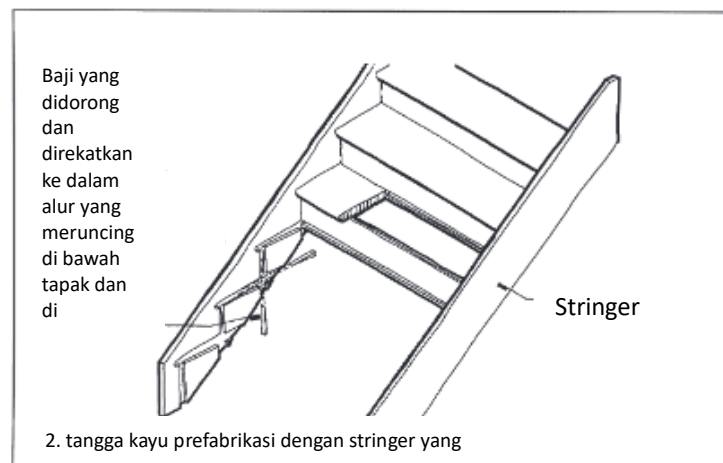


antara bagian atas lantai struktural dan bagian bawah lantai akhir dapat meredam lantai ini secara efektif.

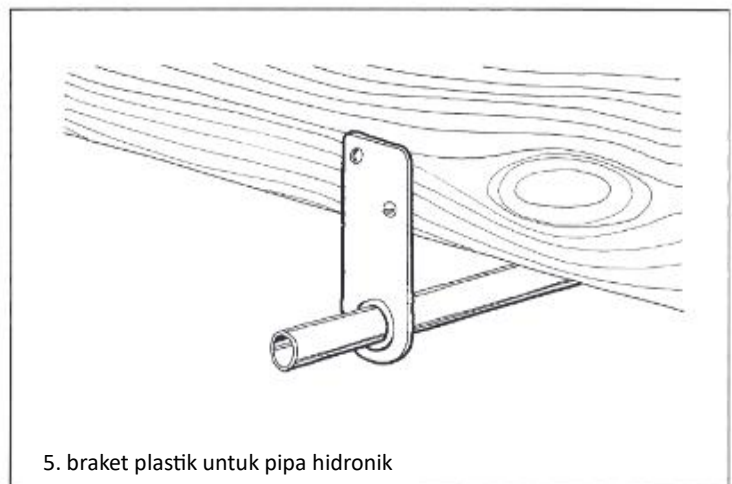
5.3 PEMASANGAN YANG SENYAP

Derit, benturan, gemuruh, dan kebisingan struktural dan mekanis lainnya pada bangunan dapat dikurangi atau dicegah dengan perincian yang cermat dan perawatan yang tepat.

1. Sublantai kayu yang direkatkan ke balok penyangga serta dipaku jauh lebih kecil kemungkinannya untuk kendor dan berderit seiring waktu daripada sublantai yang hanya dipaku. Sekrup atau paku ring-shank jauh lebih kecil kemungkinannya untuk kendor dan berderit pada sublantai daripada paku biasa.
2. Tangga kayu prefabrikasi dengan tali pengikat yang terpasang menggunakan ganjal dan lem untuk menciptakan unit yang rapat yang sangat tahan terhadap kendor dan derit di bawah kaki.



3. Penganjal pintu, bantalan rangka, dan penutup pintu secara drastis mengurangi jumlah kebisingan yang dapat dihasilkan pintu saat dibuka dan ditutup.
4. Motor, pompa, kipas, dan mesin lainnya harus diisolasi secara akustik dari struktur bangunan untuk mengurangi transmisi kebisingan yang berasal dari struktur. Tersedia banyak jenisudukan peralatan yang tangguh yang menggunakan pegas logam atau bantalan karet untuk mengisolasi getaran peralatan dari struktur. Konektor saluran fleksibel harus digunakan untuk menyambungkan saluran ke kipas.
5. Pipa air panas dan pipa pemanas hidrolik mengembang dan menyusut secara longitudinal saat dipanaskan dan didinginkan. Hal ini menyebabkan pipa bergesekan dengan braket



pemasangannya. Braket pemasangan plastik yang halus mengurangi gesekan terhadap pipa dan hampir menghilangkan suara berdetak dan berdecit yang dihasilkan oleh braket logam.

5.4 PERMUKAAN PENYERAP SUARA

Bahan dengan lapisan akhir yang lembut, berpori, dan tebal menyerap sebagian besar suara di udara dan hanya sedikit memantulkannya. Hal ini membuatnya berguna untuk mencapai kondisi yang tenang di dalam gedung.

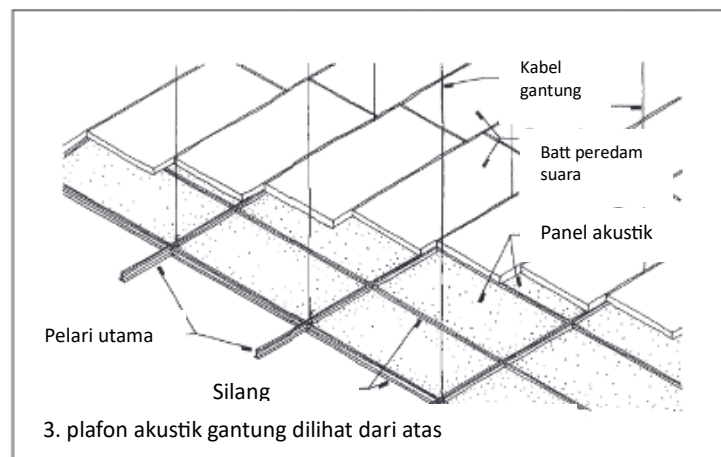
1. Tabel terlampir menunjukkan kapasitas berbagai permukaan untuk menyerap suara di udara. Koefisien Penyerapan Suara [yang menggantikan Koefisien Pengurangan Kebisingan (NRC)] menunjukkan jumlah rata-rata energi suara yang diserap oleh suatu bahan dalam rentang suara normal. Koefisien 0,0 menunjukkan bahwa bahan tersebut merupakan pemantul suara yang sempurna; 1,0 menunjukkan bahwa bahan tersebut merupakan penyerap yang sempurna. Bahan dengan koefisien 0,80 menyerap 80 persen kebisingan yang terjadi padanya.
2. Karpet dan bantal, furnitur berlapis kain, dan tirai jendela semuanya menyerap suara dan efektif dalam mengurangi tingkat suara di dalam ruangan. Karpet yang tidak beralas, pelapis jok dan gordena yang tipis hanya menyerap frekuensi bunyi yang sangat tinggi, namun meninggalkan kebisingan pada frekuensi menengah dan rendah sebagai masalah yang berkelanjutan.

Tabel 5.4 Perkiraan Koefisien Penyerapan Suara pada Material Umum

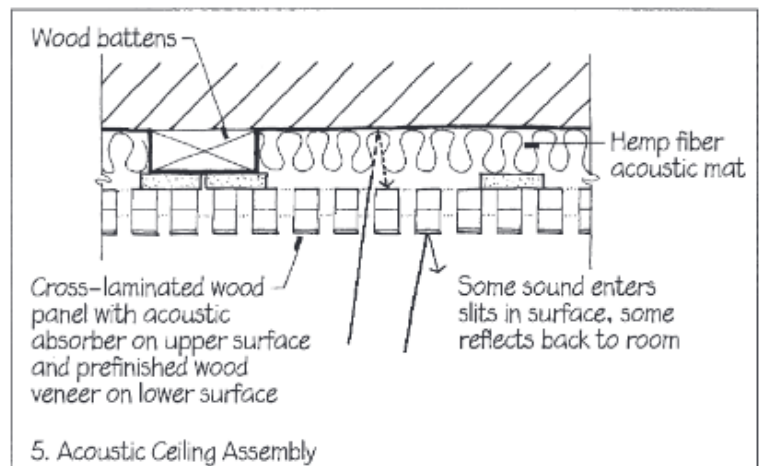
Material	Koefisien Penyerapan Suara
Batu bata, tidak dicat	0.03-0.05
Batu bata, dicat	0.01-0.02
Beton, kasar, tidak dicat	0.02-0.08
Beton, halus, dicat	0.01-0.02
Beton balok, tidak dicat	0.29-0.44
Beton balok, dicat	0.05-0.10
Serat selulosa, disemprot	0.50-0.75
Busa poliuretan, papan insulasi kaku	0.30
Busa poliuretan, panel akustik berprofil	0.80
Karpet, di atas bantal karet busa	0.30-0.55
Lantai kayu lidah dan alur	0.08-0.19
Plywood	0.10-0.18
Kayu, panel akustik berlubang	0.75-0.90
Kayu, panel akustik berlubang dengan serat akustik di dalamnya	0.70-0.95
Panel langit-langit akustik serat mineral, tergantung, dengan reduksi kebisingan tinggi	0.75-0.90
Kaca	0.02-0.10
Baja	0.01-0.10
Logam, lembaran berlubang, 13% terbuka	0.64-0.97
Plester atau papan gipsum, dicat	0.01-0.05
Marmar atau ubin mengkilap	0.01-0.02

Kursi kayu atau logam (terisi)	0.80–0.85
Kursi kayu atau logam (kosong)	0.60
Kursi berlapis kain (kosong)	0.60
Tirai kain, berat bervariasi	0.05–0.60
Air atau es	0.01–0.02

3. Ubin dan panel akustik yang dipasang di langit-langit diproduksi dalam berbagai koefisien pengurangan kebisingan. Langit-langit penuh dari panel atau ubin yang sangat menyerap berguna untuk menenangkan ruang kantor atau ritel yang bising. Kemampuan langit-langit akustik untuk menyerap frekuensi suara yang lebih rendah dapat ditingkatkan dengan menggantungnya atau mengikatnya ke bawah dari struktur di atasnya, dan dengan memasang penghalang peredam suara di atasnya. Plester akustik, bahkan jika dipasang dengan benar, merupakan penyerap yang efektif hanya pada frekuensi yang lebih tinggi.



4. Langit-langit yang keras dan memantulkan akustik dari kayu, plester, papan gipsium, atau panel prafabrikasi cocok untuk berbagai jenis ruang yang dirancang untuk pendengaran yang baik terhadap suara atau musik. Ruang seperti itu harus dirancang bekerja sama dengan konsultan akustik.
5. Panel akustik khusus yang terbuat dari kain, gipsium berlubang, atau kayu berlubang dapat dipilih untuk mengubah kualitas penyerapan suara pada langit-langit dan dinding. Produsen juga menyediakan alat desain akustik untuk membantu detailer dalam membuat pilihan yang tepat untuk setiap permukaan ruangan. Misalnya, panel kayu laminasi silang berlubang dapat dipilih untuk permukaan dinding atau langit-langit guna memantulkan suara di dalam ruangan, tetapi menyerap



frekuensi lainnya. Perforasi memungkinkan suara melewati permukaan untuk diserap oleh bahan penyerap akustik yang dipasang di antara strip penguat. Permukaan ruangan lainnya mungkin memiliki panel kayu serupa yang beralur di bagian muka tetapi tidak berlubang, dan yang lainnya halus, yang masing-masing akan memantulkan suara kembali ke dalam ruangan secara berbeda.

BAB 6

MENAMPUNG PERGERAKAN

6.1 PERGERAKAN DAN DAMPAKNYA PADA BANGUNAN

Bangunan tidak pernah diam. Pergerakannya, meskipun tampak kecil, sangat kuat dan dapat menyebabkan kerusakan yang tidak dapat diperbaiki kecuali bangunan tersebut dirancang untuk menampungnya. Ada sejumlah sumber pergerakan pada bangunan yang harus diingat oleh detailer. Pergerakan suhu disebabkan oleh pemuaian dan penyusutan bahan bangunan dengan naik dan turunnya suhu. Suhu bahan terutama dipengaruhi oleh suhu udara di sekitarnya tetapi juga dipengaruhi oleh energi radiasi, saat sinar matahari mengenai permukaan yang gelap. Pergerakan kelembapan terjadi pada bahan berpori dan higroskopis seperti kayu, plester, pasangan bata, beton, dan banyak polimer.

Bahan-bahan ini membengkak saat menyerap kelembapan dari air atau udara lembap, dan menyusut saat mengering. Pergerakan perubahan fase menyertai perubahan keadaan fisik suatu bahan. Pergerakan perubahan fase yang menjadi perhatian utama detailer adalah pemuaian air saat membeku. Pergerakan perubahan kimia terjadi pada bahan konstruksi tertentu saat bahan tersebut mengeras atau menua. Plester gipsum sedikit mengembang saat berubah dari bubur menjadi padat. Pelapis dan sealant yang dapat melepaskan pelarut menyusut saat mengeras. Batang tulangan yang berkarat mengembang dan dapat meretakkan pasangan bata atau beton tempat mereka tertanam.

Defleksi struktural selalu menyertai perubahan beban pada bangunan. Balok, pelat, rangka, dan lengkungan lebih melorot saat dibebani lebih berat, dan lebih sedikit melorot saat bebannya berkurang. Kolom menjadi lebih pendek saat beban diterapkan padanya. Beban angin dan seismik melenturkan dan mengguncang komponen dinding eksterior, dan menggerakkan bangunan secara lateral dalam jumlah yang besar. Perambatan struktural merupakan karakteristik kayu dan beton, keduanya melorot secara permanen dalam jumlah kecil selama beberapa tahun pertama masa pakai bangunan dan kemudian stabil.

Penyusutan pondasi terjadi saat tanah di bawah bangunan membelok, merambat, atau bergeser secara lateral di bawah beban. Semua pondasi mengalami penurunan; jika penurunannya kecil dan seragam di seluruh bangunan, hanya sedikit pergerakan yang terjadi di dalam komponen bangunan itu sendiri. Jika penurunan tidak seragam dari satu dinding atau kolom ke yang lain, pergerakan yang cukup besar harus diakomodasi. Tabel berikut mengaitkan penyebab umum pergerakan dengan berbagai bahan bangunan. Tabel tersebut menunjukkan bahwa bahan bangunan terus-menerus mengalami pergerakan dalam jumlah kecil namun tak terelakkan sebagai respons terhadap satu atau beberapa penyebab.

Kita dapat memperkirakan, seringkali dengan akurasi yang mengesankan, besarnya pergerakan yang akan terjadi dari masing-masing sumber ini:

- Pergerakan suhu dapat diukur dengan cukup tepat menggunakan kisaran perbedaan suhu yang diharapkan dan koefisien ekspansi termal bahan (lihat Bab 1, Tabel 1-2).
- Pergerakan kelembapan tidak dapat diukur dengan presisi seperti itu, tetapi kita dapat memperkirakannya dengan cukup akurat untuk mencegahnya menyebabkan kerusakan pada bangunan (lihat informasi nanti dalam bab ini). Pergerakan perubahan fase dan perubahan kimia dapat diperkirakan dengan berbagai tingkat akurasi.
- Lentutan struktural dihitung dengan sangat cermat menggunakan teknik rekayasa

standar, dan perambatan struktural dapat diukur hingga batas yang dapat dikelola. Seorang insinyur geoteknik atau pondasi dapat memberikan data yang cukup mengenai tingkat pergerakan pondasi yang diharapkan untuk memandu detailer. Selama masa pakai bangunan, perubahan kondisi tanah dan air di sekitarnya, seperti penggalian dalam di dekatnya, mungkin memerlukan analisis lebih lanjut.

Tabel 6.1 Penyebab Pergerakan Material Bangunan dan Dampaknya

Penyebab	Hasil	Beton	Beton Balok	Batu Bata Tanah Liat	Batu	Kayu	Baja	Polimer
Perubahan suhu	Pemuaian/Penyusutan	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Perubahan kadar kelembaban	Pemuaian/Penyusutan	Ya	Ya	Ya	-	Ya	Tidak	Ya
Penyerapan kelembaban awal	Pemuaian permanen	Tidak	Ya	Ya	-	Tidak	-	-
Pembekuan air (perubahan fase)	Pemuaian	Ya	Ya	Ya	Ya	-	-	-
Hidrasi semen/Karbonasi	Penyusutan permanen	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Penerapan beban	Deformasi elastis	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Beban berkelanjutan	Rayapan/Penyusutan	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

Dalam merinci sebuah bangunan, kami mengakui bahwa sebagian besar gerakan tidak dapat dicegah dan disebabkan oleh gaya yang begitu besar sehingga kami tidak dapat menahannya. Sebaliknya, kami menyediakan sambungan gerakan antara komponen bangunan, pada interval dan konfigurasi sedemikian rupa sehingga gerakan dapat diserap tanpa membahayakan sambungan ini. Sebagai desainer, kami harus waspada terhadap di mana gerakan karena gaya yang tidak dapat dicegah ini paling mungkin terjadi. Misalnya, gerakan termal cenderung lebih signifikan pada bahan dinding atau atap gelap yang terpapar sinar matahari di elevasi selatan atau barat.

Pergerakan kelembaban cenderung lebih radikal pada ambang jendela atau dasar dinding, tempat air terkonsentrasi, daripada di bawah atap yang menjorok. Merinci dinding gorden di lantai empat puluh berbeda dari lantai empat dalam hal gerakan yang diantisipasi, karena tekanan angin lebih besar di atas. Jika kami tidak menyediakan sambungan gerakan, gaya yang menyebabkan gerakan di dalam bangunan akan menciptakan sambungannya sendiri dengan meretakkan dan menghancurkan komponen hingga tekanan internal bangunan berkurang. Paling banter, hasilnya tidak akan sedap dipandang; paling buruk, hasilnya adalah

bangunan yang bocor, tidak stabil, dan tidak aman.

Pola detail yang berhubungan dengan mengakomodasi pergerakan dalam bangunan dikaitkan dengan beberapa strategi sederhana. Semua pola yang tercantum akan dijelaskan lebih lanjut nanti dalam bab ini. Yang pertama adalah membuat dan mengonfigurasi bahan bangunan dengan cara yang meminimalkan kecenderungannya untuk bergerak dengan cara yang tidak diinginkan. Pola terkaitnya adalah:

- Seasoning dan Curing
- Kayu Vertikal-Serat
- Equalizing Cross-Grain
- Relieved Back
- Fondasi di bawah Frost Line

Strategi kedua adalah memisahkan elemen bangunan yang cenderung bergerak pada kecepatan dan cara yang berbeda. Polanya adalah:

- Sambungan Struktur/Penutup
- Sambungan Abutment

Strategi ketiga adalah membagi permukaan bangunan besar yang cenderung retak, hancur, atau tertekuk menjadi unit-unit yang lebih kecil dengan ukuran sedemikian rupa sehingga kemungkinan kegagalan tersebut sangat berkurang. Hal ini mengarah pada pola-pola berikut:

- Sambungan Ekspansi
- Sambungan Kontrol
- Sambungan Geser

Strategi keempat dan terakhir adalah membagi bangunan besar, terutama bangunan dengan geometri kompleks, menjadi dua atau lebih bangunan sederhana secara geometris, masing-masing dengan ukuran dan kekompakan sedemikian rupa sehingga kita dapat memperkirakannya untuk bergerak sebagai satu kesatuan dalam menanggapi gaya-gaya besar, seperti penurunan pondasi dan percepatan seismik. Hal ini mengarah pada pola:

Sambungan Pemisah Bangunan.

6.2 PEMBUMBUN DAN PENERINGAN

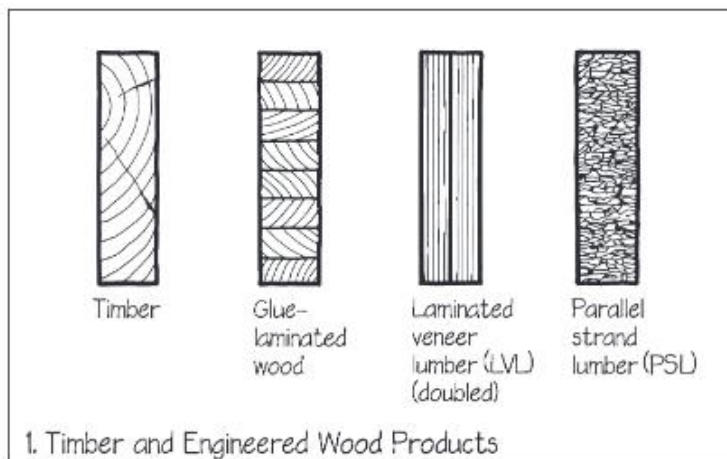
Banyak bahan bangunan berpori harus dibumbui atau diawetkan selama jangka waktu tertentu setelah pembuatannya, sebelum dimasukkan ke dalam bangunan. Hal ini memungkinkan bahan tersebut mencapai kadar air yang seimbang dan menstabilkan dimensi sebelum pergerakannya dibatasi oleh komponen bangunan yang berdekatan.

1. Kayu adalah bahan bangunan yang paling rentan terhadap perubahan dimensi karena perubahan kadar air. Pada saat dipotong, kayu sepenuhnya jenuh dengan air. Saat mengering, kayu menjadi lebih kuat dan kaku. Kayu juga menyusut dalam jumlah yang sangat besar hingga mencapai kadar air yang seimbang, saat itu kayu tidak lagi mengeluarkan air ke udara. Penyusutan dan pemuaiannya pada spesies kayu lunak umum dapat diukur menggunakan referensi industri seperti "Stabilitas Dimensi Produk Kayu Barat" dari Western Wood Products Association (lihat Lampiran A, The Detailer's Reference Shelf). Lampiran A juga menyediakan tautan ke penaksir penyusutan kayu daring.

Grafik penyusutan untuk kayu lunak pada umumnya ditunjukkan pada gambar 4 di bagian berikut, Kayu Berserat Vertikal.

Penyusutan pada kayu bervariasi, tergantung pada arah dan bentuk serat. Serat dan mata kayu yang bergelombang menyebabkan

penyusutan yang tidak merata, yang mengakibatkan distorsi bentuk elemen kayu (lihat bagian berikut, Kayu Berserat Vertikal).



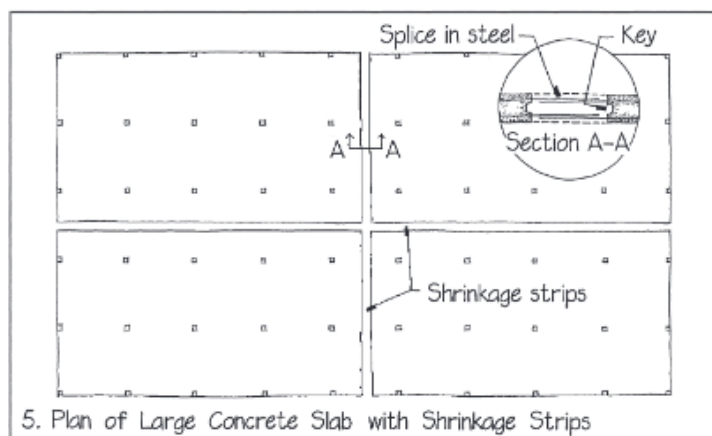
Kayu dikeringkan secara komersial baik dengan menumpuknya dalam susunan longgar selama beberapa bulan untuk dikeringkan di udara, atau dengan mengeringkannya dalam tungku selama beberapa jam atau hari, tergantung pada dimensinya. Pengerian tungku umumnya menghasilkan produk yang stabil, memenuhi kadar air yang ditentukan lebih cepat. Namun, sepanjang masa pakainya, sepotong kayu yang dikeringkan dengan salah satu metode akan menyerap air dan mengembang selama periode lembap, dan akan mengeluarkan air dan menyusut selama periode kering.

Meskipun dibuat dengan bahan berpori yang sama, produk kayu rekayasa, seperti balok laminasi lem, panel kayu laminasi silang, kayu lapis laminasi, dan kayu untai sejajar, cenderung mengalami pengeringan, penyusutan, atau distorsi yang jauh lebih sedikit daripada kayu solid. Kayu yang digunakan untuk membuat produk ini dikeringkan dalam tungku sebelum dimasukkan ke dalam elemen kayu besar. Distorsi diminimalkan karena arah serat kayu bervariasi pada anggota, tanpa arah penyusutan yang berlaku. Produk ini diproduksi dan dibentuk sesuai ukuran akhirnya setelah pengeringan selesai.

2. Kayu mentah (“hijau”) terkadang digunakan dalam konstruksi, terutama untuk rangka. Perhatian khusus harus diberikan dalam merinci komponen akhir bangunan yang dibingkai dengan kayu mentah, karena komponen rangka akan menyusut dalam jumlah besar dalam arah tegak lurus terhadap serat, yang akan memberikan tekanan berat pada komponen akhir yang terpasang kaku pada rangka. Pengencang seperti paku dan baut dapat mengendur saat kayu menyusut. Kayu yang belum dikeringkan juga diperkirakan akan berubah bentuk dengan melengkung, melengkung, dan terpelintir saat mengering hingga mencapai kadar air yang seimbang. Lihat bagian berikut, Kayu Berserat Vertikal, untuk melihat bagaimana kelembaban memengaruhi bentuk sepotong kayu. Kayu yang belum dikeringkan tidak boleh digunakan untuk komponen pelapis interior. Faktanya, kayu pelapis harus dikeringkan dengan sangat hati-hati, dikeringkan hingga kadar air yang seimbang dengan udara biasanya sekitar 11 persen berat, tetapi ini bervariasi dari 4 hingga 14 persen untuk iklim dan musim yang berbeda.
3. Kayu yang dimodifikasi secara termal (TMT) menggunakan suhu hampir tiga kali lebih tinggi daripada pengeringan kiln normal, untuk mengubah kimia serat kayu,

membuatnya tahan secara permanen terhadap serangan biologis seperti jamur dan serangga. Kayu TMT lebih keras dan lebih getas daripada kayu yang dikeringkan di kiln, dan lebih stabil dalam bentuk dan dimensi. Semua jenis kayu dapat diperlakukan dengan cara ini, yang biasanya menggelapkan kayu; tidak memerlukan pelapis permukaan, tetapi dapat diaplikasikan jika diinginkan. Produk TMT sering digunakan pada bagian luar bangunan, yang mana kualitas ketahanan dan penampilannya sangat dihargai.

4. Unit pasangan bata beton diproduksi dengan kadar air yang telah dikontrol di pabrik untuk mengurangi penyusutan akibat pengeringan setelah unit dipasang. Meskipun demikian, penyusutan kecil dapat terjadi pada unit pasangan bata beton sebagai akibat dari pengeringan dan karbonasi, yang merupakan hasil yang tidak dapat dihindari dari proses pengawetan. Di sisi lain, batu bata tanah liat tidak memiliki kadar air saat keluar dari tungku dan mengembang sangat sedikit selama beberapa minggu dan bulan karena menyerap sedikit kadar air dari udara. Sebaiknya kedua jenis unit pasangan bata tersebut dibiarkan kering selama beberapa waktu sebelum menggunakannya di dinding; hal ini biasanya terjadi sebelum unit dibeli oleh kontraktor. Pengeringan dapat dipersingkat jika unit yang dibuat khusus dipesan dengan tergesa-gesa. Unit pasangan bata dapat dipantau untuk memverifikasi bahwa kadar air keseimbangannya telah tercapai sebelum digunakan.
5. Pada saat beton dituang, beton mengandung lebih banyak air daripada yang dibutuhkan untuk pengerasan. Kelebihan air ini kemudian menguap dari beton, menyebabkannya sedikit menyusut. Selain itu, penyusutan kecil diperkirakan terjadi pada beton sebagai produk sampingan alami dari proses hidrasi. Pengecualian untuk ini adalah beton yang dibuat dengan semen ekspansif yang mengimbangi penyusutan awal yang normal. Rasio campuran beton dan agregat juga memengaruhi jumlah penyusutan pengerasan.



Pada sebagian besar dinding dan pelat beton di permukaan tanah, sambungan kontrol dapat disediakan untuk menyerap retakan yang akan disebabkan oleh penyusutan ini (lihat Sambungan Kontrol, di bagian akhir bab ini). Saat menuangkan pelat struktural yang sangat luas dan tidak dapat memiliki sambungan kontrol, minimalkan kerusakan penyusutan dengan menuangkan setiap lantai bangunan dalam bagian-bagian yang lebih kecil, dipisahkan oleh strip penyusutan terbuka. Setelah bagian-bagian ini diawetkan dan dikeringkan cukup lama sehingga sebagian besar penyusutan terjadi, strip penyusutan dituangkan untuk melengkapi lantai. Batang tulangan harus disambung di dalam strip penyusutan sehingga area lantai yang terpisah dapat bergerak secara independen saat strip terbuka. Beton di dalam strip harus disambungkan secara mekanis ke pelat di kedua sisi. Bekisting penyangga harus dibiarkan di tempatnya hingga beton di strip penyusutan mengeras. Lokasi strip

penyusutan harus ditentukan oleh insinyur struktur.

6. Pergerakan kelembapan bahan semen dan pasangan bata dapat diperkirakan menggunakan Tabel 6.2. Contoh 1 Berapa banyak pelat beton sepanjang 210 kaki (64 m) akan menyusut selama proses pengerasan dan pengeringan? Gunakan nilai rata-rata dalam suatu rentang kecuali dinyatakan lain.

$$(210 \text{ kaki})(12 \text{ inci/kaki}) = 2.520 \text{ inci}$$

$$(2.520 \text{ inci})(0,00065 \text{ inci/inci}) = 1,64 \text{ inci}$$

$$64 \text{ m} = 64.000 \text{ mm}$$

$$(64.000) (0,00065 \text{ mm/mm}) = 41,6 \text{ mm}$$

Contoh 2 Kira-kira berapa banyak ekspansi kelembapan yang harus diantisipasi pada dinding bata berukuran utilitas baru sepanjang 175 kaki (53,3 m)?

Tabel 6.2 Koefisien Pergerakan Kelembaban pada Material Semen dan Pasangan Batu

Penyusutan dan Pemuai	in/in (mm/mm)
Penyusutan akibat pengerasan dan pengeringan beton	0.0005–0.0008
Penyusutan akibat pengerasan dan pengeringan plester semen	0.0008–0.0016
Penyusutan akibat pengerasan dan pengeringan beton balok	0.0002–0.0004
Pemuai akibat kelembaban pada batu bata	0.0003–0.0005
Pemuai akibat kelembaban pada papan dinding gypsum	0.0004

Unit bata cenderung mengembang pada awalnya, tetapi mortar yang mengikatnya cenderung sedikit menyusut saat mengeras. Jadi jumlah ekspansi dinding bata secara keseluruhan cenderung lebih besar ketika ukuran bata besar, karena unit bata merupakan bagian yang lebih besar dari volume dinding. Unit berukuran utilitas besar digunakan pada contoh dinding ini, sehingga pergerakan kelembapan yang diharapkan akan berada di ujung atas kisaran yang ditunjukkan.

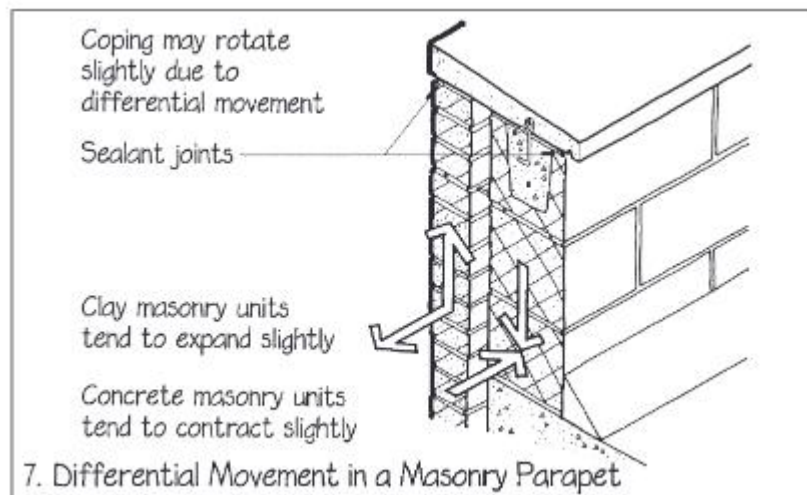
$$(175 \text{ kaki}) (12 \text{ inci/kaki}) = 2.100 \text{ inci}$$

$$(2.100 \text{ inci}) (0,0005 \text{ inci/inci}) = 1,05 \text{ inci}$$

$$53,3 \text{ m} = 53.300 \text{ mm}$$

$$(53.300) (0,0005 \text{ mm/mm}) = 26,6 \text{ mm}$$

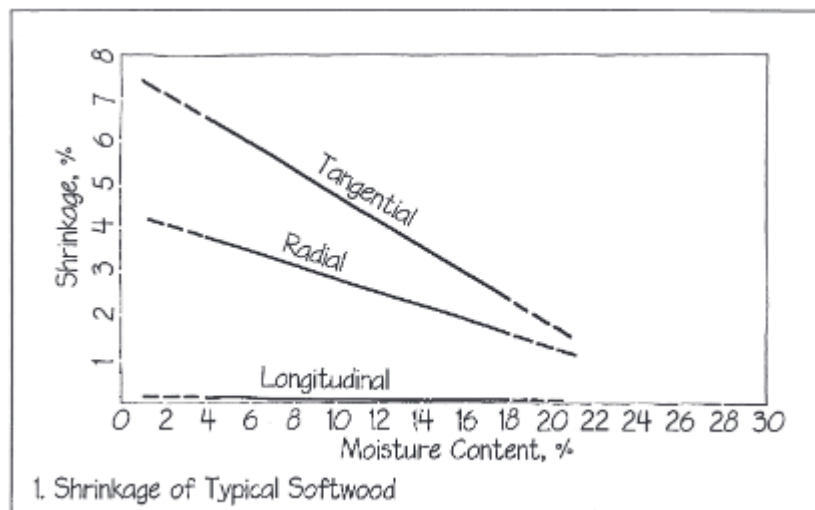
7. Bila material dengan kecepatan dan arah gerakan yang berbeda digabungkan, sambungan harus dibuat secara terperinci untuk memberikan fleksibilitas yang dibutuhkan. Dalam contoh yang ditunjukkan, lapisan pada tembok pembatas yang terbuat dari pelapis bata yang ditambatkan dan pasangan bata beton diharapkan berputar sedikit saat material mencapai keseimbangan dengan lingkungan di sekitarnya. Pada dinding yang mengandung batu, bata, dan pasangan bata beton, penting untuk membandingkan sifat-sifat material tertentu dan menghindari pencampuran material yang akan bergerak tidak konsisten. Lebih baik memasukkan seluruh rangkaian pasangan bata beton ke dalam dinding bata daripada memasukkan unit-unit yang terisolasi secara berkala.



6.3 PENGGUNAAN DAN PERGERAKAN KAYU PADA KONSTRUKSI BANGUNAN

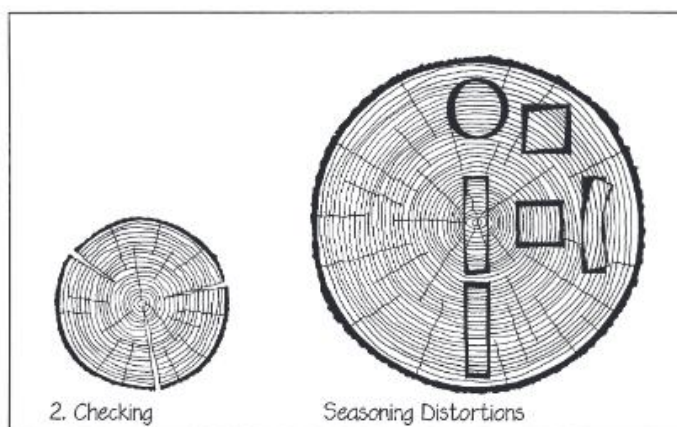
Kayu yang digunakan untuk komponen bangunan dengan finishing datar harus digergaji dari gelondongan sedemikian rupa sehingga lingkaran pertumbuhan kayu berjalan kira-kira tegak lurus dengan permukaan papan.

1. Saat gelondongan dikeringkan, gelondongan tersebut menyusut sangat sedikit di sepanjang panjangnya. Gelondongan tersebut menyusut jauh di arah radialnya (tegak lurus dengan lingkaran pertumbuhan), dan menyusut paling banyak di arah tangensialnya (di sepanjang lingkaran pertumbuhan). Jumlah penyusutan sangat besar, seperti yang ditunjukkan oleh grafik terlampir. Jumlah penyusutan bergantung pada perbedaan antara kadar air saat digiling dan saat berada pada keseimbangan dengan tempatnya di dalam bangunan. Kadar air interior dan eksterior akan sangat bervariasi,

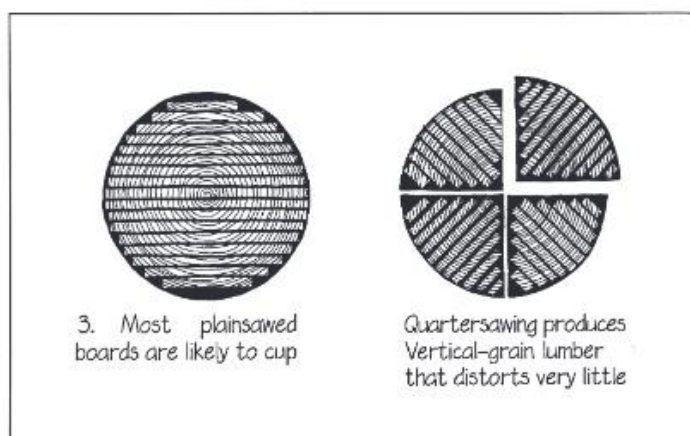


bergantung pada iklim lokasi bangunan. Lihat referensi dari American Wood Council dan Architectural Woodworking Institute di Lampiran A, The Detailer's Reference Shelf, untuk menemukan rekomendasi untuk lokasi tertentu. Bila serat alami bergelombang atau tidak teratur sepanjang sepotong kayu, maka distorsi akibat proses pengeringan seperti terpelintir dan melengkungnya potongan lebih mungkin terjadi. Tukang kayu yang berpengalaman memesan jumlah tambahan sehingga mereka dapat membuang potongan yang tidak dapat diterima.

2. Penyusutan yang lebih besar dalam arah tangensial menyebabkan batang kayu terbelah (terbelah sepanjang garis radial). Hal ini juga menyebabkan potongan kayu yang dipotong dari berbagai bagian penampang melintang batang kayu terdistorsi selama proses pengeringan dengan berbagai cara. Proses pengeringan lebih mungkin terjadi jika kayu dikeringkan dengan cepat.



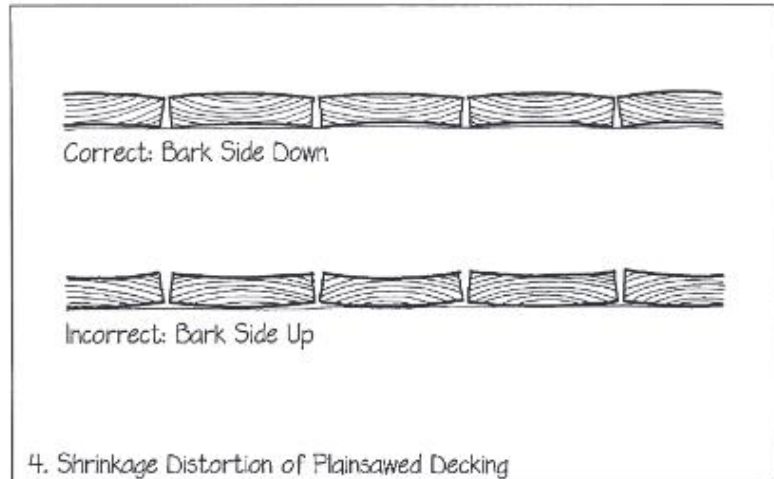
3. Untuk menghindari distorsi akibat proses pengeringan sebisa mungkin, papan dan kayu dapat dipotong dari batang kayu sedemikian rupa sehingga permukaan setiap bagian kira-kira tegak lurus dengan lingkaran tahunan pada kayu. Ini disebut sebagai penggergajian celah atau penggergajian seperempat, dan kayu yang dipotong dengan cara ini sering disebut kayu serat vertikal. Kayu serat vertikal paling baik untuk lantai dan untuk finishing millwork yang harus tetap datar papan pinggir, kusen jendela dan pintu, dan meja, misalnya. Kayu serat vertikal juga lebih tahan lama untuk furnitur dan lantai, karena pita kayu musim panas yang lebih keras muncul sangat dekat satu sama lain di permukaan setiap bagian, melindungi kayu pegas yang lembut di antaranya dari abrasi.



Kayu serat vertikal membutuhkan waktu lebih lama untuk digergaji daripada kayu gergajian biasa, dan lebih banyak membuang kayu, sehingga lebih mahal. Untuk sebagian besar penggunaan, terutama rangka biasa, kayu gergajian biasa merupakan pilihan yang memuaskan dan ekonomis, meskipun cenderung terdistorsi. Papan dan kayu yang dipotong dari kayu gelondongan dengan banyak mata kayu lebih rentan terhadap distorsi daripada potongan "bening" yang bebas mata kayu dan memiliki pola serat yang sejajar. Kayu gelondongan berdiameter kecil cenderung tidak menghasilkan papan atau kayu yang memiliki semua fitur yang diinginkan ini.

4. Sebagian besar dek luar ruangan terbuat dari dek yang digergaji polos. Jika papan diletakkan dengan sisi kulit kayu menghadap ke atas, papan akan melengkung sehingga menahan air selama hujan badai. Cara yang tepat untuk meletakkan dek adalah dengan sisi kulit kayu menghadap ke bawah. Prinsip yang sama berlaku untuk sirap kayu di atap. Sirap yang diletakkan dengan sisi kulit kayu menghadap ke bawah akan memiliki

bukaan yang lebih kecil di tepinya tempat air dapat masuk. Untuk memperkirakan bagaimana sepotong kayu tertentu akan berubah, ingatlah bahwa saat mengering, lingkaran tahunan yang melengkung di ujungnya cenderung menjadi lebih lurus.

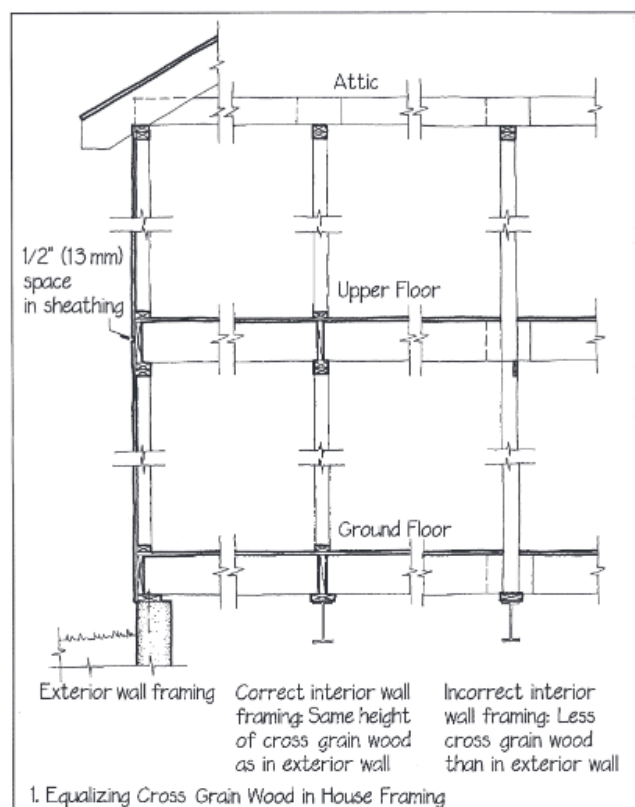


6.4 MENYEIMBANGKAN SERAT KAYU

Saat kadar airnya berubah, kayu menyusut dan mengembang sangat banyak di sepanjang seratnya tetapi sangat sedikit di sepanjang seratnya. Untuk keperluan perincian bangunan kayu biasa, kami berasumsi bahwa penyusutan dan pemuai longitudinal pada dasarnya nol. Pergerakan dalam arah serat kayu sangat besar dan sulit diukur, karena gerakan tangensial (gerakan sepanjang lingkaran pertumbuhan) jauh lebih besar daripada gerakan radial (gerakan tegak lurus terhadap lingkaran pertumbuhan).

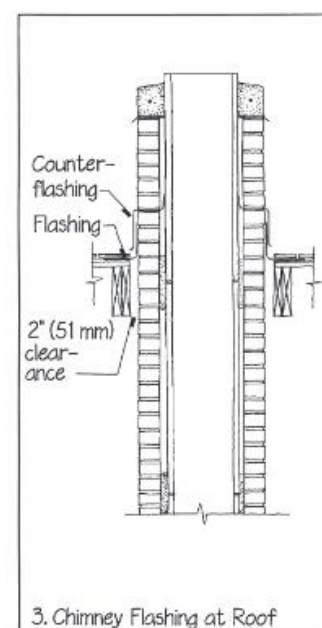
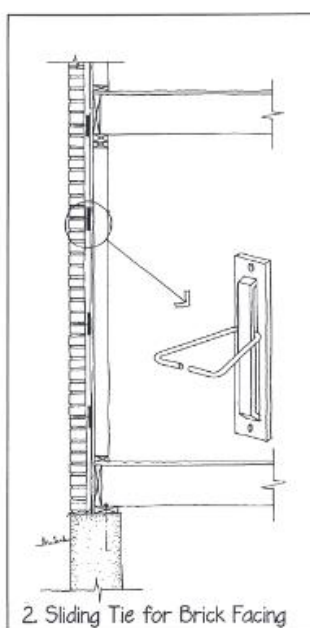
Pada kayu gergajian polos yang kami gunakan untuk rangka, kami tidak dapat memastikan apakah penyusutan serat kayu pada balok atau pelat akan terjadi pada laju radial, laju tangensial, atau sesuatu di antara keduanya. Yang terbaik yang dapat kami lakukan adalah berasumsi bahwa laju tersebut akan berada di antara keduanya. Penyusutan serat kayu merupakan perhatian terbesar pada kayu dimensi. Bila produk kayu rekayasa seperti glulam, I-joist, LVL, dan rangka kayu digunakan, detailer harus dengan hati-hati memperhitungkan tingkat penyusutan yang umumnya jauh lebih kecil.

1. Dalam rangka platform, yang merupakan cara paling umum untuk menyusun rumah, setiap tingkat rangka lantai menyela tiang vertikal yang membentuk dinding dan yang menopang lantai atas dan atap. Tiang akan menyusut sangat sedikit dalam arah vertikal bangunan, tetapi rangka lantai, meskipun terbuat dari kayu yang sudah tua, akan menyusut dalam



jumlah yang cukup besar, sering kali 1/4 hingga 3/8 in. per lantai (6 hingga 9 mm). Saat merinci rangka platform kayu, penting untuk menyediakan jumlah kayu berserat silang yang sama di setiap tingkat sehingga penyusutan tidak akan menyebabkan lantai terbalik atau kerusakan pada bahan pelapis interior. Merupakan praktik yang baik untuk menyisakan ruang sekitar 1/2 in. (13 mm) di panel selubung di setiap platform lantai, karena platform akan menyusut secara signifikan, sedangkan panel tidak. Tiang dua lantai yang ditunjukkan di bagian dinding rangka balon di paling kanan akan menyebabkan penyusutan yang tidak sama pada bangunan berbingkai platform lainnya. Ketika kayu sudah kering sepenuhnya, elevasi balok langit-langit dan kasau atap akan sedikit lebih tinggi di tempat tiang dua lantai digunakan karena penyusutan serat silang pada kedua rakitan lantai tidak akan terjadi.

2. Komponen batu bata bangunan kayu, seperti cerobong asap dan permukaan eksterior, tidak menyusut secara signifikan jika dibandingkan dengan rangka kayu. Detail sambungan struktural dan flashing yang menghubungkan kayu dan batu bata harus dirancang untuk mengakomodasi pergerakan diferensial. Ikatan batu bata geser akan memungkinkan rangka menyusut tanpa memberi tekanan pada permukaan bata.
3. Flashing dan counterflashing di sekitar cerobong batu bata meluncur bebas untuk memungkinkan atap turun sebagian kecil inci dalam kaitannya dengan susunan batu bata.



Bagian Belakang yang Diperlebar

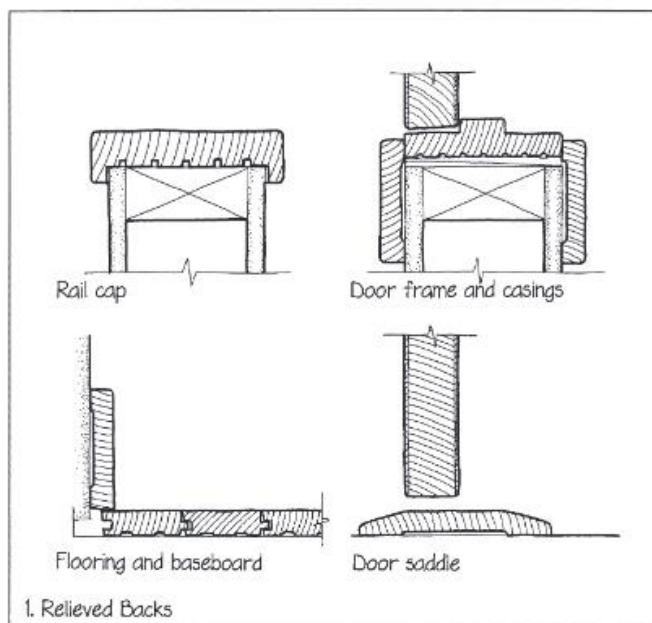
Masalah yang disebabkan oleh distorsi cupping pada potongan kayu dengan lapisan datar dapat diminimalkan dengan menggunakan profil dengan bagian belakang yang diperlebar dan dengan melapisi bagian belakang setiap potongan dengan cat dasar. Distorsi cupping paling terlihat pada papan lebar, terutama jika seratnya tidak lurus dan vertikal (lihat Kayu Berserat Vertikal, di awal bab ini).

Produk kayu buatan dengan ukuran yang sama, seperti papan serat kepadatan menengah (MDF) dan komposit yang terbuat dari kayu dan resin, cenderung bebas dari tekanan internal yang dapat menyebabkan cupping, tetapi masih dapat berubah bentuk jika kadar airnya tidak seragam.

1. Distorsi cupping pada papan kayu disebabkan oleh perbedaan jumlah penyusutan yang dialami oleh sisi papan yang berlawanan. Semakin tipis papan, semakin sedikit gaya yang dapat diberikan padanya oleh perbedaan penyusutan ini. Merupakan praktik umum untuk memperlebar bagian belakang potongan kayu datar dengan memotong satu atau beberapa alur, sehingga secara efektif mengurangi ketebalan potongan dan

mengurangi kecenderungannya untuk melengkung. Jika alur tunggal yang lebar dipotong, bagian tersebut juga lebih mudah dipasang pada permukaan datar, karena hanya kedua sisinya yang perlu bersentuhan. Pada hasil pabrikasi, alur biasanya dipotong dengan mesin pemotong. Di lokasi kerja, biasanya lebih praktis untuk memotong beberapa alur pada gergaji meja portabel.

2. Pelapisan dasar belakang, penerapan lapisan cat dasar pada sisi belakang papan, juga membantu mencegah distorsi cekungan pada potongan kayu datar yang akan dicat. Papan



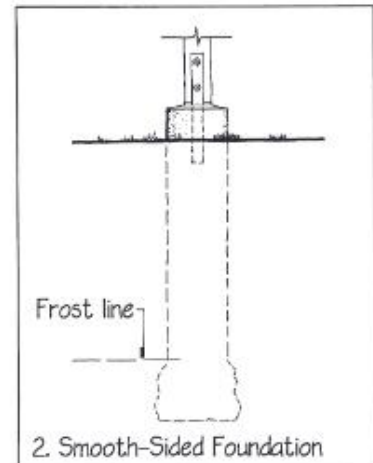
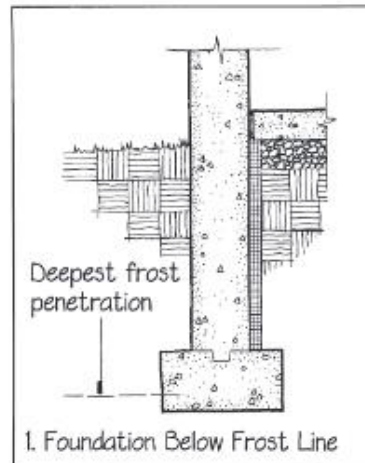
dinding, papan sudut, potongan trim eksterior, casing, dan papan dasar semuanya dapat memperoleh manfaat dari pelapisan dasar belakang. Efek pelapisan dasar belakang adalah menyebabkan permukaan depan dan belakang papan bereaksi terhadap kelembapan pada tingkat yang hampir sama. Pelapisan dasar belakang perlu dilakukan setidaknya sehari sebelum pemasangan, untuk memberi waktu pada cat dasar agar kering. Hal ini harus dicatat di bagian pertukangan pada spesifikasi bangunan dan ditentukan secara rinci di bawah bagian pengecatan. 3. Prinsip yang erat kaitannya dengan pelapisan dasar belakang adalah praktik pelapisan dasar belakang pintu atau rak yang permukaannya dilapisi laminasi plastik. Pelapisan dasar belakang mencegah lengkungan yang disebabkan oleh penyerapan kelembapan yang tidak merata oleh kedua sisi panel. Jika tidak terlihat, pelapisan dasar belakang biasanya terbuat dari laminasi polos dan murah. Meskipun pelapisan dasar belakang hampir merupakan keharusan pada rak dan pintu, pelapisan dasar belakang biasanya tidak diperlukan pada permukaan yang terhubung erat satu sama lain dalam rakitan kotak, seperti meja dapur dan rangka kabinet, karena aksi penahan kotak mencegah lengkungan yang parah.

6.5 PONDASI DI BAWAH GARIS ES

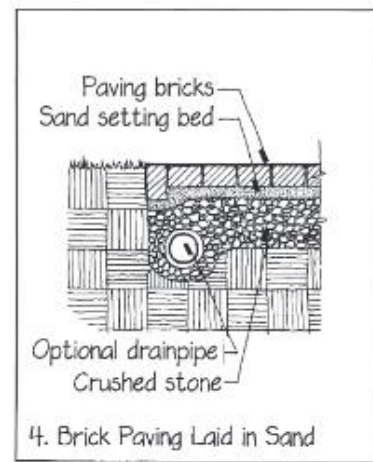
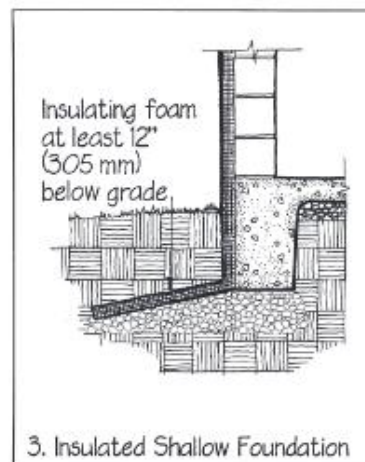
Salah satu jenis pergerakan bangunan yang dapat kita cegah adalah pengangkatan akibat es. Pengangkatan akibat es disebabkan oleh air yang membeku di tanah di bawah fondasi bangunan. Pemuaihan air akibat perubahan fase dapat menyebabkan tanah mengembang hingga 9 persen, sehingga sedikit mengangkat bangunan. Dalam kondisi suhu dan kelembapan tertentu, pengangkatan yang lebih besar dapat terjadi sebagai akibat dari pertumbuhan kristal es vertikal yang panjang di bawah fondasi. Tidak mungkin untuk menghilangkan air tanah, jadi kita menempatkan fondasi di tanah yang tidak akan membeku.

1. Kode bangunan umumnya mengharuskan dasar fondasi ditempatkan pada tingkat di bawah tingkat terdalam tempat tanah membeku selama musim dingin yang parah; lihat kode bangunan yang berlaku untuk lokasi tersebut untuk mengetahui seberapa

dalam ini. Pengecualian terhadap pola umum ini hanya dibuat jika tidak ada air di bawah fondasi, seperti ketika seseorang membangun di atas batu padat, atau di atas lapisan tanah beku, yang keduanya merupakan situasi yang sangat jarang terjadi. Di lokasi yang tidak terkena suhu beku, kode bangunan mengharuskan fondasi setidaknya berada 12 in. (305 mm) di bawah permukaan tanah.



2. Fondasi tiang pancang terisolasi ekonomis dan efektif untuk dek, teras, dan bangunan kayu kecil. Penggali lubang tiang digunakan untuk menggali setiap tiang pancang. Namun, beton tidak boleh dicor langsung ke sisi lubang yang kasar, karena embun beku dapat



terangkat ke atas ke sisi tiang pancang yang kasar. Bentuk tabung serat halus harus digunakan untuk mencetak tiang pancang yang sisinya halus di atas garis beku. Demikian pula, dinding fondasi harus dicor dalam bentuk halus, tidak langsung ke dinding parit.

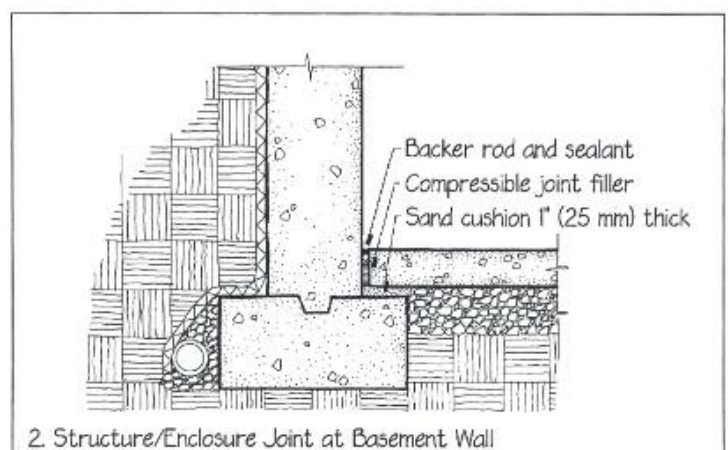
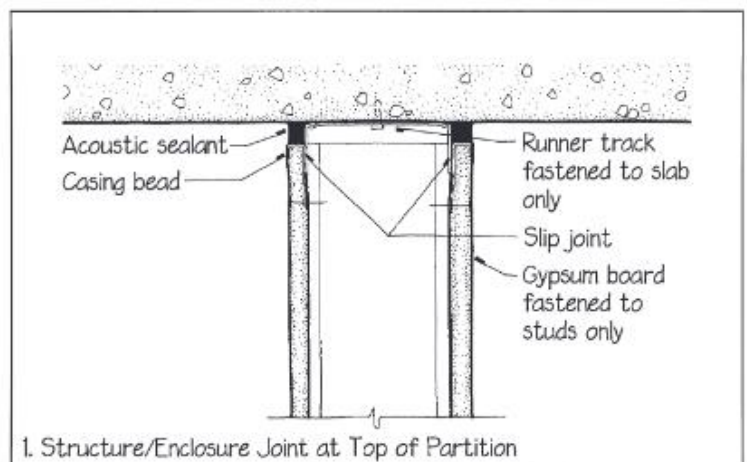
3. Dewan Kode Internasional (ICC) sekarang mengizinkan strategi fondasi dangkal yang inovatif yang telah berhasil digunakan di iklim Eropa utara yang dingin selama beberapa dekade. Sistem fondasi dangkal yang dilindungi embun beku (FPSF) menggunakan lapisan luar insulasi busa plastik untuk menahan panas yang keluar dari bagian dalam bangunan, untuk menghangatkan tanah di bawah fondasi dan mencegahnya membeku. Detail ini tidak boleh digunakan untuk bangunan yang tidak dipanaskan, seperti gudang atau bangunan penyimpanan, atau untuk bangunan yang sistem pemanasnya terganggu selama musim dingin. Detail ini juga tidak direkomendasikan di tempat yang terdapat rayap, karena rayap cenderung membuat liang di dalam insulasi. Kode bangunan untuk lokasi yang relevan menetapkan kedalaman pondasi minimum dan persyaratan insulasi.
4. Tidak praktis untuk menyangga paving luar ruangan seperti jalan, teras, dan jalan setapak, pada pondasi yang berada di bawah garis beku; pondasi tersebut harus disangga pada tingkat yang jauh lebih rendah. Namun, sebagian besar pengangkatan

akibat beku dapat dicegah dengan menempatkan paving (beton, aspal, bata, atau batu) pada lapisan batu pecah yang tebal dan memiliki drainase yang baik yang diurutkan (disortir) sehingga tidak memiliki partikel halus. Ruang di antara batu mengalirkan air dari bagian bawah paving dan juga menyediakan ruang ekspansi untuk air yang membeku di tanah di bawahnya. Untuk paving bata dan batu, lapisan pasir di atas batu pecah memberi tukang batu cara yang tepat untuk mengatur ketinggian unit pasangan bata. Banyaknya celah kecil pada dinding batu tradisional tanpa mortar dan ditumpuk kering memiliki kapasitas yang sama untuk mengalirkan air dan mengakomodasi pergerakan kecil tanpa retak.

6.6 SAMBUNGAN STRUKTUR/PENUTUP

Rangka struktural bangunan dan komponen pengisinya bergerak dengan cara yang berbeda dan memiliki kemampuan struktural yang berbeda. Keduanya harus disambung dengan cara yang mengenali perbedaan ini.

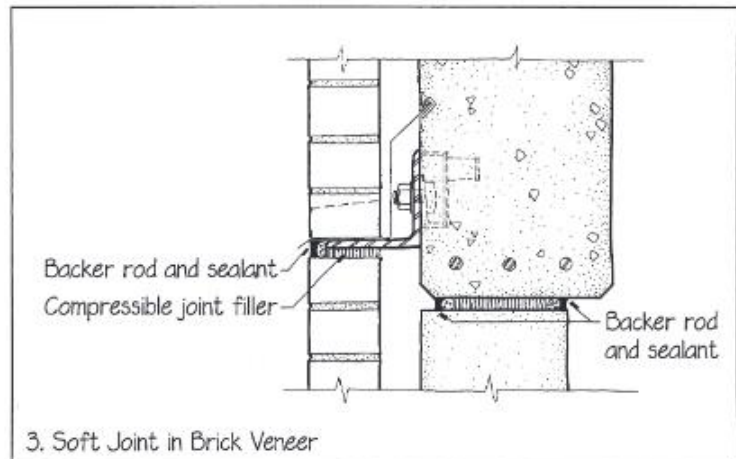
1. Partisi interior pada bangunan dengan rangka baja atau beton tidak cukup kuat untuk menopang lantai di atasnya dan memang tidak dimaksudkan untuk itu. Jika partisi terpasang erat pada bagian bawah pelat lantai, setiap defleksi pelat lantai, sekecil apa pun, akan memberikan beban pada bagian atas partisi. Hal ini dapat menyebabkan struktur bangunan berperilaku dengan cara yang tidak terduga dan mungkin berbahaya, dan dapat menyebabkan partisi melengkung. Agar partisi tidak menopang beban, strukturnya harus berhenti tepat di bagian bawah pelat lantai. Ukuran celah harus ditentukan bersama dengan insinyur struktur. Celah tersebut harus ditutup dengan sealant akustik atau paking karet lunak, yang keduanya akan mudah terkompresi jika pelat mengalami defleksi. Pada partisi tiang baja yang diilustrasikan di sini, tiang dipotong pendek dan hanya dimasukkan ke dalam jalur pelari atas tanpa pengencang, sehingga menciptakan sambungan selip untuk memungkinkan pergerakan lantai.



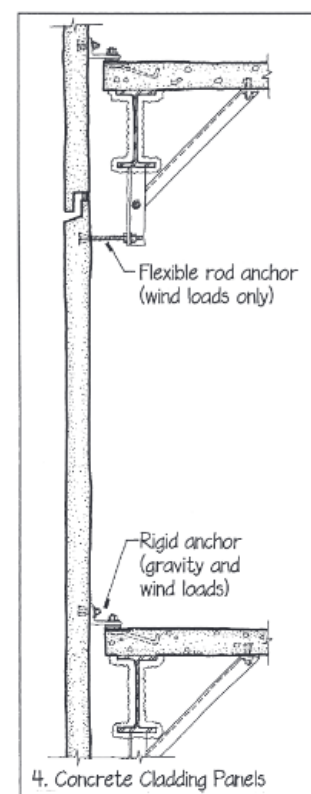
Pelat lantai ruang bawah tanah tidak. Jika pelat

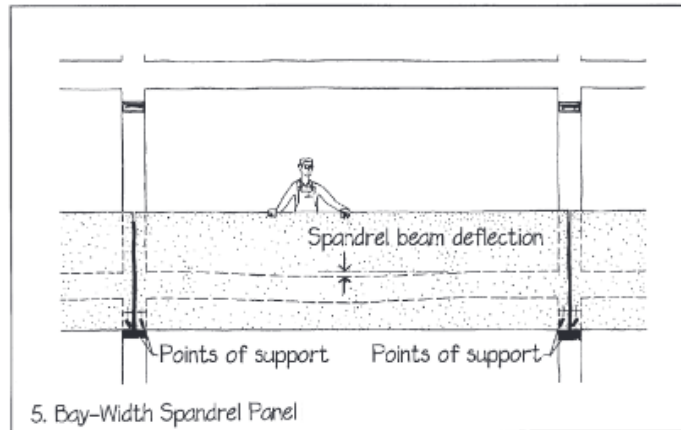
dihubungkan dengan kaku ke dinding, setiap penurunan kecil pada fondasi dinding akan membengkokkan pelat dan menyebabkannya retak di dekat sambungan. Sambungan gerakan sederhana antara keduanya mengisolasi pelat dari setiap gerakan di dinding struktural. Sambungan serupa harus dibuat di sekitar kolom interior, tempat keduanya berpotongan dengan pelat lantai. Jenis sambungan ini sering disebut sambungan isolasi.

3. Dinding gorden dengan pelapis bata berdiri di atas sudut rak baja tersembunyi yang ditopang oleh rangka bangunan di setiap lantai. Pelapis terlalu ramping untuk menahan beban apa pun kecuali beratnya sendiri. Jika sambungan mortar biasa digunakan di bawah sudut rak, sedikit defleksi atau creep pada rangka struktural atau perluasan pelapis dapat menyebabkan pelapis menahan beban bangunan, bukan rangka. Ini akan menjadi bencana: Pelapis bata tipis akan tertekuk dan bahkan mungkin tiba-tiba retak dan terlepas dari bangunan. Untuk mencegah hal ini terjadi, sambungan lunak dari sealant disediakan di bawah setiap sudut rak. Sambungan lunak serupa dipasang di antara dinding penyangga dan balok spandrel.



4. Panel pelapis batu atau beton pracetak setinggi lantai umumnya ditopang pada rangka bangunan di dekat tepi bawahnya. Jika sambungan yang sama kaku dibuat pada rangka di dekat tepi atas, setiap defleksi atau creep pada rangka akan memindahkan beban bangunan ke panel pelapis. Jangkar batang fleksibel menyangga panel terhadap beban angin di dekat tepi atasnya, tetapi tidak memungkinkan pemindahan beban gravitasi antara rangka dan panel. Alternatif untuk jangkar batang fleksibel adalah klip sudut dengan lubang baut beralur vertikal untuk memungkinkan gerakan vertikal bebas pada jangkar. Sambungan sealant horizontal dan vertikal mengisolasi panel satu sama lain.
5. Panel spandrel dengan lebar rongga harus ditopang hanya pada garis kolom; jika tidak, panel tersebut dapat mengalami gaya lentur saat balok spandrel membelok di bawah beban normal. Sambungan antara rangka dan pelapis merupakan hal yang penting. Sudut rak dan sambungan panel harus selalu dirancang dengan berkonsultasi dengan insinyur struktur bangunan.





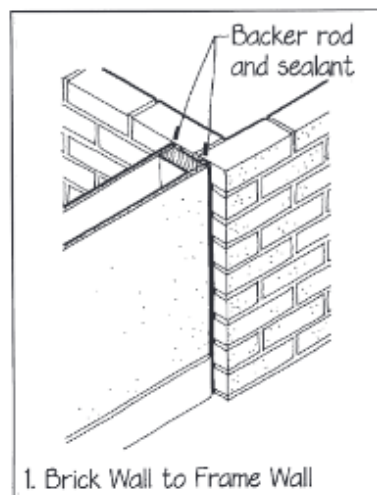
Sambungan Abutmen

Sambungan abutmen memungkinkan pergerakan antara material yang berbeda atau antara konstruksi lama dan baru. Material yang berbeda cenderung bergerak pada kecepatan dan pola yang berbeda. Konstruksi lama telah mengalami penurunan pondasi, pergerakan struktural jangka panjang, dan pergerakan kelembapan awal, sedangkan konstruksi baru belum. Dalam kedua kasus tersebut, sambungan abutmen harus disediakan untuk memungkinkan pergerakan diferensial antara dua bagian konstruksi.

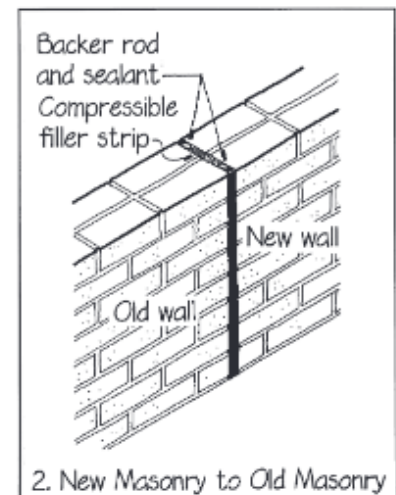
1. Gambar ini menunjukkan sambungan abutmen antara dinding pasangan bata dan dinding rangka kayu.

Ruang kecil memisahkan rangka kayu dari pasangan bata, dan sambungan sealant dengan lebar yang cukup memungkinkan pergerakan diferensial.

2. Pasangan bata baru dan lama tidak boleh disisipkan, tetapi harus dipisahkan dengan rapi dan



1. Brick Wall to Frame Wall



2. New Masonry to Old Masonry

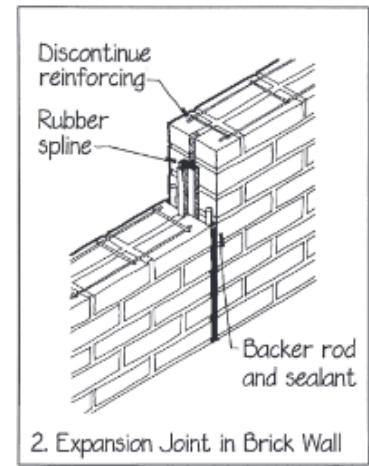
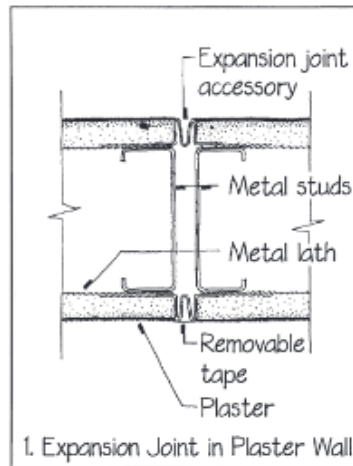
dihubungkan dengan sambungan abutmen yang fleksibel. Ini memudahkan tukang batu untuk memasang dan menghindari keretakan yang mungkin disebabkan oleh penyusutan mortar baru. Untuk pertimbangan komposisi yang terkait dengan material yang berbatasan pada bidang yang sama, lihat Formal Transitions, Bab 14. Prinsip yang sama berlaku untuk sambungan antara rakitan beton baru dan lama.

Sambungan Ekspansi

Permukaan material yang besar yang cenderung memuai setelah pemasangan harus dibagi menjadi permukaan yang lebih kecil dengan pola sambungan ekspansi yang teratur. Sambungan ekspansi juga mengakomodasi penyusutan dan sedikit perbedaan pergerakan

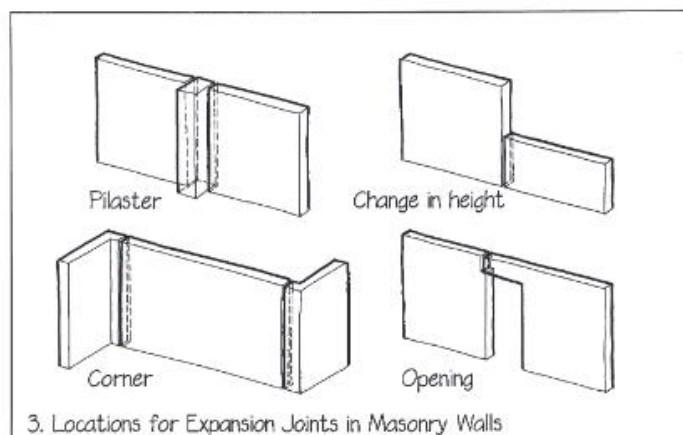
antara struktur dan penutup.

1. Aksesori sambungan ekspansi untuk plester ini memungkinkan sedikit pemuaian pada plester yang diawetkan, serta pergerakan kelembapan atau termal berikutnya, dan pergerakan pada struktur dinding di bawahnya. Bilah logam harus terputus-putus di sepanjang garis sambungan untuk memungkinkan pergerakan bebas. Aksesori sambungan



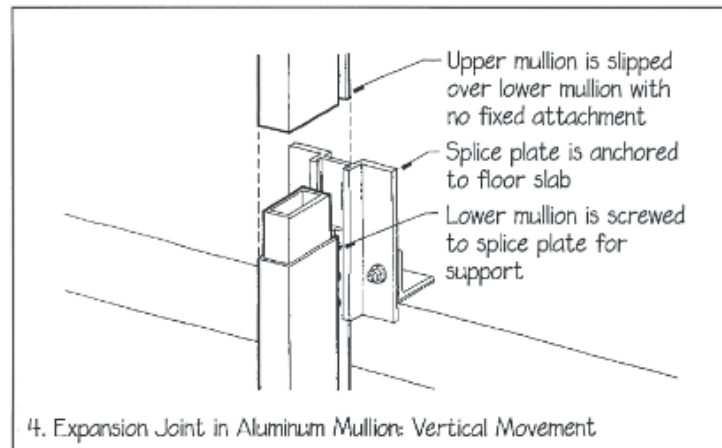
ekspansi berbentuk seperti bel logam atau plastik sederhana. Pada saat dipasang, sambungan ditutup dengan selotip plastik yang mencegahnya tersumbat oleh plester, yang akan terlihat tidak sedap dipandang dan akan merusak fungsinya. Setelah plester diaplikasikan, selotip dilucuti, sehingga menghasilkan garis bayangan yang lurus, bersih, dan gelap pada permukaan plester. Detail serupa digunakan pada papan dinding gipsium dan aplikasi plesteran berbasis semen. Seperti halnya sambungan apa pun, pola yang dibuat oleh sambungan ekspansi harus dikerjakan dan dijelaskan kepada pembangun dalam tampilan elevasi.

2. Dinding panjang dari pasangan bata dapat mengalami ekspansi karena bata menyerap kelembapan, dan dinding ini memerlukan sambungan ekspansi pada interval tertentu untuk mengurangi tekanan yang akan ditimbulkannya. Dinding bata gelap pada paparan sinar matahari mungkin memerlukan sambungan ekspansi pada interval yang lebih sering untuk mengakomodasi ekspansi termal. Setiap penguatan pada pasangan bata harus dihentikan di sepanjang sambungan. Pada sambungan ekspansi pasangan bata, sering kali penting untuk menyediakan fitur spline atau tongue-and-groove yang akan menjaga kesejajaran dinding sambil memungkinkan pergerakan dalam bidang yang diperlukan.
3. Sambungan ekspansi pada material apa pun harus ditempatkan di lokasi kelemahan struktural di permukaan, tempat keretakan atau penghancuran cenderung terjadi jika tidak ada sambungan yang disediakan. Bukaan jendela dan pintu melemahkan permukaan planar, sehingga sambungan ekspansi sering ditempatkan agar sejajar dengan tepi elemen-elemen ini, secara vertikal, horizontal, atau keduanya. Setiap sambungan ekspansi memperkenalkan garis gerakan melalui suatu



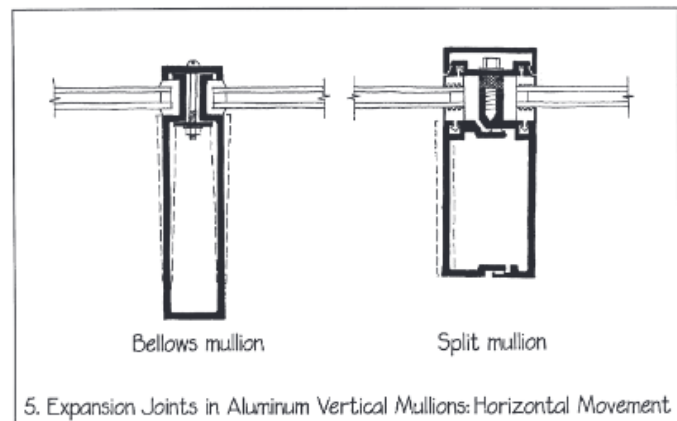
permukaan; gerakan tersebut harus berlanjut tanpa gangguan hingga ke batas permukaan. Jika tidak berlanjut hingga batas permukaan, bagian yang tidak memiliki sambungan ekspansi kemungkinan akan retak kira-kira di sepanjang garis sambungan ekspansi yang terputus.

4. Komponen pelapis aluminium mengalami pemuaian dan penyusutan dalam jumlah besar yang disebabkan oleh perbedaan suhu udara harian dan musiman serta pemanasan matahari langsung pada logam. Sambungan ekspansi horizontal dan vertikal harus disediakan pada interval yang sesuai.

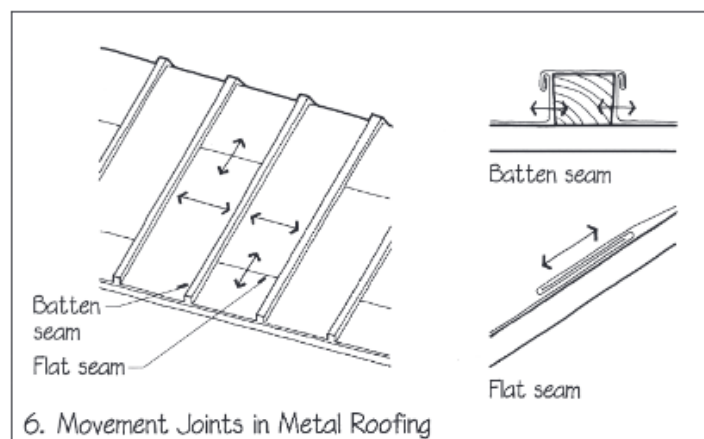


Setiap sambungan harus dirancang untuk menjaga keselarasan komponen dan menahan cuaca sekaligus memungkinkan pergerakan. Dalam contoh ini, pergerakan vertikal diakomodasi oleh sambungan kusen geser di setiap lantai bangunan dan oleh pergerakan kaca spandrel ke dalam dan keluar dari ceruk dalam di kusen horizontal.

5. Dalam sistem pelapis aluminium, pergerakan horizontal dapat diambil alih oleh kusen vertikal yang terbelah atau memiliki aksi bellow. Hal ini juga dapat diakomodasi oleh sambungan geser, di mana setiap bagian kusen horizontal menyambung dengan vertikal, dan oleh pergerakan kaca ke dalam dan keluar dari kusen vertikal.



6. Beberapa permukaan bangunan mengalami lebih banyak pergerakan termal daripada atap logam, terutama jika berwarna gelap. Logam lembaran memiliki koefisien ekspansi termal yang tinggi, dan permukaan atap menerima lebih banyak panas matahari daripada permukaan lainnya.



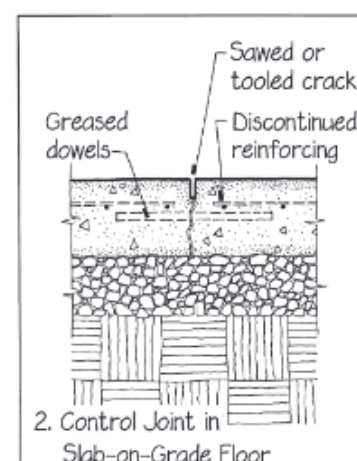
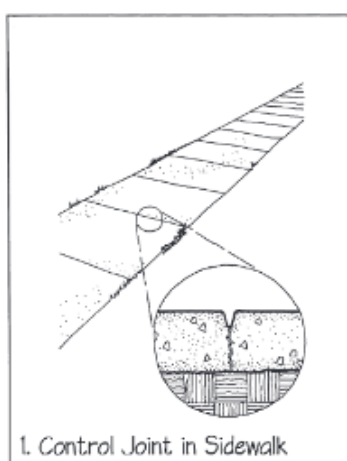
Oleh karena itu, atap logam terdiri dari panci atau panel yang relatif kecil, dengan banyak sambungan yang berjarak dekat, yang masing-masing dirancang sedemikian rupa untuk memungkinkan ekspansi logam tanpa membiarkan air masuk. Reng berbentuk batu kunci memberi panci logam banyak ruang untuk bergerak, dan jahitan datar memungkinkan potongan-potongan tersebut meluncur. Laju ekspansi termal suatu area (atau bidang) dari material tertentu kira-kira dua kali ekspansi termal liniernya. Oleh karena itu, panci tembaga di atap ini akan mengembang lebih banyak daripada tutup tembaga linier di atas reng. Jahitan terlipat dalam detail ini cukup fleksibel untuk memungkinkan terjadinya perbedaan kecil.

7. Jarak sambungan ekspansi vertikal maksimum yang disarankan adalah 30 kaki (9,1 m) untuk gipsum dan plester gipsum/kapur, hingga interval 125 kaki (38 m) untuk pasangan bata padat, dan 25 kaki (7,6 m) untuk pelapis bata. Sambungan ekspansi vertikal dalam sistem insulasi dan pelapis eksterior harus berada pada interval hingga 60 kaki (18,3 m), atau di mana pun sambungan pergerakan berada di substrat. Sambungan ekspansi horizontal biasanya disediakan pada interval ketinggian lantai dalam pelapis pasangan bata, plesteran, dan sistem insulasi dan pelapis eksterior. Pergerakan material ini yang diharapkan dapat diukur dengan menggunakan prosedur yang ditunjukkan di bagian "Menentukan Lebar Sambungan Sealant" di Bab 1.

Sambungan Kontrol

Sambungan kontrol adalah garis kelemahan yang disengaja yang dibuat pada permukaan material getas yang cenderung menyusut atau berkontraksi. Perannya adalah untuk mendorong terjadinya retakan penyusutan di dalam sambungan ini, untuk menghindari retakan acak pada permukaan di sekitarnya. Tidak seperti sambungan ekspansi, sambungan kontrol tidak dapat dikompresi, sehingga hanya mengakomodasi kontraksi permukaan di sekitarnya. Karena alasan ini, sambungan ini terkadang disebut sambungan kontraksi.

1. Retakan trotoar adalah sambungan kontrol yang dibentuk dengan membuat alur yang dalam pada beton basah. Ketika trotoar menyusut, retakan disalurkan ke alur yang telah dibuat. Trotoar tetap sebagai sekelompok unit persegi panjang yang besar dan stabil, bukan sebagai susunan fragmen beton yang tidak beraturan.
2. Lantai pelat beton di permukaan tanah harus dibagi dengan

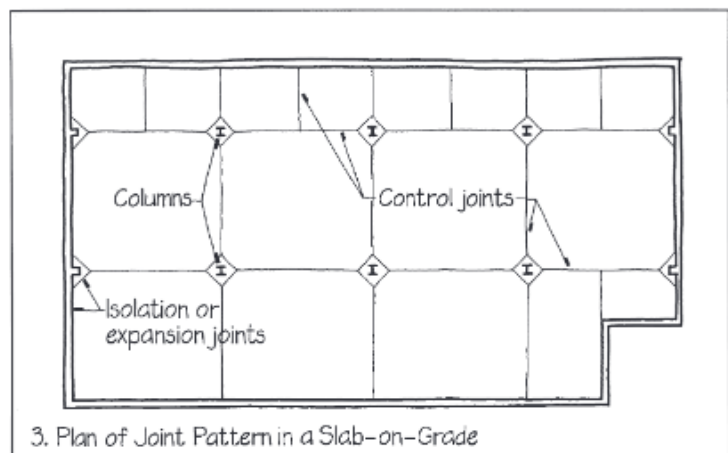


sambungan kontrol menjadi persegi panjang yang lebih kecil yang diharapkan bebas retak. Sambungan dapat dibuat dengan membuat beton basah atau dengan menggergajinya selama tahap awal pengerasannya. Dengan kedua metode tersebut, kedalaman sambungan harus setidaknya 25 persen dari kedalaman pelat. Sambungan harus lurus dan, seperti sambungan ekspansi, sambungan harus berlanjut hingga batas setiap bagian pelat tugas yang mungkin sulit dicapai dengan gergaji bundar yang

biasanya digunakan untuk memotong sambungan. Setiap tulangan pada pelat harus dihentikan melintasi garis sambungan. Jika penting untuk mempertahankan permukaan yang rata di seluruh sambungan, pasak baja yang halus dan dilumasi dapat dimasukkan. Pasak ini memungkinkan gerakan di dalam bidang sekaligus mencegah gerakan keluar bidang.

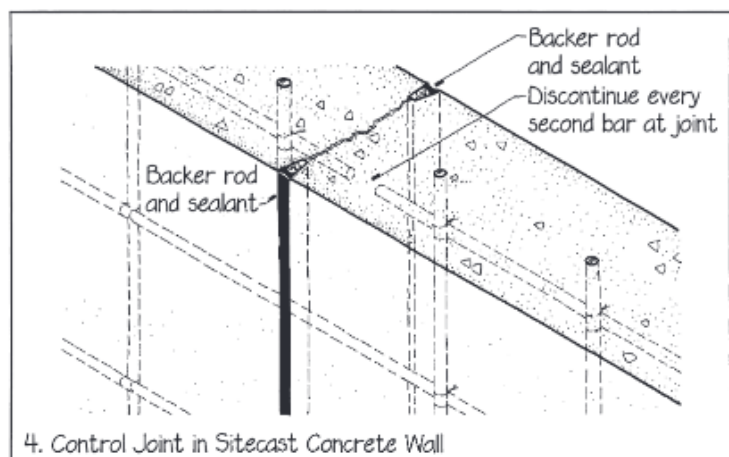
3. Seperti yang terlihat dalam tampilan denah ini, pelat dasar harus dibagi sedemikian rupa sehingga tidak terbentuk panel yang ramping atau berbentuk aneh, karena panel tersebut rentan retak. Panel persegi panjang yang panjangnya lebih dari 1,5 kali lebarnya cenderung retak di bagian tengahnya. Sambungan kontrol sering digunakan bersama dengan sambungan ekspansi dan sambungan isolasi, yang digunakan untuk memisahkan pelat dari dinding dan kolom yang menahan beban (lihat Sambungan

Struktur/Penutup, di awal bab ini). Sambungan isolasi di sekitar kolom dan pilaster harus dibuat atau dipotong secara diagonal, seperti yang ditunjukkan, untuk menghindari sudut dalam yang dapat menyebabkan keretakan.



4. Dinding beton cor juga rentan terhadap retak susut. Sambungan kontrol biasanya dibuat dengan

memasukkan strip ke dalam bekisting untuk membuat slot linier di sepanjang tempat terjadinya retakan. Slot tersebut harus mengurangi ketebalan dinding setidaknya 25 persen. Setiap batang tulangan kedua harus dihentikan untuk mendorong gaya retak

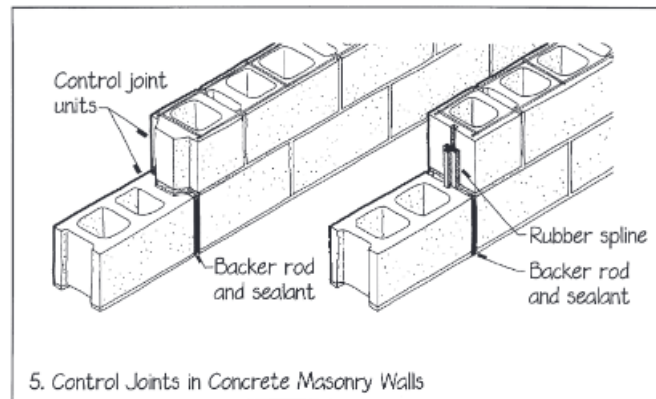


agar terkonsentrasi pada garis sambungan. Sebagai alternatif, semua batang tulangan horizontal dapat dihentikan, dan pasak baja yang dilumasi dapat digunakan untuk menyelaraskan dinding dan memberikan ketahanan geser.

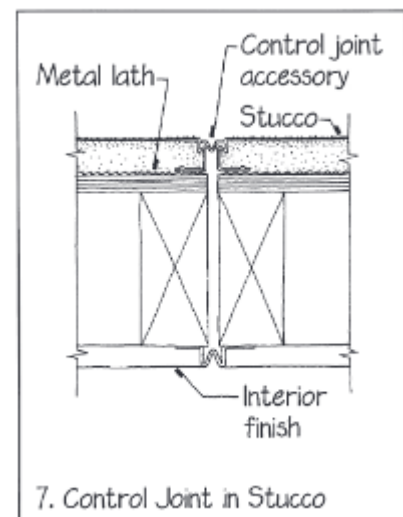
5. Dinding pasangan bata beton memerlukan sambungan kontrol, yang dua contohnya ditunjukkan di sini. Kedua detail ini saling terkait dengan cara yang memungkinkan pergerakan di dalam bidang tetapi tidak keluar bidang. Seperti pada dinding beton, pasak baja yang dilumasi dapat ditempatkan di unit balok pengikat untuk memberikan

perpindahan geser antara dinding pasangan bata yang berbatasan.

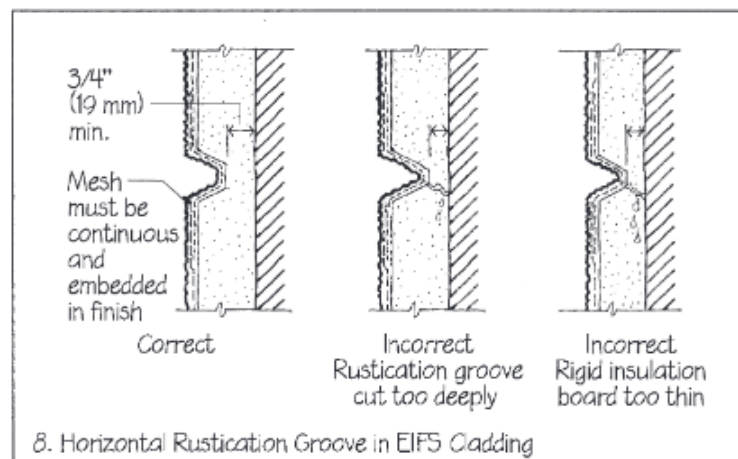
6. Sambungan kontrol pada dinding pasangan bata atau beton harus ditempatkan di lokasi yang memiliki kelemahan struktural, seperti yang terlihat pada gambar 3 di bagian Sambungan Ekspansi, sebelumnya dalam bab ini.



7. Dalam konstruksi plesteran, istilah "sambungan kontrol" diterapkan pada sambungan yang juga berfungsi sebagai sambungan ekspansi. Sambungan kontrol plesteran dibentuk dengan aksesori yang mirip dengan sambungan ekspansi yang digunakan pada dinding plester gipsum. Bilah harus dipotong sepenuhnya di sepanjang garis sambungan kontrol untuk membuat garis kelemahan.



8. Ketika perawatan permukaan dekoratif yang tidak dimaksudkan sebagai sambungan kontrol dicor atau digiling menjadi bahan rapuh, sambungan tersebut harus dangkal (jauh lebih sedikit dari 25 persen dari ketebalan bahan), atau dapat mengakibatkan retakan pada seluruh ketebalan bahan. Penampilan yang buruk dan pelanggaran sistem penutup dapat terjadi. Detailer harus berkonsultasi dengan fabrikator batu, beton pracetak, panel keramik, dan elemen rapuh lainnya untuk menetapkan batas aman untuk kedalaman perawatan permukaan



dekoratif. Alur rustikasi horizontal dekoratif yang dibuat dalam pelapis sistem insulasi dan pelapis eksterior (EIFS) menciptakan bidang kelemahan buatan dalam pelapis. Standar industri menyatakan bahwa ketebalan lapisan busa kontinu di belakang lapisan harus setidaknya setebal $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) dan bebas dari jahitan atau potongan. Jaring penguat dan ketebalan lapisan akhir harus dipertahankan mengikuti profil alur. Bentuk profil setengah lingkaran atau trapesium lebih disukai daripada alur-V sederhana, yang memusatkan tekanan gerakan ke satu lokasi, terkadang menyebabkan keretakan yang

tidak diinginkan.

- Jarak sambungan kontrol yang direkomendasikan untuk berbagai material ditunjukkan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Jarak Sambungan Kontrol Yang Direkomendasikan Untuk Berbagai Material Semen

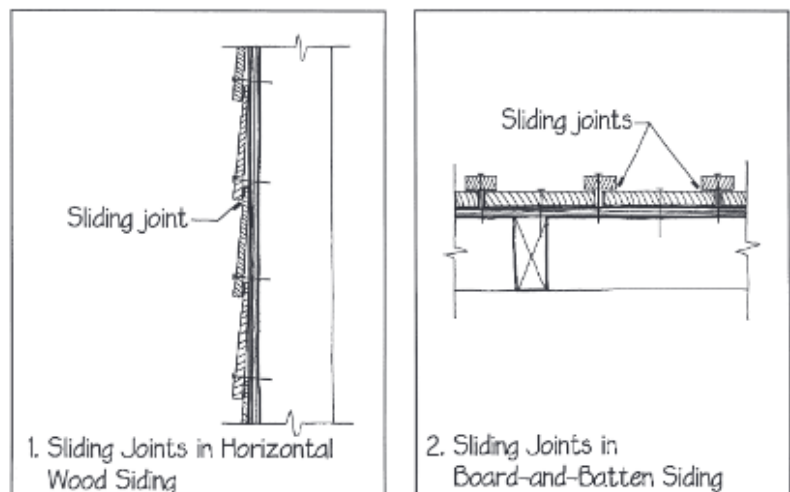
Material	Jarak Maksimum Sambungan Kontrol
Pelat beton di atas tanah	24–36 kali ketebalan pelat
Dinding eksterior beton	2 kali tinggi dinding jika <12 ft. (3,7 m); sama dengan tinggi dinding jika >12 ft. (3,7 m)
Veneer batu bata beton (penguatan sambungan setiap lapisan kedua)	24 ft. (7,3 m) atau 1,5 kali tinggi dinding, mana yang lebih kecil
Dinding beton balok (diperkuat dan diisi)	40 ft. (12,2 m) atau 3 kali tinggi dinding, mana yang lebih kecil
Dinding plesteran	18 ft. (5,5 m), 144 sf dalam luas (13,4 m ²), atau 2,5 kali tinggi dinding, mana yang lebih kecil

Sambungan Geser

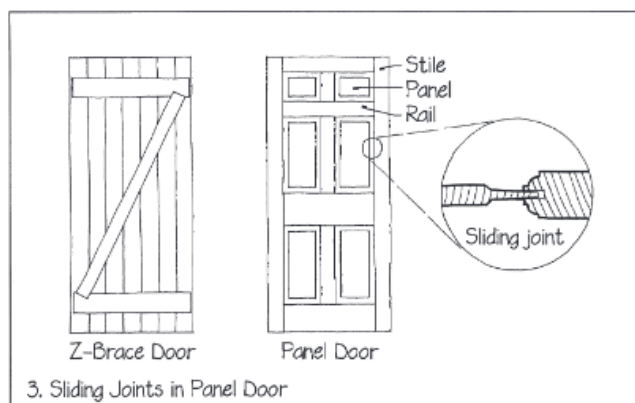
Pergerakan kecil sering kali dapat diakomodasi hanya dengan menempatkan material pada bidang terpisah dan membiarkannya meluncur melewati satu sama lain. Beberapa detail kayu tradisional bergantung pada sambungan yang memungkinkan komponen meluncur melewati satu sama lain saat mengembang dan menyusut karena perubahan kadar air.

Prinsip yang ditunjukkan di sini untuk kayu juga berlaku untuk material bangunan higroskopis lainnya, yaitu material yang berubah ukuran saat kadar airnya berubah. Sambungan geser juga dapat mengakomodasi perbedaan kecil dalam pergerakan termal atau struktural antara berbagai material dalam suatu rakitan. Beberapa detail sambungan geser juga membuat konstruksi bangunan lebih mudah atau lebih mudah.

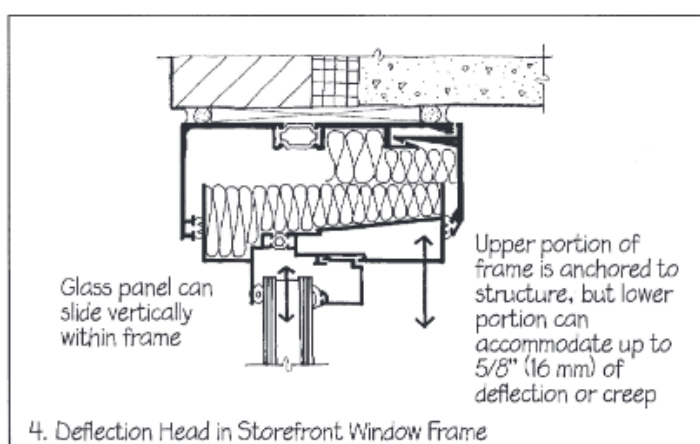
- Pelapis kayu rentan terhadap pergerakan air dalam jumlah yang relatif besar karena terkena hujan dan salju, serta efek pengeringan sinar matahari dan angin. Pelapis horizontal yang tumpang tindih harus dipaku ke bangunan dalam pola yang ditunjukkan di sini, yang memungkinkan setiap bagian meluncur di bawah bagian di atasnya saat bergerak, sehingga mengurangi potensi tekanan.
- Papan dan reng harus dipaku dengan pola yang ditunjukkan di sini dalam tampilan denah; ini menyediakan sambungan geser untuk pergerakan kelembapan.
- Seluruh lebar pintu penyangga Z sederhana terletak di sepanjang serat papannya. Pintu tersebut sangat rentan terhadap pergerakan kelembapan di sepanjang lebarnya



sehingga sulit untuk menjaganya agar tetap pas dengan bukaan selama musim kemarau dan musim lembap dalam setahun. Pintu panel tradisional menanggapi masalah ini dengan meminimalkan jumlah penyusutan serat melintang di sepanjang lebar pintu, membatasinya pada lebar kedua rangka, yang totalnya hanya sekitar 9 in. (230 mm). Tepi panel yang sempit diselipkan secara longgar ke dalam alur di rangka dan rel. Ini memungkinkan perbedaan pergerakan kelembapan dapat dikurangi dalam struktur pintu.



4. Kepala jendela etalase buatan ini dirancang khusus untuk mengakomodasi defleksi struktural atau pergerakan beton dan pergerakan termal diferensial dari beton, aluminium, dan kaca. Rentang beton di atas jendela dapat membelok atau bergerak hingga 5/8 in. (16 mm) secara vertikal tanpa



konsekuensi yang berbahaya. Ekstrusi aluminium yang menahan kaca dapat meluncur secara vertikal di dalam rangka aluminium yang lebih besar yang ditambatkan ke beton. Gasket meredam pergerakan kedua elemen aluminium sekaligus menutup celah. Rangka aluminium yang lebih kecil yang menahan kaca menggunakan gasket serupa untuk memungkinkan pergerakan vertikal diferensial tanpa mengorbankan kedap air.

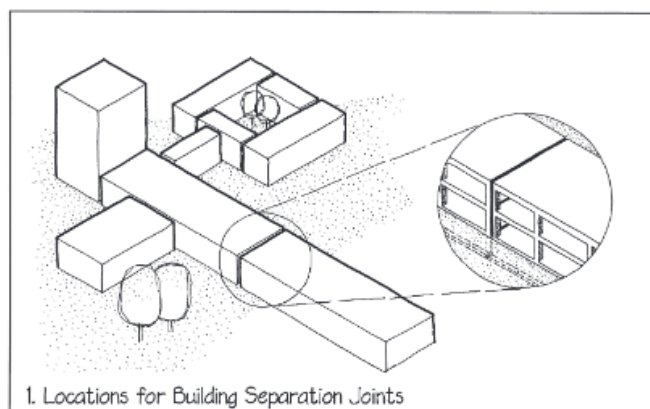
Sambungan Pemisah Bangunan

Konfigurasi bangunan yang kompleks harus menggunakan sambungan pemisah bangunan di mana pun terdapat ketidaksinambungan horizontal atau vertikal yang signifikan dalam massa bangunan. Bangunan yang luas secara horizontal harus dibagi menjadi beberapa kesatuan struktural yang terpisah, yang masing-masing cukup padat sehingga dapat bereaksi sebagai unit yang kaku terhadap penurunan pondasi dan gerakan lainnya, sehingga menghindari kerusakan.

1. Gambar ini menunjukkan bagaimana sambungan pemisah bangunan harus ditempatkan pada titik-titik kelemahan geometris, di mana retakan kemungkinan besar akan terjadi. Perhatikan bahwa sambungan tersebut membagi bangunan

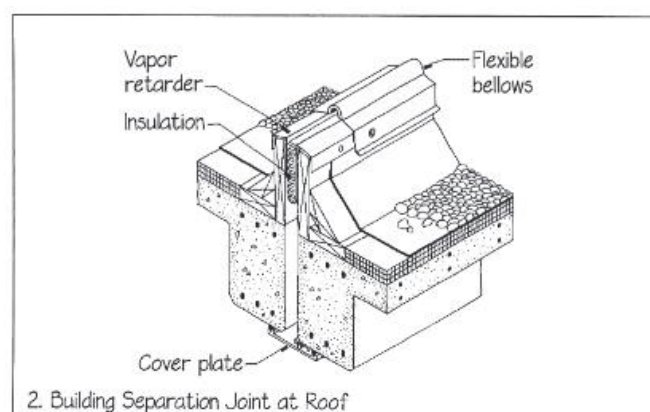
menjadi volume bujursangkar yang padat. Pada setiap bidang sambungan, struktur bangunan dipotong sepenuhnya, dengan dukungan struktural independen di setiap sisi sambungan. Sambungan pemisah bangunan sering disebut sebagai "sambungan ekspansi", tetapi itu meremehkan pentingnya sambungan tersebut.

Sambungan tersebut memisahkan bangunan besar menjadi sekumpulan bangunan yang lebih kecil sehingga bangunan tersebut dapat menangani secara efektif tidak



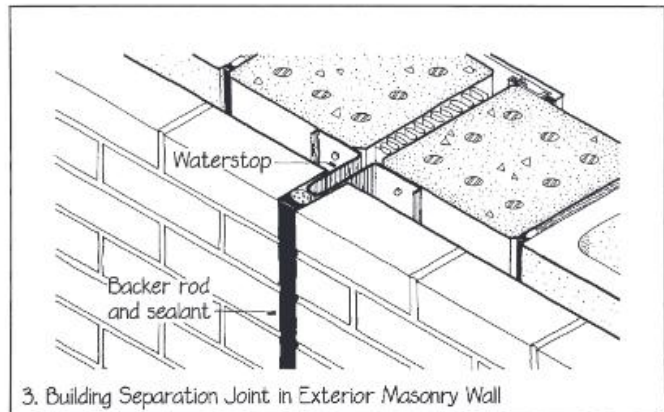
hanya ekspansi termal tetapi juga penurunan tanah, penyusutan material, dan defleksi seismik. Lokasi sambungan pemisah bangunan, jarak, perincian, dukungan struktural, dan pondasi harus dirancang dengan berkonsultasi dengan insinyur struktur dan pondasi. Pergerakan termal dan kelembapan, penurunan pondasi, dan gerakan seismik relatif dari bagian-bagian bangunan yang bersebelahan semuanya harus ditangani secara memadai. Konsultan yang bertanggung jawab atas sistem perpipaan dan mekanik harus merinci setiap jalur layanan yang melintasi sambungan ini, untuk mengakomodasi pergerakan yang diantisipasi. Sebagai panduan umum, jarak antara sambungan pemisah bangunan tidak boleh melebihi 150 hingga 200 kaki (45 hingga 60 m).

2. Sambungan pemisah bangunan harus ditutup untuk menahan cuaca dan memberikan kontinuitas pada permukaan interior. Ini adalah desain umum untuk penutup sambungan pemisah untuk atap dengan kemiringan rendah. Bellow yang fleksibel mencegah air dan udara bocor melalui sambungan tetapi mudah disesuaikan dengan pergerakan

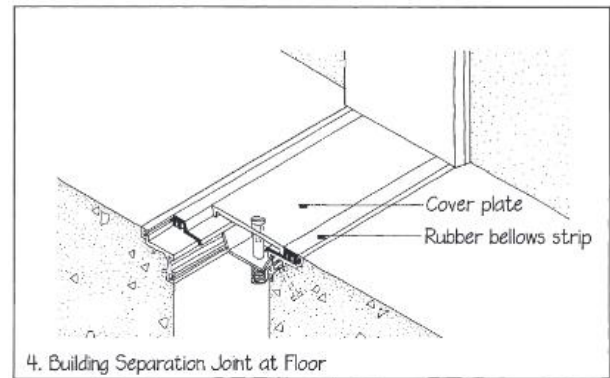


antara dua bagian bangunan. Trotoar yang tinggi di kedua sisi mencegah bellow terendam air. Sambungan diisi dengan insulasi termal dan penghambat uap. Langit-langit di bawahnya dilengkapi dengan pelat penutup logam berlapis gasket yang dapat menyesuaikan dengan gerakan sambil mempertahankan tampilan yang cukup menarik. Bellows dan pelat penutup interior adalah komponen umum yang tersedia di pasaran, yang merupakan ciri khas dari lusinan desain yang ditawarkan oleh sejumlah produsen.

3. Sambungan pemisah bangunan ini pada dinding eksterior pasangan bata ditutup dengan penghenti air dan sealant yang fleksibel. Penghenti air dapat terbuat dari logam, plastik, atau karet. Permukaan dinding interior diselesaikan dengan pelat penutup yang sama yang digunakan di langit-langit pada gambar 2.



4. Di lantai, penutup sambungan pemisah bangunan harus menyesuaikan dengan gerakan diferensial sambil menahan beban lalu lintas dan menyediakan transisi yang mulus dan tidak tersandung antara bidang lantai di kedua sisi. Produsen menawarkan banyak perangkat untuk mencapai hal ini. Contoh ini didasarkan pada dua ekstrusi aluminium cermin yang dicetak ke tepi dua pelat lantai. Ketika bangunan selesai, dua strip karet dijepit ke dalam ekstrusi. Kemudian pelat penutup logam diikat ke klip baja dengan baut berpegas yang menahannya dengan kuat di tempatnya meskipun ada gerakan relatif pelat di kedua sisi.



BAB 7

MEMBERIKAN DUKUNGAN STRUKTURAL

Sangat penting bagi sebuah bangunan untuk memiliki rangka struktural yang telah ditata, dihitung, dan dirinci dengan cermat sehingga stabil dan tidak akan mengalami defleksi berlebihan. Yang kurang jelas adalah kebutuhan untuk merekayasa struktur yang lebih kecil tetapi tetap sangat penting yang merupakan bagian-bagian komponen dari bangunan yang lebih besar. Bahkan beban struktural yang ringan tidak boleh diletakkan pada material penutup interior dan eksterior tanpa analisis yang tepat. Sambungan struktural primer biasanya dirinci dan dibangun dengan kontrol kualitas yang paling ketat dari semua bagian bangunan.

Struktur sekunder dan tersier adalah jaringan ikat yang menahan sistem penutup ke rangka dan menahan lapisan akhir ke sistem penutup. Beberapa dari struktur kecil ini berada dalam rakitan yang lebih besar, seperti ikatan logam di dalam dinding pasangan bata atau reng di bawah plesteran. Elemen-elemen ini jarang diuji di lapangan untuk memverifikasi keefektifan strukturalnya, dan banyak yang tidak dapat diamati dengan mudah oleh siapa pun selain kru yang memasangnya. Oleh karena itu, rinciannya harus eksplisit dan dapat diandalkan untuk memastikan bahwa pemasangan akan memenuhi harapan kinerja.

Permukaan bangunan dalam beberapa kasus menjadi rangka untuk berbagai elemen; contohnya ada di bab ini. Beberapa elemen ini mungkin tidak terduga pada saat bangunan dirancang dan dibangun. Tanggung jawab untuk desain elemen-elemen ini dapat dimulai oleh berbagai profesional desain, termasuk konsultan teknik, arsitek, dan produsen komponen bangunan, tetapi yang terbaik adalah jika arsitek mengawasi integrasi mereka ke dalam proyek. Ini menjadi sangat penting ketika bangunan terdiri dari sejumlah besar elemen yang berlapis dalam rakitan yang kompleks. Pola detail yang berhubungan dengan penyediaan dukungan struktural pada bangunan dimulai dengan pengenalan berbagai elemen struktural yang biasanya dirancang atau dikoordinasikan oleh arsitek. Masing-masing akan tercantum di bawah ini dan dijelaskan lebih lengkap dalam bab ini. Contoh yang merupakan bagian dari sistem primer, sekunder, atau tersier (finish) dijelaskan dalam:

- Struktur Kecil: Strategi untuk menyambung elemen dengan sifat fisik yang berbeda dijelaskan dalam pola:
- Menghubungkan Material yang Berbeda: Strategi untuk merinci sambungan struktural sehingga beban tidak berlebihan dijelaskan dalam pola
- Mendistribusikan Beban

7.1 STRUKTUR KECIL

Ada banyak masalah struktural kecil yang tampaknya sepele yang harus dikenali dan dipecahkan oleh detailer melalui prosedur desain teknik standar, bekerja sendiri atau dengan bantuan seorang insinyur struktur. Komponen bangunan yang diproduksi biasanya dirinci dengan baik dalam sistemnya sendiri, tetapi memerlukan perhatian khusus saat bertemu dengan bagian lain bangunan. Arsitek harus mengoordinasikan detail dari konsultan, perwakilan teknis produsen, dan lainnya. Detail yang optimal membahas agenda struktural yang penting tanpa mengorbankan kinerja sistem penutup atau fitur estetika. Contoh tantangan ini adalah sebagai berikut, yang tercantum menurut skala dampaknya.

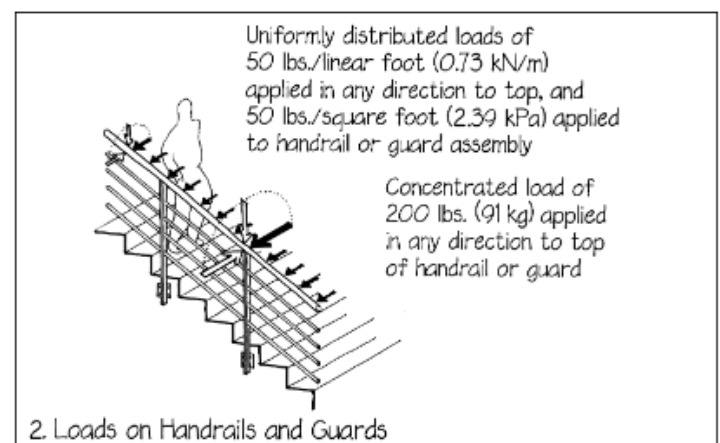
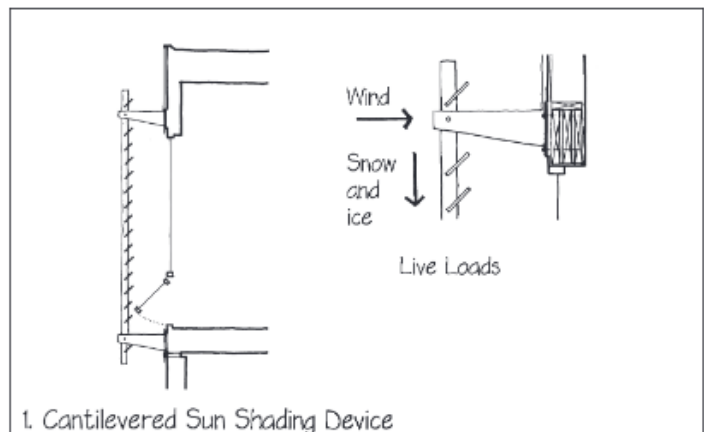
1. Dinding penyangga dari pasangan bata beton perlu dirancang untuk menahan beban

angin dan menyalurkannya ke rangka bangunan; hal ini sering kali memerlukan tulangan baja dan detail pemasangan khusus untuk bagian atas dinding. Dinding penyangga tiang baja harus direkayasa dengan hati-hati untuk mengendalikan defleksi lateral sehingga mencegah retaknya lapisan pasangan bata eksterior dan lapisan interior yang rapuh.

2. Ikatan batu bata perlu diperiksa kekuatan dan kekakuannya untuk mencegah defleksi dan retaknya lapisan permukaan akibat beban angin atau seismik.

3. Pemasangan sistem pelapis pada rangka bangunan komponen seperti sudut rak, klip pemasangan, dan penempelan beton harus dirancang dengan cermat untuk kekuatan dan defleksi.

4. Kanopi pintu masuk, tenda, dan papan tanda, yang terkadang ditambahkan setelah bangunan selesai dibangun, perlu dirancang dengan cermat.
5. Talang air hujan dan pipa pembuangan serta pemasangannya pada bangunan harus cukup kuat untuk menahan beban salju dan es terburuk.
6. Fascia dan sofit pada atap bangunan rangka kayu sering kali memerlukan detail penyangga khusus. Ini harus menahan pengangkatan angin, menahan beban tangga, dan menyediakan dasar yang kokoh untuk dipaku.
7. Setiap komponen dinding pelindung hujan eksterior yang berfungsi sebagai penghalang udara harus dirancang untuk menahan tekanan dan hisapan angin penuh, meskipun hanya berupa paking weatherstrip kecil.
8. Perangkat pelindung matahari, rak lampu, dan layar bervegetasi sering kali dimasukkan ke dalam selubung eksterior sebagai rakitan berlapis di luar dinding eksterior. Rakitan ini harus dirancang untuk menahan beban dinamis dari angin, salju, dan es. Jika terkena angin, rakitan ini dapat menimbulkan beban hidup yang berkali-kali lebih besar daripada beban mati. Rangka bangunan pendukung atau dinding eksterior harus dianalisis untuk memverifikasi bahwa integritas sistem struktural dan penutup tidak terancam (lihat gambar 1).
9. Rangka yang menonjol harus memiliki rangka dan sambungan yang cukup kaku untuk menahan beban dari hembusan angin. Semakin besar rangka, semakin kaku rangkanya.
10. Panel spandrel logam datar harus cukup kaku sehingga tidak akan tertekuk di bawah beban angin. Panel-panel tersebut juga perlu dirancang agar tampak datar dalam



segala kondisi. Panel pelapis batu harus cukup kuat sehingga tidak akan retak atau terdefleksi secara berlebihan. Ketebalan panel tambahan mungkin diperlukan untuk menangkal potensi lengkungan termal dari panel batu tipis yang terpapar sinar matahari.

11. Pagar pembatas di tepi balkon, mezzanine, dek, atau tangga harus memenuhi persyaratan kode bangunan untuk ketahanan terhadap gaya lateral. Hal ini memerlukan analisis teknik skala penuh yang mencakup perhatian cermat terhadap detail pemasangan desain (lihat gambar 2).
12. Batang pegangan harus dirancang untuk menahan beban 250 pon (1,11 kN) yang diterapkan di titik mana pun, ke arah mana pun. Batang handuk, perlengkapan pipa yang dipasang di dinding, dan pegangan tangga harus cukup kaku dan harus diikat ke dinding dengan kekuatan yang memadai.
13. Gantungan pipa, gantungan saluran, gantungan saluran, dan dudukan peralatan semuanya memerlukan perhatian teknik.
14. Pintu yang besar dan berat memerlukan rangka, sambungan rangka ke dinding, engsel, kait, dan penutup dengan kekuatan struktural yang sepadan. Terkadang dinding itu sendiri harus diperkuat di sekitar pintu yang berat.
15. Pemilihan ketebalan kaca dan bagian kusen memerlukan analisis teknik. Kedalaman "gigitan" kusen pada kaca juga perlu diperhitungkan dengan saksama. Gigitan yang terlalu dangkal dapat menyebabkan kaca terlepas karena beban angin; gigitan yang terlalu dalam dapat membatasi pembengkokan kaca yang disebabkan oleh angin secara berlebihan. Literatur dari produsen kaca dan kusen biasanya memberikan panduan dalam hal ini, asalkan Anda mengetahui besarnya tekanan angin yang diharapkan pada bangunan.
16. Plafon plester gantung yang rumit mungkin memerlukan dukungan yang lebih kuat daripada kabel gantungan dan sambungan standar.
17. Rak buku biasa perlu memperhatikan kekakuan rak dengan saksama. Papan nominal 1 inci (25 mm) sering kali tidak cukup kaku. Rak buku yang berdiri sendiri perlu memperhatikan stabilitas lateral di kedua arah.
18. Perlengkapan lampu, kipas langit-langit, dan peralatan audiovisual sering kali memerlukan alat tambahan khusus yang dirancang untuk menahan bebannya dengan aman.

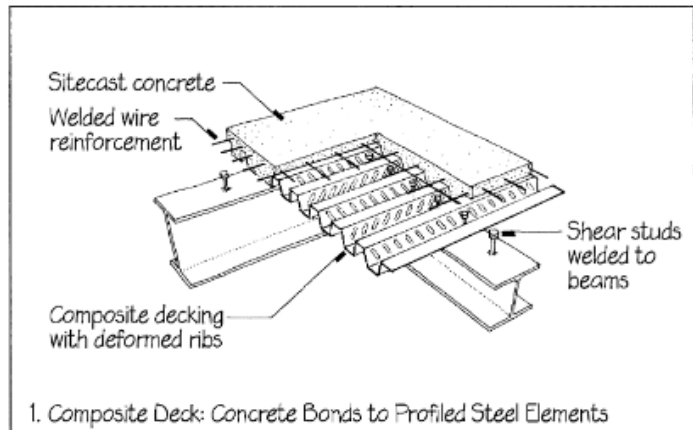
Sering kali, detailer harus mengenali masalah struktural berskala kecil seperti ini, dan memastikan bahwa masalah tersebut direkayasa dan dirinci sepenuhnya. Ketika sistem yang dipatenkan dipilih, seperti sistem dinding tirai kaca atau logam, detailer harus memverifikasi bahwa detail pabrikan cukup kuat untuk aplikasi tertentu.

7.2 MENGHUBUNGKAN MATERIAL YANG BERBEDA

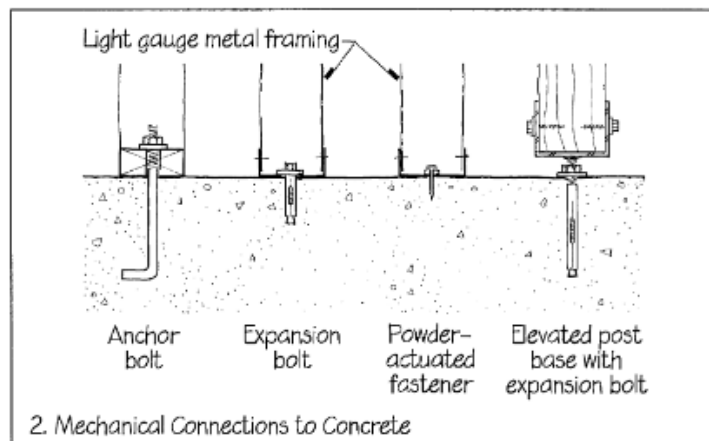
Saat menyambung elemen sistem bangunan yang berbeda, sambungan mungkin sulit untuk diselesaikan. Sistem struktural dapat terbuat dari beton, pasangan bata, baja, kayu, dan berbagai komposit. Sistem penutup dapat terbuat dari material ini dan banyak material lain yang mungkin tidak sekuat itu. Sambungan di antara material tersebut sangat penting, jadi detailer harus membuat transisi antar elemen menjadi efisien dan andal. Sambungan dalam sistem struktural utama dalam satu keluarga material relatif mudah dibuat. Elemen rangka baja disambung dengan baut, pin, dan las; beton cor di tempat memiliki tulangan baja kontinu di antara kolom, balok, dan pelat; dan elemen kayu dibaut, disekrup, atau dipaku bersama-

sama. Namun, bagaimana sambungan antara keluarga material yang berbeda ini dibuat?

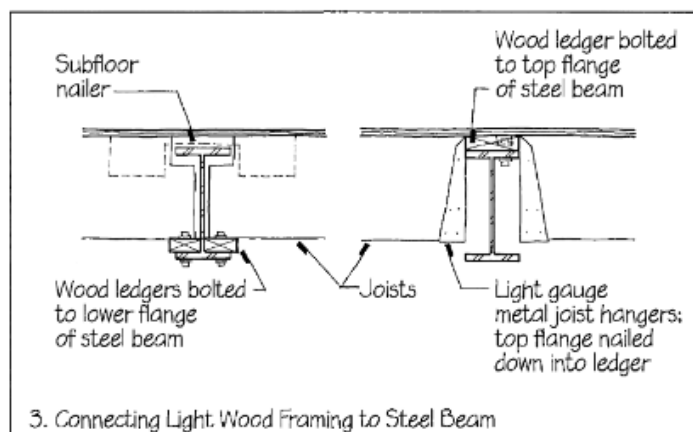
1. Anggota baja sering kali disambungkan ke beton cor di tempat menggunakan pengencang tertanam, seperti baut jangkar dan pelat baja khusus. Plastisitas beton segar dimanfaatkan untuk menyesuaikan secara tepat dengan bentuk konektor logam, kemudian mengeras secara permanen. Pelat komposit juga memanfaatkan plastisitas beton untuk menciptakan ikatan mekanis antara pelat beton, dan dek baja yang diprofilkan serta tiang geser yang dipasang pada flensa atas balok baja.



2. Kayu dan baja ringan tidak boleh ditanamkan ke dalam beton segar, sehingga biasanya diikat ke beton yang sudah diawetkan. Pengencang seperti baut jangkar dapat ditanamkan ke dalam beton basah, atau pengencang dapat ditambahkan ke dalam beton yang sudah mengeras. Sambungan lag dan shield dapat dibuat dengan mengebor lubang ke dalam beton, kemudian memasukkan selongsong ke dalam lubang untuk menerima pengencang logam yang menahan kayu, baja ringan, atau elemen lain di tempatnya. Dalam beberapa kasus, pengencang yang digerakkan oleh bubuk dapat digunakan, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan.



3. Rangka kayu ringan terkadang menyertakan balok baja dan bentuk lain di dalamnya untuk menahan beban terpusat. Paku dan sekrup yang biasa digunakan oleh kru pertukangan tidak akan menembus anggota baja. Papan kayu dan paku dapat dibaut ke flensa dan rangka baja, dan kemudian paku tukang kayu dapat dengan mudah menghubungkan balok, kasau, dan tiang ke anggota



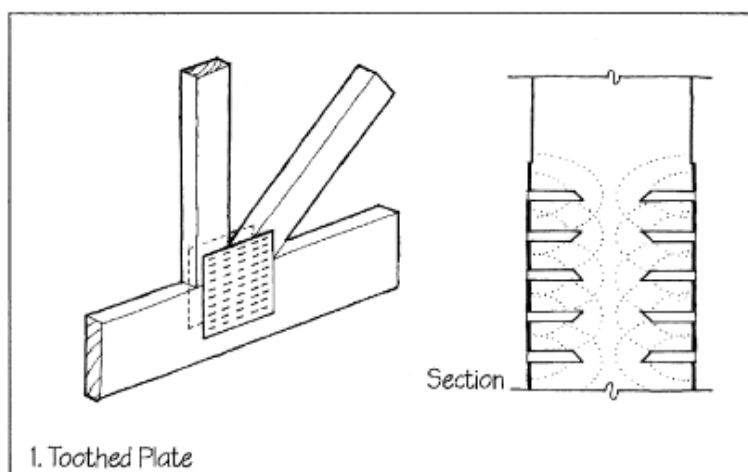
baja.

4. Pelapis eksterior sering dipasang menggunakan banyak pengencang kecil untuk meminimalkan keberadaan visual setiap pengencang. Dalam konstruksi kontemporer, pelapis ini jarang dihubungkan langsung ke sistem struktur utama bangunan, karena lapisan kontrol air, udara, dan termal berada di antara penutup dan struktur utama. Pelapis eksterior sering dihubungkan ke rangka perantara seperti strip cincin bulu, rangka aluminium tersembunyi, dan perangkat lain, yang dipasang di atas lapisan kontrol dengan relatif sedikit sambungan melalui lapisan kontrol ke substrat struktural. Rangka perantara mengumpulkan banyak sambungan kecil dari pelapis, dan mentransfer beban ke struktur utama hanya menggunakan beberapa sambungan.
5. Peralatan mekanis yang dipasang di atap, susunan fotovoltaik, perangkat komunikasi satelit, dan peralatan lainnya sering kali terletak di atas lapisan membran dan insulasi kedap air yang rentan. Peralatan tersebut biasanya ditinggikan pada rangka perantara, seperti tiang dan rangka pendek, yang membawa bebannya melalui lapisan yang rentan ke dek struktural di bawahnya. Tiang yang relatif sedikit dapat dirancang dan dipasang dengan hati-hati untuk meminimalkan gangguan pada lapisan kontrol yang penting, sekaligus menyediakan penahan yang kuat untuk peralatan tersebut. Peralatan tersebut juga memungkinkan pemeliharaan peralatan dan permukaan atap, yang pada dasarnya tidak bergantung satu sama lain.

7.3 MENDISTRIBUSIKAN BEBAN

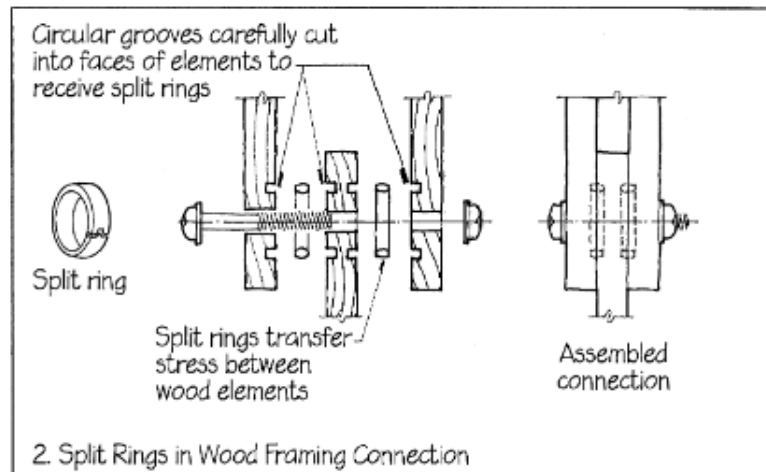
Sambungan mentransfer tegangan dari satu elemen ke elemen lain menggunakan pengencang dan perangkat lain. Jika kekuatan elemen atau pengencang tidak sama, penting untuk mengenali batasan setiap material dalam desain detail.

1. Bahkan struktur kecil dapat menghasilkan beban terpusat yang dapat melebihi daya dukung material. Hunian rangka kayu ringan dapat menggunakan rangka, LVL, atau balok flitch untuk bentang yang besar atau berbeban berat, tetapi struktur pendukung harus dianalisis untuk memastikan tiang kayu ramping di bawahnya tidak akan kelebihan beban. Kolom yang dibangun dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa tiang, atau bagian tabung baja dapat dimasukkan ke dalam ketebalan dinding untuk membawa beban terpusat ke pondasi. Rangka rangka ringan konvensional terbuat dari kayu nominal 2 in. (50 mm), tetapi dengan tegangan terpusat pada sambungan. Paku atau sekrup dapat membelah potongan kayu atau melampaui kapasitas tegangan serat kayu. Oleh karena itu, pembuat rangka menggunakan pelat bergigi di persimpangan ini; banyak gigi kecil seperti paku mengumpulkan tegangan dari satu anggota dan mentransfernya melalui



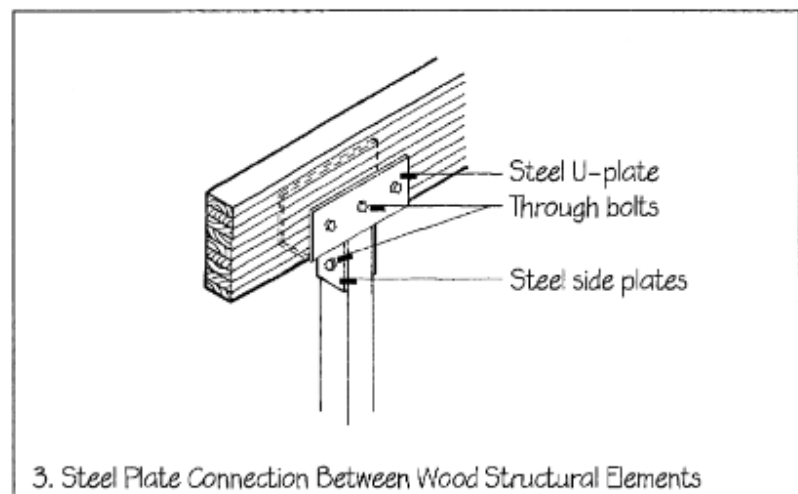
pelat ke anggota yang berdekatan, tanpa menyebabkan terbelah atau hancurnya potongan kayu.

2. Ketika anggota rangka kayu saling melewati satu sama lain, cincin belah atau ring bergigi dapat digunakan di antarmuka anggota untuk mentransfer tegangan. Ketika baut baja mengencangkan anggota yang dirakit, cincin baja atau ring bergigi menahan volume kayu yang cukup untuk tetap



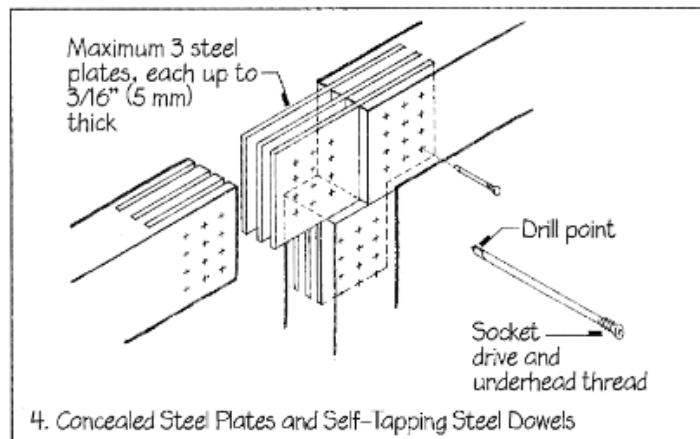
berada di bawah batas kekuatan tekannya. Cincin baja dibelah untuk mengakomodasi perubahan volume kecil pada kayu karena fluktuasi kelembapan dan suhu.

3. Tidak seperti sambungan kayu tradisional, dengan sambungan pasak dan pasak yang saling mengunci, rangka kayu kontemporer yang terbuat dari kayu berat atau kayu laminasi lem biasanya menggunakan pelat baja dan sudut pada sambungan, yang disatukan dengan beberapa baut. Sambungan baja menghasilkan sambungan yang kekuatannya lebih pasti, dan juga memerlukan lebih sedikit tenaga kerja atau keterampilan khusus untuk mengerjakannya. Ukuran anggota kayu juga dapat diperkecil, karena detailnya tidak memerlukan pengurangan hingga setengah dari bahan kayu untuk membuat sambungan yang saling mengunci.



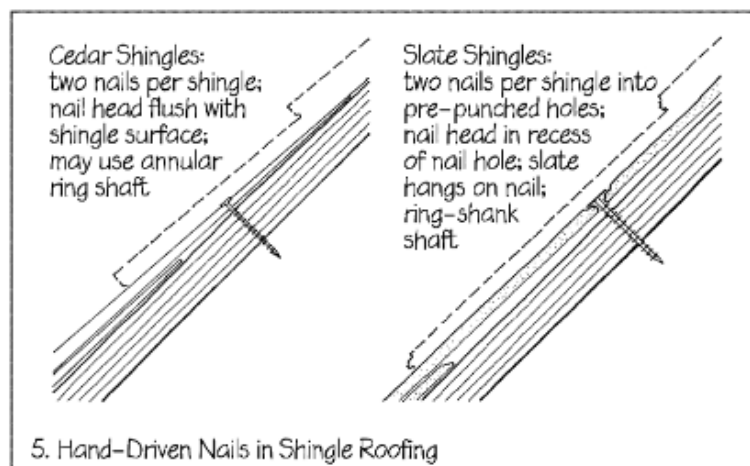
4. Jika diinginkan, pelat baja yang digunakan untuk menghubungkan anggota kayu dapat disembunyikan di dalam anggota dan diamankan menggunakan banyak pasak baja kecil yang dapat disadap sendiri. Agar akurat, anggota kayu biasanya dibuat di luar lokasi, menggunakan peralatan CNC (dikendalikan numerik komputer) untuk menghasilkan kerf yang akurat. Pelat baja kemudian dimasukkan ke dalam keratan di lapangan, dan beberapa pasak baja yang dapat disadap sendiri ditancapkan melalui kayu dan pelat baja. Karena kayu secara dimensi tidak stabil di seluruh seratnya, sebaiknya lebar susunan pasak tidak melebihi 8 in. (203 mm), untuk menghindari

kemungkinan retak karena penyusutan kayu. Pengencang baja adalah jenis yang paling umum kami gunakan karena sangat kuat, tetapi jika terlalu kencang dapat menghancurkan atau merusak kayu. Pengencang baja yang menahan elemen non-struktural ke substrat struktural dapat menghancurkan busa plastik kaku atau paking karet yang seharusnya diamankan.



5. Anggota rangka baja biasanya disambung dengan baut baja berkekuatan tinggi yang dikencangkan dengan hati-hati sedemikian rupa sehingga gesekan antara permukaan yang terjepit erat mengakibatkan perpindahan tegangan secara langsung dari anggota ke anggota. Hal ini menciptakan apa yang dikenal sebagai sambungan tipe slip-kritis atau tipe gesekan. Anggota baja tidak rusak karena kekuatannya sangat tinggi, jauh lebih tinggi daripada sebagian besar material lain dalam bangunan.

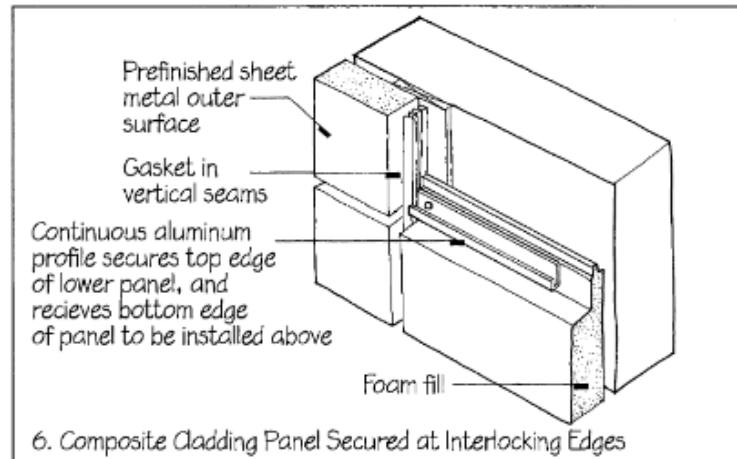
Sirap atap kayu cedar biasanya diamankan dengan paku melalui ujung atasnya yang tipis. Kepala paku harus ditancapkan sedemikian rupa sehingga bagian bawah kepala paku menempel pada permukaan atas kayu, tetapi tidak terlalu jauh hingga kepala paku tertanam ke dalam kayu.



Jika paku ditancapkan terlalu dalam ke dalam kayu, sirap kemungkinan akan terbelah cepat atau lambat, dan elemen kayu akan tertahan dari pembengkakan kecil saat kadar airnya meningkat. Sirap batu tulis juga ditopang dengan paku di ujung atasnya, yang ditancapkan melalui lubang yang telah dilubangi sebelumnya di sirap. Sirap "digantung" longgar pada paku-paku ini ke selubung atap. Jika paku-paku ditancapkan dengan keras ke batu tulis yang rapuh, sirap hampir pasti akan retak.

6. Panel pelapis eksterior komposit sering kali terbuat dari busa tebal berdensitas rendah yang dibungkus dengan lembaran logam tipis. Jika sekrup atau baut menembus komposit ini dan dikencangkan, tekanan terpusat di kepala pengikat akan membuat cekungan atau bahkan menembus permukaan logam, dan akan menghancurkan busa

yang lembut. Oleh karena itu, panel komposit semacam ini sering kali diamankan di tepinya, tempat lembaran logam dapat dibentuk untuk saling mengunci dan diamankan ke rangka tersembunyi yang menahannya. Flensa lembaran logam mendistribusikan beban sambungan ke seluruh tepi panel.



Dinding batu bata menyatukan produk batu, bata, dan beton dengan kekuatan yang bervariasi; semuanya disatukan dengan mortar dengan kekuatan yang dapat ditentukan oleh perancang. Hasil optimal terjadi ketika kekuatan elemen-elemen rakitan batu bata tidak berbeda secara tiba-tiba satu sama lain. Saat memperbaiki dinding batu bata bersejarah yang dibuat dengan batu bata yang relatif lemah yang dibakar dalam tungku periodik tradisional, sebaiknya batu bata baru memiliki kekuatan yang hampir sama dan direkatkan menggunakan mortar yang sesuai dengan kekuatan tekan unit batu bata. Jika mortar berkekuatan tinggi kontemporer digunakan dalam proyek semacam itu, kemungkinan besar mortar tersebut akan mentransfer tekanan berlebihan ke unit batu bata, yang menyebabkannya retak.

BAB 8

PENYEDIAAN JALUR UNTUK LAYANAN MEKANIK DAN LISTRIK

8.1 PERENCANAAN JARINGAN LAYANAN DALAM BANGUNAN

Setiap bangunan dijalin dengan jaringan tiga dimensi jalur distribusi untuk layanan mekanik dan listrik saluran udara, perpipaan, dan kabel untuk pemanas, pendingin, ventilasi, air panas dan dingin, pembuangan limbah, pemadaman kebakaran, energi listrik, penerangan, telepon, kontrol suhu, jaringan komputer, sistem interkomunikasi, antena, dan sistem alarm. Hampir setiap bangunan yang ada telah dipasang jalur distribusi yang awalnya tidak dirancang, sehingga dapat dipastikan bahwa setiap bangunan yang ada di papan gambar saat ini akan digunakan di masa mendatang untuk menyediakan layanan yang bahkan tidak dapat kita bayangkan.

Dalam merinci sebuah bangunan, penting untuk bekerja sama dengan perancang sistem mekanik, perpipaan, listrik, dan komunikasi untuk menyediakan jalur bagi jalur distribusi layanan, baik yang sekarang maupun yang akan datang, yang akan melewati bangunan tersebut. Dalam kebanyakan kasus, jalur-jalur ini harus disembunyikan dengan nyaman; jika terlihat, itu harus sesuai dengan desain, bukan karena bawaan. Ruang yang cukup harus disediakan untuk saluran, dengan titik akses pekerja yang memadai dan interkoneksi yang dapat berfungsi dari satu bidang distribusi ke bidang distribusi lainnya.

Ini akan memungkinkan pemasangan, pemeliharaan, dan perubahan layanan di masa mendatang yang ekonomis. Ini juga akan menghindari tampilan bangunan dan detailnya yang rusak oleh pemasangan sistem layanan yang tidak diantisipasi oleh perancang dan detailernya. Karena layanan di gedung menjadi lebih padat dan kompleks, para profesional desain harus bekerja sama untuk menyediakan pengaturan layanan yang kompatibel secara efisien. Pipa air biasanya dijauhkan dari ruang distribusi daya, dan kabel telekomunikasi harus diisolasi dengan jarak atau dilindungi dari kabel distribusi daya, untuk menghindari gangguan.

Protokol yang didasarkan pada persyaratan teknis setiap sistem harus memandu desain awal serta pemeliharaan layanan ini yang sedang berlangsung. Tidak semua layanan listrik terlihat. Jaringan yang tidak terlihat seperti jaringan nirkabel (WiFi) dan jaringan telepon seluler bekerja paling baik di tempat yang terbuka lebar. Konstruksi dinding, lantai, dan atap yang besar dapat mengganggu jaringan ini. Foil radiasi yang digunakan sebagai pelapis pada insulasi kaku juga dapat mengganggu beberapa jaringan. Penempatan jaringan dalam struktur bangunan tertentu menentukan efisiensi jaringan. Upaya terkoordinasi oleh para insinyur, arsitek, dan penyedia layanan jaringan dapat menghasilkan kinerja jaringan nirkabel yang optimal. Untuk menyediakan jaringan lorong tiga dimensi penuh, dua pola detail harus digabungkan (lihat bagian terkait di bab ini):

- Vertical Chase
- Horizontal Plenum

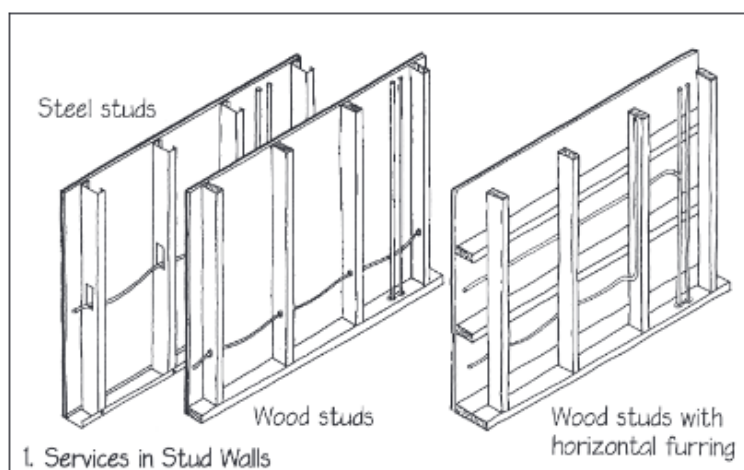
Di setiap titik persimpangan antara chase dan plenum, berbagai layanan harus memiliki ruang untuk melakukan transisi dari vertikal ke horizontal. Pipa kerja, perpipaan, dan saluran dapat diekspos di dalam bangunan, daripada disembunyikan di chase dan plenum, tetapi ini tidak akan selalu menghasilkan konstruksi yang lebih ekonomis. Ruang vertikal dan horizontal masih harus disediakan untuk layanan ini, dan dana harus dialokasikan untuk waktu desain tambahan untuk menata susunan saluran yang rapi, waktu pemasangan tambahan untuk memungkinkan

standar pengerjaan yang tinggi, dan biaya pengecatan dan penyelesaian saluran.

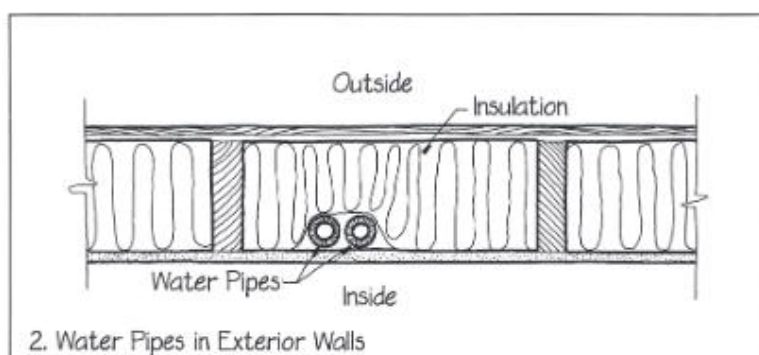
8.2 PENGEJARAN VERTIKAL

Pengejaran vertikal adalah jalur tersembunyi tempat layanan dapat berjalan dari tanah ke atap dan lantai ke lantai. Dinding berongga yang berfungsi sebagai pengejaran vertikal sering kali dapat menjalankan beberapa fungsi distribusi horizontal juga.

1. Ruang vertikal berongga di antara tiang kayu atau baja di dinding atau partisi menyediakan jalur yang nyaman untuk layanan berdiameter kecil, biasanya tanpa perhatian lebih lanjut dari detailer. Jalur kabel listrik atau pipa pasokan air vertikal dapat dengan mudah masuk ke dalam ruang ini, asalkan dapat menembus pelat bawah dan atas tempat dinding bertemu dengan lantai dan langit-langit. Tiang baja dengan lubang yang telah dilubangi sebelumnya juga memudahkan jalur kabel horizontal. Jalur kabel horizontal melalui tiang kayu mengharuskan tiang dibor, yang mudah dan dapat diterima jika lubangnya tidak terlalu besar. Jalur pipa horizontal yang panjang umumnya sulit untuk dimasukkan melalui lubang di tiang. Pipa pembuangan dan ventilasi, dengan diameter yang lebih besar, sering kali memerlukan tiang yang lebih dalam, dua baris tiang, pelapis horizontal yang tebal, atau pengejaran khusus. Lapisan horizontal yang dalam di atas tiang penyangga menawarkan alur dua arah, meminimalkan gangguan antara tiang penyangga dan saluran layanan.



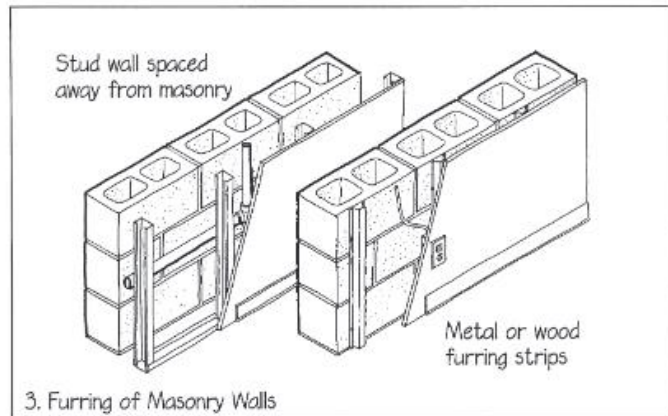
2. Di dinding eksterior atau dinding yang berdampingan dengan ruang yang tidak dipanaskan, pipa air harus diletakkan di sisi interior semua insulasi termal, untuk mencegah pembekuan dalam cuaca dingin, bahkan jika pipa itu sendiri dilapisi dengan insulasi. Paling aman untuk menata bangunan sehingga semua pipa air berada di partisi interior, hindari dinding eksterior sepenuhnya. Jika pipa air harus dipasang di dinding eksterior, pastikan detail insulasi dicatat di bagian spesifikasi yang berkaitan dengan insulasi termal.



Buat catatan untuk memeriksa dinding setelah diisolasi dan sebelum ditutup, untuk memastikan pipa sepenuhnya berada di dalam insulasi.

3. Dinding batu, bahkan yang terbuat dari blok beton berongga, tidak menawarkan jalur yang mudah untuk

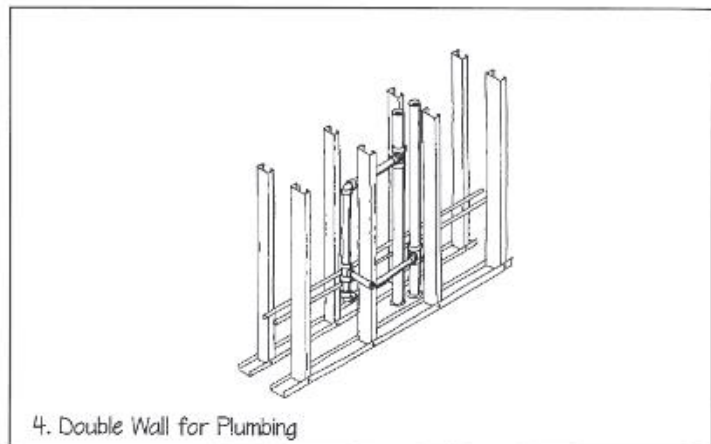
perpipaan dan kabel. Solusi umum untuk saluran servis berdiameter kecil adalah melapisi bagian dalam dinding dengan strip logam atau kayu. Saluran servis melewati atau di antara strip dan disembunyikan oleh lapisan akhir di bagian dalam. Isolasi termal juga dapat ditambahkan di



antara strip pelapis. Untuk saluran servis berdiameter lebih besar, pelapis dapat berbentuk dinding tiang yang diberi jarak dari batu dengan jarak yang diperlukan. Strategi ini juga berlaku untuk dinding beton cor di tempat atau pracetak.

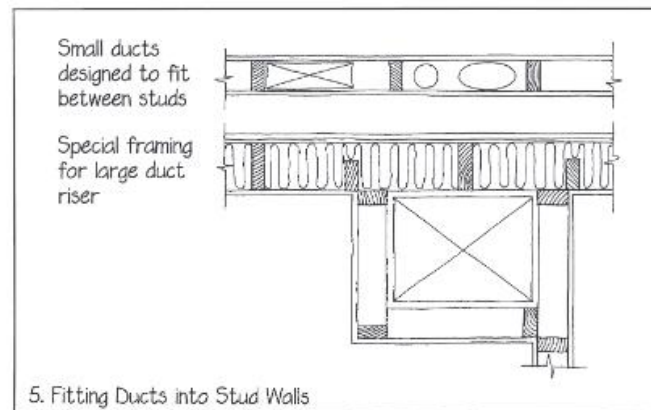
4. Saluran pembuangan dan ventilasi pipa umumnya tidak akan muat di dalam partisi tiang dengan ketebalan standar. Dalam beberapa kasus, tiang yang lebih besar dapat digunakan untuk

menciptakan ruang yang cukup untuk pipa. Dalam kebanyakan kasus, lebih baik untuk membingkai dinding ganda dengan ruang kosong yang cukup di antaranya sehingga pipa dapat berjalan bebas baik dalam arah horizontal maupun vertikal. Tidak cukup hanya menyediakan ruang yang sedikit lebih

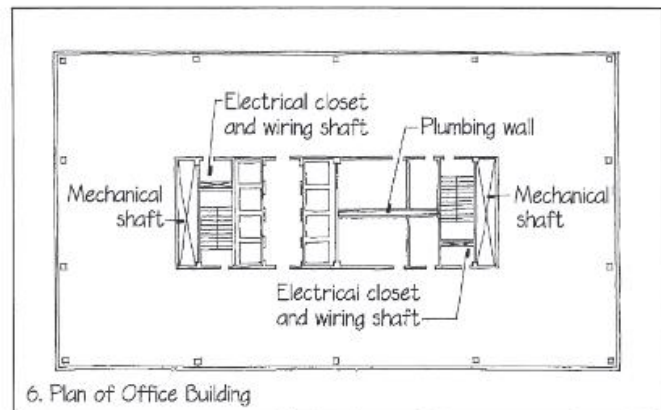


besar dari diameter pipa terbesar di dinding; harus ada juga ruang yang cukup untuk pipa suplai agar dapat melintas di depan riser pembuangan dan ventilasi dan, dalam banyak kasus, agar pipa pembuangan dan ventilasi horizontal berdiameter lebih kecil dapat melintasi jalur vertikal berdiameter lebih besar (lihat Jarak Bebas Pemasangan, Bab 11).

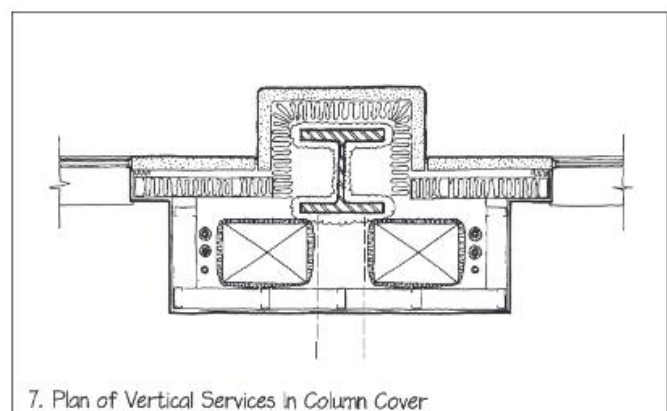
5. Ukuran saluran datar dan oval tertentu dirancang agar pas di antara tiang dinding, tetapi memiliki kapasitas penanganan udara yang terbatas. Ketebalan tambahan sering kali diperlukan untuk insulasi termal di sekitar saluran, terutama di dinding eksterior. Bahkan jika saluran pas di antara tiang, mungkin diperlukan pelepasan sebagian besar pelat atas dan bawah dinding sehingga diperlukan penguatan perbaikan elemen-elemen ini. Saluran yang lebih besar sering kali memerlukan rangka khusus.



6. Sebagian besar bangunan besar memerlukan saluran atau poros khusus untuk jalur vertikal utama jalur distribusi mekanik dan listrik. Lokasi dan ukuran saluran ini harus ditentukan melalui konsultasi ekstensif dengan para profesional yang merancang setiap sistem. Poros listrik vertikal umumnya berdampingan dengan lemari listrik di setiap lantai tempat transisi dibuat ke jalur distribusi horizontal. Poros vertikal untuk saluran udara terkadang terhubung ke ruang kipas di setiap lantai, tetapi lebih sering terhubung langsung ke jalur horizontal saluran udara di langit-langit atau lantai. Jika poros saluran udara dibatasi oleh menara tangga, poros lift, dan dinding pipa, sambungan ini mungkin sulit atau tidak mungkin. Tanyakan kepada konsultan mengenai pemisahan jalur listrik dan komunikasi, untuk menghindari gangguan listrik.



7. Pipa vertikal dan saluran listrik terkadang ditempatkan di penutup kolom interior atau eksterior. Lokasi interior biasanya lebih disukai, baik untuk perlindungan dari pembekuan maupun untuk kemudahan penyambungan di setiap lantai. Harus diperhatikan untuk menghindari gangguan dengan balok lantai. Saluran udara, jika cukup kecil, juga dapat disalurkan melalui lorong-lorong ini.
8. Ada beberapa tindakan pencegahan umum yang berkaitan dengan semua jenis lorong vertikal atau poros. Lorong-lorong vertikal ini harus sejajar dengan tepat dari satu lantai ke lantai berikutnya, menghindari zig-zag horizontal yang mahal dan merepotkan. Panel akses harus disediakan di titik-titik yang ditentukan oleh perancang berbagai



sistem. Ingatlah bahwa saluran layanan baru kemungkinan akan menempati ruang-ruang ini di masa mendatang (lihat Sambungan yang Dapat Diakses, Bab 11). Lorong-lorong tersebut harus sepenuhnya tertutup dengan bahan-bahan yang memenuhi persyaratan ketahanan api dari kode bangunan yang berlaku.

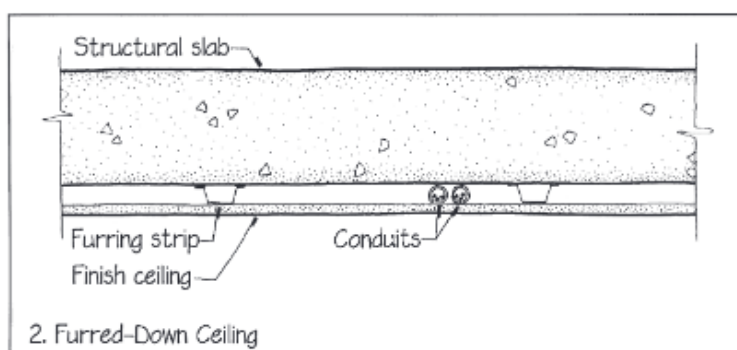
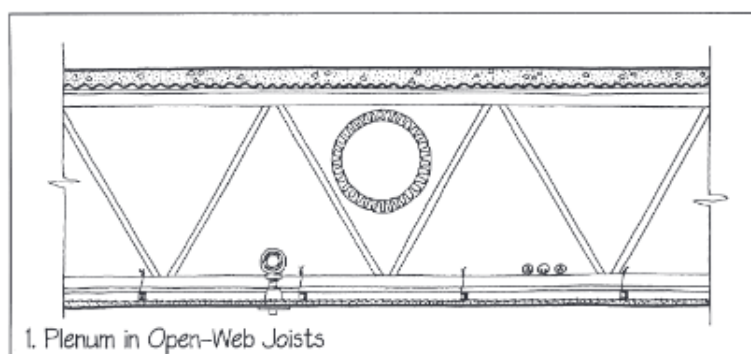
Ruang-ruang tempat pipa, saluran, atau saluran udara melewati setiap lantai dan dinding yang tahan api harus diberi penutup api pada tingkat perlindungan yang sama dengan rakitan yang ditembus. Persyaratan khusus bervariasi menurut ukuran dan jumlah penetrasi, tetapi secara umum detailnya harus menggunakan produk yang telah diuji yang akan mencegah masuknya api dan gas panas.

Paling tidak, ini akan melibatkan penggunaan bahan mineral batt atau dempul yang telah dirancang dan diuji untuk tujuan ini. Saluran udara yang melewati dinding tahan api harus dilengkapi dengan sensor panas dan asap yang secara otomatis menutup peredam di dalam saluran udara saat terjadi keadaan darurat. Sensor harus dapat diakses untuk pemeriksaan dan pemeliharaan berkala. Saluran layanan tersembunyi dalam konstruksi yang mudah terbakar diharuskan memiliki penghalang api di tempat rongga vertikal dan horizontal bertemu, dan pada interval 10 kaki (3 m) di tiang vertikal dan rongga berbulu.

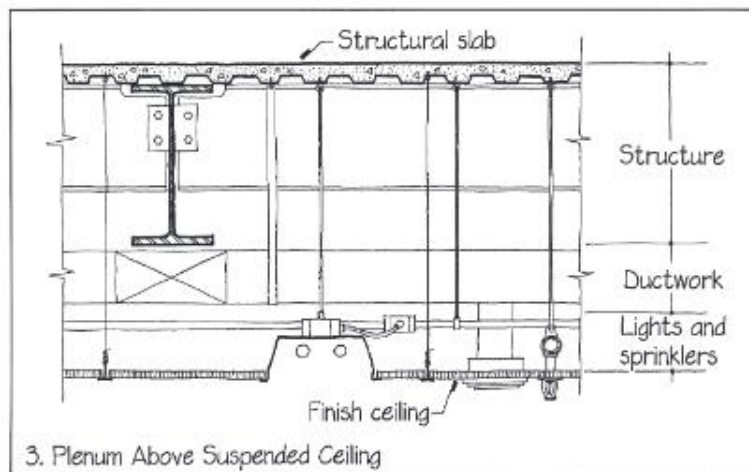
8.3 PLENUM HORIZONTAL

Plenum horizontal adalah ruang yang memungkinkan setiap layanan diarahkan ke titik mana pun di lantai.

1. Sebagian besar konstruksi lantai dan langit-langit yang dibuat dengan balok kayu atau baja menyediakan ruang yang cukup besar untuk saluran, kabel, dan pipa. Balok web terbuka memungkinkan distribusi yang mudah di kedua arah, asalkan saluran dengan ukuran yang dibutuhkan sesuai dengan bukaan segitiganya. Lubang harus dibuat di balok kayu atau lembaran logam agar layanan dapat berjalan dalam arah tegak lurus. Ukuran dan lokasi lubang ini harus sesuai dengan batasan kode tertentu, atau harus disetujui oleh perancang struktur.
2. Langit-langit yang dialiri alur menciptakan jalur lateral untuk kabel listrik, tetapi tidak cukup tinggi untuk pipa atau saluran.
3. Langit-langit gantung menciptakan plenum horizontal tempat setiap jenis layanan dapat berjalan. Ruang plenum



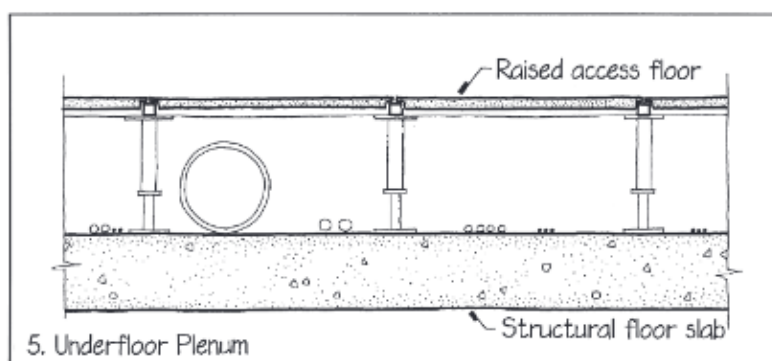
harus cukup tinggi untuk mengakomodasi semua layanan yang direncanakan, tetapi tingginya harus diminimalkan untuk menghindari tinggi bangunan keseluruhan yang berlebihan. Zona horizontal harus disediakan di dalam ruang pleno untuk setiap layanan utama. Umumnya, lapisan terendah disediakan untuk perlengkapan penerangan dan pipa sprinkler, lapisan yang lebih tinggi berikutnya untuk saluran udara, dan lapisan tertinggi untuk struktur dan tahan api. Ketinggian setiap lapisan ini harus disetujui terlebih dahulu, dan denah ruang pleno setiap rongga bangunan harus dirancang sedemikian rupa



sehingga kolom, dinding pemisah api, penyebar udara, perlengkapan penerangan, pengeras suara, sensor, dan kepala sprinkler semuanya memiliki zona khusus untuk turun melalui langit-langit tanpa berhadapan dengan sistem lain.

Hal ini memerlukan kerja sama penuh di antara semua profesional yang terlibat dalam desain bangunan. Menetapkan protokol yang jelas untuk mengoordinasikan penempatan layanan ini akan menentukan urutan konstruksi awal, dan untuk masa mendatang saat layanan diperbarui. Permukaan langit-langit akhir tidak diperlukan, tetapi dapat digunakan untuk mencapai kualitas spasial yang diinginkan, atau untuk menyembunyikan layanan di atas kepala. Jika permukaan langit-langit dipasang, permukaan tersebut harus menyediakan akses layanan di semua titik yang diperlukan, baik melalui ubin atau panel yang dapat dilepas, atau melalui pintu akses khusus.

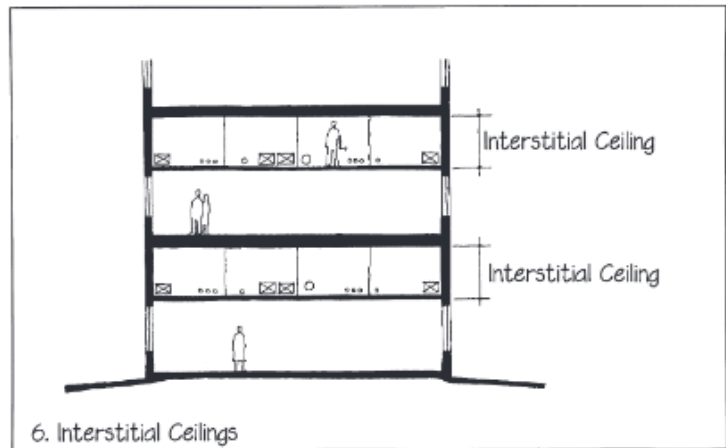
4. Pintu akses, penyebar udara dan kisi-kisi, kepala penyiram, pengeras suara, sensor api dan asap, dan perlengkapan lampu dapat menciptakan kekacauan visual di langit-langit. Rencana langit-langit yang dipantulkan harus dirancang secara kooperatif oleh seluruh tim desain untuk menciptakan lanskap atas yang teratur.
5. Alternatif untuk plenum langit-langit gantung adalah plenum bawah lantai yang dibuat oleh lantai akses yang ditinggikan 3 hingga 18 inci (75 hingga 460 mm) di atas lantai struktural. Ini memungkinkan struktur lantai bangunan dibiarkan terbuka di bawahnya, sebagai langit-langit akhir. Ini



merupakan keuntungan khusus dalam situasi seperti mengubah bangunan lama

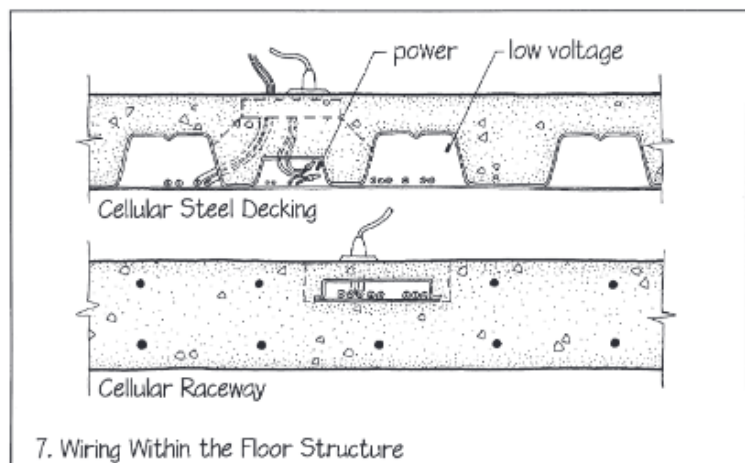
dengan lantai kayu berat atau beton monolitik menjadi penggunaan baru. Ini mungkin juga cocok untuk bangunan dengan jaringan komputasi padat, terutama jika sering ditata ulang. Akses yang lebih mudah ke jalur listrik dan komunikasi membuat perubahan lebih sederhana dan lebih murah. Saluran dan kotak mekanis kecil dapat ditempatkan di bawah lantai ini, atau dapat menjadi plenum pasokan udara berkelanjutan. Plenum atau saluran di bawah lantai dapat menyalurkan udara lebih dekat ke penghuni, dan memberi mereka kesempatan untuk mengendalikan aliran udara secara lokal.

6. Di beberapa gedung laboratorium dan rumah sakit dengan layanan yang luar biasa rumit yang harus sering diservis dan diubah, plenum setinggi berdiri yang disebut langit-langit interstisial dibangun untuk memfasilitasi akses pemeliharaan, sehingga meminimalkan gangguan atau kontaminasi oleh operasi pemeliharaan ruang yang dilayani. Ini biasanya dibuat dengan menggunakan kisi



langit-langit baja modular yang digantung pada batang baja dari lantai di atas. Kisi-kisi pada kisi dapat menopang pekerja dan peralatan, atau panel langit-langit itu sendiri dapat dirancang untuk menopangnya dengan aman.

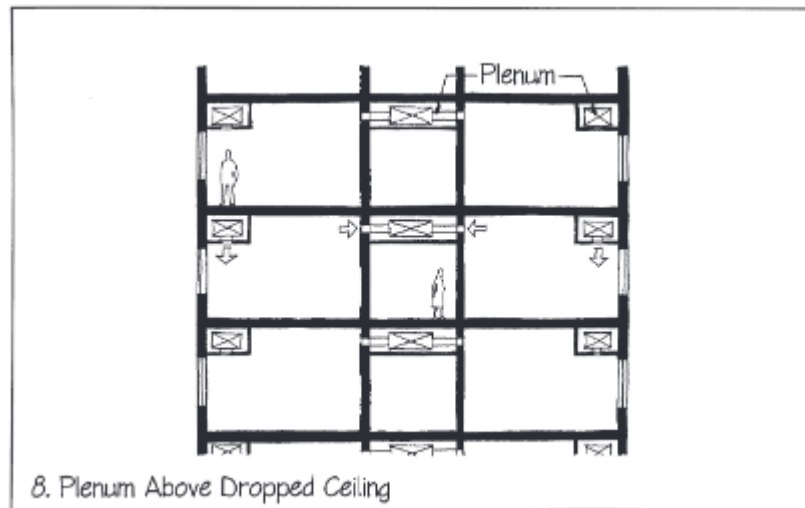
7. Ada berbagai sistem untuk membuat saluran berongga untuk kabel listrik dan komunikasi di dalam struktur lantai. Ini termasuk dek baja seluler dan saluran seluler yang dicor ke dalam struktur lantai beton. Sistem semacam itu harus dirancang bekerja sama dengan perancang mekanik dan listrik, perancang struktur, dan



produsen komponen saluran seluler. Kompartemen berpelindung mengendalikan interferensi elektromagnetik antara jaringan listrik dan komunikasi. Perhatikan bahwa saluran ini, yang berukuran besar untuk kabel, terlalu kecil untuk digunakan untuk pipa atau saluran.

8. Pada bangunan dengan persyaratan layanan mekanis yang relatif sederhana, distribusi horizontal dapat dilakukan terutama di atas koridor tengah atau di atas sebidang langit-langit yang membentang di sekeliling bangunan. Ini adalah pendekatan ekonomis yang

dapat berfungsi dengan baik di hotel, asrama, gedung apartemen, dan gedung kelas.



9. Secara umum, setiap ruang plenum horizontal harus terhubung dengan baik dengan lorong vertikal yang menghubungkannya. Jika bertemu dengan dinding api atau dinding pemisah api, dinding harus menembus ke atas melalui plenum untuk menutup rapat lantai struktural di atasnya. Setiap saluran yang melintasi pemisah api ini harus dilengkapi dengan peredam api, dan setiap penetrasi lainnya harus disegel dengan konstruksi tahan api. Harus diperhatikan untuk menghindari terciptanya jalur samping akustik melalui ruang plenum (lihat Partisi Kedap Udara, Berat, dan Lemas, Bab 5).

BAB 9

KESEHATAN DAN KESELAMATAN

Jutaan orang cedera setiap tahunnya di gedung yang tidak aman, dan jutaan lainnya jatuh sakit karena gedung yang tidak sehat. Orang tersandung dan jatuh di lantai dan tangga yang tidak aman. Mereka terluka, tergores, dan tergores di permukaan yang kasar, tepi yang tajam, dan pecahan kaca. Mereka keracunan oleh asap dari berbagai perekat dan plastik, dan asap dari kebakaran gedung. Orang yang sakit, lanjut usia, atau cacat mungkin tidak dapat menjangkau seluruh area gedung karena penghalang fisik yang telah dimasukkan ke dalam arsitektur. Sebagian besar masalah kesehatan dan keselamatan dalam perincian diatur oleh kode bangunan; yang lainnya hanya berdasarkan akal sehat.

Ketika bahan atau rakitan konstruksi tertentu ditemukan pada dasarnya tidak aman, kode bangunan atau peraturan lainnya sering direvisi untuk mengecualikannya. Perbaikan dan inovasi yang berkelanjutan dalam bahan dan detail konstruksi harus mempertimbangkan kesehatan dan keselamatan publik. Detailer diharapkan untuk menilai material baru atau detail baru guna menyelidiki implikasi kesehatan dan keselamatannya secara menyeluruh.

Produsen akan sering memberikan informasi yang dibutuhkan tentang material dan rakitan hak milik, dan dapat membantu dalam pengujian lebih lanjut jika diperlukan. Detailer mengandalkan banyak organisasi yang memproduksi dan menyebarkan informasi tentang material dan metode konstruksi. Organisasi kode dan standar nasional, asosiasi profesional dan perdagangan, spesifikasi induk, dan produsen merupakan bagian dari basis informasi ini. Referensi yang muncul di Lampiran A, Rak Referensi Detailer, dan pencarian Web Internet digunakan setiap hari oleh detailer agar tetap terkini. Pola detail yang berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan adalah sebagai berikut (lihat bagian terkait di akhir bab ini):

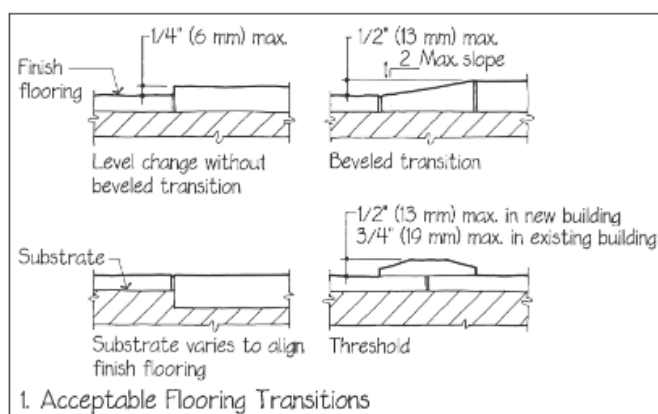
- Pijakan yang Aman
- Perlindungan dari Jatuh
- Tepi yang Aman
- Kaca yang Aman
- Material Tidak Beracun
- Material Tahan Api
- Perakitan Tahan Api
- Desain Bebas Hambatan
- Desain Universal

9.1 PIJAKAN YANG AMAN

Tersandung dan terpeleset adalah dua kejadian yang harus diwaspadai oleh detailer dalam detail lantai dan tangga.

1. Tersandung di lantai dapat disebabkan oleh penghenti pintu yang dipasang di lantai, ambang pintu yang sangat tinggi, dan perubahan mendadak pada permukaan lantai atau material lantai. Ambang pintu di gedung yang sudah ada diizinkan oleh peraturan bangunan setinggi $\frac{3}{4}$ in. (19 mm); pada konstruksi baru, ambang pintu dapat setinggi $\frac{1}{2}$ in. (13 mm). Perubahan permukaan lantai tidak boleh melebihi $\frac{1}{4}$ in. (6 mm). Semua ambang pintu dan transisi yang tingginya lebih dari $\frac{1}{4}$ in. harus memiliki tepi miring dengan kemiringan tidak lebih dari 1:2 (kemiringan 50 persen). Akan lebih baik jika

semua permukaan lantai akhir berada pada ketinggian yang sama, hindari bahkan transisi kecil yang mungkin tidak terlihat. Material lantai akhir dapat bervariasi dalam satu gedung dan mungkin memiliki ketebalan yang berbeda-beda. Pelat beton atau substrat kayu untuk lantai akhir mungkin perlu sedikit diubah agar permukaan lantai akhir sejajar.

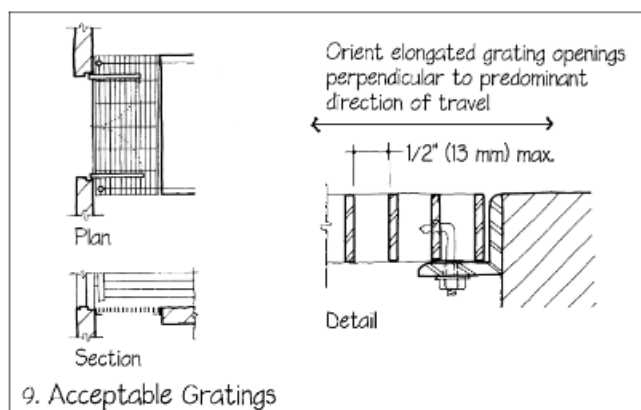


2. Tersandung di tangga dapat dihindari dengan mematuhi ketentuan kode bangunan dengan saksama. Sesuaikan ukuran tapak dan anak tangga sesuai dengan yang disyaratkan kode, dan berhati-hatilah saat memeriksa konstruksi agar variasi yang berlebihan tidak terjadi pada dimensi tapak dan anak tangga. Jangan mendesain tangga yang hanya memiliki satu atau dua anak tangga; orang cenderung tidak melihatnya sampai mereka terjatuh di atasnya. Selalu patuhi persyaratan pegangan tangan kode bangunan dengan tepat.
3. Tangga keluar tidak boleh memiliki anak tangga terbuka, dan tangga yang tidak dianggap sebagai tangga keluar terbatas pada bukaan anak tangga yang tidak memungkinkan bola berukuran 4 in. (102 mm) untuk melewatinya.
4. Gunakan sisipan tapak abrasif untuk mencegah tergelincir di tangga yang terbuat dari bahan yang dipoles, seperti marmer atau logam. Gunakan warna yang kontras pada ujung tapak untuk meningkatkan visibilitas dan keamanan.
5. Berikan perhatian khusus pada bahan lantai yang mungkin basah. Di pintu masuk umum dan lobi dengan lantai batu atau ubin, gunakan permukaan yang agak kasar, bukan yang sangat mengilap. Di kamar mandi, dapur, dan pancuran, hindari ubin lantai yang diglasir halus. Jalan masuk umum dapat dilindungi dengan kanopi agar tetap kering dan dapat dilengkapi dengan kisi-kisi atau keset untuk menghilangkan sebagian besar air dan salju dari alas kaki sebelum orang memasuki gedung.
6. Meskipun tidak ada pedoman hukum untuk koefisien gesekan bahan lantai, koefisien tersebut dipublikasikan oleh banyak produsen lantai. Secara umum, hindari bahan lantai dengan koefisien gesekan kurang dari 0,50. Gunakan nilai yang lebih tinggi untuk jalan landai dan untuk lantai atau tangga yang mungkin basah. Disarankan agar rute yang akan digunakan oleh penyandang disabilitas memiliki koefisien gesekan statis minimal 0,60, dan minimal 0,80 untuk jalan landai. Koefisien gesekan statis antara karet dan beton kering yang disekop adalah 0,60–0,85, tetapi hanya 0,45–0,75 saat beton basah. Karet pada permukaan beton yang dingin hanya 0,15.
7. Lantai kayu dan tapak tangga umum digunakan di rumah tinggal, tetapi tidak cocok untuk bangunan umum dengan lalu lintas tinggi, karena bahkan spesies kayu keras akan aus jika terlalu sering digunakan. Ujung tapak sangat rentan pecah dan akan menjadi sangat membulat jika digunakan. Ujung tapak yang aus dapat melebihi radius maksimum ½ in. (13 mm) yang ditetapkan oleh peraturan bangunan. Kayu di

lingkungan luar juga rentan terhadap pertumbuhan alga dan tanaman, yang dapat mengurangi koefisien gesekan statisnya dari 0,50 menjadi 0,15 yang tidak aman.

8. Karpet yang tebal dan longgar sulit untuk dilalui dengan kursi roda. Karpet di rute yang dapat diakses dan di ruangan yang dapat diakses harus terpasang dengan aman menggunakan bantalan yang kuat atau tanpa bantalan. Ketebalan tumpukan maksimum di bangunan non-perumahan adalah ½ in. (13 mm); tanyakan kepada produsen untuk memastikan bahwa jenis dan panjang tumpukan sesuai dengan ketentuan aksesibilitas dari kode bangunan.

9. Kisi-kisi logam memberikan daya tarik yang baik di bawah kaki, tetapi bukaan harus kecil untuk memungkinkan orang dengan kereta dorong, di kursi roda, atau memakai sepatu dengan tumit kecil atau lancip lewat. Kisi-kisi harus memiliki ruang tidak lebih lebar dari ½ in. (13 mm) dalam satu arah, dan bukaan memanjang harus diarahkan tegak lurus dengan arah perjalanan yang dominan.



10. Peron angkutan penumpang tanpa penjaga, seperti peron kereta api dan kereta bawah tanah, diharuskan memiliki peringatan yang dapat dideteksi selebar 24 in. (610 mm) di tepinya. Sinyal taktil ini dibuat menggunakan pola khusus kubah terpotong yang menonjol yang dikenali oleh orang-orang yang memiliki gangguan penglihatan. Penggunaan warna yang kontras juga akan meningkatkan persepsi tepi. Ketentuan kode ini tidak berlaku untuk halte bus yang berbatasan dengan trotoar jalan dengan ketinggian normal.
11. Jalan landai dan landasan untuk digunakan oleh penyandang cacat harus memiliki pelindung tepi jika penurunan vertikal lebih besar dari ½ in. (13 mm). Pelindung tepi yang diizinkan termasuk memperluas permukaan lantai setidaknya 12 in. (305 mm) di luar permukaan bagian dalam pagar, atau menyediakan trotoar atau penghalang setinggi minimal 4 in. (102 mm) di tepi permukaan lantai.
12. Sulit untuk mengawasi kepala dan kaki secara bersamaan. Seseorang cenderung tersandung atau kepalanya terbentur di tangga dengan ruang kepala yang tidak memadai. Selalu gambar bagian tangga berskala besar untuk memastikan bahwa persyaratan kode untuk ruang kepala terpenuhi. Mengingat peningkatan tinggi badan populasi secara umum, bukanlah ide yang buruk untuk menyediakan lebih dari ruang kepala yang diperlukan jika memungkinkan.

9.2 PELINDUNG JATUH

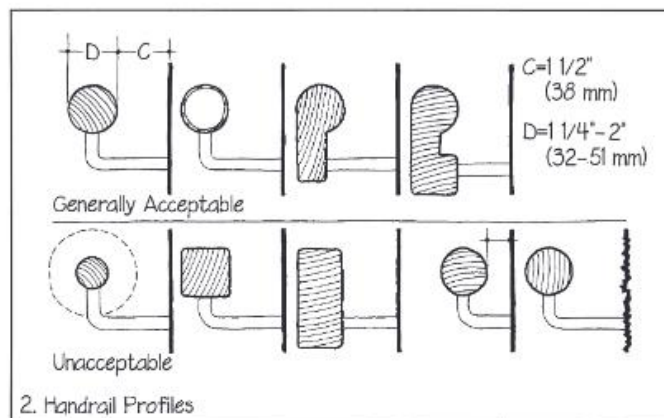
Pegangan tangan adalah permukaan yang dapat digenggam yang diwajibkan oleh peraturan untuk membantu mencegah orang jatuh di tangga dan tanjakan. Pelindung diwajibkan di tepi lantai yang terbuka, balkon, mezzanine, dek, tanjakan, tangga, dan landasan.

1. Peraturan bangunan dan standar aksesibilitas sangat eksplisit dalam persyaratannya

untuk merinci pegangan tangan dan pelindung. Tangga diwajibkan memiliki pegangan tangan di setiap sisi, kecuali pada tangga lorong yang menyediakan rel tengah. Landai dengan penurunan vertikal 6 in. (152 mm) atau lebih diwajibkan memiliki pegangan tangan di kedua sisi. Jika penurunan vertikal tanjakan, landasan, atau lantai adalah 30 in. (762 mm) atau lebih, pelindung diwajibkan.

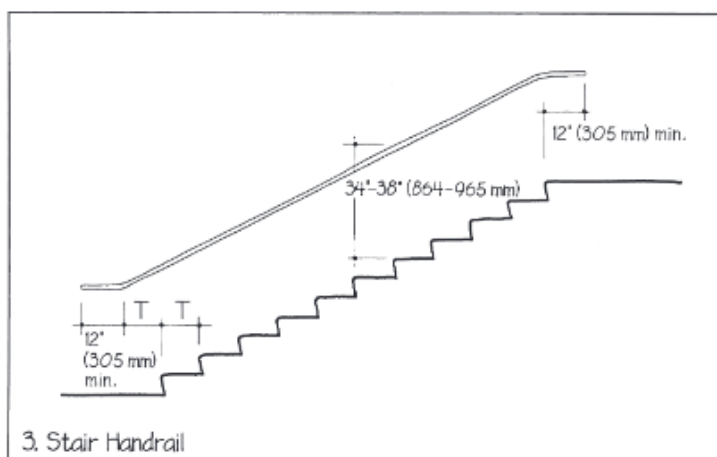
- Pegangan tangan disediakan di tangga dan tanjakan untuk membantu menyeimbangkan pengguna dan mencegah mereka jatuh. Pegangan tangan tersebut harus memiliki ukuran dan bentuk penampang melintang sedemikian rupa sehingga tangan manusia dapat mencengkeram setidaknya tiga perempat dari keliling pegangan tangan.

Umumnya, potongan pipa logam atau kayu bundar yang tidak terputus adalah yang terbaik. Penampang melintang yang tidak melingkar harus memiliki ketebalan 1–2 1/4 in. (25–57 mm) dan harus memiliki dimensi keliling 4–6 1/4 in. (100–160 mm). Potongan kayu persegi panjang sulit



digenggam dan ilegal menurut sebagian besar peraturan. Setiap pegangan tangan harus berjarak dari dinding setidaknya 1 1/2 in. (38 mm) dan harus dipasang pada jarak tertentu di atas lantai, tangga, atau jalan landai. Dinding di belakang pegangan tangan harus halus untuk mencegah tergoresnya buku jari, dan tepi pegangan tangan harus memiliki radius minimum 1/8 in. (3 mm).

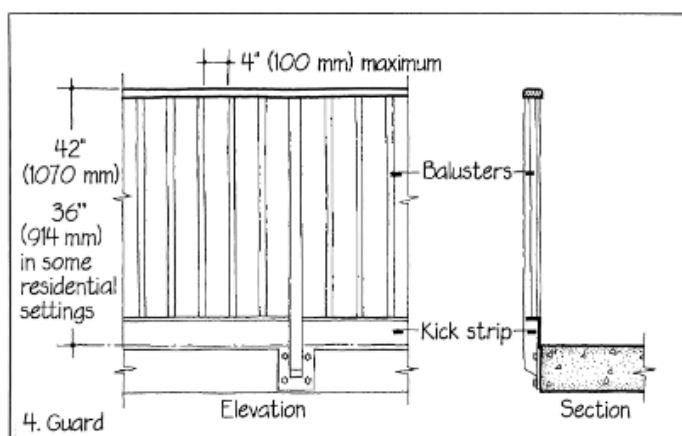
- Di bagian atas dan bawah setiap anak tangga, pegangan tangan yang dipasang di dinding harus menjorok keluar secara horizontal setidaknya 12 in. (305 mm) di luar ujung anak tangga, dan harus menghadap ke dalam dinding agar tidak tersangkut pakaian. Pemasangan pegangan tangan harus dirancang dengan hati-hati agar rel



tetap kaku dan menahannya dengan erat ke dinding agar tidak terjadi tarikan atau dorongan. Pegangan tangan di tengah tangga berkelok-kelok harus kontinu dari satu anak tangga ke anak tangga berikutnya. Jika tidak ada dinding tengah di tangga berkelok-kelok, pegangan tangan di tengah juga berfungsi sebagai pelindung dan harus dilengkapi dengan langkan, seperti yang dijelaskan dalam paragraf berikut.

4. Pelindung harus disediakan untuk mencegah orang jatuh dari tepi perubahan lantai yang tiba-tiba setinggi 30 in. (762 mm) atau lebih. Pengecualian diizinkan di tepi panggung, lubang servis, atau dermaga pemuatan. Tinggi pelindung minimum ditentukan dalam kode bangunan, tetapi sering kali diinginkan untuk membuat pelindung lebih tinggi, untuk menghindari perasaan psikologis yang tidak menyenangkan akan bahaya. Pelindung di sekitar lapangan atau atrium harus berada pada ketinggian yang nyaman untuk bersandar dengan siku. Langga, panel kaca pengaman, kasa, kabel, atau pengisi lain antara pelindung dan tepi lantai harus diberi jarak cukup rapat sehingga anak kecil yang tidak diawasi tidak dapat menyelip. Penelitian telah menunjukkan bahwa bukaan maksimum yang jelas di dalam pelindung

tidak boleh melewati bola dengan diameter lebih dari 4 in. (102 mm). Kode bangunan menggunakan angka ini untuk pelindung hingga 36 in. (914 mm) di atas lantai; di atas ketinggian tersebut polanya bisa sedikit lebih terbuka, yang memungkinkan bola berdiameter hingga 43/8 in. (111 mm) untuk lewat. Bahkan jika kode yang



berlaku memungkinkan beberapa bukaan yang lebih besar dari 4 in. (102 mm), akan lebih bijaksana untuk tetap menggunakan angka yang lebih kecil, karena dimensi yang lebih besar terbukti kurang aman. Baluster horizontal umumnya legal, tetapi jika baluster vertikal, sangat sulit bagi seorang anak untuk memanjat pelindung. Kode bangunan sering kali mengharuskan adanya strip penahan atau trotoar yang kokoh setinggi beberapa inci di dasar pelindung. Fungsinya adalah untuk mencegah puing-puing di lantai agar tidak secara tidak sengaja tertendang melalui pelindung dan mengenai orang-orang di bawahnya.

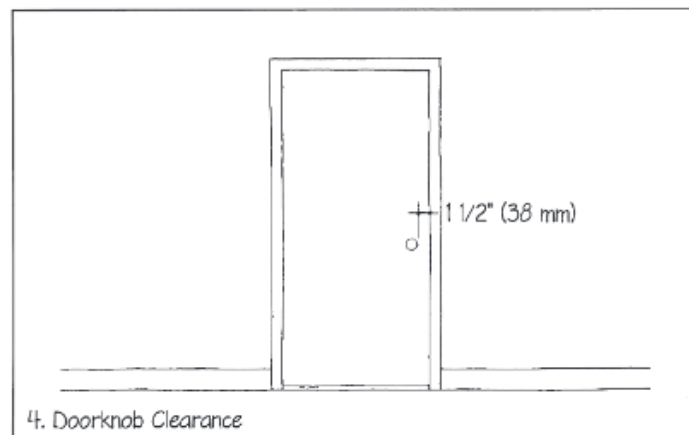
5. Kode bangunan menentukan persyaratan struktural untuk pelindung, pegangan tangan, dan palang pegangan untuk mencegahnya runtuh karena gaya yang diberikan orang padanya. Ini berarti bahwa rel, tiang, dan khususnya pemasangan tiang ke tepi lantai harus direkayasa dengan sangat hati-hati untuk menahan beban lateral yang besar. Mereka harus dirancang untuk menahan beban terpusat sebesar 200 pon (91 kg) yang mendorong atau menarik, secara horizontal atau vertikal, dan beban terdistribusi sebesar 50 pon per kaki persegi (2,39 kPa) (lihat Struktur Kecil, Bab 7).

9.3 KEAMANAN TEPI DAN PERMUKAAN BANGUNAN

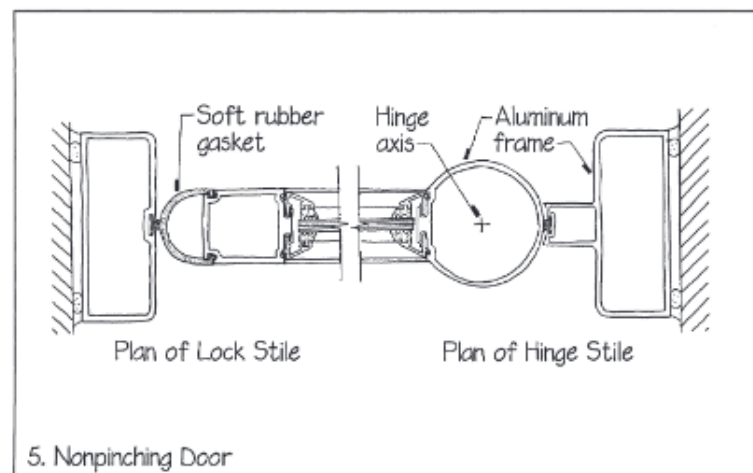
Meskipun umumnya tidak tercakup dalam kode bangunan, perhatian keselamatan yang penting bagi detailer adalah menyediakan tepi dan permukaan yang aman di mana pun orang bersentuhan dengan bangunan.

1. Hindari serpihan dari komponen interior kayu dengan menggunakan kayu berurat vertikal dan membuat talang atau membulatkan semua sudut.

2. Jangan letakkan permukaan kasar dari pasangan bata, plester, semen, atau beton di sepanjang tangga, lorong, dan area pintu masuk tempat orang cenderung menyentuhnya. Hindari tepi dan sudut yang tajam, terutama pada pegangan tangan, pelindung, dan perangkat keras pintu dan jendela.
3. Gunakan kolom beton bundar daripada yang persegi di koridor dan lobi.
4. Pastikan kenop pintu, kunci, dan pegangan ditempatkan cukup jauh dari rangka pintu sehingga buku jari tidak akan tergores secara tidak sengaja.



5. Pintu aluminium anti-jepit tersedia untuk digunakan di pintu masuk sekolah dan gedung komersial. Pintu ini dirancang sedemikian rupa sehingga tidak akan melukai tangan anak-anak. Engsel berbentuk silinder dan berengsel di garis tengah silinder sehingga tidak dapat menarik dan menjepit tangan atau jari. Engsel pengunci memiliki jarak yang cukup lebar antara pintu dan rangka yang ditutup dengan gasket karet besar dan lembut.



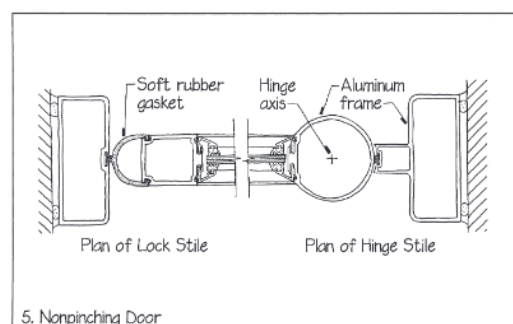
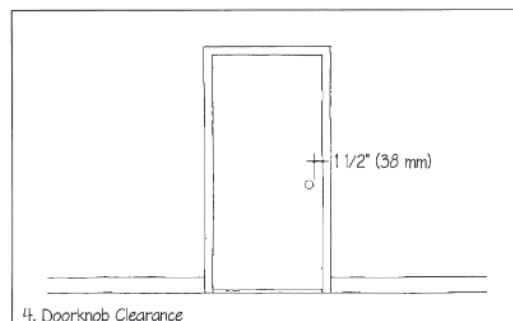
6. Tepi lembaran logam, pelapis eksterior, dan pelindung hujan harus dilipat ke belakang untuk membentuk keliman, atau dibuat sedemikian rupa sehingga tepi yang tajam tidak mengenai orang.

Tepi yang Aman

Meskipun umumnya tidak tercakup dalam kode bangunan, perhatian keselamatan yang penting bagi detailer adalah menyediakan tepi dan permukaan yang aman di mana pun

orang bersentuhan dengan bangunan.

1. Hindari serpihan dari komponen interior kayu dengan menggunakan kayu berurat vertikal dan membuat talang atau membulatkan semua sudut.
2. Jangan letakkan permukaan kasar dari pasangan bata, plester, semen, atau beton di sepanjang tangga, lorong, dan area pintu masuk tempat orang cenderung menyentuhnya. Hindari tepi dan sudut yang tajam, terutama pada pegangan tangan, pelindung, dan perangkat keras pintu dan jendela.
3. Gunakan kolom beton bundar daripada yang persegi di koridor dan lobi.
4. Pastikan kenop pintu, kunci, dan pegangan ditempatkan cukup jauh dari rangka pintu sehingga buku jari tidak akan tergores secara tidak sengaja.
5. Pintu aluminium anti-jepit tersedia untuk digunakan di pintu masuk sekolah dan gedung komersial. Pintu ini dirancang sedemikian rupa sehingga tidak akan melukai tangan anak-anak. Engsel berbentuk silinder dan berengsel di garis tengah silinder sehingga tidak dapat menarik dan menjepit tangan atau jari. Engsel pengunci memiliki jarak yang cukup lebar antara pintu dan rangka yang ditutup dengan gasket karet besar dan lembut.
6. Tepi lembaran logam, pelapis eksterior, dan pelindung hujan harus dilipat ke belakang untuk membentuk keliman, atau dibuat sedemikian rupa sehingga tepi yang tajam tidak mengenai orang.



Kaca yang Aman

Penggunaan kaca pada bangunan diatur dalam peraturan untuk mencegah beberapa jenis cedera akibat kaca.

1. Hindari penggunaan kaca dengan cara yang tidak terlihat. Banyak bangunan awal bergaya modern yang memiliki lembaran kaca yang membentang dari lantai hingga langit-langit dan sengaja dibuat sedemikian rupa agar hampir tidak terlihat. Orang cenderung menabrak dinding transparan ini, terkadang memecahkan kaca dan melukai diri mereka sendiri dengan parah, bahkan fatal, akibat paku kaca yang tajam. Penggunaan kaca pengaman saja tidak menyelesaikan masalah keamanan dengan kaca dari lantai hingga langit-langit. Orang dapat terluka hanya karena benturan saat menabrak lembaran kaca yang besar, tidak terlihat, dan tidak mudah pecah. Sebaiknya pasang kusen horizontal atau pegangan tangan di atas kaca untuk memperingatkan keberadaannya, atau gunakan kaca yang terukir atau tercetak agar lebih mudah terlihat.
2. Peraturan bangunan mengharuskan semua kaca di dalam atau di dekat pintu harus menggunakan kaca pengaman. Persyaratan yang sama berlaku untuk dinding kaca dan area kaca yang luas yang dekat dengan lantai. Kaca dalam jarak 60 in. (1524 mm) di

atas permukaan tangga, landasan, dan jalan landai yang berdekatan harus berupa kaca pengaman. Kaca dalam jarak 60 in. (1524 mm) dari tepi air di kolam renang, spa, atau bak mandi juga harus berupa kaca pengaman. Semua pintu kaca, pelindung, atau bagian depan balkon harus terbuat dari kaca pengaman.

3. Kaca pengaman terbuat dari kaca temper, kaca laminasi, kaca kawat, atau plastik tahan benturan. Periksa kode untuk menentukan produk mana yang diizinkan untuk lokasi tertentu di dalam gedung. Produk-produk ini jauh lebih kuat daripada kaca anil biasa dan lebih kecil kemungkinannya untuk pecah. Jika kaca temper pecah, ia akan hancur menjadi butiran-butiran kecil yang tumpul, bukan tombak besar yang tajam.
4. Kaca di atas kepala, seperti pada jendela atap atau dinding gorden yang miring lebih dari 15 derajat dari vertikal, dapat menyebabkan cedera jika pecah karena tertiuip angin atau benda jatuh dan menimpa orang di bawahnya. Persyaratan kode bangunan untuk kaca di jendela atap dan sistem kaca miring rumit, tetapi solusi yang paling umum sesuai kode adalah sederhana: Gunakan kaca laminasi di semua kaca di atas kepala. Jika pecah, kaca laminasi, dengan lapisan plastik lunaknya, cenderung saling menempel dan tetap berada di rangkanya. Dalam sistem kaca di atas kepala berlapis-lapis, hanya lapisan yang menghadap ke bagian dalam yang perlu berupa kaca laminasi. Jika kaca selain kaca laminasi digunakan di atas kepala, maka layar yang tidak mudah terbakar dengan kasa tidak lebih besar dari 1 × 1 in. (25 × 25 mm) harus dipasang dalam jarak 4 in. (102 mm) dari kaca. Layar ini dimaksudkan untuk melindungi orang di bawah dari pecahan kaca yang jatuh.
5. Kaca pengaman bergantung pada dukungan yang kuat dalam rangka. Pembelokan kaca yang berlebihan, atau gerakan lateral kaca secara bertahap pada rangkanya, dapat menyebabkan tepi kaca terlepas dari rangkanya. Detailer harus menyediakan dukungan untuk kaca di semua tepi dan membatasi pembelokan kaca hingga kurang dari 1/175 panjang tepi kaca, atau 3/4 in. (19 mm), mana yang lebih kecil. Lihat Sambungan dan Gasket Sealant (Bab 1) untuk detail pelapisan kaca yang umum.
6. Plastik yang dapat menghantarkan cahaya, seperti polikarbonat dan akrilik, tahan benturan, ringan, dan seringkali lebih murah daripada kaca. Sayangnya, plastik tersebut kurang tahan terhadap pembakaran dan dapat mengeluarkan gas beracun saat terbakar. Kode biasanya melarang penggunaannya di gedung pertemuan besar, gedung institusi, dan lorong keluar, kecuali jika bangunan tersebut memiliki sistem penyiram air lengkap. Lihat kode yang relevan untuk faktor perincian tambahan yang terkait dengan pelapisan kaca plastik.
7. Produk pelapisan kaca di pintu dan dinding tahan api sangat dibatasi oleh kode bangunan. Lihat Rakitan Tahan Api, di bagian akhir bab ini.

Bahan Tidak Beracun

Bangunan dapat membuat orang sakit kecuali jika dilakukan pemilihan dan perincian bahan yang cermat untuk menghindari efek racun.

1. Toksisitas bahan yang digunakan dalam konstruksi terus diawasi dan diatur secara ketat, dan merupakan perhatian penting dari setiap inisiatif desain berkelanjutan. Selama bertahun-tahun, undang-undang khusus dan peraturan industri sebagian besar telah menghilangkan hal-hal berikut dari konstruksi baru: cat timbal; asbes; bahan pengawet beracun seperti kreosot, pentaklorofenol, dan arsenat tembaga; emisi formaldehida dari busa isolasi dan produk panel kayu; dan pelarut hidrokarbon yang

menguap dari pelapis dan perekat. Produsen bahan konstruksi semakin banyak menggunakan Deklarasi Produk Lingkungan (EPD), yang disiapkan sesuai dengan Aturan Kategori Produk (PCR), untuk mengungkapkan secara kuantitatif dalam format standar dampak lingkungan yang terkait dengan setiap produk. Transparansi ini akan membuat proses pemilihan bahan menjadi lebih terinformasi. Tanggung jawab utama untuk menghindari zat beracun dalam konstruksi berada di tangan pemberi spesifikasi, tetapi pemberi detail juga harus berhati-hati untuk menghindari perancangan detail yang bergantung pada bahan beracun atau proses yang berbahaya. Misalnya, hindari penggunaan produk panel kayu, tekstil, dan perekat yang mengeluarkan gas formaldehida. Produk kayu lapis, papan untai berorientasi, dan papan partikel sering kali mengeluarkan formaldehida dalam aplikasi interior, terutama saat masih baru. Produk bebas formaldehida dapat ditentukan, atau produk ini dapat diproduksi dengan cara yang membungkus senyawa berbahaya sehingga tidak melebihi standar emisi formaldehida yang diizinkan. Beberapa cat, pengawet, pelarut, dan plastik juga mengeluarkan gas yang mengiritasi dan senyawa organik yang mudah menguap (VOC) yang dapat menyebabkan reaksi alergi pada banyak orang. Cari produk yang mengurangi emisi formaldehida dan VOC di gedung, atau gunakan pelapis alternatif, seperti pelapis bubuk pada logam, yang tidak menghasilkan emisi berbahaya.

2. Beberapa zat beracun, seperti spora jamur dan serbuk sari, merupakan kontaminan di udara yang dapat diatasi secara efektif menggunakan sistem penyaringan dan ventilasi bangunan. Suhu dan kelembapan interior juga dapat secara efektif mengendalikan organisme biologis. Anggap bagian dalam saluran udara sebagai ruang interior, meskipun saluran udara berada di loteng atau ruang sempit, karena penghuni menghirup apa pun yang melewatinya. Bagian dalam saluran udara harus diberi detail permukaan dan sambungan yang halus. Pemeliharaan bangunan rutin harus memantau saluran udara untuk memastikan saluran udara kering dan bebas dari kontaminan.
3. Elemen eksternal bangunan tertentu harus dijauhkan dari jendela yang terbuka dan dari area mana pun tempat orang mungkin berjalan atau berdiri. Ini termasuk menara pendingin, kisi-kisi pembuangan udara, dan ventilasi pipa. Menara pendingin dapat menampung beberapa jenis mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit Legionnaires dan penyakit pernapasan lainnya. Kisi-kisi pembuangan udara mengeluarkan udara basi dari suatu bangunan, beserta kelembapan, asap, bau, dan bakteri. Ventilasi pipa (ujung atas yang terbuka dari saluran pembuangan limbah dan pipa ventilasi vertikal) berbau sangat tidak sedap dan membawa organisme penyebab penyakit.
4. Kualitas udara dalam ruangan juga dapat terganggu oleh infiltrasi senyawa beracun dari sumber luar, seperti gas radon, knalpot mobil, dan bahan kimia pengendali hama dan rumput. Metabolisme normal penghuni gedung memengaruhi suhu dan kelembapan udara dalam ruangan. Penggunaan produk tembakau, larutan pembersih, dan produk perawatan pribadi oleh penghuni juga dapat memengaruhi kualitas udara dalam ruangan.
5. Pemantauan kualitas udara dalam ruangan lebih penting pada bangunan yang infiltrasi udaranya berkurang atau udara segar yang masuk ke sistem mekanisnya berkurang. Pada bangunan yang tertutup rapat, bahkan kadar gas buang yang rendah dapat terakumulasi hingga ke tingkat yang berbahaya. Arsitek dan pemilik gedung dapat

mengendalikan kualitas udara dalam ruangan dengan menghilangkan sumber racun, memisahkan penghuni dari mereka, dan memberikan ventilasi pada bagian dalam untuk membuang racun.

6. Material yang aman untuk bangunan yang sudah jadi mungkin tidak aman selama proses pembuatan, konstruksi, atau perbaikan. Mineral dan serat kaca yang beterbangan di udara dapat terbentuk dari pemasangan atau pemotongan beberapa material konstruksi dan dapat mengiritasi kulit, mata, dan selaput lendir pekerja. Proses penggalian, renovasi, dan pembongkaran dapat menyebabkan pekerja bersentuhan dengan banyak material berbahaya atau menghirup zat-zat yang tidak sehat di udara. Material yang berpotensi beracun harus diidentifikasi sebelum pekerjaan dimulai, dan tindakan pencegahan yang tepat harus diambil, termasuk ketentuan untuk keselamatan pekerja dan untuk penahanan dan pembuangan material berbahaya secara aman.

Material Tahan Api

Pilih material pelapis interior bangunan untuk meminimalkan bahaya kebakaran.

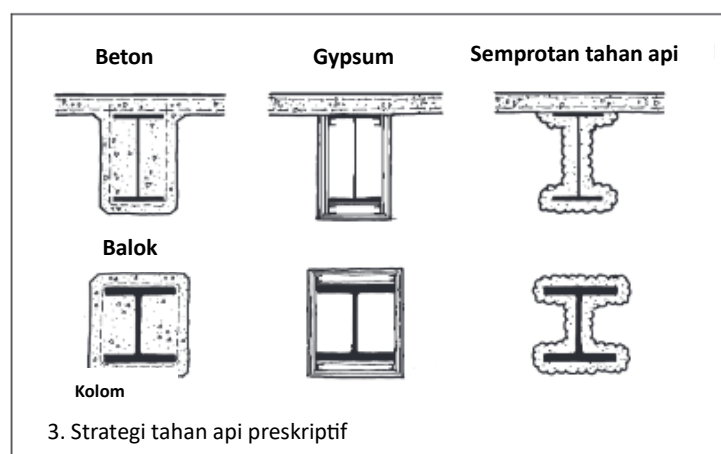
1. Keamanan kebakaran adalah dasar yang menjadi dasar kode bangunan mengatur material pelapis yang boleh digunakan di dalam bangunan. Beberapa faktor dipertimbangkan. Indeks Penyebaran Api menunjukkan seberapa cepat api akan menyebar di permukaan material tertentu. Indeks Asap yang Terbentuk menunjukkan seberapa banyak asap yang akan dikeluarkan material yang terbakar. Dan Indeks Kontribusi Bahan Bakar menunjukkan seberapa banyak bahan bakar yang akan disumbangkan material tersebut pada kobaran api. Faktor-faktor ini diukur melalui uji laboratorium dan dinyatakan dengan jelas untuk setiap material. Detailer harus memahami cara kode bangunan menerapkan peringkat ini pada material pelapis interior. Material yang paling aman adalah Indeks Penyebaran Api Kelas A dan mencakup material anorganik seperti beton, pasangan bata, logam, dan produk gipsum. Material Kelas B mencakup beberapa plastik, seperti laminasi vinil dan penutup dinding. Material Kelas C mencakup sebagian besar produk kayu dan beberapa plastik. Untuk ketiga kelas tersebut, Indeks Asap yang Terbentuk tidak boleh melebihi batas tertentu.
2. Umumnya, semakin tinggi dan besar sebuah bangunan, semakin sedikit jumlah bahan mudah terbakar yang boleh digunakan dalam konstruksinya. Sebuah hunian keluarga tunggal boleh jadi seluruhnya terbuat dari bahan yang mudah terbakar, tetapi pada bangunan yang sangat tinggi atau sangat besar, anggota strukturalnya harus tidak mudah terbakar, dan bahan pelapis yang mudah terbakar hanya diizinkan dalam jumlah terbatas.
3. Di dalam bangunan untuk penggunaan atau hunian apa pun, peringkat api tertinggi diperlukan pada pintu keluar dan lorong vertikal, diikuti oleh pintu keluar horizontal, diikuti oleh kamar dan ruang tertutup. Bangunan tanpa sprinkler pencegah kebakaran umumnya diharuskan memiliki peringkat api yang lebih tinggi daripada bangunan yang dilengkapi sprinkler sepenuhnya.
4. Beberapa peraturan bangunan juga mengatur kepadatan dan toksisitas produk pembakaran yang dapat dilepaskan oleh suatu bahan. Banyak bahan bangunan menghasilkan gas yang sangat beracun saat terbakar. Di antara bahan-bahan ini adalah kayu, aspal, beberapa karpet dan kain sintesis, dan banyak bahan karet dan plastik.

Insulasi plastik busa di dalam bangunan harus dilapisi dengan lapisan tahan api, seperti plester atau papan dinding gipsium. Karpet, gordena, dan pelapis harus dipilih untuk menghindari bahan yang sangat mudah terbakar dan produk pembakaran yang beracun.

Perakitan Tahan Api

Kode bangunan preskriptif menetapkan pilihan perancang untuk sistem struktural dan komponen bangunan sesuai dengan hunian, tinggi, dan luas lantai bangunan yang sedang dirancang. Kode bangunan mengutamakan kesehatan dan keselamatan publik, dan khususnya keselamatan kebakaran. Prioritas ini memengaruhi desain bangunan di semua skala, termasuk detail.

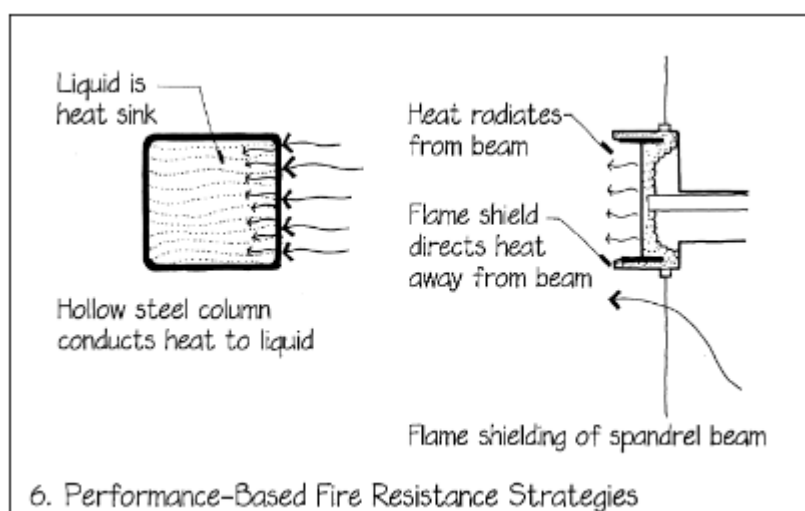
1. Kode bangunan seperti International Building Code (IBC) berpusat pada dua tabel komprehensif: Satu menetapkan batasan tinggi dan luas untuk bangunan dengan penggunaan berbeda, sesuai dengan jenis konstruksi yang digunakan. Yang lain mendefinisikan setiap jenis konstruksi dalam hal peringkat ketahanan api yang diperlukan untuk setiap komponen utamanya (rangka struktural, dinding penahan beban, dinding dan partisi tanpa penahan beban, konstruksi lantai, dan konstruksi atap). Dengan menggunakan kedua tabel ini, perancang dapat dengan cepat menetapkan kisaran bahan dan sistem konstruksi yang dapat digunakan untuk membangun bangunan.
2. Tabel tambahan dalam setiap kode bangunan memberikan peringkat ketahanan api yang diperlukan untuk penghalang api, dinding tahan api, dan pintu tahan api.



3. Peringkat ketahanan api pasif untuk komponen atau rakitan bangunan seperti elemen struktural, dinding, lantai, atap, dan pintu ditentukan melalui prosedur pengujian standar yang dilakukan oleh laboratorium yang tidak memihak. Peringkat ini diukur dalam jam, yang umumnya menunjukkan daya tahannya dalam kebakaran bangunan. Peringkat ditabulasikan baik dalam publikasi laboratorium tersebut maupun dalam literatur yang tersedia dari asosiasi perdagangan terkait dan produsen individu. Perinci harus mengumpulkan dan memperbarui daftar situs web yang ditandai dan koleksi publikasi cetak untuk digunakan dalam memilih komponen bangunan tahan api yang tepat. Awal yang baik untuk koleksi ini adalah dengan memperoleh Direktori Desain Tahan Api Underwriters Laboratories dan Manual Desain Tahan Api Gypsum

Association. Lihat Lampiran A, Rak Referensi Perinci dalam buku ini untuk sumber publikasi ini.

4. Penetrasi pada rakitan tahan api, seperti lantai, dinding tahan api, dan dinding pemisah tahan api, harus disegel atau dilindungi dengan cara lain yang disetujui kode terhadap masuknya api, asap, dan gas panas. Lubang kecil pada lantai, seperti penetrasi pipa dan saluran, biasanya ditutup dengan sistem penyegel tahan api yang dipasarkan oleh sejumlah produsen. Celah antara pelapis eksterior dan tepi lantai disegel dengan pengaman, yang biasanya terdiri dari serat mineral suhu tinggi yang disangga oleh kait atau klip logam sederhana. Pintu dan kusen pintu di dinding tahan api dan dinding pemisah tahan api harus memiliki peringkat ketahanan api, sebagaimana ditentukan oleh kode bangunan yang relevan. Kode bangunan membatasi area kaca di pintu tahan api dan di dinding tahan api (lihat Kaca Aman, sebelumnya dalam bab ini). Pipa-pipa tersebut harus terbuat dari kaca kawat, yang tetap menyatu bahkan setelah pecah karena api, atau kaca keramik bening tahan api, yang biasanya lebih tebal dan lebih mahal. Pada titik di mana saluran melewati dinding tahan api, pipa tersebut harus dilengkapi dengan peredam api logam, yaitu penutup yang menutup secara otomatis melalui sambungan yang dapat menyatu jika suhu di dalam saluran naik di atas tingkat yang ditetapkan. Saluran vertikal dan poros yang melewati lantai harus ditutup oleh dinding dengan ketahanan api tertentu.
5. Peraturan bangunan mengakui bahwa keselamatan dapat ditingkatkan dengan melengkapi rakitan tahan api pasif dengan metode pencegahan kebakaran aktif, seperti sistem penyiram otomatis penuh dan sistem pengendalian asap. Daripada membungkus elemen yang rentan dalam lapisan yang tidak mudah terbakar, metode aktif biasanya menggunakan air atau gas inert pemadam api untuk memadamkan api. Metode ini efektif tetapi rentan terhadap gangguan air bertekanan di seluruh jaringan pipa yang luas. Banyak desainer menggunakan kombinasi strategi tahan api pasif dan aktif untuk memberikan perlindungan maksimal. Karena sulit bagi petugas pemadam kebakaran untuk mencapai lantai atas bangunan, peraturan mengharuskan semua bangunan baru yang tingginya lebih dari 55 kaki (16,76 m) di atas permukaan tanah untuk dilengkapi dengan alat penyiram otomatis. Peraturan bangunan mengizinkan bangunan yang sepenuhnya dilengkapi alat penyiram dengan penggunaan dan jenis konstruksi tertentu untuk menambah tinggi dan luasnya. Panjang koridor keluar maksimum dan banyak fitur lainnya juga terpengaruh pada bangunan yang dilengkapi alat penyiram. Di awal proses desain, arsitek harus menentukan apakah bangunan akan dilengkapi alat penyiram sehingga keputusan desain dan perincian bangunan didasarkan pada asumsi yang jelas. Sistem alat penyiram biasanya memerlukan jaringan katup atas yang teratur yang harus dikoordinasikan dengan pencahayaan, sensor, dan jaringan lain di zona atas.
6. Peraturan bangunan membahas sebagian besar situasi umum dengan menetapkan kondisi minimum yang dapat diterima. Namun, pada bangunan yang unik dan kompleks, sering kali diperlukan solusi alternatif untuk mencapai maksud dari peraturan tersebut. Oleh karena itu, kode berisi ketentuan yang memperbolehkan penggunaan desain dan produk yang berbeda dari ketentuan kode tertentu, tetapi dapat dibuktikan memenuhi maksud kode tersebut.



Bahan, desain, atau metode konstruksi alternatif harus disetujui apabila pejabat bangunan menemukan bahwa desain yang diusulkan memuaskan dan mematuhi maksud ketentuan kode ini, dan bahwa bahan, metode, atau pekerjaan yang ditawarkan, untuk tujuan yang dimaksudkan, setidaknya setara dengan yang ditentukan dalam kode ini dalam hal kualitas, kekuatan, efektivitas, ketahanan api, daya tahan, dan keamanan. (IBC 2012, 104.11) Oleh karena itu, strategi alternatif untuk mencapai ketahanan api dapat digunakan, asalkan disetujui terlebih dahulu oleh pejabat terkait.

Strategi tahan api yang terbukti, seperti rangka baja berisi cairan dan pelindung api yang mengarahkan panas menjauh dari rangka baja yang rentan, tidak termasuk dalam kode bangunan preskriptif normal; namun, strategi tersebut dapat diizinkan melalui proses kode kinerja. Arsitek mungkin perlu menggunakan perangkat lunak komputer analitis yang canggih, pengujian skala penuh, atau cara lain untuk menunjukkan manfaat dari usulan alternatif. Melakukan hal itu memerlukan waktu dan dana, tetapi dapat menghasilkan kinerja bangunan dan keselamatan penghuni yang lebih baik, dan dapat memperkenalkan material atau rakitan baru ke dalam rangkaian solusi yang diketahui.

Desain Bebas Hambatan

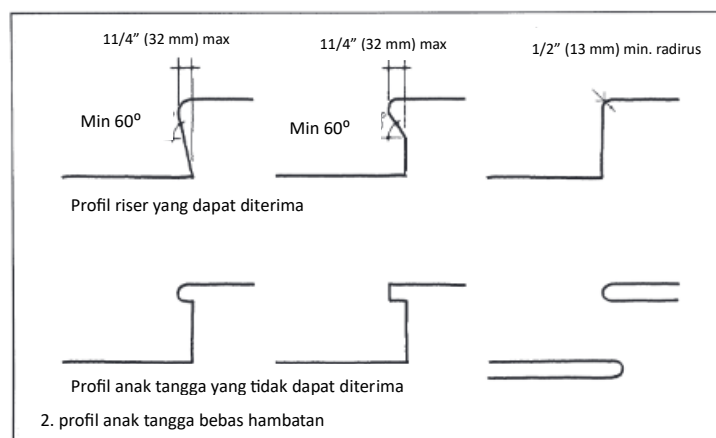
Bangunan yang terbuka untuk umum harus direncanakan dan dirinci dengan cara-cara tertentu yang membuatnya dapat diakses oleh semua anggota masyarakat, termasuk mereka yang menggunakan kursi roda atau kruk; orang lanjut usia, tuna netra, atau tuna rungu; dan mereka yang sakit atau tidak mampu. Hampir setiap orang mengalami disabilitas di beberapa titik dalam hidup. Jika memungkinkan, bangunan harus dirancang agar dapat diakses secara universal.

Dalam proyek perumahan multikeluarga, sebagian kecil unit hunian harus sesuai dengan standar bebas hambatan sehingga dapat ditempati oleh penyandang disabilitas. Persyaratan hukum untuk desain bangunan bebas hambatan dirinci dalam Americans with Disabilities Act, atau ADA; dalam berbagai kode bangunan dan undang-undang negara bagian; dan dalam American National Standards Institute (ANSI) ICC A117.1, Bangunan dan Fasilitas yang Dapat Diakses dan Digunakan.

Standar Grafis Arsitektur juga memberikan informasi lengkap tentang desain bebas hambatan. Di wilayah hukum tertentu, kode bangunan mungkin tidak mencakup semua ketentuan ANSI ICC A117.1 atau Pedoman Aksesibilitas ADA. Oleh karena itu, desainer dan

detailer tidak boleh hanya mengandalkan kode bangunan untuk menentukan kepatuhan terhadap semua persyaratan aksesibilitas. Pola detail ini hanya dapat mencantumkan beberapa cara di mana ketentuan dokumen ini memengaruhi perincian bangunan.

1. Hasil yang paling menonjol dari peraturan bebas hambatan adalah harus ada rute yang dapat diakses ke dalam dan melalui bangunan. Di luar ruangan, ini dapat melibatkan tempat parkir yang dapat diakses di dekatnya, jalur landai tepi jalan, dan jenis permukaan tanah yang ditentukan. Pintu dan pintu masuk yang dapat diakses dipastikan oleh peraturan yang berkaitan dengan rambu, lebar yang jelas, jenis permukaan lantai, jarak bebas manuver kursi roda, ukuran dan konfigurasi ruang depan, perangkat keras pintu, penutup pintu, gaya bukaan pintu, dan pintu otomatis. Ramp atau lift mungkin diperlukan untuk mencapai semua lantai bangunan umum. Dimensi dan kemiringan ramp, penyediaan landasan, dan detail pegangan tangan ramp semuanya ditentukan dengan cermat, seperti halnya dimensi dan kontrol lift.
2. Tangga harus dibuat profilnya sehingga orang yang menggunakan kruk dapat menaikinya dengan mudah. Hal ini mencegah adanya tonjolan yang tiba-tiba yang dapat menjepit jari kaki orang yang menggunakan kruk saat ia meluncur menaiki anak tangga. Tangga dengan anak tangga terbuka juga dilarang. Sebagai gantinya, anak tangga dengan profil yang halus diperlukan.



3. Peraturan aksesibilitas menyediakan dimensi dan detail minimum untuk manuver kursi roda di pintu bagian dalam, ruang depan, koridor, dan kamar toilet. Diperlukan jumlah tertentu dari kompartemen toilet dan toilet yang dapat diakses kursi roda. Batang pegangan diperlukan di kompartemen toilet untuk memungkinkan penghuni penyandang cacat untuk naik dan turun dari toilet, dan dimensi kompartemen yang besar diperlukan untuk memungkinkan akses kursi roda. Sebagian dari baskom toilet harus dirancang untuk memungkinkan kursi roda bergerak di bawahnya; benda panas atau tajam di bawah toilet harus diisolasi atau dilindungi untuk mencegah kontak. Perlengkapan toilet harus berjenis yang dapat dioperasikan oleh penyandang disabilitas tangan dan lengan. Pancuran dan bak mandi memerlukan pegangan dan dimensi akses untuk kursi roda. Konter penerimaan dan penjualan harus dirancang dengan bagian bawah agar dapat digunakan oleh penyandang disabilitas kursi roda.
4. Air mancur minum harus berjenis tertentu yang memungkinkan pengguna kursi roda mengakses aliran air, dan katupnya harus dapat dioperasikan oleh penyandang

disabilitas tangan dan lengan. Telepon umum harus memenuhi persyaratan aksesibilitas.

5. Unit hunian yang dirancang untuk ditempati penyandang disabilitas pada umumnya harus memiliki akses mudah dari permukaan tanah, pintu masuk lebar dan ruang depan yang luas, fasilitas toilet dan kamar mandi yang mudah diakses, serta lemari dapur, peralatan, dan fasilitas penyimpanan yang dirancang agar dapat diakses oleh pengguna kursi roda.
6. Kode bangunan menentukan jumlah minimum dan lokasi ruang kursi roda yang tersebar di aula pertemuan, seperti arena atletik, auditorium, aula konser, gedung opera, dan teater. Persyaratan aksesibilitas dan ruang dijabarkan dengan sangat rinci.
7. Untuk membantu penyandang disabilitas visual, bahan permukaan dan warna fitur bangunan penting dapat dibedakan dari lingkungan sekitarnya, menggunakan kontras. Hal ini terutama penting untuk menghindari bahaya, seperti di ujung tangga, persimpangan kendaraan, peron transit, atau tepi kolam renang.

Desain Universal

Desain bangunan harus menyadari bahwa setiap orang memiliki ukuran tubuh, kemampuan, preferensi, dan keterampilan komunikasi yang sangat beragam. Setiap orang pada suatu saat akan menjadi muda, tua, sakit, cedera, atau memiliki tantangan lainnya. Desain bangunan, produk, dan detail harus seinklusif mungkin dengan kata lain, mudah dipahami dan digunakan oleh sebanyak mungkin orang.

Desain universal menganjurkan solusi yang baik untuk semua orang, bukan solusi desain khusus untuk sebagian orang yang terpisah atau berbeda dari solusi untuk orang lain. Tabel di samping menguraikan tujuh prinsip utama desain universal dan memberikan deskripsi singkat serta panduan desain untuk masing-masing prinsip. Prinsip-prinsip ini melampaui desain bebas hambatan dan peraturan seperti Americans with Disabilities Act. Prinsip-prinsip ini dapat digunakan untuk mengevaluasi desain yang ada dan untuk memandu proses desain produk dan lingkungan binaan yang dapat digunakan secara luas.

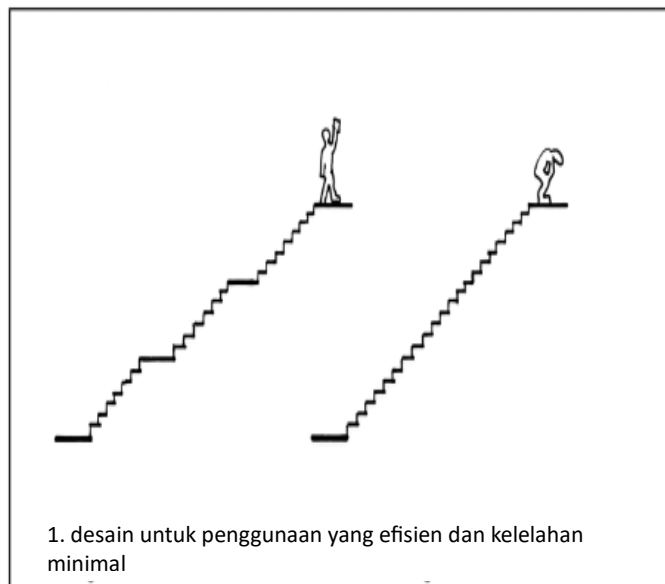
Tabel 9.1 Prinsip Desain Universal

Prinsip	Pedoman: Elemen-Elemen Kunci Yang Harus Ada Dalam Sebuah Desain Yang Mematuhi Prinsip
1. Pemanfaatan yang Adil Desainnya bermanfaat bagi orang-orang dengan kemampuan yang beragam.	a. Menyediakan sarana penggunaan yang sama untuk semua pengguna: identik jika memungkinkan, setara jika tidak. b. Menghindari pemisahan atau stigmatisasi terhadap pengguna mana pun. c. Menyediakan privasi, keamanan, dan keselamatan yang sama bagi semua pengguna. d. Membuat desain menarik bagi semua pengguna.
2. Fleksibilitas dalam Penggunaan Desainnya mengakomodasi berbagai	a. Menyediakan pilihan dalam metode

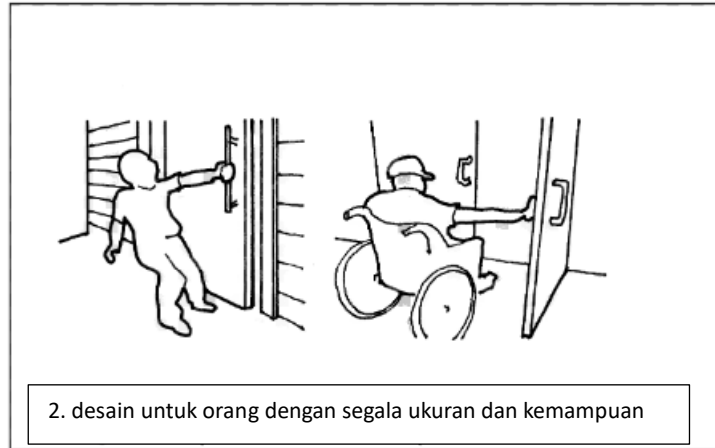
preferensi dan kemampuan individu.	<p>penggunaan.</p> <p>b. Mengakomodasi akses dan penggunaan pengguna tangan kanan atau tangan kiri.</p> <p>c. Memfasilitasi keakuratan dan ketepatan pengguna.</p> <p>d. Menyediakan kemampuan beradaptasi dengan kecepatan pengguna.</p>
3. Penggunaan yang Sederhana dan Intuitif Penggunaan desainnya mudah dipahami, terlepas dari pengalaman, pengetahuan, keterampilan bahasa, atau tingkat konsentrasi pengguna saat ini.	<p>a. Menghilangkan kerumitan yang tidak perlu.</p> <p>b. Konsisten dengan harapan dan intuisi pengguna.</p> <p>c. Mengakomodasi berbagai keterampilan literasi dan bahasa.</p> <p>d. Menyusun informasi sesuai dengan tingkat kepentingannya.</p> <p>e. Memberikan dorongan dan umpan balik yang efektif selama dan setelah penyelesaian tugas.</p>
4. Informasi yang Dapat Dirasakan Desain ini mengomunikasikan informasi yang diperlukan secara efektif kepada pengguna, terlepas dari kondisi sekitar atau kemampuan sensorik pengguna.	<p>a. Gunakan berbagai cara (bergambar, lisan, taktil) untuk penyajian informasi penting yang berulang-ulang.</p> <p>b. Berikan kontras yang memadai antara informasi penting dan lingkungan sekitarnya.</p> <p>c. Maksimalkan “keterbacaan” informasi penting.</p> <p>d. Berikan instruksi atau arahan yang jelas.</p> <p>e. Berikan kompatibilitas dengan berbagai teknik atau perangkat yang digunakan oleh orang-orang dengan keterbatasan sensorik.</p>
5. Toleransi terhadap Kesalahan Desain meminimalkan bahaya dan konsekuensi buruk dari tindakan yang tidak disengaja atau tidak diinginkan.	<p>a. Atur elemen-elemen untuk meminimalkan bahaya dan kesalahan: Jadikan elemen yang paling sering digunakan sebagai elemen yang paling mudah diakses; elemen-elemen yang berbahaya harus dihilangkan, diisolasi, atau dilindungi.</p> <p>b. Berikan peringatan akan bahaya.</p> <p>c. Berikan fitur-fitur anti-gagal.</p> <p>d. Dorong perhatian dalam tugas-tugas yang memerlukan kewaspadaan.</p>
6. Tenaga Fisik Rendah Desainnya dapat digunakan secara efisien	a. Memungkinkan pengguna

<p>dan nyaman, dengan kelelahan yang minimal.</p>	<p>mempertahankan posisi tubuh yang netral. b. Menggunakan tenaga pengoperasian yang wajar. c. Meminimalkan tindakan yang berulang-ulang. d. Meminimalkan upaya fisik yang berkelanjutan.</p>
<p>7. Ukuran dan Ruang untuk Pendekatan dan Penggunaan Sediakan ukuran dan ruang yang sesuai untuk pendekatan, jangkauan, manipulasi, dan penggunaan, terlepas dari ukuran tubuh, postur, atau mobilitas pengguna.</p>	<p>a. Memberikan garis pandang yang jelas ke elemen-elemen penting bagi pengguna yang duduk atau berdiri. b. Membuat jangkauan ke komponen-komponen penting menjadi nyaman bagi pengguna yang duduk atau berdiri. c. Mengakomodasi variasi ukuran tangan dan pegangan. d. Memberikan ruang yang cukup untuk penggunaan alat bantu atau asisten pribadi.</p>

1. Landasan di sepanjang jalan landai dan tangga menyediakan ruang untuk beristirahat saat orang berpindah dari satu lantai ke lantai lain di sebuah gedung. Kesempatan untuk berhenti dan beristirahat sangat penting bagi orang yang membawa beban berat atau yang tidak mampu menahan tenaga dalam waktu lama akibat kondisi fisik atau penyakit.



2. Pintu ayun dan geser dapat menjadi potensi bahaya jika terlalu banyak tenaga yang dibutuhkan untuk membukanya atau mencegahnya menutup. Jika terjadi kebakaran, sangat penting bagi orang-orang dengan segala ukuran dan kemampuan untuk dapat membuka pintu. Penting juga bagi setiap orang untuk mampu menghentikan pintu agar tidak menutup terlalu cepat dan menyebabkan cedera.

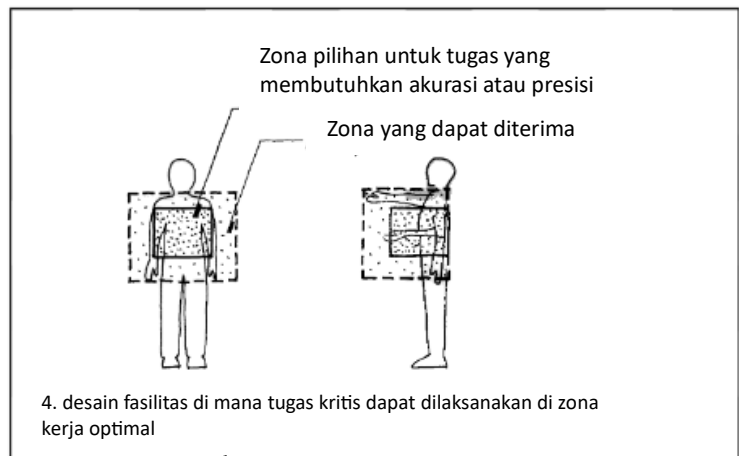


3. Pintu, peralatan, dan perlengkapan pipa harus menggunakan perangkat keras yang dirancang agar dapat dioperasikan oleh semua orang, baik mereka mampu memegang benda dengan kuat atau tidak. Tuas harus dipilih sebagai pengganti kenop jika memungkinkan sehingga gerakan sederhana dapat menggerakkan perangkat keras, sehingga mengaktifkan mekanisme dengan lebih mudah.



4. Semua orang, terlepas dari perawakan atau kemampuannya, memiliki jangkauan yang optimal untuk melakukan berbagai tugas. Menurut

Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, zona yang paling dekat dengan tubuh adalah zona kerja yang disukai, dengan kinerja optimal sering kali berkurang jika jangkauannya lebih jauh. Penting juga untuk mempertimbangkan bahwa tugas yang berbeda dapat terjadi pada jarak yang berbeda dari tubuh. Misalnya, keterampilan motorik halus dan akurasi harus terjadi di dekat tubuh dan mata untuk kontrol yang optimal, sementara gerakan yang lebih besar yang mungkin memerlukan lebih banyak daya angkat atau yang berbahaya harus terjadi sedikit lebih jauh dari tubuh, tetapi cukup dekat untuk mempertahankan kontrol.



BAB 10

MEMPERSIAPKAN BANGUNAN AGAR TAHAN LAMA

Ketika Kita Merancang dan membangun sebuah bangunan, kita berharap bangunan itu akan bertahan sangat lama. Sebagian besar bangunan memang demikian. Namun, seiring berjalannya waktu, setiap bangunan berubah. Permukaannya aus, lapuk, dan berdebu. Permukaannya mengalami perubahan kimia seperti memudar dan terkorosi. Komponen bangunan rusak dan harus diganti. Bangunan itu direnovasi atau dipugar dari waktu ke waktu. Sering kali bangunan yang indah menjadi kurang indah seiring dengan perubahan ini. Bangunan lain mungkin menjadi lebih indah dan memiliki karakter tambahan seiring dengan perubahan.

Beberapa bangunan hanya bertahan dalam waktu singkat; yang lain bertahan selama berabad-abad. Ada banyak alasan untuk perbedaan ini. Sebagian besar berkaitan dengan bahan dan detail. Banyak pola detail di seluruh buku ini memiliki efek mendalam pada kecepatan penuaan bangunan tertentu, tetapi ada tiga kategori pola detail yang secara khusus berkaitan dengan pengelolaan siklus hidup bangunan. Masing-masing pola detail ini akan dicantumkan di bawah ini dan dijelaskan lebih lengkap nanti dalam bab ini. Kategori pertama berisi pola tentang merancang bangunan dengan perspektif terhadap seluruh masa pakainya:

- Siklus Hidup
- Umur yang Diharapkan
- Permukaan yang Menua dengan Anggun
- Menyediakan Penuaan Bangunan

Kategori kedua terkait dengan kebutuhan untuk memelihara bangunan:

- Permukaan yang Dapat Diperbaiki Permukaan yang Dapat Dibersihkan Akses Pemeliharaan
- Kategori ketiga mencakup enam pola yang berkaitan dengan kerusakan bangunan:
- Kayu Kering
- Logam yang Dilindungi dan Serupa Material yang Kurang Menyerap. Perakitan yang Kuat
- Pelindung Bangunan
- Perlindungan terhadap Peristiwa Ekstrem

10.1 SIKLUS HIDUP

Arsitek tentu saja berfokus terutama pada kondisi awal bangunan. Kita juga harus mempertimbangkan dampaknya terhadap kondisi "hulu" dan "hilir" bangunan itu sendiri. Bahan bangunan berasal dari suatu tempat, digunakan dalam bangunan, dan kemudian dipindahkan ke tempat lain. Dampak jangka panjang dan jauh bangunan terhadap lingkungan harus dipertimbangkan jika kemajuan dalam desain dan konstruksi bangunan ingin berkelanjutan.

1. Konstruksi pada dasarnya mengubah bahan alam mentah menjadi elemen bangunan yang berguna, yang masing-masing memiliki siklus hidupnya sendiri. Pada tingkat yang berbeda-beda, bahan-bahan ini kedaluwarsa secara fisik, atau menjadi usang secara fungsional saat produk yang lebih baik tersedia.

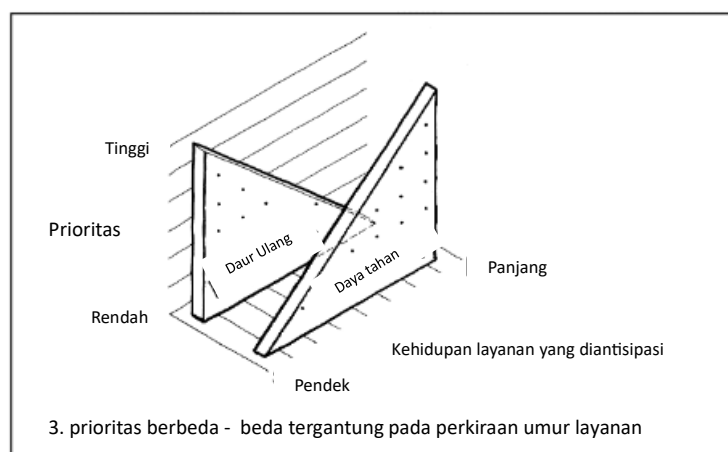
2. Pemilik dan badan pengatur mungkin mengharuskan tujuan dampak lingkungan tertentu dipenuhi agar proyek dapat dibangun. Penilaian Siklus Hidup (LCA) membahas pengaruh kualitatif, dan analisis Biaya Siklus Hidup (LCC) membahas implikasi ekonomi. Tidak ada satu aspek pun dari LCA yang mendominasi semua aspek lainnya, tetapi proyek tertentu dapat mengutamakan satu aspek di atas aspek lainnya. Perincian harus melihat secara kreatif berbagai pilihan untuk menemukan strategi yang paling tepat untuk proyek tertentu. Banyak alat pemodelan LCA dan LCC digital yang tersedia untuk memeriksa pilihan dan mendokumentasikan hasil. Referensi teknis dan sistem penilaian juga tersedia untuk membantu dalam proses ini.

SIKLUS HIDUP BAHAN BANGUNAN

(dengan dampak lingkungan terkait pada setiap tahap)

1. Sumber bahan; Dampak: Ekstraksi bahan terbarukan atau tak terbarukan dari alam, bahan yang didaur ulang dari penggunaan sebelumnya, atau beberapa kombinasi
2. Pengangkutan bahan ke lokasi; Dampak: Sarana, jarak, dan jenis bahan bakar
3. Proses industri: penyempurnaan bahan mentah, fabrikasi produk jadi; Dampak: Jenis dan jumlah energi yang dikonsumsi, produksi produk sampingan
4. Proses konstruksi dan pemeliharaan atau perbaikan selama masa pakai; Dampak: Jenis dan jumlah energi yang dikonsumsi, produksi produk sampingan
5. Pengoperasian bangunan; Dampak: Jenis dan jumlah energi yang dikonsumsi untuk penerangan, pemanasan, dan pendinginan; pengaruh bahan terhadap kualitas udara dalam ruangan; dampak terhadap kualitas udara dan air luar ruangan, dll.
6. Dekonstruksi atau pembongkaran; Dampak: Jenis dan jumlah energi yang dikonsumsi, produksi produk sampingan
7. Penggunaan kembali komponen yang dapat digunakan dan daur ulang bahan yang dapat diselamatkan; Dampak: Jenis dan jumlah energi yang dikonsumsi, produksi produk sampingan
8. Pembuangan limbah; Dampak: Dampak terhadap kualitas udara dan air, sarana transportasi, jarak dan jenis bahan bakar

3. Prioritas untuk beberapa elemen bangunan mungkin berbeda dari yang lain karena perbedaan dalam masa pakainya. Misalnya, penggunaan bahan yang dapat didaur ulang merupakan prioritas yang lebih tinggi untuk karpet dan membran atap yang harus diganti secara berkala selama masa pakai bangunan. Daya tahan merupakan prioritas tertinggi saat merancang fondasi dan sistem struktur utama sebuah bangunan. Daur ulang menjadi perhatian utama saat masa pakai elemen tersebut pendek, dan kurang penting saat masa pakainya sangat panjang.



4. Sumber daya terbarukan seperti kayu harus digunakan pada tingkat yang lebih rendah daripada tingkat pengisian ulang oleh alam.
5. Sumber daya yang tidak terbarukan harus digunakan secara efisien dan tahan lama, dan harus digunakan kembali atau didaur ulang di akhir masa pakainya.
6. Banyak produsen menawarkan informasi tentang asal produk mereka, sehingga memudahkan desainer untuk memilih produk yang berdampak rendah. Label pada bahan dan sertifikat keaslian mendokumentasikan klaim tersebut. Meningkatnya penggunaan Deklarasi Produk Lingkungan (EPD) internasional yang didasarkan pada Aturan Kategori Produk (PCR) yang diterima memberikan indikasi faktual yang kuat kepada desainer tentang dampak awal suatu material terhadap lingkungan. Aksesibilitas terhadap data lingkungan yang objektif mengenai material dan proses memberdayakan para detailer untuk membuat keputusan yang tepat.
7. Energi terwujud adalah energi yang dibutuhkan untuk mengekstraksi, memurnikan, memproses, mengangkut, memasang, dan menggunakan kembali atau membuang suatu material. Sangat sulit untuk mengukurnya, tetapi umumnya material yang (1) membutuhkan banyak energi untuk mengekstraksi atau memproduksi, (2) diangkut dalam jarak yang jauh, atau (3) membutuhkan perawatan yang lebih besar saat digunakan akan memiliki energi terwujud tertinggi. Material yang berasal dari lokal yang tidak membutuhkan banyak energi dalam proses pembuatannya kemungkinan akan memiliki energi terwujud terendah. Energi terwujud hanya merupakan sekitar 2 persen dari seluruh energi yang dikonsumsi selama masa pakai bangunan, sebagian kecil dibandingkan dengan energi yang digunakan untuk mengoperasikan bangunan. Meskipun demikian, hal ini merupakan komponen penting dari analisis LCA dan LCC, karena penggunaan energi sering kali berkorelasi dengan emisi karbon dioksida dan polutan yang berbahaya, dan tentu saja dengan biaya.

Perkiraan Umur

Berapa lama material atau detail harus bertahan? Daya tahan material atau detail bangunan tertentu harus proporsional dengan perkiraan umur manfaatnya.

1. Umur manfaat material atau rakitan ditentukan oleh seberapa kuat sifat fisik intrinsiknya menahan kerusakan yang disebabkan oleh kondisi lingkungannya, pola penggunaan, pengerjaan pada saat pemasangan, dan perawatan saat digunakan. Rentang umur juga dipengaruhi oleh faktor nonfisik seperti kekuatan ekonomi, estetika, dan keusangan fungsional, tetapi hal-hal tersebut berada di luar cakupan buku ini.
2. Keputusan mengenai material dan detail didasarkan pada premis tentang perkiraan umur bangunan. Kita harus selalu membangun dengan baik, tetapi material dan detail yang sesuai untuk bangunan yang dimaksudkan untuk digunakan selama beberapa tahun mungkin berbeda dari yang sesuai untuk bangunan yang dimaksudkan untuk digunakan selama 100 tahun atau lebih. Misalnya, flashing baja tahan karat kurang sesuai untuk bangunan pameran yang akan digunakan selama bertahun-tahun dibandingkan untuk bangunan gedung DPR negara bagian yang memiliki harapan umur tak terbatas. Sebaliknya, tidak tepat untuk dinding gedung negara yang dilapisi batu

menggunakan flashing PVC, yang hanya memiliki masa pakai sekitar 10 tahun. Kegagalan dini bahan bangunan dapat mengakibatkan kerusakan pada bahan yang berdekatan dan akan memerlukan perbaikan yang mahal dan mengganggu. Kegagalan dini sangat disesalkan terutama ketika rakitan yang seharusnya tahan lama rusak karena satu mata rantai yang lemah. Idealnya, detailer harus mengantisipasi gaya yang bekerja pada rakitan dan merancang detail sehingga komponennya habis secara seragam atau dalam segmen yang dapat dikelola. Memprediksi masa pakai detail atau rakitan sulit karena sering kali tidak ada pengetahuan yang cukup tentang kinerja aktual bahan dan detail tertentu. Oleh karena itu, detailer dan pemilik harus menetapkan kriteria ketahanan untuk bahan dan detail berdasarkan pengalaman masa lalu. Pengamatan langsung terhadap bangunan yang ada adalah salah satu cara untuk meningkatkan pengetahuan praktis kita tentang kinerja bahan dan rakitan. Untuk produk baru, produsen dapat meminta pihak independen untuk melakukan uji pelapukan yang dipercepat dan uji ASTM yang relevan untuk mengukur ketahanan produk baru di lingkungan layanan tertentu.

3. Tetapkan premis tentang masa pakai bangunan secara umum, misalnya, selama 25 tahun, 60 tahun, 100 tahun, atau lebih. Tidak ada standar hukum untuk ini, tetapi preseden untuk jenis bangunan merupakan indikasi yang baik. Bukti yang tersedia menunjukkan bahwa masa pakai bangunan kira-kira dua kali lipat dari 30–50 tahun yang digunakan dalam beberapa model LCA dan LCC umum. Kenali bahwa tidak perlu semua elemen dari seluruh bangunan berakhir pada waktu yang sama. Tetapkan tingkatan masa pakai, di mana elemen-elemen harus bertahan dalam jangka waktu yang hampir sama.

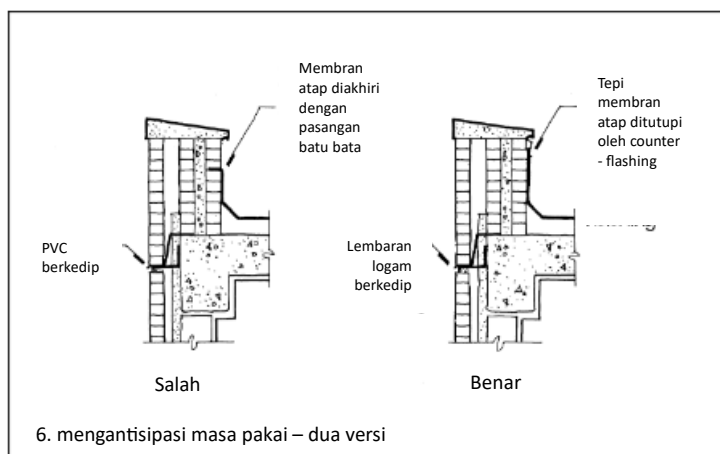
Tabel 10.1 Tingkatan Masa Pakai

1 Permanen:		
Harus bertahan selama umur bangunan yang dimaksudkan; prioritas ditempatkan pada daya tahan	Struktur primer dan sistem penutup primer	Elemen-elemen utama yang menahan beban dan selubung bangunan
2. Umur Panjang:		
Harus bertahan minimal 20 tahun	Sistem layanan bangunan utama	Lift, tungku, boiler, pendingin, kipas angin utama, sistem perpipaan dan kelistrikan
3. Umur Sedang:		
Harus bertahan hingga 20 tahun atau dengan perubahan hunian	Sistem penutup interior	Partisi, lantai, langit-langit
4 Sementara:		
Harus bertahan hingga 10 tahun; prioritas diberikan	Perabotan, finishing interior dan eksterior	Pelapis permukaan, sealant

pada bahan yang dapat didaur ulang atau dapat diperbarui dengan cepat

4. Untuk menurunkan biaya konstruksi awal, elemen detail terkadang dihilangkan, atau elemen alternatif yang kurang tahan lama dipilih, yang sering kali menghasilkan bencana. Banyak proyek pelapisan ulang yang mahal merupakan hasil dari keputusan pemangkasan biaya yang dibuat secara tergesa-gesa yang menghemat kurang dari 1 persen dari biaya perbaikan yang akhirnya dibutuhkan. Pelaksanaan dengan kualitas yang lebih rendah selama konstruksi awal sering kali menghasilkan biaya perawatan yang lebih tinggi atau masa pakai yang lebih pendek. Detailer memiliki informasi yang baik mengenai trade-off dan harus memainkan peran utama dalam membuat pilihan yang optimal mengenai penggantian material dan detail.
5. Sama seperti kita memiliki manual pengoperasian untuk mobil kita, arsitek dapat menawarkan untuk menyediakan panduan bagi pemilik bangunan yang merangkum siklus perawatan dan penggantian yang diantisipasi untuk setiap tingkat sistem bangunan. Pemilik dan staf perawatan adalah kolaborator dalam menentukan masa pakai bangunan; prosedur perawatan perlu diikuti jika masa pakai yang diprediksi ingin terwujud.

6. Rincian untuk semua elemen bangunan harus dirancang agar mudah diakses sesuai dengan umur pakainya. Elemen bangunan yang harus diganti pada interval yang paling sering, seperti tabung lampu dan filter udara, harus dirinci untuk memudahkan perawatan rutin. Membran atap dengan kemiringan



rendah harus dirinci sehingga membran dapat diganti tanpa mengharuskan tembok pembatas direkonstruksi. Tungku dan boiler tidak sering diganti, tetapi saat diganti, peralatan yang besar dan berat harus diakses tanpa harus melepas dinding atau rakitan tahan lama lainnya.

10.2 PERMUKAAN YANG MENUA DENGAN ANGGUN

Pilih material yang memiliki daya tarik visual tambahan seiring bertambahnya usia, daripada material yang tampilannya semakin buruk seiring berjalannya waktu. Desainer harus memilih material dan detail yang berkembang tanpa mengalami degradasi. Bahkan permukaan bangunan yang dibuat dengan sempurna pun mulai berubah begitu selesai. Tidak ada yang lebih mudah menunjukkan noda atau setitik kotoran daripada permukaan yang halus dan seragam. Agar tetap terlihat baru, diperlukan kewajiban perawatan yang substansial dan dipertanyakan.

1. Sebagian besar spesies kayu cepat rusak di luar ruangan kecuali jika diwarnai atau dicat. Namun, beberapa spesies secara alami tahan terhadap pembusukan. Jika dibiarkan tanpa lapisan, di beberapa tempat, kayu tersebut akan lapuk secara bertahap menjadi warna cokelat dan abu-abu yang menarik. Spesies ini meliputi Cypress, Redwood, White and Red Cedars, Teak, Ipeê, dan berbagai kayu keras tropis. Kayu teras secara inheren lebih tahan terhadap kerusakan daripada kayu gubal. Cuaca akan perlahan-lahan mengikis permukaan kayu ini, yang pada akhirnya memerlukan penggantian.
2. Pelapis bening, seperti kebanyakan jenis spar, urethane, dan pernis laut, rentan terhadap sinar matahari. Sinar matahari membuat lapisan tersebut menjadi rapuh dan melemahkan ikatannya dengan kayu di bawahnya, yang menyebabkannya terkelupas dalam satu atau dua tahun. Pelapis bening yang mengandung filter ultraviolet (UV) jauh lebih tahan lama dan lambat menguning. Pewarna membawa pigmen ke dalam pori-pori kayu tetapi tidak membentuk lapisan tipis di permukaan; pewarna tersebut memungkinkan serat kayu tetap terlihat. Cat adalah lapisan tipis buram di atas permukaan kayu atau substrat lainnya. Di luar ruangan, warna cat yang cerah cepat memudar menjadi warna pastel yang tidak menarik dan bergaris-garis. Cat putih, melalui proses pengapuran yang disengaja, memperbarui dirinya secara terus-menerus dan cenderung tetap menarik. Pigmen warna tanah dan abu-abu lembut cenderung mempertahankan warnanya lebih lama di bawah sinar matahari daripada warna yang lebih cerah. Semua pernis, pewarna, dan cat eksterior memerlukan perawatan rutin. Intervalnya lebih pendek jika paparan sinar matahari, air, dan panas parah.
3. Di antara logam, baja biasa akan berkarat, kecuali jika telah dicat. Baja tahan karat, terutama yang disikat, tetap terlihat bagus tanpa perlu dicat. Aluminium yang sudah dipoles dengan mesin membentuk lapisan oksida yang melindungi diri sendiri dan tidak mengalami korosi lebih lanjut, tetapi lapisan ini tipis, mudah rusak, dan tampak bercak-bercak. Melalui proses anodisasi, aluminium dapat diproduksi dengan lapisan oksida yang tebal dan tahan lama yang mengandung warna integral pilihan perancang, dan akan terlihat bagus selama beberapa dekade. Tembaga membentuk lapisan oksida yang melindungi diri sendiri yang biasanya berwarna biru kehijauan atau cokelat tua yang menarik, tergantung pada polutan di atmosfer; ini adalah pilihan tradisional untuk logam yang menua dengan anggun di luar ruangan. Tembaga dapat dipra-patin secara kimia di pabrik untuk menciptakan tampilan tua, meskipun baru. Ini mungkin berguna saat mengganti sebagian permukaan yang lapuk. Perlakuan kimia ini mengubah permukaan tembaga, terkadang membuatnya mengalami pelapukan secara berbeda dari tembaga alami. Timbal melindungi dirinya sendiri dengan lapisan oksida putih. Seng secara alami tahan korosi, bahkan di lingkungan laut. Ia memiliki warna abu-abu sedang yang matte dan sangat stabil jika tidak terkena asam atau alkali. Paduan baja yang disebut "baja pelapukan" tersedia yang membentuk lapisan oksida merah-cokelat yang kuat dan melindungi diri sendiri, dan tidak perlu dicat. Baja pelapukan, timbal, dan tembaga cenderung melepaskan sebagian lapisan oksidanya, menodai permukaan di bawahnya, jadi harus berhati-hati saat merawatnya secara mendetail untuk menangkap dan mengalirkan semua air hujan yang mengalir di atasnya sebelum dapat mengalir ke permukaan yang dapat diwarnai seperti batu, beton, kayu, dan kaca.
4. Secara umum, permukaan matte menua lebih anggun daripada permukaan mengkilap, yang cenderung cepat lapuk hingga menjadi matte pada sebagian besar material. Panel baja tahan karat dengan lapisan cermin, misalnya, akan segera kotor, sehingga kilaunya

pudar, sedangkan permukaan baja tahan karat dengan lapisan matte tidak banyak berubah tampilannya karena jumlah kotoran yang terkumpul sama banyaknya. Cat mengkilap akan cepat kehilangan kilanya jika terkena sinar matahari, sehingga teksturnya menjadi matte. Pengecualiannya adalah ubin kaca dan keramik yang diglasir. Ubin ini akan kehilangan sebagian kilanya saat kotor, tetapi saat dicuci, permukaannya akan kembali berkilau dan berwarna cerah.

5. Permukaan beton halus yang dibentuk pada baja, plastik, atau tripleks cenderung memiliki setiap cacat kecil yang diakibatkan oleh permukaan bentuk, campuran, atau metode penempatan. Permukaan ini juga berubah tampilannya dengan cepat saat lapuk, menjadi lebih kasar dan menarik lebih banyak kotoran. Permukaan beton yang lebih toleran terhadap cacat dan lapuk lebih anggun adalah yang dibentuk dengan tekstur berat, seperti agregat yang terbuka, permukaan yang diledakkan dengan pasir, permukaan yang dipalu dengan palu, permukaan yang dibentuk dengan papan, atau permukaan bergaris.
6. Bangunan bersejarah yang tak terhitung jumlahnya membuktikan kemampuan batu, bata, dan permukaan pasangan bata lainnya untuk menua dengan anggun. Seperti berbagai jenis kayu, berbagai jenis batu dan produk pasangan bata buatan memiliki respons yang berbeda terhadap gaya lingkungan dan pola penggunaan. Material ini dipilih untuk paparan yang keras karena sifatnya yang lembam, dan umumnya berkinerja cukup baik meskipun tidak memiliki pelapis atau perawatan permukaan, dan dengan sedikit perawatan. Bahkan di lingkungan perkotaan atau industri yang menantang, permukaan eksterior yang terbuat dari granit, batu kapur, batu pasir, bata, terakota, dan pasangan bata beton umumnya berkinerja baik. Produk kontemporer tersedia dalam berbagai warna dan tekstur yang belum pernah ada sebelumnya, yang kualitasnya dapat disesuaikan dengan kebutuhan proyek.
7. Kaca adalah salah satu dari sedikit material yang tidak berubah secara signifikan karena paparan. Namun, lapisan tipis dan pelapis yang diaplikasikan pada kaca, seperti pelapis low-E, rentan dan harus diaplikasikan pada permukaan interior rakitan kaca sehingga pelapukan dan pembersihan rutin tidak akan merusaknya.
8. Plastik seperti polikarbonat dan akrilik terkadang digunakan dalam aplikasi pelapisan kaca. Plastik lebih ringan dan mungkin lebih murah daripada kaca, tetapi permukaannya tidak terlalu keras, sehingga lebih mudah tergores atau kusam daripada kaca. Bahan-bahan tersebut tidak boleh digunakan dalam aplikasi dengan lalu lintas tinggi, seperti panel kaca di pintu masuk.
9. Sealant tersedia dalam berbagai macam warna, sehingga memungkinkan untuk memilih warna awal yang sesuai dengan bahan di sekitarnya. Namun, bahan-bahan tersebut mungkin mengalami pelapukan yang berbeda dari bahan-bahan yang berdekatan, yang menyebabkan lapisan sealant menjadi lebih menonjol dari waktu ke waktu. Bahan kimia dalam bahan-bahan yang berdekatan atau yang digunakan dalam perawatan bangunan juga dapat menyebabkan warna lapisan sealant berubah. Para detailer didesak untuk meninjau informasi teknis produsen untuk memilih produk terbaik.
10. Bagaimana air akan mengalir di seluruh permukaan eksterior bangunan merupakan pertimbangan penting lainnya. Air itu sendiri tidak hanya dapat merusak bahan dan rakitan, tetapi juga dapat membawa puing-puing atmosfer dan bahan kimia yang larut dalam air yang akan menodai atau merusak bahan-bahan yang dilaluinya. Berhati-

hatilah dalam menangani aliran air pada transisi. Selalu arahkan tepi bahan ke arah yang sama dengan air yang turun, seperti sirap di atap. Area dengan aliran air yang paling terkonsentrasi akan dibersihkan dan bahkan dapat terkikis saat air menghilangkan bahan di jalurnya. Jika alirannya kurang cepat, partikel dan bahan kimia akan mengendap di permukaan, yang sering kali menggelapkannya. Bila kedua kondisi ini berdekatan, seperti yang sering terjadi, kontras antara permukaan yang bersih dan yang kotor dapat terjadi.

11. Permukaan dinding eksterior bertekstur akan menggelap seiring waktu, terutama di tempat yang paling banyak terpapar partikel di udara atau tempat pertumbuhan biologis kecil dapat terjadi. Permukaan bangunan menjadi lebih spesifik tempat saat ini terjadi. Perubahan tersebut merupakan indeks halus tentang apa dan di mana permukaan itu berada, dan mungkin tidak mengancam integritas rakitan.
12. Di dalam ruangan, permukaan yang halus, mengilap, dan berwarna polos menua dengan buruk. Meja ujung plastik hitam mengilap yang bergaya memperlihatkan setiap butir debu, setiap goresan, dan setiap bercak atau lingkaran air, sedangkan meja ujung kayu ek dengan lapisan transparan menarik perhatian pada bentuk butirannya, mengalihkan perhatian secara efektif dari debu, goresan, dan noda. Meja ujung putih murni

Permukaan yang Dapat Diperbaiki

Perincian tidak dapat mencegah keausan, tetapi mereka dapat merakit material dan detail sehingga permukaannya aus secara merata dan perlahan. Adalah bijaksana untuk mengantisipasi kebutuhan yang tak terelakkan untuk memperbaiki permukaan bangunan dan memanfaatkan material yang dapat diperbaiki dengan mudah dan tidak mencolok.

1. Beberapa material bersifat monolitik atau utuh tanpa sambungan saat dipasang; contohnya termasuk beton cor di lokasi, plesteran, dan plester. Yang lainnya adalah potongan-potongan terpisah yang tertanam dalam dasar monolitik, seperti pasangan bata atau ubin. Kategori ketiga mencakup potongan-potongan terpisah yang diikat atau ditambatkan ke substrat struktural. Metode perbaikan yang tepat bervariasi menurut kategori ini.
2. Noda pada permukaan monolitik umumnya ditambal atau diperbaiki agar menyatu dengan permukaan di sekitarnya. Tambalan atau perbaikan pada permukaan yang tidak dicat akan menonjol jika tidak cocok dengan berbagai tekstur dan warna yang ada di permukaan di sekitarnya. Permukaan dinding dari papan gipsium yang dicat atau plester gipsium hanya cukup tahan terhadap kerusakan, tetapi jika tergores atau tergores, dapat diperbaiki dengan mudah dan tidak terlihat menggunakan bahan-bahan yang dapat dibeli di toko perangkat keras mana pun. Lapisan cat yang menyatukan bersifat dangkal dan murah, dan diharapkan dapat diaplikasikan ulang dengan frekuensi tertentu. Permukaan seperti panel kayu yang dipernis, wainscoting marmer, atau kertas dinding jauh lebih sulit diperbaiki jika rusak, karena pola bawaannya tidak dapat diduplikasi dengan mudah.
3. Potongan-potongan yang rusak yang tertanam di dasar monolitik harus diekstraksi dengan hati-hati, kemudian diganti. Lantai atau dinding dari batu atau ubin keramik yang dipoles, meskipun secara inheren tahan lama dan menarik, dapat sangat sulit diperbaiki jika satu unit bahan rusak. Batu atau ubin individual dapat merepotkan untuk dihilangkan, dan bahan pengganti sering kali tidak cocok dengan bahan di

sekitarnya dalam hal warna atau pola. Masalah pencocokan dapat diminimalkan dengan menggunakan pola yang lebih beraneka ragam pada pemasangan asli: campuran beberapa warna ubin, misalnya, atau campuran batu yang sangat beraneka ragam, di mana sedikit ketidakcocokan warna yang disebabkan oleh perbaikan selanjutnya tidak akan terlihat.

4. Potongan-potongan terpisah yang diikat secara individual dapat diganti dengan barang yang cocok. Permukaan yang terdiri dari sejumlah besar unit kecil yang dipasang secara individual, seperti atap sirap atau batu tulis, tidak cenderung terlihat buruk jika satu atau dua unit rusak. Permukaan tersebut dapat diperbaiki dengan mudah dan tidak mencolok dengan mengganti unit yang rusak. Perbedaan awal dalam penampilan antara bagian baru dan bagian yang lapuk di dekatnya akan berkurang seiring waktu.
5. Jika lembaran kaca yang sangat besar terkelupas atau retak, kaca tersebut menjadi tidak menarik dan berbahaya, dan harus diganti. Ini memerlukan layanan dari kru tukang kaca profesional, truk kaca, dan terkadang derek. Namun, jika kaca kecil pada jendela berlapis banyak retak atau terkelupas, kaca tersebut dapat dibiarkan di tempatnya hingga rusak lebih parah, dan penggantinya pada akhirnya merupakan pekerjaan mudah bagi seorang pekerja perawatan yang setengah terampil.
6. Beberapa sistem pelapis dinding gorden yang terbuat dari logam, kaca, atau panel batu tipis adalah "sistem tempel" yang dirancang sedemikian rupa agar mudah mengganti bagian yang terisolasi di dalam permukaan dinding yang lebar. Saat memilih sistem ini, selidiki perincian produsen mengenai penggantian bertahap. Lembaran kaca biasanya dapat diganti menggunakan gasket standar atau perangkat keras logam. Panel pelapis logam dan batu bervariasi dalam hal perincian penahan, tetapi, secara umum, penahan di tepi panel akan lebih mudah diakses untuk penggantian daripada yang tersembunyi di balik panel. Bagian pelapis yang diamankan dengan perekat dan las mungkin jauh lebih sulit dilepaskan, terutama jika ikatannya berada di luar jangkauan (lihat Perincian untuk Pembongkaran, Bab 11).
7. Perakitan eksterior kontemporer semakin banyak terdiri dari lapisan produk tambahan, yang masing-masing menjalankan fungsi tertentu. Dalam perakitan seperti itu, lapisan akhir eksterior sering kali dapat diganti seluruhnya, atau bagian yang rusak dapat diganti, dengan kerusakan yang sangat kecil pada lapisan di bawahnya.
8. Ketersediaan warna, tekstur, atau bentuk tertentu di masa mendatang tidak terjamin, terutama jika suatu produk unik atau dibuat khusus untuk proyek tersebut. Dalam kasus tersebut, pemilik mungkin disarankan untuk memperoleh sejumlah kecil barang khusus untuk penggunaan di masa mendatang. Sebagai alternatif, bagian bangunan yang paling rentan terhadap kerusakan dapat dibuat dari bahan dan rakitan standar, dengan harapan akan tetap tersedia di tahun-tahun mendatang.
9. Strategi alternatif untuk mengurangi upaya dan biaya perbaikan permukaan adalah dengan menggunakan material permukaan yang tidak terlihat cacat. Permukaan bangunan yang ditumbuhi tanaman seperti atap dan dinding hijau dapat menunjukkan variasi musiman tanpa pernah terlihat rusak atau cacat. Dinding batu puing yang ditumpuk kering memiliki kualitas visual yang sama. Penerimaan terhadap tampilan yang bervariasi secara alami daripada estetika seragam yang tajam berarti bahwa perbaikan hanya perlu dilakukan ketika kinerja fungsional gagal, bukan karena fitur yang dangkal.

Permukaan yang Dapat Dibersihkan

Keputusan tentang perincian sering kali memengaruhi kemudahan dan biaya untuk menjaga kebersihan bangunan.

1. Pelapisan permukaan harus disesuaikan dengan cermat dengan area tempat pelapisan tersebut digunakan. Dapur, kamar mandi, kamar mandi pancuran, tempat mencuci, dan area industri basah harus dilapisi dengan bahan yang dapat dibersihkan dengan cara dicuci di tempat. Bahan yang tahan air dengan permukaan yang halus dan padat adalah yang terbaik: baja tahan karat, laminasi plastik, ubin keramik berlapis kaca, pasangan bata beton berlapis kaca, teraso, lantai karet atau vinil lembaran, dan porselen. Pelapisan terbaik dari bahan-bahan ini memiliki sambungan yang membulat dan bebas retak, seperti sudut interior cekung integral dan sudut eksterior bullnose. Sambungan pada permukaan dinding dan lantai di dapur komersial harus dibuat cekung dan ditutup dengan ukuran tidak lebih besar dari 1/32 in. (1 mm). Permukaan tanpa sambungan dapat dibuat dari termoplastik yang dilas. Pelapis nanoteknologi antibakteri dan pembersih otomatis dapat diintegrasikan ke dalam beberapa permukaan dan produk buatan. Pelapis ini sangat berguna di area klinis yang membutuhkan standar kebersihan yang tinggi.
2. Teknologi lapisan tipis telah dimasukkan ke dalam beberapa produk pelapis kaca dan jendela atap untuk membuat kaca tersebut dapat membersihkan sendiri. Pelapis khusus tersebut diaplikasikan ke permukaan eksterior (permukaan #1), di mana sinar ultraviolet menyebabkan reaksi kimia yang memecah partikel kotoran organik, dan melepaskannya dari kaca. Presipitasi normal atau air dari selang kemudian membawa partikel tersebut pergi. Produsen menyatakan bahwa pelapis tersebut tidak perlu diaplikasikan ulang selama masa pakai unit kaca. Pelapis fotokatalitik serupa telah diaplikasikan ke permukaan beton eksterior untuk membuatnya dapat membersihkan sendiri, bahkan di lingkungan industri dan perkotaan. Selain menjaga beton tetap bersih, pelapis berbasis titanium dioksida putih ini juga menghilangkan polutan dari udara. Teknologi semen yang dipatenkan ini juga dapat dipadukan ke dalam unit pasangan bata beton dan plesteran berbasis semen.
3. Hindari pemasangan yang mempersulit proses pembersihan. Kamar mandi dengan perlengkapan yang dipasang di dinding dan partisi yang digantung di langit-langit dapat dibersihkan jauh lebih cepat dan memuaskan daripada kamar mandi yang semuanya dipasang ke lantai. Tempat duduk rakitan dan peralatan dapur komersial merupakan dua area lain di mana peralatan yang dipilih dengan baik dengan permukaan yang halus dan mulus dapat mempermudah tugas ini.
4. Bahan yang rentan terhadap kerusakan air, seperti produk gipsum dan kayu, harus dihindari di area basah. Paling tidak, bahan tersebut harus dilapisi dengan lapisan mengkilap atau semikilap yang tahan air sehingga dapat dicuci. Lebih baik menggunakan bahan yang lebih tahan lama dan dapat dicuci, seperti lembaran karet dengan lapisan halus, laminasi plastik, panel resin, atau fiberglass. Elemen struktural di area basah harus terbuat dari bahan yang dapat bertahan terhadap paparan air, seperti baja ringan, baja, pasangan bata, atau beton. Pengalaman menunjukkan bahwa produk kayu yang terkena air banjir hanya satu kali dapat tetap rentan terhadap serangan biologis oleh jamur dan kapang.
5. Bahan penyerap seperti karpet dan pelapis sama sekali tidak cocok digunakan di area basah. Bahkan karpet dalam-luar ruangan menyerap tumpahan makanan, sabun, dan

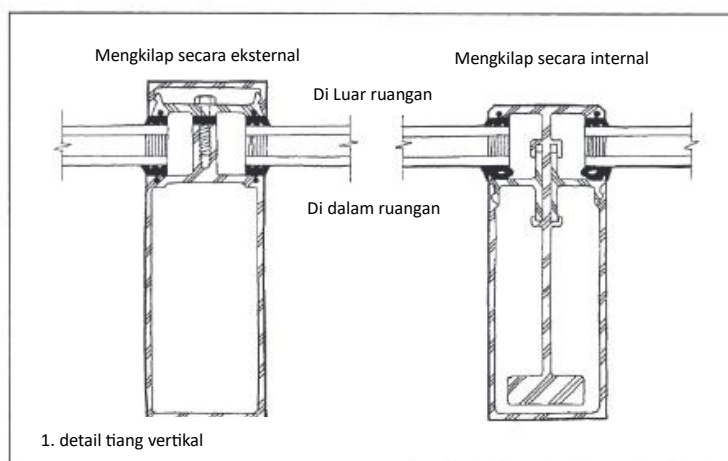
urin, dan tidak dapat dibersihkan secara memadai. Lantai kayu, bahkan dengan lapisan poliuretan, tidak tahan terhadap air. Retakan terbuka di antara potongan-potongan lantai karena perubahan musiman yang normal pada kadar air kayu, yang memungkinkan air menembus dan mengangkat pernis dari bawah, sehingga menghasilkan permukaan yang tidak menarik yang tidak dapat dicuci dengan benar.

6. Di area kering suatu bangunan, pilihan bahan yang jauh lebih luas lebih sesuai. Karpet dapat dibersihkan secara ekonomis dengan penyedotan debu secara teratur dan keramas sesekali. Lantai kayu dapat dijaga kebersihannya dan penampilannya dengan mengepel debu, menggosoknya sesekali, dan mengampelas serta memoles ulang secara berkala. Permukaan gipsum yang dilapisi cat atau kertas dinding hanya memerlukan pembersihan sporadis dan pembaruan yang jarang. Detail yang retak dan sudut dalam yang tajam akan menarik dan menahan kotoran dalam jumlah yang tidak dapat diterima di sebagian besar area kering suatu bangunan.

10.3 AKSES PEMELIHARAAN

Banyak komponen yang perlu dijelaskan secara terperinci untuk memungkinkan akses pemeliharaan dan inspeksi selama masa pakai bangunan.

1. Sistem dinding gordan logam dan kaca tersedia dalam sistem kaca internal dan kaca eksternal, mengacu pada apakah kaca dapat diganti oleh pekerja yang berdiri di dalam gedung atau hanya oleh pekerja di perancah luar. Pada bangunan yang tingginya lebih dari satu atau dua lantai, ada keuntungan pemeliharaan yang jelas dalam mengadopsi sistem kaca internal.



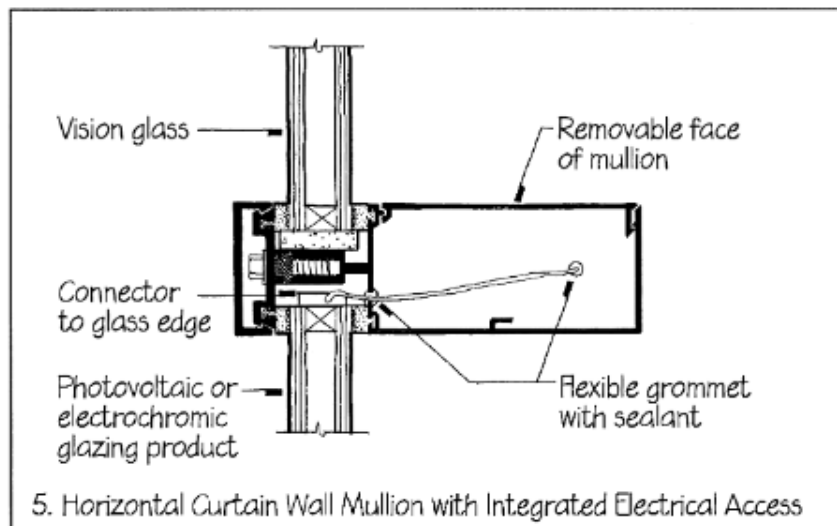
2. Kaca pada bangunan yang tingginya lebih dari tiga lantai tidak dapat dicuci oleh pekerja di tangga. Ketentuan khusus harus dibuat untuk akses pembersih jendela. Ini dapat berupa jendela yang dapat dioperasikan yang membawa semua permukaan kaca eksterior dalam jangkauan lengan, tetapi tidak selalu praktis di gedung yang sangat tinggi karena kecepatan angin yang tinggi di lantai atas. Desain untuk bangunan tinggi harus mencakup ketentuan untuk perancah pembersih jendela yang dapat dipindahkan dan perlengkapan pengaman.
3. Komponen bangunan yang mungkin memerlukan penyesuaian atau penggantian selama masa pakai bangunan harus dipasang dengan sekrup atau baut sehingga dapat dilepas dan diganti, daripada dilas, direkatkan, atau dipaku secara permanen di tempatnya. Inilah sebabnya kami menggunakan sekrup daripada paku untuk memasang perangkat keras ke pintu, perlengkapan lampu ke dinding dan langit-langit, dan perangkat keras perangkat peneduh ke jendela. Lebih mudah memasang dan memelihara segmen pendek saluran pasokan pipa fleksibel berulir ke perlengkapan

daripada menyolder pipa tembaga kaku.

4. Komponen pipa, mekanik, dan listrik tersembunyi yang memerlukan pemeriksaan dan pemeliharaan harus ditempatkan di belakang penutup snap-off, panel akses berengsel, lubang got, lubang pegangan, atau port akses dengan ukuran dan bentuk yang sesuai. Jangan pernah menutup secara permanen komponen bangunan apa pun yang bergerak, yang menghubungkan kabel listrik, yang mungkin perlu dibersihkan, atau yang mungkin rusak atau tidak dapat disetel



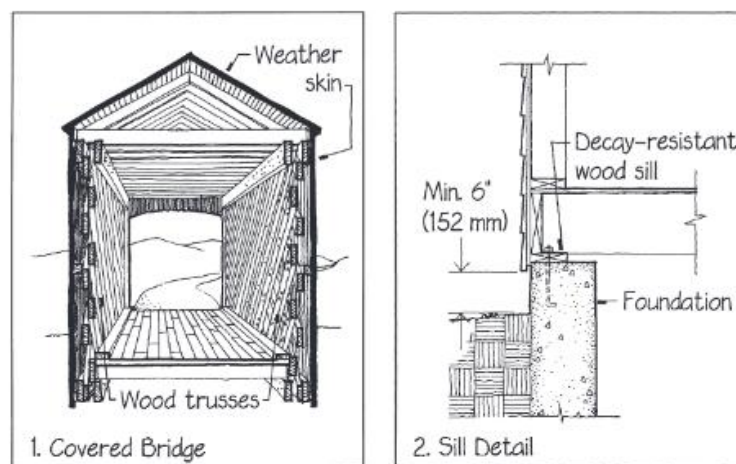
- sebelum waktunya. Contohnya termasuk katup pipa, peredam saluran, motor listrik, pompa, saluran pembuangan pipa, kotak sambungan listrik, ballast lampu, transformator, kumparan pemanas dan pendingin, dan sambungan kabel telepon. Bekerja samalah secara terus-menerus dengan konsultan pipa, listrik, mekanik, dan struktur untuk memastikan semua perangkat akses yang diperlukan tersedia (lihat Sidang Pleno Horizontal, Bab 8).
5. Kusen horizontal dan vertikal di sebagian besar sistem etalase dan dinding gorden tidak mengakomodasi saluran listrik di dalamnya. Namun, beberapa produsen telah memproduksi kusen khusus yang dapat menampung saluran listrik dan komunikasi kecil, yang dapat diakses dengan mudah melalui penutup snap-fit. Ini dapat melayani stasiun kerja kantor di dekatnya atau dapat terhubung ke panel kaca elektrokromik aktif atau panel fotovoltaik yang ditahan di tempatnya oleh kusen.
6. Akses pemeliharaan umumnya memerlukan ruang lantai. Pembakar minyak atau gas perumahan memerlukan ruang kosong sekitar 3 kaki (900 mm) persegi untuk servis. Boiler horizontal memerlukan ruang kosong yang cukup untuk membersihkan dan mengganti tabung. Sakelar listrik dan komunikasi memerlukan akses frontal yang bebas dan ruang yang cukup untuk melepas dan mengganti komponen. Boiler besar, pendingin, kipas, motor, dan pompa yang tidak dapat melewati pintu, koridor, dan lift normal mungkin perlu diganti suatu hari nanti dan mungkin memerlukan pintu industri atau panel akses yang dapat dilepas untuk kemungkinan tersebut. Tata ruang untuk peralatan mekanik, perpipaan, listrik, dan komunikasi dengan bekerja sama erat dengan konsultan teknik, untuk memastikan bahwa masalah ini terpenuhi.
7. Akses pemeliharaan adalah yang terpenting di gedung-gedung yang membutuhkan banyak layanan, seperti rumah sakit dan laboratorium. Kantor dengan konfigurasi stasiun kerja yang selalu berubah memerlukan akses yang mudah ke jaringan listrik dan komunikasi. Permukaan ruang interior di tempat kerja dapat memperlihatkan jaringan layanan, atau mungkin menahannya di balik panel akses yang mudah dilepas.



10.4 KAYU KERING

Kayu harus diberi detail agar tetap kering; jika tidak, kayu akan membusuk hanya dalam beberapa tahun. Bahkan spesies yang tahan terhadap pembusukan dan kayu yang diolah secara kimia akan bertahan lebih lama jika tetap kering.

1. Jembatan tertutup tahan lama karena ditutup untuk mencegah air mengenai sambungan rangka kayu. Sambungan antara potongan kayu yang terpapar cuaca menyerap dan menahan kelembapan melalui aksi kapiler. Hal ini mendorong pembusukan. Konstruksi yang tidak ditutup yang terbuat dari kayu biasa jarang bertahan hingga satu dekade sebelum sambungannya membusuk tanpa dapat diperbaiki. Konstruksi kayu eksterior yang terbuka dengan banyak sambungan, seperti pagar, dek, pelindung sinar matahari, pagar, bangku, gerbang, dan pintu, harus terbuat dari kayu yang tahan terhadap pembusukan. Tidak cukup hanya dengan mengecatnya, karena pergerakan kelembapan musiman yang normal pada kayu menyebabkan cat retak pada sambungan, sehingga air dapat masuk.



2. Kayu harus dijauhkan dari tanah agar tetap kering dan karenanya bebas dari pembusukan. Pada bagian ambang bangunan rangka kayu, semua kayu dijaga setidaknya 6 in. (152 mm) di atas permukaan tanah. Sebagai tindakan pencegahan

lebih lanjut, diperlukan penggunaan kayu yang telah diberi perlakuan tekanan atau kayu yang tahan pelapukan alami untuk pelat ambang yang berada di atas fondasi beton atau batu, karena uap air dapat naik dari tanah melalui material berpori pada fondasi dan membasahi bagian bawah ambang. Di ruang bawah tanah, hanya kayu yang diberi perlakuan atau kayu yang memiliki ketahanan tinggi terhadap pelapukan yang boleh berada dalam jarak 18 in. (460 mm) dari tanah. Di lokasi yang basah atau di iklim yang sangat lembap, lapisan kedap air yang terus-menerus harus dipasang di antara ambang dan fondasi, sebagai penghalang terhadap uap air kapiler yang naik dari tanah.

Tabel 10.2 Ketahanan Alami terhadap Pembusukan Spesies Kayu Amerika Utara (daya tahan kayu teras ditunjukkan)

Sangat tahan	Tahan	Cukup tahan	Tidak tahan
Western juniper	Cedar	Western larch	Cemara sejati
Bald cypress	Cypress	Douglas fir	Hemlock
Chestnut oak	Redwood	Red oak	Maple
	Hickory	Elm	Sweetgum
	White oak	Green ash	Poplar
		Pinus berdaun Panjang	Aspen
		Pinus putih timur	Pinus (selain longleaf dan easter white)

- Mikroorganisme penyebab pembusukan kayu membutuhkan tiga hal untuk bertahan hidup: udara (oksigen), makanan (selulosa), dan sedikit kelembapan. Kayu alami sering kali menjadi sumber makanan dan kelembapan. Biasanya, pembusukan dapat dicegah dengan cara merawat kayu dengan bahan kimia agar tidak layak dijadikan makanan, dengan memilih spesies kayu yang tidak disukai mikroorganisme (lihat Tabel 10-2), atau dengan menjaga kayu tetap kering, yang umumnya kadar airnya di bawah 20 persen. Paradoksnya, kayu yang terendam air secara menyeluruh dan permanen tidak akan membusuk. Hal ini karena air tidak memungkinkan organisme di dalam kayu mendapatkan akses ke udara. Oleh karena itu, terkadang kita menggunakan kayu yang tidak diolah untuk tiang pondasi di tanah yang sepenuhnya jenuh air. Cara ini berhasil selama kadar air di dalam tanah tidak turun. Jika kadar air turun, tiang akan membusuk pada tingkat tempat tanah yang jenuh air bertemu dengan tanah yang lebih kering di atasnya, satu-satunya lokasi tempat udara, air, dan kayu tersedia bagi organisme pembusuk.
- Semua serangga perusak kayu memerlukan kelembapan. Banyak spesies hanya dapat hidup di kayu lembap dan mudah dicegah oleh hal-hal yang membuat kayu tetap kering. Spesies rayap yang paling umum adalah rayap bawah tanah, tetapi mereka dapat menyerang kayu kering jika mereka memiliki akses ke tanah yang lembap. Spesies ini ditangani dengan menjaga kayu tetap berada di atas garis tanah dan dengan memasang lapisan kedap air yang terus menerus dengan tepi yang menonjol di antara ambang dan fondasi. Sebagai alternatif, fondasi yang terbuat dari beton cor di lokasi atau unit pasangan bata beton yang sepenuhnya dialiri air dapat digunakan. Keduanya mengharuskan tabung yang dibangun oleh rayap ini untuk melakukan kontak dengan

tanah dapat dengan mudah terlihat dan dihancurkan. Racun tanah juga dapat digunakan untuk melawan jenis rayap ini untuk membuat penghalang kimia, tetapi keamanan racun ini harus dipantau dengan saksama untuk menghindari kerusakan lingkungan dan penyakit bagi penghuni. Untuk menghindari bahan kimia, jaring baja tahan karat halus dapat dipasang, sebelum konstruksi, di tanah di bawah bangunan. Beberapa spesies rayap yang hanya tumbuh subur di iklim yang sangat hangat dan lembap dapat hidup di kayu kering tanpa kontak dengan tanah, mengambil kelembapan dari udara atau kayu itu sendiri; rayap-rayap ini dapat diatasi dengan meracuni mereka melalui pengasapan. Pengobatan dengan suhu yang sangat panas atau dingin juga memungkinkan. Bangunan berbingkai kayu di lokasi yang dihuni rayap tidak boleh memiliki insulasi kaku atau EIFS (sistem insulasi dan pelapis eksterior) yang menjangkau vertikal melintasi batas 6 in. (152 mm) yang memisahkan kayu dari tanah, karena rayap akan dengan mudah membuat terowongan melaluinya tanpa terdeteksi untuk mencapai kayu di atasnya.

Logam yang Dilindungi dan Serupa

Banyak logam arsitektur rentan terhadap korosi atmosferik akibat oksidasi dan korosi bimetalik akibat kontak dengan logam yang tidak kompatibel. Lindungi logam yang rentan dari oksidasi, dan hindari detail eksterior tempat dua logam berbeda saling menempel secara langsung.

1. Korosi atmosferik sederhana adalah oksidasi yang terjadi saat udara dan uap air hadir secara bersamaan di permukaan logam. Sebagian besar logam nonferrous (seperti aluminium, seng, kuningan, perunggu, timah, dan tembaga) dengan cepat membentuk lapisan oksida yang stabil dan melindungi diri sendiri yang mencegah korosi lebih lanjut. Baja tahan karat dan baja pelapukan tertentu juga melindungi diri sendiri.
2. Baja biasa (baja karbon), besi tempa, dan besi cor memerlukan lapisan pelindung untuk menghindari kerusakan akibat oksidasi (berkarat) jika digunakan di luar ruangan atau di lingkungan interior yang basah. Ini dapat berupa cat, berbagai pelapis organik yang diaplikasikan di pabrik, atau pelapis metalik.
3. Logam yang paling umum digunakan untuk pelapisan pelindung baja dan logam besi lainnya adalah seng. Pelapisan seng dikenal sebagai galvanisasi. Galvanisasi bekerja karena seng perlahan mengorbankan dirinya melalui oksidasi untuk melindungi baja di bawahnya, bahkan menyembuhkan goresan kecil pada pelapisan dengan oksidannya. Akhirnya, seng terkikis, sehingga baja berkarat. Ini dapat memakan waktu 5 hingga 40 tahun, tergantung pada ketebalan pelapisan dan keberadaan garam serta polutan industri/perkotaan di udara. Untuk masa pakai yang paling lama, gunakan pelapisan seng terberat yang tersedia. Ini biasanya diaplikasikan dengan cara galvanisasi celup panas tradisional. Ada banyak metode galvanisasi lainnya, beberapa di antaranya hanya menghasilkan lapisan tipis yang memiliki masa pakai yang pendek. Penting untuk melakukan penelitian yang cermat guna menentukan tingkat perlindungan yang diperlukan dalam situasi tertentu, dan untuk menentukan proses galvanisasi, ketebalan pelapisan, dan kekuatan ikatan yang paling sesuai dengan kebutuhan ini.
4. Korosi bimetalik adalah reaksi elektrokimia yang dapat terjadi ketika logam yang berbeda bersentuhan langsung atau dihubungkan oleh elektrolit yang dapat menghantarkan ion bermuatan listrik dari logam anoda ke logam katoda. Karena

kontaminan yang selalu ada, baik air hujan maupun air tanah merupakan elektrolit. Ketika air hujan atau air tanah bersentuhan dengan rakitan bangunan yang mencakup dua logam yang berbeda, reaksi galvanik dapat terjadi, menghasilkan arus listrik yang akan mengikis salah satu logam dengan kecepatan yang mencengangkan. Pendekatan teraman dalam perincian untuk menghindari korosi bimetalik adalah dengan menggunakan logam yang sama di semua komponen detail eksterior: paku aluminium dengan lembaran atap aluminium, sekrup dan baut aluminium pada komponen pelapis aluminium, paku tembaga dengan atap tembaga, dan baut baja pada bentuk struktur baja.

5. Namun, sering kali perlu untuk menghadapi masalah seperti memasang lembaran pelapis aluminium ke rangka baja atau tiang antena aluminium ke atap tembaga. Untuk mengatasi masalah ini, kita harus melihat lebih dalam pada sifat reaksi galvanik antara logam yang berbeda. Logam bervariasi dalam aktivitas kimianya. Ketika dua logam yang berbeda disatukan dan direndam dengan elektrolit seperti air hujan, terjadi pertukaran elektron yang melindungi logam yang kurang aktif (katode) sambil mengikis logam yang lebih aktif (anode). Semakin besar perbedaan aktivitas antara kedua logam, semakin besar pula potensi korosi.
6. Pada Tabel 10.3, logam arsitektur umum diperingkat berdasarkan aktivitas relatifnya: Logam yang paling aktif berada di atas, dan yang paling tidak aktif berada di bawah. Logam dengan tingkat aktivitas yang sama dikelompokkan bersama. Secara umum, aman untuk menggabungkan logam yang berada dalam kelompok yang sama.

Pewarnaan dan korosi akibat elektrolisis dapat terjadi ketika air hujan yang mengalir dari satu logam mengalir ke logam yang berbeda. Hal ini khususnya bermasalah ketika limpasan dari logam yang kurang aktif mengalir ke logam yang lebih aktif. Limpasan dari tembaga dan seng akan menyerang baja, baja galvanis, dan aluminium, jadi harus diarahkan menjauh.

Tabel 10.3 Seri Galvanik Logam yang Tidak Terlapukkan

Paling aktif (anoda)	Magnesium dan paduannya
	Seng
	Baja dan besi galvanis
	Aluminium
	Baja
	Besi tempa
	Besi cor
	Baja tahan karat aktif
	Paduan solder timah-timbal
	Timbal
	Timah
	Kuningan
	Perunggu
	Tembaga
	Solder perak
	Nikel
	Baja tahan karat pasif

	Titanium
Paling tidak aktif (katoda)	Perak
	Emas

Apakah baja tahan karat dianggap "aktif" atau "pasif" tergantung pada permukaan akhir. Baja tahan karat biasanya membentuk lapisan kromium oksida yang melindungi diri sendiri dan dianggap pasif. Permukaan yang dipoles secara elektro yang digunakan pada beberapa perangkat keras dan trim arsitektur juga pasif.

Namun, jika lapisan kromium oksida terganggu oleh penggilingan, pemesinan, atau penyikatan kawat, lapisan akhir menjadi aktif. Sebagian besar pengencang baja tahan karat bersifat aktif. Baja tahan karat aktif dapat dibuat pasif dengan perawatan menggunakan asam. Perinci harus bekerja sama erat dengan produsen produk baja tahan karat jika perbedaan ini menjadi penting dalam menyiapkan detail.

7. Jika logam dari satu kelompok bersentuhan langsung dengan logam dari kelompok lain, potensi terjadinya korosi galvanik kira-kira sebanding dengan jarak antara kedua kelompok dalam rangkaian galvanik. Misalnya, detail eksterior yang menggunakan paku seng atau galvanis pada lembaran atap tembaga akan menggabungkan logam dari kelompok yang paling aktif dengan logam dari kelompok yang paling tidak aktif; kepala paku seng akan termakan oleh korosi setelah hanya beberapa kali hujan.
8. Laju korosi juga dipengaruhi oleh luas permukaan relatif kedua logam tersebut. Jika luas logam yang kurang aktif sangat besar dalam kaitannya dengan luas logam yang lebih aktif, korosi akan berlangsung sangat cepat. Hal ini akan terjadi pada paku seng di atap tembaga. Namun, jika paku tembaga digunakan di atap seng, luas logam yang kurang aktif akan sangat kecil jika dibandingkan dengan luas logam yang lebih aktif, dan korosi akan berlangsung sangat lambat. Meskipun demikian, akan bodoh jika merinci atap seng dengan paku tembaga karena perbedaan aktivitas yang ekstrem antara kedua logam tersebut. Namun, efek area ini berguna dalam menggabungkan logam yang terletak lebih berdekatan pada rangkaian galvanik, seperti sekrup baja tahan karat (yang memiliki lapisan "aktif") dalam jendela aluminium. Di sisi lain, sekrup aluminium dalam jendela baja tahan karat akan menghadapi risiko besar karena luas permukaan logam yang kurang aktif sangat besar dibandingkan dengan logam yang lebih aktif.
9. Laju korosi bimetalik minimal ketika tidak ada konduksi listrik antara logam, ketika logam memiliki potensial elektroda yang sama, atau ketika luas logam yang kurang aktif (katode) sangat kecil dibandingkan dengan luas logam yang lebih aktif (anode).

LOGAM PENGIKAT UNTUK MENYAMBUNGAN BERBAGAI KOMBINASI LOGAM

Logam pengikat dicantumkan berdasarkan urutan preferensi:

A. Aluminium ke Aluminium

1. Aluminium
2. Baja tahan karat
3. Baja berlapis seng
4. Baja berlapis kadmium

B. Aluminium ke Baja Tahan Karat atau Baja Karbon

1. Baja tahan karat

2. Baja berlapis seng
3. Baja berlapis kadmium

C. Paduan Tembaga ke Paduan Tembaga

1. Perunggu
2. Kuningan
3. Nikel-perak
4. Baja tahan karat

D. Paduan Tembaga ke Aluminium (Catatan: penyambungan logam ini tidak disarankan.)

1. Baja tahan karat

E. Paduan Tembaga ke Baja Tahan Karat

1. Baja tahan karat
2. Perunggu
3. Kuningan

F. Paduan Tembaga ke Baja Karbon

1. Perunggu
2. Kuningan

G. Baja Karbon ke Baja Karbon

1. Baja tahan karat
2. Baja berlapis seng
3. Baja berlapis kadmium
4. Baja berlapis nikel
5. Baja berlapis kromium
6. Baja karbon

H. Baja Tahan Karat ke Baja Tahan Karat

1. Baja tahan karat

10. Dengan mempertimbangkan semua faktor ini, dan juga mengandalkan data dari instalasi aktual, American Architectural Manufacturers Association telah mengembangkan tabel terlampir yang menyarankan pengencang terbaik untuk digunakan dengan berbagai kombinasi logam.
11. Saat mengelas sambungan, pastikan batang las sesuai dengan komposisi kimia logam yang dilas. Hal ini terutama penting jika las harus sesuai dengan warna logam di sekitarnya. Mockup dan uji pelapukan simulasi adalah cara terbaik untuk memverifikasi bahwa tampilan yang diinginkan akan dihasilkan.

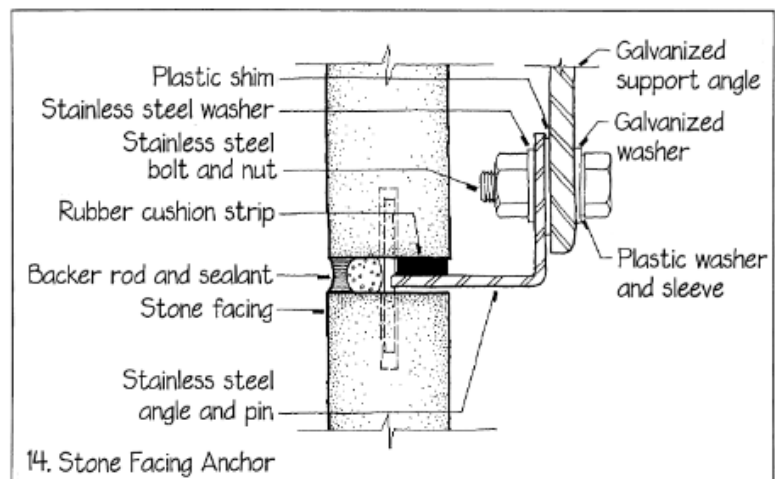
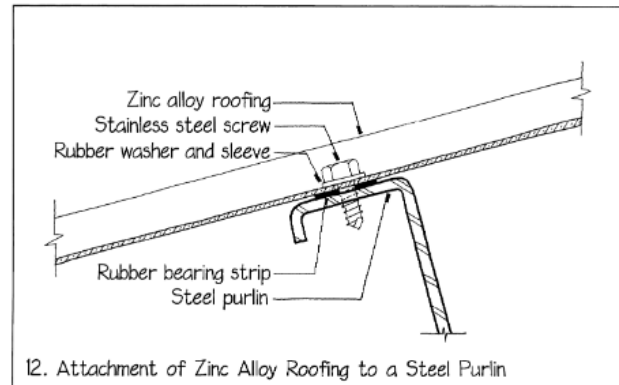
12. Dalam banyak kasus, korosi dapat dihindari antara logam yang berbeda dengan memisahkan logam dengan

bahan isolasi listrik. Isolasi dapat berupa ring plastik atau karet sintetis, paking, shim, selongsong, atau bushing yang ditempatkan di antara bahan. Isolasi dapat berupa lapisan nonkonduktif pada salah satu bahan. Isolasi dapat berupa sekrup atau baut berkepala plastik atau plastik. Pipa pasokan air kota yang terbuat

dari baja dapat disambungkan dengan aman ke pipa tembaga di dalam gedung menggunakan kopler plastik yang mengisolasi kedua logam secara elektrik. Tentunya, bahan isolasi harus tahan lama, karena jika hancur, logam akan bersentuhan dan terkorosi. Ring isolasi yang terbuat dari plastik dan karet sering kali rentan terhadap sinar ultraviolet, jadi harus ditutup dengan ring logam untuk mencegah paparan sinar matahari. Bahan isolasi akan menjadi jawaban terbaik untuk memasang tiang aluminium ke atap tembaga, karena kedua logam terlalu reaktif satu sama lain untuk disambung dengan cara lain.

13. Ada juga reaksi kimia yang merusak yang dapat terjadi antara logam dan bahan nonlogam tertentu. Baja tidak akan terkorosi pada beton yang bebas dari campuran asam, selama beton tersebut sepenuhnya dikelilingi oleh beton, dan air dari luar tidak dapat menembusnya. Namun, aluminium secara kimiawi tidak cocok dengan beton, terutama saat beton masih baru, dan kedua bahan tersebut tidak boleh digunakan dalam kontak langsung. Lapisan timbal cenderung terkorosi dalam mortar dan tidak direkomendasikan untuk digunakan pada pasangan batu. Kayu yang tahan terhadap pelapukan secara alami mengandung asam yang dapat bereaksi secara kimia hingga menyebabkan korosi pada beberapa logam, dan beberapa bahan kimia yang digunakan dalam perawatan kayu dengan tekanan dapat menyebabkan masalah serupa. Sebaiknya konsultasikan literatur dari organisasi perdagangan dan produsen yang mempromosikan kayu ini untuk mendapatkan rekomendasi tentang pengencang dan lapisan.

14. Dalam detail ini untuk menambatkan panel yang menghadap batu ke bangunan, baja tahan karat dipilih sebagai jangkar karena tidak akan berkarat. Ini menghindari noda pada batu dan kegagalan korosi pada jangkar. Ini menghindari terkelupasnya batu yang dapat terjadi akibat



pemuaihan baja saat berkarat. Baja tahan karat juga tahan terhadap kimia asam dari batu seperti granit. Jangkar baja tahan karat diikat ke sudut penyangganya dengan baut, mur, dan ring baja tahan karat. Ganjal dan selongsong plastik digunakan untuk mengisolasi komponen baja tahan karat dari sudut penyangga baja galvanis. Ring baja galvanis digunakan pada bagian belakang sudut galvanis, yang dipisahkan dari kepala baut baja tahan karat dengan ring plastik. Seluruh detail dapat dibuat dari baja tahan karat, tentu saja, tetapi sudut penyangga akan jauh lebih mahal jika menggunakan bahan ini.

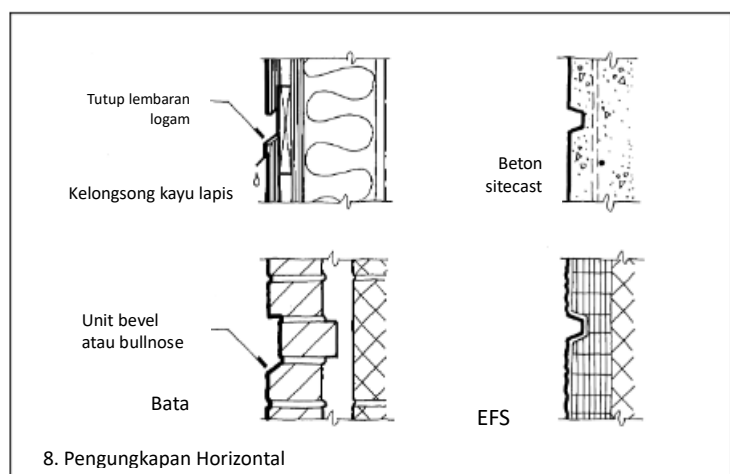
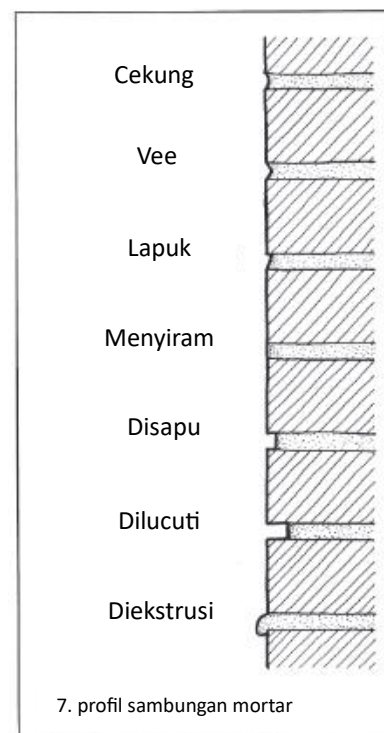
10.5 MATERIAL YANG DAYA SERAPNYA RENDAH

Permukaan bangunan eksterior harus terbuat dari material yang menyerap air sesedikit mungkin. Hal ini berlaku untuk permukaan luar dinding penghalang kedap air, tetapi juga untuk elemen lain yang dilalui air, seperti rongga di balik layar hujan.

1. Kecuali jika dinding bangunan dilindungi oleh tonjolan yang cukup besar atau berada di iklim yang sangat kering, dinding tersebut harus dilapisi material dengan daya serap yang sangat rendah. Bahkan permukaan vertikal pun basah karena hujan. Aktivitas pembersihan bangunan dan irigasi lanskap juga dapat membasahi dinding secara berkala. Material kedap air seperti kaca, logam, dan sebagian besar plastik secara intrinsik tahan terhadap air. Material berpori sering kali rentan terhadap air, atau dapat membawa kelembapan ke material yang rentan di sekitarnya.
2. Di iklim dengan musim dingin yang dingin dan basah, material keras seperti beton, batu, dan bata rentan terhadap keretakan dan pengelupasan permukaan, yang disebabkan oleh air yang meresap ke dalam material dan kemudian membeku. Perluasan air beku memberikan tekanan dari dalam material dan memaksa serpihan untuk retak dari permukaan. Efek ini dapat diminimalkan dengan menggunakan material yang menyerap air sesedikit mungkin. Di semua iklim, material basah di bawah kaki dapat menjadi licin dan berbahaya. Penyerapan air dalam material paving mengurangi gesekan, dapat menyebabkan lapisan es pada permukaan, dan mendorong pertumbuhan biologis berlumut (lihat Pijakan Aman, Bab 9).
3. Beton yang diformulasikan dengan rasio air-semen yang rendah memiliki lebih sedikit pori yang terbentuk oleh keluarnya kelebihan air dan kurang rentan terhadap kerusakan akibat beku-cair dibandingkan beton yang lebih berair. Beton yang akan terkena cuaca musim dingin yang dingin juga harus diformulasikan dengan campuran yang menyerap udara. Selama proses pencampuran, campuran ini menyebabkan pembentukan gelembung udara mikroskopis yang membentuk 2 hingga 8 persen dari volume beton. Rongga yang dihasilkan dalam beton mengurangi kerusakan akibat beku-cair dengan bertindak sebagai ruang ekspansi untuk air beku.
4. Batu yang lebih padat, seperti granit, kurang menyerap air dan lebih tahan di lokasi basah di iklim dingin daripada batu yang lebih berpori, seperti batu kapur dan batu pasir. Bangunan batu tradisional sering kali memiliki fondasi granit dan kemudian berubah menjadi batu kapur atau marmer di atas permukaan tanah.
5. Batu bata tanah liat untuk penggunaan eksterior di iklim dingin dan basah harus Kelas SW (pelapukan parah, ASTM C62), yang terdiri dari batu bata yang tidak menyerap banyak air. Bahkan batu bata Kelas SW harus menyerap air; jika tidak, batu bata tidak akan melekat pada mortar. Batu bata untuk perkerasan jalan sangat rentan terhadap kerusakan akibat beku-cair; di iklim yang parah, hanya batu bata tanah liat Kelas SX,

sebagaimana ditetapkan oleh ASTM C902, yang boleh digunakan, dan batu bata perkerasan beton harus memiliki daya serap air sebesar 5 persen atau kurang, sebagaimana yang disyaratkan dalam ASTM C140. Perkerasan beton pracetak harus memenuhi standar ASTM C1319 mengenai kekuatan tekan dan tingkat penyerapan air maksimum 10 pon per kaki kubik (160 kg/m³).

6. Produk pasangan bata berlapis kaca seperti terakota, bata tanah liat, dan pasangan bata beton memiliki daya serap permukaan yang jauh lebih rendah daripada unit yang tidak berlapis kaca. Namun, kelembapan dapat masuk ke dinding melalui jalur lain, seperti sambungan mortar, lalu masuk ke unit pasangan bata melalui permukaan yang tidak berlapis kaca yang bersentuhan dengan mortar. Hal ini terkadang menyebabkan permukaan yang berlapis kaca terkelupas. Saat menggunakan unit pasangan bata berlapis kaca pada bagian luar bangunan, tanyakan kepada produsen untuk spesifikasi sambungan mortar; bahan kimia dapat ditambahkan ke campuran mortar untuk mengurangi penyerapan air.
7. Sambungan mortar pada pasangan batu dibentuk untuk membuat profil akhir. Namun, pembentukan ini lebih dari sekadar kosmetik: Pembentukan ini juga membantu sambungan mortar membuang air, dan memadatkan mortar pada permukaan sambungan, membuatnya lebih padat dan kurang menyerap air, serta menyegelnya lebih erat terhadap unit pasangan batu di kedua sisi. Di daerah beriklim dingin, sambungan yang tidak dipadatkan, seperti sambungan rata, miring, bergaris, dan terekstrusi, harus dihindari, karena terlalu menyerap. Sambungan miring dan bergaris juga tidak diinginkan karena cenderung memerangkap air. Profil cekung dan V adalah yang terbaik dari sudut pandang pelapukan.
8. Seperti sambungan mortar yang ditunjukkan pada gambar 7, dinding yang dibangun menggunakan bahan berpori, seperti kayu, pasangan bata, beton, dan plesteran, harus memiliki profil yang dapat mengalirkan air dengan cepat. Penopang dan penyangga terlihat menarik secara visual, tetapi dapat menyajikan rak kecil tempat air dapat menggenang dan diserap ke dalam mortar atau bahan dinding lainnya. Permukaan beton atau



pasangan bata yang retak akan jauh lebih berpori dan berprofil daripada versi yang tidak retak dari bahan yang sama.

9. Semakin banyak bahan yang menyerap, semakin curam Wash (Bab 1) yang harus digunakan, untuk mengalirkan air dengan cepat. Bahkan permukaan kecil yang menghadap ke langit harus kedap air, sangat miring, atau diberi detail agar mudah diganti saat rusak. Prinsip ini berlaku untuk pelapis tembok pembatas, kusen jendela, tutup cerobong asap, dan banyak elemen bangunan lainnya.
10. Bahan yang daya serapnya rendah juga lebih tahan terhadap grafiti atau noda lingkungan, dan umumnya lebih toleran terhadap metode pembersihan agresif, sehingga menjadi pilihan yang baik untuk bahan yang rentan terhadap grafiti dan noda lingkungan.
10. Masa pakai bahan penyerap dapat diperpanjang dengan mengurangi daya serapnya. Kayu berpori menjadi kurang menyerap saat dicat atau diwarnai. Unit pasangan bata beton dapat diproduksi dengan aditif dalam campuran yang mengurangi tingkat penyerapannya. Setelah konstruksi, dinding yang terbuat dari beton, pasangan bata, dan plesteran dapat dirawat dengan berbagai senyawa tembus bening untuk mengurangi daya serapnya, sambil tetap membiarkan uap keluar. Senyawa ini perlu diaplikasikan ulang secara berkala selama masa pakai bangunan.
11. Beberapa bahan memiliki butiran mikroskopis atau struktur pori yang membuat beberapa permukaan lebih menyerap daripada yang lain. Misalnya, butiran ujung sepotong pelapis kayu jauh lebih berpori daripada permukaannya yang lebar. Tepi strata batu pasir sedimen yang terbuka lebih berpori daripada permukaan yang sejajar dengan lapisan tersebut. Para detailer harus menutup ujung butiran yang terekspos pada rangka kayu kasau, atau mereka harus memotong kasau pada sudut tertentu, untuk meminimalkan paparan ujung butiran terhadap cuaca.

10.6 PERAKITAN YANG KOKOH

Tingkat penuaan bangunan sering ditentukan oleh redundansi perakitan multi-bagian yang digunakan untuk menahan kerusakan. Tidak seperti dinding penghalang monolitik tradisional, selubung eksterior kontemporer sering kali merupakan perakitan berlapis di mana setiap elemen menjalankan fungsi khusus. Fungsi-fungsi penting dapat ditangani dengan menggunakan lebih dari satu elemen, untuk meningkatkan kepastian bahwa fungsi ini akan dijalankan.

Pemisahan dan pelapisan elemen dapat mengurangi penuaan dini bangunan dengan dua cara. Kerusakan menyeluruh dapat dikurangi dengan menggunakan strategi primer dan sekunder, dan juga dengan mengizinkan elemen-elemen yang secara fungsional usang untuk ditingkatkan atau diganti agar sesuai dengan harapan kinerja yang berubah. Dukungan struktural, kedap air, isolasi termal, kontrol udara dan uap, ventilasi, distribusi layanan, dan fungsi-fungsi lainnya terjadi dalam lapisan-lapisan terpisah yang dapat dirinci dengan kinerja jangka panjang sebagai prioritas.

1. Untuk masa pakai yang maksimal, dinding rongga pasangan bata tidak hanya memiliki lapisan yang dibuat dengan baik untuk menahan sebagian besar air tetapi juga rongga yang bening dengan lapisan dan rembesan untuk mengarahkan air keluar. Ikatan logam

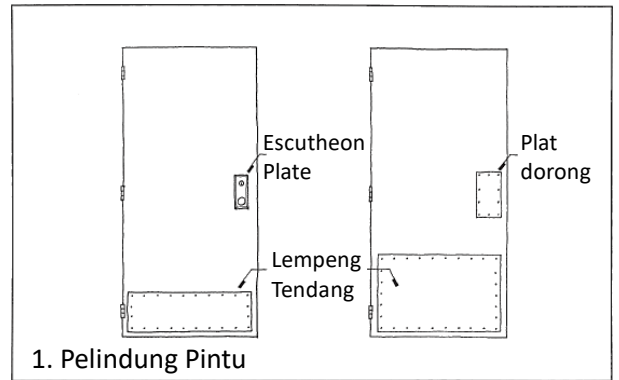
antara lapisan dan wythe cadangan pasangan bata harus terbuat dari baja tahan karat untuk menghindari korosi. Ikatan dua bagian yang dapat disesuaikan atau ikatan dengan tetesan yang terpasang di dalamnya menguntungkan karena melepaskan air sebelum dapat melintasi rongga ke wythe bagian dalam. Rongga dapat dibagi untuk menggunakan pemerataan tekanan guna menahan penetrasi hujan yang didorong angin. Rongga harus memungkinkan udara mengalir melaluinya untuk membawa uap air keluar. Wythe bagian dalam pasangan bata harus dilapisi dengan penghalang udara dan air yang diaplikasikan cairan untuk mengurangi kemungkinan masuknya uap air ke bagian dalam. Dinding ini tahan lama dan kokoh karena memiliki lapisan yang berlebihan dan berbagai strategi untuk menahan air, yang merupakan penyebab utama kerusakan dalam kasus ini.

2. Bahan mungkin tidak sempurna. Pengerjaan selama pemasangan mungkin tidak sempurna. Perawatan mungkin tidak sempurna. Perakitan bangunan masih dapat berfungsi, jika memiliki toleransi terhadap ketidaksempurnaan. Perakitan atau detail yang tipis, penghalang satu lapis tidak memiliki redundansi. Jika ini digunakan, perhatian yang sangat besar harus diberikan untuk memastikannya terperinci, terpasang, dan dirawat dengan sempurna.
3. Bangunan yang terperinci dengan baik memiliki peluang lebih baik untuk dirawat dengan baik. Bangunan tersebut sering kali bertahan lebih lama dari program awalnya, dan fungsi baru atau perbaikan teknis lebih mungkin diperkenalkan di dalamnya dengan hati-hati, bukan sebagai gangguan yang keras. Sebuah bangunan yang dibuat dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip dasar desain dan dibuat dari bahan yang sesuai untuk tugas tersebut akan menawarkan nilai bagi pengurusnya di masa mendatang. Bangunan yang tidak terperinci dengan baik lebih mungkin menjadi tidak sedap dipandang karena permukaannya dan sambungannya memburuk, membuat penghuni bangunan tidak bersemangat dan mendorong pemilik untuk menghindari perbaikan yang sulit atau mahal. Arsitek meningkatkan masa manfaat bangunan melalui perincian teknis yang kompeten dan dengan pemikiran yang disengaja mengenai pemeliharaan di masa mendatang.

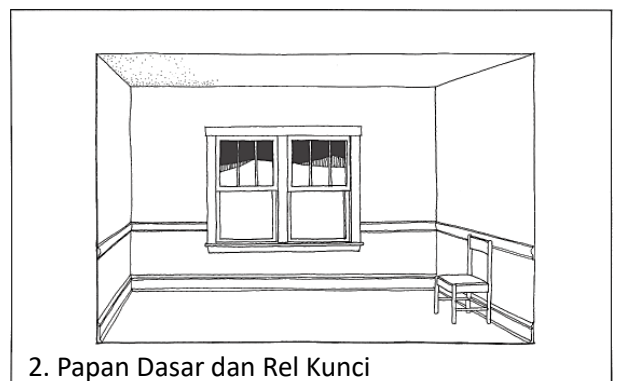
Pelindung Bangunan

Bangunan perlu diberi pelindung di bagian yang rentan ditendang atau lecet, didorong atau ditinju, dibentur, atau terciprat.

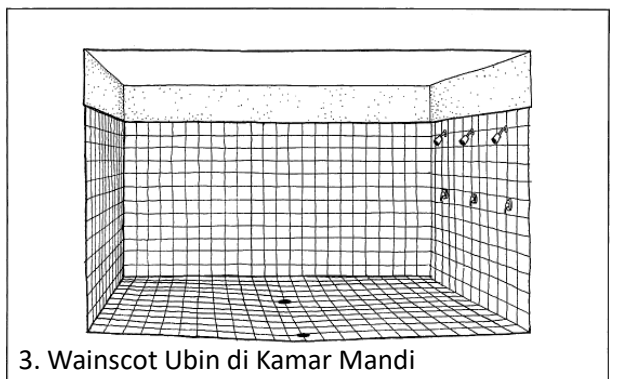
1. Pintu yang ramai di gedung publik mungkin memerlukan beberapa jenis pelindung: pelat escutcheon di sekitar kenop dan kunci, tempat tangan dan kunci bergesekan dan tergores; pelat dorong tempat orang mendorong pintu untuk membukanya; dan pelat tendang di bagian bawah.



2. Detail dasar dinding biasa menggunakan papan pinggir sebagai pelindung terhadap pel gosok, nosel penyedot debu, kaki furnitur, dan kaki yang beterbangan. Ruang makan tradisional menambahkan cetakan rel kursi kayu di sekitar dinding pada garis tempat bagian belakang kursi dapat menggores plester atau panel.

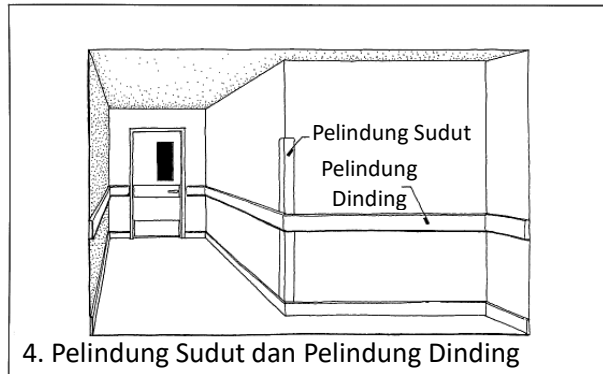


3. Sebagian besar wainscoting kontemporer merupakan bentuk pelindung. Pelindung ini dapat terbuat dari penutup dinding vinil, ubin, pasangan bata beton, atau batu. Sering kali tujuannya adalah untuk membuat dinding kuat dan mudah dibersihkan di area yang akan digosok, ditusuk, ditendang, dan ditabrak. Terkadang, pelindung ini dimaksudkan untuk membuat dinding kedap air di area basah bangunan.



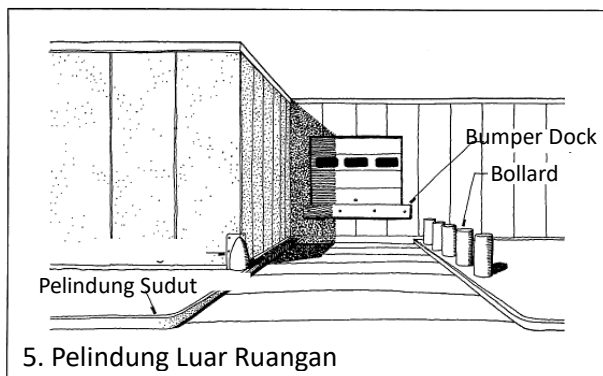
4. Rumah sakit dan panti jompo menggunakan pelindung sudut dan pelindung dinding untuk melindungi dinding dari kursi roda, brankar, kereta dorong, dan peralatan pembersih.
5. Bentuk pelindung bangunan luar ruangan meliputi trotoar dan tiang pembatas untuk membatasi kendaraan di jalan dan jalan masuk, serta pelindung sudut, tiang pelindung, dan bumper dermaga tempat kendaraan diizinkan mendekati bangunan.

6. Sebaiknya hindari warna dan lapisan luar di area dengan lalu lintas tinggi yang permukaannya cenderung rusak. Permukaan yang aus dan terkelupas akan memperlihatkan warna atau tekstur bagian dalam yang berbeda dari bagian luar, sehingga noda semakin terlihat. Bata dengan lapisan pasir, beton berpigmen permukaan, dan EIFS adalah material yang dilapisi di permukaan; material tersebut harus dihindari di area dengan lalu lintas tinggi.



4. Pelindung Sudut dan Pelindung Dinding

7. Papan luncur dan sepatu roda dapat merusak tangga luar ruangan, dinding, dan fitur



5. Pelindung Luar Ruangan

lanskap, kecuali permukaannya dibuat tidak sesuai untuk aktivitas yang merusak. Elemen yang tahan lama dapat ditanamkan ke dalam material konstruksi atau diamankan ke permukaan untuk mencegah penyalahgunaan. Tepi yang paling rentan terhadap penyalahgunaan dapat diberi detail dengan rusuk integral, alur, tonjolan, atau pelindung yang dibuat sebelumnya untuk menghilangkan luncuran yang panjang dan terus-menerus.

Perlindungan terhadap Peristiwa Ekstrem

Massa, permukaan, dan detail bangunan sering kali dibentuk oleh kondisi tidak biasa yang jarang terjadi, mungkin hanya beberapa kali selama masa pakai bangunan. Tentu saja, perancang bangunan memperhatikan kondisi yang biasa, tetapi mereka juga harus membuat bangunan yang memiliki peluang untuk bertahan dari kondisi yang luar biasa tetapi masuk akal. Cara terbaik untuk menghindari kerusakan akibat peristiwa ekstrem adalah dengan membangun jauh dari peristiwa tersebut.

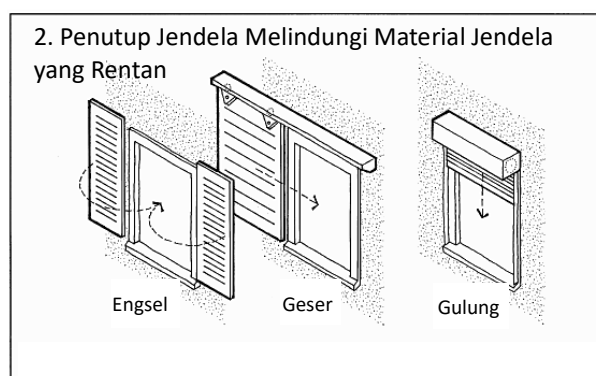
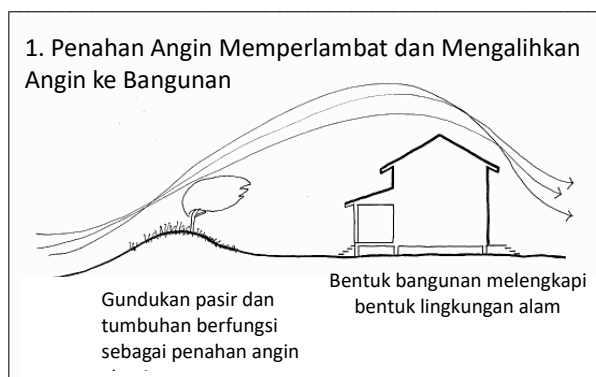
Namun, banyak lokasi bangunan yang rentan terhadap ancaman setidaknya satu peristiwa ekstrem, jadi perancang harus mencoba mempersiapkan diri untuk menghadapinya. Banyak peristiwa ekstrem yang sangat jarang terjadi sehingga tidak praktis untuk mengarahkan sumber daya ke peristiwa tersebut. Bangunan juga tidak boleh diharapkan untuk dirancang agar tahan terhadap peristiwa alam atau buatan manusia yang kekuatan destruktifnya sangat ekstrem sehingga tindakan pencegahannya tidak masuk akal atau akan secara tidak proporsional mendistorsi kualitas bangunan dari kebutuhan normatifnya.

Namun, untuk lokasi tertentu, ancaman badai musim dingin, angin kencang dan hujan, serta banjir akibat badai dapat diperkirakan secara wajar berdasarkan sejarah masa lalu.

Desain bangunan dalam lingkungan seperti itu harus berupaya memenuhi tantangan yang diharapkan.

1. Angin dapat merusak bangunan secara langsung tetapi juga dapat merusak bangunan secara tidak langsung melalui puing-puing yang beterbangan di udara. Beberapa strategi desain terperinci dapat membantu mengurangi kekuatan angin ekstrem dan melindungi bagian bangunan yang rentan.

Penahan angin yang terletak di arah angin dari bangunan dapat mengarahkan arus udara utama ke atas dan di sekitar bangunan, dan dapat memperlambat udara yang melewati penahan angin. Penahan angin dapat berupa alam atau buatan. Elemen alam yang dapat berfungsi sebagai penahan angin meliputi vegetasi yang lebat, seperti pohon dan semak, atau bukit pasir, gundukan, atau tanggul. Elemen buatan dapat meliputi dinding, pagar, atau layar. Untuk efektivitas maksimum, penahan angin dapat dikonstruksikan sesuai dengan bentuk atap atau dinding bangunan untuk membelokkan udara ke atas atau di sekitar bangunan.



2. Kaca eksterior yang rapuh sangat rentan terhadap serpihan yang terbawa angin kencang. Jendela yang pecah dapat menyebabkan tekanan pada bagian dalam bangunan, yang dapat menyebabkan bagian lain dari selubung bangunan, seperti selubung, terlepas.

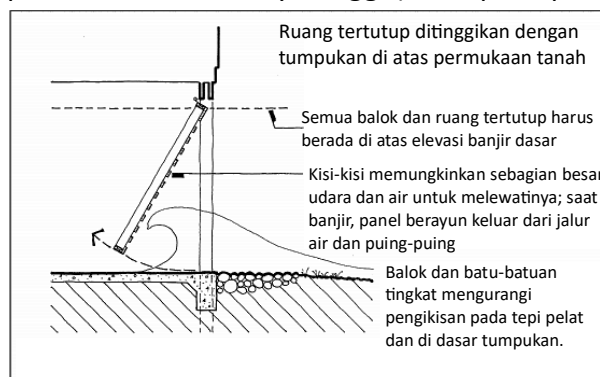
Metode tradisional perlindungan jendela, seperti penutup jendela, telah digunakan selama berabad-abad untuk melindungi kaca dari angin dan serpihan yang terbawa angin. Solusi kontemporer untuk mencapai hal ini meliputi kisi-kisi, panel geser, penutup jendela gulung, atau elemen lain yang lebih rumit. Strategi dasarnya adalah melindungi material yang rentan untuk sementara dengan material yang lebih kuat.

3. Saat mendesain di area yang rawan angin kencang, pilih bahan atap dan dinding yang tidak akan menjadi puing-puing berbahaya yang terbawa angin kencang. Bahan lembaran dapat menunjukkan kualitas seperti layar dan harus diamankan dengan andal ke struktur. Elemen-elemen individual seperti dinding dan atap sirap kayu mengurangi kekuatan setiap serpihan dan dapat dengan mudah diganti secara bertahap. Atap membran harus direkatkan sepenuhnya atau diikat secara mekanis,

daripada diamankan dengan pemberat batu, yang dapat dengan mudah diangkat dan diubah menjadi proyektil oleh angin kencang.

4. Di area yang rawan banjir, panel yang dapat lepas dan pinggiran dapat digunakan di dekat permukaan tanah agar air banjir dapat mengalir di bawah bangunan tanpa mentransfer beban lateral ke struktur bangunan. Panel yang dapat lepas dikorbankan untuk menghindari kegagalan struktur primer. Di zona bahaya tinggi (ditetapkan pada

peta FEMA sebagai zona V atau VE, yang menunjukkan bahwa zona tersebut berada di dataran banjir 100 tahun), pemilik bangunan diizinkan untuk menutup sebagian bangunan yang berada di dalam dataran banjir, asalkan ruang tersebut merupakan tempat penyimpanan atau parkir tanpa AC dan ditutup dengan rakitan yang dapat dilepas. Dinding yang dapat dilepas, kisi-kisi, atau kasa



4. Panel yang Dapat Dilepas Memungkinkan Air Banjir Melewati Bawah Bangunan

serangga di lokasi ini harus terlepas dari struktur utama saat dibebani antara 10 dan 20 pon per kaki persegi (479–958 Pa). Meskipun tidak diwajibkan, sebaiknya elemen-elemen ini diengsel atau ditambatkan ke sesuatu yang stabil sehingga tidak terbawa ke hilir dan menyebabkan kerusakan di tempat lain.

5. Turbulensi air banjir sering kali menyebabkan pengikisan atau erosi di sekitar tiang pancang atau kolom yang menopang lantai yang ditinggikan. Dasar elemen-elemen ini harus cukup dalam untuk menahan pengikisan. Pelat tanah diizinkan di dataran banjir, asalkan tidak melekat pada struktur bangunan utama. Erosi tanah pada tepi pelat tanah tetap dapat terjadi, sehingga pelat harus diperkuat untuk menjangkau rongga tersebut.

BAB 11

KEMUDAHAN PERAKITAN

Kemudahan perakitan penting karena detail yang sulit dibangun kemungkinan besar mahal dan sering kali dikerjakan dengan buruk. Detail yang disatukan dengan cara yang mudah dan santai lebih ekonomis dalam hal tenaga kerja dan umumnya akan dikerjakan dengan baik. Ada 10 pola detail yang berkaitan dengan kemudahan perakitan. Nama-namanya hampir dapat dijelaskan sendiri, karena pola-pola ini membahas masalah-masalah yang masuk akal tentang penyederhanaan, pengurangan upaya, dan penyediaan ruang yang cukup bagi pekerja untuk melakukan pekerjaan mereka.

Umumnya lebih mudah untuk merakit elemen-elemen yang memiliki fitur-fitur umum. Pilihlah sekelompok material atau komponen yang memiliki sifat fisik yang sama, seperti batu bata dan blok beton, atau yang dirancang untuk disambung dengan mudah, seperti komponen pelapis kaca dan aluminium. Ini kompatibel karena berasal dari sumber yang sama atau telah disempurnakan melalui penggunaan dalam proyek-proyek sebelumnya. Skala proyek dapat memengaruhi cara Anda menerapkan pola-pola ini.

Dalam proyek kecil seperti rumah, pembangun mungkin memiliki beragam keterampilan dan dapat memasang segala sesuatu mulai dari elemen kasar hingga elemen yang sudah jadi di dalam bangunan. Dalam proyek semacam itu, fitur khusus yang dibuat oleh perajin yang memiliki keterampilan umum mungkin lebih memungkinkan. Dalam proyek yang lebih besar, setiap subsistem kemungkinan besar akan dipasang oleh kru pekerja khusus yang berbeda. Apa pun skala bangunan atau tingkat keunikan fiturnya, detail harus mewakili cara termudah untuk mencapai kondisi akhir yang diinginkan.

Pola dalam kelompok ini akan membantu perancang mengantisipasi tantangan yang dihadapi oleh mereka yang membangun proyek. Setiap pola akan dijelaskan nanti dalam bab ini.

- Unit yang Belum Dipotong
- Jumlah Minimum Komponen
- Komponen yang Mudah Ditangani
- Perakitan yang Diulang-ulang
- Perakitan yang Disimulasikan
- Perakitan yang Dapat Diamati
- Sambungan yang Dapat Diakses
- Perincian untuk Pembongkaran
- Izin Pemasangan
- Sistem yang Tidak Berkonflik

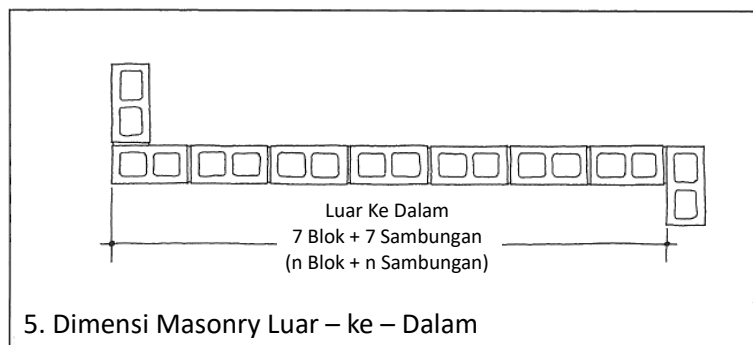
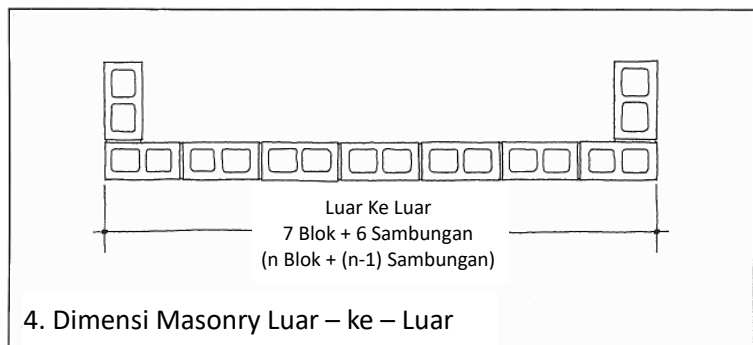
11.1 UNIT YANG BELUM DIPOTONG

Dengan material tertentu, menghemat waktu dan uang untuk merinci sedemikian rupa sehingga hanya sedikit, jika ada, unit material yang perlu dipotong.

1. Produk siap pakai, seperti kayu, papan gipsum, kayu lapis, dan unit pasangan bata, semuanya diproduksi dengan dimensi standar yang harus diperhitungkan oleh para desainer. Produk lain, seperti dek lantai inti berongga beton pracetak, bekisting beton cetak di lokasi, dan panel atap logam bergelombang, juga memiliki dimensi standar industri yang harus dipatuhi oleh detailer. Bekerja dengan dimensi standar material bangunan meminimalkan kebutuhan untuk memotongnya. Bentuk standar produk yang diproduksi juga harus dipatuhi. Unit pasangan bata beton persegi panjang dapat dengan mudah membuat persimpangan T dan L tetapi mengalami kesulitan membuat persimpangan sudut ganjil, atau kurva radius pendek. Teluk struktural dari tee ganda beton pracetak paling mudah dibangun jika berbentuk persegi panjang dalam denah dan memiliki dimensi yang merupakan kelipatan dari lebar elemen pracetak.
2. Bila material dengan ukuran yang berbeda-beda akan digabungkan dalam suatu rakitan, pilih produk yang memiliki modul dimensi yang sama. Dimensi berbagai material harus berupa kelipatan bilangan bulat dari modul ini, atau harus menghasilkan bilangan bulat bila dibagi menjadi modul. Sering kali modul material yang paling kasar (terbesar) mengatur dimensi bangunan. Misalnya, pada dinding yang terbuat dari batu bata dan pasangan bata beton, modul yang mengatur adalah blok beton, yang lebih besar dari batu bata.
3. Pasangan bata dan pasangan bata beton harus diberi dimensi dan perincian sehingga tidak perlu memotong batu bata dan blok. Hal ini sering kali melibatkan penyesuaian kecil pada dimensi bangunan, serta pada ukuran dan jarak bukaan seperti pintu dan jendela.

4. Pasangan bata beton harus diberi dimensi dalam kelipatan 8 in. (203 mm), dengan melakukan koreksi kecil untuk ketebalan sambungan mortar bila diperlukan.

Sepanjang keseluruhannya, dari sudut luar ke sudut luar, dinding blok beton memiliki satu sambungan mortar lebih sedikit daripada blok, jadi $\frac{3}{8}$ in. (9 mm) harus dikurangi



dari panjang nominal dinding untuk mendapatkan dimensi sebenarnya.

5. Antara sudut luar dan sudut dalam, dinding pasangan bata beton memiliki jumlah sambungan mortar yang sama dengan blok, jadi panjang dinding yang sebenarnya sama dengan panjang nominal. Dengan kata lain, panjangnya akan menjadi kelipatan tepat 8 in. (203 mm).
6. Bukaan pada dinding pasangan bata beton memiliki satu sambungan mortar lebih banyak daripada blok. Oleh karena itu, dimensi nominal harus ditingkatkan sebesar $\frac{3}{8}$ in. (9 mm) untuk menemukan dimensi sebenarnya. Prinsip yang sama berlaku untuk dimensi dalam antara dinding pasangan bata.
7. Prinsip-prinsip dimensi umum yang baru saja

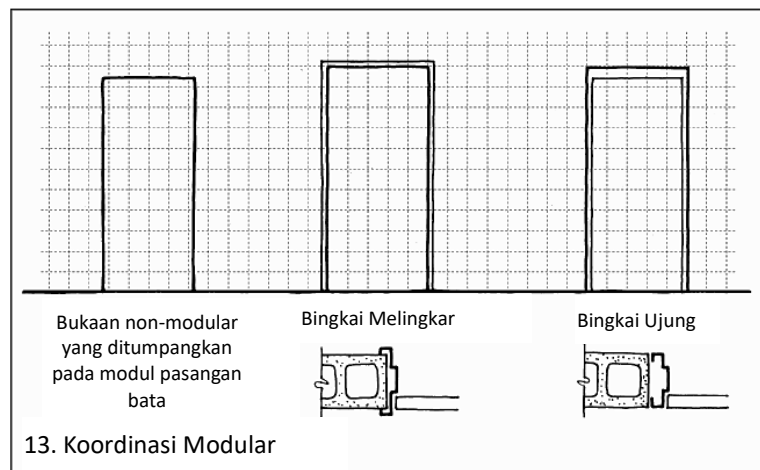


dijelaskan juga berlaku untuk batu bata, batu, dan jenis-jenis pasangan batu lainnya. Prinsip-prinsip tersebut juga berlaku untuk terakota, atau produk keramik lainnya yang digunakan dalam layar hujan berventilasi. Dalam aplikasi ini, sambungan terbuka digunakan sebagai pengganti sambungan mortar, tetapi sambungan ini memainkan peran yang sama sebagai dimensi residual antara elemen-elemen yang diproduksi tanpa dipotong. Tenaga kerja yang dibutuhkan untuk memotong bahan-bahan ini dapat meningkatkan biaya pemasangan di tempat unit sebanyak sepuluh kali lipat. Sebelum menyiapkan detail, tentukan jenis unit pasangan batu yang akan Anda gunakan dan berapa dimensinya. Tentukan dimensi sambungan mortar atau sambungan standar. Kemudian catat setiap dimensi pada gambar, baik sebagai jumlah unit pasangan batu maupun sebagai kaki dan inci (atau milimeter). Hal ini membuat pekerjaan lebih mudah bagi tukang batu, dan meningkatkan kemungkinan bahwa dinding akan dibangun sebagaimana dimaksudkan.

8. Bahkan untuk bahan-bahan yang mudah dipotong, seperti papan gipsum, akan lebih ekonomis untuk bekerja dengan unit-unit yang belum dipotong sebanyak mungkin. Dinding setinggi 8 kaki (2440 mm) dapat dengan mudah dilapisi dengan dua lembar papan gipsum horizontal yang belum dipotong. Dinding setinggi 8 kaki 6 inci (2591 mm) memerlukan tambahan potongan papan sempit yang memerlukan waktu untuk dipotong dan tidak cukup kaku. Selain itu, karena kebutuhan untuk menggunakan tepi papan yang meruncing pada semua sambungan ujung, hanya dua potongan tepi 6 inci (152 mm) yang dapat dipotong dari papan, dan 75 persen papan harus dibuang. Dinding setinggi 10 kaki (3 m) dapat dibangun tanpa limbah dan dengan pemotongan minimum, karena lembaran yang dibelah memanjang dapat dimanfaatkan sepenuhnya untuk menutupi ketinggian tambahan 2 kaki (610 mm) pada dua dinding.
9. Jika denah lantai bangunan rangka kayu dapat diukur dalam kelipatan 4 kaki (1220

mm), beberapa lembar sublantai harus dipotong, dan akan ada sedikit limbah. Skema dimensi ini juga meminimalkan pemborosan material balok, yang hanya disediakan dalam panjang kelipatan 2 kaki (610 mm).

10. Hampir mustahil untuk menghilangkan pemotongan sepenuhnya pada semua material berbeda yang digunakan dalam sebuah bangunan. Sulit untuk membuat lantai ruangan menjadi berdimensi yang sama untuk unit ubin keramik, misalnya. Pemasang ubin terbiasa harus memotong semua ubin di sekeliling tepi ruangan. Hal yang sama berlaku untuk ubin komposisi vinil, ubin langit-langit, kertas dinding, papan pinggir, dan banyak material pelapis interior lainnya.
11. Dalam proyek yang dirancang untuk menggunakan pelapis beton pracetak, panel dinding gorden terpadu, atau lengkungan laminasi lem, modul dimensi tidak ditentukan sebelumnya oleh pabrikan. Sebaliknya, modul dibuat oleh perancang untuk proyek tersebut dan kemudian digunakan berulang kali dalam proyek untuk mencapai skala ekonomis. Setelah dibuat, proses produksi akan menghasilkan elemen yang memerlukan sedikit atau tanpa pemotongan.
12. Tepi dan permukaan yang dipotong mungkin tidak sesuai untuk dilihat atau terkena cuaca. Tepi yang dipotong sering kali masih mentah dan memiliki kualitas permukaan yang berbeda dari kondisi yang diproduksi pabrik, dan mungkin tidak tahan cuaca. Oleh karena itu, tepi tersebut mungkin perlu ditempatkan di posisi yang terlindungi atau tersembunyi dalam perakitan.
13. Material atau produk dari sumber yang berbeda mungkin memiliki kesamaan terbatas terkait dimensi produk. Jika dimensi yang kompatibel tidak dapat ditemukan, pertimbangkan untuk mengubah desain sedikit agar sesuai dengan dimensi modular. Misalnya, unit pintu dan rangka berukuran 3 × 7 kaki (914 × 2.134 mm) pada dinding pasangan bata beton dapat ditingkatkan menjadi 3 kaki 4 inci × 7 kaki 4 inci (1.016 × 2.235 mm) agar sesuai dengan modul pasangan bata beton. Dalam kasus ini, rangka pintu melingkar yang sesuai dengan bukaan pasangan bata digunakan. Sebagai alternatif, rangka pintu tipe pantat dapat digunakan untuk membuat penyesuaian yang diperlukan guna mengisi ruang antara ukuran pintu asli dan modul pasangan bata. Dalam kasus ini, rangka dapat setebal 2 inci (51 mm) pada kedua kusen



dan 4 inci (102 mm) pada bagian kepala. Kedua solusi ini lebih baik daripada memotong semua unit pasangan bata di sekitarnya.

14. Layar hujan berventilasi tidak memerlukan penutup kedap air pada material yang menghadap pada bukaan atau sudut. Elemen yang belum dipotong dapat saling melewati di sudut dan menggunakan penutup (lihat Penutup, Bab 12) untuk memisahkannya satu sama lain. Panel langit-langit akustik persegi panjang dapat digantung di atas bagian yang bising dari ruangan yang bentuknya tidak beraturan, tidak menyentuh dinding pembatas. Ini menghilangkan kebutuhan untuk memotong bagian yang seharusnya memotong dinding.

Jumlah Komponen Minimum

Semakin sedikit jumlah komponen yang dibutuhkan suatu detail, proses konstruksi cenderung akan semakin efisien dan bebas masalah.

1. Seorang pekerja konstruksi yang sedang merakit sambungan di sebuah bangunan perlu memiliki semua komponen yang dibutuhkan di dekat mereka. Semakin sedikit jumlah komponen yang ada, semakin sedikit waktu yang dihabiskan untuk mencari barang yang salah tempat atau mengisi kembali persediaan yang habis, dan, secara umum, semakin sedikit peralatan yang dibutuhkan. Seorang tukang kayu rangka harus memiliki setidaknya tiga ukuran paku biasa yang tersedia setiap saat, serta pistol paku, palu, pita pengukur, persegi, dan pensil. Barang-barang ini dibawa pada sabuk perkakas sehingga selalu dekat dengan mereka. Ini berjalan cukup baik, karena tukang kayu melakukan serangkaian operasi standar dan dapat mengandalkan sabuk perkakas sebagai pengatur. Namun, jika detail rangka khusus memerlukan beberapa ukuran sekrup serta paku, sabuk perkakas tidak lagi memiliki kantong yang cukup, dan efisiensi tukang kayu menurun.
2. Dalam operasi seperti memasang kusen jendela aluminium, pemasang mungkin memerlukan satu atau lebih kunci inggris, satu atau lebih obeng, palu karet, alat untuk memasukkan gasket karet, level, pita pengukur, dan berbagai macam komponen: bagian kusen jendela, sudut penyambung, ganjal, baut, sekrup, dan gasket. Jumlah komponen dan alat yang berbeda ini harus dibatasi seminimal mungkin. Sangat penting untuk menghindari komponen yang sedikit berbeda satu sama lain sehingga mudah tertukar, seperti sekrup sepanjang 1 inci dan 1 1/8 inci (25 dan 29 mm) dengan diameter dan gaya kepala yang sama.
3. Pola dinding pasangan bata yang memerlukan tiga jenis batu bata dan dua warna mortar akan menguji kesabaran tukang batu. Tidak akan ada cukup ruang di tempat kerja tukang batu untuk menyimpan lima jenis material yang berbeda dalam jangkauan, dan pola yang rumit seperti itu akan menghadirkan banyak peluang terjadinya kesalahan-kesalahan yang sulit dan mahal untuk diperbaiki.
4. Ketika panel beton pracetak digunakan untuk melapisi bangunan, lebih baik membuat lebih sedikit panel dengan ukuran yang lebih besar daripada menggunakan lebih banyak panel kecil. Ukuran panel yang besar mengurangi jumlah penanganan dan koordinasi; jumlah sambungan ke rangka bangunan juga berkurang. Untuk menghindari tampilan yang monoton pada elevasi, panel besar dapat dirancang

dengan berbagai pola atau perlakuan permukaan, atau dapat menggabungkan sistem jendela.

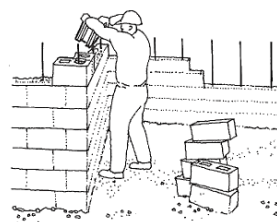
5. Akibat wajar dari pola ini adalah jika ada lebih sedikit bagian dalam bangunan, maka setiap bagian harus menjalankan lebih banyak fungsi. Elemen yang hanya menjalankan satu fungsi, kecuali yang penting, sering kali dihilangkan dari desain, terutama ketika kendala ekonomi menonjol.
6. Tren dinding eksterior kontemporer adalah terdiri dari lebih banyak lapisan daripada pendahulunya, dinding penghalang monolitik seabad yang lalu. Harapan kinerja yang lebih tinggi saat ini sering kali tercapai dengan menggunakan beberapa produk khusus, daripada menggunakan sejumlah kecil produk dengan kinerja yang lebih rendah. Namun, ketika dua atau tiga tugas fungsional dapat dicapai dengan satu produk, kami memanfaatkan peluang ini. Misalnya, kontrol udara dan air sering kali dapat dicapai dengan menggunakan satu membran sintetis. Bahkan lebih baik jika terdiri dari lembaran besar atau membran yang diaplikasikan secara terus-menerus dengan cairan, daripada banyak bagian kecil yang harus disambung dengan cermat dan ditumpuk untuk berfungsi sebagai lapisan kontrol yang berkelanjutan.
7. Salah satu strategi untuk mengurangi jumlah komponen dalam bangunan adalah dengan menggunakan subrakitan prafabrikasi. Konstruksi bangunan berkembang ke arah penggunaan komponen prarakitan yang lebih banyak yang terdiri dari elemen-elemen yang lebih kecil. Penggunaan rakitan bangunan terpadu ini dimaksudkan untuk mempercepat penyelesaian bangunan tanpa meningkatkan biaya atau mengorbankan kualitas. Dengan pendekatan ini, bagian-bagian bangunan yang secara teknis lebih rumit dapat dirakit terlebih dahulu di pabrik, menggunakan teknik yang lebih khusus atau lebih presisi daripada di lapangan. Bagian-bagian ini kemudian diangkut ke lokasi untuk dipasang. Panel dinding setinggi lantai yang terdiri dari jendela, pelapis eksterior, insulasi, dan kabel dapat dipasang dalam satu langkah cepat. Jumlah bagian berkurang, tetapi setiap bagian dilengkapi untuk menjalankan berbagai fungsi yang lebih banyak.

Komponen yang Mudah Ditangani

Pekerja detail harus selalu menyadari ukuran dan berat komponen bangunan, dan apa yang diperlukan di lokasi kerja untuk menanganinya.

1. Ukuran, bentuk, dan berat batu bata standar bergantung pada dimensi dan kemampuan tangan manusia. Tukang batu bekerja secara efisien dan nyaman dengan memegang sekop di satu tangan sambil mengangkat dan meletakkan batu bata berulang kali dengan tangan lainnya. Jika batu bata yang ditentukan jauh lebih besar, tukang

1. Beban Berat dan Postur Tubuh yang Tidak Tepat Menyebabkan Cedera dan Hasil Kerja yang Buruk



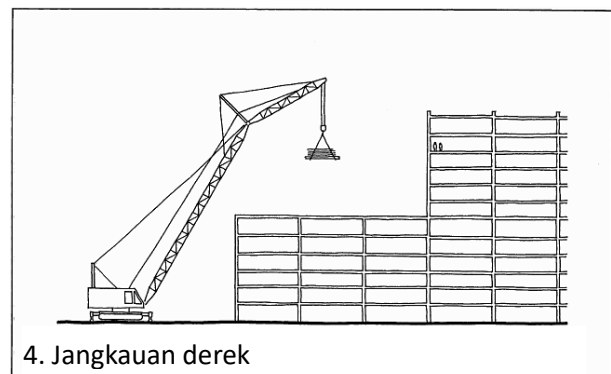
Unit pasangan beton berbentuk A atau H dapat ditentukan

batu mungkin akan lebih cepat lelah, memiliki masalah otot, dan mengalami kesulitan dalam menjaga kesejajaran batu bata yang tepat di dinding.

Elemen konstruksi dengan berat sedang mungkin sulit ditangani jika berada di luar "zona kekuatan" ergonomis, yang dekat dengan tubuh dari pertengahan paha hingga pertengahan batang tubuh. Jika pekerja harus mengangkat blok beton normal tinggi di atas kepala untuk memasang saluran vertikal atau tulangan melalui sel sebelum menempatkan unit ke dalam mortar setinggi pinggang, bahu dan punggung mereka akan terganggu, demikian pula kualitas pekerjaan mereka. Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (OSHA) tidak menetapkan batasan absolut pada berat benda yang diangkat, tetapi menyatakan bahwa mengangkat beban yang lebih berat dari 50 lbs (22,7 kg) akan meningkatkan risiko cedera. OSHA merekomendasikan agar beban yang lebih berat diangkat oleh dua pekerja atau lebih, dan tugas dirotasi di antara anggota kru. Banyak serikat pekerja memiliki aturan kerja mengenai berat maksimum berbagai jenis bahan dan peralatan, dan ini harus diperhitungkan.

2. Komponen yang sangat kecil harus dihindari, terutama jika lokasi kerja mungkin gelap, basah, atau dingin, sehingga sulit untuk melihat dan menangani komponen tersebut. Komponen seukuran penjepit harus dihindari sama sekali. Komponen seukuran jari, seperti paku, sekrup, baut, dan mur, mudah ditangani dalam suhu hangat hingga sedang dan dalam cahaya yang cukup. Komponen seukuran tangan, seperti sirap kayu, batu bata, dan ubin, ideal untuk ditangani oleh pekerja. Blok beton, tiang kayu, papan ber dinding papan, atau panel tripleks memerlukan penggunaan kedua tangan, yang dapat diterima tetapi kurang diinginkan, karena memerlukan meletakkan alat untuk mengangkat komponen tersebut. Beberapa komponen memerlukan dua orang untuk menanganinya: blok beton jumbo, panel dinding setebal penuh, rangka dinding atau partisi, atau lembaran kaca besar. Ini masuk akal dalam sebagian besar situasi. Lembaran kaca yang sangat besar menantang karena berat dan kerapuhannya. Mereka mungkin memerlukan peralatan khusus untuk dipindahkan dengan aman. Komponen yang memerlukan tiga pekerja atau lebih sulit dan membuang-buang waktu.
3. Kerekan dan derek tersedia dalam berbagai konfigurasi, jangkauan, kapasitas angkat, dan kemampuan manuver. Komponen yang memerlukan penggunaan derek harus dihindari, kecuali jika ada derek di lokasi untuk mengangkat banyak komponen lainnya juga. Kadang-kadang, tentu saja, menyewa derek untuk mengangkat satu komponen besar ke tempatnya adalah hal yang ekonomis atau tidak dapat dihindari, tetapi situasi seperti itu harus dipelajari dengan saksama, karena waktu derek mahal.

4. Derek dan kerekan harus dipilih dan



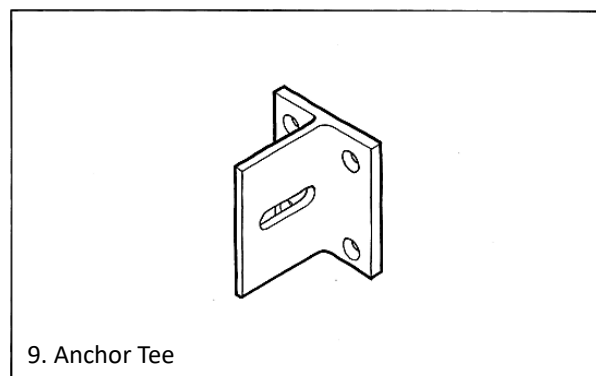
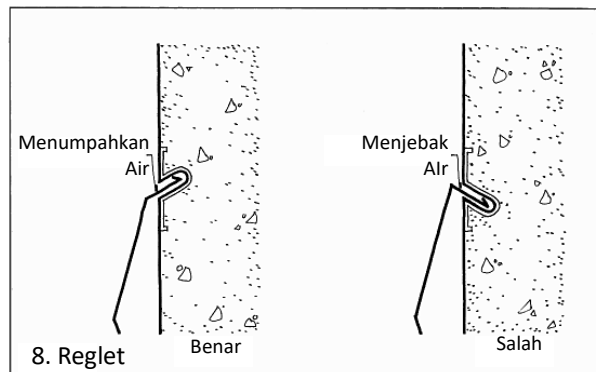
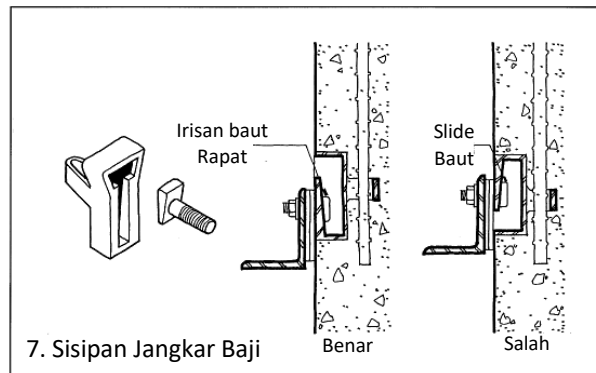
4. Jangkauan derek

ditempatkan di lokasi sehingga dapat mengangkat komponen yang dibutuhkan dan menempatkannya di tempat yang diinginkan. Ini sebagian besar merupakan urusan kontraktor, tetapi detailer harus memastikan bahwa semua detail yang memerlukan pengangkatan derek berada dalam jangkauan lokasi derek yang memungkinkan. Mengangkat material melewati bagian bawah bangunan untuk mencapai bagian yang lebih tinggi merupakan masalah umum. Kabel listrik dan telepon di atas kepala juga dapat menghambat kerja derek.

5. Komponen bangunan harus berukuran sesuai dengan moda transportasi yang tersedia. Lebar dan jarak bebas jalan raya mengatur ukuran dan berat truk, yang selanjutnya menentukan ukuran maksimum sebagian besar komponen bangunan. Di seluruh negeri ini, dimensi umum yang diizinkan di jalan raya antarnegara bagian dan jalan raya utama adalah lebar 8 kaki, tinggi 13,5 kaki, panjang keseluruhan 75 kaki, dan panjang trailer 48 kaki (lebar 2,4 m, tinggi 4,1 m, panjang keseluruhan 22,9 m, dan panjang trailer 14,6 m). Muatan yang berukuran besar dapat diangkut dengan truk dalam beberapa situasi, dengan biaya dan izin yang menyertainya; denda biaya tambahan dikenakan untuk pengiriman di luar jam kerja dan pengawalan polisi khusus. Jalan dan jembatan yang melayani lokasi konstruksi terkadang membatasi panjang dan berat komponen konstruksi. Tongkang atau gerbong kereta api dapat digunakan untuk mengangkut komponen berukuran besar ke beberapa lokasi konstruksi tepi laut dan rel kereta.
6. Bukaannya sangat berkaitan dengan ukuran komponen. Bahkan di rumah biasa, bukaan sementara harus dibiarkan di dinding luar setiap lantai agar truk pengiriman dapat mengangkat tumpukan papan gipsium ke bagian dalam bangunan; ini bisa berupa jendela besar atau bukaan pintu, atau mungkin perlu membiarkan sebagian dinding tidak berbingkai dan tidak berselubung. Unit bak mandi dan pancuran standar satu bagian hanya dapat digunakan jika dipasang sebelum rangka bagian dalam selesai. Setelah partisi diberi bingkai dan papan dinding terpasang, bak mandi satu bagian tidak dapat lagi dibawa masuk, dan unit tiga bagian harus digunakan sebagai gantinya. Pemasangan beberapa peralatan bangunan besar seperti boiler dan kipas angin, atau perabotan besar seperti piano atau meja konferensi, dapat mengharuskan pelapis dinding dan partisi dihilangkan sementara dari area tertentu. Ingat juga bahwa perabotan dan peralatan besar sering kali perlu diganti selama masa pakai bangunan. Pintu berpasangan tanpa astragal tetap menghasilkan bukaan lebar dengan mudah. Penempatan jendela besar yang strategis atau pengelompokan beberapa jendela kecil menjadi satu set yang dapat dipindahkan dapat dipertimbangkan.
7. Kemudahan penanganan mencakup pertimbangan kemungkinan bahwa komponen dapat secara tidak sengaja dipasang terbalik atau terbalik. Sisipan jangkar baji yang dipasang dalam bekisting sebelum beton dituang tidak berguna dan tidak mungkin diganti jika dipasang terbalik. Sisipan tersebut harus dibuat dengan indikasi UP yang jelas, dan pemberi detail harus membuat catatan untuk disampaikan kepada pengawas

konstruksi agar memeriksa pemasangan komponen ini dengan sangat hati-hati sebelum beton dituang.

8. Komponen reglet juga rentan terhadap pemasangan terbalik.
9. Jika memungkinkan, detail komponen sehingga simetris dan dapat dipasang di kedua arah, atau sehingga tidak simetris dengan cara yang hanya memungkinkannya dipasang dengan benar. Tee jangkar dinding gorden ini tidak dapat dipasang terbalik, karena simetris: Kedua cara akan berfungsi. Jika jarak vertikal antara lubang baut berbeda dari jarak horizontal, maka tidak mungkin untuk melakukan kesalahan dengan memasangnya secara menyamping.



11.2 PERAKITAN BERULANG

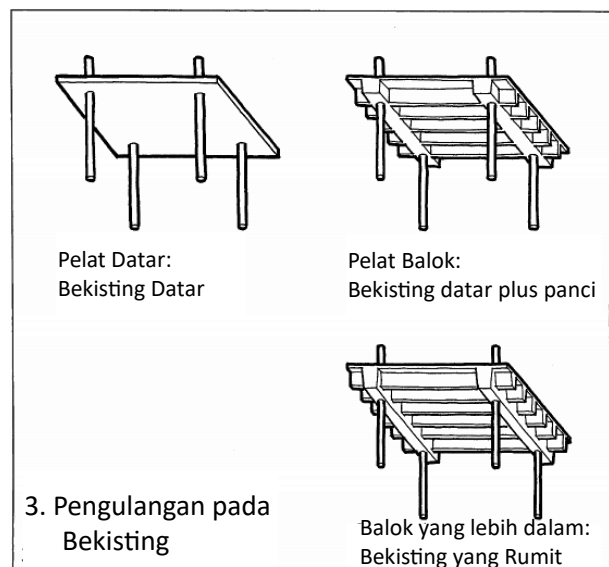
Jika semua pertimbangan lain sama, detail yang diulang-ulang oleh pekerja konstruksi lebih ekonomis dan lebih sedikit rawan kesalahan daripada detail yang tidak berulang.

1. Kondisi khusus sering kali menyebabkan kesalahan dalam konstruksi. Rangka lantai baja yang semua balok pengisinya berukuran sama, dengan satu pengecualian, cenderung berakhir dengan balok khusus di tempat yang salah, kecuali detail sambungan untuk satu balok tersebut cukup khusus untuk mencegah kesalahan. Karena alasan ini, balok pengisi biasanya direkayasa agar semuanya berukuran sama,



- meskipun ini berarti sedikit tidak ekonomis dalam bobot baja. Prinsip yang sama berlaku untuk pola batang tulangan pada balok dan pelat yang berulang.
2. Cara termudah dan paling tidak rawan kesalahan bagi tukang batu adalah memasang lapisan ikatan berjalan yang berkesinambungan, dan ini adalah semua yang diminta sebagian besar bangunan dari mereka. Sayangnya, ikatan berjalan tidak memiliki banyak karakter, dan tukang batu sering kali menikmati tantangan terhadap keahlian mereka lebih dari kebosanan karena pengulangan yang tidak henti-hentinya. Saat merancang pola bata yang menggunakan bata dengan penopang, cekung, atau bata dengan warna berbeda, cobalah untuk merancang pola yang berulang-ulang dalam variasinya, sehingga tukang bata dapat dengan mudah mempelajari pola tersebut dan mengikuti apa yang sedang dikerjakan. Pola yang sangat rumit atau tidak teratur mengharuskan tukang batu untuk selalu merujuk ke gambar. Ini membutuhkan waktu dan dapat menyebabkan kesalahan yang sulit dan mahal untuk diperbaiki.

3. Konstruksi bekisting menghabiskan sebagian besar biaya struktur beton cor di lokasi. Bekisting yang paling mudah dan paling murah untuk dibangun adalah permukaan kayu lapis yang rata, kontinu, dan tidak terputus. Inilah sebabnya mengapa struktur pelat datar biasanya merupakan sistem yang paling ekonomis untuk beban ringan dan bentang pendek. Itulah juga sebabnya pita balok, yang menggunakan lebih banyak beton



dan baja tetapi sangat mudah dibentuk, sering kali lebih murah secara keseluruhan daripada balok yang proporsional secara optimal untuk penghematan material tetapi memerlukan bekisting yang lebih rumit. Jika balok yang lebih dalam digunakan dalam struktur beton apa pun, biasanya lebih ekonomis untuk membuat semua balok berukuran sama sehingga bekistingnya akan berulang, bahkan jika beban agak bervariasi dari balok ke balok. Dalam bentuk beton yang berulang, jumlah tulangan baja dapat bervariasi sebagai respons terhadap beban.

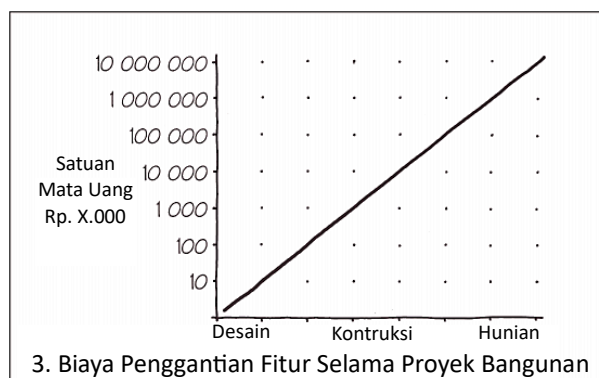
4. Pola ini terutama penting ketika jadwal atau anggaran proyek dibatasi. Pola ini mungkin kurang penting dalam proyek yang sangat kecil, di mana hampir semuanya dibuat secara unik, dan di mana efisiensi sarana bukanlah prioritas tinggi. Perakitan berulang mungkin juga kurang penting dalam kasus yang relatif jarang terjadi yaitu penggunaan teknik kustomisasi massal, di mana mekanisme yang dikontrol secara digital di toko atau pabrik dengan cepat dan akurat menghasilkan banyak produk yang sedikit bervariasi.

Simulasi Perakitan

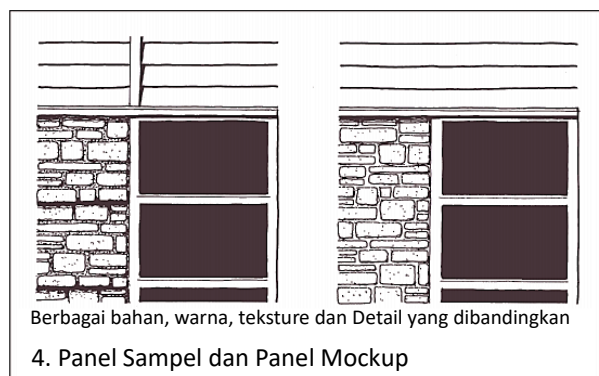
Buat contoh representatif dari detail yang menantang atau tidak biasa, untuk mensimulasikan proses konstruksi dan mengungkap kualitas produk jadi. Contoh tersebut adalah "latihan" dari perakitan bangunan yang dimaksud.

1. Simulasi konstruksi perakitan bangunan yang tidak biasa membantu menghindari pemindahan pekerjaan yang tidak memuaskan yang mahal dan sulit, dan menetapkan standar penampilan dan pengerjaan yang dapat diterima. Hal ini terutama penting ketika bahan atau teknik konstruksi bersifat inovatif, tidak dikenal oleh pembangun, atau bergantung pada kualitas pengerjaan tertentu.
2. Sebagian besar aliran informasi dalam suatu proyek berasal dari arsitek ke pembangun. Perakitan simulasi memungkinkan pembangun untuk menunjukkan secara eksplisit apa hasilnya, dengan biaya minimal. Ini adalah sarana yang sangat baik untuk menyatukan harapan arsitek, pembangun, dan pemilik. Setelah diterima, perakitan simulasi menetapkan standar untuk kualitas pekerjaan dan penampilan. Sketsa harus ditinggalkan dengan aman di lokasi selama proyek berlangsung, berfungsi sebagai catatan berbagai fitur kualitatif yang sulit dijelaskan melalui gambar atau spesifikasi.

3. Perubahan pada detail paling mudah dan paling murah dilakukan di awal proses desain, dan paling sulit dan mahal jika detail tersebut merupakan bagian dari bangunan yang sudah jadi. Biaya perubahan meningkat tajam di setiap tahap dalam proses desain dan konstruksi. Menghapus sketsa jauh lebih mudah daripada menempa beton dengan jackhammer. Perakitan simulasi membantu mengidentifikasi area yang memerlukan perubahan sebelum menjadi bagian dari bangunan yang sudah jadi.



4. Panel sampel dapat digunakan untuk menunjukkan tampilan dan pengerjaan detail atau perakitan yang terekspos. Bahan, warna, tekstur, sambungan, dan aksesoris yang ditujukan untuk bangunan digunakan dalam panel sampel. Panel tersebut dapat berdiri sendiri, terpisah dari bangunan, atau dapat menjadi bagian pertama dari bangunan



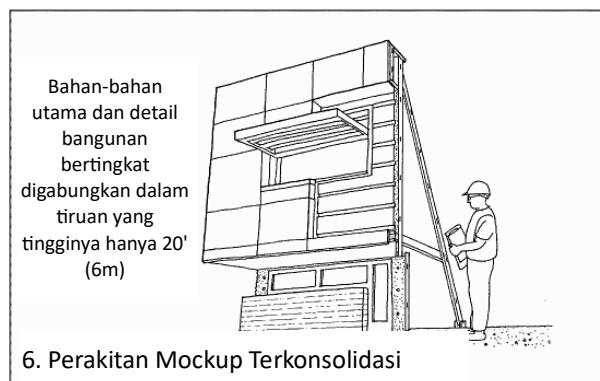
- sebenarnya. Terkadang beberapa sampel yang berdiri sendiri dapat disiapkan, masing-masing memperlihatkan variasi bahan atau hasil akhir, untuk memberikan dasar terbaik bagi pemilihan akhir.
5. Perakitan tiruan dapat digunakan untuk detail atau perakitan yang lebih rumit. Seperti panel contoh, perakitan tiruan menunjukkan tampilan dan pengerjaan, tetapi juga menunjukkan fitur-fitur penting dalam perakitan. Dalam perakitan dinding berlapis, ikatan, rongga drainase, fitur layar hujan, insulasi, atau penghalang udara dapat ditunjukkan. Fitur-fitur ini dapat diamati dan kinerja teknis potensial dapat dinilai, menggunakan pengujian eksperimental jika perlu. Misalnya, perakitan pelapis dinding tiruan dapat diuji dalam kondisi badai simulasi untuk mengevaluasi ketahanannya terhadap hujan yang disebabkan angin. Meskipun lebih mahal daripada panel contoh, perakitan tiruan sering kali menghasilkan penghematan selama konstruksi karena perbedaan dan masalah sangat berkurang.
6. Perakitan tiruan dapat menggabungkan detail utama dari banyak bagian bangunan menjadi perakitan komposit yang lebih kecil. Meskipun kurang berguna untuk penilaian estetika dan proporsi proyek, pendekatan ini merupakan cara yang ekonomis untuk

menunjukkan pelaksanaan teknis dari banyak fitur yang menantang.

7. Panel contoh atau rakitan tiruan biasanya mencakup hasil akhir yang diinginkan, seperti cat, dempul, dan profil perkakas mortar. Hasil akhir ini juga harus dibersihkan atau dicuci dengan mesin cuci bertekanan, seperti halnya bangunan sebenarnya,

karena proses ini terkadang mengubah tampilan akhir hasil akhir. Untuk proyek penambahan bangunan atau penggunaan kembali yang adaptif, rakitan simulasi memungkinkan perbandingan akurat antara kondisi baru dan yang sudah ada.

8. Di sebagian besar proyek, kru yang terdiri dari beberapa pekerja terampil, masing-masing dengan pengalaman dan keterampilan yang berbeda, melakukan pemasangan material. Rakitan simulasi menetapkan standar pengerjaan umum; ini merupakan referensi yang berguna dan tahan lama bagi para pekerja, yang memungkinkan mereka meminimalkan variasi karena perbedaan teknik. Ini terutama penting ketika teknik penyelesaian dengan tangan bebas digunakan, seperti pemasangan bata atau batu, plesteran, atau pelat beton bertekstur.



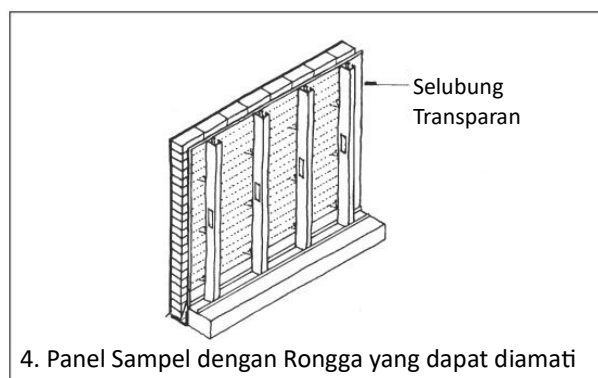
Perakitan yang Dapat Diamati

Detail penting dalam suatu perakitan harus dapat diamati saat dibangun.

1. Perancang harus merancang perakitan yang dapat dibangun dari substrat strukturalnya ke arah permukaan perakitan yang terbuka sehingga material dan sambungannya terlihat pada setiap tahap penyelesaian. Seorang pembangun dapat mengendalikan kualitas pekerjaan dengan lebih baik jika dapat dilihat saat sedang dipasang. Ini bukan masalah dalam sebagian besar proses konstruksi, tetapi dalam proses lainnya sangat sulit dicapai. Seorang tukang ledeng mengalami kesulitan melihat semua sisi sambungan pipa tembaga yang akan disolder di bawah wastafel. Bahkan sambungan berulir lebih mungkin terlepas jika pemasang tidak dapat melihat apakah elemen-elemennya sejajar dengan benar. Detail yang cacat sering kali tidak dapat diamati dengan jelas pada langkah-langkah penting selama konstruksi.
2. Sulit untuk mengamati material fluida saat digabungkan ke dalam perakitan yang kaku. Contohnya termasuk pengecoran beton ke dalam bekisting, grouting sel pada pemasangan bata beton, atau meniup insulasi ke dalam rongga tiang. Apakah material fluida ditempatkan di tempat yang seharusnya, dan bukan di tempat lain? Lubang kecil atau lubang inspeksi pada rakitan kaku dapat membuat area kritis tersebut terlihat oleh pembangun selama pemasangan. Lubang tersebut dapat berupa lubang kecil pada material yang menghadap atau rongga yang dibuat dengan menghilangkan salah satu elemen yang menghadap, seperti unit pasangan bata. Setelah rakitan hampir selesai

dan pemeriksaan tidak menemukan masalah, lubang inspeksi dapat ditutup agar sesuai dengan permukaan di sekitarnya, atau dapat dipasang penutup untuk memungkinkan pemeriksaan di masa mendatang.

3. Detail penting terkadang tersembunyi segera setelah dipasang, dan mungkin rentan terhadap kerusakan akibat aktivitas konstruksi berikutnya. Misalnya, rongga di dalam dinding pasangan bata harus bersih agar air dapat mengalir, tetapi rongga tersebut dapat tersumbat oleh serpihan mortar yang jatuh saat dinding dibangun lebih tinggi. Lubang inspeksi di dekat dasar rongga akan memungkinkan pengamatan dan, jika cukup besar, akan memungkinkan pembuangan serpihan.
4. Perakitan contoh atau tiruan (lihat bagian sebelumnya, Perakitan Simulasi) dapat dibuat menggunakan bahan transparan atau berlubang sebagai pengganti bahan buram, di beberapa lokasi, yang memungkinkan pengamatan di dalam perakitan. Misalnya, selubung transparan di atas tiang pada dinding pelapis pasangan bata akan memungkinkan rongga penting antara selubung dan pelapis terlihat. Jika ini dilakukan, tukang batu tentu akan lebih



berhati-hati untuk menjaga rongga tetap bersih dari tetesan mortar dan serpihan lainnya, sehingga menghasilkan pekerjaan bangunan dengan daya tahan lebih tinggi dan biaya perawatan lebih rendah. Teknik yang menghasilkan hasil yang baik pada panel sampel kemudian dapat diterapkan pada bangunan yang sebenarnya.

5. Terdapat alat canggih yang tidak merusak untuk membuat kondisi di dalam suatu rakitan dapat diamati. Alat-alat ini meliputi borescope untuk penyelidikan optik melalui lubang kecil, termografi inframerah dan pemindaian elektromagnetik (radar), pengujian dampak-gema, dan lain-lain. Setiap alat memiliki kemampuan tertentu, tetapi sebagian besar hanya dapat digunakan oleh operator yang terlatih. Sayangnya, alat-alat ini jarang tersedia bagi pembangun saat pekerjaan berlangsung, dan karenanya jarang meningkatkan kualitas konstruksi awal. Teknik-teknik ini dapat digunakan setelah konstruksi awal untuk mendeteksi fitur-fitur yang tersembunyi dari pandangan.

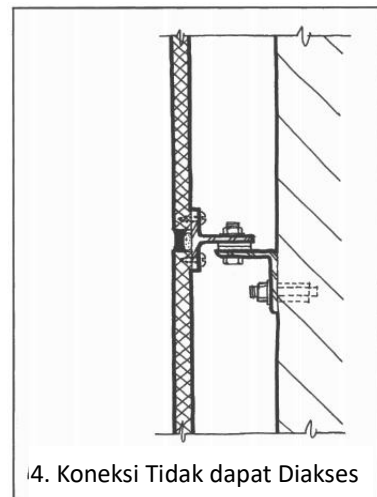
11.3 KONEKSI YANG MUDAH DIAKSES

Penting untuk membuat perincian sedemikian rupa sehingga pekerja dapat menjangkau pekerjaan dengan mudah.

1. Untuk kenyamanan dan produktivitas maksimum, seorang pekerja harus berdiri di permukaan yang datar dan aman, bekerja antara tinggi pinggang dan bahu, dalam jarak beberapa kaki dari bagian depan tubuh. Kondisi ideal ini mudah dicapai di pabrik, tetapi

lebih sulit dicapai di lokasi konstruksi. Pekerjaan di atas kepala melelahkan, seperti halnya pekerjaan yang mengharuskan membungkuk atau jongkok. Jangkauan yang berlebihan tidak baik, karena dapat membuat pekerja kehilangan keseimbangan. Jangkauan yang berlebihan juga cenderung menghasilkan pengerjaan yang kurang sempurna.

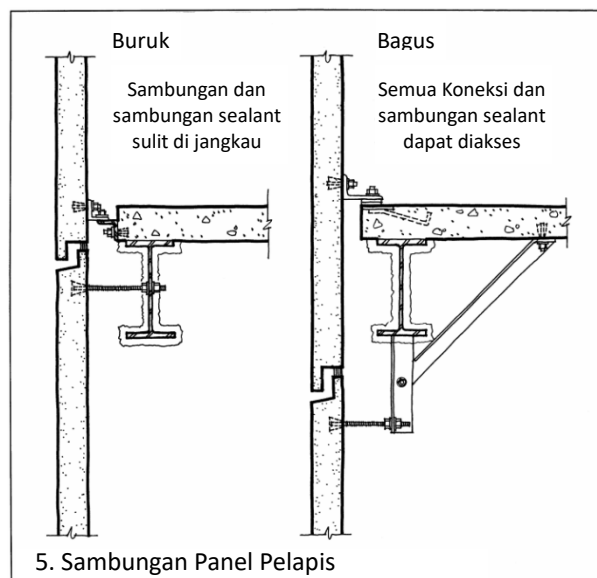
2. Pelapis yang dirancang untuk dipasang dari dalam gedung menghemat biaya untuk pelipatan perancah dan umumnya menghasilkan produktivitas pekerja yang tinggi dan pengerjaan yang optimal.
3. Perancah yang dapat disesuaikan secara terus-menerus atau penataan dengan pagar pembatas adalah pilihan terbaik kedua setelah berdiri di lantai yang datar. Ember hidrolik atau tangga lipat pendek akan hampir sama aman dan nyamannya dengan perancah. Tangga lurus atau tangga lipat yang sangat tinggi lebih berbahaya daripada semua alat penopang di atas dan juga menyebabkan produktivitas yang lebih rendah karena kesulitan memindahkan tangga dan waktu yang dihabiskannya. Alat penopang pekerja yang paling tidak diinginkan adalah sabuk pengaman yang digantung pada tali—relatif berbahaya, produktivitasnya rendah, dan pengerjaan yang baik sulit dicapai. Detailing terkadang dapat memperhitungkan perbedaan ini dengan menghindari pekerjaan yang rumit di tempat yang sulit, membuat rakitan yang sulit dibuat di tempat karena akses yang berbahaya, dan menempatkan pengencang di lokasi yang mudah dijangkau.
4. Hindari membuat detail yang tampaknya logis tetapi tidak dapat dirakit karena masalah aksesibilitas. Detail yang tampak tidak berbahaya ini untuk memasang panel pelapis ke dinding penyangga batu tidak akan berfungsi, karena tidak ada cara bagi pekerja untuk memasukkan sekrup ke tepi bawah panel.
5. Hindari sambungan yang berada di belakang kolom dan balok spandrel, di sudut dalam yang tajam, atau di sudut yang dapat masuk kembali. Posisi ini sulit dijangkau, jika memang dapat dijangkau. Di lokasi yang sempit seperti ini, pastikan pekerja tidak hanya dapat menjangkau sambungan tetapi juga memiliki ruang untuk palu, kunci inggris, atau obeng yang harus digunakan untuk membuat sambungan. Pekerja juga harus dapat melihat sambungan tersebut daripada harus bekerja dengan "perasaan". Lokasi terbaik untuk sambungan pelapis ke spandrel bangunan adalah di atas tepi pelat lantai, tempat akses penuh mudah dilakukan. Sambungan di lokasi ini harus ditutup oleh permukaan akhir interior, seperti penutup konvektor, tetapi sambungan akan jauh



4. Koneksi Tidak dapat Diakses

lebih mudah dibuat daripada sambungan di langit-langit atau di celah sempit antara balok spandrel dan pelapis.

6. Sambungan juga harus dapat diakses untuk pemeliharaan, renovasi, atau pembongkaran bangunan di akhir masa pakai elemen. Hal ini terutama penting untuk elemen yang diperkirakan memiliki masa pakai yang lebih pendek daripada masa pakai bangunan secara keseluruhan, seperti sistem mekanis, pelapis, dan atap. Di akhir seluruh siklus hidup bangunan, pembongkaran dan pembongkaran akan berlangsung lebih aman dan akan menghasilkan sumber daya dengan nilai sisa yang lebih besar jika sambungan dapat dibongkar tanpa merusak elemen.



11.4 DETAILING UNTUK PEMBONGKARAN

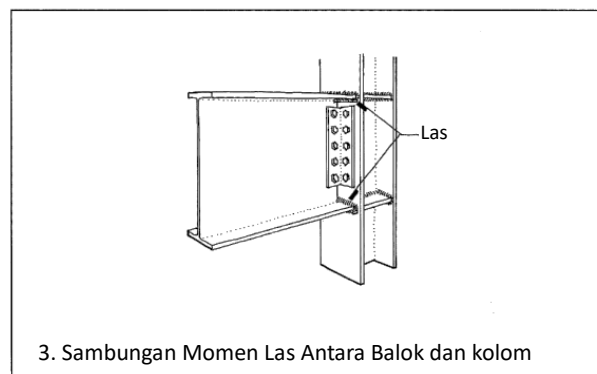
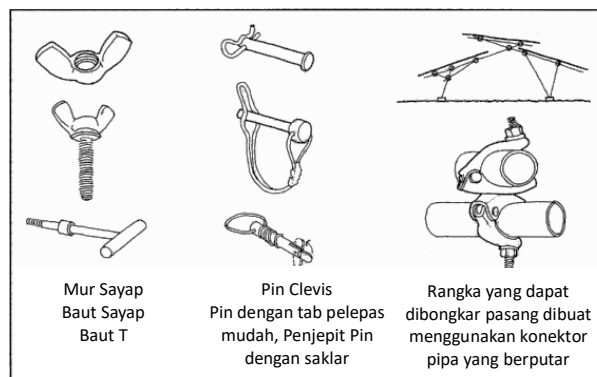
Detail yang dibangun dengan sambungan yang dapat dibalik memudahkan dekonstruksi dan akan meningkatkan nilai sisa elemen yang disingkirkan dari bangunan. Konsep "cradle to cradle" menganjurkan bahwa, antara lain, desainer meminimalkan dampak lingkungan pada akhir masa pakai komponen bangunan. Daripada melakukan pembongkaran dan pembuangan, hasil yang diinginkan adalah menyelamatkan produk yang berguna untuk digunakan kembali, mendaur ulang sebagian besar produk lainnya, dan mengirim limbah dalam jumlah minimal ke tempat pembuangan akhir.

1. Tidak semua proyek bangunan dimaksudkan untuk menjadi permanen. Struktur sementara adalah jenis bangunan yang semakin umum; mereka dapat memberikan berbagai kualitas arsitektur yang normal, tetapi untuk jangka waktu yang terbatas. Contohnya adalah eksposisi, paviliun yang digunakan untuk bulan-bulan musim panas, pertemuan tahunan untuk acara budaya atau keagamaan, dan struktur yang mendukung acara olahraga atau pertunjukan berkala. Instalasi interior di ruang kantor dan ritel sering kali bersifat sementara, berubah setiap beberapa tahun. Perakitan sementara dapat dibuat dari bahan yang melebihi masa pakai bangunan, jadi strategi yang disengaja untuk menggunakan kembali bahan dan komponen memiliki manfaat. Perincian untuk pembongkaran paling tepat ketika bahan bangunan atau perakitan merupakan kandidat untuk digunakan kembali tanpa pemrosesan lebih lanjut yang substansial. Contohnya mungkin elemen rangka baja, pintu dan jendela, lemari, dan perlengkapan pipa. Di banyak kota, bursa bahan bangunan ada untuk memasarkan bahan yang diselamatkan secara ekonomis. Atap batu tulis atau genteng tanah liat yang

diselamatkan, elemen pelapis batu tipis, kaca patri, mantel perapian, dan banyak barang lainnya sering dihargai di pasar penyelamatan khusus. Dalam beberapa kasus, sistem penilaian keberlanjutan juga akan menghargai penggunaan bahan dan perakitan yang diselamatkan.

2. Pembongkaran paling sederhana ketika sambungan yang dapat dilepaskan dengan mudah digunakan, seperti baut atau sekrup, dan beberapa sambungan yang dipaku dan dipasang dengan cepat. Sambungan yang mengandalkan paku keling, las, semen, perekat, dan sealant struktural sering kali memerlukan tenaga kerja yang berlebihan untuk dibongkar, sehingga pembongkarnya menjadi tidak ekonomis. Untuk sambungan sederhana yang sering kali dibongkar, mur sayap, pin clevis tipe pegas, dan konektor saling mengunci snap-fit dapat dipertimbangkan. Sambungan tersebut tidak memerlukan alat dan cepat digunakan, sehingga memudahkan pemasangan dan konfigurasi ulang yang efisien untuk perakitan sederhana.

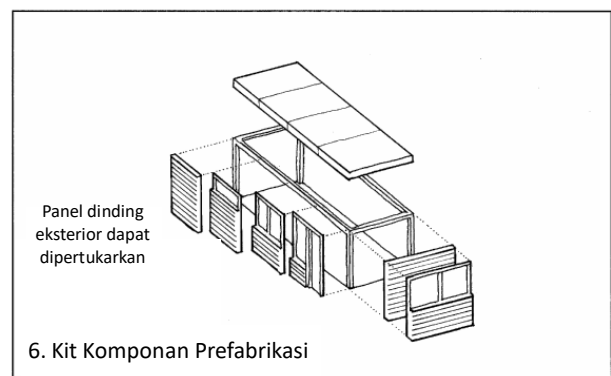
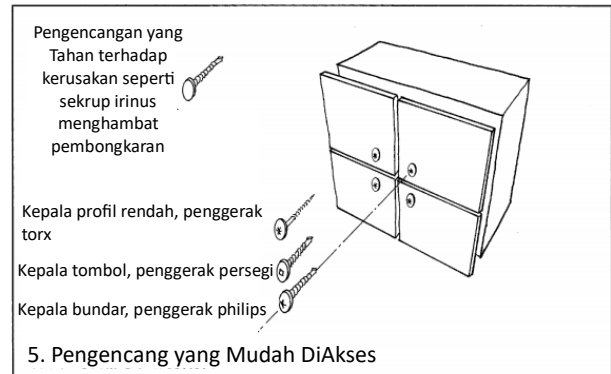
2. Pengencang untuk Pembongkaran Mudah
(diberi label dari atas Ke Bawah)



3. Rangka baja sering kali menggunakan sambungan baut, yang dapat dilepas tanpa merusak elemen baja yang berharga. Namun, jika sambungan tersebut juga dilas untuk menjadikannya sambungan momen, pelepasan tersebut dapat mengakibatkan anggota baja tersebut didaur ulang daripada digunakan kembali. Agar dapat digunakan kembali, elemen baja harus ditangani dengan hati-hati seperti saat dikirim dan dipasang, saat masih baru. Elemen tersebut tidak boleh ditekuk atau dikerjakan dengan dingin selama pembongkaran; jika tidak, para insinyur tidak akan yakin dengan sifat fisiknya.
4. Elemen beton pracetak struktural lebih mudah dibongkar daripada rangka beton monolitik yang dicor di lokasi. Namun, tidak seperti anggota baja, elemen pracetak mungkin memiliki sifat fisik yang tidak diketahui oleh insinyur struktur; elemen tersebut biasanya dibuat khusus untuk proyek tersebut, dan banyak fitur utama, seperti tulangnya, tidak dapat diamati. Karena alasan ini, elemen tersebut jarang digunakan kembali.
5. Hindari membuat rakitan dengan pengencang yang tidak dapat diakses atau

tersembunyi. Misalnya, saat menyelesaikan ruang interior, kencangkan panel kayu atau paku permukaan dengan sekrup yang dapat diakses, bukan dengan paku countersunk yang diisi untuk menyembunyikan lokasinya. Di bagian luar bangunan, panel rainscreen yang sudah jadi dapat diamankan dengan sekrup baja tahan karat yang terbuka, daripada dengan sekrup tersembunyi yang didempul dan dicat. Jika ditata dalam pola yang teratur, sekrup dapat menambahkan detail visual yang bagus ke bangunan, sekaligus memungkinkan pembongkaran panel dengan cepat saat penggantian atau pembongkaran diperlukan.

6. Sistem prefabrikasi hak milik umum digunakan untuk partisi dan perabotan kantor interior. Konfigurasi dapat diubah dengan sedikit usaha atau pemborosan karena desain modular dan sambungan yang mudah dibuat dan dilepas. Beberapa sistem rumah modular menerapkan prinsip yang sama pada selubung bangunan, yang memungkinkan ukuran bangunan diubah, dan memungkinkan jendela, pintu, dan panel dinding padat dapat dipertukarkan. Sistem ini menjaga ukuran komponen tetap kecil sehingga proses pengiriman dan pemasangan hanya memerlukan peralatan yang tersedia secara umum, dan perubahan dapat dilakukan dengan cepat.



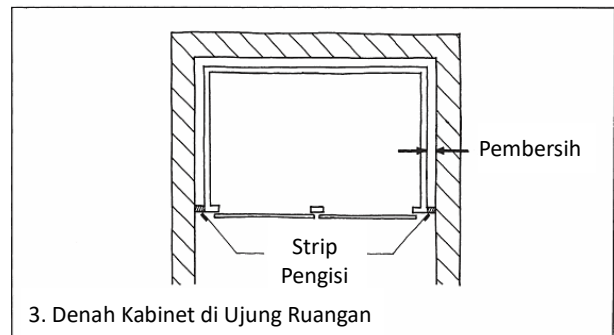
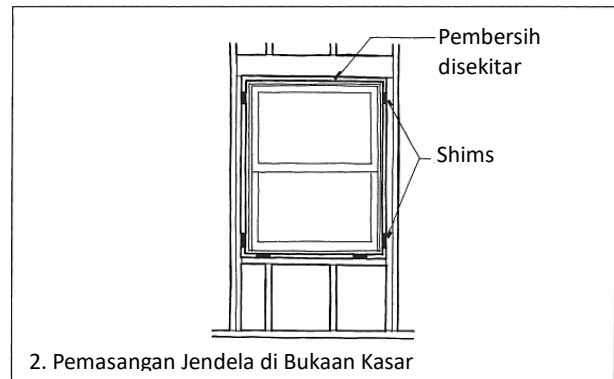
Jarak Pemasangan

Setiap komponen bangunan memerlukan sedikit ruang tambahan selain dimensinya sendiri.

1. Setiap komponen yang harus dipasang di antara dua komponen lainnya memerlukan sedikit ruang tambahan agar dapat ditempatkan pada tempatnya. Balok baja selalu dipotong sedikit lebih pendek dari jarak antarkolom; jika tidak, balok akan terikat selama pemasangan dan hampir tidak mungkin dipasang.
2. Demikian pula, unit jendela atau pintu dipasang pada bukaan kasar yang sedikit lebih besar dari unit. Ini memberi ruang untuk memandu unit ke posisi akhirnya, dan juga memungkinkan penyesuaian untuk ketidakakuratan pada dinding dan unit jendela. Unit jendela dipasang pada bukaan kasar dengan ganjal berbentuk baji yang memungkinkan penyesuaian dimensi dan tegak lurus yang sangat tepat. Ikuti rekomendasi produsen dalam menentukan ukuran bukaan kasar untuk setiap jendela

atau pintu.

3. Bak mandi atau lemari dapur bisa sulit dimasukkan ke ujung ruangan kecuali ruangan tersebut sedikit lebih besar dari unit, untuk memberikan jarak pemasangan. Celah-celah di ujung kabinet diisi dengan strip pengisi yang disediakan oleh pembuat kabinet dan dipotong sesuai ukuran di lokasi konstruksi. Celah-celah di sekitar bak diisi dengan bahan pelapis dinding (seperti ubin keramik atau sekeliling bak plastik) dan sealant. Kelonggaran pemasangan memiliki dimensi yang relatif kecil yang memudahkan untuk menyatukan bagian-bagian, tetapi tidak dimaksudkan untuk memberikan toleransi konstruksi yang jauh lebih besar yang dibutuhkan dalam perakitan bangunan.



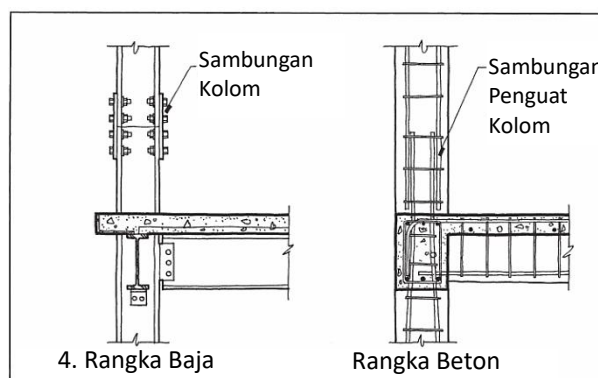
11.5 SISTEM YANG TIDAK BERKONFLIK

Sebuah bangunan harus dirinci sedemikian rupa sehingga berbagai bagian dan sistemnya saling terkait dengan mulus dalam tiga dimensi. Hal ini mengharuskan perancang detail untuk membuat zona khusus untuk setiap sistem.

1. Dalam organisasi proyek yang biasa di mana rangka struktural bangunan dirancang oleh satu profesional, sistem mekanik dan listrik oleh yang lain, dan penutup serta pelapis oleh yang lain lagi koordinasi diperlukan untuk menghindari situasi di mana balok, saluran, conduit, pipa penyiram, dan sambungan pelapis semuanya dirinci untuk menempati ruang yang sama di dalam bangunan. Zona terpisah perlu disisihkan di seluruh bangunan untuk struktur vertikal, struktur horizontal, pelapis, riser pipa, dan jalur vertikal dan horizontal dari berbagai layanan mekanik, listrik, dan komunikasi.
2. Plafon gantung sangat umum karena menghindari konflik dengan menggantung di zonanya sendiri yang tidak terhalang di bawah semua geometri kompleks rangka bangunan dan layanan bangunan. Hal ini membuat pemasangannya mudah dan karenanya murah. Lantai akses yang ditinggikan menyediakan zona serupa antara permukaan lantai dan dek struktural, yang melaluinya jaringan listrik dan informasi dapat didistribusikan dengan mudah. Kedua zona tersebut mudah diakses saat jaringan diperbarui, seperti yang sering dibutuhkan di kantor.
3. Pelapis yang berjalan di zonanya sendiri di luar kolom dan balok spandrel jauh lebih

mudah untuk dirinci dan dipasang daripada pelapis yang diselengi oleh anggota rangka. Pelapis ini juga memiliki keuntungan lain: rangka terlindungi dari suhu ekstrem dan kelembapan; jembatan termal rangka dapat dihindari; dan cenderung lebih sedikit masalah dengan kebocoran dan pergerakan termal diferensial.

4. Bagian kolom baja dihubungkan ke bagian yang lebih tinggi berikutnya pada ketinggian pinggang, bukan pada garis lantai. Hal ini tidak hanya memudahkan pekerja besi untuk menjangkanya, tetapi yang lebih penting, hal ini menghindari konflik dengan sambungan balok dan girder yang terletak tepat di bawahnya. Tepi



- pelat lantai biasanya dibuat menjorok ke luar dengan jarak pendek melewati muka kolom dan balok spandrel, untuk menghindari konflik antara rangka dan pelapis. Baja tulangan pada kolom beton juga disambung tepat di atas setiap permukaan lantai, bukan di area padat tepat di bawahnya, tempat baja dari pelat, balok, dan girder memotong baja di kolom.
5. Hindari menanamkan saluran listrik atau saluran pipa pada komponen beton cor atau pasangan bata yang menahan beban. Jika penanaman tersebut tidak dapat dihindari, buatlah seminimal mungkin untuk menghindari pelemahan komponen struktural. Jangan pernah menempatkan kotak sakelar utama atau tulang punggung distribusi di dalam dinding struktural utama, karena jalur layanan terkait dapat memindahkan sejumlah besar material struktural. Koordinasikan rencana konsultan untuk setiap subsistem dengan insinyur struktur untuk memastikan bahwa struktur tidak dirusak oleh layanan.
 6. Tetapkan strategi yang jelas mengenai bagaimana berbagai subsistem dalam suatu bangunan akan saling berhubungan. Subsistem yang sangat terintegrasi, di mana elemen-elemennya disusun secara saling bergantung dalam susunan yang rapat, dapat mencapai efisiensi yang lebih besar, seperti dimensi vertikal yang berkurang untuk layanan antara langit-langit dan dek lantai. Namun, pendekatan ini sering kali dianggap mahal, memakan waktu, dan tidak praktis, baik selama konstruksi awal maupun ketika layanan dimodifikasi selama masa pakai bangunan. Daripada strategi yang ketat, terintegrasi, seperti sarung tangan, strategi yang longgar, tambahan, seperti sarung tangan biasanya lebih baik. Ini lebih mengakomodasi perubahan pada susunan fisik bangunan, dan memungkinkan berbagai pekerja memasang subsistem mereka secara lebih mandiri.
 7. Alat pemodelan digital memungkinkan kita untuk menunjukkan ukuran, bentuk, dan posisi semua sistem bangunan dengan yakin dan akurat. Hal ini memungkinkan para desainer, konsultan, dan pembangun untuk memperkirakan secara tepat di mana

konflik mungkin terjadi, dan untuk memperbaikinya beberapa bulan sebelum konflik tersebut dipasang di dalam gedung. Pemodelan terperinci dari sistem tersebut mengikuti diagram umum yang menetapkan lapisan atau strata untuk layanan yang bersaing.

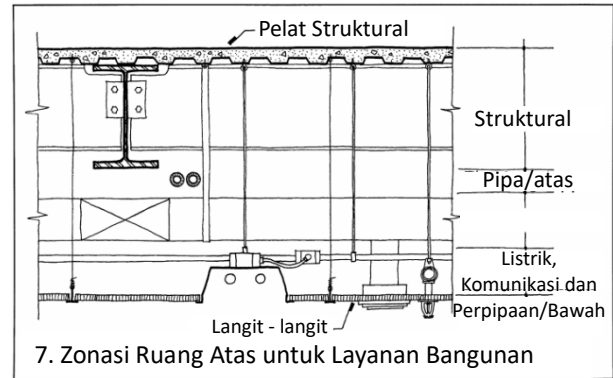


Diagram generik yang ditunjukkan dapat disesuaikan dengan setiap proyek; diagram ini menggambarkan zonasi ruang yang strategis untuk setiap sistem dalam bidang atas yang umum. Bangunan yang dilengkapi dengan ruang bawah tanah, rantai layanan interstitial, dan fitur khusus lainnya mungkin memiliki serangkaian layanan yang berbeda di bidang atas. Struktur berada di bagian atas, tempat lantai atau dek atap memerlukan dukungan. Di bawahnya terdapat satu dari dua lapisan untuk saluran pipa, yang mungkin mencakup saluran utama untuk alat penyiram, dan saluran pembuangan badai atap dan saluran pembuangan dari perlengkapan pipa di atasnya; keduanya relatif besar, dan keduanya perlu dibuat miring secara bertahap sehingga gravitasi menjaga isinya tetap bergerak.

Di bawahnya terdapat zona untuk saluran, yang berukuran besar dan berfungsi paling baik jika lurus dan bentuknya tidak menghalangi aliran udara. Berikutnya adalah lapisan kedua untuk perpipaan, yang berisi saluran perpipaan hidrolis terisolasi dan saluran pasokan yang lebih kecil, yang isinya berada di bawah tekanan; ketinggiannya dapat berubah jika diperlukan. Pipa miring yang tidak dapat dipasang di atas saluran dapat ditempatkan di lapisan perpipaan yang lebih rendah ini juga. Yang paling dekat dengan langit-langit adalah saluran listrik dan telekomunikasi yang kecil tetapi banyak jumlahnya.

Saluran ini sering kali melibatkan sensor, alarm, perangkat WiFi, dan lampu di bidang langit-langit; di sini saluran tersebut mudah diakses karena paling sering diperbarui atau dialihkan. Saluran yang lebih kecil dapat turun melalui lapisan ini untuk mencapai penyebar mekanis di bidang langit-langit, yang biasanya digantung dari dek struktural di atas.

BAB 12

DETAIL YANG MEMAAFKAN

Kemampuan menciptakan detail yang memaafkan merupakan salah satu keterampilan yang paling bermanfaat bagi seorang detailer. Detail yang memaafkan adalah detail yang selalu menyediakan cara bagi pekerja untuk menangani ketidakakuratan atau kesalahan dengan mudah. Sebagian besar detail tradisional sangat memaafkan ketidakakuratan dan kesalahan, karena detail tersebut berkembang selama bertahun-tahun, secara bertahap menggabungkan fitur-fitur yang membuatnya lebih mudah dan lebih nyaman bagi pekerja.

Saat menciptakan detail baru, desainer harus memberikan perhatian khusus untuk menghindari fitur-fitur yang akan "menjebak" pekerja jika tidak dikerjakan dengan sempurna. Sejarah arsitektur modern mencakup banyak kisah tentang arsitek yang merancang detail yang tidak memaafkan. Catatan sejarah umumnya menggambarkan arsitek berjuang dengan gagah berani untuk memaksa pabrik, kontraktor, dan pekerja mencapai standar presisi dan kesesuaian baru dalam pekerjaan mereka, agar memungkinkan jenis detail baru.

Sayangnya, banyak dari kisah-kisah ini berakhir buruk, dengan pihak-pihak dalam proyek tersebut terasing tanpa dapat didamaikan dan biaya serta jadwal konstruksi di luar kendali. Ingatlah bahwa bahkan pengrajin yang terampil pun tidak bekerja dengan akurasi seperti mesin. Ingatlah juga bahwa jika seorang detailer memaksakan desain pada tukang bangunan yang ia tahu tidak cukup terampil atau terlatih untuk melakukan pekerjaan tersebut, maka detailer tersebutlah yang harus disalahkan atas hasil yang buruk.

Tidak seorang pun boleh mengharapkan hasil A+ dari pekerja yang tingkat keterampilannya C-. Prinsip yang sama berlaku untuk penggunaan proses industri; detailer harus mengetahui batasan mereka dan bekerja di dalamnya. Detail harus menarik dan fungsional, tetapi juga harus praktis dalam realitas proses konstruksi proyek. Alat gambar dan pemodelan digital bekerja dengan toleransi yang sangat dekat, jauh lebih dekat daripada pengrajin yang sangat terampil; mereka bahkan bekerja dengan toleransi yang lebih dekat daripada mesin CNC (komputer numerik yang dikendalikan).

Jangan merancang detail dengan toleransi yang melebihi toleransi alat pelaksanaan. Tidak ada gunanya menggambar pondasi dengan toleransi 0,1 in. (2,5 mm) saat pondasi digali dengan backhoe. Beberapa pola untuk mendesain detail yang memaafkan dapat membantu desainer menghindari kesalahan ini. Masing-masing akan dibahas dalam bab ini. Pola-pola tersebut adalah sebagai berikut:

- Toleransi Dimensi
- Sliding Fit
- Adjustable Fit
- Reveal
- Butt Joint

- Clean Edge
- Progressive Finish
- Forgiving Surface

12.1 TOLERANSI DIMENSI

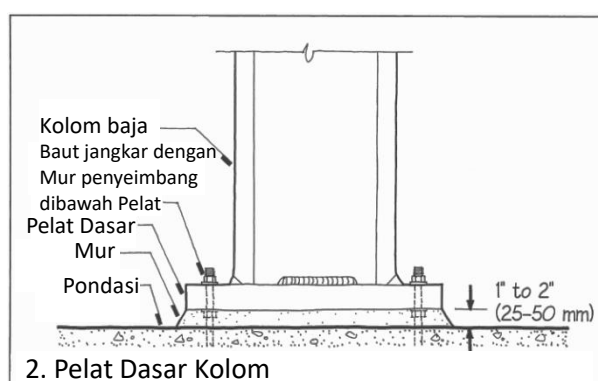
Toleransi dimensi adalah jumlah maksimum yang diharapkan dari suatu dimensi untuk bervariasi dari pengukuran yang dimaksudkan karena ketidakakuratan normal dalam pembuatan dan pemasangan.

1. Ada toleransi yang secara implisit dikaitkan dengan setiap dimensi pada serangkaian gambar untuk suatu bangunan. Toleransi ini memiliki efek langsung pada bagaimana detail dirancang. Toleransi diperlukan karena pergerakan termal dan kelembaban, penurunan dan defleksi struktural, pengerjaan, dan faktor-faktor lainnya. Pola ini terutama penting dalam bangunan besar yang terdiri dari komponen prafabrikasi, di mana metode "potong agar pas" tidak digunakan. Toleransi didasarkan pada sifat material dan metode konstruksi, bukan pada kapasitas untuk mengukur secara akurat. Pemindai laser 3D dan instrumen survei sistem penentuan posisi global (GPS) jauh lebih akurat daripada sebagian besar metode konstruksi. Toleransi tidak dapat mengakomodasi pengukuran yang ceroboh; juga tidak dapat dihilangkan dengan mengukur dengan sangat akurat. Toleransi yang terkait dengan berbagai perangkat pengukuran dibandingkan dalam Tabel 12.1.

Tabel 12.1 Toleransi Dimensi Alat Ukur Umum

Perangkat	Toleransi pada 50 kaki (15 m)	Toleransi pada 100 kaki (30 m)
Perangkat pengukur sonik	± 3 inci (76,2 mm)	tidak direkomendasikan
Pita pengukur baja	$\pm 1/8$ inci (3,2 mm)	$\pm 1/4$ in. (6,4 mm)
Pengukur jarak laser	$\pm 1/16$ inci (1,6 mm)	$\pm 1/16$ in. (1,6 mm)
Laser konstruksi	$\pm 1/32$ inci (0,8 mm)	$\pm 1/16$ in. (1,6 mm)
Pemindai laser 3D	$\pm 1/1000$ inci (0,03 mm)	$\pm 1/1000$ in. (0,03 mm)

2. Pelat dasar untuk kolom baja ini tidak dipasang langsung ke atas pondasi beton atau tutup tiang pancang, karena, meskipun pondasi tidak dapat benar-benar datar atau terletak dengan sempurna, lokasi kolom harus benar-benar sangat tepat. Sebaliknya, pelat dasar ditempatkan dan diratakan pada

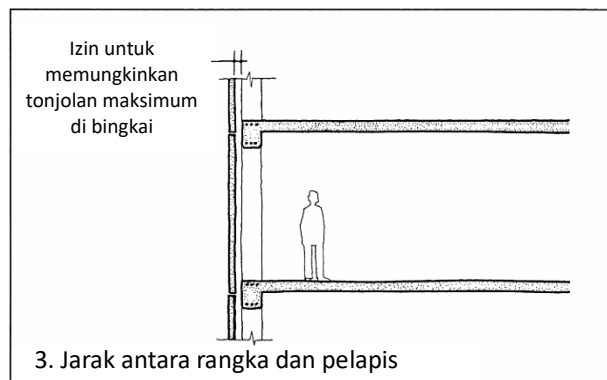


ganjal atau sekrup penyeimbang di atas bagian atas pondasi, dan ruang di antaranya

diisi dengan nat. Ini memberikan toleransi vertikal untuk ketidaktepatan pondasi yang diharapkan dan juga permukaan bantalan penuh antara pelat dasar dan pondasi. Jelas, penting bahwa bagian atas pondasi tidak lebih tinggi dari bagian bawah pelat dasar. Setidaknya 1 in. (25 mm) jarak bebas harus disediakan untuk penyisipan nat. Terkait bagian bawah pelat dasar, oleh karena itu, bagian atas pondasi dapat diberi dimensi antara 1 dan 2 in. (25 dan 51 mm) lebih rendah. Dengan demikian, ada toleransi dimensi vertikal sebesar 1 in. di mana pemasang pondasi dapat bekerja. Hal ini wajar untuk jenis pekerjaan ini.

Untuk menghindari masalah pada bidang horizontal, templat kayu lapis digunakan untuk menempatkan baut jangkar kolom pada pondasi beton. Templat ini sering dibuat dari gambar kerja yang sama yang digunakan oleh pabrik baja untuk membuat dasar kolom, yang pada dasarnya memastikan kecocokan.

3. Setiap perdagangan dan kerajinan memiliki tingkat presisi yang normal. Presisi bagian dalam kunci pintu sangat tinggi; presisi dalam menuangkan pondasi beton atau menancapkan tiang pancang ke tanah sangat rendah. Perincian yang baik memperhitungkan toleransi



normal untuk ketidakakuratan dimensi di setiap fase konstruksi.

Perakitan struktur primer umumnya memerlukan toleransi yang lebih besar daripada pelapis akhir, yang sering kali dibuat dengan tangan agar pas, dan menggunakan alat yang lebih halus untuk mencapai kontrol kualitas yang lebih baik. Elemen pelapis akhir juga dapat "ditolak" dalam peningkatan kecil, jika tidak sesuai. Mengganti elemen struktural akan jauh lebih mahal dan sulit, sehingga toleransi lebih mengakomodasi. Tabel 12.2 yang menyertai memberikan contoh kecil toleransi standar industri yang diterima untuk berbagai bahan dan sistem bangunan. Setiap detail bangunan harus mematuhi toleransi ini. Dari tabel ini dan Bagan 12-1 kita melihat bahwa dianggap dapat diterima, jika tidak normal, jika rangka bangunan baja tidak tegak lurus hingga 3 in. (76 mm), dan rangka beton bahkan mungkin lebih tidak tegak lurus lagi. Ketika sistem konstruksi yang berbeda digabungkan, toleransi yang bervariasi harus diperhitungkan dengan cermat. Ketika sistem dengan toleransi yang berbeda digabungkan, sistem dengan toleransi yang paling kasar (paling jauh dari ideal) akan menentukan desain.

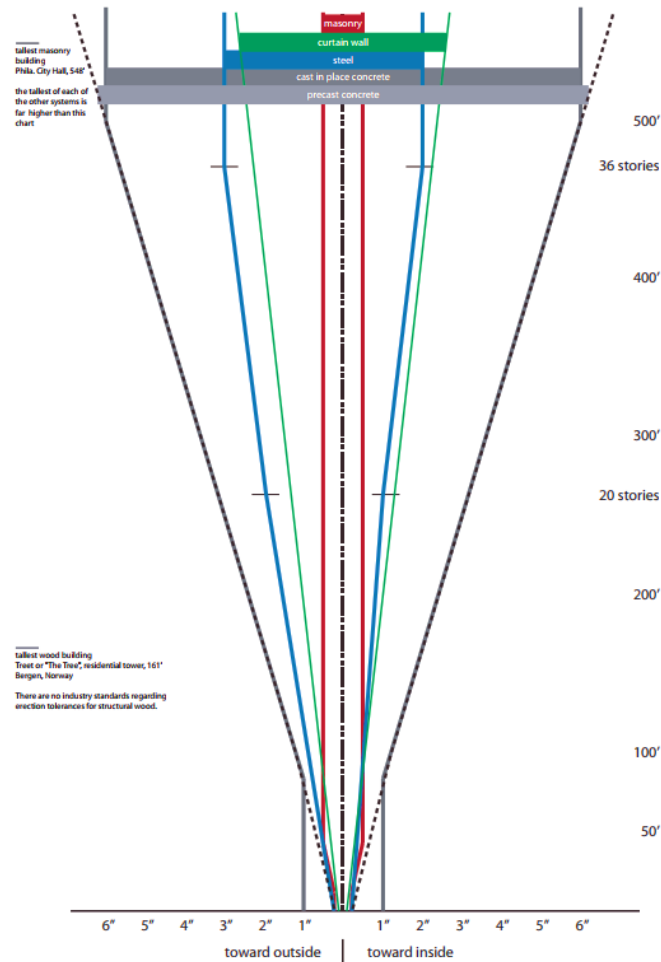
Tabel 12.2 Contoh Toleransi Dimensi yang Diterima dalam Konstruksi di AS

Beton		
Dimensi pondasi dalam denah	-1/2 in., +2 in.	-13 mm, +51 mm
Kesejajaran pondasi	1/2 in. untuk 20 kaki	1:500

perumahan		
Kesejajaran sudut luar dinding atau kolom yang terbuka	Hingga 83,33 kaki: kurang dari 0,20% tinggi atau $\pm 1/2$ in.; di atas 83,33 kaki: kurang dari 0,05% tinggi atau ± 3 in.	1:500 hingga ketinggian 25,4 m; 1:200 di atas ketinggian 25,4 m
Kesejajaran dinding atau kolom selain di sudut luar dan terbuka	Hingga 83,33 kaki: kurang dari 0,30% tinggi atau ± 1 in.; di atas 83,33 kaki: kurang dari 0,10% tinggi atau ± 6 in.	Hingga 25,4 m: kurang dari 0,30% dari ketinggian atau ± 25 mm; di atas 25,4 m: kurang dari 0,10% dari ketinggian atau ± 152 mm
Perbedaan dinding dari garis bangunan dalam denah	± 1 in.	± 25 mm
Perbedaan ketebalan dinding, hingga 12 in. (25 mm) tebalnya	$-1/4$ in., $+3/8$ in.	$-6,35$ mm, $+10$ mm
Perbedaan ketinggian balok atau pelat datar	$\pm 1/2$ in. untuk 10 kaki; $\pm 3/4$ in. untuk panjang keseluruhan	$\pm 6,35$ mm untuk 3,05 m; $\pm 9,5$ mm di setiap rongga; ± 19 mm untuk seluruh panjang
Beton Pracetak		
Kelurusan dinding atau kolom	$\pm 1/4$ in. untuk 10 kaki; ± 1 in. untuk 100 kaki	$\pm 6,35$ mm untuk 3,05 m; ± 25 mm untuk 30 m
Lebar sambungan antara panel dinding arsitektur	$\pm 1/4$ in.	$\pm 6,35$ mm
Baja Struktural		
Ketegasan kolom	1 in. ke arah atau 2 in. menjauhi garis bangunan di 20 lantai pertama; kemiringan maks. $1/16$ in. per lantai; 2 in. ke arah dan 3 in. menjauhi di atas 36 lantai	25 mm ke arah atau 51 mm menjauhi garis bangunan di 20 lantai pertama; kemiringan maks. 2 mm per lantai; 51 mm ke arah dan 76 mm menjauhi di atas 36 lantai
Panjang kolom	$\pm 1/32$ in. hingga 70 kaki	± 1 mm hingga 21 m
Panjang balok	$\pm 3/8$ in. untuk kedalaman 24 in. dan kurang; $\pm 1/2$ in. untuk kedalaman lebih besar	± 10 mm untuk kedalaman 610 mm dan kurang; ± 13 mm untuk kedalaman lebih besar
Marmer, Batu kapur, Granit		
Penyimpangan dari persegi pada salah satu batu	$\pm 1/16$ in.	$\pm 1,6$ mm
Panjang dan lebar panel	$\pm 1/16$ in.	$\pm 1,6$ mm
Ketebalan panel	$\pm 1/32$ in. hingga setebal $1/2$ in.; $\pm 1/8$ in. dari setebal $1/2$ – $15/8$ in.; $\pm 1/4$ in. di atas setebal $15/8$ in.	± 1 mm hingga tebal 13 mm; ± 3 mm dari tebal 13–116 mm; $\pm 6,4$ mm di atas tebal 116 mm
Dinding Batu		
Penyimpangan dari lokasi	$\pm 1/4$ in. untuk 10 kaki; $\pm 3/8$ in.	1:500

rencana dan kelurusan dinding	untuk 20 kaki; $\pm 1/2$ in. untuk panjang keseluruhan	
Ketebalan dinding multi-wythe	$- 1/4$ in., $+ 1/2$ in.	$-6,35$ mm, $+13$ mm
Rangka Struktural Kayu Pracetak		
Tidak ada standar industri untuk penempatan produk kayu rekayasa prafabrikasi, seperti kayu laminasi lem, balok-I, LVL, PSL, dan rangka kayu. Konsultasikan dengan produsen untuk toleransi yang direkomendasikan.		
Rangka Kayu Ringan		
Kerataan lantai	$\pm 1/4$ in. untuk 32 in. sejajar dengan balok; $\pm 1/4$ in. untuk 10 kaki tegak lurus dengan balok	1:125 sejajar; 1:500 tegak lurus
Ketepatan dinding	$\pm 1/4$ in. untuk 10 kaki	1:500
Rangka prafabrikasi, balok-I, panjang elemen LVL	$\pm 1/4$ in.	± 6 mm
Pelapis luar		
Tiang gorden aluminium menyimpang dari lokasi dalam gambar	$\pm 1/8$ in., atau standar pabrik	± 3 mm, atau standar pabrik
Dinding gorden serba kaca menyimpang dari lokasi dalam gambar	$\pm 1/16$ in. untuk 3 kaki; $\pm 1/2$ in. untuk 100 kaki; atau standar pabrik	1:500
Panel pelapis aluminium (fabrikasi CNC) ^b	$\pm 1/64$ in. untuk 15 kaki.	1:10.000
Finishing Interior		
Ketepatan rangka baja	$\pm 1/2$ in. untuk 10 kaki	$\pm 12,7$ mm untuk 3,05 m
Kerataan langit-langit akustik gantung	$\pm 1/8$ in. untuk 10 kaki	$\pm 3,17$ mm untuk 3,05 m

- Nilai-nilai ini diambil dari sejumlah sumber industri standar. Ringkasan lengkap toleransi industri konstruksi dapat ditemukan di *Handbook of Construction Tolerances*, David Kent Ballast, John Wiley & Sons, 2007. Konsultasikan publikasi asosiasi industri individual untuk toleransi setiap material.
- Bukan standar industri; ini adalah data untuk proyek tertentu (*Experience Music Project*, Seattle, Washington, Gehry Partners).



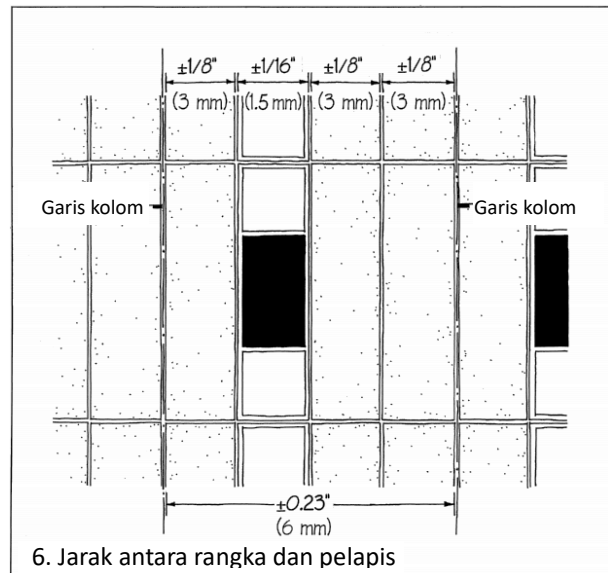
Bagan 12.1 Perbandingan Grafis Toleransi Ereksi Berbagai Perakitan Konstruksi

4. Jelas bahwa kita tidak dapat merancang sistem pelapis yang dipasang dengan erat pada balok spandrel bangunan. Pelapis untuk bangunan dengan rangka beton harus dipasang pada bidang yang terletak setidaknya 1 inci (25 mm) di luar muka balok spandrel, dan jarak yang lebih jauh dari ini akan lebih bijaksana, mengingat rangka bangunan tidak selalu dibangun dengan toleransi yang diterima. Dalam praktik sebenarnya, pemasang pelapis mengukur muka rangka bangunan dengan sangat teliti sebelum memulai pekerjaan dan menetapkan bidang untuk pelapis yang akan menghilangkan tonjolan terbesar pada setiap muka. Detail pemasangan pelapis harus menyediakan berbagai penyesuaian dimensi, menggunakan perangkat seperti ganjal, lubang pengikat beralur, dan pengikat berulir, yang memungkinkan dimensi toleransi ini (lihat Kesesuaian yang Dapat Disesuaikan, nanti dalam bab ini).
5. Lendutan dan perambatan pada balok dan pelat memperumit gambar. Tidaklah bijaksana untuk merinci partisi atau panel pelapis prefabrikasi agar pas di bawah balok atau pelat. Bahkan sambungan sealant yang cukup besar di antara keduanya sering kali tidak cukup untuk mengakomodasi lendutan normal. Lebih baik menempatkan panel pelapis sepenuhnya di luar struktur dan memasangnya sedemikian rupa sehingga

sebisanya mungkin terisolasi dari lendutan dan perambatan pada rangka. Harus ada komunikasi yang baik antara detailer, insinyur struktur, dan produsen pelapis untuk membatasi lendutan balok spandrel dan menyediakan sambungan gerakan horizontal yang cukup pada pelapis. Partisi yang tidak menahan beban harus dipisahkan dari struktur lantai di atasnya dengan manik-manik sealant atau gasket yang tingginya ditentukan oleh insinyur struktur (lihat Sambungan Struktur/Penutup, Bab 6). Rel baja ringan berlubang vertikal di kepala partisi dapat mengakomodasi lendutan balok atau dek di atasnya hingga 1,7 in. (43 mm), sambil mempertahankan keselarasan pemasangan.

6. Jika toleransi dimensi terakumulasi dari sekumpulan komponen yang dirakit, yang masing-masing memiliki toleransinya sendiri, toleransi keseluruhan dapat dihitung dengan mengambil akar kuadrat dari jumlah kuadrat toleransi masing-masing.

Misalnya, jika sebuah ruang bangunan dilapisi dengan tiga panel beton pracetak, dengan setiap panel memiliki toleransi $\pm 1/8$ in. (3 mm), dan unit jendela dengan toleransi $\pm 1/16$ in. (1,5 mm), toleransi dimensi keseluruhan untuk satu ruang dihitung sebagai berikut:



Toleransi Keseluruhan:

$$= \pm \sqrt{\left(\frac{1}{8}\right)^2 + \left(\frac{1}{16}\right)^2 + \left(\frac{1}{8}\right)^2 + \left(\frac{1}{8}\right)^2} = \pm 0.23''$$

Toleransi Keseluruhan:

$$= \pm \sqrt{(3)^2 + (1.5)^2 + (3)^2 + (3)^2} = \pm 5.4 \text{ mm}$$

7. Komponen bangunan yang besar memerlukan toleransi yang lebih besar, terutama jika sulit diubah di lokasi konstruksi. Misalnya, rangka baja yang tinggi memerlukan toleransi yang jauh lebih besar untuk kelurusan daripada dinding batu. Ini karena dinding batu, meskipun dibuat dengan tangan, terdiri dari potongan-potongan yang

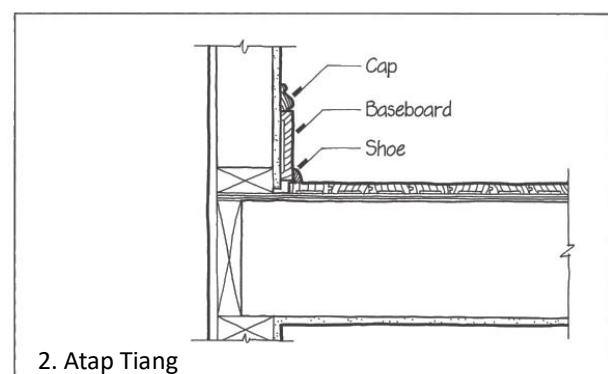
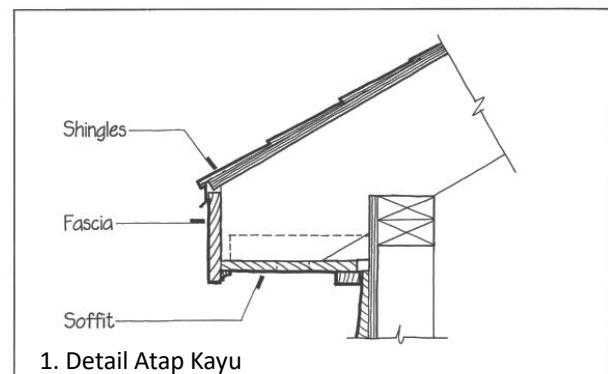
sangat kecil; setiap jalur memberikan peluang untuk memperbaiki kesejajaran agar mendekati ideal. Kolom baja bertingkat memiliki peluang terbatas untuk memperbaiki kesejajaran.

8. Meminta toleransi yang lebih dekat daripada praktik perdagangan standar kemungkinan akan meningkatkan biaya. Toleransi yang sangat dekat juga akan mengakibatkan lebih banyak elemen yang dibuang atau pekerjaan yang dipasang dihilangkan.
9. Desainer dan pembangun harus bekerja sama untuk meninjau toleransi yang dapat diterima untuk semua tahap konstruksi. Potensi konflik harus diidentifikasi sebelum konstruksi. Pemodelan digital dapat membantu melakukan ini, tetapi ingat bahwa model tersebut harus mewakili toleransi konstruksi yang relevan. Jangan berasumsi pekerja dapat bekerja dengan toleransi yang sama dengan model komputer. Bila terjadi konflik atau bila toleransi terlampaui, perancang dan pembangun harus kembali bekerja sama untuk menemukan solusi. Tidak dapat diterima untuk mengabaikan fitur fungsional suatu detail, seperti sambungan ekspansi yang terlalu lebar atau terlalu sempit, dengan anggapan bahwa sudah cukup jika memiliki tampilan akhir yang dapat diterima.

12.2 PEMASANGAN GESER PADA KOMPONEN BANGUNAN

Hubungan dimensi yang paling mudah dan paling baik antara dua komponen bangunan adalah pemasangan geser, di mana satu komponen tumpang tindih dengan komponen lain dan dapat diposisikan hanya dengan menggesernya.

1. Sirap yang tumpang tindih pada atap atau dinding merupakan contoh pemasangan geser. Banyak detail trim kayu menggunakan pemasangan geser untuk menghindari masalah penyelarasan yang sulit. Soffit atap kayu ini dapat dibuat dari sepotong kayu tunggal, tetapi ini akan sulit, karena dua sisi yang berlawanan dari potongan yang sama harus dipasang pada saat yang sama. Karena dimensi antara bagian belakang papan fascia dan dinding cenderung agak bervariasi, dan karena papan fascia maupun dinding tidak cenderung lurus sempurna, jauh lebih mudah untuk memasang papan soffit agar sesuai dengan fascia sekencang



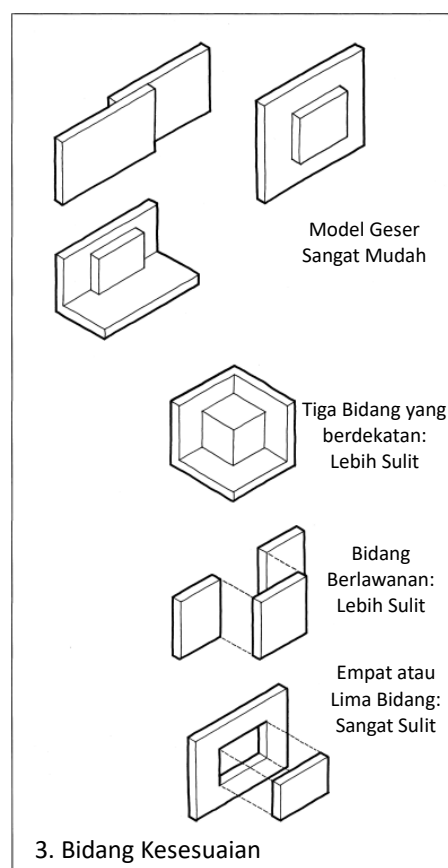
mungkin sambil tetap menjauh dari dinding. Kemudian celah pada dinding ditutup dengan potongan trim yang lebih kecil atau cetakan. Untuk mengatasi papan fasia yang bergelombang, cetakan kecil yang fleksibel dapat ditempatkan di sudut antara fasia dan sofit. Sofit dan dua bagian trim merupakan contoh pemasangan geser.

2. Papan skirting kayu dipasang untuk menutupi celah yang tidak rata antara permukaan dinding dan lantai. Papan skirting satu bagian berfungsi dengan baik jika permukaan lantai dan dinding benar-benar datar, tetapi hal ini jarang terjadi. Papan skirting terlalu kaku untuk ditekuk ke bagian dinding dan lantai yang rendah. Papan skirting tiga bagian tradisional mengatasi masalah ini dengan menambahkan dua cetakan tipis yang fleksibel: tutup untuk memeluk kontur dinding dan alas untuk menyesuaikan diri dengan lantai. Tutup dan alas tersebut digabungkan, menggunakan pemasangan geser terhadap papan skirting, untuk memberikan fleksibilitas guna menyesuaikan dengan kontur yang bergelombang.

3. Secara umum, pemasangan geser melibatkan komponen yang bebas bergerak setidaknya dalam satu arah dan yang permukaannya berhadapan dengan permukaan komponen lain. Pemasangan geser juga melibatkan penyelarasan komponen ke dua bidang tegak lurus yang berdekatan. Sirap disejajarkan dengan bidang permukaan dari rangkaian sirap yang lebih rendah berikutnya dan ke bidang tegak lurus imajiner yang memotong garis rangkaian sirap. Papan soffit disejajarkan dengan bidang horizontal potongan datar pada ujung kasau dan ke bidang vertikal bagian belakang papan fasia. Papan pinggir disejajarkan dengan bidang vertikal dinding dan bidang horizontal lantai. Lemari dapur juga disejajarkan dengan bidang lantai dan dinding. Ini semua pemasangan yang mudah.

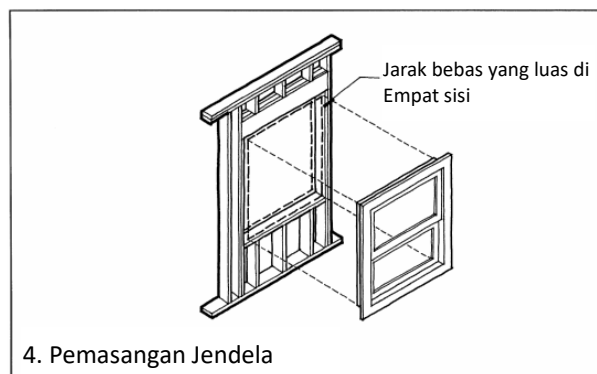
Ketika bidang penyelarasan ketiga yang berdekatan ditambahkan, masalah pemasangan menjadi lebih sulit. Jika ketiga bidang tersebut benar-benar tegak lurus satu sama lain dan jika komponen yang akan dipasang berbentuk persegi sempurna, pemasangannya mudah. Namun, jika terdapat ketidakakuratan di mana pun dalam hubungan tersebut, komponen tersebut harus dipangkas agar pas tanpa celah.

Jika bidang penyelarasan ketiga berseberangan dengan salah satu bidang lainnya dan bukannya bersebelahan, masalah pemasangannya bahkan lebih sulit. Jika bidang penyelarasan keempat dan kelima ditambahkan, masalah pemasangannya menjadi

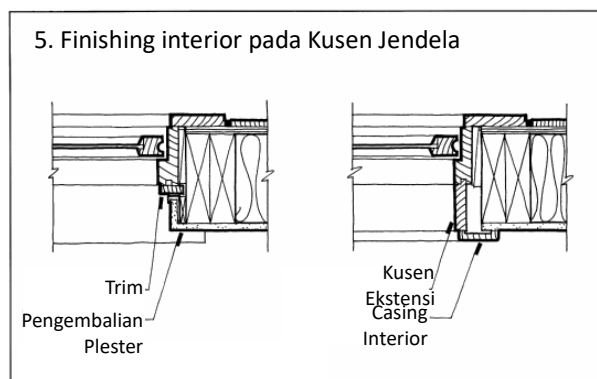


akut. Situasi ini harus dihindari.

4. Sebagian besar unit jendela rumah prefabrikasi menghindari masalah pemasangan lima bidang dengan menentukan bukaan kasar di dinding yang jauh lebih besar daripada unit jendela. Kelonggaran yang cukup besar ini mengurangi masalah pemasangan hanya pada bidang dinding. Flensa pada unit jendela sejajar dengan bidang selubung dinding, dan unit diratakan dan diluruskan saat "mengapung" di bukaan kasar, ditopang oleh sepasang irisan di keempat sisi yang disesuaikan dengan mudah dan tepat untuk mengisi celah antara rangka dan unit jendela.



5. Bagian yang lebih sulit dari pemasangan jendela adalah pemasangan casing interior. Karena toleransi normal pada ketebalan dinding yang disebabkan oleh variasi dimensi kayu rangka dan ketebalan plester, kedalaman rangka unit jendela mungkin tidak sama persis dengan ketebalan dinding. Praktik yang umum adalah memasang kusen ekstensi kayu yang menutupi perbedaan antara kedalaman unit jendela dan ketebalan dinding. Kusen ekstensi ini sulit dipasang, karena harus sejajar dengan dua bidang paralel: sisi dalam unit jendela dan sisi plester. Pemasangan yang lebih mudah disediakan oleh detail yang mengembalikan plester ke kusen unit jendela. Bagian plester yang kembali harus diganjal dari kusen kasar agar sejajar dengan kusen unit jendela. Potongan kecil biasanya diperlukan untuk menutupi alur di tepi kusen unit jendela.

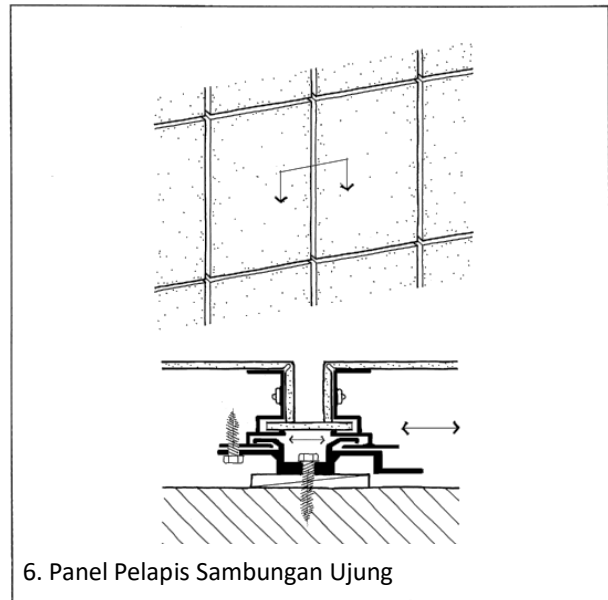


6. Panel pelapis yang disambung dengan sambungan tumpul seperti sistem penutup logam komposit merupakan pemasangan lima bidang yang berpotensi sulit. Sangat penting bahwa panel diproduksi sesuai dimensi, berbentuk persegi, dan datar dalam toleransi yang sangat sempit. Ini umumnya layak, karena dibuat di pabrik menggunakan perlengkapan dan mesin presisi.

Dalam memasang panel ke bangunan, kebebasan penyelarasan di ketiga sumbu (X, Y, dan Z) harus disediakan oleh konektor (lihat bagian berikut, Pemasangan yang Dapat Disesuaikan). Ini memungkinkan panel untuk disejajarkan dengan mudah ke bidang yang sama, ke tingkat, ke tegak lurus, dan ke dimensi horizontal dan vertikal. Lebar sambungan yang mengelilingi setiap panel dan memisahkannya dari tetangganya harus

cukup untuk memungkinkan penyimpangan yang diharapkan dalam dimensi dan penyelarasan.

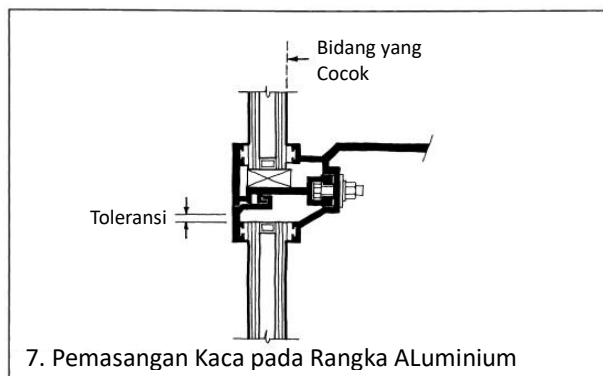
Detail bervariasi tergantung pada sistem pelapis tertentu, tetapi sebagian besar menggabungkan fitur pemasangan geser ke dalam apa yang tampak seperti detail sambungan tumpul. Detail denah sambungan vertikal memperlihatkan dua contoh pemasangan geser. Pemasangan ini memudahkan detail ini, dan mengakomodasi sedikit pergerakan di dalam bidang. Di satu sisi, klip



6. Panel Pelapis Sambungan Ujung

disekrup ke ekstrusi kontinu yang diamankan ke rakitan dinding, tetapi klip di sisi lain memiliki pemasangan geser lidah-dalam-alur dengan ekstrusi kontinu. Contoh kedua pemasangan geser adalah strip logam komposit yang ditempatkan di bagian penutup, yang diselipkan ke dalam alur di klip pemasangan. Keduanya memungkinkan rentang pergerakan kecil di bidang panel, dan menerima kesalahan kecil dalam pengukuran, pemotongan, atau pemasangan potongan.

7. Metode umum pemasangan kaca berukuran besar membuatnya lebih mudah dipasang daripada panel pelapis, karena, pada kenyataannya, kaca hanya sejajar dengan satu bidang bidang gasket tempat pemasangannya. Keempat tepi setiap kaca memiliki pemasangan geser ke dalam kusen dan terhadap gasket, yang memungkinkan toleransi yang cukup besar dalam dimensi dan persegi.



7. Pemasangan Kaca pada Rangka ALuminium

12.3 KESESUAIAN YANG DAPAT DISESUAIKAN

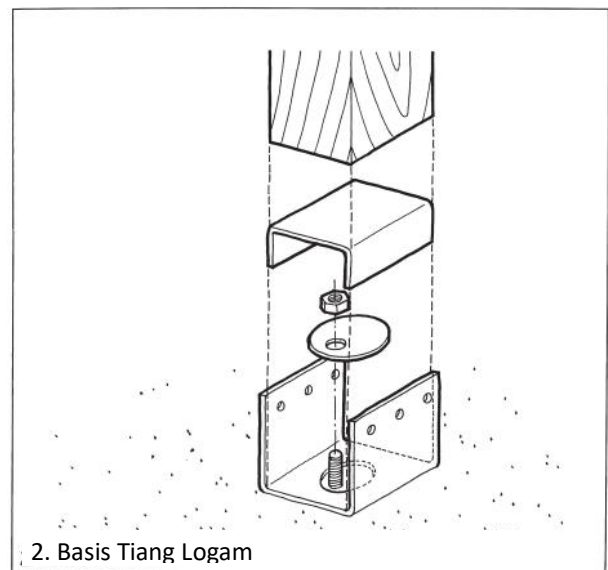
Karena tidak mungkin mempertahankan akurasi dimensi yang sempurna dalam konstruksi, setiap komponen bangunan yang harus diposisikan secara akurat harus dijelaskan secara terperinci sehingga penyesuaiannya dapat disesuaikan selama dan setelah perakitan.

1. Braket yang diproduksi untuk rak kaca yang sudah dipotong sebelumnya ini harus disejajarkan dengan sangat tepat dengan garis vertikal di dinding sehingga rak akan pas dengan kantong tertutup di braket. Untuk memungkinkan toleransi normal dalam

mengukur dan mengebor lubang sekrup di dinding, lubang yang cocok di braket diberi alur. Perhatikan bahwa alurnya horizontal sehingga berat braket akan langsung menempel pada tangkai sekrup, di mana pun sekrup berada di alur tersebut. Rincian ini tidak menyediakan penyesuaian vertikal braket atau untuk koreksi setiap gelombang di bidang dinding; ini menyediakan penyesuaian hanya dalam satu sumbu. Meskipun braket rak kasar, seperti yang digunakan untuk memasang rak kasar di ruang bawah tanah atau garasi, dapat dipaku ke dinding, paku tidak menyediakan pengaturan atau pengaturan ulang posisi braket yang tepat. Sambungan yang dapat disesuaikan umumnya menggunakan pengencang berulir, baik sekrup atau baut, untuk memberikan kontrol yang lebih besar selama perakitan dan untuk memungkinkan pengaturan ulang nanti, jika perlu.



2. Baut jangkar pada beton sulit ditempatkan dengan tepat dan sering kali tidak sejajar pada dua sumbu. Basis tiang logam buatan ini menanggapi masalah tersebut dengan menyediakan lubang yang sangat besar, bersama dengan ring yang lebih besar lagi di mana lubang baut tidak berada di tengah (eksentrik). Ini memungkinkan



penyesuaian pada dua sumbu. Jika ketinggian bagian atas beton (sumbu ketiga) tidak akurat, ganjal baja atau nat dapat digunakan di bawah basis tiang. Namun, biasanya, tiang itu sendiri dipotong sedikit lebih pendek atau lebih panjang, sesuai kebutuhan.

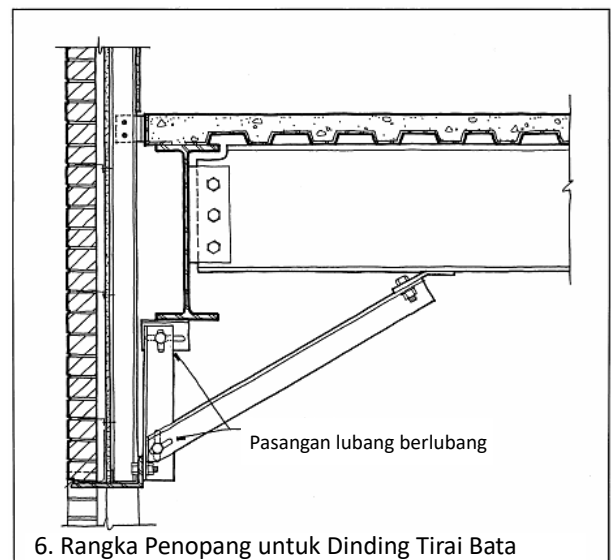
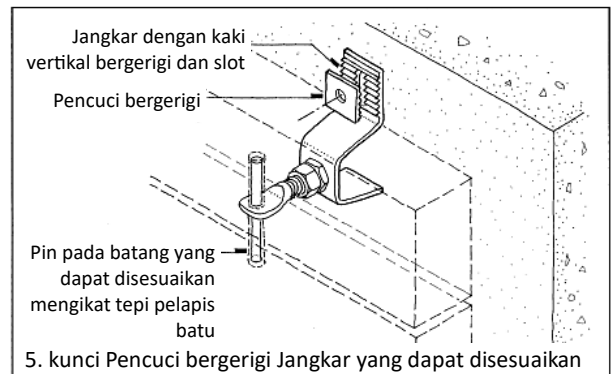
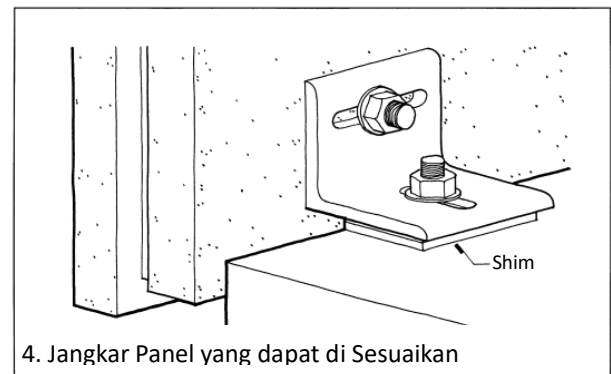
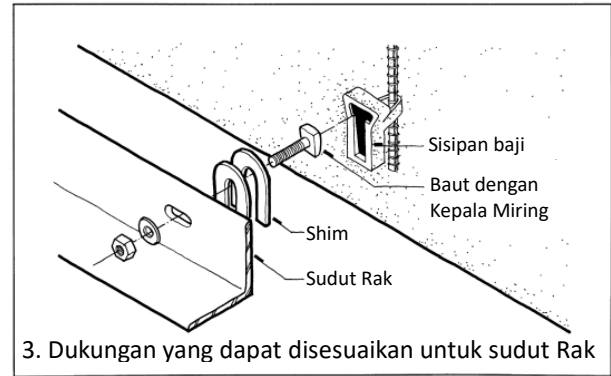
3. Sisipan baji dan baut kepala miring ini memungkinkan penyesuaian vertikal lokasi sudut rak baja yang digunakan untuk menyangga permukaan pasangan batu pada rangka bangunan beton. Permukaan bagian dalam dinding luar sisipan dan kepala baut menciptakan sepasang baji yang saling berlawanan yang saling mengunci dengan aman terhadap beban ke bawah pada posisi vertikal apa pun.

Jika sisipan baji tidak sejajar persis pada bidang horizontal dengan lubang yang telah dilubangi di sudut rak, lubang tersebut dilubangi sebagai slot horizontal. Orientasi horizontal slot memungkinkan sudut rak mentransfer beban gravitasi langsung ke tangkai baut tanpa tergelincir, terlepas dari posisi baut yang tepat di slot. Sumbu

penyesuaian ketiga disediakan oleh penyisipan baja atau ganjal plastik tahan benturan tinggi dengan berbagai ketebalan antara sudut rak dan permukaan balok spandrel beton. Ganjal berbentuk tapal kuda sehingga akan tetap di tempatnya hingga baut dikencangkan. Dengan menggabungkan sisipan baji, lubang beralur, dan ganjal, detail sambungan dengan penyesuaian triaksial telah dibuat untuk menyesuaikan toleransi dimensi yang relatif besar dari rangka beton dengan toleransi yang ketat dari sistem pelapis bangunan. Detail sambungan serupa digunakan untuk memasang sudut rak ke rangka baja.

4. Ini adalah detail triaksial sederhana untuk mengencangkan panel pelapis batu atau beton ke muka bangunan. Ganjal antara pelat dan klip sudut memungkinkan penyesuaian vertikal. Penyesuaian masuk-keluar berasal dari lubang beralur di dasar klip. Penyesuaian lateral pada bidang pelapis disediakan oleh lubang beralur horizontal di kaki vertikal klip. Perhatikan lagi bahwa alur diorientasikan sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan keamanan penyaluran beban pada sambungan: Merupakan kesalahan untuk menyediakan penyesuaian vertikal dengan menggunakan lubang beralur vertikal normal di kaki vertikal klip, karena ini dapat menyebabkan baut tergelincir di bawah beban gravitasi.

5. Bila diperlukan penyetelan vertikal, lubang beralur vertikal dapat dibuat



pada jangkar baja yang memiliki kaki vertikal bergerigi. Setelah jangkar diatur pada ketinggian yang benar, maka ring bergerigi dengan profil yang sesuai dipasang sehingga gigi-giginya menempel pada permukaan jangkar saat baut dikencangkan. Jangkar ini memungkinkan untuk memposisikan ketinggian penyangga panel pelapis batu secara tepat, dan tidak akan bergerak vertikal saat diberi beban. Pelat bergerigi dapat digunakan untuk meningkatkan gesekan di mana pun lubang beralur berada pada sumbu gaya.

6. Rangka sudut baja ini untuk menyangga dinding tirai bata di atas bukaan jendela yang panjang perlu disetel dengan sangat tepat sehingga sudut rak ditempatkan pada posisi yang tepat. Sepasang lubang beralur dalam orientasi yang berlawanan memudahkan hal ini, tetapi lubang-lubang tersebut tidak aman terhadap selip saat diberi beban. Masalah ini dapat dihindari dengan mengelas semua sambungan setelah kesejajaran yang tepat telah diverifikasi dengan instrumen survei.

12.4 PENGUNGKAPAN

Pengungkapan adalah lekukan atau offset antara dua potong material tempat keduanya bertemu. Fungsinya dapat untuk menghindari keharusan membuat penyesuaian yang tepat atau memenuhi dimensi yang tepat, untuk membuat garis bayangan untuk tujuan komposisi, atau untuk membuat garis bayangan yang menyembunyikan cacat kecil dalam pengerjaan.

1. Tukang kayu finishing bekerja melawan rintangan berat untuk menciptakan trim yang menarik dan dibuat dengan baik: Permukaan yang dipangkas sering kali tidak tegak lurus, tidak rata, tidak berdimensi, dan bergelombang. Kayu yang dikerjakannya sering kali sedikit bengkok atau melengkung, bahkan tidak berdimensi, dan akan terus berubah dimensi selama masa pakai bangunan, sebagai respons terhadap perubahan kelembapan. Faktor-faktor ini membuat tidak disarankan untuk meminta tukang kayu finishing membuat tepi rata tempat dua bidang trim bertemu di kusen jendela atau pintu. Jika detail yang kecil namun signifikan disertakan, ketidaksejajaran, lekukan, dan pergerakan kelembapan yang kecil jarang terlihat, karena hal tersebut hanya akan mengubah dimensi detail tersebut sedikit, tetapi tidak mengubah keberadaan fitur dasar. Detail yang ramping membutuhkan material dan pemasangan yang lebih konsisten daripada detail yang lebih lebar. Jika detail yang rata dipaksakan, biaya pembuatannya akan lebih mahal, dan detail tersebut akan rata dengan sempurna dan andal hanya pada saat detail tersebut selesai, sebelum pemuaian dan penyusutan

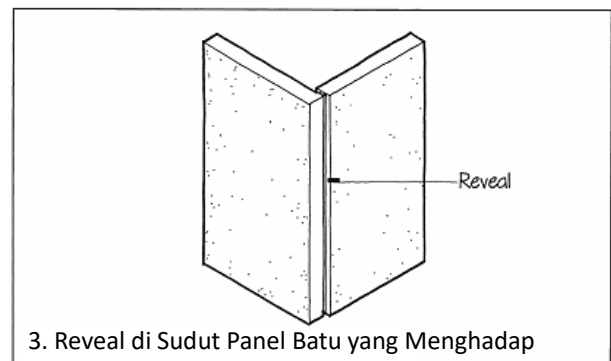
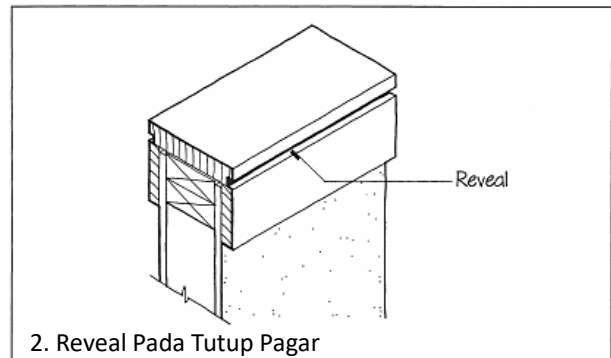
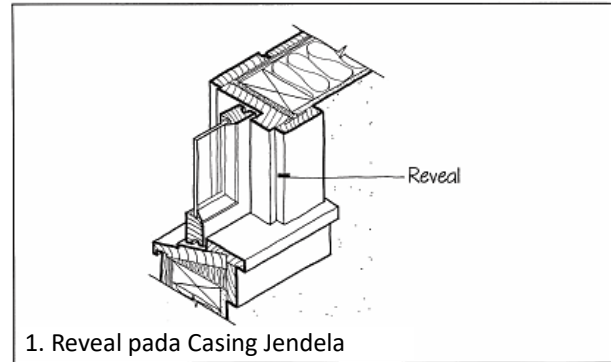
kelembapan mulai berlaku. Detail yang seperti ini juga melipatgandakan garis paralel yang mengelilingi jendela atau pintuefek yang sering kita anggap menyenangkan.

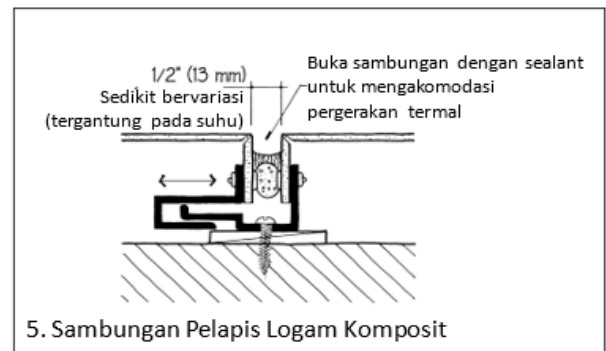
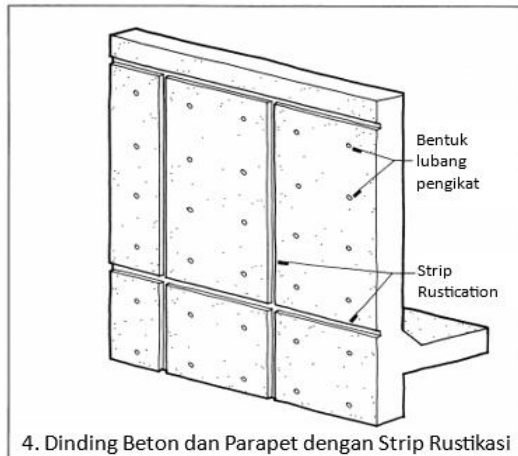
2. Detail yang lain dapat digunakan untuk membuat garis bayangan yang menyembunyikan

ketidaksempurnaan pada sambungan. Dalam contoh ini, tepi tutup yang berlekuk membentuk detail yang terlihat dan menjadi sambungan yang tampak.

3. Detail yang terlihat juga berfungsi dengan baik pada sambungan dan sudut eksterior dari permukaan batu dan beton, baik untuk membuat garis bayangan untuk tujuan komposisi maupun untuk menyamarkan sambungan yang mungkin kurang sempurna. Untuk jenis pengungkapan lain yang sering digunakan dalam situasi seperti ini, lihat sambungan unik yang diilustrasikan pada gambar 5, di bagian Sambungan Butt, nanti dalam bab ini.

4. Strip rustikasi yang dipasang pada bekisting beton menciptakan garis bayangan yang menyembunyikan ketidakrataan yang terjadi di tempat satu tuangan beton menyambung dengan yang lain, atau di mana satu panel bekisting bertemu dengan yang lain.



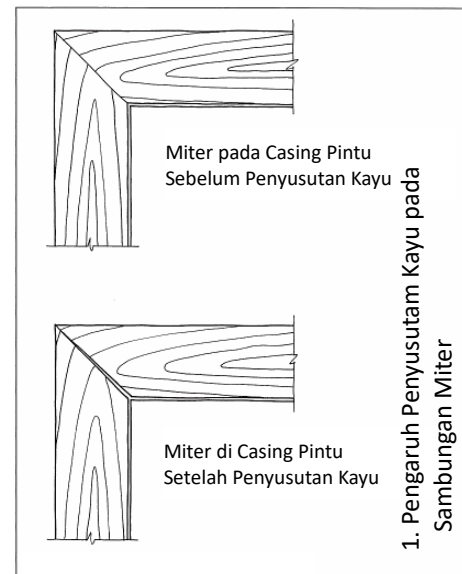


5. Terungkap dalam sistem pelapis logam komposit membagi permukaan yang luas menjadi bagian-bagian yang mudah diatur dan mengakomodasi pergerakan termal yang kecil.

Sambungan Ujung

Sambungan ujung adalah cara paling sederhana untuk merakit dua komponen. Ini juga merupakan cara yang paling diinginkan untuk melakukannya dalam sebagian besar keadaan.

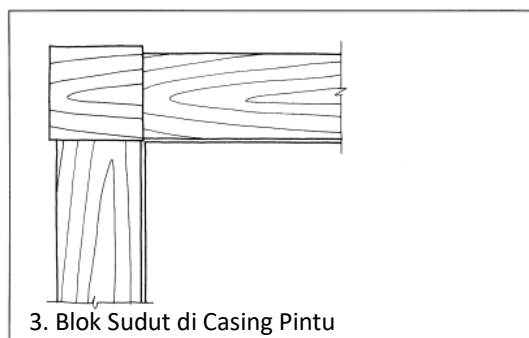
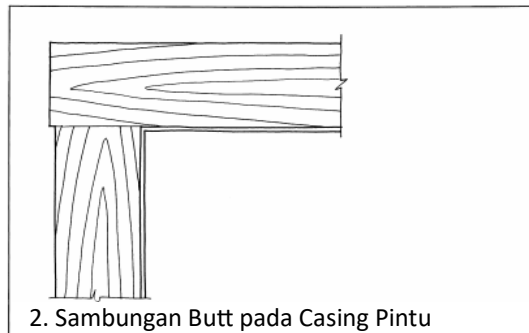
1. Sudut yang disambung dengan sambungan ujung merupakan konsep yang menarik, tetapi memiliki beberapa masalah. Salah satunya adalah sambungan ini menciptakan ujung tajam pada setiap bagian material di sudut, dan ujung tajam tersebut rapuh dan berpotensi berbahaya. Masalah lainnya adalah bahwa untuk mewujudkan potensi estetikanya, sambungan ujung harus dipasang dengan sangat rapat dan tepat. Hal ini sering kali sulit dilakukan jika bagian yang disambung dengan sambungan ujung panjang, lebar, atau melengkung. Sambungan ujung di antara potongan kayu memiliki masalah ketiga: Karena kayu menyusut sangat tegak lurus terhadap seratnya dan sangat sedikit di sepanjang seratnya, potongan 45 derajat pada papan tidak akan lagi menjadi 45 derajat setelah papan menyusut atau mengembang.



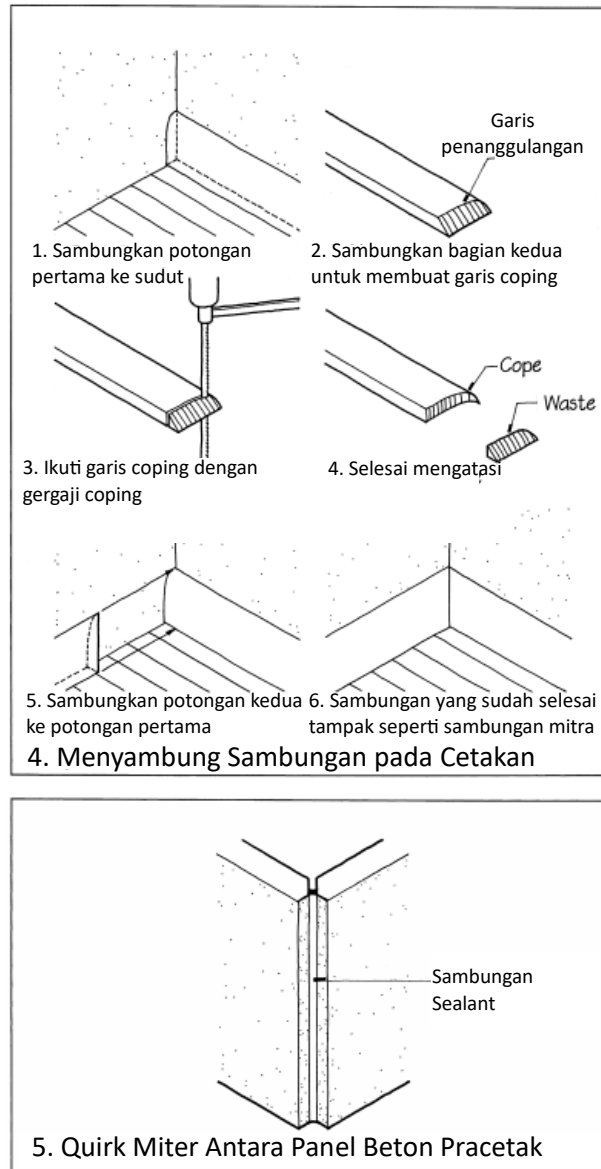
terhadap seratnya dan sangat sedikit di sepanjang seratnya, potongan 45 derajat pada papan tidak akan lagi menjadi 45 derajat setelah papan menyusut atau mengembang. Sambungan ujung pada kayu cenderung terbuka dengan tidak menarik setelah konstruksi karena bangunan dipanaskan dan kayu mengering. Sambungan yang pas harus dipotong dan disambung saat kayu berada pada kadar air seimbang dengan lingkungan sekitar yang stabil.

2. Sambungan pantat sederhana menghindari sebagian besar masalah ini. Sambungan ini tidak memiliki ujung pisau. Sambungan ini mudah dipasang. Dan jika sambungan ini sedikit terbuka saat kayu mengering, sambungan ini terbuka secara merata.

Sambungan pantat sangat mudah dibuka jika sambungan ini memiliki bukaan (lihat Bukaan, di awal bab ini). Dalam contoh ini, bukaan dibuat hanya dengan memotong bagian atas casing sedikit lebih panjang dari yang dibutuhkan.



3. Pendekatan lain yang memuaskan untuk sambungan yang sama ini adalah dengan menggunakan blok sudut yang lebih tebal dan lebih lebar dari bagian casing yang disambungnya, sehingga menghasilkan total empat bukaan dan dua sambungan pantat.
4. Cetakan kayu juga dapat disambungkan pada sudut dalam untuk menghindari bukaan yang tidak menarik yang mungkin terjadi pada sambungan mitra. Jenis sambungan mitra khusus ini disebut 'sambungan coped'. Sambungan ini dibuat dalam beberapa langkah. Bagian cetakan pertama disambungkan pada sudut siku-siku dan dipaku. Bagian cetakan kedua disambungkan dengan sudut miring untuk membuat garis cope. Terakhir, gergaji coping digunakan untuk memotong bagian cetakan kedua pada sudut 90 derajat atau sedikit kurang, mengikuti tepian mitra sebagai panduan. Ujung coping dari bagian kedua disambungkan dengan erat ke sisi berkontur bagian pertama. Sambungan coped tampak persis sama dengan sambungan miter tetapi tetap rapat meskipun cetakannya sedikit menyusut.
5. Terkadang, sambungan mitra quirk merupakan kompromi yang baik untuk menyambung tepi yang panjang. Ia tidak memiliki sisi pisau dan cukup memaafkan masalah pemasangan karena tampilannya yang sudah terpasang, tetapi ia mempertahankan simetri visual yang memuaskan dari sebuah sambungan sudut.



Tepi Bersih

Saat material atau permukaan berakhir, tepi tersebut harus dilakukan dengan rapi dan tegas.

1. Dua jenis tepi yang tidak dapat ditoleransi adalah tepi tajam dan tepi bulu. Tepi tajam berbahaya dan sangat rentan terhadap kerusakan sebelum, selama, dan setelah konstruksi. Jika rusak, hampir mustahil untuk memperbaikinya. Tepi bulu terbentuk saat kita mencoba menghaluskan satu material ke material lain, seperti saat menyambung dinding plester ke dinding pasangan bata yang terletak pada bidang yang sama, dengan menghaluskan tepi plester basah ke permukaan pasangan bata.

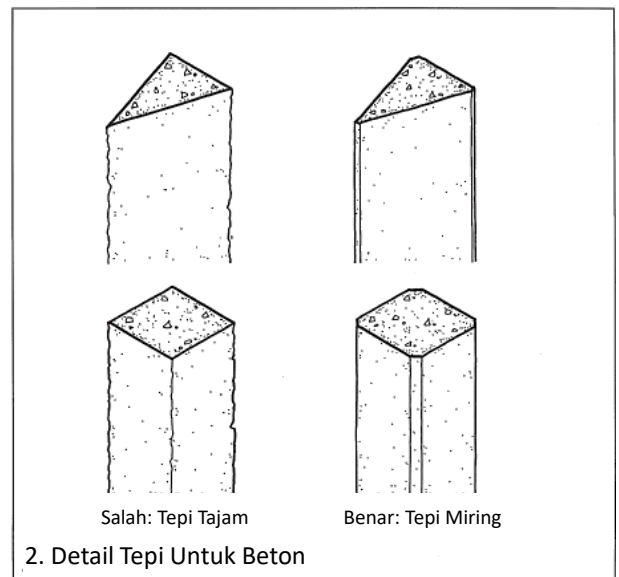
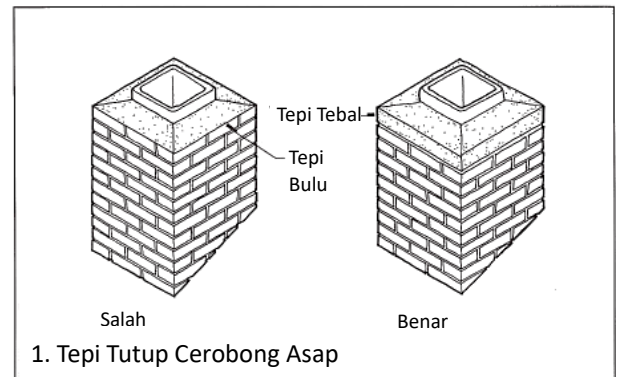
Tepi bulu terlihat buruk dan sangat rapuh sehingga biasanya retak dalam waktu singkat. Tidak mungkin membuat tepi bulu yang halus pada apa pun kecuali plester berbutir sangat halus atau campuran finishing drywall. Misalnya, tidak berhasil untuk mencoba membuat sapuan bulu dengan mortar di atas cerobong pasangan bata: Pasir dalam mortar terlalu kasar untuk dihaluskan, dan sapuan tipis dan tidak padat akan segera retak dan terlepas dari pasangan bata. Sebaliknya, cerobong asap harus diakhiri dengan tutup beton bertulang yang memiliki tepi yang bersih dan tebal serta lapisan di bagian atasnya.

2. Berusahalah untuk membuat tepi yang tajam pada beton hanya jika kontrol kru terhadap penempatan beton berada pada kaliber tertinggi. Tepi yang tajam pada bekisting sering kali tidak terisi dengan baik dengan beton selama penuangan dan cenderung rusak saat bekisting dilucuti operasi yang dilakukan saat beton masih lemah dan sangat

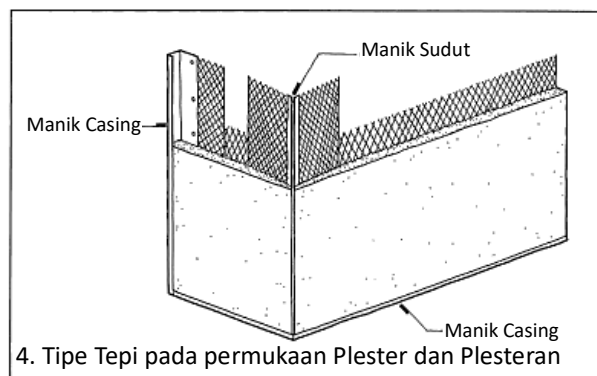
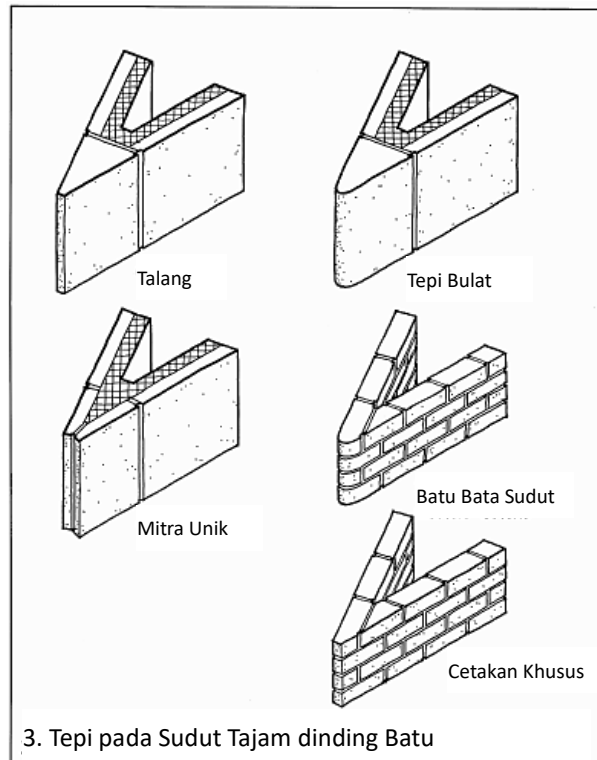
getas. Gunakan sisipan chamfer atau fillet di sudut bekisting untuk menghilangkan sudut tajam pada beton; bahkan sudut 90 derajat berbahaya, tidak menarik, dan sulit dibuat dengan baik jika perancang mencoba membuatnya tetap tajam.

Lebih jauh lagi, sudut tersebut jauh lebih rentan terhadap kerusakan selama konstruksi dan hunian. Jika diperlukan sudut yang tajam, maka spesifikasi beton dan metode penempatan harus disesuaikan untuk memastikan bahwa beton mengisi sudut yang rapat. Agregat kasar, beton dengan kemampuan kerja rendah, dan getaran yang kurang dapat mengakibatkan rongga daripada sudut yang terisi. Pembongkaran bekisting juga harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan pada sudut-sudut yang rentan. Beberapa kerusakan hampir pasti terjadi, dan bahkan perbaikan terbaik pun akan terlihat jelas.

3. Sudut tajam pada batu dan pasangan bata juga tidak dapat mentolerir kesalahan konstruksi kecil dan sangat sulit diperbaiki. Tepi yang miring, tepi membulat, sudut miring, dan sudut yang menonjol merupakan detail tepi yang bersih dan dapat ditoleransi untuk sudut pasangan bata yang tajam. Untuk membuat jenis sudut ini pada pasangan bata, tentukan bentuk bata yang dicetak khusus. Sudut sudut lancip yang ditunen dari bata persegi memiliki lekukan yang dapat menyerap air yang



menyebabkan kerusakan dini. Bata yang dipotong miring dengan palu atau gergaji memiliki permukaan yang tidak menarik dan berpori pada permukaan yang dipotong.

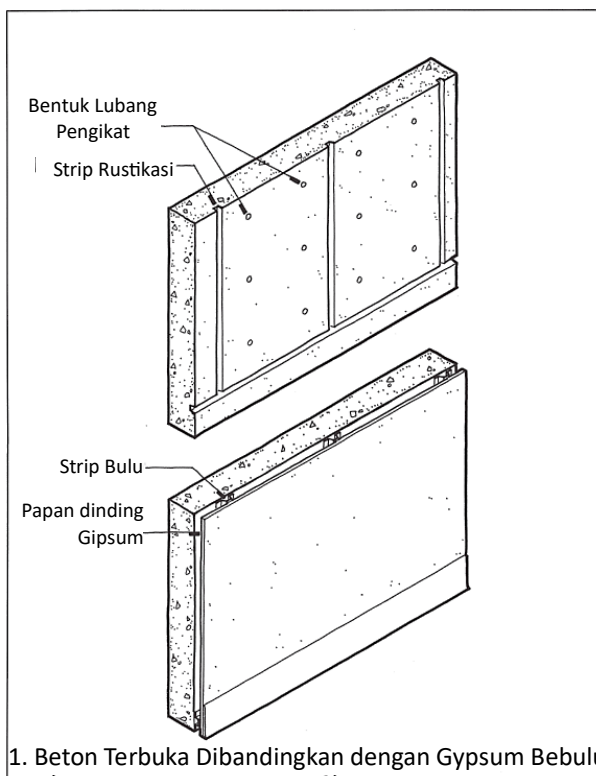


4. Tepi plester, plesteran, dan papan gipsum yang terbuka harus selalu dibatasi oleh manik-manik casing dan manik-manik sudut yang sesuai. Ini membantu tukang plester untuk mempertahankan ketebalan dinding yang konstan dan menciptakan tepi yang bersih yang menyatu dengan rapi dengan material di sekitarnya. Ada juga banyak strip aksesori yang diproduksi dari logam dan plastik yang dapat digunakan oleh tukang plester untuk membuat sudut dan sambungan yang tajam dan bersih pada permukaan plester.

12.5 PENYELESAIAN PROGRESIF

Seiring berjalannya proses konstruksi, setiap tahap pekerjaan harus lebih tuntas daripada tahap sebelumnya, dan pemasangan penyelesaian akhir harus ditunda hingga selambat mungkin dalam proses konstruksi.

1. Bayangkan dua cara berbeda untuk menyelesaikan sisi dalam dinding beton arsitektur yang dituang di tempat. Salah satu cara adalah dengan membentuk dan menuangkan beton dengan sangat hati-hati dan membiarkannya terbuka. Cara lainnya adalah dengan membentuk dan menuangkan beton dengan agak kurang hati-hati dan kemudian, di akhir konstruksi, melapisi permukaan dalamnya dan menambahkan lapisan akhir papan dinding gipsum dan cat.



1. Beton Terbuka Dibandingkan dengan Gypsum Bebulu

Permukaan beton yang terbuka tampaknya menjadi pilihan yang lebih langsung, sederhana, aman,

dan ekonomis untuk dipilih, karena melibatkan lebih sedikit material, lebih sedikit langkah, dan lebih sedikit pekerjaan. Namun, ini adalah penyelesaian yang sangat tidak memaafkan. Cacat apa pun pada bekisting dan ikatan, ketidakkonsistenan apa pun dalam menggetarkan beton, sambungan dingin atau sedikit perbedaan warna antara kelompok beton, dan noda atau kerusakan apa pun pada dinding selama tahap konstruksi berikutnya akan sangat terlihat pada permukaan yang sudah jadi.

Dengan menggunakan rangka dan papan dinding gipsum, pekerjaan beton dapat dilakukan dengan cara yang jauh lebih tidak teliti, dan kerusakan konstruksi apa pun pada tampilan permukaan beton tidak akan terlalu berarti. Setelah sebagian besar operasi konstruksi selesai dan dinding sepenuhnya terlindung dari cuaca, strip rangka dipasang ke beton, diberi ganjal jika perlu untuk menghasilkan permukaan yang tegak lurus dan datar. Papan dinding dipasang, direkatkan, diplester, diampelas, dan dicat. Sambungannya dengan lantai disembunyikan di balik papan pinggir. Kerusakan apa pun pada dinding gipsum di menit-menit terakhir, bahkan jika seseorang menemukannya dengan kunci inggris atau kaki, dapat diperbaiki dengan cepat dan tidak terlihat dengan kompon dan cat drywall.

Biaya keseluruhan dinding beton ditambah lapisan gipsum yang dicat mungkin lebih rendah daripada biaya keseluruhan untuk sekadar mengekspos dinding beton. Ini karena dinding dengan lapisan gipsum yang dicat telah diselesaikan secara bertahap, bukan dalam satu langkah yang tidak dapat dibatalkan. Perkembangannya adalah dari permukaan struktural yang kasar dan kasar ke permukaan gipsum yang lebih halus hingga permukaan cat yang sangat halus, dengan tepi yang kasar ditutupi oleh papan

pinggir.

Penyelesaian progresif melibatkan perkiraan yang lebih baik secara berurutan dari tingkat penyelesaian yang pada akhirnya diinginkan, dan menunda tingkat penyelesaian yang lebih halus hingga selambat mungkin dalam proses konstruksi, untuk menghindari kerusakan akibat operasi yang lebih kasar. Tentu saja, permukaan gipsium yang dicat tidak memiliki kekokohan dan karakter yang memuaskan seperti dinding beton yang dibuat dengan baik. Klien dan desainer mungkin lebih menyukai beton, dan dalam hal itu mereka harus memilikinya, tetapi mereka harus menyadari bahwa itu adalah hasil akhir yang tidak memaafkan, mahal dan berisiko untuk diproduksi, dan sulit diperbaiki. Itu harus diperinci, ditentukan, diawasi, dan dianggarkan sesuai dengan itu.

2. Demikian pula, pelat beton yang terbuka adalah pelapis lantai yang tidak memaafkan— yang hanya boleh digunakan jika perancang yakin bahwa kontraktor akan memiliki tukang pelapis beton yang berpengalaman, andal, dan sangat terampil untuk membuatnya. Bahkan dalam kondisi ini, pelat tersebut tetap berisiko besar mengalami kerusakan atau noda selama proses konstruksi. Lebih memaafkan dan seringkali lebih murah secara keseluruhan adalah menutupi pelat di bagian paling akhir rangkaian konstruksi dengan bahan seperti karpet, ubin plastik, atau ubin keramik.
3. Saluran udara, pipa, dan saluran yang terbuka dapat menarik karena kerumitannya, tetapi secara keseluruhan tidak selalu lebih murah atau lebih mudah daripada layanan yang disembunyikan di atas langit-langit gantung. Biaya tambahan yang terkait dengan layanan yang terbuka mencakup peningkatan waktu desain (untuk menata susunan saluran yang menarik), peningkatan waktu fabrikasi dan pemasangan (untuk memungkinkan standar pengerjaan yang lebih tinggi), penutup yang tahan lama untuk insulasi pipa dan saluran, dan pengecatan. Biaya tambahan ini sering kali lebih besar dari total biaya plafon gantung. Untungnya, di banyak gedung, biaya tambahan tersedia, dan langit-langit gantung yang hambar dapat dihindari. Beberapa klien mungkin menoleransi atau bahkan lebih menyukai layanan bangunan yang tidak formal dan rumit secara visual. Hal ini juga memudahkan perbaikan layanan atau pemasangan layanan baru di masa mendatang.
4. Konstruksi rangka ringan dari kayu atau logam didasarkan pada gagasan penyelesaian progresif. Struktur yang kasar dan tidak menarik didirikan terlebih dahulu; kemudian bagian luar diselesaikan; akhirnya, pekerjaan mekanis, elektrik, dan isolasi dilakukan. Penyelesaian interior dilakukan di akhir proses, menutupi kekacauan rangka dan pekerjaan mekanis dan diakhiri dengan pemasangan lis, lantai, cat, dan kertas dinding yang menutupi semua pekerjaan sebelumnya dalam lapisan-lapisan yang berurutan.
5. Banyak bangunan kontemporer dibuat menggunakan bahan dasar konvensional yang murah, dengan bahan yang jauh lebih halus dan berteknologi maju menutupinya. Layar hujan logam yang ramping di atas dinding beton yang dicor di lokasi, atau dinding tirai kaca dan aluminium yang tajam di atas rangka baja tahan api, adalah contoh dari

praktik ini. Dalam beberapa kasus, hanya ada sedikit kesamaan antara bahan dasar dan permukaan luar. Terlepas dari tantangan estetika yang ditimbulkannya, detailer perlu waspada untuk menghindari potensi konflik dalam sifat fisik bahan dan sistem konstruksi yang berbeda. Penting juga untuk mengantisipasi kebutuhan berbagai pekerja, yang semuanya melapisi pekerjaan mereka di atas pekerjaan orang-orang sebelumnya.

6. Kerugian potensial dari penggunaan penyelesaian progresif adalah bahwa tahap awal pekerjaan dapat dilakukan dengan santai dan mungkin mengandung cacat, dan cacat ini dapat dimaafkan karena langkah-langkah selanjutnya akan menutupinya. Standar pengerjaan harus ditetapkan dan diikuti untuk semua segmen konstruksi, berdasarkan kriteria objektif. Misalnya, campuran dempul yang dipasang di celah yang sangat lebar antara lembaran papan gipsium yang berdampingan kemungkinan akan menyusut dan retak saat mengering, dan tidak sepenuhnya memperbaiki masalah yang mendasarinya. Demikian pula, permukaan dinding yang kasar dan tidak diampelas tidak boleh dibiarkan begitu saja karena nantinya akan dicat. Permukaan yang dicat akan tetap kasar dan tidak beraturan, dan akan terlihat belum selesai.

Permukaan yang Memaafkan

Beberapa jenis permukaan akhir memudahkan pekerja konstruksi, karena permukaan tersebut menyembunyikan atau menyamarkan ketidakakuratan dan cacat kecil.

1. Karena masalah yang terkait dengan bekerja dalam posisi yang melelahkan dan canggung di atas kepala, pekerja papan gipsium dan tukang plester merasa sulit untuk membuat permukaan langit-langit benar-benar halus dan datar. Hampir selalu ada beberapa cacat kecil pada sambungan langit-langit papan gipsium dan cacat kecil pada pekerjaan plesteran di atas kepala. Lapisan akhir bertekstur pada langit-langit dapat mencegah ketidaksempurnaan ini terdeteksi, sehingga operasi sebelumnya menjadi lebih mudah dan lebih ekonomis. Langit-langit dengan permukaan halus, terutama yang dicat mengilap, menonjolkan setiap cacat.
2. Hindari menerangi permukaan plester yang halus dengan jendela atau lampu yang menyinarinya dengan sudut yang sangat tajam, karena cahaya tersebut menghasilkan bayangan panjang dari cacat yang tidak penting, sehingga permukaan tampak jauh lebih buruk daripada yang sebenarnya. Permukaan yang sama jika disinari dari sudut mendekati 90 derajat akan tampak memiliki pengerjaan yang sempurna. Sebaliknya, permukaan bertekstur sangat kasar dapat terlihat menarik jika disinari dari sudut lancip.
3. Beton yang telah dicor dalam bekisting yang terbuat dari papan-papan individual tampak bagus, meskipun terdapat banyak cacat pada papan-papan tersebut atau gelembung-gelembung pada beton, karena cacat tersebut tidak terlihat dalam tekstur keseluruhan. Beton yang telah dicor pada permukaan baja atau plastik yang halus akan memperlihatkan cacat apa pun dengan jelas, dan upaya untuk menambalnya hanya

akan membuatnya semakin mencolok. Beton yang halus, datar, dan seragam tidak mudah dibentuk. Beton ini merupakan hasil dari upaya ekstra oleh para desainer, detailer, dan perajin. Hampir semua jenis tekstur akan berfungsi untuk menyembunyikan cacat pada beton: diledakkan dengan pasir, dipalu dengan palu, bergelombang, atau bergaris. Pigmen integral dalam campuran beton dapat menyembunyikan sedikit variasi warna saat dinding masih baru dan kemudian saat mengalami pelapukan.

4. Pada dinding yang dibangun dari batu bata yang dibuat dengan sangat presisi dengan pola ikatan susun, setiap batu bata harus dipasang dengan sangat hati-hati, karena setiap ketidaksejajaran dimensi batu bata yang kecil akan menonjol dari pola lainnya. Secara tradisional, batu bata bervariasi dalam ukuran, warna, dan bentuk, dan dinding yang terbuat dari batu bata tersebut adalah permadani bertekstur kaya di mana ketidaksejajaran kecil hanya menambah daya tarik visual. Variasi kecil pada dinding kurang terlihat ketika warna mortar mirip dengan warna unit pasangan bata.
5. Selebar laminasi plastik warna solid yang memiliki cacat kecil mungkin harus dibuang di bengkel sebelum dipasang. Laminasi berpola akan menyamarkan banyak goresan kecil, bintik, dan penyok. Permukaan yang mudah diperbaiki seperti ini lebih mudah dirawat dan mungkin tidak perlu diganti sesering mungkin.

BAB 13

PEMANFAATAN SUMBER DAYA KONSTRUKSI YANG EFISIEN

Pemanfaatan sumber daya konstruksi yang EFISIEN sering kali mengikuti langsung dari detail bangunan. Jika tidak dipertimbangkan secara menyeluruh dari sudut pandang ini, detail yang tampaknya sederhana dan lugas dapat menyembunyikan masalah yang tak ada habisnya dalam pengadaan material, pemanfaatan alat dan mesin, penjadwalan konstruksi, dan bahkan hubungan ketenagakerjaan. Pola detail yang terkait dengan menghindari masalah ini meliputi hal-hal berikut:

- Pabrik dan Lokasi
- Pembuatan Berulang
- Melatih Urutan Konstruksi
- Suku Cadang Siap Pakai
- Keterampilan dan Sumber Daya Lokal
- Menyelaraskan Bentuk dengan Gaya
- Menyempurnakan Detail
- Konstruksi Tahan Segala Cuaca
- Kebanggaan atas Keahlian
- Standar yang Diterima

13.1 PABRIK DAN LOKASI

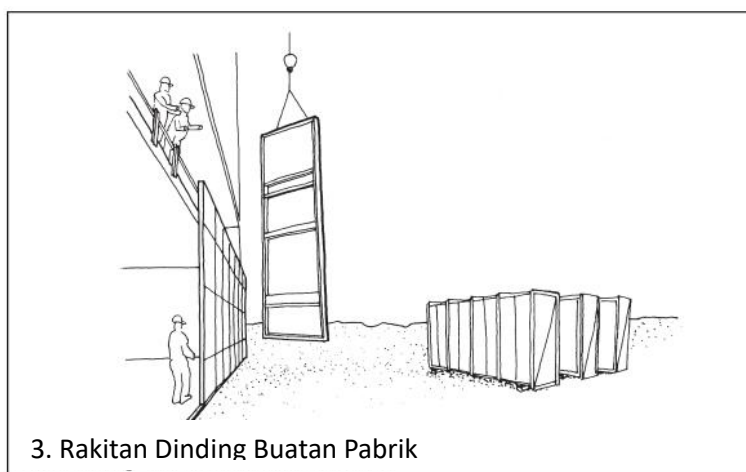
Pekerjaan di pabrik dan pekerjaan di lokasi masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Tugas penting dari detailer adalah mengalokasikan pekerjaan pembuatan bangunan secara bijaksana di antara keduanya untuk kecepatan, kualitas, dan biaya konstruksi yang optimal.

1. Di pabrik, cuaca selalu kering, dan suhu selalu nyaman. Pencahayaan bagus, mesin dan peralatan besar dengan kemampuan yang mengesankan dan akurasi yang ekstrem dapat digunakan, dan pekerja dapat bekerja dalam posisi yang nyaman dan aman. Upah per jam untuk pekerja pabrik jauh lebih rendah daripada pekerja di lokasi, dan produktivitas pekerja (karena faktor-faktor yang disebutkan sebelumnya dalam paragraf ini) lebih tinggi. Bagian-bagian dapat diperiksa kualitasnya sebelum menjadi bagian dari bangunan. Namun, ukuran dan berat komponen yang dibuat oleh pabrik dibatasi oleh dimensi dan kapasitas truk atau metode transportasi lainnya. Di lokasi kerja, cuaca dan cahaya sangat bervariasi kualitasnya. Peralatan dan sumber daya infrastruktur tidak secanggih itu. Akses ke tempat kerja tidak selalu yang terbaik. Upah per jam lebih tinggi, dan produktivitas berkisar dari tinggi ke rendah, tergantung pada cuaca, cahaya, peralatan, dan akses. Namun, perakitan yang sangat besar dapat dibuat, tanpa dibatasi oleh keterbatasan transportasi. Sumber daya lokal sering kali

mengurangi dampak lingkungan dan dapat membantu memperoleh kredit dalam sistem penilaian desain berkelanjutan. Perakitan dapat bersifat monolitik dan dibangun sesuai ukuran dan bentuk yang dibutuhkan, yang merupakan keuntungan khusus dalam pekerjaan renovasi.

2. Pada skala rumah yang dirancang khusus, campuran optimal operasi pabrik dan lokasi sudah mapan. Pondasi, rangka, atap, dinding, dan isolasi dilakukan di lokasi, menggunakan komponen sederhana yang diproduksi pabrik, seperti panel bekisting, blok pasangan bata, kayu dimensi, produk panel kayu, sirap, dan papan insulasi. Jendela dan pintu, yang memerlukan presisi tinggi dan penyelesaian yang teliti, tidak dibuat di lokasi, tetapi dipesan sebagai unit prafabrikasi dari pabrik. Kabel listrik, pipa ledeng, dan jaringan pemanas dan pendingin dipasang di lokasi, tetapi komponen yang teliti seperti lampu, keran, saluran udara, tungku, boiler, konvektor, dan register dibuat di pabrik. Permukaan akhir untuk langit-langit, dinding, dan lantai dipasang di lokasi, menggunakan produk panel yang diproduksi pabrik dalam banyak kasus. Pintu dan lemari interior dibuat sebagai unit di pabrik dan cukup dipaku atau disekrup ke dalam rumah. Secara umum, komponen yang lebih kecil, sangat presisi, dan sangat selesai dibuat di pabrik, sementara elemen bangunan yang lebih besar dibuat di lokasi dari potongan bahan buatan pabrik yang sederhana dan mudah dipasang.

3. Pada banyak bangunan besar, pilihannya mungkin tidak begitu jelas. Haruskah rangka beton dibuat dari pracetak atau dibuat di lokasi? Haruskah bangunan dilapisi dengan batu bata atau batu yang dirakit di lokasi, atau harus



3. Rakitan Dinding Buatan Pabrik

dilapisi dengan panel buatan pabrik? Haruskah partisi dibangun di lokasi, atau harus berupa panel pracetak yang dapat dipertukarkan? Ini adalah pilihan rumit yang melibatkan seluruh tim desain bangunan.

4. Pada suatu waktu, hanya barang yang benar-benar diproduksi secara massal yang diproduksi di pabrik. Sekarang, setidaknya ada tiga kategori produksi pabrik (lihat Tabel 13.1). Salah satunya adalah produksi massal yang umum menggunakan mekanisme analog tradisional untuk menghasilkan ribuan atau bahkan jutaan artefak identik, yang dikatalogkan dan disimpan untuk digunakan nanti dalam proyek yang tidak ditentukan. Bentuk baja yang digulung, ekstrusi aluminium, dan kayu dimensi adalah contoh umum dari metode ini. Metode manufaktur kedua memanfaatkan manufaktur berbantuan komputer (CAM) untuk memproduksi variasi yang disesuaikan dari artefak dasar yang

sama dengan cepat dan ekonomis. Contohnya termasuk mekanisme CNC (dikendalikan numerik komputer), yang dapat bersifat subtraktif, seperti pemotong laser, water-jet, dan plasma; router; bor; pelubang; penggilingan robotik, dan sebagainya. Mekanisme CNC juga dapat bersifat aditif, seperti printer 3D, sintering laser selektif, dan tukang las. Atau, mereka dapat berupa alat transformatif, yaitu alat yang membentuk ulang suatu material, seperti pembengkok kawat dan penggulung serta pembuat stempel lembaran logam. Proses CNC dapat ekonomis karena, setelah diprogram dengan desain digital, mereka dapat menghasilkan beberapa artefak unik tanpa kehilangan kecepatan.

Metode manufaktur ketiga adalah manufaktur berulang yang disesuaikan (CRM), yang memanfaatkan metode analog dan digital tradisional secara optimal untuk menghasilkan artefak berulang dengan jumlah terbatas, biasanya untuk satu proyek bangunan. Metode CRM dapat menggunakan mesin CNC untuk menghasilkan cetakan khusus, yang digunakan untuk menghasilkan beberapa ratus panel pelapis dinding atau rangka langit-langit untuk satu bangunan, setelah itu cetakan tersebut didaur ulang. Metode CRM dapat menggunakan cara produksi yang kurang tahan lama dan lebih murah karena volume artefak yang diproduksi relatif kecil.

5. Beberapa proyek melibatkan integrasi tingkat tinggi antara produksi pabrik dan lokasi, yang membutuhkan peningkatan kolaborasi antara arsitek, kontraktor, dan insinyur produk. Material atau produk baru dapat dikembangkan untuk digunakan di bangunan tertentu, seperti sistem pelapis logam baru atau lapisan kaca yang menggunakan rangka penguat inovatif untuk menahannya di tempatnya. Perakitan buatan pabrik yang canggih secara teknis seperti ini dapat dikirim ke lokasi untuk dipasang oleh kru khusus yang dilatih oleh produsen sistem dinding.

Tabel 13.1 Metode Produksi Pabrik

	Produksi massal	Manufaktur Berbantuan Komputer (CAM) / Kustomisasi Massal	Manufaktur Berulang yang Disesuaikan (CRM)
Mekanisme atau alat	Analog tradisional	CNC digital; dapat bersifat subtraktif, aditif, atau transformasional	Analog atau digital CNC; dapat menggunakan CNC untuk membuat cetakan bagi proses analog
Hubungan antara mekanisme dan artefak	Mekanisme secara langsung menghasilkan artefak	Mekanisme CNC secara langsung menghasilkan artefak	Mekanisme CNC menghasilkan alat perantara yang digunakan untuk menghasilkan artefak
Daya tahan mesin/ Daya tahan alat	Tinggi/sedang	Tinggi/rendah; mesin dan alat yang sama dapat digunakan untuk membuat banyak	Bervariasi; daya tahan yang cukup untuk proyek tertentu

		artefak berbeda	
Biaya mesin/ Biaya alat	Sedang/rendah	Sedang hingga tinggi/rendah	Rendah hingga sedang / rendah hingga sedang
Volume item yang sama dalam satu proses produksi	Volume besar; dapat tak terbatas (setidaknya ribuan)	Volume sangat kecil (1 hingga 1000)	Volume rendah hingga menengah (puluhan hingga ribuan)
Hubungan antara desain dan produksi	Diperlukan langkah perantara (gambar kerja, prototipe, dll.)	Bisa langsung (file digital dikirim ke mesin CNC)	Bervariasi tergantung pada apakah analog atau digital atau keduanya digunakan
Hubungan antara manufaktur dan proyek bangunan	Tidak langsung	Langsung; dibuat untuk proyek tertentu	Langsung; dibuat untuk proyek tertentu
Keterulangan artefak yang diproduksi	Tinggi	Tidak ada hingga rendah	Sedang hingga tinggi

6. Pekerjaan di pabrik umumnya melibatkan kapasitas yang lebih besar untuk presisi, kecepatan, dan replikasi daripada pekerjaan di lokasi. Namun, ada pengecualian; teknologi canggih terkadang hadir di lokasi konstruksi, dan pekerjaan di pabrik terkadang dilakukan dengan menggunakan cara kuno. Misalnya, di lokasi konstruksi, elemen bangunan dapat dipandu ke tempatnya hingga beberapa milimeter dari lokasi yang dituju menggunakan survei sistem penentuan posisi global (GPS). Di pabrik, batu bata berbentuk khusus masih dibuat dengan menempatkan batu bata "hijau" yang baru dibentuk dan belum dibakar ke dalam kotak kayu berbentuk batu bata yang dituju, kemudian meminta pekerja secara manual menarik sepotong kawat piano melalui tanah liat untuk memotong bagian yang menonjol dari kotak. Keduanya adalah tingkat teknologi yang sesuai, yang memenuhi kriteria khusus untuk akurasi, kecepatan, volume, dan biaya yang unik untuk setiap tugas.

13.2 FABRIKASI BERULANG

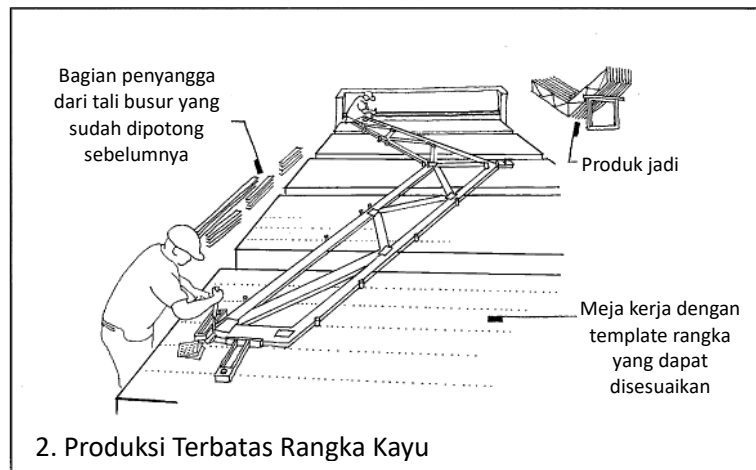
Bangunan terdiri dari komponen yang tak terhitung jumlahnya, yang masing-masing diproduksi menggunakan proses yang dimaksudkan untuk menyeimbangkan kualitas produk dengan efisiensi fabrikasi. Proses fabrikasi berulang umumnya meningkatkan kualitas dan efisiensi, karena investasi yang lebih besar dapat dilakukan dalam proses fabrikasi; investasi ini diproratakan atas banyak produk, untuk mengurangi biaya per unit.

1. Ketika sifat fisik suatu komponen harus secara konsisten memenuhi standar tinggimisalnya, sepotong baja struktural atau sepotong kaca laminasi yang sempurna secara optic investasi yang cukup besar dilakukan dalam proses manufaktur yang

digunakan berulang-ulang, menghasilkan produk yang konsisten dalam hampir segala hal. Standar peraturan untuk banyak bahan konstruksi dan rakitan terpenuhi karena proses manufaktur dan fabrikasi yang digunakan untuk memproduksinya terkendali dan berulang. Ketika difabrikasi dengan ukuran yang sama, potongan-potongan tersebut tampak seragam, dapat dipertukarkan, dan mudah dipasang ke dalam rakitan dengan detail standar (lihat Perakitan Berulang, Bab 11).

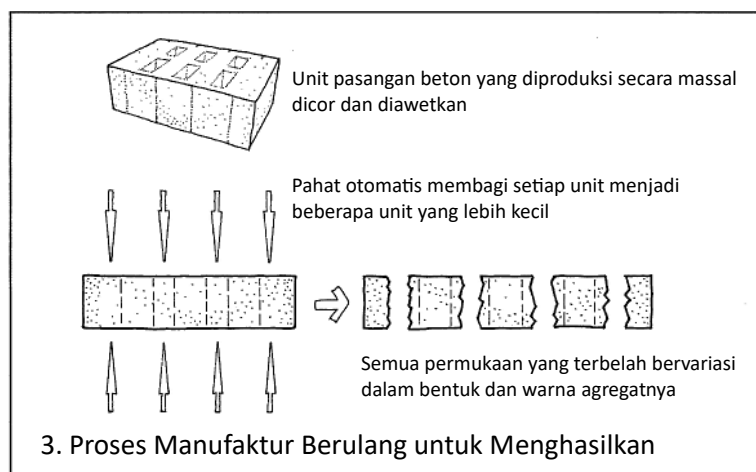
2. Pabrik produksi massal telah lama menggunakan metode fabrikasi berulang untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya per unit. Perakit rangka kayu di luar lokasi mengadaptasi konsep fabrikasi berulang untuk rangka rangka dalam jumlah terbatas untuk proyek tertentu. Puluhan elemen penyangga dan tali yang membentuk rangka

rangka dipotong dan disimpan di samping pelat/alat bantu yang memandu posisi setiap bagian, sebelum pelat bergigi menyatukan semuanya. Ketika satu rangkaian rangka rangka selesai, program pemotongan penyangga dan tali diubah, dan



templat disiapkan untuk desain berikutnya. Produsen kayu laminasi lem juga melakukan produksi terbatas untuk proyek tertentu. Panel pelapis komposit aluminium, panel dinding beton pracetak stensil, dan produk kaca fritted khusus dibuat di luar lokasi, sesuai dengan persyaratan untuk setiap proyek tertentu. Potongan-potongan untuk proyek tertentu biasanya diproduksi dari persediaan dalam jumlah terbatas di mana pembuatnya menggunakan templat atau alat bantu mekanis untuk memandu pembuatan setiap potongan.

3. Produsen unit pasangan bata beton memproduksi secara massal ribuan unit yang hampir identik, yang, setelah diawetkan, dibagi menjadi dua bagian atau lebih. Permukaan yang dibagi bervariasi dalam penampilan dan bentuk, tetapi proses yang digunakan untuk



- memproduksinya sangat berulang. Pabrikasi dapat mengulangi penggunaan kotak cetakan untuk membuat ribuan unit lagi dengan bentuk yang sama tetapi dengan warna atau tekstur yang berbeda, hanya dengan mengubah campuran beton.
4. Proses di tempat juga memperoleh efisiensi dengan membuat proses fabrikasi berulang. Kandang dari batang tulangan baja untuk kolom beton cor di tempat biasanya diletakkan dan diikat dengan kawat pada jig di permukaan tanah; kemudian, kandang dipindahkan ke tempatnya dan dibungkus dengan bekisting. Bekisting terbang untuk pelat wafel beton cor di tempat juga sering diletakkan berulang kali di permukaan tanah, kemudian diangkat dengan derek ke tempatnya untuk pengecoran berikutnya. Bekisting bekas diturunkan kembali ke permukaan tanah untuk pembersihan dan perbaikan cepat, sebagai persiapan untuk penggunaan berikutnya. Pekerjaan menjadi lebih produktif dan aman jika langkah-langkah diulang di tempat kerja yang familier dan terkendali. Perakitan kabel dan pipa yang rumit yang akan dipasang di lusinan kamar rumah sakit terkadang dirakit terlebih dahulu di lokasi konstruksi menggunakan templat, lalu dipindahkan ke tempatnya sebagai dinding utama di setiap kamar pasien.

Perakitan dinding gorden yang dibuat dengan teknik tempel terkadang dibuat menjadi panel di lokasi, menggunakan ekstrusi aluminium yang sudah dipotong, kaca, gasket, dan perangkat keras penghubung yang dikirim ke sana oleh berbagai produsen. Potongan-potongan "kit of parts" dirakit secara rutin untuk menghasilkan komponen yang distandarkan untuk proyek, memenuhi toleransi yang ketat, dan diproduksi dengan biaya transportasi yang lebih rendah daripada jika metode terpadu digunakan. Pembuatan komponen dapat dilakukan di lokasi kerja di bawah penutup pada hari-hari dengan cuaca buruk, sehingga tenaga kerja memiliki cara alternatif untuk tetap produktif.

Melatih Urutan Konstruksi

Tindakan merancang dan menggambar detail harus didasarkan pada proses mental yang melatih urutan perakitan detail di lokasi pembangunan.

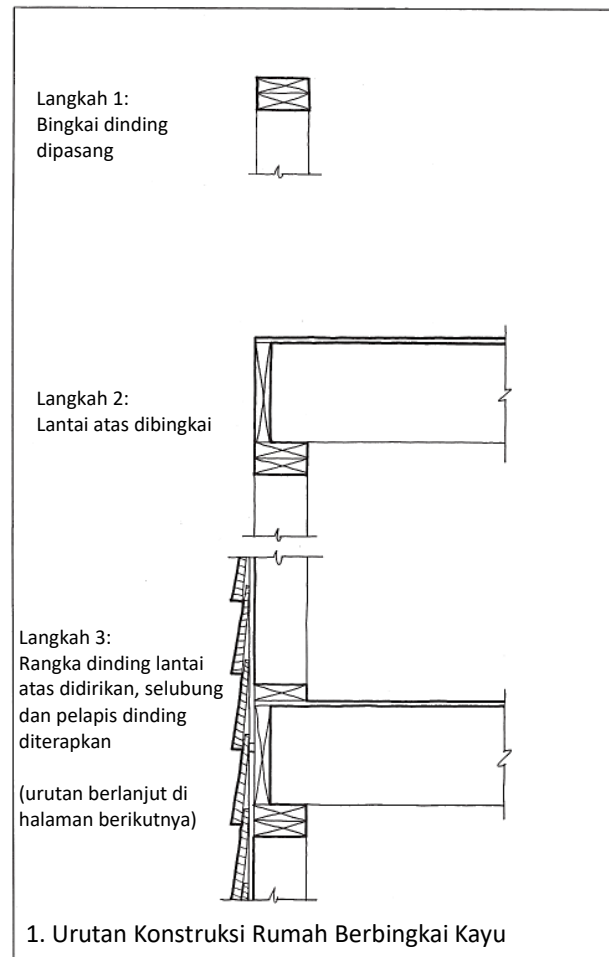
1. Dalam benak seorang manajer konstruksi atau pekerja konstruksi, gambar detail harus menciptakan gambaran yang jelas dan dinamis tentang material, pengencang, peralatan, dan operasi aktual. Dari gambar detail, pembangun harus dapat dengan mudah memvisualisasikan proses yang masuk akal dan dapat diterapkan untuk merakit bagian bangunan tersebut. Kebiasaan baik yang harus dikembangkan oleh detailer adalah merancang dan menggambar setiap detail dalam urutan perakitan bagian-bagiannya, sambil memikirkan operasi konstruksi aktual yang diwakili oleh setiap elemen baru gambar dan mencoba melihat detail bukan sebagai objek tetapi sebagai proses, yang merupakan cara pembangun akan melihatnya. Ini menciptakan peluang bagi detailer untuk melatih urutan konstruksi secara mental, mencari cara yang lebih baik untuk melakukan sesuatu dan mencari "bug" dan komponen yang tidak dapat disatukan dengan mudah di lokasi konstruksi. Untuk detail

penting dan perakitan yang rumit, masuk akal bagi detailer untuk membuat sketsa, untuk pencerahan dan pemeriksaannya sendiri, serangkaian gambar yang menunjukkan urutan perakitan langkah demi langkah. Jika detailer menggunakan metode gambar digital, setiap langkah bisa menjadi lapisan gambar yang berbeda.

Dalam kasus di mana urutan konstruksi yang sama sekali baru dan tidak dikenal diperlukan, sketsa berurutan ini harus dibersihkan dan digunakan sebagai bagian dari gambar konstruksi. Bagi detailer pemula, gambar detail mungkin tampak hampir seperti abstraksi yang memiliki sedikit makna dalam hal material, peralatan, dan proses yang sebenarnya. Melalui pengalaman kantor, membaca, dan kunjungan lokasi kerja, pemula harus memperoleh secepat mungkin dasar pengetahuan penting tentang apa sebenarnya arti detail dalam perakitan dan apa dampaknya terhadap pembangun.

Basis pengetahuan ini tidak akan pernah lengkap dan akan terus berkembang sepanjang karier detailer; bagian tersulitnya adalah memulai proses pembelajaran ini dengan cukup kuat untuk menjadi perancang detail yang sepenuhnya efektif. Melatih urutan konstruksi secara mental, saat menggambar setiap detail, dapat sangat membantu dalam pendidikan ini.

2. Saat melatih urutan konstruksi, cari tanda-tanda inefisiensi seperti terlalu banyaknya pekerjaan terpisah, kunjungan berulang kali oleh pekerjaan yang sama, dan sambungan yang tidak dapat dijangkau oleh pekerja dan peralatan mereka (Accessible Connections, Bab 11). Cari juga kurangnya dukungan sementara untuk komponen, kurangnya referensi penyelarasan, masalah pemasangan (lihat Sliding Fit, Bab 12), dan peluang kerusakan pekerjaan yang telah diselesaikan sebelumnya dengan cara mencungkil, menggores, atau menodai (lihat Progressive Finish, Bab 12). Upayakan detail yang memerlukan jumlah pekerjaan dan kunjungan per pekerjaan minimum, hanya menggunakan pemasangan geser, memerlukan sedikit atau tidak memerlukan dukungan sementara, tidak memerlukan peralatan khusus, dan memiliki kebutuhan

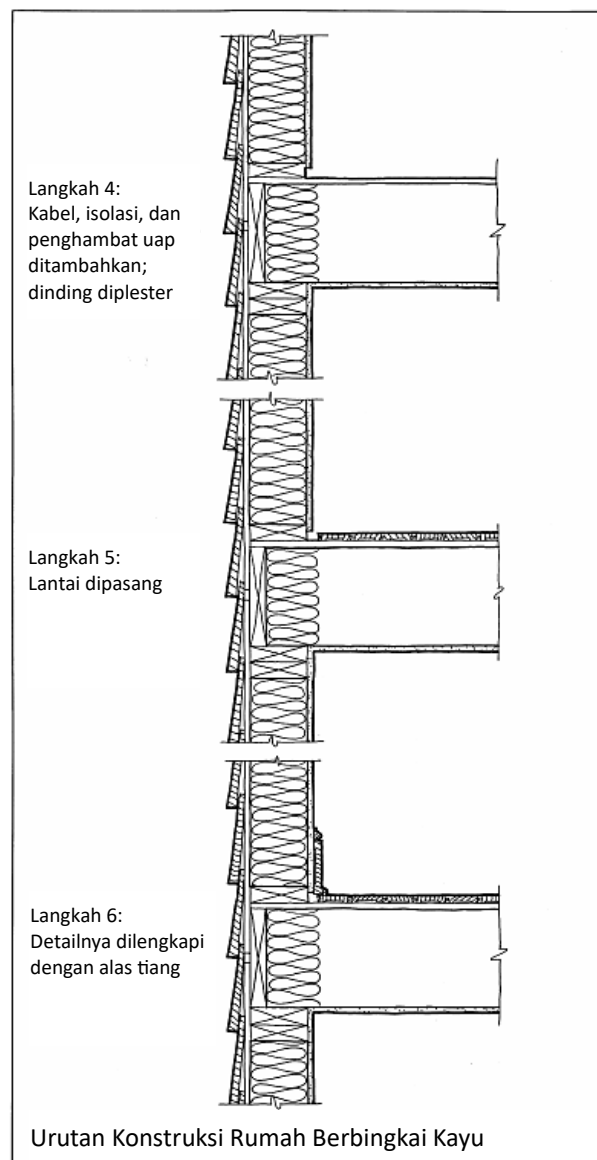


minimum untuk tangga atau perancah singkatnya, detail yang akan menyatu dengan sempurna.

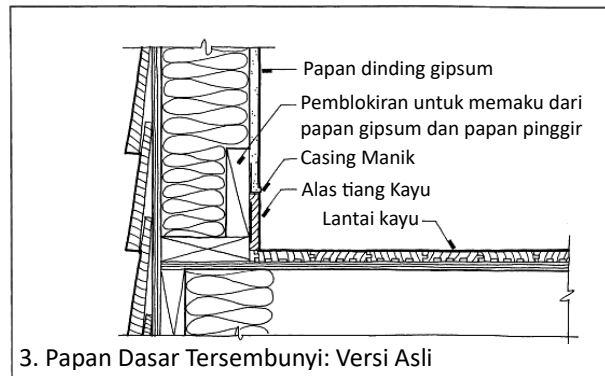
3. Latihan urutan konstruksi sering kali dapat memunculkan masalah tersembunyi dengan detail yang awalnya tampak sepenuhnya memuaskan. Pertimbangkan detail ini untuk papan skirting kayu yang tersembunyi. Tampak seperti detail yang bersih dan sementara yang akan mudah dibangun menggunakan komponen standar. Namun, latihan urutan konstruksi: Biasanya, papan dinding gipsum dan manik casingnya dipasang terlebih dahulu. Kemudian lantai diletakkan, dan terakhir papan skirting dipasang. Ini berarti bahwa papan skirting harus dipasang dengan tepat di antara dua bidang paralel, yang sulit (lihat Sliding Fit, Bab 12). Jika permukaan lantai kayu keras bergelombang (yang mungkin terjadi; lihat Toleransi Dimensi, Bab 12) atau jika manik casing papan dinding tidak lurus dan rata sempurna (yang juga mungkin terjadi), memasang papan skirting di antara keduanya akan menjadi mimpi buruk. Mengubah

urutan konstruksi untuk memasang lantai dan papan skirting sebelum papan dinding berisiko merusak lantai dan membuat pengamplasan dan pernis lantai menjadi lebih sulit.

Blok kayu yang berdimensi tepat dapat digunakan sebagai pengukur sementara untuk menempatkan manik casing pada ketinggian yang tepat di atas sublantai, tetapi ini tidak akan mencegah kesulitan yang timbul dari kelengkungan sublantai atau lantai akhir. Ini pada dasarnya adalah detail yang buruk yang akan mahal dan merepotkan. Bahkan mungkin tidak terlihat bagus saat selesai karena dimensi retakan yang bervariasi antara papan skirting dan manik tepi, dan karena penyimpangan dari penyelarasan sempurna yang dimaksudkan dari permukaan gipsum dan papan skirting.

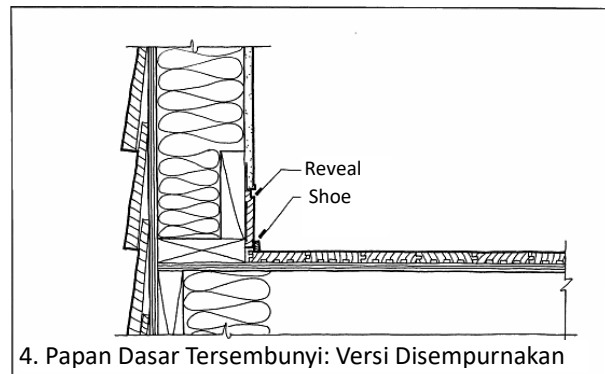


4. Detail papan skirting yang tersembunyi dapat ditingkatkan sedikit dengan menambahkan tonjolan dalam pada tepi atas papan skirting, untuk menciptakan bayangan gelap yang akan menyembunyikan lebar retakan yang bervariasi pada titik tersebut. Penambahan cetakan sepatu akan dengan mudah menyesuaikan dengan kontur lantai dan memungkinkan jarak pemasangan yang cukup untuk papan skirting.



3. Papan Dasar Tersembunyi: Versi Asli

5. Menggambar urutan konstruksi dengan cara ini secara gamblang menggambarkan bahan, peralatan, dan proses yang digunakan untuk membuat bangunan pada awalnya. Kenyataannya, ini hanyalah awal



4. Papan Dasar Tersembunyi: Versi Disempurnakan

dari masa pakai bangunan (lihat Siklus Hidup dan Perkiraan Masa Pakai, Bab 10). Gambar tambahan dapat menggambarkan proses pemeliharaan dan renovasi bangunan. Gambar terakhir dalam rangkaian ini adalah proses dekonstruksi, dengan bahan yang dapat diselamatkan dan didaur ulang yang mudah dipisahkan dari bahan limbah (lihat Perincian untuk Pembongkaran, Bab 11).

13.3 KOMPONEN SIAP PAKAI

Menggunakan material dan komponen yang tersedia secara umum akan mempermudah konstruksi. Penjadwalan proyek konstruksi menjadi lebih sulit jika material atau komponen tidak tersedia secara umum.

1. Komponen bangunan tertentu tersedia secara instan hampir di mana-mana. Pembangun rumah petak dapat menelepon pemasok material, dan keesokan paginya truk akan tiba di lokasi konstruksi dan meninggalkan setiap komponen yang diperlukan untuk membangun dan melapisi rangka: kayu, panel kayu, paku, penghalang udara dan air, dan bahkan sirap, dinding, jendela, dan pintu. Komponen pelapis interior untuk rumah biasa juga tersedia. Namun terkadang hanya satu komponen khusus dapat menyebabkan seluruh proses menjadi rusak. Misalkan detail dan spesifikasi Anda mengharuskan jenis kertas penghalang udara baru yang lebih baik yang baru saja beredar di pasaran. Anggaphlah Anda tidak memeriksa apakah kertas tersebut tersedia secara lokal, dan ternyata tidak. Pembangun memesan kertas dari pemasok yang jauh, dan butuh beberapa minggu untuk sampai. Sementara itu, proses konstruksi harus

dihentikan, karena pelapis dinding tidak dapat dipasang sebelum kertas penghalang udara tersedia. Hal ini menyebabkan penundaan dan biaya yang mahal. Moral dari cerita yang tidak terlalu hipotetis ini sederhana: Jika kecepatan dan kemudahan konstruksi adalah prioritas tertinggi, jangan gunakan apa pun kecuali produk standar yang siap pakai. Mungkin ada perbedaan regional mengenai komponen mana yang umum tersedia di pasar tertentu, jadi sebaiknya periksa pemasok lokal.

2. Jika sebaliknya, Anda memiliki alasan kuat untuk melakukan sebaliknya, maka Anda harus menelepon satu atau dua kali untuk memastikan ketersediaan produk nonstandar. Jika perlu, bekerja samalah langsung dengan pembangun atau kontraktor untuk memastikan bahwa produk dipesan jauh sebelum dibutuhkan, dan bersiaplah untuk menentukan produk alternatif yang dapat diterima jika masalah pasokan terus berlanjut dan penundaan konstruksi muncul. Jangan takut untuk menggunakan produk baru, tetapi waspadai potensi masalah pasokan. Lakukan bagian Anda untuk memecahkan potensi masalah pasokan sebelum terjadi. Dan jangan mencoba terlalu banyak produk baru pada proyek yang sama, atau masalah logistik ini dapat berlipat ganda.
3. Beberapa arsitek menggunakan komponen yang sudah jadi dengan cara yang tidak biasa, mendapatkan keuntungan dari produk standar tanpa mengorbankan kebaruan dan fungsionalitas. Menempatkan perlengkapan lampu industri atau anak tangga ke dalam lingkungan hunian dapat memenuhi tujuan fungsi dan anggaran dengan solusi yang menarik. Bahkan jendela biasa dapat memberikan dampak yang nyata pada ruangan jika ukurannya dua kali atau setengah dari ukuran penggunaan konvensional.
4. Barang standar terkadang dapat disesuaikan di lokasi konstruksi untuk menciptakan efek yang baru. Misalnya, mudah untuk menggergaji potongan kayu dengan lebar yang berbeda, memanjakan mata dengan proporsi baru, atau menggunakan router untuk memberikan profil tepi baru pada potongan kayu.
5. Banyak elemen bangunan penting sebenarnya bukan barang standar; artinya, mereka tidak dibuat terlebih dahulu, menunggu pembelian. Elemen struktur baja dan pracetak, rangka kayu, sistem dinding gorden kaca dan aluminium, dan unit mekanis besar tidak diproduksi hingga pesanan diterima. Adalah bijaksana untuk menghubungi pabrikator dan mencari tahu berapa lama waktu pengerjaannya, dan tanyakan tentang ketersediaan bahan-bahan tertentu yang dibutuhkan proyek Anda. Misalnya, kolom baja yang dibuat menggunakan bagian flensa lebar mungkin memerlukan waktu pengerjaan yang lebih lama bagi pabrikator daripada yang terbuat dari bagian tabung, hanya karena bagian-bagian flensa lebar dasar sedang dipesan ulang oleh pabrik. Pesanan elemen baja dalam jumlah kecil mungkin memerlukan waktu yang sangat lama untuk dipenuhi oleh pabrikator, karena pesanan yang kecil dan kurang menguntungkan rentan untuk digeser dalam urutannya oleh pesanan yang lebih besar dan lebih menguntungkan.

Keterampilan dan Sumber Daya Lokal

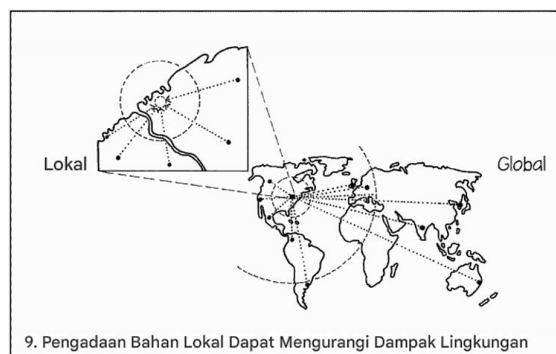
Detail bangunan harus mencerminkan pengetahuan tentang tenaga kerja dan sumber daya material yang akan digunakan untuk membangun gedung.

1. Ketahui jenis kontraktor dan tenaga kerja yang akan mengerjakan detail Anda. Beberapa tahun yang lalu, seorang arsitek diminta untuk mendesain kampus sekolah di hutan terpencil di Pacific Northwest, sedemikian rupa sehingga dapat dibingkai dengan kayu gelondongan dan kayu berat oleh kru penebang menggunakan gergaji mesin dan kapak. Detail dikerjakan sejak awal dengan mempertimbangkan hal ini, dan bangunan yang dibangun tidak hanya indah tetapi juga memiliki karakter unik yang sebagian besar diciptakan oleh detail yang tidak biasa. Ini mungkin contoh yang ekstrem, tetapi Anda mungkin menemukan diri Anda mengerjakan detail untuk pemilik rumah yang mengerjakan sendiri, pekerja sukarela, atau kontraktor kecil yang hanya memiliki peralatan dan perkakas dasar. Terkadang lokasi kerja akan jauh dari kabel listrik, jadi detail bangunan seharusnya tidak memerlukan begitu banyak peralatan bertenaga listrik sehingga akan membebani generator portabel. Sebaliknya, jika proyek Anda kemungkinan akan melibatkan sekelompok pengrajin yang kreatif dan terampil, pertimbangkan untuk menyertakan fitur desain yang akan menampilkan bakat mereka. Gambar dan spesifikasi kami mengasumsikan bahwa semua pembangun sama-sama mampu melaksanakan proyek, tetapi tentu saja ini jarang terjadi. Banyak arsitek dan pembangun bekerja sama dalam proyek-proyek berturut-turut karena mereka membentuk tim yang produktif dan saling melengkapi.
2. Terkadang lokasi proyek menghadirkan kendala. Misalnya, jika air minum tidak akan tersedia di lokasi kerja hingga konstruksi berjalan lancar, maka tahap awal konstruksi harus dirancang agar membutuhkan air sesedikit mungkin. Terkadang lokasi proyek menghadirkan peluang khusus. Misalnya, jika Anda tahu bahwa ada sumber lokal batu, bata, beton pracetak, atau pelapis baja tahan karat berlubang yang relatif murah, mungkin desain harus menyertakannya. Tenaga kerja lokal kemungkinan besar terbiasa dengan bahan-bahan lokal, sehingga keterampilan yang diperlukan juga akan tersedia dengan biaya yang wajar. Bersiaplah untuk menyesuaikan desain dengan kendala dan peluang yang terkait dengan lokasi.
3. Penting untuk mengetahui praktik ketenagakerjaan setempat terlebih dahulu. Apakah pekerja bangunan tergabung dalam serikat pekerja, dan, jika ya, apa saja aturan serikat pekerja mengenai yurisdiksi dan praktik kerja? Apakah serikat pekerja tukang batu tertentu, misalnya, menentukan berat maksimum unit pasangan batu yang dapat ditangani sendiri oleh seorang tukang batu? Serikat pekerja mana yang memiliki yurisdiksi atas pemasangan panel pelapis batu pada rangka baja pekerja besi atau tukang batu? Jika pekerja bangunan tidak tergabung dalam serikat pekerja, apa cara mereka biasanya melakukan sesuatu? Cobalah untuk merinci sedemikian rupa sehingga tenaga kerja tidak akan kesulitan membagi pekerjaan di antara pekerja bangunan dan dapat mengikuti praktik mereka yang biasa.

4. Pembangun di berbagai daerah memiliki cara mereka sendiri dalam melakukan sesuatu. Di beberapa daerah di Amerika Utara, sebagian besar fondasi perumahan terbuat dari beton cor, dan, di daerah lain, terbuat dari blok beton. Material yang dominan di satu daerah biasanya lebih murah, dan sekelompok besar subkontraktor yang bersaing terbiasa dengan penggunaannya. Pembuat baja di beberapa daerah lebih suka memasang baut bahkan pada sambungan yang dibuat di bengkel, sementara yang lain lebih suka mengelasnya. Daerah tertentu memiliki kontraktor plesteran yang sangat baik, sedangkan yang lain tidak. Hal yang sama berlaku untuk pemasang atap genteng, pemasangan papan kayu, dan beberapa pekerjaan lainnya. Jangan batasi diri Anda pada kebiasaan ini, tetapi manfaatkanlah kapan pun Anda bisa. Dan, ketika desain Anda bertentangan dengan kebiasaan, bersiaplah untuk melakukan pekerjaan tambahan yang diperlukan untuk membantu menyelaraskan subkontraktor dan material.
5. Kearifan lokal tidak selalu benar. Praktik umum di lokasi tertentu mungkin hanya merupakan sisa dari episode ad hoc yang tak terhitung jumlahnya selama bertahun-tahun dan mungkin tidak benar-benar merupakan praktik yang baik. Pepatah lama, "Apa yang baik tidak selalu populer, dan apa yang populer tidak selalu baik," mungkin berlaku di sini. Industri konstruksi terus berubah, karena pengetahuan, material, dan peraturan baru mengubah cara kita mendesain dan membangun. Banyak praktik yang dulunya diizinkan oleh kode bangunan tidak lagi diizinkan sekarang. Standar praktik yang dapat diterima berkembang karena produsen mengubah fitur produk, dan peningkatan teknis merupakan hasil dari penelitian terkini. Toleransi dan standar pengerjaan dalam perdagangan konstruksi dapat berkembang seiring dengan perubahan ini. Pendesain diharapkan untuk memasukkan kondisi terkini yang relevan ke dalam desain. Bagian dari setiap proyek pembangunan adalah saling memberi dan menerima antara arsitek dan pembangun mengenai apa yang masing-masing yakini sebagai praktik terbaik. Arsitek memulai dialog ini dan akhirnya bertanggung jawab untuk menyimpulkannya, setelah mempertimbangkan berbagai sumber.
6. Tidak hanya ada perbedaan dalam kode dan peraturan yang relevan dari satu kota ke kota lain, tetapi juga ada sedikit perbedaan dalam cara penegakannya. Jangan berasumsi bahwa interpretasi kode yang diberikan di satu yurisdiksi akan dihormati di yurisdiksi lain. Jika tidak yakin apakah suatu detail akan dapat diterima, cari preseden di area tersebut, atau hubungi pejabat terkait.
7. Jika tidak terbiasa dengan praktik adat di area tersebut, luangkan waktu untuk mengunjungi lokasi konstruksi atau bangunan yang baru saja selesai yang sebanding dengan yang Anda rancang. Arsitek juga dapat berkolaborasi secara profesional dengan rekan-rekan lokal untuk memanfaatkan kearifan lokal semacam ini.
8. Pembangun lokal dapat disewa sebagai konsultan selama fase pengembangan desain pekerjaan arsitek, dalam upaya untuk sepenuhnya mengintegrasikan keterampilan dan adat istiadat lokal ke dalam dokumen konstruksi. Biaya konsultan ini sering kali

diimbangi dengan harga penawaran konstruksi yang lebih rendah. Pembangun menaikkan tawaran mereka jika mereka tidak yakin tentang bahan atau metode yang akan digunakan. Gambar dan spesifikasi yang menyajikan proyek dalam istilah yang dipahami oleh pembangun umumnya akan dihargai dengan biaya yang lebih rendah dan kualitas yang lebih baik.

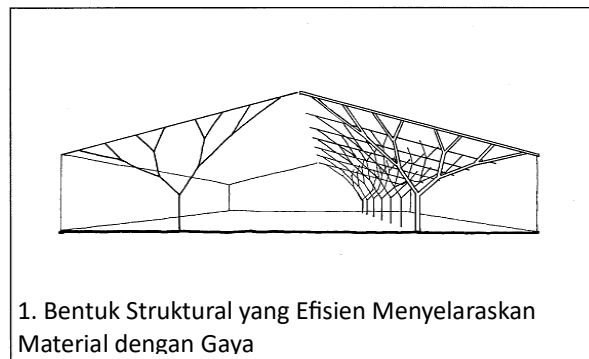
9. Sasaran desain yang berkelanjutan dapat dicapai dengan menggunakan bahan bangunan dan perakitan lokal. Dampak lingkungan dari konstruksi bangunan dapat dikurangi jika jarak pengangkutannya rendah. Kredit sistem pemeringkatan umum dapat diperoleh jika bahan diekstraksi dan diproduksi dari dalam jarak yang ditentukan dari lokasi konstruksi. Dalam beberapa sistem pemeringkatan, jarak tempuh yang diizinkan bervariasi tergantung pada sarana transportasi yang digunakan untuk mengangkut bahan, sehingga memungkinkan jarak yang lebih jauh jika sarana transportasi tersebut memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah. Jika suatu proyek dimaksudkan untuk memperoleh kredit tersebut, penting bagi perancang untuk mengikuti metode perhitungan sistem pemeringkatan tertentu, karena terkadang rumit. Strategi yang paling efektif untuk memperoleh kredit adalah dengan memprioritaskan pengadaan lokal beberapa bahan dan perakitan "bernilai besar" (persentase tinggi dari biaya konstruksi) yang menyusun bangunan dan untuk memverifikasi bahwa sumber-sumber ini berada dalam radius yang diminta oleh sistem pemeringkatan. Beberapa produsen membantu perancang dalam menyiapkan dokumentasi mengenai jarak ekstraksi dan produksi yang diperlukan untuk memperoleh kredit ini.



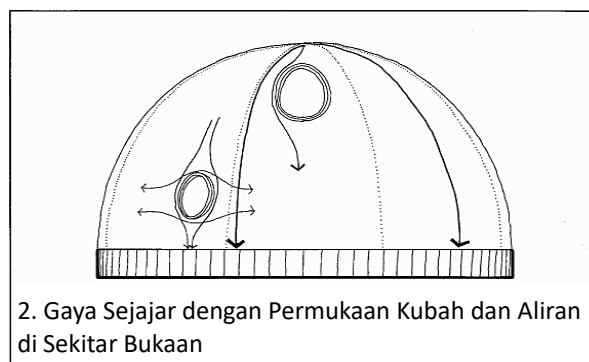
13.4 MENYELARASKAN BENTUK DENGAN GAYA

Cara paling efisien untuk menyalurkan gaya adalah dengan mengalir langsung melalui bentuk. Menyelaraskan elemen dengan gaya yang ditanggungnya dapat mengurangi ukuran dan massa rakitan. Prinsip ini berlaku di semua skala, tidak hanya pada sistem struktur utama bangunan, tetapi juga pada semua bagian rakitannya. Bahkan elemen kecil seperti tangga, lemari, atau kursi harus mewujudkan prinsip ini untuk menopang dirinya sendiri dan beban yang diberikannya.

1. Lintasan gaya melalui bentuk dapat membentuk elemen struktural dan memandu pemilihan material, sehingga menghasilkan bangunan yang menggunakan material secara bijak dan mengekspresikan cara kerjanya. Pembahasan menyeluruh tentang struktur arsitektur berada di luar cakupan buku ini; namun, penting untuk membahas sejumlah besar sumber daya konstruksi yang membentuk sistem struktural. Kesadaran rasional tentang jalur gaya dapat mengurangi jumlah material, yang mengurangi biaya dan dampak lingkungan. Untuk alasan yang sama mengapa kita tidak membangun bentang terkecil dan terbesar bangunan dengan kedalaman yang sama, kita harus menggabungkan intuisi dan analisis rasional untuk menciptakan bentuk yang menggunakan sumber daya material untuk memenuhi, tetapi tidak secara substansial melebihi, apa yang dibutuhkan.



1. Bentuk Struktural yang Efisien Menyelaraskan Material dengan Gaya



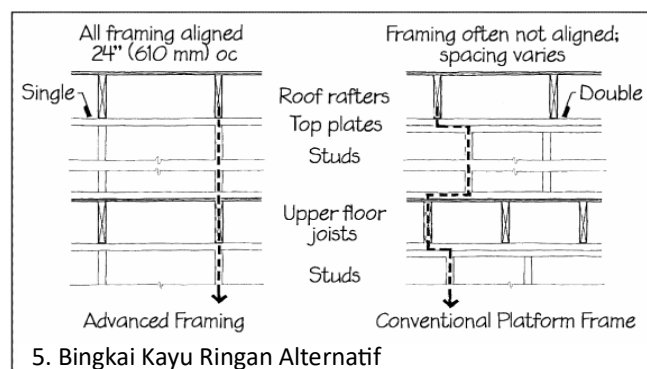
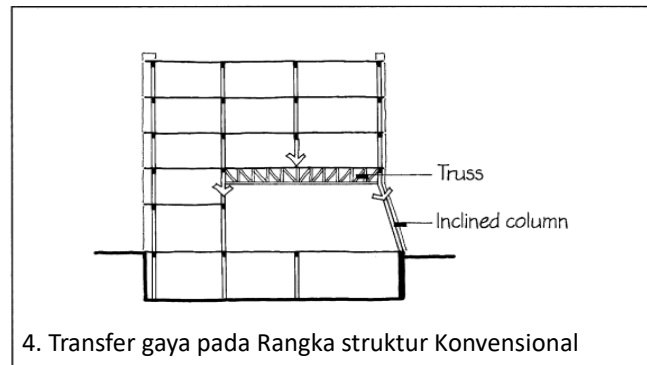
2. Gaya Sejajar dengan Permukaan Kubah dan Aliran di Sekitar Bukaannya

2. Sistem struktur aktif permukaan seperti pelat lipat, kubah, kubah, dan cangkang paling efisien jika dibentuk agar sesuai dengan lintasan gaya. Bentuk struktur ini mengarahkan gaya eksternal ke jalur yang sejajar dengan bentuk permukaan. Setiap bukaan di permukaan ini dibentuk dan diposisikan untuk memungkinkan gaya mengalir di sekitarnya tanpa perubahan arah yang tiba-tiba.
3. Pelat balok beton dan pelat wafel lebih efisien daripada pelat datar padat karena menyalurkan gaya melalui rusuk dan mengurangi material di tempat yang tidak diperlukan. Pelat yang diartikulasikan menempatkan lebih banyak material lebih jauh dari sumbu netral, meningkatkan rasio kekuatan terhadap berat sendiri. Balok dan pelat kantilever dapat meruncing seperti cabang pohon ke arah jangkauannya, di mana bebannya lebih sedikit. Demikian pula, ketebalan beton bertulang atau dinding dan kolom pasangan bata dapat berkurang seiring dengan ketinggian pada bangunan bertingkat, sehingga beban yang ditanggung lebih ringan dan menghemat bahan.
4. Ketika gaya-gaya disejajarkan dalam garis atau bidang struktural (kolom atau dinding) yang menopangnya, elemen tersebut lebih mudah dirancang dan lebih ringan daripada ketika gaya-gaya tersebut eksentrik atau keluar dari bidang. Struktur ortogonal bertingkat akan lebih ringan dan lebih efisien jika kolom-kolom atau dinding-dindingnya disejajarkan secara vertikal, karena balok-balok pemindah yang dalam tidak diperlukan. Konstruksi bangunan akan lebih sederhana, dan detail antara struktur dan

penutup dapat distandarkan. Ketika gaya-gaya vertikal melalui kolom-kolom kontinu terputus, mungkin untuk membentang di atas ruang pertemuan besar di lantai bawah, rangka atau kolom miring kemungkinan akan mentransfer beban lebih efisien daripada balok horizontal. Rangka terdiri dari elemen-elemen yang hanya menanggung beban aksial dalam vektor tarik dan tekan. Rangka biasanya lebih kecil daripada balok dan menjalankan bentang struktural dengan berat sendiri yang lebih sedikit. Prinsip ini juga diterapkan pada rangka ruang, kubah geodesik, diagrid, kisi, dan struktur tarik. Melakukan lebih banyak dengan lebih sedikit tetap menjadi tujuan penting dalam desain di semua skala.

5. Tempat tinggal berbingkai platform dapat dibangun hanya menggunakan 15 persen volume kayu yang dibutuhkan untuk membangun rumah berukuran sama menggunakan konstruksi kayu gelondongan tradisional. Volume material sangat berkurang dengan menggiling kayu gelondongan menjadi kayu, dan dengan menempatkan material di tempat yang memiliki kekuatan dan tidak di tempat lain. Teknik pembuatan rangka yang canggih (juga disebut "rekayasa nilai optimal") melangkah lebih jauh. Dalam sistem ini, tiang, balok, kasau, dan rangka semuanya berbagi jarak 24 in. (610 mm), dan, yang lebih penting, semuanya sejajar secara vertikal. Ini menghilangkan kebutuhan akan pelat atas ganda, yang berfungsi sebagai balok pemindah kecil dalam rangka yang tidak sejajar. Menghilangkan tajuk yang dalam di atas jendela dan pintu di dinding yang tidak menahan beban, dan menukar klip dan gantungan logam dengan tiang dongkrak dan beberapa tiang di sudut, juga mengurangi kebutuhan kayu. Volume kayu yang berkurang di selubung luar menyisakan lebih banyak ruang untuk insulasi termal, mengurangi aliran panas melalui kayu dan meningkatkan kinerja termal secara keseluruhan. Perencanaan rangka yang cermat diperlukan, tetapi pengurangan tenaga kerja dan kayu hingga 25 persen dapat terjadi.
6. Kesadaran akan lintasan gaya melalui suatu perakitan memberi isyarat kepada perancang untuk menempatkan material dengan kekuatan dan volume yang cukup sebanding dengan konsentrasi tegangan. Dengan demikian, jika tegangan rendah atau tidak ada, material dapat menjadi tipis, lemah, atau bahkan dihilangkan. Memahami gaya akan menginformasikan desain sistem struktural, dan akan membantu menentukan di mana ruang interior dapat menjadi besar dan di mana bukaan di dinding dapat ditempatkan dengan kerusakan minimal.
7. Menyelaraskan bentuk dengan gaya merupakan cara untuk mengurangi massa bangunan, yang dapat membantu mencapai beberapa tujuan keberlanjutan. Semua material bangunan memiliki "biaya" energi yang terkandung, yang bervariasi pada setiap material, tetapi dengan mengurangi volume atau massa material yang digunakan untuk membuat bangunan, seseorang dapat mengatasi tindakan lingkungan yang penting ini. Bangunan yang dirancang dengan rangka tektonik biasanya agak terbuka secara spasial, yang mungkin menguntungkan dalam hal pencahayaan alami dan ventilasi. Rangka rangka juga mungkin lebih mudah beradaptasi dengan perubahan

di masa mendatang dalam program fungsional bangunan, yang dapat menghasilkan masa pakai bangunan yang lebih lama dengan beban renovasi yang berkurang. Desainer harus mendapatkan informasi sendiri untuk membuat pilihan yang tepat untuk sebuah proyek. Ada banyak solusi antara sistem konstruksi yang terdiri dari bahan yang lebih sedikit, lebih ramping, berteknologi tinggi, dan berkinerja tinggi dibandingkan dengan bahan yang lebih padat, lebih kokoh tetapi mungkin lebih rendah dalam hal biaya lingkungan atau ekonomi.



13.5 MENYEMPURNAKAN DETAIL

Bahkan detail yang bagus pun dapat ditingkatkan. Jangan batasi diri Anda pada solusi yang sudah dikenal atau standar, terutama saat menghadapi situasi baru. Konsep "Kebenaran melalui pembuatan" (*verum ipsum factum*, bahasa Latin) mengakui bahwa bahkan detail yang dirancang dengan baik tidak sepenuhnya dipahami hingga detail tersebut dibuat.

1. Detail adalah tempat kepentingan bersama arsitek dan pembangun dalam hal kualitas bertemu. Pengrajin adalah sumber daya yang sangat baik bagi detailer. Pengetahuan mereka tentang bahan dan proses konstruksi sangat mendalam, dan mereka sering kali memiliki wawasan tentang detail yang akan bermanfaat bagi arsitek. Amati mereka saat mereka bekerja, dan catat hal-hal apa yang dapat mereka lakukan dengan mudah dan baik, dan hal-hal apa yang membuat mereka bermasalah. Bicaralah kepada pembangun untuk melihat apakah mereka memiliki saran tentang bagaimana detail dapat ditingkatkan atau dibuat dengan lebih mudah.
2. Di beberapa kantor, desainer dan detailer mungkin tidak pernah mengunjungi lokasi konstruksi, sehingga terjadi pemutusan hubungan yang tidak menguntungkan antara

desain dan konstruksi. Penting untuk menetapkan proses rutin yang melaluinya komentar tentang detail dapat disampaikan dari lokasi konstruksi kembali ke kantor, menyediakan umpan balik yang dibutuhkan yang melaluinya detail dapat ditingkatkan. Orang dari kantor yang bertanggung jawab atas administrasi konstruksi harus menyiapkan catatan khusus mengenai bahan, detail, dan spesifikasi yang ditemukan sangat berhasil atau tidak berhasil selama fase konstruksi. Catatan ini harus ditinjau oleh desainer, detailer, dan penulis spesifikasi sebagai dasar untuk proyek mendatang.

3. Detailing adalah proses berulang, seperti desain pada umumnya. Baik di kantor, di bengkel fabrikator, atau di lokasi konstruksi, cari peluang untuk membuat detail lebih baik. Penyempurnaan melalui panel sampel dan model, bahkan penyempurnaan saat bagian bangunan dibangun, harus didorong sebagai penyelesaian alami dari proses desain. Perubahan pada detail yang direncanakan harus memajukan tujuan arsitektur dasar detail tersebut. Perubahan yang merugikan tujuan arsitektur bukanlah penyempurnaan, tidak peduli seberapa bermanfaatnya bagi jadwal atau biaya proyek.
4. Jangan pernah membuang detail yang dipikirkan dengan saksama dengan tergesa-gesa hanya karena pembangun atau pemasok menganggap alternatifnya lebih baik. Dengarkan alternatifnya, tetapi luangkan waktu untuk mempertimbangkan implikasinya secara menyeluruh terhadap aspek lain dari proyek. Penggantian terkadang memiliki efek sekunder pada elemen yang berdekatan, aspek fungsional, atau tampilan akhir yang awalnya tidak terlihat jelas.
5. Setiap bangunan yang telah selesai berpotensi menjadi laboratorium pembelajaran bagi detailer. Sering kali menyenangkan dan mencerahkan untuk meninjau kembali proyek bertahun-tahun setelah ditempati, untuk mengamati kinerja material dan detail. Beberapa pemilik bahkan mungkin bersedia berinvestasi dalam evaluasi formal pasca-penghunan sistem konstruksi secara berkala, sebagai bagian dari program pemeliharaan mereka. Pemilik dapat memasukkan evaluasi ini ke dalam jadwal pemeliharaan dan tingkatan masa pakai yang diproyeksikan untuk bangunan tersebut (lihat *Perkiraan Umur*, Bab 10). Detailer dapat menyusun manual detail yang berhasil yang telah disempurnakan melalui penggunaan, siap untuk perbaikan lebih lanjut dalam proyek berikutnya.

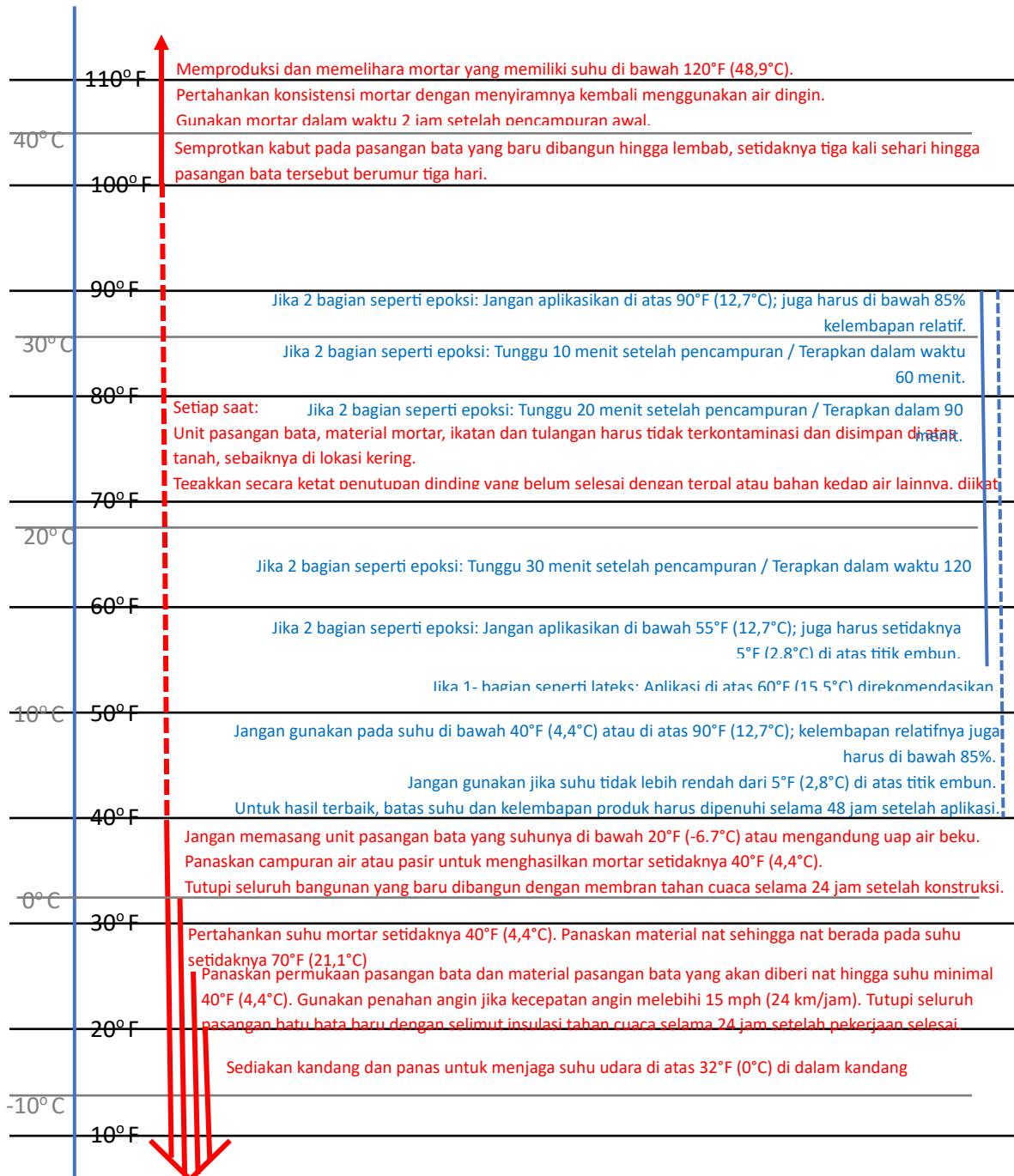
Konstruksi Segala Cuaca

Detail harus dirancang dengan mempertimbangkan kepekaan cuaca dari berbagai operasi konstruksi dan waktu dalam setahun saat operasi tersebut kemungkinan akan terjadi.

1. Operasi konstruksi tertentu sangat peka terhadap cuaca. Atap membran dengan kemiringan rendah tidak dapat dipasang di atas dek atap basah, tetapi atap logam dengan sambungan tegak dengan kemiringan rendah dapat dipasang. Pengecatan eksterior tidak boleh dilakukan dalam kondisi hujan, kondisi berangin panas, atau kondisi dingin; ini dapat menunjukkan bahwa material eksterior yang sudah jadi lebih disukai untuk proyek tertentu. Pekerjaan beton dan pasangan bata dapat menjadi masalah dalam cuaca yang sangat panas atau sangat dingin, yang dapat menyebabkan

- perancang memilih sistem beton pracetak, baja, atau kayu berat sebagai gantinya, jika suhu ekstrem diantisipasi selama konstruksi. Pekerjaan plesteran tidak dapat dilakukan dalam suhu yang sangat rendah, tetapi panel beton pracetak masih dapat ditempatkan.
2. Tinjau dengan saksama petunjuk aplikasi produsen untuk semua material; hubungi perwakilan produk untuk membantu dalam menentukan produk terbaik untuk keadaan yang diantisipasi.

Tabel 13.2 Kondisi Cuaca yang Cocok untuk Penerapan Material Tertentu



Tabel 13.2 memberikan contoh-contoh tentang hubungan antara kondisi cuaca dengan dua aplikasi material yang umum. Di sisi kiri adalah ringkasan instruksi dari industri batu bata tanah liat tentang konstruksi batu bata dalam berbagai kondisi cuaca. Instruksi ini didasarkan pada kondisi yang dibutuhkan agar mortar berbasis semen dalam rakitan batu bata dapat mengering dengan baik dan agar konstruksi akhir terbebas dari ancaman biologis atau kimia yang tidak diinginkan.

Di sisi kanan tabel adalah ringkasan parameter dari produsen cat tentang aplikasi pelapis cat satu dan dua bagian. Cat idealnya diaplikasikan pada permukaan yang bersih dan kering dalam suhu sedang dan kelembapan rendah. Namun, kondisi ini tidak umum di banyak lokasi konstruksi dan di beberapa lokasi mungkin tidak ada selama beberapa bulan dalam setahun. Perlu diingat bahwa parameter suhu berlaku tidak hanya untuk suhu udara sekitar tetapi juga untuk suhu permukaan tempat cat diaplikasikan, dan untuk cat dalam ember.

Jika kondisi ini tidak terpenuhi, cat mungkin tidak dapat diaplikasikan, warnanya mungkin berubah atau kilapnya berubah, cat mungkin mengelupas atau melepuh, dan masa pakainya mungkin sangat pendek. Di pagi hari, permukaan bangunan mungkin masih terlalu dingin atau lembap karena embun. Cat yang diaplikasikan pada sore hari mungkin kotor karena kondensasi setelah senja.

Pelukis berpengalaman "mengikuti matahari" untuk menghindari pengecatan di bawah sinar matahari langsung atau pada permukaan yang akan terkena sinar matahari segera setelah pengaplikasian; hal ini menghindari pemanasan dan pengeringan dini yang disebabkan oleh sinar matahari. Beberapa parameter yang ditunjukkan di sini untuk cat mungkin juga berlaku untuk pelapis permukaan lain yang memerlukan waktu untuk matang.

3. Senyawa yang diaplikasikan dengan cairan, lembaran kupas-dan-tempel, dan pita perekat semakin diandalkan dalam penghalang udara dan air, lapisan penghambat uap, flashing, dan banyak aplikasi lainnya. Pemasangan produk ini harus dilakukan pada permukaan yang bersih dan bebas dari minyak, kotoran, dan kontaminan lainnya; jika tidak, produk tidak akan terikat dengan baik, yang harus terjadi selama masa pakai bangunan. Banyak produk juga mengharuskan permukaan berada dalam kisaran suhu tertentu dan harus kering. Kebanyakan mencatat bahwa produk harus tetap kering selama beberapa waktu tertentu setelah aplikasi. Ketika produk berlapis satu sama lain, pemasang harus memberikan waktu untuk pengeringan penuh, pengerasan, atau pelepasan pelarut di lapisan bawah sebelum menerapkan lapisan berikutnya.
4. Beberapa material yang diaplikasikan di lapangan langsung matang setelah diaplikasikan. Untuk banyak material, beberapa jam, hari, atau terkadang minggu diperlukan agar produk mencapai kriteria kinerja penuh. Suhu yang lebih rendah sering kali memperlambat waktu pengerasan atau pengeringan yang dibutuhkan. Hingga saat itu, produk rentan terhadap kerusakan. Aplikasi eksterior paling rentan karena paling terbuka, tetapi bahkan pelapis interior terkadang diterapkan sebelum bangunan

tertutup sepenuhnya dengan suhu dan kelembapan yang terkontrol. Kayu lapis kelas interior untuk sublantai rumah mungkin terkena hujan lebat sebelum atap atau jendela dipasang, yang mengakibatkan delaminasi kayu lapis karena lemnya gagal.

5. Beberapa bahan bangunan lebih rentan terhadap sinar matahari daripada hujan atau suhu beku. Bahan atap dan pelapis biasanya tahan terhadap sinar ultraviolet, tetapi lapisan di bawahnya sering kali merupakan bahan sintetis yang cukup rentan. Pada bangunan yang telah selesai dibangun, lapisan di bawahnya terlindungi dari paparan sinar UV oleh pelapis, tetapi lapisan tersebut dapat rusak selama konstruksi sebelum pelapis dipasang. Kontraktor dapat memasang penghalang udara dan air di atas substrat, dan berpikir bahwa kru pelindung hujan dapat datang beberapa bulan kemudian untuk memasang pelapis, tetapi banyak penghalang udara dan air yang diaplikasikan dengan cairan hanya memiliki toleransi 30 hari terhadap paparan sinar UV. Penghalang dan pelapis sintetis lainnya mungkin efektif selama 60, 90, atau 180 hari. Jika batas ini terlampaui, produk mungkin perlu diganti atau diaplikasikan ulang, dan garansi mungkin batal. Pemilihan produk dan penjadwalan konstruksi harus dikoordinasikan secara ketat sehingga bangunan yang telah selesai tidak mengandung produk yang rusak.
6. Dimensi komponen pracetak yang besar, seperti baja, beton pracetak, dan balok laminasi lem, dipasang di dalam pabrik dengan suhu sedang. Saat dipindahkan ke luar ruangan, ukurannya akan berubah, terutama saat cuaca sangat panas atau sangat dingin. Surveyor mungkin harus memperhitungkan hal ini dalam perhitungan mereka saat komponen ini dipasang.
7. Pilih bahan dan komponen untuk setiap proyek dengan memperhatikan waktu dalam setahun serta suhu dan curah hujan yang diharapkan saat proyek akan dibangun. Antisipasi potensi masalah dengan operasi yang sensitif terhadap cuaca, dan hilangkan masalah tersebut terlebih dahulu dengan memilih sistem dan komponen yang tepat, jika memungkinkan. Dalam kasus apa pun, bersiaplah untuk mengusulkan cara alternatif untuk melakukan sesuatu jika masalah cuaca muncul.

Kebanggaan atas Keahlian

Jarang ada pekerja konstruksi yang tidak memiliki kecintaan terhadap pekerjaan yang baik dan kebanggaan atas keahlian yang dapat ditunjukkan dengan detail yang menginspirasi.

1. Sebagian besar tukang batu menghabiskan waktu berbulan-bulan atau bertahun-tahun tanpa melakukan apa pun selain memasang lapisan perekat dan senang (meskipun terkadang ragu-ragu pada awalnya) karena memiliki kesempatan untuk membuat pola perekat yang lebih dekoratif, ornamen penopang, dinding melengkung, atau lengkungan. Tukang kayu yang ahli dalam finishing siap menanggapi kesempatan untuk bekerja dengan kayu keras yang bagus dan cetakan yang halus. Tukang plester tertentu masih tahu cara membuat tekstur dekoratif dan bahkan ornamen plester. Pelukis dapat dengan mudah dibujuk untuk membuat masking, striping, dan stensil untuk membuat

pola warna-warni. Sebagian besar tukang rangka kayu berat dengan mudah menerapkan chamfer, quirks, dan lamb's tongue pada balok dan kolom mereka. Lanjutkan dengan hati-hati ke area ini. Beberapa dari ekspresi tradisional kebanggaan atas keahlian ini dapat menjadi sangat mahal jika disalahgunakan atau digunakan secara berlebihan; Namun, sering kali memungkinkan, bahkan dengan anggaran konstruksi yang sederhana, untuk menambahkan beberapa sentuhan kecil pada proyek yang akan mengangkatnya di atas tingkat pengerjaan biasa.

2. Bahkan jika Anda tidak menggunakan ekspresi kebanggaan atas pengerjaan yang terang-terangan ini, pekerja menghargai detail cerdas yang memanfaatkan keterampilan mereka sebaik mungkin, dan mereka tidak menyukai detail yang sewenang-wenang dan tidak berdasar yang memaksa mereka melakukan hal-hal yang janggal atau sulit dilakukan dengan baik. Pelajari apa yang dapat dilakukan pekerja di setiap bidang dengan paling baik dan paling ekonomis, dan jelaskan secara terperinci. Ini akan menghasilkan harga kontrak yang lebih rendah, dan, yang terpenting, ini akan membuat pekerja berada di pihak Anda, membantu menjadikan bangunan sebaik mungkin.
3. Pekerja berkembang pesat ketika mereka dapat dengan percaya diri dan efisien memenuhi tujuan. Jangan pernah membuat mereka kecewa dengan bersikap ambigu tentang apa yang diharapkan; ini berlaku untuk konfigurasi elemen dalam perakitan dan standar pengerjaan. Pengerjaan yang sangat baik bergantung pada semua pihak dalam proyek yang berbagi visi yang sama tentang apa yang diharapkan.

13.6 STANDAR YANG DITERIMA

Rincian harus sesuai dengan norma yang diketahui, dipahami, dan diterima di seluruh industri konstruksi. Norma-norma ini diwujudkan dalam standar yang diterbitkan oleh sejumlah organisasi terkait konstruksi. Dengan mematuhi norma-norma ini dan merujuknya dalam spesifikasi tertulis untuk setiap proyek, detailer menghilangkan banyak ambiguitas dan potensi sumber kesalahpahaman dari dokumen konstruksi.

1. Misalnya, misalkan detailer menentukan batu bata paving hanya sebagai "cocok untuk digunakan sebagai paving di iklim Chicago." Hal ini menimbulkan ketidakpastian yang cukup besar mengenai apa yang "cocok." Kontraktor pertukangan mungkin memiliki pengalaman yang baik dengan batu bata tertentu pada pekerjaan sebelumnya, tetapi batu bata dengan jenis yang sama yang dibeli untuk pekerjaan saat ini mungkin diproduksi secara cacat dan dapat memburuk dengan cepat pada cuaca musim dingin. Detailer dapat memperbaiki situasi ini dengan menentukan penyerapan air maksimum yang mungkin dimiliki batu bata tersebut, tetapi hal ini membuat kontraktor harus meminta hasil uji penyerapan dari produsen. Seluruh dilema dapat dihindari dengan hanya menetapkan bahwa bata paving haruslah paving Kelas SX, sebagaimana ditetapkan oleh ASTM C 902. ASTM C 902 adalah spesifikasi standar untuk bata paving pejalan kaki dan lalu lintas ringan yang diumumkan oleh ASTM International

(sebelumnya American Society for Testing and Materials), sebuah organisasi penetapan standar utama dalam industri konstruksi. ASTM C 902 dikenal dan dipahami di seluruh industri pertukangan batu, dan bata yang sesuai dengannya ditetapkan demikian dalam literatur produsen. Ini mencakup standar untuk kekuatan, penyerapan air, saturasi, ketahanan abrasi, kelengkungan, pengelupasan, toleransi dimensi, kemekaran, dan kriteria lainnya, sebagaimana diukur dengan uji laboratorium standar. Dengan mengutip ASTM C 902, detailer tidak hanya menghindari potensi masalah komunikasi dan kesalahpahaman tetapi juga menambahkan pada kontrak konstruksi serangkaian persyaratan yang sangat kuat dan dipertimbangkan dengan matang yang menghindari sejumlah potensi bencana.

2. Standar konsensus sukarela ditetapkan oleh berbagai organisasi, yang kemudian melaksanakan penilaian kesesuaian dan menjaga integritas standar dalam manufaktur dan konstruksi. ASTM merupakan sumber utama standar yang diterima di Amerika Serikat, dengan adopsi yang cukup besar secara internasional. ASTM menerbitkan standar untuk banyak bahan konstruksi, untuk menetapkan konsistensi dalam cara kerja produk yang bersaing. Standar objektif mewakili lapangan bermain yang setara untuk pasar bahan konstruksi global.

Banyak organisasi lain juga telah menetapkan standar untuk bahan dan rakitan lain yang telah diterima secara luas. Ini termasuk American National Standards Institute (ANSI), sebuah organisasi nirlaba swasta yang mengembangkan standar dan prosedur pengujian terakreditasi untuk banyak bahan konstruksi dan produk industri yang digunakan dalam bangunan. Badan-badan dalam Departemen Perdagangan AS juga menghasilkan standar, seperti halnya banyak organisasi nonpemerintah (LSM) yang berafiliasi dengan industri tertentu.

Di Kanada, standar yang sesuai dengan standar ASTM ditetapkan oleh CSA Group (sebelumnya bernama Canadian Standards Association). ISO (International Organization for Standardization) yang berbasis di Swiss adalah pengembang standar teknis terbesar di dunia. Organisasi ini memiliki perwakilan dari banyak negara dan berupaya membangun konsensus antara kepentingan pemerintah dan komersial secara global.

Organisasi standar semakin berkolaborasi untuk menurunkan hambatan terhadap perdagangan bebas internasional, sekaligus meningkatkan integritas dan kualitas produk. Di banyak sektor, data produk yang setara disajikan menggunakan nomenklatur yang diminta oleh ASTM, ANSI, CSA Group, ISO, dan lainnya. Beberapa standar bahkan ditulis dengan nama dua atau lebih organisasi standar dalam judulnya, yang berarti bahwa standar tersebut identik.

3. Standar mendasari sebagian besar pekerjaan seorang arsitek dan penting untuk konstruksi bangunan. Jika tidak ada standar, kita akan segera menyadari bahwa bahan atau produk berkualitas buruk, tidak sesuai dengan peralatan yang sudah kita miliki, tidak dapat diandalkan, atau berbahaya, atau tidak sesuai. Ketika produk memenuhi

harapan kita, kita cenderung menganggapnya biasa saja. Ketika merinci dan menulis spesifikasi, kita menjadi sadar akan peran yang dimainkan oleh standar dalam meningkatkan tingkat kualitas, keamanan, keandalan, efisiensi, dan pertukaran elemen bangunan. Standar digunakan untuk menetapkan bahwa produk dan rakitan bangunan yang berasal dari sumber asing sesuai dengan norma yang ditetapkan, sehingga memungkinkan perusahaan untuk bersaing secara global. Publikasi dari beberapa organisasi penyusun standar yang lebih terkemuka disertakan dalam daftar referensi di akhir buku ini. Detailer harus memahami standar yang diterima untuk semua bahan dan rakitan konstruksi, dan ia harus menggunakan standar ini sebanyak mungkin dalam menentukan spesifikasi dan perincian.

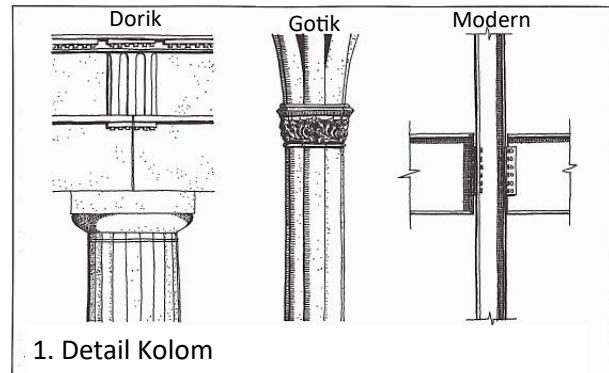
BAB 14

ESTETIKA

14.1 DETAIL YANG BERKONTRIBUSI

Semua detail bangunan harus berkontribusi pada tema formal dan spasialnya.

1. Setiap detail memiliki gaya. Gaya tersebut dapat berupa hasil sampingan dari tindakan praktis, seperti yang dapat ditemukan dalam arsitektur vernakular yang baik, atau ekspresi yang disengaja dari bahasa arsitektur tertentu, seperti tatanan Doric. Kuil Doric lebih dari sekadar atap pelana rendah yang ditopang oleh kolom-kolom yang berjarak



dekat yang mengelilingi persegi panjang berdinging. Kuil ini juga merupakan serangkaian proporsi halus tertentu dengan serangkaian detail yang disengaja dan konsisten, yang masing-masing berkontribusi pada tampilan keseluruhan yang langsung kita kenali, tidak hanya sebagai gaya tradisional, tidak hanya sebagai gaya klasik, tetapi juga sebagai gaya Doric.

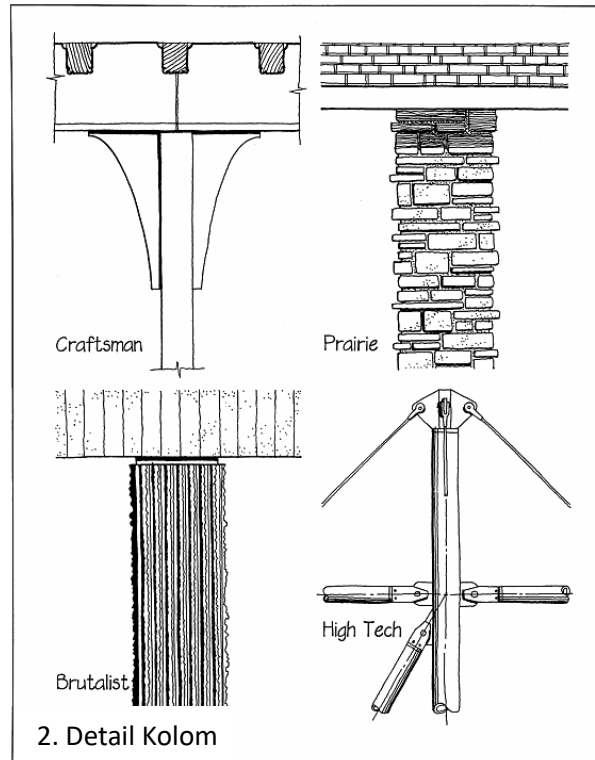
Gaya Gotik didasarkan pada obsesi dengan ruang yang tinggi dan panjang yang diterangi oleh jendela besar. Ini mencakup cita-cita struktural dari kubah batu rumit yang didukung oleh pilar ramping, dorongannya diserap oleh penopang yang halus, dan serangkaian detail yang sangat berbeda dari para pembangun Doric.

Sementara detail tatanan Doric menekankan estetika konstruksi yang tebal, terputus-putus, seperti tongkat, gaya Gothic menampilkan anggota yang tipis dan mengalir yang semuanya berkontribusi pada kesinambungan ruang, bentuk, dan tindakan struktural yang nyata. Gaya modern menganjurkan ekspresi material dan fungsionalisme yang jujur. Tema ruang yang berkelanjutan atau universal dilayani dengan baik oleh rangka baja minimalis dan kulit kaca transparan, menghilangkan semua yang tidak penting. Alih-alih batu berukir, kolom modern mengambil mineral mentah dan mengubahnya menjadi bahan buatan manusia yang sifat dan bentuknya dikendalikan secara rasional.

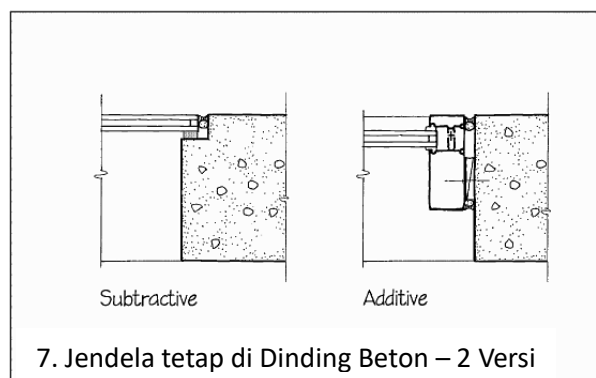
2. Dengan cara yang sama, kita dapat menganalisis detail yang terkait dengan gaya arsitektur apa pun: gaya Craftsman dengan perayaan sambungan kayu; gaya Prairie dengan detail yang menekankan horizontalitas (kadang-kadang bahkan sampai memutar semua sekrup yang terbuka sehingga slotnya horizontal); berbagai gaya Brutalis, di mana lempengan dan batang material tampak saling berbenturan tanpa konektor yang terlihat; gaya High-Tech, di mana bagian-bagian bangunan dibuat agar

tampak seperti bagian-bagian mesin presisi, disambung dengan baut dan pin yang terlihat, dan tentu saja gaya Kontemporer di mana lapisan material abstrak dan sambungan terpisah berlaku.

3. Coba bayangkan sebuah bangunan karya Ludwig Mies van der Rohe dengan detail Gotik Victoria: Jika kita berhasil membuatnya, komposisinya akan begitu terbelah oleh konflik internal sehingga akan hancur secara komposisi di depan mata kita. Ruang dan bentuk minimalis bangunan karya Mies secara tepat ditingkatkan oleh detail minimalis; jika tidak, itu bukanlah bangunan Mies. Coba bayangkan bangunan bergaya Romanesque dengan detail berteknologi tinggi atau bangunan bergaya Barok dengan detail Brutalis. Mustahil bagi komposisi dengan sikap yang sangat beragam terhadap detail untuk diselesaikan. Detail bangunan merupakan bagian integral dari gayanya.
4. Setiap perancang bangunan bekerja dengan caranya sendiri; mungkin tidak memiliki nama, tetapi memiliki kepribadian yang konsisten atau etika yang membimbing. Kepribadian atau etika ini berasal dari pendekatan terhadap ruang, bentuk, cahaya, warna, dan detail. Gaya detail harus menjadi bagian integral dari gaya bangunan. Karena gaya perancang berkembang dan berubah dengan setiap proyek, begitu pula detailnya. Detail harus memberikan kontribusi yang proporsional terhadap karakter dan isi bangunan. Bagi beberapa arsitek, material atau detail tertentu adalah benih dari mana desain bangunan tumbuh. Meskipun bukan sumber konsep desain utama, detail adalah suara konsep, sarana yang digunakan untuk mengekspresikan konsep tersebut.
5. Arsitektur vernakular penuh dengan contoh detail yang berkontribusi, bukan karena manfaat intelektualnya, tetapi hanya karena fitur bangunan, baik besar maupun kecil, semuanya berasal dari sumber yang sama. Akar budaya, keterampilan, dan palet material yang sama dari para kreatornya secara implisit memandu tindakan di sepanjang jalur yang sama. Bangunan vernakular sering kali menampakkan diri dengan jujur dalam bentuk yang lugas dan tanpa hiasan, sehingga fiturnya tidak tertutupi. Ekspresi puitis terkadang merupakan sisa dari karya yang mendalam dengan sarana yang terbatas, bukan karena preferensi gaya.
6. Detail bangunan harus merupakan bagian dari satu keluarga. Tidaklah tepat untuk menyalin satu detail dari satu sumber, detail lain dari sumber lain, dan menggabungkan serangkaian detail yang berfungsi dengan baik tetapi tidak memiliki kemiripan yang terlihat satu sama lain. Perancang harus mengembangkan serangkaian detail terpenting bangunan yang cocok sebagai bagian berkelanjutan dari keseluruhan proses desain. Rangkaian detail utama ini kemudian akan berfungsi sebagai panduan dalam persiapan setiap detail lain yang terlihat di dalam bangunan. Detail-detail tersebut dapat saling terkait dengan pendekatan komposisi yang sama, yang dapat terlihat dari proporsi, materialitas, keselarasan, dan orientasinya.



7. Elemen-elemen dan palet arsitektur yang berbeda juga dapat digabungkan. Perhatian khusus harus diberikan pada kompatibilitas teknis dan komposisinya. Misalnya, bentuk masif dan rangka dapat membentuk dualitas yang menarik dalam sebuah bangunan, tetapi secara intuitif bagian masif harus berada di bawah atau di samping rangka. Bayangkan sebuah volume batu bata besar yang ditopang oleh kolom-kolom baja ramping. Bahkan jika secara struktural memungkinkan, komposisinya akan mengganggu.



Pada jarak yang lebih dekat, detail antara dinding beton tebal dan bukaan kaca dapat dipecahkan menggunakan berbagai pendekatan komposisi. Detail subtraktif yang ramping dapat melibatkan menggeser panel kaca ke dalam cetakan offset minimal di permukaan beton, di mana pita perekat tersembunyi menyatukan kaca yang rapuh dengan beton yang kuat.

Detail tambahan dapat menggunakan rangka logam sebagai elemen komposisi ketiga,

yang ditempatkan di antara beton dan kaca. Melalui pilihan-pilihan seperti ini, detailer mengekspresikan sikap terhadap material yang berbeda; setiap solusi memiliki implikasinya sendiri untuk konstruksi dan fungsionalitas. Fitur Abadi Detail mewujudkan semua yang kita ketahui dari masa lalu, detail tersebut menanggapi kepastian masa kini, dan akan berguna untuk masa depan yang tidak diketahui. Detail tersebut harus dirancang dengan mempertimbangkan kerangka waktu yang luas ini, tidak terlalu terfokus pada masa kini.

1. Tidak ada yang cepat kedaluwarsa daripada detail atau perawatan material yang sedang tren. Semakin lama usia bangunan, semakin abadi pula material dan detailnya. Bangunan yang berusia 100 tahun tidak boleh dibuat detailnya dengan mengikuti mode yang sedang tren saat ini. Detail yang dirancang dengan baik, dibuat menggunakan material yang tahan lama, dan dipasang menggunakan pengerjaan yang tepat, memiliki kualitas yang abadi.
2. Detail yang abadi lebih mungkin dipahami dan diapresiasi oleh orang-orang di masa mendatang, seperti halnya karya sastra atau musik yang bagus diapresiasi oleh generasi-generasi berikutnya dalam suatu budaya. Bangunan dengan bentuk dan ruang yang proporsional, denah yang teratur, serta detail yang bermakna dan dibuat dengan baik akan bertahan lama, hampir pasti lebih lama dari program awalnya. Pemilik di masa mendatang akan menjadi pengurus bangunan, merawatnya seperlunya, memperkenalkan elemen baru dengan hati-hati, dan menghormati prinsip-prinsip dasar penataannya. Bangunan semacam itu tidak boleh dibuat dengan fitur-fitur yang secara estetika menjadi usang dalam waktu singkat.
3. Agar abadi, suatu detail tidak perlu pernah dikerjakan sebelumnya, atau dipilih dari katalog solusi stok. Inovasi tetap penting. Detail dan material baru akan selalu menjadi bagian dari karya seorang arsitek. Detail baru harus didasarkan pada prinsip komposisi yang baik, harus menunjukkan pemahaman tentang fenomena fisik yang relevan, dan tidak boleh menya-nyaiakan sumber daya manusia atau material. Jika ini dilakukan, detail tersebut kemungkinan akan mencapai kualitas abadi ini.
4. Sarana produksi sering kali menjadi cap tanggal pada bangunan. Ketika industri memperkenalkan material dan proses baru, atau ketika metode konstruksi baru diperkenalkan di lokasi konstruksi, para desainer yang bersemangat mengeksplorasi kemungkinan teknis atau estetika mereka. Setiap desainer mendorong amplop wawasan autentik mengenai material atau proses baru. Penggunaan awal material dan alat baru sering kali merupakan tiruan pengganti dari pendahulunya. Wawasan mengikuti tiruan: Plastik pertama kali digunakan untuk meniru produk gading, seperti bola bilyar dan tuts piano; baru kemudian kemungkinan unik dari plastik ditemukan. Banyak anakronisme: Mesin CNC (kontrol numerik komputer) yang canggih digunakan untuk mengukir huruf kapital Korintus dari busa plastik. Printer 3D digital dapat digunakan untuk membuat replika plastik dari mawar yang dibuat berabad-abad lalu dari batu berukir atau plester cetak. Perinci harus berpartisipasi aktif dalam eksplorasi material dan proses konstruksi baru, berusaha untuk membedakan antara

kemungkinan formal yang abadi dan yang hanya menjadi mode masa kini.

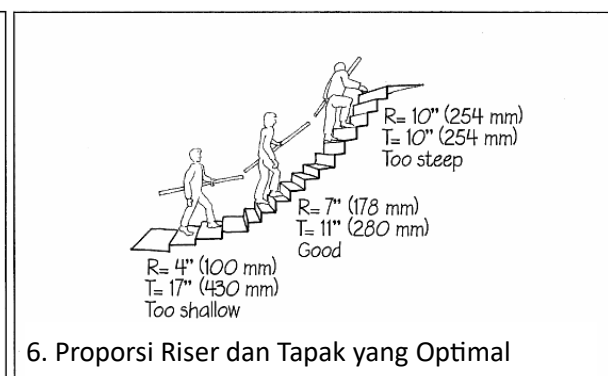
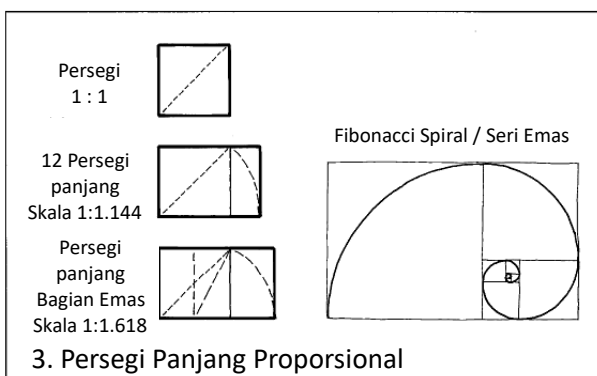
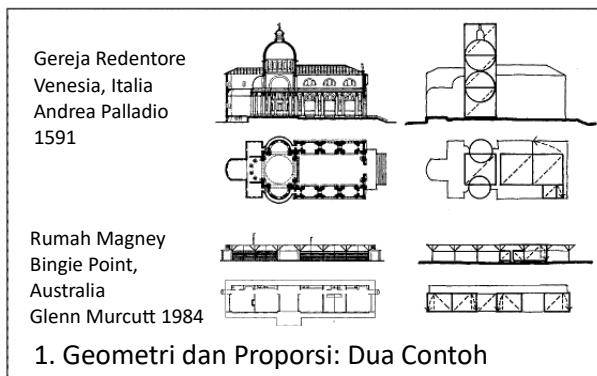
14.2 GEOMETRI DAN PROPORSI

Geometri dan proporsi telah digunakan untuk mencapai tatanan komposisi sejak awal mula arsitektur, dan kini digunakan oleh para desainer dan detailer di semua skala. Hubungan formal antara elemen arsitektur telah digunakan dalam berbagai variasi untuk membuat komposisi yang menarik secara estetika. Desainer juga telah menggunakan proporsi tubuh manusia untuk menghubungkan penghuni dengan ruang dan bentuk arsitektur.

1. Geometri adalah alat komposisi yang paling umum digunakan oleh para desainer. Geometri diwujudkan dalam penggunaan bentuk dua dan tiga dimensi yang sederhana, tetapi juga dalam hubungan antara bentuk-bentuk ini. Simetri, keseimbangan, kisi-kisi, dan proporsi adalah contoh tema umum yang didasarkan pada geometri. Geometri dan proporsi memiliki potensi untuk memberikan pengaruh yang luas pada banyak aspek desain bangunan. Contoh-contoh dari berbagai benua dan hampir empat abad yang terpisah ini menunjukkan sejauh mana arsitek telah menggunakan geometri dan proporsi. (Diadaptasi dari *Precedents in Architecture*; Clark and Pause, New York: John Wiley and Sons, 2012).
2. Proporsi ruang dan bentuk yang penting dapat mengekspresikan harmoni di seluruh bangunan. Kualitas komposisi dapat ditingkatkan tanpa biaya tambahan, cukup dengan penempatan dan ukuran elemen bangunan.
3. Contoh sistem proporsional adalah rasio emas, yaitu $1: \Phi$ atau $1:1.618$. Sistem proporsional ini muncul dalam berbagai bentuk di alam dan dalam tubuh manusia. Sistem ini telah digunakan dalam seni, musik, dan arsitektur sejak zaman dahulu. Proporsinya ditemukan menyenangkan bagi mata manusia. Deret Fibonacci mengekspresikan rasio emas: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, dan seterusnya. Setiap angka adalah jumlah dari dua angka sebelumnya, dan setiap angka secara kasar merupakan angka sebelumnya dikalikan dengan bagian emas. Proporsi lain yang signifikan secara matematis dan dikatakan memiliki kualitas estetika khusus adalah persegi panjang $\sqrt{2}$ atau $1:1,414$. Ini adalah panjang diagonal persegi yang sisinya berukuran 1 satuan panjang.
4. Ruang sipil dan keagamaan sering kali memiliki dimensi yang monumental jika dibandingkan dengan ukuran penghuninya, yang melambangkan bahwa ruang-ruang ini dirancang untuk entitas yang lebih agung dan lebih penting daripada manusia. Implikasi dari ruang yang begitu besar pada desain struktural, kualitas akustik, dan banyak faktor lainnya patut mendapat perhatian yang cermat.
5. Dimensi tubuh manusia memengaruhi proporsi banyak elemen bangunan. Dimensi jendela dan pintu mencerminkan ukuran rata-rata orang, tetapi dalam banyak kasus dapat dibuat agar sesuai dengan dimensi populasi target yang tidak rata-rata. Taman hiburan anak-anak atau rumah bermain mungkin sengaja menggunakan dimensi yang lebih kecil daripada bangunan normal, agar proporsional dengan penghuni utamanya.

Orang dewasa juga dapat menikmati kebaruan dalam merasakan ruang yang dirancang sesuai dengan proporsi anak-anak.

6. Demi keselamatan dan fungsionalitas, kode bangunan menetapkan parameter untuk proporsi anak tangga dan tapak tangga, serta kemiringan landai. Tangga darurat biasanya berada di ujung paling curam dari rentang yang diizinkan (anak tangga 7 inci, tapak 11 inci [178, 280 mm]) agar dapat menjalankan fungsinya dengan ruang lantai yang minimal. Tangga monumental di lobi aula simfoni mungkin memiliki rasio anak tangga terhadap tapak yang lebih dangkal (anak tangga 5,5 inci, tapak 14 inci [140, 355 mm]) agar melintasi tangga lebih anggun dan nyaman.



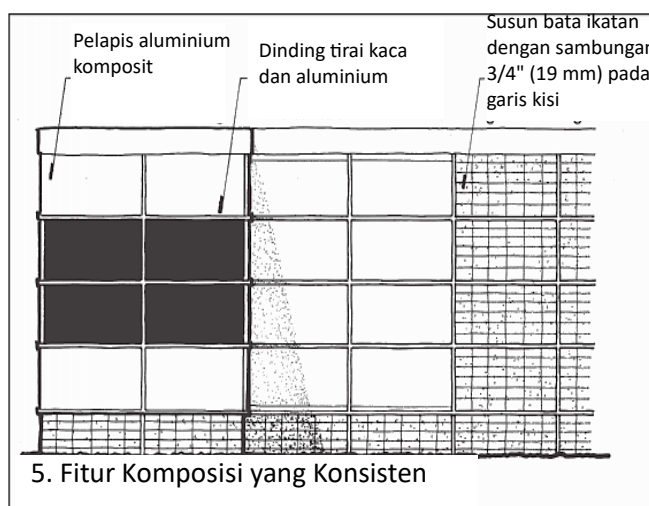
14.3 HIRARKI PENYEMPURNAAN

Saat merancang sebuah bangunan, arsitek biasanya menetapkan hierarki pentingnya ruangan dan elemen, yang mencerminkan pentingnya setiap bagian bangunan dalam kaitannya dengan bagian lainnya. Tingkat penyempurnaan detail dalam bangunan harus konsisten dengan hierarki ini.

1. Ruang-ruang penting sering kali diselesaikan dan dirinci lebih mewah atau khusus daripada ruang-ruang lain yang lebih kecil. Ruang rapat di gedung perkantoran umumnya lebih halus dalam penyelesaian dan detailnya daripada ruang mesin fotokopi di ujung lorong.
2. Detail yang akan dilihat dari jarak dekat umumnya lebih halus daripada yang akan dilihat dari jauh. Material eksterior di lantai dasar sering kali lebih detail, berkualitas

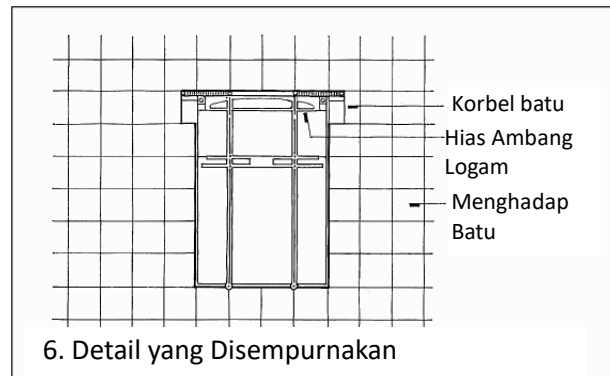
lebih tinggi, dan dibuat dengan toleransi yang lebih ketat daripada yang ada di lantai atas gedung tinggi. Material tersebut juga dapat dirancang untuk kualitas taktil karena mudah dijangkau.

3. Pada bangunan dengan bentuk konstruksi berlapis, permukaan luar yang terlihat biasanya diberi detail yang jauh lebih halus daripada permukaan yang tersembunyi di dalam rakitan, di mana hanya masalah teknis yang relevan.
4. Tidak ada detail yang gagal memenuhi kewajiban fungsionalnya, dan semuanya harus dapat dibangun, tetapi tingkat penyempurnaannya dapat bervariasi untuk meningkatkan konten simbolis atau pengalaman detail tersebut. Beberapa detail harus dirayakan dalam sebuah bangunan, sementara yang lain diam-diam kompeten, fungsional tetapi sederhana. Sumber daya yang dihemat dalam membuat detail rutin kemudian tersedia untuk yang khusus.
5. Perbedaan antara bahan permukaan dan detail harus dianggap sebagai variasi pada tema dasar. Ini akan membuat semua detail menjadi bagian dari satu keluarga, dan akan memudahkan pengamat untuk mendeteksi hubungan yang dimaksudkan di antara mereka (lihat Detail Kontribusi, sebelumnya dalam bab ini).
6. Pada suatu waktu, bahan bangunan yang halus dibuat dari bahan mentah: Detail batu diukir dari balok kasar;



kolom kayu persegi dibentuk dengan susah payah dengan kapak dan bidang dari batang kayu. Kehalusan yang tinggi merupakan tanda dari seorang perajin yang terampil, yang memberikan kehormatan dan rasa hormat pada artefak tersebut. Dengan plastik cetakan injeksi, ekstrusi aluminium, dan pemotong laser yang dikendalikan komputer, kita sekarang dapat menghasilkan potongan-potongan yang presisi dan halus dengan kemudahan yang belum pernah ada sebelumnya. Kita mungkin bertanya, "Seberapa banyak presisi dan kehalusan yang cukup?" Jika setiap permukaan dan detail sama-sama halus, tidak ada yang lebih penting dari yang lain. Makna berkurang ketika tidak ada diferensiasi kehalusan. Filsuf arsitektur John Ruskin menganjurkan dalam *Stones of Venice*-nya, yang pertama kali diterbitkan 1851–53: "Tidak boleh ada penyempurnaan eksekusi jika tidak ada pemikiran, karena itu adalah pekerjaan budak, yang tidak ditebus. Lebih baik pilih pekerjaan kasar daripada pekerjaan halus sehingga hanya tujuan praktis yang terpenuhi, dan jangan pernah membayangkan ada alasan untuk bangga dengan apa pun yang dapat dicapai dengan kesabaran dan amblas." Ketertarikan kita pada presisi, detail yang tajam, dan permukaan yang halus mungkin

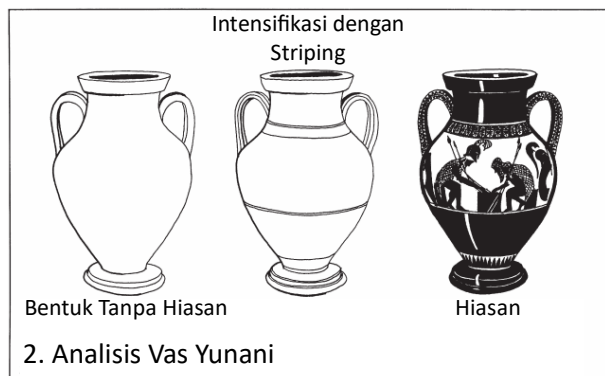
merupakan sisa dari era pra-industri dan pra-digital, ketika alat produksi membuat penyempurnaan seperti itu langka dan mahal. Detailer harus terus menyimpan detail yang paling halus dan dibuat khusus untuk elemen terpenting dalam bangunan, dan membuat detail lainnya dengan cara yang konsisten dalam kualitas dan biaya dengan tingkat kepentingannya.



14.4 INTENSIFIKASI DAN ORNAMEN

Detail dapat dihias untuk menambah kekayaan visual sebuah bangunan dan menarik perhatian pada kualitas formal.

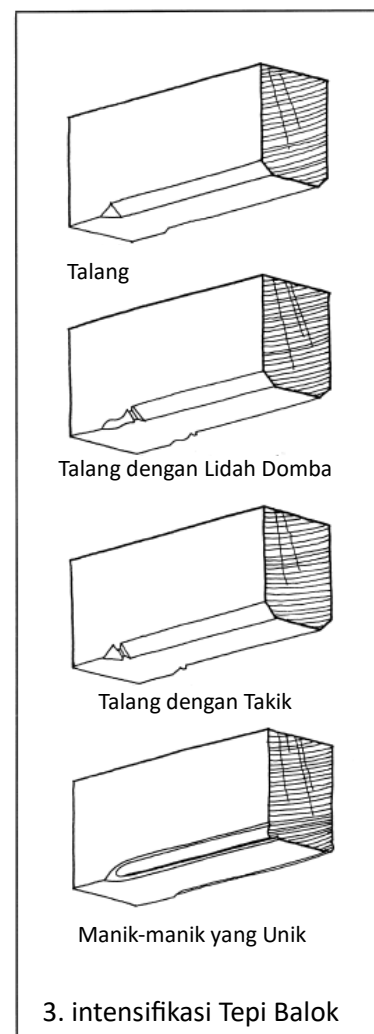
1. Sejak awal peradaban, para pembuat benda telah membuktikan kecintaan mereka pada pekerjaan mereka dengan menambahkan elemen nonfungsional ke dalam bentuk mereka. Para penenun telah menambahkan tekstur, warna, dan pola. Para pembuat ubin telah menambahkan glasir berhias cerah. Para tukang kayu telah membuat talang dan mengukir hasil karya mereka. Para tukang sirap telah menambahkan pola kerang dan gigi gergaji. Para tukang batu telah meletakkan pola tajuk, serdadu, rowlock, dan penopang yang indah di dinding mereka. Hasil dari upaya ini seringkali sangat indah, terkadang karena memunculkan keindahan material dan kerajinan yang melekat, dan terkadang karena keindahannya hanya dalam bentuk abstrak.
2. Jika kita memeriksa vas Yunani kuno yang dihias, kita menemukan dua set pola yang dilukis di atasnya. Satu set terdiri dari garis-garis dan pita melingkar yang dibuat dengan menempelkan kuas cat pada vas tanah liat saat berputar di roda pembuat tembikar. Garis-garis ini umumnya diterapkan di lokasi yang signifikan dalam kaitannya dengan kelengkungan vas perubahan radius atau arah kelengkungan. Praktik ini dapat disebut intensifikasi, karena sengaja dikaitkan dengan proses



pembuatan vas dan bentuknya, dan dengan demikian mengintensifkan estetika vas. Pita dan garis mengekspresikan kualitas pragmatis dan formal vas. Set pola lainnya terdiri dari pemandangan binatang, prajurit, atlet, dewa, dan dewi apa pun yang sesuai dengan suasana hati atau misi pembuat tembikar. Ini memiliki sedikit atau tidak ada

hubungannya dengan pembuatan atau bentuk vas, dan dapat disebut "ornamentasi." Baik intensifikasi maupun ornamen berkontribusi pada keindahan vas, tetapi keduanya muncul dari inspirasi yang berbeda.

3. Intensifikasi dan ornamen juga memiliki tempat dalam pekerjaan konstruksi. Talang tukang kayu mengurangi kemungkinan serpihan di sepanjang tepi tiang atau balok, dan membuat anggota lebih lambat terbakar. Selain fungsi-fungsi yang bermanfaat ini, mereka juga membawa tepi yang panjang dan lurus lebih menonjol ke pandangan kita, dan sisi-sisinya yang miring menambah daya tarik pahatan pada kayu. Talang tidak dapat berlanjut ke sambungan antara anggota tanpa menciptakan celah yang tidak sedap dipandang, jadi tukang kayu mengembangkan cara-cara bergaya untuk mengakhiri talang sebelum ujung anggota, dalam perangkat seperti lidah domba yang berkelok-kelok atau berbagai takik bersudut. Pada sambungan itu sendiri, sebagian besar seni tukang kayu tentu saja disembunyikan dalam lubang pasak, pasak, dan tumpang tindih, tetapi pola yang menyenangkan dapat dibuat dari pasak dan braket yang terbuka. Semua ini dapat dianggap sebagai intensifikasi, karena muncul dari kebutuhan tetapi melampauinya untuk menciptakan kesenangan yang meningkatkan pemahaman kita tentang pembuatan bangunan. Jika tukang kayu terus mengukir pemandangan atau semboyan di sisi balok, ini adalah ornamen, karena, meskipun menarik dan berkontribusi pada estetika keseluruhan bangunan, itu tidak terkait langsung dengan kebutuhan.



4. Perancang detail harus terlebih dahulu melihat intensifikasi sebagai cara untuk meningkatkan dampak estetika detail. Sumber inspirasi banyak: kebutuhan untuk menempatkan sambungan kontrol ke permukaan dinding plesteran, kebutuhan untuk menggunakan ikatan bentuk dan strip rustikasi untuk menciptakan permukaan beton arsitektur yang memuaskan, kebutuhan untuk menambahkan braket dan baut untuk menghubungkan anggota baja atau kayu, kebutuhan untuk menutupi celah yang tidak sedap dipandang di mana lantai atau sofit bergabung dengan dinding, kebutuhan untuk memasang ambang pintu untuk menopang pasangan bata di atas jendela atau bukaan pintu, atau kebutuhan untuk membuat jahitan yang berjarak dekat di atap lembaran logam. Masing-masing dari hal ini merupakan peluang untuk mengintensifkan bentuk sebagian bangunan dengan strategi seperti menambahkan garis atau cetakan pada

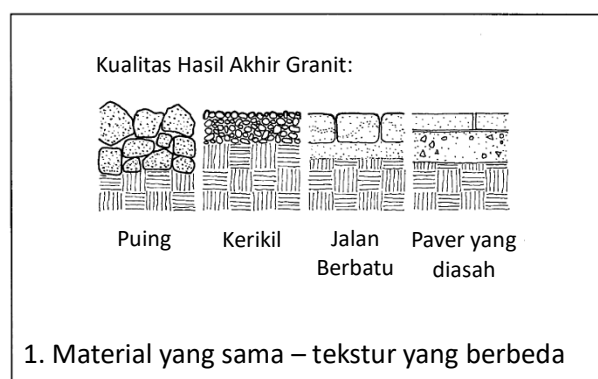
sambungan antar bidang, menciptakan ritme dan pola pengencang atau sambungan, melebih-lebihkan ukuran atau jumlah benda seperti baut atau braket, atau menambahkan warna yang kontras. Setiap upaya tersebut merupakan perayaan atas hal yang penting, irama yang memukau, berbagi kegembiraan dalam merakit sebuah bangunan dengan pemirsa yang tidak terlibat dalam pembangunannya tetapi yang menghargai proses tersebut saat proses tersebut terlihat.

- Ornamen dapat sama efektifnya dengan intensifikasi, tetapi memerlukan lebih banyak ketangkasan dan penilaian, karena ornamen tidak muncul dari fitur bangunan yang spesifik dan nyata, tetapi berasal dari sumber lain atau dibuat dari awal. Sering kali intensifikasi saja sudah cukup untuk membawa bangunan ke ranah yang istimewa; namun, ornamen yang diterapkan dapat terlihat dangkal, bahkan janggal atau tidak enak dilihat jika dibuat dengan buruk atau bertentangan dengan fitur intrinsik komposisi.

Kekayaan Sensorik

Detail dan permukaan dapat melibatkan semua indra. Kita terutama bergantung pada ranah visual saat menggunakan bangunan, tetapi indra lainnya menambahkan konten penting pada pengalaman estetika suatu bentuk atau ruang.

- Berbagai tekstur dan material dalam suatu bangunan dapat menentukan fungsi dan mengendalikan keintiman ruang: permukaan yang dingin, keras, mengilap, dan bergema untuk ruang publik; permukaan yang hangat, lembut, dan tenang untuk ruang privat; permukaan yang kuat untuk ruang utilitas; dan permukaan yang kokoh untuk area industri. Pengalaman seumur hidup menghasilkan serangkaian asosiasi bersama antara kualitas sensorik suatu bangunan dan tujuan biasanya. Transisi material dan tekstur juga dapat menandai ambang batas antara ranah yang berbeda dalam interior yang berkesinambungan, membantu pengunjung menjelajahi ruang tanpa bantuan.



- Bahan yang dimaksudkan agar nyaman disentuh tidak hanya bebas dari tepi tajam atau serpihan (Tepi Aman, Bab 9), tetapi juga harus halus, cukup lembut untuk merespons tekanan lembut, dan tidak terlalu konduktif secara termal sehingga dapat menarik panas tubuh dari ujung jari. Tidak semua permukaan harus nyaman. Lantai ruang kelas prasekolah harus jauh lebih nyaman daripada lantai kafetaria. Kamar mandi dan dapur lebih mengutamakan kualitas sanitasi (Permukaan yang Dapat Dibersihkan, Bab 10), sehingga sering kali keras, bebas dari pori-pori dan celah, dan bahkan dapat dilapisi dengan lapisan mikroskopis yang membersihkan sendiri untuk melindungi permukaan dari pertumbuhan biologis. Gagang pintu tangga darurat dirancang agar konduktif

secara termal sehingga petugas pemadam kebakaran dapat mengetahui apakah ada api di dekat sisi lainnya sebelum membuka pintu.

3. Kontak manusia mengubah hampir semua bahan bangunan. Bahkan baja tahan karat sedikit menghitam karena minyak di tangan yang menyentuhnya (*Surfaces That Age Gracefully*, Bab 10). Tiang-tiang batu yang kokoh di pintu masuk kuil klasik memperoleh kilau dan warna yang lebih gelap saat manusia mencapainya, sebagai hasil dari sentuhan yang tak terhitung jumlahnya oleh orang-orang yang tidak dapat menahan godaan untuk merasakan bentuk tiang batu beralur. Perubahan kecil dalam bentuk dan tampilan permukaan bangunan menjadi catatan pola penggunaan, dan petunjuk bagi pengunjung di masa mendatang tentang permukaan mana yang paling menarik.
4. Suara hujan di atap logam, langkah kaki seseorang di sudut jalan yang berjalan ke arah Anda, dan percakapan teredam dari balik pintu ruang konferensi adalah contoh bagaimana suara memberi tahu kita tentang hal-hal yang belum dapat kita lihat. Suara yang berasal dari permukaan bangunan memberikan pratinjau akustik dari hal-hal yang belum terlihat. Bagi pendengar yang jeli, dimensi ruang dan tekstur permukaannya dapat dideteksi hanya dari cara ruang itu berbunyi. Ini berguna dan terkadang menyenangkan. Detailer mengendalikan kualitas pengalaman ini.

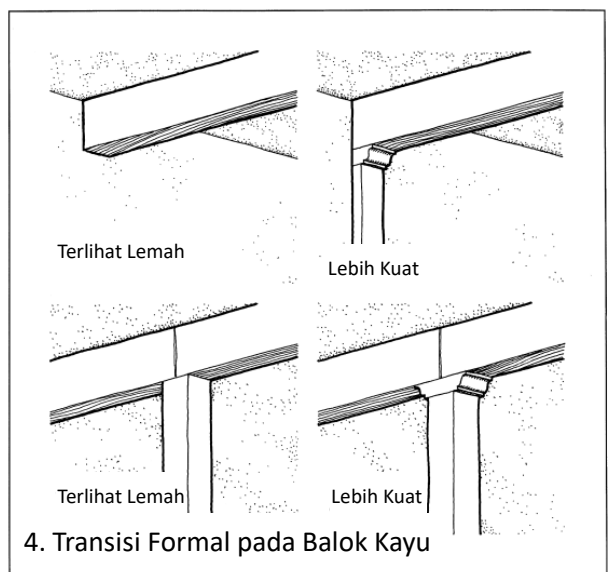
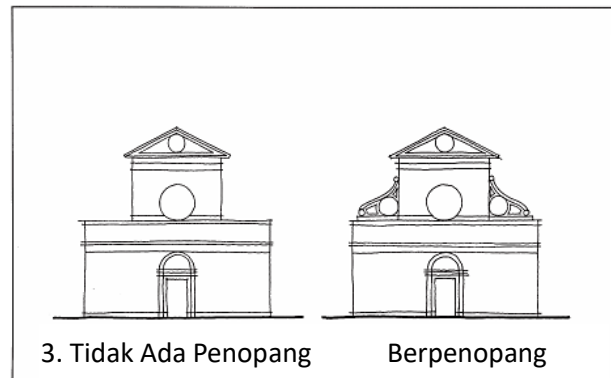
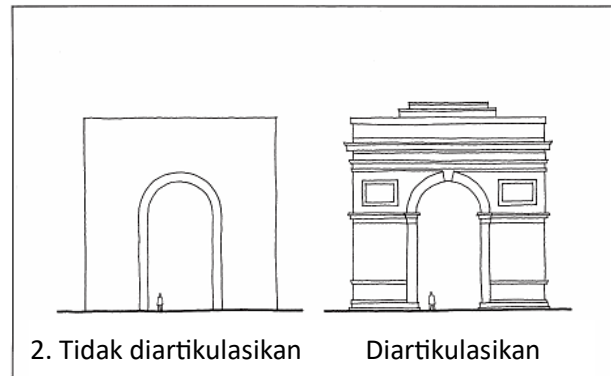
14.5 TRANSISI FORMAL

Detail dapat membantu menyatukan komposisi visual elemen bangunan yang mungkin tampak tidak berhubungan atau tidak berhubungan.

1. Massa dan bentuk bangunan yang dirancang dengan baik umumnya menyatu dengan indah dan tidak memerlukan perhatian lebih lanjut dari perancang detail, tetapi terkadang detail dapat membantu memperbaiki tampilan persimpangan yang aneh. Massa beratap pelana yang digabungkan ke dalam volume beratap datar yang lebih besar dapat tampak lemah dan tidak bernyawa, karena volume formal dasar yang membentuk komposisi sulit untuk dilihat. Perubahan kecil dalam detail dapat menciptakan paviliun yang kuat yang menarik perhatian mata ke volume dasar dan

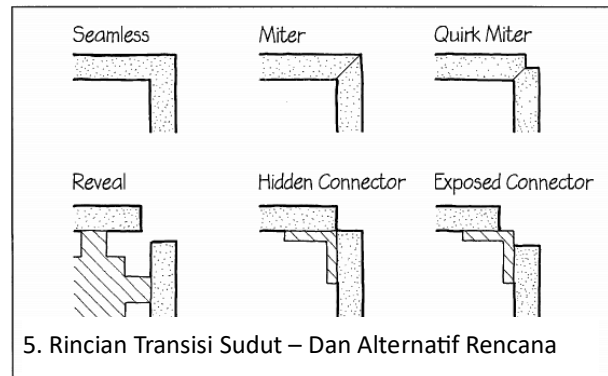
membentuk hierarki elemen yang jelas.

2. Transisi yang tidak terartikulasi dari pilar penyangga ke lengkungan tampak tidak tegas. Penambahan jalur tali dan kepala pilar memberikan demarkasi yang pasti pada batas antara pilar dan lengkungan.
3. Banyak gereja Renaisans dan Barok menggunakan penopang nonstruktural yang berhias untuk membuat transisi yang mulus dari massa utama gereja ke kubah atau kubah yang ditumpangkan. Elemen-elemen ini mengambil isyarat mengenai bentuk dan materialitas dari elemen bangunan yang telah ditetapkan dalam komposisi.
4. Dalam skala yang lebih kecil, balok kayu yang muncul begitu saja dari plester dinding penyangga tampak agak terputus-putus. Braket dan pilaster yang diaplikasikan pada transisi ini dapat membentuk hubungan visual yang lebih kuat antara kedua elemen tersebut. Demikian pula, hubungan yang memadai secara struktural antara balok dan kolom dapat tampak lemah dan tiba-tiba; braket dapat mempermudah transisi ini. Braket juga melambangkan balok kayu atau ganjal yang pada suatu waktu mungkin telah digunakan untuk menyesuaikan posisi vertikal balok di tempat balok tersebut bersandar pada dinding atau kolom.

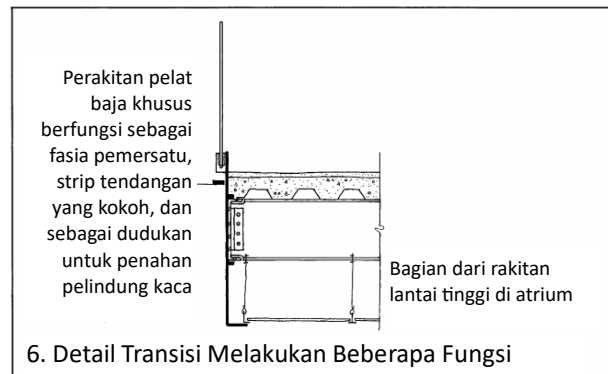


5. Menyatukan dua atau lebih material pada bidang yang sama persis tampak palsu, seolah-olah material tersebut hanya memiliki warna cat yang berbeda. Bahkan sedikit pergeseran permukaannya, mungkin menunjukkan ketebalan material yang berbeda,

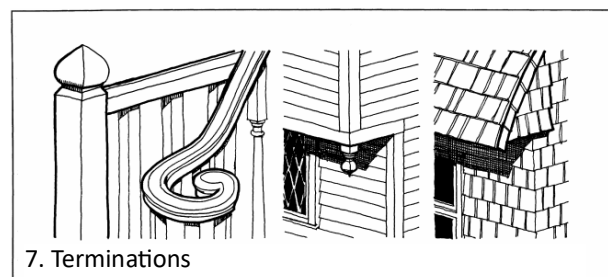
akan membantu. Jika itu tidak memungkinkan, maka Reveal (Bab 12) atau tepi yang menonjol dari material ketiga yang netral di antara keduanya akan membantu. Ketika satu material berbelok di suatu sudut, detailer harus memutuskan apakah transisi tersebut akan tampak mulus atau harus diartikulasikan sebagai suatu fitur. Sudut yang benar-benar mulus di bagian luar bangunan secara teknis menantang karena banyak faktor fungsional dan konstruksi yang dijelaskan di bagian sebelumnya buku ini. Penggunaan material yang menonjol dan netral juga dapat dipertimbangkan di sini.



6. Elemen transisi dapat memiliki tampilan visual dan fungsional, bukan hanya jahitan netral. Dalam contoh ini, pegangan tangan kaca dihubungkan ke tepi rakitan lantai yang menghadap ke atrium. Elemen transisi adalah pelat baja pemersatu yang telah dibuat untuk proyek ini guna menjalankan beberapa fungsi. Ini adalah fasia yang menutupi tepi dek lantai, plafon gantung, dan segala sesuatu di antaranya. Ini memanjang lebih tinggi dari permukaan lantai untuk menjadi strip penahan, dan menerima sambungan baja antikarat yang menahan pegangan tangan kaca.

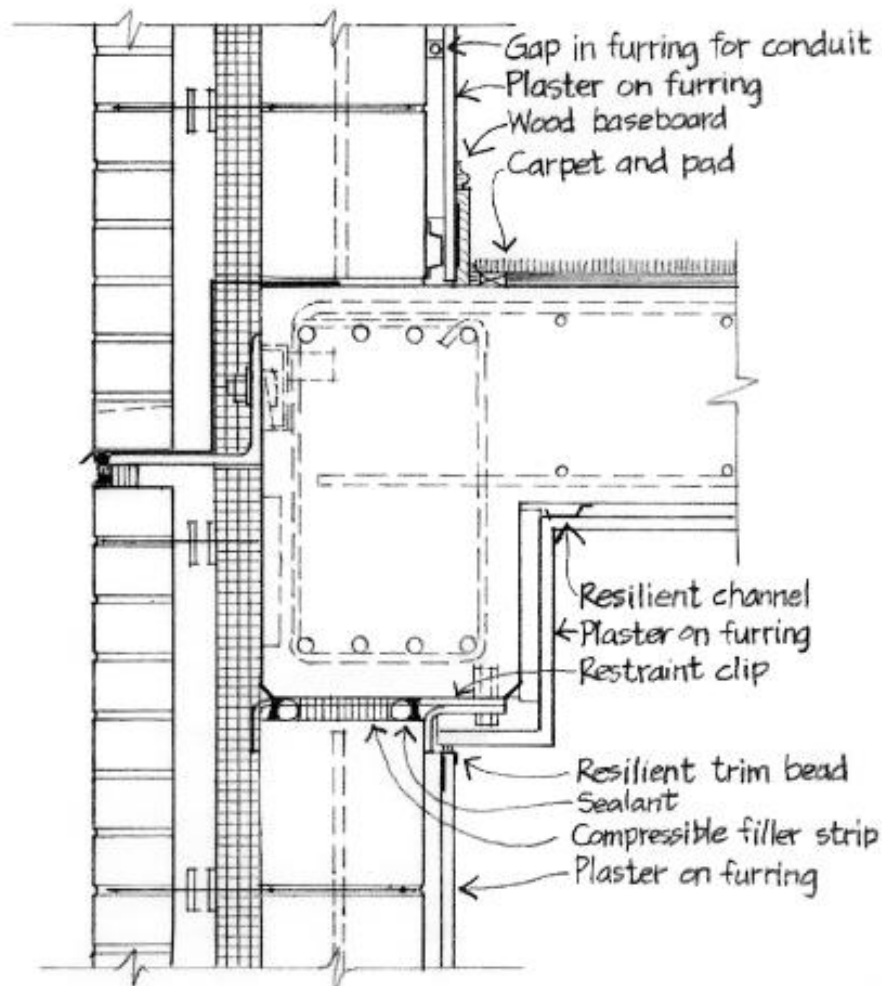


7. Ada banyak detail yang memerlukan bentuk akhir yang anggun: finial pada tiang baru, volute di akhir pegangan tangan, liontin di bawah lantai dua yang menjorok, detail pipi di ujung atap. Dalam semua contoh ini, tidak ada yang memuaskan secara visual hanya dengan memotong anggota yang sedang diakhiri.



Merinci Lapisan Akhir Interior

Sekarang kita mengalihkan perhatian kita untuk menambahkan lapisan akhir interior pada detail spandrel kita. Strip pelapis vertikal berbentuk topi dari baja galvanis (barang stok) akan diikat ke dinding dengan jarak 16 in. (406 mm) dengan pengencang yang digerakkan dengan bubuk, dan alas plester veneer berlapis foil akan disekrup ke strip pelapis akhir. (Alas plester veneer umumnya disebut "papan biru." Ini adalah papan gipsum yang dirancang untuk berfungsi sebagai alas untuk lapisan tipis plester veneer.)



Kabel listrik untuk stopkontak dinding akan dijalankan dalam saluran logam; kami mencatat bahwa celah harus dibiarkan di strip pelapis akhir untuk tujuan ini (Horizontal Plenum, Bab 8). Kotak listrik standar sedalam 1½ in. (38 mm) akan pas dengan ketebalan yang disediakan oleh pelapis akhir dan plester. Klip yang menahan bagian atas dinding penyangga harus ditutup dengan lapisan akhir, jadi kami melapisi dan memplester balok beserta dindingnya.

Karena potensi pergerakan pada sambungan lunak antara balok perimeter dan dinding penyangga, kami menggunakan manik trim vinil yang elastis, barang stok dari katalog pemasok gipsum, untuk menyediakan sambungan pergerakan antara dinding plester dan sofit plester di bawah balok. Di dasar dinding, kami memasang papan skirting kayu (Building Armor, Bab 10) menggunakan sekrup akhir yang, seperti paku akhir, hampir tanpa kepala, untuk menempelkannya melalui plester ke strip pelapis logam. Untuk menjaga plester tetap rata dan kuat di belakang papan skirting, kami menunjukkan strip pelapis horizontal di dasar dinding. Setelah papan skirting terpasang, bantalan dan karpet dapat dipasang, menggunakan strip tanpa paku untuk membentuk tepi yang rapi pada papan skirting.

Namun, panggilan ke konsultan akustik kami membawa berita buruk: Detail lantai yang

terdiri dari karpet dan bantalan tebal di atas pelat beton 10 in. (254 mm) memiliki kelas insulasi benturan sekitar 70, yang sangat baik, tetapi kelas transmisi suara (STC)-nya hanya sekitar 53, yang di bawah standar untuk bangunan dengan kualitas ini. Dia ingin kami memasang plafon plester gantung dengan bilah akustik di atasnya. Namun, kami ingin menghindari melakukan ini. Itu akan sangat mahal, bukan hanya karena biaya plafon itu sendiri, tetapi juga karena akan menambah beberapa inci tinggi ke setiap lantai bangunan, menambah tinggi kolom dan area dinding eksterior serta membutuhkan struktur yang lebih kuat untuk bangunan yang lebih tinggi.

Setelah beberapa panggilan telepon bolak-balik, kami sepakat untuk berkompromi: Daripada hanya mengecat bagian bawah pelat, kami akan memasang 5/8 in. (16 mm) langit-langit plester veneer, mengencangkannya ke saluran logam elastis yang diikat langsung ke bagian bawah pelat. Ini akan menaikkan STC hingga sekitar 60, yang menurut konsultan akustik kami dapat diterima. Karena saluran hanya sedalam ½ in. (13 mm), kami dapat mengakomodasi seluruh rakitan langit-langit pada ketinggian lantai yang telah kami tetapkan. Kami sekarang telah menyelesaikan desain detail spandrel. Versi detail ini yang diberi anotasi lengkap dan digambar secara akurat ditampilkan di akhir bab ini.

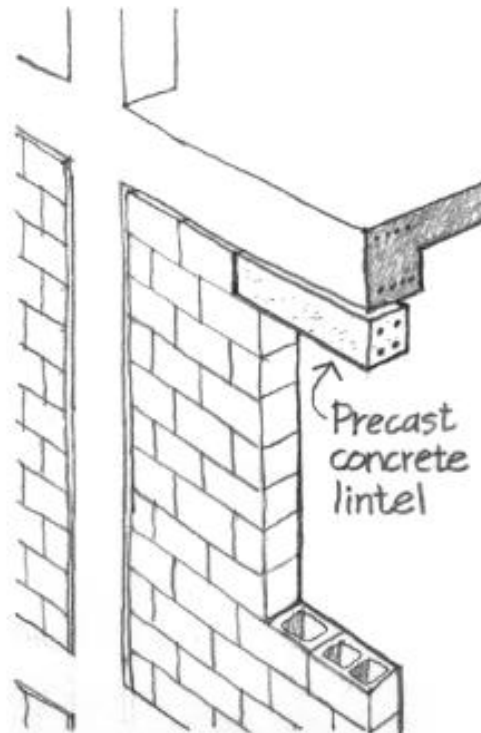
Merinci Bukaannya Jendela

Bagian spandrel dasar kita sekarang sudah lengkap dan menjadi gambar dasar yang dapat kita gunakan untuk menyiapkan bagian detail lainnya. Pada bagian pertama, kita akan mengerjakan pemasangan jendela. Untuk ini, kita sangat bergantung pada detail yang disarankan oleh produsen jendela, yang disajikan dengan mudah dalam katalognya pada skala yang sama dengan yang kita gunakan: 1½ in. sama dengan 1 ft. (1:8).

Kita akan mengunduh detail ini dari situs web produsen untuk digunakan dalam gambar kerja digital kita, tetapi kita juga akan memfotokopi detail katalog yang dipilih sehingga kita dapat menyelipkannya di bawah kertas gambar kita dan dengan cepat menjiplaknya selama proses desain. Proses pemilihan jendela dimulai sejak awal dalam proses desain bangunan, berdasarkan preferensi klien yang diungkapkan untuk jendela tingkap dan serangkaian elevasi bangunan yang memuaskan yang menggunakan kombinasi tingkap dan rangka tetap.

Kami memilih produsen yang memiliki reputasi baik, membuat produk yang bagus, dan memiliki perwakilan teknis yang baik untuk membantu masalah desain, pemesanan, dan pemasangan. Yang juga penting adalah kemauan produsen untuk membuat ukuran jendela khusus, karena hampir tidak mungkin untuk menyesuaikan ukuran jendela standar ke dalam susunan batu bata tanpa memotong batu bata atau menggunakan strip pengisi yang terbuka di sekitar unit jendela.

Kami akan menghitung dimensi bukaan pasangan bata untuk jendela yang sesuai dengan susunan batu bata dan blok, dan jendela akan diproduksi agar sesuai dengan bukaan ini. Dengan menggunakan standar National Fenestration Rating Council (Standar yang Diterima, Bab 13), kami memilih jendela bersertifikasi, berinsulasi, dan ber-E rendah yang sesuai dengan paparan cuaca di area tempat kami membangun.

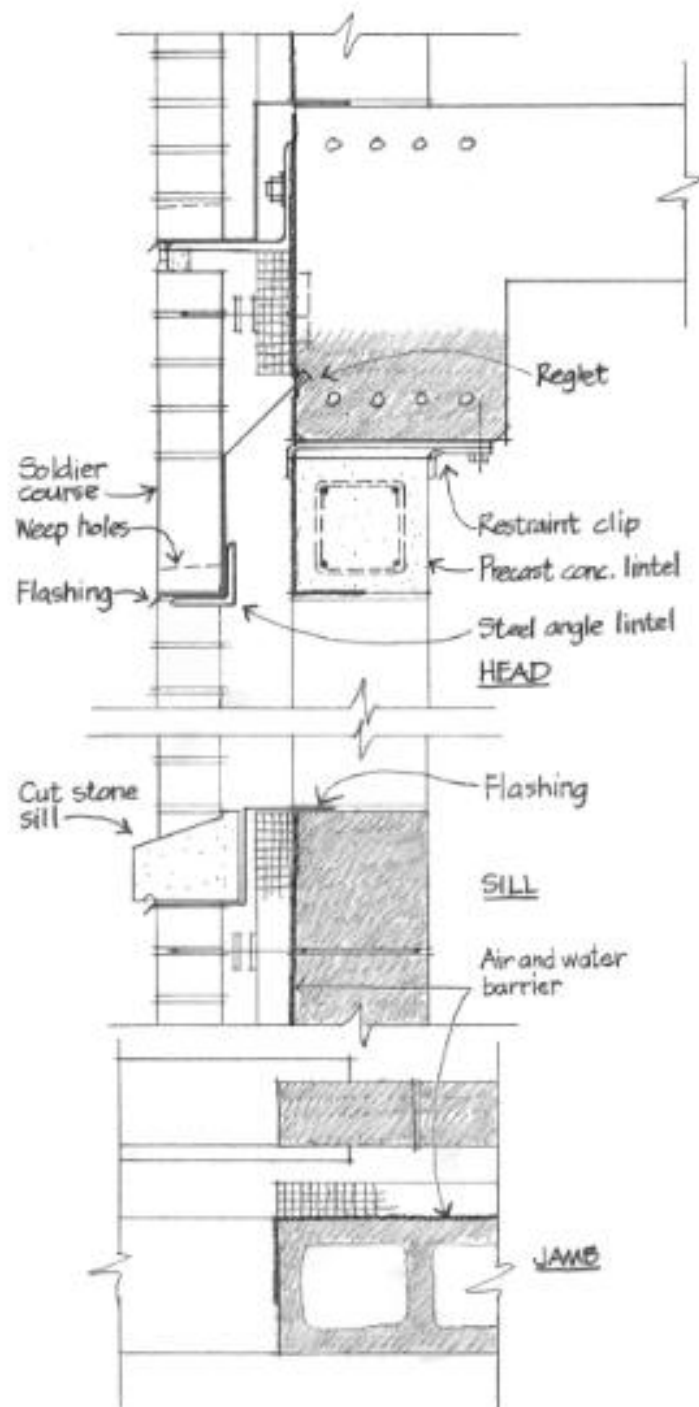


Sebelum memulai perincian jendela, kami memikirkan proses pemasangan. Kami dapat meminta tukang batu membangun unit jendela ke dalam dinding saat mereka bekerja, tetapi ini memiliki kerugian yang serius. Para tukang batu sudah bekerja dengan sejumlah bahan dan komponen yang berbeda balok dengan beberapa ukuran dan jenis, batu bata, mortar, flashing, dua jenis ikatan yang berbeda, papan dan klip insulasi, mastik penghalang udara, batang penyangga, sealant, strip pengisi yang dapat dikompresi, ambang pintu dan kami tidak ingin mempersulit tugas mereka lebih jauh.

Tetes mortar yang tak terhindarkan dari pekerjaan batu di atas dapat merusak kaca dan rangka. Dan tidak diragukan lagi para tukang batu akan merasa sangat nyaman untuk menggunakan bukaan jendela yang tidak terhalang sebagai titik akses dan pasokan. Jadi kami akan merinci sedemikian rupa sehingga jendela dapat dipasang setelah para tukang batu menyelesaikan pekerjaan mereka. Kepala jendela jatuh satu jalur blok di bawah balok perimeter. Kami dapat menopang deretan blok ini melintasi bukaan jendela pada ambang pintu baja, tetapi ini tampaknya melelahkan dan mahal.

Sebaliknya, kami dapat menunjukkan ambang pintu beton pracetak yang memiliki dimensi penampang melintang yang sama dengan jalur pemasangan bata beton dan 16 in. (406 mm) lebih panjang dari lebar bukaan pasangan bata untuk jendela. Panjang tambahan ini memberikan posisi yang baik pada dinding di setiap ujung dan menggantikan setengah blok di setiap ujung. Tukang batu dapat meletakkan ambang pintu ke dinding seolah-olah itu hanyalah blok beton panjang. Namun, ada kendala: Kami menghitung bahwa ambang pintu biasanya

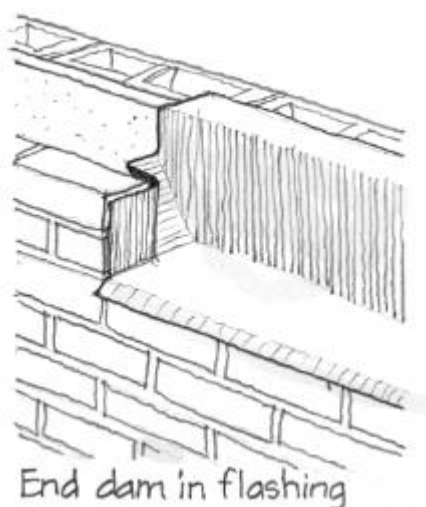
berbobot sekitar 300 pon, yang memerlukan setidaknya empat tukang batu untuk mengangkatnya, kecuali jika kerekan kecil yang dioperasikan dengan tangan dapat digunakan dari dalam bangunan. Ambang pintu pracetak jelas bukan contoh Bagian yang Mudah Ditangani (Bab 11). Mungkin kontraktor pertukangan lebih suka menggunakan ambang pintu baja, atau membuat ambang pintu blok bertulang menggunakan pemusatan sementara, blok berbentuk U, tulangan, dan nat, yang semuanya mudah ditangani. Kami akan menawarkan ini sebagai alternatif dan biarkan kontraktor memilih.



Untuk menonjolkan bukaan jendela secara lebih menonjol di bagian luar bangunan, kami ingin menempatkan susunan bata di atas setiap ambang pintu. Kami menggunakan ambang pintu sudut baja untuk menyangga bata yang menghadap ke seberang bukaan jendela. Seperti halnya setiap gangguan horizontal rongga, kami harus memasang flash dan lis di atas unit jendela dan ambang pintu untuk menangkap dan mengalirkan air yang mungkin bocor melalui permukaan bata. Ini memerlukan reglet di bagian depan balok. Kami melihat bahwa slot pasak harus diperpendek di atas jendela agar ini memungkinkan.

Kami memutuskan untuk menggunakan ambang batu kapur yang dipotong untuk menghindari kebocoran dan kerusakan ambang bata row-lock yang mungkin terjadi di iklim yang keras ini. Kami memasang flashing lain di bawah ambang pintu untuk mengatasi kebocoran antara ambang pintu dan unit jendela atau melalui cacat apa pun di ambang pintu (Pemutus Kelembapan, Bab 1). Baik flashing kepala maupun ambang jendela harus dilanjutkan secara membujur melewati kusen jendela dan diakhiri dengan bendungan ujung; kami akan menunjukkannya dengan tampilan gambar dalam gambar kerja akhir dan akan menyebutkannya dalam spesifikasi, karena, jika dihilangkan, tumpahan air dari ujung flashing dapat menyebabkan kebocoran parah.

Kedua flashing juga harus berakhir di sisi luar di Overhang and Drip (Bab 1), dan kami harus menyediakan lubang rembesan di atas kedua flashing. Rembesan di atas flashing ambang jendela dibuat dengan meletakkan potongan tali jemuran atau tali ikat pinggang ke dalam mortar di bawah ambang jendela batu dan kemudian menariknya keluar setelah mortar mengeras sedikit, meninggalkan rongga berdiameter 3/8 in. (9,5 mm) tempat air dapat mengalir.



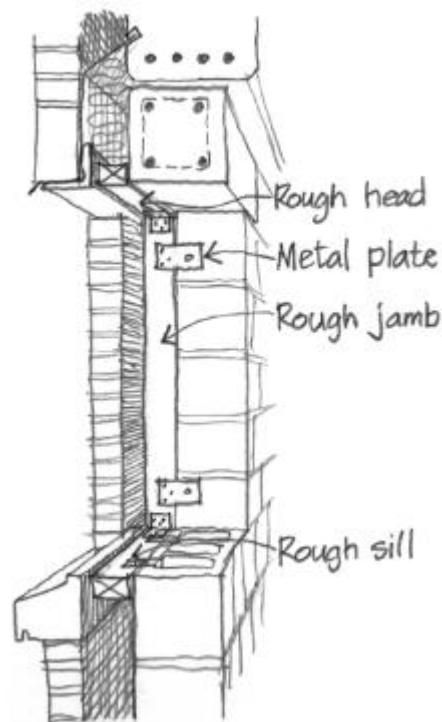
Proses pemasangan jendela kayu yang paling mudah adalah yang meniru pemasangan jendela pada rumah berbingkai kayu. Tukang bangunan di area ini menggunakan metode inovatif untuk memasang bingkai jendela (Keterampilan dan Sumber Daya Lokal, Bab 13).

Setelah unit jendela diratakan dan diberi ganjal, paku cukup ditancapkan melalui flensa eksterior atau melalui bingkai jendela itu sendiri, ke dalam rangka kayu untuk memasang unit.

Kita harus memodifikasi prosedur ini dalam beberapa hal untuk dinding rongga bata kita, mengencangkan melalui bingkai daripada flensa dan menggunakan sekrup daripada paku untuk menghindari dampak palu, yang dapat menyebabkan retak atau copot unit pasangan bata dari dinding. Kita akan meniru bingkai kayu rumah dengan memasang bingkai kasar dari kayu yang diawetkan di rongga. Kemudian unit jendela dapat ditempatkan ke dalam bingkai dari dalam bangunan, diratakan dan diberi ganjal, dan dipasang dengan sekrup akhir.

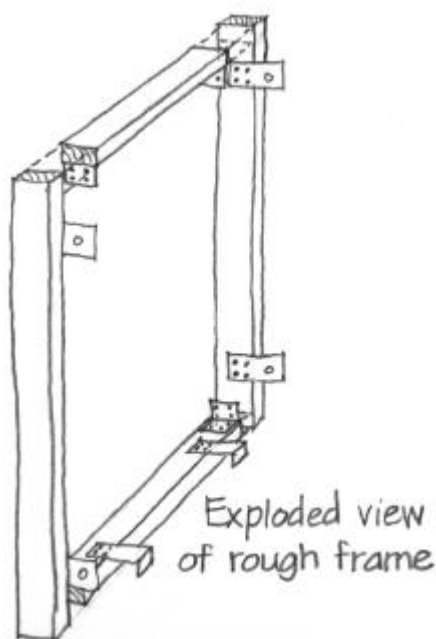
Kita memutuskan untuk mengencangkan bingkai kasar ke penyangga wythe saja. Ini akan menghindari sambungan kaku antara dua wythe yang harus dapat bergerak secara independen. Selain itu, wythe cadangan adalah wythe yang dirancang untuk menahan beban angin, termasuk beban angin dari jendela itu sendiri. Kami merancang rangka kayu kasar agar mudah dipasang. Sepotong akan dipasang di setiap kusen terlebih dahulu, ditempelkan ke dinding cadangan dengan stud yang digerakkan dengan bubuk melalui pelat logam lembaran.

Kemudian bagian ambang dapat diturunkan ke dalam rongga dengan memegang dua klip logam dan dapat ditempelkan ke bagian kusen dengan sekrup yang digerakkan melalui sudut logam lembaran berlubang di sudut-sudutnya. Klip logam, selain menawarkan pegangan pemasangan yang mudah, juga menyambungkan ambang ke blok cadangan. Insulasi serat kaca dimasukkan dengan ringan di bawah flashing kepala. Bagian kepala masuk terakhir dan diikat ke bagian kusen dengan cara yang sama seperti ambang. Setelah rangka kasar selesai, pemasangan jendela menjadi mudah.



Dua tukang kayu menggeser unit jendela ke dalam bukaan dan memusatkannya dengan hati-hati di antara kusen; pasangan bata dan rangka kasar memiliki Kelonggaran Pemasangan yang cukup di sekelilingnya. Selanjutnya, tukang kayu menyelaraskan dan meratakan ambang jendela, menggajal seperlunya dengan irisan sirap kayu, dan mengencangkan ambang jendela ke rangka kasar. Kemudian mereka mengkuadratkan rangka unit jendela dan memeriksa untuk memastikan setiap kusen digajal tegak lurus sebelum mengencangkan kusen dan kepala jendela.

Tugas terakhir adalah memasukkan batang penyangga dan sealant di sekeliling keempat sisi unit jendela, luar dan dalam, untuk menciptakan segel udara dan air. Jika terjadi kebocoran air di dalam atau di sekitar unit jendela, air akan tertahan dan terkuras oleh flashing ambang jendela.

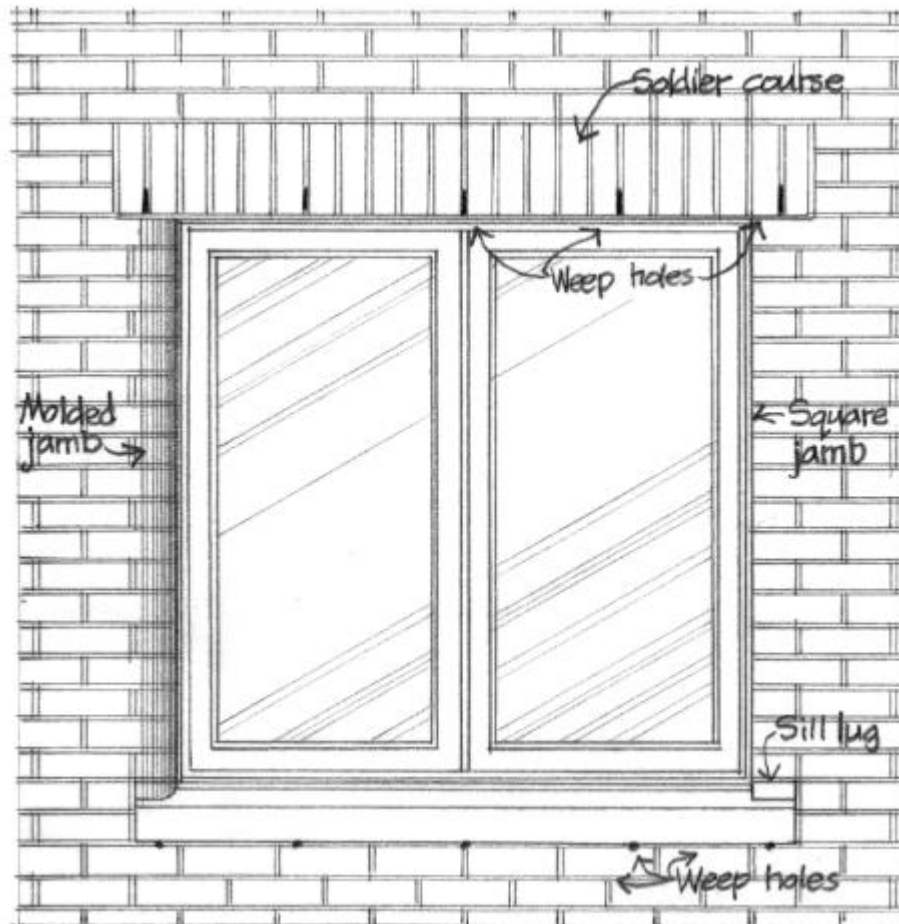


Kami membuat elevasi luar jendela biasa dengan skala yang sama dengan bagian tersebut untuk melihat bagaimana detail kami terlihat dari sudut pandang lain. Kami melihat bahwa agar dapat dikunci ke dalam dinding, ambang batu harus menjorok sepanjang setengah bata ke dalam dinding di kedua ujungnya. Ini juga akan menempatkan bendungan ujung yang berkedip cukup jauh di luar kusen jendela untuk menangkap kebocoran dari sambungan sealant vertikal. Ini akan memerlukan desain ambang dengan lug datar yang menjorok di atas Wash (Bab 1) yang miring dari ambang untuk menopang susunan bata di kusen.

Kami meletakkan semua bata dengan hati-hati pada elevasi dan memperhatikan bahwa hanya bukaan pasangan bata yang merupakan kelipatan dari panjang bata penuh yang akan simetris sesuatu yang kami catat untuk dipertimbangkan saat kami memilih dimensi jendela. Kami juga melihat bahwa ambang pintu terlihat paling baik jika jalur tepat di bawahnya diakhiri dengan bata penuh di bukaan jendela, sehingga menghilangkan kesejajaran vertikal

sambungan kepala yang tampak lemah.

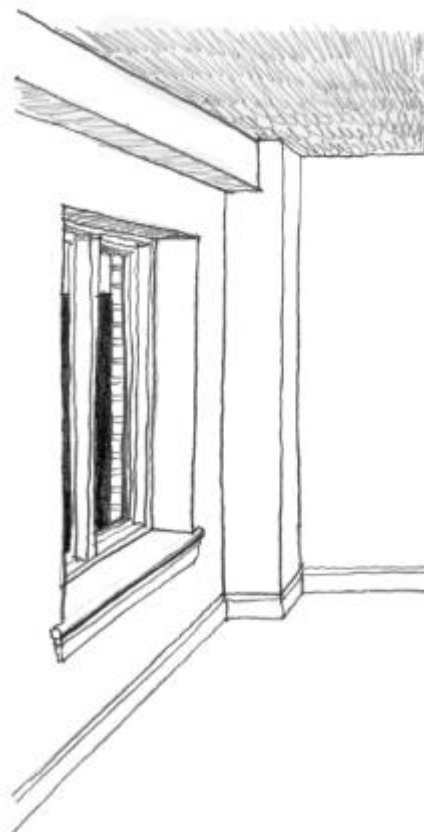
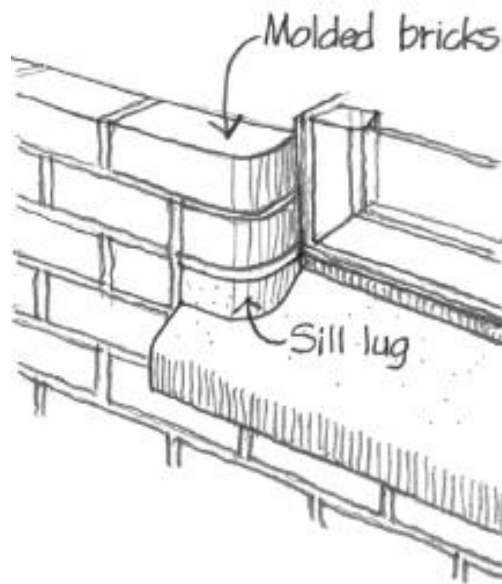
Kita akan bekerja mundur dari sini untuk menentukan bagaimana susunan bata pertama akan ditata pada sudut rak. Kita bereksperimen dengan ide menggunakan bata yang dibentuk khusus, seperti seperempat lingkaran, untuk kusen. Bata-bata ini menambahkan banyak karakter dengan biaya yang relatif sedikit, tetapi penggunaannya memerlukan tonjolan yang lebih mahal pada kusen. Kita akan memikirkannya saat desain keseluruhan berlangsung.

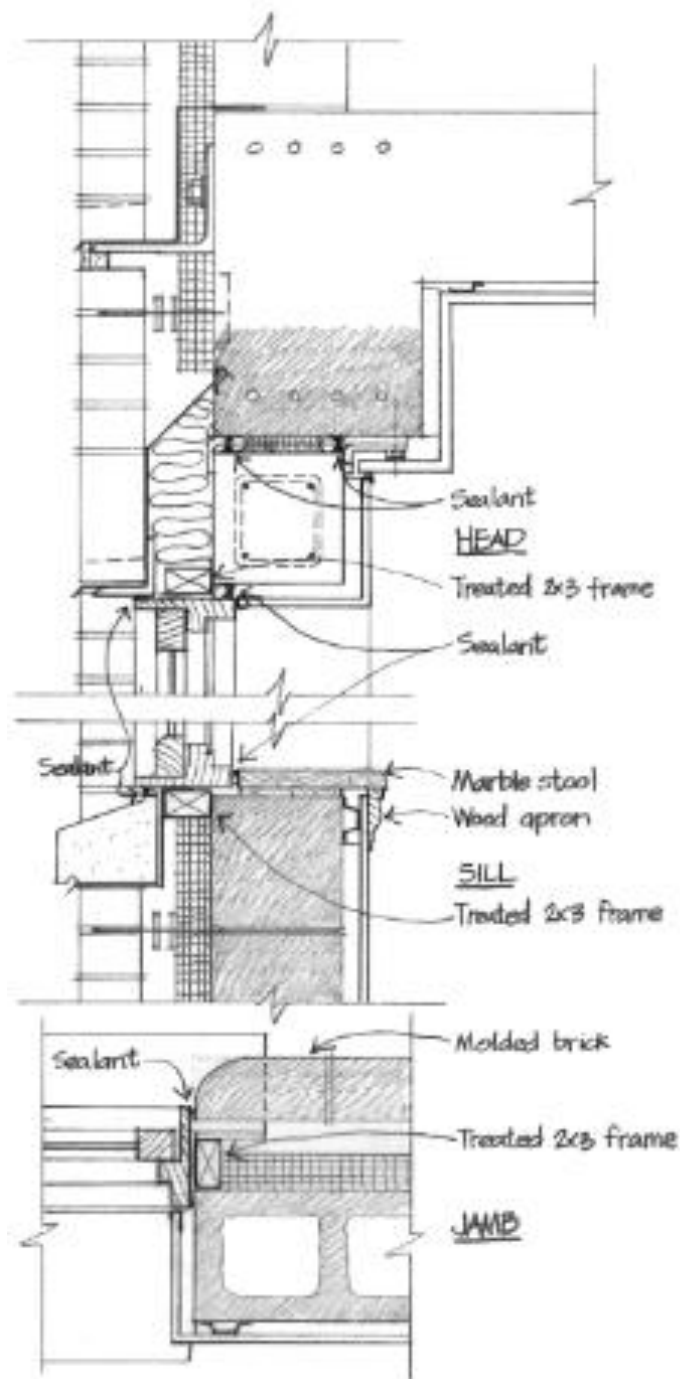


Kita kembali ke bagian jendela.

Di bagian dalam, kita lanjutkan plesteran di kepala jendela hingga bertemu dengan rangka jendela detail yang sederhana, elegan, dan murah. Kita lakukan hal yang sama dengan kusen jendela. Di ambang jendela, kita memutuskan untuk memasang bangku marmer, karena bangku kayu yang begitu lebar kemungkinan akan melengkung. Cetakan apron kayu melingkapi celah antara bangku dan plesteran.

Kita membuat sketsa perspektif untuk memastikan bahwa detail finishing interior jendela akan memberikan tampilan yang diinginkan. Versi awal detail jendela kini telah selesai. Kita periksa dengan saksama untuk memastikan setiap elemen terletak pada bidang yang sama pada detail kepala, kusen, dan ambang jendela.



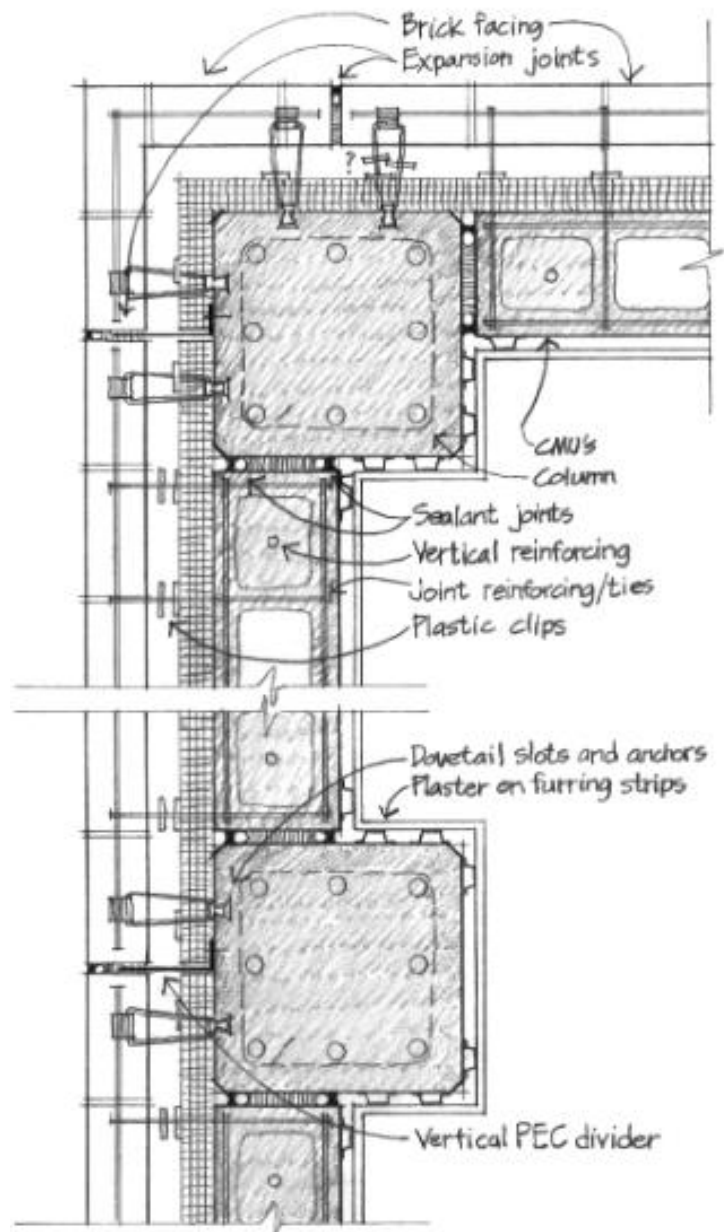


14.6 MEMPERINCI SUDUT DAN KOLOM

Sekarang kita kembangkan detail dinding pada skala yang sama, tetapi dalam penampang horizontal (tampilan denah), dengan memeriksa apa yang terjadi pada kolom dan di sudut bangunan. Susunan dasar komponen hampir secara otomatis mengikuti detail spandrel yang dikembangkan sebelumnya. Kita tambahkan slot pasak dan jangkar untuk mengikat ujung segmen dinding bata ke kolom.

Sesuai dengan pola sambungan yang dikerjakan sebelumnya dalam tampilan elevasi, kita tunjukkan Sambungan Ekspansi (Bab 6) pada permukaan bata di bagian tengah kolom. Di

setiap sudut luar bangunan, kita harus menambahkan sambungan ekspansi untuk memungkinkan dimensi yang cukup untuk ekspansi dan kontraksi diferensial bidang dinding yang berdekatan saat matahari bergerak mengelilingi bangunan.

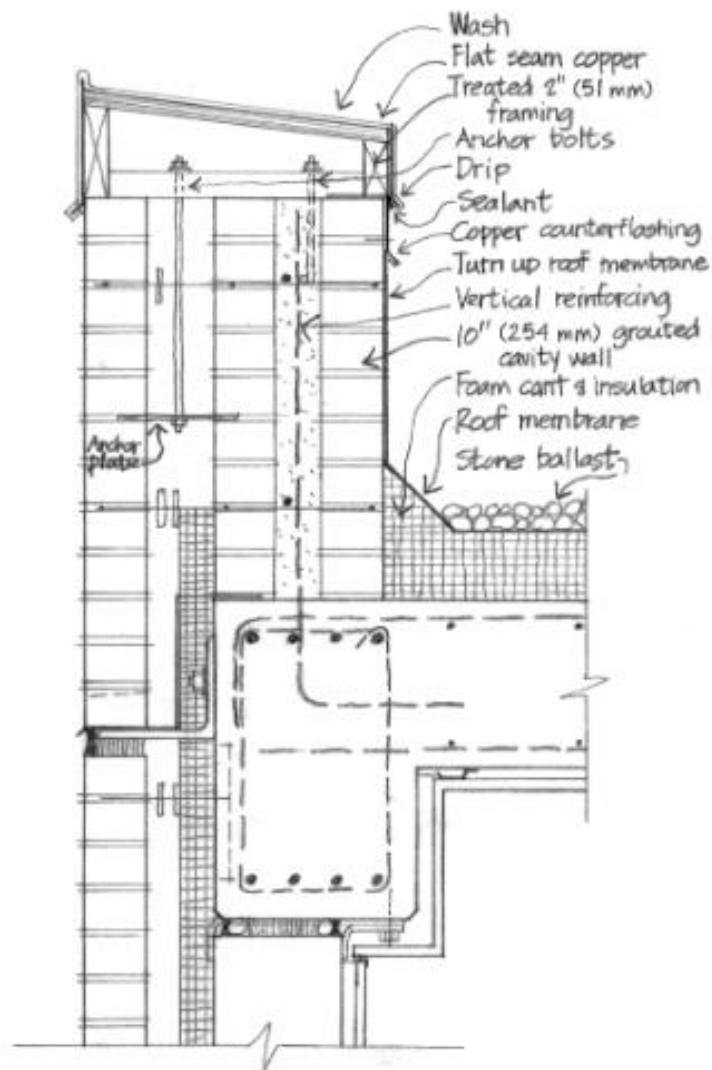
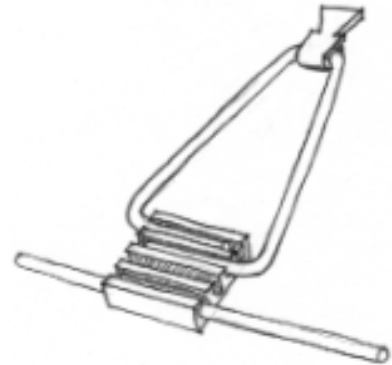


Kita coba terlebih dahulu untuk melakukan ini dengan satu sambungan pada panjang setengah bata dari sudut, tetapi ini tampaknya lemah baik secara fisik maupun visual. Sebaliknya, kita memutuskan pada dua sambungan di setiap sudut, yang berpusat pada sisi kolom yang berdekatan.

Kami menambahkan detail Sambungan Struktur/Penutup (Bab 6) tempat dinding penyangga bertemu dengan kolom. Potongan logam lembaran berbentuk L dipasang ke dalam salah satu dari dua sambungan gerakan di setiap sudut untuk membagi ruang pemerataan

tekanan. Kami tidak perlu repot-repot memasukkan sambungan gerakan di papan insulasi plastik busa, karena busa sangat lemah dan lentur sehingga hanya akan sedikit terkompresi atau mengembang saat terjadi gerakan.

Kami menyadari dalam gambar ini bahwa jangkar pasak tidak memenuhi persyaratan kode bangunan untuk mengikat secara mekanis ke tulangan pada sambungan bata. Kami menemukan dalam katalog produsen pengikat yang dapat menyediakan klip seismik yang terletak di sambungan mortar dan memenuhi tujuan ini. Tidak jelas apakah layak untuk memasang dua klip tetes pada setiap pengikat pasak karena jarak kedua kabel yang dekat. Kami harus mendapatkan sampel dan mencobanya.



14.7 MENCETAK PARAPET

Pagar tembok dari batu bata harus dihindari sebisa mungkin. Karena terpapar cuaca di kedua sisi, pagar tembok cenderung bocor, dan mengalami lebih banyak ekspansi dan kontraksi termal daripada dinding di bawahnya. Hal ini sering menyebabkan keretakan parah antara pagar tembok dan dinding lantai atas. Namun, pada proyek ini, kami diharuskan oleh kode lokal untuk memiliki pagar tembok. Bahasa Indonesia: Bekerja pada lapisan kertas kalkir di atas bagian dinding dasar, kami membuat tanda horizontal 30 in. (762 mm) di atas pelat atap, ketinggian minimum yang disyaratkan secara hukum untuk tembok pembatas.

Kami menggunakan dukungan sudut rak standar dan memperpanjang bata yang menghadap ke atas hingga mendekati tanda ini. Kami juga memperpanjang dinding cadangan, tetapi untuk menghindari masalah ekspansi dan kontraksi diferensial, kami akan membangunnya sepenuhnya dari batu bata daripada pasangan bata beton. Untuk menjaga tembok pembatas di tempatnya terhadap beban angin dan seismik, kami membangun dinding cadangan sebagai dinding bata yang diperkuat: Pasak batang penguat yang muncul dari pelat atap dinat ke dalam rongga.

Penguatan horizontal untuk dinding disediakan oleh tulangan sambungan kawat yang sama dan kombinasi ikatan yang digunakan di dinding di bawah. Baik bagian yang menghadap dan dinding cadangan dipotong sepenuhnya oleh sambungan ekspansi tertutup di garis kolom. Bahasa Indonesia: Detail coping standar untuk tembok pembatas ini akan menampilkan batu potong atau bagian coping beton pracetak yang ditempatkan di atas flashing kontinu di bagian atas dinding, dan ditahan di tempatnya oleh pasak yang menonjol melalui flashing. Detail ini tidak memuaskan kami, karena kami khawatir angin badai gunung atau gempa bumi dapat mengguncang batu.

Ada sistem coping aluminium berpemilik yang tersedia, tetapi kami tidak berpikir mereka akan terlihat bagus di bangunan ini. Sebagai gantinya, kami menciptakan coping yang dibangun di tempat, dari kayu dan kayu lapis yang diawetkan dan dilapisi tembaga; kami harus membandingkan biayanya dengan alternatif yang lebih berat. Ini memiliki Wash (Bab 1) yang mengarahkan air kembali ke atap untuk mencegah noda pada fasad, Overhang dan Drip (Bab 1) di setiap sisi, dan baut jangkar yang mengencangkan seluruh rakitan coping dengan aman ke pasangan bata.

Satu baut hanya tertanam di inti dinding cadangan yang diberi grouting; yang lain mencapai jauh ke dalam rongga terbuka, melalui pelat jangkar baja galvanis, untuk mengikat cukup berat bata agar tidak tercabut oleh angin kencang. Lembaran tembaga yang menutupi tembok pembatas diaplikasikan dengan teknologi atap jahitan datar biasa. Counterflashing tembaga di bawah coping tumpang tindih dengan tepi membran atap yang terbalik untuk melindungi bagian belakang tembok pembatas sepenuhnya dari air.

Tidak mungkin untuk menghilangkan jembatan termal yang terjadi di mana tembok pembatas batu bata bergabung dengan pelat atap. Untuk meminimalkan perpindahan termal, kami menjalankan busa di rongga hingga ke tembok pembatas, menciptakan jalur yang agak panjang yang harus dilalui panas melalui beton dan batu bata untuk bergerak masuk atau

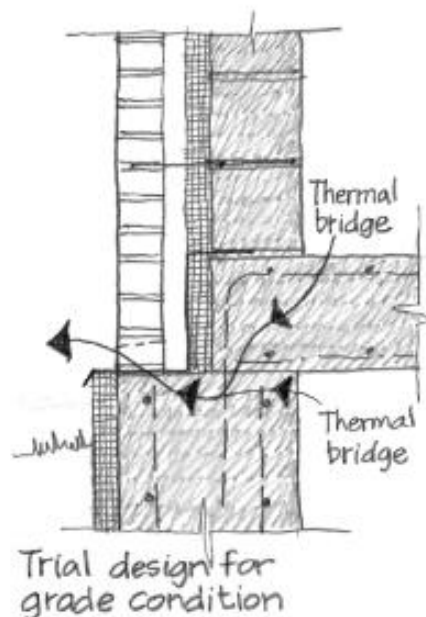
keluar dari bangunan. Ini adalah solusi yang lebih tahan lama dan lebih kuat daripada menggunakan rakitan tiang baja berinsulasi untuk menopang lapisan bata di tembok pembatas.

Menjelaskan Kondisi Kelas

Setelah mengembangkan detail untuk tepi lantai, jendela, sudut, kolom, dan tembok pembatas, sekarang kita bahas masalah bagaimana bangunan tersebut menyentuh tanah. Kita ingin agar susunan batu bata dekat dengan tanah, untuk menghindari memperlihatkan bentangan dinding pondasi yang besar. Dinding pondasi harus memiliki Isolasi Termal (Bab 3), sebaiknya ditempatkan di bagian luar untuk Massa Termal Terisolasi Luar.

Kita memiliki detail kasar dari insinyur struktur yang menunjukkan pelat struktur lantai dasar yang ditopang di atas dinding pondasi beton dan disambungkan dengan batang tulangan. Kita mulai desain persimpangan ini dengan membuat sketsa detail tangan bebas pada kertas kalkir yang diletakkan bergantian di atas detail spandrel yang umum dan detail insinyur struktur, mencoba menyatukan keduanya.

Kami meletakkan dinding cadangan pada pelat struktur dan lapisan bata di bagian atas dinding, tetapi kami harus menambah ketebalan dinding teknis 12 in. (305 mm) menjadi 16 in. (406 mm) agar ini berhasil. Kami memasang insulasi busa polistirena 2 in. (51 mm) di bagian luar dinding pondasi dan menemukan bahwa insulasi tersebut bertemu dengan lapisan di bagian bawah lapisan bata dengan cara yang tidak wajar. Ada juga jembatan termal besar melalui tepi pelat dan bagian atas dinding pondasi.

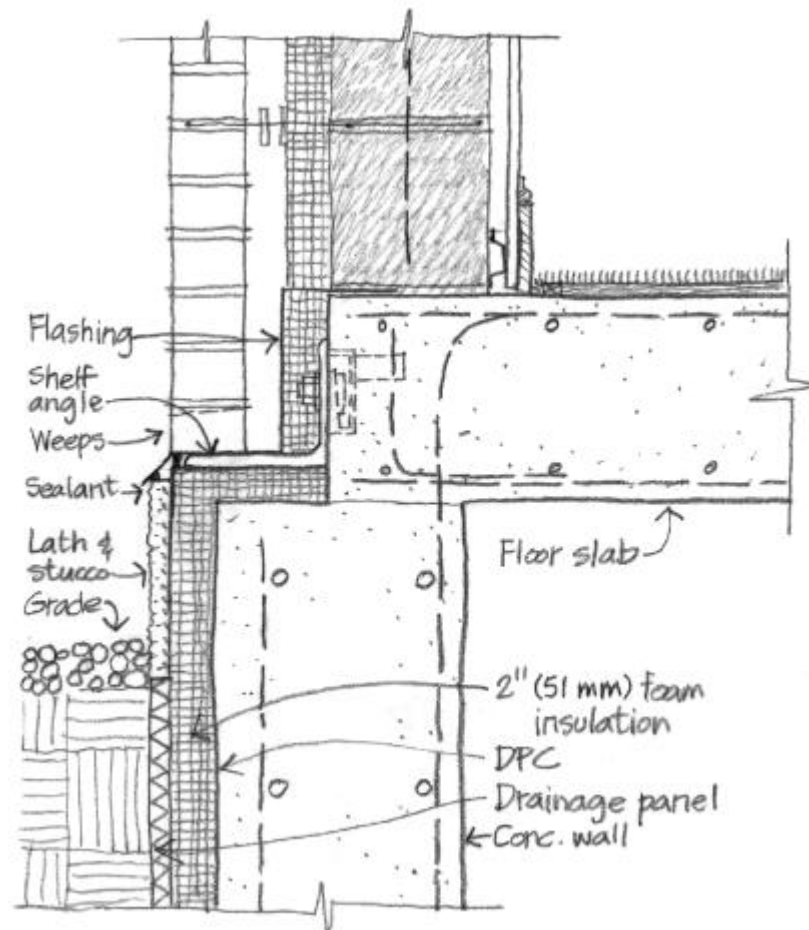


Mencari alternatif yang lebih baik, kami tinggalkan sketsa ini untuk sementara dan mencoba yang lain, kali ini menggunakan detail sudut rak yang sama seperti di bagian dinding lainnya. Tiba-tiba semua detail menjadi jelas: Dinding beton turun kembali ke ketebalan yang

diinginkan yaitu 12 in. (305 mm). Isolasi yang muncul dari tanah dapat diputar kembali di bawah sudut rak untuk membentuk Thermal Break. Kami mengadopsi detail ini dan menyelesaikannya: Dinding ruang bawah tanah harus kedap lembap sebelum papan isolasi dipasang.

Jika isolasi terbuka di atas permukaan tanah, kami dapat melindunginya dan menyelesaikannya dengan reng semen galvanis dan aplikasi semen berbasis semen dua lapis. Kami meninggalkan ruang antara busa dan sudut, melindunginya dengan Overhang and Drip (Bab 1) pada flashing, dan menyegelnya dengan batang penyangga dan sealant. Kami membuat catatan untuk memastikan bahwa tingkat kemiringan tidak pernah mendekati lebih dekat dari 6 in. (152 mm) ke sambungan ini, untuk melindungi sudut dari korosi dan menjaga lubang rembesan tetap bersih di dasar permukaan bata.

Kami memastikan Drainase Pondasi yang baik (Bab 1) dengan membuat kemiringan tanah menjauh dari bangunan (Wash, Bab 1) dan dengan memasang panel drainase berpori di bagian luar insulasi yang akan mengalirkan air tanah ke sistem pipa drainase di sekitar pondasi. Mengetahui bahwa pelapis plester rentan terhadap benturan oleh peralatan lanskap seperti mesin pemotong rumput, kami meminta celemek kerikil selebar 24 in. (610 mm) untuk membuat transisi yang menarik dan mudah dirawat di dasar dinding. Ini juga akan meminimalkan noda plester dari cipratan air hujan.



Memeriksa Jembatan Termal

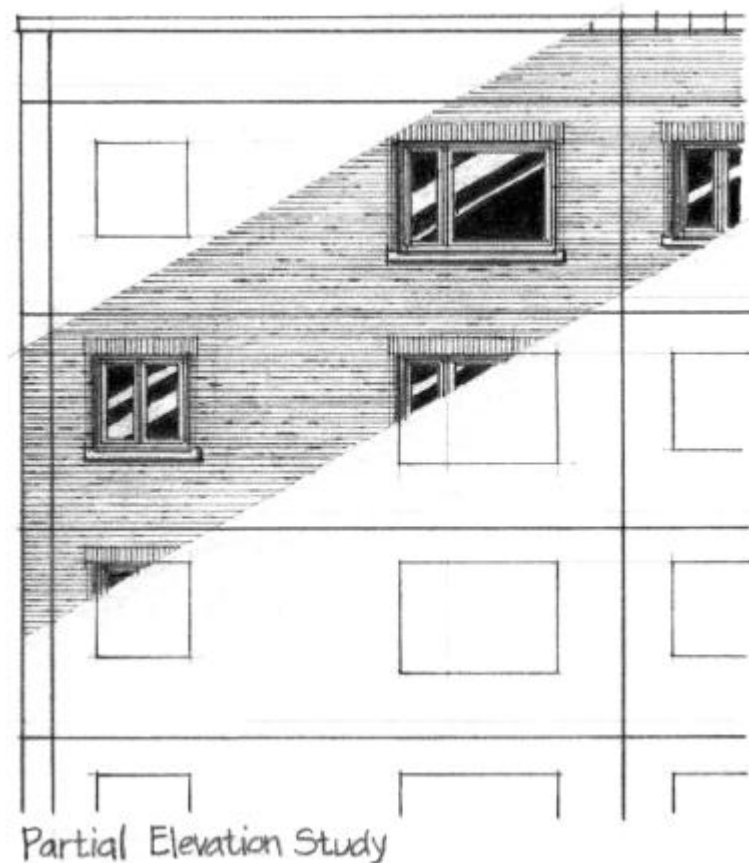
Kami memeriksa perimeter ruang yang dikondisikan pada semua detail eksterior, mencari jembatan termal. Isolasi busa polistirena bekerja sangat baik dalam membungkus bangunan. Satu-satunya celah serius pada lapisan isolasi ini, seperti yang telah kami catat sebelumnya, adalah di tempat dinding penyangga muncul melaluinya di tembok pembatas. Ikatan batu bata dan sudut rak di seluruh dinding juga merupakan jembatan termal, tetapi keduanya merupakan penampang logam yang sangat kecil sehingga hanya menghantarkan sedikit panas.

Studi Ketinggian

Dalam merancang detail awal ini, kami telah membuat banyak keputusan yang memengaruhi tampilan bangunan baik di dalam maupun di luar. Kami telah meletakkan kisi-kisi sambungan pergerakan pada fasad, telah merancang dinding pembatas dan sekeliling jendela, dan telah merinci cara bangunan tersebut menyatu dengan tanah. Sekarang kami memvisualisasikan efek kumulatif dari keputusan ini dengan melapisi sketsa kertas kalkir pada salah satu elevasi desain asli.

Ketika kami pertama kali menggambar elevasi desain, sebelum desain detail dimulai, kami hanya memiliki gambaran samar tentang bagaimana bangunan tersebut akan disatukan.

Sekarang kami bekerja dengan realitas yang nyata dan dapat dibangun, dan kami menemukan diri kami dalam posisi yang kuat untuk mengetahui bagaimana bangunan tersebut disatukan dan bagaimana mengubahnya agar menjadi seperti yang kami inginkan. Kami meringkas pekerjaan kami pada desain detail dalam serangkaian gambar yang dibuat secara akurat.



Langkah Berikutnya

Meskipun kami sudah cukup jauh dalam proses merinci bangunan, masih banyak yang harus dilakukan. Kami belum menangani detail khusus seperti pintu masuk utama, lobi, koridor dan lift, tangga dan pintu keluar darurat, dan area layanan bangunan. Bekerja sama dengan konsultan akustik, kami harus mengembangkan detail untuk serangkaian penyelesaian interior, termasuk dinding antara unit hunian, dinding koridor, penutup tangga dan lift, partisi interior hunian, dan detail lantai. Dua kriteria fungsional utama yang akan kami kerjakan adalah privasi akustik dan keselamatan kebakaran.

Bekerja sama dengan insinyur mekanik, kami akan merancang detail Vertical Chases (Bab 8) tempat memasang pipa riser untuk sistem pemanas dan pendingin, mengoordinasikannya dengan lokasi unit fan-coil di setiap apartemen. Pada saat yang sama, kami akan menentukan ukuran dan proporsi kisi-kisi udara eksternal untuk unit fan-coil,

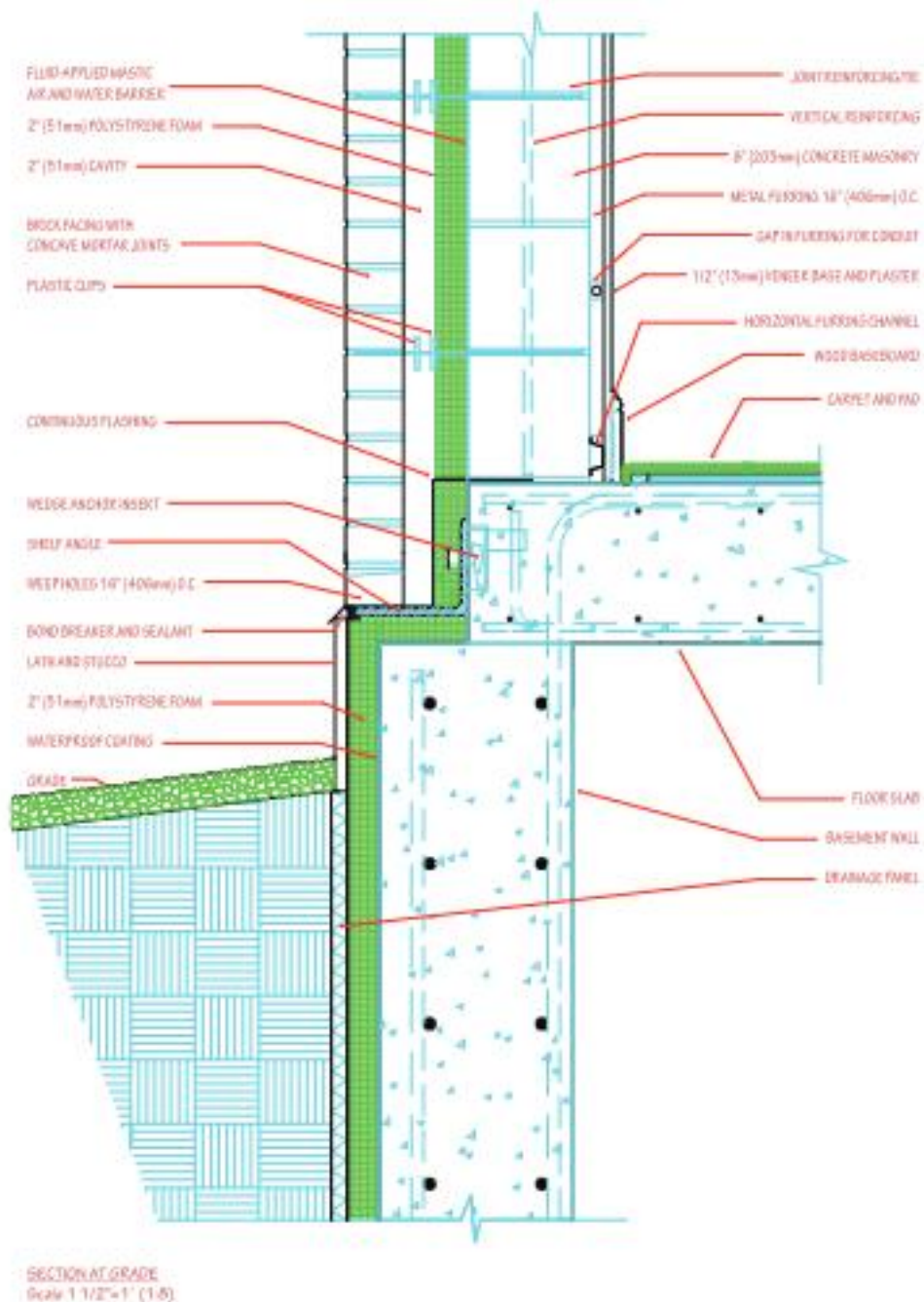
mengembangkan detail untuk memasang kisi-kisi, dan bereksperimen dengan berbagai pengaturan kisi-kisi pada gambar elevasi. Kami masih memiliki urusan yang belum selesai dengan insinyur struktur mengenai hal-hal seperti ukuran balok dan kolom dan detail tulangan yang di-grout di dinding cadangan dan tembok pembatas.

Kami masih harus memeriksa ukuran keseluruhan dan massa bangunan untuk melihat apakah diperlukan satu atau lebih Sambungan Pemisah Bangunan (Bab 6). Kami akan meninjau posisi sambungan pergerakan melalui pelapis bata dan menghitung ukuran rongga dan ventilasi pemerataan tekanan. Kami akan melakukan penyelidikan lebih lanjut tentang kelayakan detail pelapis tembok pembatas tembaga kami. Kami akan menggunakan berbagai sketsa dan gambar tiga dimensi untuk memvisualisasikan efek cara alternatif untuk merinci elevasi eksterior dan ruang interior bangunan, bekerja untuk mencapai ekspresi arsitektur yang konsisten.

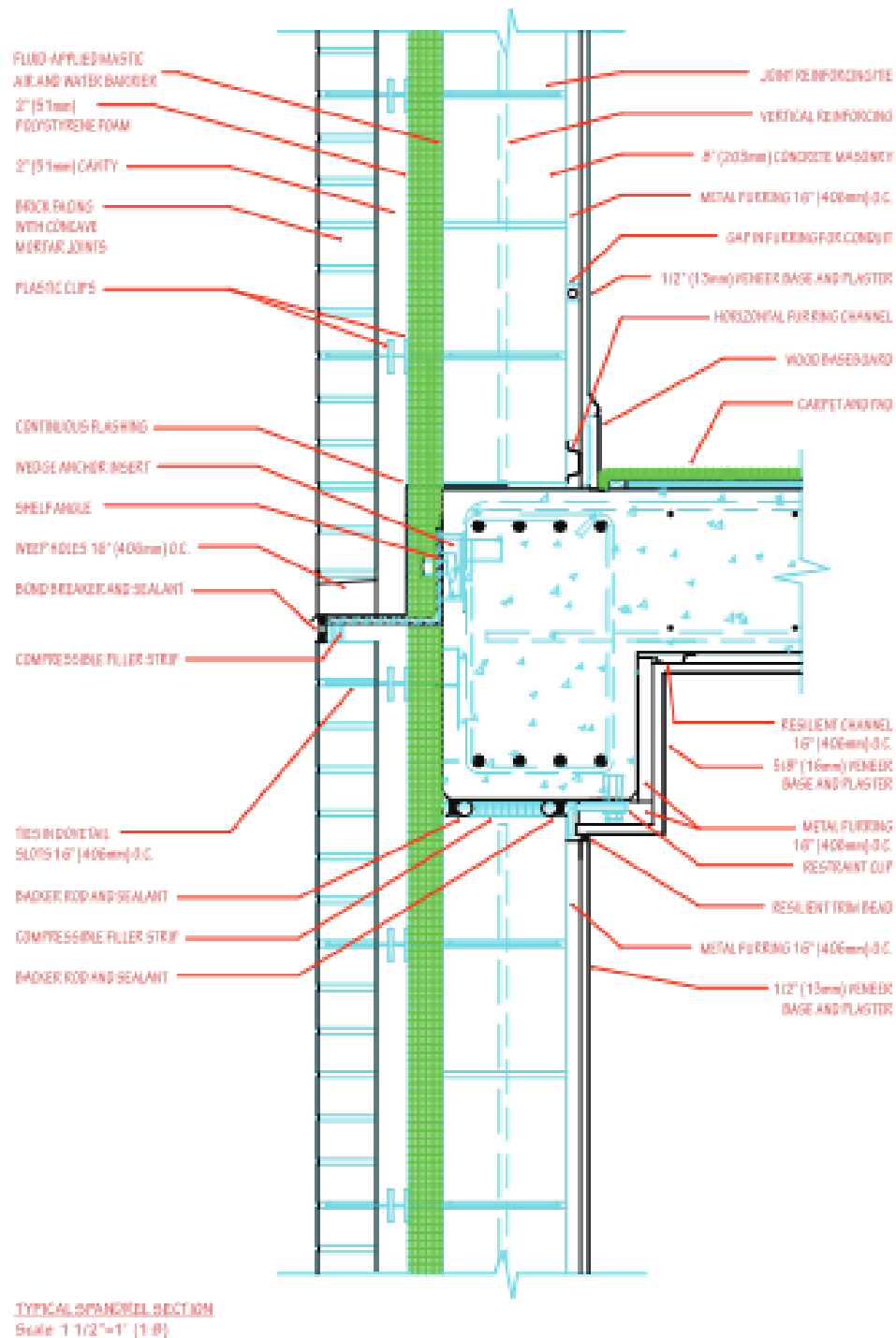
Dan kami akan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai ketentuan Kode Bangunan Internasional yang berkaitan dengan perincian kami, memastikan bahwa kami mematuhi sepenuhnya, khususnya yang berkaitan dengan Material Tahan Api (Bab 9), Perakitan Tahan Api (Bab 9), dan ketentuan seismik. Kami harus berhati-hati untuk menyediakan setidaknya jumlah unit apartemen yang diamanatkan yang memiliki Desain Bebas Hambatan (Bab 9). Penelitian kode ini pada akhirnya akan mengarah pada pertemuan dengan inspektur bangunan setempat untuk membahas kesesuaian kode desain dan menyelesaikan masalah apa pun sebelum konstruksi dimulai.

Segera kami akan bertemu dengan penulis spesifikasi, membawa serta catatan tebal yang telah kami buat mengenai item yang agak tidak biasa yang perlu disebutkan dalam spesifikasi, seperti strip pengisi sambungan tebal dan tulangan sambungan baja tahan karat. Sebagian besar pertemuan kami akan berpusat pada tugas memilih Standar yang Diterima (Bab 13) yang akan menentukan batu bata, unit pasangan bata beton, mortar, ikatan pasangan bata dan tulangan, nat, sealant, galvanisasi, flashing, atap, dan sebagainya.

Kami juga ingin memastikan kami menentukan Bahan Tidak Beracun (Bab 9), dengan memberi perhatian khusus pada pelepasan gas dari bahan yang digunakan di dalam gedung, seperti karpet, perekat karpet, komponen interior papan partikel yang dapat mengeluarkan formaldehida, dan cat dan pernis. Ini bukan hanya masalah altruisme; banyak calon penyewa tidak akan menyewa apartemen yang berbau kuat seperti bahan kimia organik (Life Cycle, Bab 10). Pemilik juga dapat mencari pengakuan dari beberapa sistem penilaian desain berkelanjutan dan lingkungan yang sehat, yang akan memengaruhi sumber semua bahan dan produk bangunan kami.

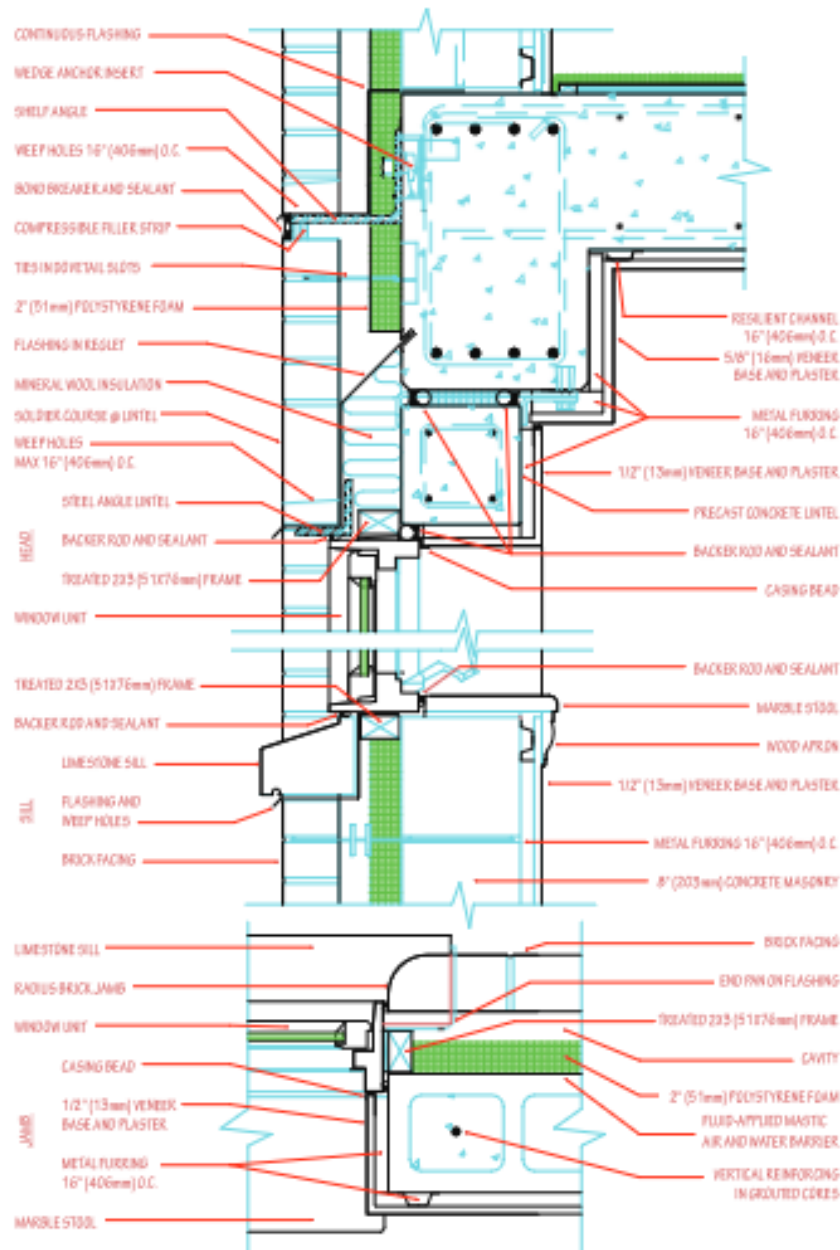


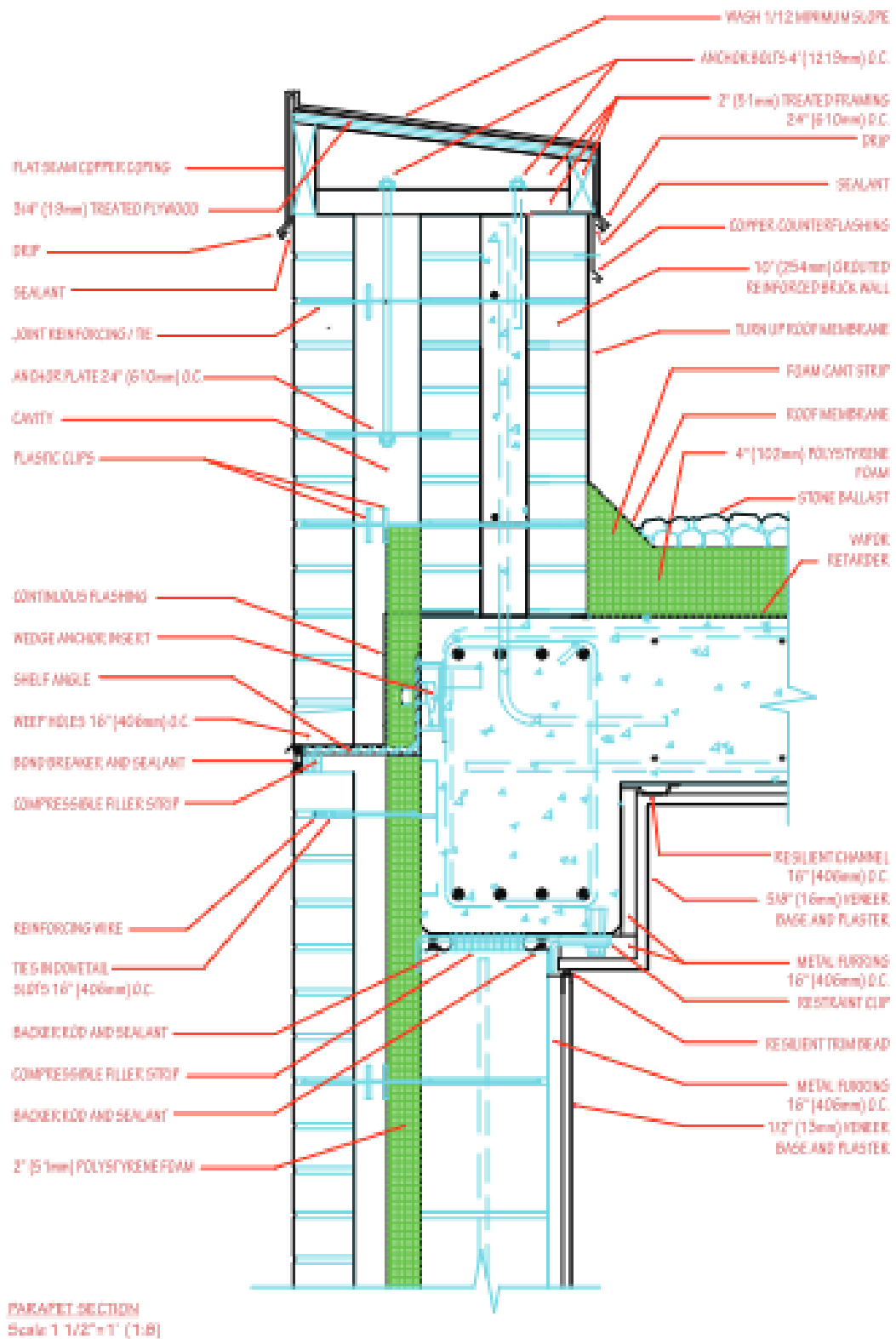
Kami juga mulai mengatur catatan kami yang nantinya akan kami sampaikan kepada administrator konstruksi mengenai hal-hal yang perlu diperiksa secara cermat selama proses konstruksi, seperti akurasi dimensi bekisting; akurasi pemasangan sisipan baji, slot pasak, dan reglet pada bekisting; apakah sisipan baji dan reglet dipasang dengan benar; sambungan tumpang dan bendungan ujung pada flashing; kebersihan rongga di belakang permukaan bata; integritas lapisan penghalang udara dari damar wangi; jarak ikatan pasangan bata; dan konstruksi sambungan lunak horizontal.

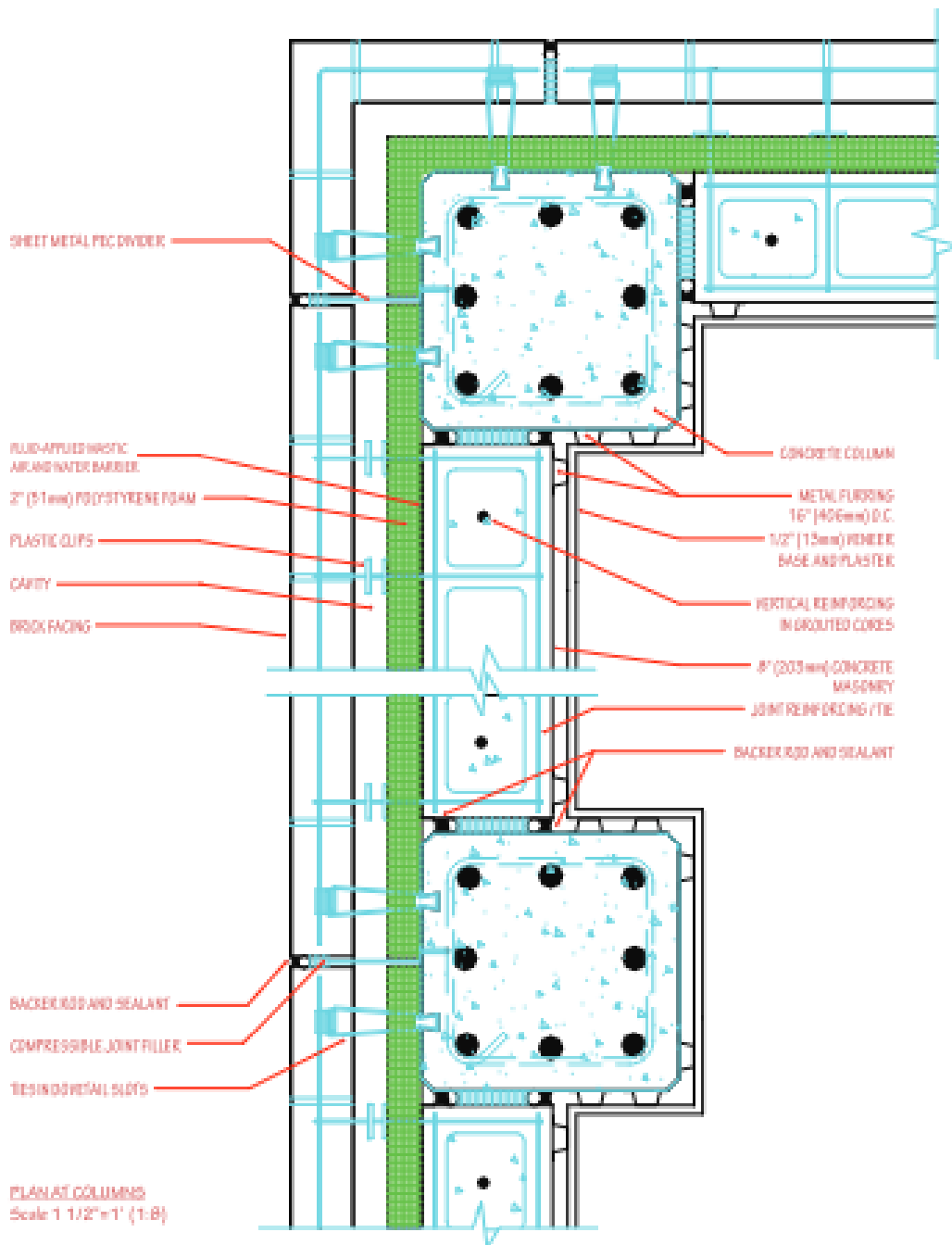


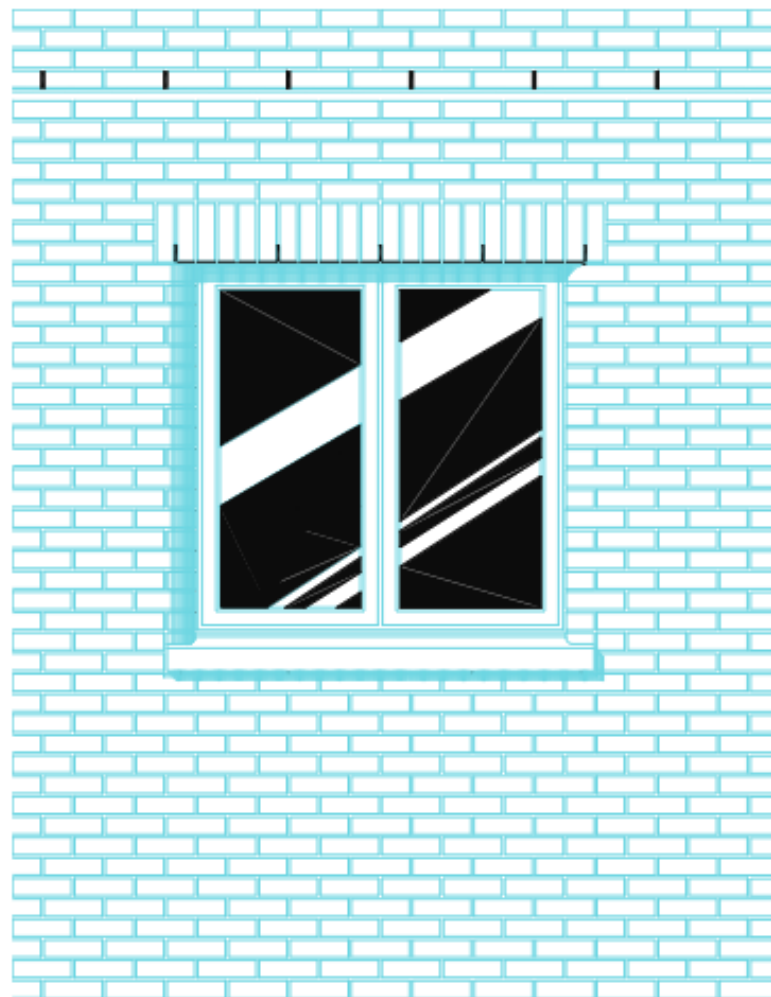
Menyadari kerumitan dinding yang telah kami rancang dan sejauh mana keberhasilan fungsionalnya bergantung pada hal-hal seperti ini, kami memutuskan untuk mengadakan konferensi prakonstruksi yang ekstensif dengan penawar yang berhasil untuk membahas masalah ini satu per satu. Kami juga memutuskan bahwa akan lebih bijaksana untuk menentukan bahwa penawar yang berhasil membangun tiruan dinding berskala kecil dan penuh di lokasi konstruksi, menggunakan bahan-bahan yang sebenarnya.

Ini akan memberi setiap orang yang terlibat dalam konstruksi, termasuk kami sendiri, kesempatan lebih awal untuk mengatasi masalah apa pun dalam urutan konstruksi yang telah kami rancang, untuk membiasakan diri dengan kerumitannya, dan untuk melihat bagaimana dinding akan terlihat. Kami juga dapat menggunakan tiruan tersebut untuk bereksperimen dengan warna bata dan mortar alternatif, warna sealant, perkakas sambungan, dan detail bata khusus di sekitar bukaan, dan kontraktor dapat menggunakannya untuk mengajari tukang batu dan perajin lainnya dengan tepat bagaimana pekerjaan itu harus dilakukan.









ELEVATION OF TYPICAL WINDOW
Scale 3/4"=1' (1:16)

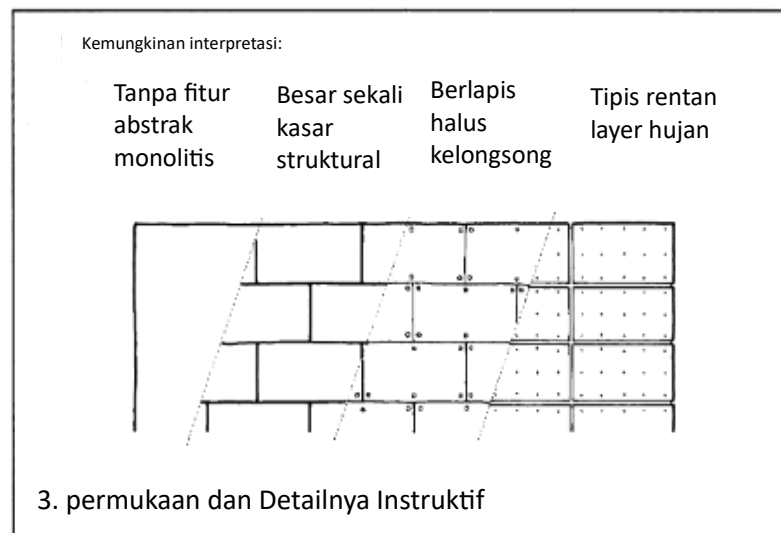
14.8 PERAKITAN DIDAKTIK

Detail arsitektur dapat memberikan petunjuk tentang cara penggunaan material, perakitan, dan sistem layanan. Fitur yang mudah dipahami membuat bangunan lebih mudah dipahami oleh penghuninya, memuaskan rasa ingin tahu, dan mengurangi kebingungan. Bagi sebagian orang, keteraturan di dunia sekitar mereka merupakan sumber keindahan. Yang lain mungkin menganggapnya sebagai cara yang bermakna atau bahkan menghibur untuk terhubung dengan lingkungan arsitektur mereka. Memamerkan fitur teknis dapat memajukan "merek" atau identitas pemiliknya. Ekspresi sistem teknis juga dapat mencerminkan meningkatnya porsi biaya pembangunan sistem ini.

1. Membuat perakitan terlihat merupakan kesempatan bagi pekerja untuk menunjukkan keterampilan mereka (Pride of Craftsmanship, Bab 13), tetapi juga memiliki implikasi fungsional. Perakitan dan detail yang terlihat memudahkan pendeteksian dan perbaikan komponen yang rusak. Strategi ini juga dapat mengurangi biaya dan dampak lingkungan, karena lapisan penutup permukaan dapat dikurangi (Jumlah Minimum

Komponen, Bab 11).

2. Layanan yang terekspos menuntut perencanaan awal yang cermat untuk mengoordinasikan berbagai subsistem guna menghindari konflik dan membuat elemen yang terekspos menjadi menarik. Standar pengerjaan untuk fabrikasi dan pemasangan baja struktural yang diekspresikan secara arsitektural (AESS) lebih tinggi daripada standar untuk rangka baja tersembunyi, dengan implikasi biaya yang sepadan. Kode dapat membatasi penggunaan elemen struktural baja atau kayu yang tidak terlindungi, bahkan di gedung yang dilengkapi sistem penyiram air.
3. Permukaan sering kali mengungkapkan apa yang ada di balik permukaan itu, hanya dengan mengungkapkan fakta intrinsik tentang bahan dan sambungannya. Sangat sedikit yang dapat diketahui tentang dinding monolitik tanpa fitur. Namun, begitu kita dapat melihat sambungan di antara bagian-bagian yang membentuk dinding, kita mulai mendapatkan petunjuk tentang komposisinya. Ketika pengencang terlihat, kita segera menebak bahwa bahan yang menghadap tidak menahan beban, dan, dari pengalaman masa lalu dengan pengencang tersebut, kita menyimpulkan kemungkinan ketebalan bahan, kekuatan, dan sifat-sifat lainnya. Ketika kita melihat celah di antara elemen-elemen yang membentuk permukaan, kita berspekulasi bahwa ini adalah layar hujan, dan kita dapat mulai membayangkan kemungkinan bagian-bagian dinding yang akan menghasilkan tampilan seperti itu.



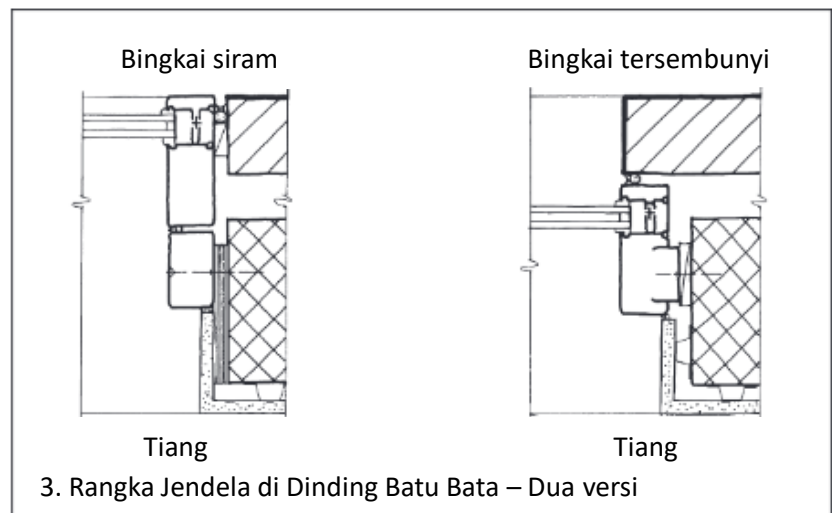
4. Keterbacaan tidak mengharuskan setiap fitur terekspos. Sambungan antara elemen dinding dapat diperlihatkan untuk memberikan permukaan dinding skala atau proporsi yang menyenangkan, tetapi tidak mengharuskan semua pengencang dan fitur intrinsik lainnya juga diperlihatkan. Memamerkan semua elemen yang membentuk rakitan dapat mengalihkan perhatian dari pemahaman yang dimaksudkan tentang kualitas dasar formal atau spasialnya. Detailer memiliki banyak pilihan untuk dipertimbangkan saat membuat produk arsitektur yang sesuai dengan maksud mereka. Keputusan tentang apa yang akan diungkapkan dan apa yang akan disembunyikan termasuk di

antara pilihan tersebut.

Menyusun Detail

Tujuan estetika sering kali menjadi katalisator untuk eksplorasi kemungkinan teknis suatu detail. Perancang detail memadukan komposisi estetika dan eksplorasi teknis untuk menemukan solusi terbaik.

1. Dalam arsitektur terbaik, detail melampaui ranah teknis untuk menyampaikan kualitas dan makna komposisi yang penting. Detail yang disusun dengan baik dapat menangkap esensi desain bangunan dengan cara yang jelas, dan dapat menjelaskan hubungan antara bagian-bagian bangunan yang disatukan. Dinding kayu yang dipahat agar sesuai dengan permukaan dinding batu ashlar yang tidak beraturan memberi tahu kita bahwa dinding batu adalah elemen dominan, yang menjadi jangkar komposisi. Detail menunjukkan konsep arsitektur dasar.
2. Banyak bangunan memiliki satu fitur kecil yang dapat membuat orang jatuh cinta. Potensi detail sebagai fitur bangunan yang berkesan terkadang diremehkan. Detail yang terlihat dari dekat atau disentuh memiliki potensi terbesar untuk memengaruhi pengamat secara positif. Memahami tarikan pintu yang dirancang oleh arsitek bangunan itu sama seperti menjabat tangan arsitek itu sendiri.
3. Pertanyaan komposisi seperti apakah garis bayangan diinginkan, apakah jendela harus rata atau tersembunyi, dan apakah sambungan harus memiliki potongan trim atau tidak, semuanya memicu eksplorasi teknis. Perancang detail menyelidiki apa yang harus dilakukan untuk menghasilkan garis bayangan, agar kaca berada pada bidang yang sama dengan pelapis eksterior, atau agar sambungan tidak memiliki trim.



Seperti apa tampilan detailnya dan bagaimana detailnya dibuat merupakan aspek yang tidak terpisahkan.

4. Detail dapat menggabungkan elemen dengan cara yang tak terhitung jumlahnya, dari las yang hampir tanpa sambungan, seperti pada rangka baja Mies, hingga sambungan dan pengencang yang diekspresikan dengan berani dari sambungan Greene and Greene. Apakah sambungan tersebut harus dirayakan dan diobjektifkan, atau harus diam-diam kompeten, tidak menarik perhatian pada dirinya sendiri? Jika pengencang

atau sambungan digunakan untuk membuat sambungan, apakah mereka harus menonjol dalam komposisi, atau harus diremehkan?

5. Rincian harus divisualisasikan dalam tiga dimensi. Sebaiknya rincian dikembangkan dalam sketsa atau model tiga dimensi untuk memvisualisasikan bentuk dan implikasinya secara menyeluruh. Pengembangan tiga dimensi juga membantu pemirsa untuk mengeksplorasi bagaimana setiap rincian berbelok atau berpotongan dengan elemen lain.

BAB 15

MENDETAILKAN BANGUNAN DENGAN RANGKA KAYU RINGAN

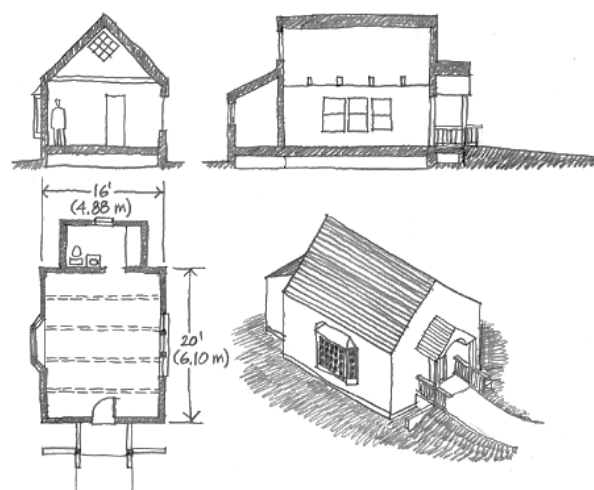
15.1 PROYEK

Proyek ini adalah kantor penjualan kecil untuk subdivisi perumahan di pesisir New England di Zona Iklim 5 IECC (Kode Konservasi Energi Internasional). Kemiringan atap adalah 12/12 (45°). Baik atap maupun dinding akan dilapisi dengan sirap kayu cedar merah (Surfaces That Age Gracefully, Bab 10). Bagian dalam akan diselesaikan dengan dinding dan langit-langit papan gipsum dan lantai kayu ek yang dipernis.

Menetapkan Standar Kinerja

Kami ingin bangunan tersebut menyampaikan citra pondok yang tidak rumit dengan bentuk prisma yang minimalis (Timeless Features, Bab 14). Detail bangunan harus sesederhana mungkin untuk berkontribusi pada citra arsitektur geometris minimalis, dan keduanya harus saling terkait erat.

Meskipun lebih kecil dari banyak tempat tinggal, ini sebenarnya adalah bangunan komersial dalam hal kode bangunan dan energi. Kami memiliki opsi untuk menggunakan kinerja energi seluruh bangunan seperti yang dijelaskan dalam kode energi IECC Bagian 407, tetapi proses ini lebih rumit daripada menggunakan tabel preskriptif yang terdapat dalam Bab 4 IECC. Kami akan melanjutkan dengan menggunakan nilai Insulasi Termal minimum preskriptif (Bab 3) yang mengikuti. Ekuivalen metrik ditunjukkan dalam tanda kurung.



- Dinding: R-13 di antara tiang + insulasi kontinu R3,8 atau R-20 jika hanya di antara tiang (R-90 + R-26 atau R-139)
- Atap: R-38 jika di antara kasau atau R-25 jika insulasi kontinu (R-264 atau R-173)
- Lantai: R-30 (R-208) jika di atas ruang yang tidak ber-AC.

Kami akan sedikit melampaui nilai minimum dengan menggunakan wol mineral R-23 (R-160) dengan kepadatan tinggi untuk insulasi dinding di antara tiang guna mengurangi konsumsi energi dan biaya (Siklus Hidup, Bab 10). Insulasi atap harus dilakukan dengan cara yang memungkinkan langit-langit mengikuti garis kasau untuk menciptakan ruang interior yang tinggi.



15.2 RINCIAN UTAMA YANG HARUS DIKEMBANGKAN

Rincian utama yang akan membentuk karakter konstruksi dan visual bangunan adalah yang dilingkari pada bagian yang menyertai dan diagram denah. Rincian ini harus dikembangkan sebagai serangkaian Rincian Kontribusi yang konsisten (Bab 14) yang sesuai dengan arsitektur bangunan dan satu sama lain. Rincian ini adalah rincian bangunan yang paling umum. Rincian situasi khusus, seperti teras masuk dan gudang di bagian belakang yang menampung kamar mandi, akan dikembangkan menggunakan rincian umum ini sebagai titik awal.

Pekerjaan Awal Pada Bentuk, Bahan, Dan Rincian

Bentuk prisma yang telah kita bayangkan menghadirkan masalah perincian atap: Dalam sebagian besar keadaan, drainase badai dari atap akan terkumpul di talang dan pipa pembuangan, yang akan mengganggu geometri bangunan yang bersih. Talang air dapat dibangun di permukaan atap di bagian atas setiap dinding, tetapi kami membuang ide ini karena talang air yang dibangun sering kali terbukti merepotkan saat digunakan. Jika talang air tersumbat oleh daun atau es, air kemungkinan akan menggenang di bawah sirap (lihat Drainase Tanpa Hambatan, Bab 1).

Kode bangunan mengharuskan air dari atap dikumpulkan dalam sistem drainase badai seperti talang air, atau dibuang ke permukaan tanah seperti permukaan paving atau lanskap, asalkan air hujan mengalir menjauh dari bangunan. Jika atap yang menjorok setidaknya 1 kaki (305 mm)



Talang Dan
downspout



Dengan fascia



Tanpa fascia

disediakan, tidak diperlukan talang air karena atap yang menjorok adalah Overhang dan Drip (Bab 1) yang melindungi dinding dan jendela. Namun, jika kami mengadopsi alternatif ini, kami akan ingin membuat parit tetesan yang diisi dengan batu pecah di tanah di bawah setiap atap, untuk mencegah erosi dan meminimalkan percikan air dan lumpur ke dinding di dasar dinding.

Atap yang menjorok dalam membantu menciptakan nuansa terlindung untuk "pondok." Dan jika cukup dalam, atap yang menjorok dapat berkontribusi pada kesederhanaan bentuk secara keseluruhan dengan menghilangkan kebutuhan akan atap terpisah di atas jendela ceruk. Jendela ceruk memiliki kedalaman 12 in. (305 mm), jadi kami secara tentatif mengadopsi atap yang menjorok 18 in. (457 mm). Kami membuat sketsa bagian luar bangunan dengan tonjolan ini. Ini adalah ide formal yang menarik untuk ditekuni, tetapi papan fasia vertikal tampak sebagai permukaan yang rumit dan asing yang memisahkan atap dan dinding. Bisakah kami menghilangkan fasia? Ini akan menghasilkan bentuk bangunan yang lebih murni dan sederhana, yang lebih sesuai dengan semangat ide aslinya (Menyusun Detail, Bab 14).

Tabel 15.1 Resistensi Termal

	(ft ² -hr-°F/BTU-in)	(m ² -°C/W)
3½" (89 mm) batts	R-11 dan R-15 (HD)	R-76 dan R-104
5½" (140 mm)	R-23 (HD)	R-146
6¼" (159 mm) batts	R-19	R-132
6¾" (171 mm)	R-22	R-153
7¼" (184 mm) wol mineral batts	R-30 (HD)	R-208
8¼" (209 mm)	R-30 (HD)	R-208
10¼" (260 mm) batts	R-38 dan R-44 (HD)	R-208 dan R-264
12" (305 mm) batts	R-38	R-264

Struktur dan Isolasi Termal

Selain isolasi atap R-38 terputus-putus atau R-25 kontinu (R-264 atau R-173), kode bangunan juga mengharuskan bahwa jika atap akan diberi ventilasi, maka ruang ventilasi kontinu 1 in. (25 mm) di bawah seluruh permukaan atap harus dipertahankan (Atap Dingin Berventilasi, Bab 1). Karena ini adalah lokasi dengan beban salju tinggi, kita memerlukan kinerja atap dingin untuk meminimalkan risiko bendungan es. Kode tersebut juga mengharuskan lembaran penghalang es dan air yang lebar di bawah sirap atap di bagian atap, untuk meminimalkan potensi kerusakan akibat bendungan es.

Penghalang ini harus memanjang dari tepi atap ke titik setidaknya 24 in. (610 mm) di dalam garis dinding eksterior. Atap R-38 (R-264) bisa jadi sulit dicapai jika tidak ada loteng, karena struktur atap harus cukup dalam untuk menampung ketebalan bahan isolasi yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat perlindungan termal ini. Lapisan tanpa lapisan dengan lembaran penghambat uap terpisah umumnya merupakan cara paling ekonomis untuk

mengisolasi atap miring kecil.

Pemeriksaan katalog produsen isolasi memberi tahu kita ketebalan lapisan standar dan nilai-R, berdasarkan lapisan kepadatan normal dan kepadatan tinggi (HD) (lihat Tabel 15.1). Jika kita memutuskan untuk menggunakan bahan insulasi busa plastik, tinjauan lebih lanjut pada katalog produsen akan mengungkap kemungkinan berikut:

1. Polistirena yang diekstrusi:
R-5,0 per inci (R-35 per 25 mm)
2. Busa poliisiosianurat:
R-6,0 per inci (R-42 per 25 mm)
3. Busa poliisiosianurat, berlapis foil:
R-6,5 per inci (R-46 per 25 mm)

Kita juga menemukan dari Dasar-dasar ASHRAE milik American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers bahwa nilai-R dari langit-langit papan gipsum dan lapisan udara interior hanya sedikit di atas 1. Nilai-R dari ruang udara ventilasi, selubung, atap, dan lapisan udara eksterior tidak dapat diperhitungkan, karena ruang udara ventilasi diasumsikan berada pada suhu luar ruangan. Oleh karena itu, kita harus mencari ruang untuk bahan isolasi R-38 (R-264) antara ruang udara dan papan gipsum.

Secara struktural, atap akan terdiri dari pasangan kasau kayu yang diikat pada interval dengan anggota kayu horizontal. Bangunan ini memiliki lebar 16 kaki (4,88 m), jadi setiap kasau harus membentang sekitar 8 kaki (2,44 m), sebagaimana diukur dalam proyeksi horizontal. Kami berkonsultasi dengan Tabel Rentang untuk Balok dan Kasau milik National Forest Products Association untuk menemukan ukuran yang diperlukan untuk kasau, dengan membaca dari tabel yang memberikan nilai untuk anggota yang menahan langit-langit papan gipsum miring dan beban salju 30 psf (146 kg/m²).

Dua kasau berukuran enam kali enam dengan jarak 16 inci (38 × 140 @ 406 mm) dapat membentang lebih dari 9 kaki (2743 mm), jadi kasau tersebut akan lebih dari cukup untuk bangunan ini. Namun, kami menyadari bahwa kasau berukuran 2 × 6 mungkin tidak akan menyediakan ruang yang cukup untuk bahan insulasi, jadi kami menggunakan tabel untuk memverifikasi beberapa opsi struktural lain yang harus tetap terbuka:

1. Kasau berukuran 2 × 8 @ jarak 24 inci (38 × 184 @ 610 mm)
2. Kasau berukuran 2 × 10 @ jarak 24 inci (38 × 235 @ 610 mm)
3. Kasau berukuran 2 × 12 @ jarak 24 inci (38 × 286 @ 610 mm)

Dari sudut pandang struktural, kasau yang lebih dalam dari 2 × 8 dapat diberi jarak lebih dari 24 in. (610 mm) o.c., tetapi kami tidak ingin melebihi jarak ini karena dua alasan. Salah satu alasannya adalah untuk kemudahan isolasi: Lapisan isolasi standar dibuat hanya untuk jarak 16 in. dan 24 in. (406 dan 610 mm). Alasan lainnya adalah bahwa ketebalan yang dibutuhkan dari selubung atap kayu lapis dan panel langit-langit papan gipsum menjadi berlebihan pada

jarak kasau yang lebih besar dari 24 in. (610 mm).

Sebagai alternatif kasau kayu solid, kami dapat menggunakan I-joist kayu buatan sebagai kasau untuk menciptakan kedalaman yang kami butuhkan. Ini tersedia dalam kedalaman standar 9 $\frac{1}{2}$, 11 $\frac{7}{8}$, 14, dan 16 in. (241, 302, 356, dan 406 mm). Tabel beban dan bentang dalam literatur produsen memberi tahu kita bahwa balok-I pada kedalaman berapa pun dapat berfungsi sebagai kasau untuk bangunan ini pada jarak 24 in. (610 mm). Sekarang, mari kita kembali ke masalah isolasi termal: Apa saja pilihan isolasi yang dapat mencapai peringkat keseluruhan R-38 (R-264) untuk konstruksi atap? Kami mencantumkan beberapa kemungkinan:

1. 8 $\frac{1}{4}$ in. (209 mm) HD batt
R = 30 (R-208)
2. 6 $\frac{3}{4}$ in. (171 mm) batt + 2 in. (51 mm) plastik busa apa pun
R = 29 hingga 35 (R-201 hingga 243)
3. 7 $\frac{1}{4}$ in. (184 mm) wol mineral HD batt + 1 $\frac{1}{2}$ in. (38 mm) poliisosiuranat
R = 39 (R-270)
4. 6 $\frac{1}{4}$ in. batt + 3 $\frac{1}{2}$ in. batt (159 + 89 mm)
R = 30 hingga 34 (R-208 hingga 236)
5. 6 in. (152 mm) busa polistirena R = 30 (R-208)

Kami mencatat bahwa jika kami meninggalkan pendekatan atap dingin berventilasi dan mengisi kasau dengan insulasi busa di tempat, kasau harus berukuran 2 × 12 untuk mendapatkan nilai insulasi yang dibutuhkan. Biaya rangka yang lebih tinggi dan kerentanan terhadap bendungan es menghambat pendekatan ini. Pilihan 1, HD batt 8 $\frac{1}{4}$ in., memiliki keunggulan kesederhanaan. Jika kita menambahkan ruang udara 2 in. (51 mm) di bawah selubung atap (Ventilasi Uap, Bab 4), kedalaman kasau 10 $\frac{1}{4}$ in. (260 mm) akan diperlukan, yang 1 in. (25 mm) kurang dari kedalaman sebenarnya dari 2 × 12. Kerugian dari opsi ini adalah bahwa 2 × 12 yang panjang berat dan sulit ditangani di tingkat atap selama konstruksi (Bagian yang Mudah Ditangani, Bab 11).

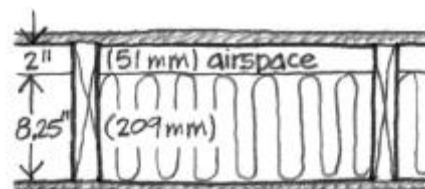
I-joist kayu buatan sedalam 11 $\frac{7}{8}$ in. (302 mm) mungkin merupakan alternatif yang baik, karena agak lebih ringan; namun, mereka memerlukan detail yang lebih rumit dan sulit dibuat di tempat mereka bersandar pada rangka dinding, jadi kami memutuskan untuk mencari solusi kayu solid jika memungkinkan. Dengan melihat Opsi 2 dan 3, kita melihat bahwa papan berukuran 6 $\frac{3}{4}$ atau 7 $\frac{1}{4}$ in. (171 atau 184 mm) ditambah ruang udara 2 in. (51 mm) akan memerlukan kedalaman kasau minimum 8 $\frac{3}{4}$ hingga 9 $\frac{1}{4}$ in. (222 atau 235 mm). Kita membulatkannya ke kedalaman kayu standar terdekat, 9 $\frac{1}{4}$ in. (235 mm), untuk kasau nominal 2 × 10.

Panel busa dapat dipaku di bagian bawah kasau, dan papan gipsium dapat dipasang dengan sekrup panjang yang akan menembus busa dan menembus kasau sekitar 3 $\frac{1}{4}$ in. (19 mm), kedalaman yang direkomendasikan oleh produsen papan gipsium. Untuk busa setebal 2

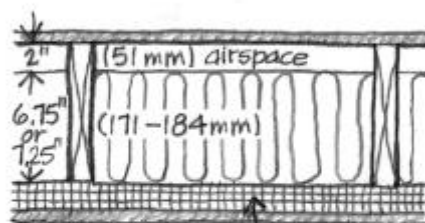
in. (51 mm), sedikit aritmatika menunjukkan kepada kita bahwa sekrup harus memiliki panjang sekitar $3\frac{1}{4}$ in. (83 mm) untuk mencapai penetrasi $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) ke dalam kasau. Kami menemukan dari Buku Pegangan Konstruksi Gypsum milik U.S. Gypsum Corporation bahwa sekrup drywall standar terpanjang yang direkomendasikan hanya 3 in. (76 mm), jadi Opsi 2 tidak memungkinkan. Namun, Opsi 3 akan berhasil, karena, dengan insulasi busa $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm), sekrup drywall standar 3 in. akan mencapai penetrasi yang diperlukan. Manfaat sampingan dari konstruksi ini adalah bahwa panel busa akan mengisolasi kasau serta ruang di antara keduanya, yang bertindak sebagai Pemutus Termal (Bab 3) untuk kayu yang lebih konduktif.

Opsi 4 dapat dibuat dengan memasang lapisan bulu 2×4 di tepi di bagian bawah kasau, seperti yang ditunjukkan. Ini memiliki keuntungan yang sama dengan Opsi 3 yaitu jembatan termal melalui kayu kasau diminimalkan, dan insulasi serat kaca umumnya lebih murah per unit resistansi termal daripada busa plastik. Namun, keuntungan biaya ini akan dinegasikan oleh biaya tambahan untuk rangka 2×4 , dan pemasangan rangka 2×4 ke kasau akan agak sulit karena posisi di atas kepala yang tidak nyaman (Sambungan yang Dapat Diakses, Bab 11).

Opsi 5 hanya menggunakan insulasi plastik busa, tetapi bermasalah karena sulit untuk memasang panel busa kaku dengan cukup erat di antara kasau untuk menghilangkan kebocoran termal. Masalah ini dapat dihilangkan dengan menyempotkan busa poliuretan di tempatnya daripada menggunakan panel yang sudah berbusa. Namun, ini melibatkan subkontraktor lain, dan mungkin akan agak mahal untuk bangunan yang sangat kecil. Oleh karena itu, kami secara tentatif mengadopsi Opsi 3, yang terdiri dari papan HD $7\frac{1}{4}$ in. (184 mm) di antara kasau nominal 10 in. yang diberi jarak 24 in. o.c. (235 @ 610 mm), dengan lapisan panel poliisosiuranur setebal $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) yang dipasang di sepanjang bagian bawah kasau. Kami akan melanjutkan dengan perincian berdasarkan ini dan melihat apakah semuanya berjalan dengan memuaskan.

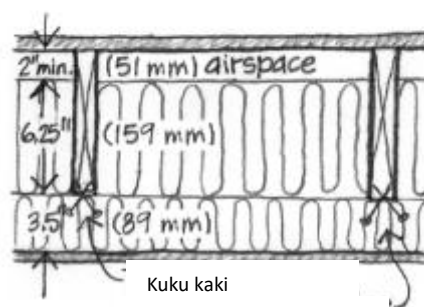


Pilihan 1



Pilihan 2

Pilihan 3

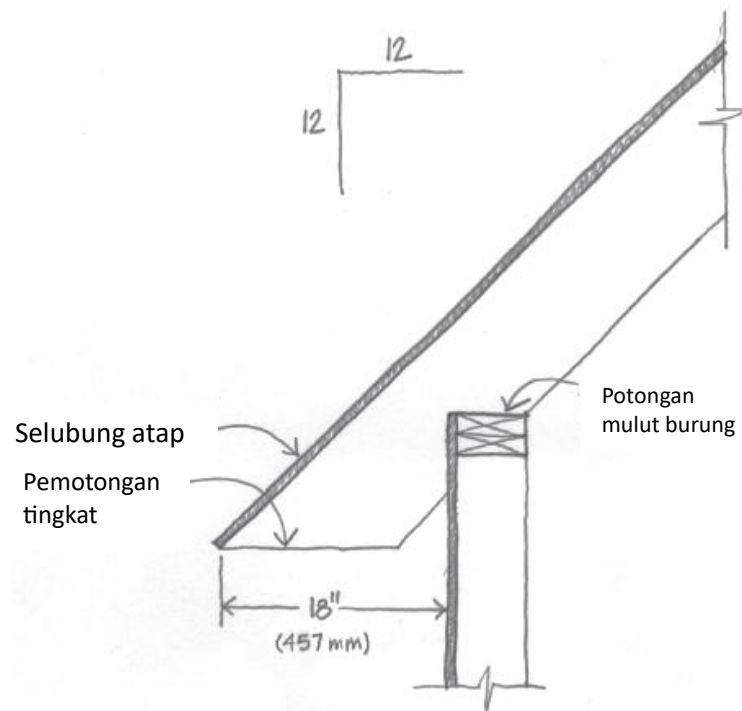


Pilihan 4

15.3 MEMPERINCI ATAP

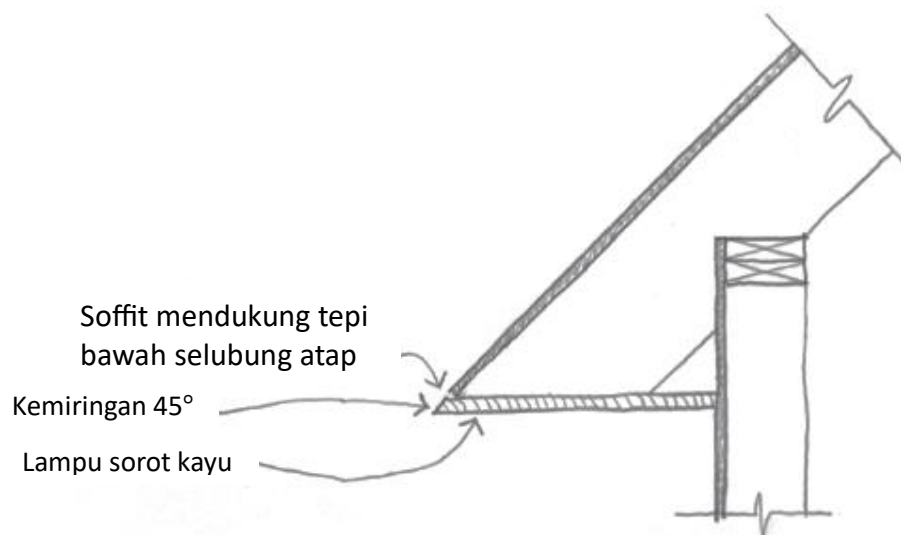
Kita akan mulai merinci bangunan dengan bagian atap, karena bagian ini paling berperan dalam membangun tampilan bangunan dan juga tampaknya menghadirkan tantangan terbesar. Kita menggunakan skala umum $1\frac{1}{2}$ in. = 1 ft. (1:8), yang memungkinkan

kita untuk menunjukkan semua fitur kecuali yang paling rumit. Skala metrik 1:5 atau 1:10 juga dapat digunakan untuk memeriksa detail. Dalam mengembangkan detail ini, kita mengikuti langkah demi langkah proses yang akan digunakan tukang kayu untuk membangunnya, Melatih Urutan Konstruksi (Bab 13). Pertama-tama kita menggambar tiang, pelat atas, dan selubung dinding yang menyangga kasau, dan menambahkan kasau dengan potongan mulut burung berbentuk segitiga yang memungkinkannya untuk menahan pelat atas dan selubung.



Merinci Fitur Eksterior

Untuk membuat atap tanpa fasia yang telah kita buat sketsanya sebelumnya, kita akan meminta tukang kayu untuk membuat potongan yang rata di ujung bawah kasau. Untuk saat ini, kita menggambarnya dengan tonjolan penuh 18 in. (457 mm) pada kasau itu sendiri; nanti kita dapat menyesuaikan dimensi ini, jika dimensi tonjolan yang sudah jadi terlalu besar atau terlalu kecil.



Berikutnya, kami menambahkan panel selubung atap. Panel kayu lapis atau papan untai berorientasi (OSB) untuk jarak kasau 24 in. (610 mm) dapat setipis 7/16 in. (11 mm), tetapi pengalaman dengan bangunan lain telah menunjukkan kepada kita bahwa ketebalan 5/8 in. (16 mm) menghasilkan bidang atap yang tidak mudah melorot di antara kasau (Robust Assemblies, Bab 10). Tepi bawah panel selubung perlu disangga di bagian atap untuk mencegah munculnya gelombang yang tidak sedap dipandang di sepanjang tepi atap. Soffit dapat memberikan penyangga ini jika cukup kaku (Struktur Kecil, Bab 7). Soffit dapat dibuat dari kayu lapis 3/4 in. (19 mm) dan/atau papan nominal 1 in. (25 mm).

Sekali lagi, pengalaman berperan di sini. Analisis teknik mungkin menunjukkan bahwa soffit kayu lapis yang lebih tipis akan cukup kuat dan kaku, tetapi pengalaman langsung dan pengamatan lapangan memberi tahu kita bahwa kayu lapis yang lebih tipis akan terlalu tipis (Menyempurnakan Detail, Bab 13). Kita dapat membuat soffit dari satu strip kayu lapis, tetapi kita harus memotongnya untuk bukaan ventilasi, dan potongan kayu lapis yang lebar akan berat dan sulit untuk dipasang dengan tepat pada tempatnya (Bagian yang Mudah Ditangani, Bab 11).

Lebih jauh lagi, bevel 45 derajat (12/12) pada tepi luar akan sulit dipotong dalam garis lurus sempurna dengan gergaji bundar genggam, dan ujung pisaunya akan rapuh karena konstruksi kayu lapis yang berlapis-lapis (Clean Edge, Bab 12). Jika kita menggunakan tepi persegi daripada tepi 45 derajat, tepi laminasi yang terbuka pada kayu lapis tidak akan terlalu menarik, terutama karena cenderung ada rongga di lapisan dalam.

Seotong kayu solid bertepi persegi dapat menjadi tepi luar yang sangat baik untuk soffit. Pinus lunak akan memadai, tetapi kita tahu dari pengalaman bahwa cemara Douglas serat vertikal cenderung sangat lurus dan jauh lebih kaku daripada pinus, dan dapat memberikan dukungan struktural yang baik pada tepi bawah selubung atap. Ia juga dapat mendukung satu tepi strip kisi-kisi aluminium kontinu yang dibentuk di soffit untuk memberi ventilasi pada rongga atap. Kode bangunan mengharuskan kita memasang Sistem Penghalang Udara (Bab 2) di atas selubung atap.

Untuk ini, kami akan menggunakan produk lapisan bawah poliiolefin antisobek yang tersedia dalam gulungan yang lebih lebar dan lebih panjang daripada lapisan atap tradisional, mengurangi jahitan yang mungkin tidak tertutup rapat. Ini membantu mencegah angin meniupkan air melalui sirap dan sambungan di selubung atap (Rainscreen Assembly and Pressure Equalization, Bab 1). Ini juga berfungsi sebagai lapisan cadangan bahan kedap air jika terjadi kebocoran pada sirap (Moisture Break, Bab 1). Lembaran penghalang es dan air dipasang di tempat lapisan bawah terbawah dan harus mengalir keluar dari tepi papan soffit. Namun, ini adalah bahan yang sangat lembut dan fleksibel yang tidak dapat menopang dirinya sendiri, jadi kami menambahkan strip sempit aluminium flashing di bawahnya untuk

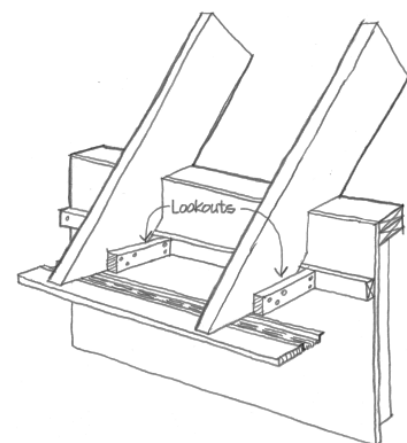
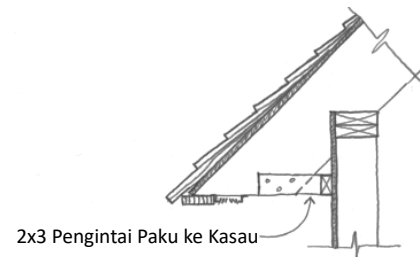
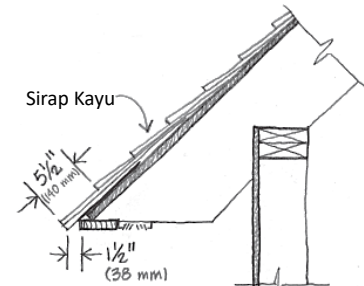
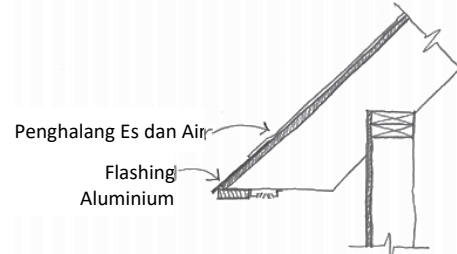
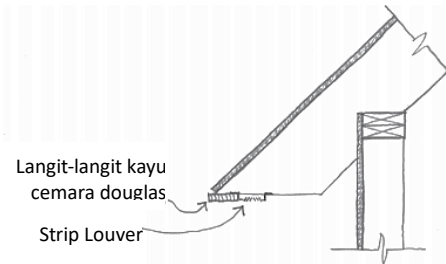
membawa drainase air keluar dari soffit (Struktur Kecil, Bab 7).

Sirap kayu atap diaplikasikan pada paparan yang direkomendasikan industri sebesar 5 1/2 in. (140 mm), yang memberikan apa yang disebut cakupan tiga kali lipat, di mana tidak ada bagian atap yang dilindungi oleh kurang dari dua lapisan sirap, memberikan keamanan yang cukup terhadap kebocoran air, bahkan jika sirap retak (Expected Life, Bab 10). Lapisan bawah dan lapisan pertama sirap harus menjorok ke papan soffit dengan dimensi 1 1/2 in. (38 mm) (diukur secara horizontal) yang direkomendasikan oleh industri sirap cedar merah, untuk memungkinkan air menetes bebas dan tidak mengalir kembali di bawah soffit (Overhang dan Tetesan, Bab 1).

Penting untuk menunjukkan dimensi overhang ini pada gambar yang sudah jadi, karena tukang kayu perlu diberitahu akan pentingnya hal ini, atau mereka akan sering memberikan overhang yang lebih kecil. Ini merawat tepi atap dengan cara yang sederhana, menarik, dan memuaskan secara fungsional. Sekarang kita harus menyelesaikan area soffit. Kami lebih suka menempatkan ventilasi soffit di dekat tepi luar atap yang menjorok, karena pengalaman menunjukkan bahwa ketika ventilasi tersebut ditempatkan di dekat dinding bangunan, pada hari-hari musim dingin yang cerah, udara hangat dapat naik dari dinding di bawahnya dan memasuki rongga soffit dan atap yang dingin, yang menyebabkan salju mencair lebih awal dan es menumpuk di atap.

Skala 1 1/2"=1

Untuk menopang 1:8 im soffit, kami harus menyediakan rangka horizontal hingga ke selubung dinding (Struktur Kecil, Bab 7). Kami melakukan ini dengan strip tajuk yang dipaku ke dinding dan menara pandang pendek yang dipaku menghadap ke sisi setiap ekor kasau, yang menempel pada tajuk. Dengan skala yang sesuai, kami melihat bahwa rangka 2 x 4 yang biasanya digunakan untuk rangka tersebut tidak akan pas, tetapi rangka 2 x 3 akan pas. Rentang menara pandang sangat pendek hanya beberapa inci jadi rangka 2 x 3 akan cukup kaku untuk dipaku.



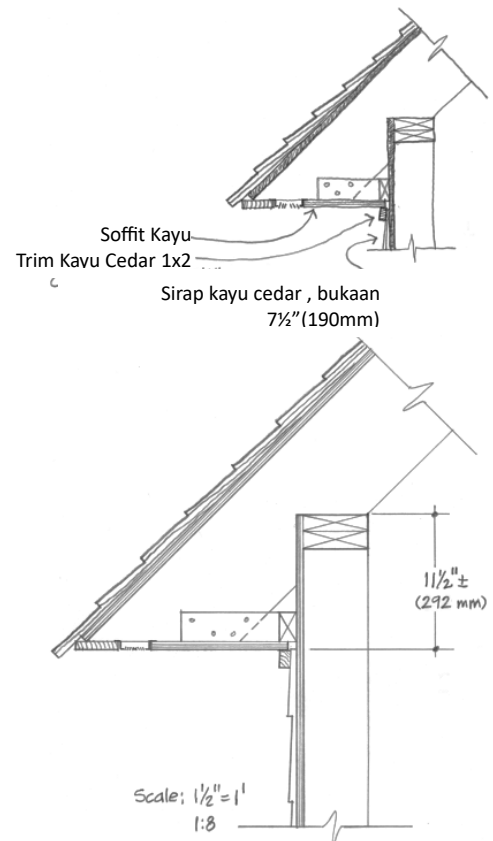
Kita dapat menutup soffit dengan papan cemara atau pinus. Papan ini akan terlihat sangat bagus tetapi memerlukan paku buta yang rumit di tempat yang sangat sempit pada posisi sulit di atas kepala (Accessible Connections, Bab 11). Sepotong kayu lapis bermuka-A dengan satu sisi yang diratakan lurus sempurna dapat berfungsi dengan baik di sini: Sisi yang diratakan akan pas dengan ventilasi strip aluminium, yang akan menyembunyikan sebagian besar sisi kasar dari lapisan yang terbuka.

Sisi lainnya, dengan potongan yang sedikit bergelombang, yang merupakan ciri khas pekerjaan gergaji bundar genggam, dapat dibuat pendek dari dinding luar dengan margin yang nyaman sebesar $\pm 1/4$ in. (6 mm) untuk memungkinkan ketidakakuratan (Dimensional Tolerance, Bab 12). Celah ini akan ditutupi oleh strip trim yang akan dipaku di tempatnya setelah dinding luar dipasang (Hirarki Penyempurnaan, Bab 14). Kami menambahkan Sistem Penghalang Udara pembungkus bangunan (Bab 2) dan sirap kayu di atas selubung dinding. Kami memilih paparan $7 1/2$ in. (190 mm) untuk sirap dinding.

Literatur dari industri sirap cedar merah memperbolehkan paparan $8 1/2$ in. (216 mm) pada dinding, yang seharusnya memberikan cakupan ganda yang diperlukan, tetapi pengalaman kami pada proyek sebelumnya menunjukkan bahwa banyak sirap yang jauh lebih pendek dari panjang nominalnya yaitu 18 in. (457 mm), yang menyebabkan paparan area kecil kertas bangunan di bagian atas sambungan, kecuali jika paparannya dikurangi sedikit. Bagian atas sirap harus dipotong di tempat pertemuannya dengan papan soffit, sehingga menyisakan garis kepala paku yang terbuka dan tepi atas sirap yang kasar. Kami menyembunyikan tepi yang tidak beraturan dari sirap dan papan soffit dengan potongan trim cedar merah 1×2 yang membentuk Sliding Fit (Bab 12) yang mudah untuk menutup detail soffit dengan rapat dan menarik.

Memikirkan tentang Pengencang dan Pelapis

Papan soffit akan terlihat. Sangat menggoda untuk mencoba menempelkannya dengan paku pelapis, tetapi kita harus ingat bahwa kayu cemara Douglas 1×4 bersifat semistruktural, yang memberikan kekakuan pada tepi selubung atap. Tekanan tangga selama konstruksi dapat melepaskan papan 1×4 jika dipaku pelapis, menarik kayu di atas paku tanpa kepala. Saat digunakan, di bawah beban salju yang berat, hal yang sama dapat terjadi (Umur yang Diharapkan, Bab 10). Kita membutuhkan paku berpenutup, tetapi paku biasa dengan kepala besar akan terlihat agak kasar. Paku pelapis, yang memiliki kepala lebih kecil, adalah salah satu pilihan yang baik untuk mengencangkan papan soffit ke rangka. Pilihan bagus lainnya adalah



sekrup drywall pelapis, yang memiliki kepala sangat kecil dan akan menarik papan dengan kuat ke rangka.

Dalam kedua kasus, pengencang harus terbuat dari baja tahan karat, aluminium, atau galvanis celup panas untuk meminimalkan noda korosi, karena bahkan soffit yang dilindungi menarik sejumlah kondensasi yang membasahi permukaan dan mengikis pengencang logam (Robust Assemblies, Bab 10). Mungkin tidak akan ada ruang pada gambar untuk menunjukkan pengencang, jadi kami membuat catatan untuk memastikan bahwa informasi ini ada dalam spesifikasi tertulis untuk proyek tersebut.

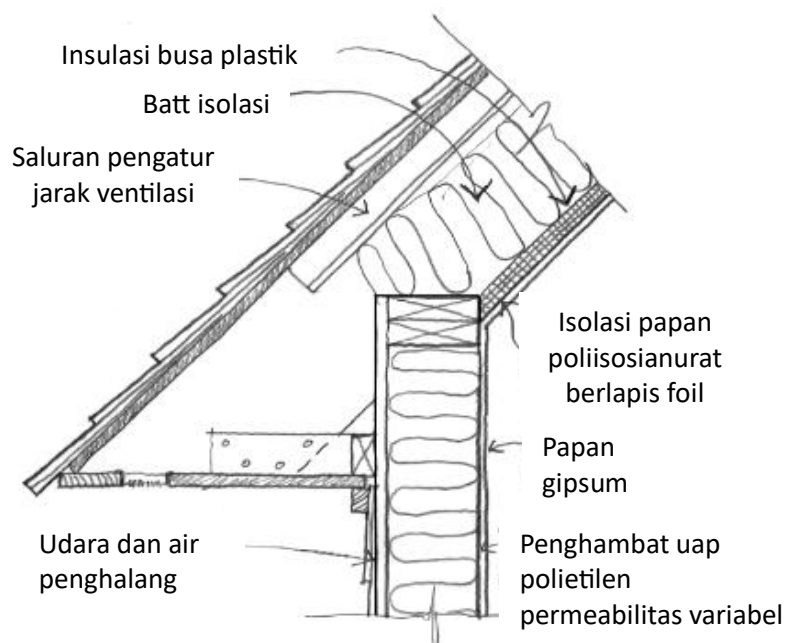
Pada titik ini, kita juga perlu memikirkan bagaimana soffit akan diselesaikan. Jika akan dicat, kepala paku atau sekrup dapat dilubangi dan lubangnya diisi dan diampelas sebelum dicat. Pengecatan umumnya dilakukan dalam tiga lapisan cat dasar ditambah dua lapisan cat lateks dengan pengampelasan di antara lapisan untuk memastikan hasil akhir yang halus. Pewarnaan, baik dengan pewarna transparan atau pewarna kental, hanya memerlukan dua lapisan dan tanpa pengampelasan, sehingga lebih ekonomis. Kami menggunakan pewarna kental dan mencatatnya dalam spesifikasi tertulis.

Memeriksa Implikasi Spasial dari Detail Atap

Tampak jelas bahwa kemiringan atap yang curam dan tonjolan yang lebar menempatkan soffit agak jauh di bawah bagian atas dinding. Apakah ini akan mendorong kepala jendela terlalu rendah? Kami membuat detail sesuai skala dan mengukur bahwa soffit terletak hampir 12 inci (305 mm) di bawah bagian atas pelat dinding. Jika dinding dibingkai pada ketinggian standar 8 kaki (2438 mm), ini akan menempatkan kepala jendela sekitar 7 kaki (2134 mm), yang lebih dari cukup untuk struktur skala kecil ini.

Merinci Isolasi, Ventilasi, dan Pelapis Interior

Sekarang kami menambahkan panel isolasi busa plastik, lapisan pelapis interior papan gipsum, dan lapisan isolasi wol mineral yang kami pilih sebelumnya ke detail atap kami. Di mana lapisan isolasi cenderung mendorong ke atas ke ruang udara ventilasi di atas dinding eksterior, kami menyediakan saluran pengatur jarak ventilasi plastik busa pendek untuk menjaga aliran udara bebas. Kami perhatikan pada gambar kami pembungkus bangunan penghalang udara dan air yang terpasang secara terus-menerus pada sisi luar selubung.



Kami perhatikan bahwa penghalang udara dan air akan memanjang di atas pelat atas ganda dan berbelok ke bawah beberapa inci pada permukaan bagian dalam rangka dinding. Di persimpangan ini, penghalang ini akan bertemu dengan insulasi papan poliisosiaturat berlapis foil. Di iklim dingin ini, kami akan memasang penghambat uap berbasis polietilena dengan permeabilitas variabel pada permukaan bagian dalam rangka dinding.

Dalam kelembapan sekitar yang rendah seperti musim dingin, penghalang ini akan menjadi penghambat uap Kelas II, yang mencegah uap air interior memasuki rakitan dinding. Dalam kondisi lembap, penghalang ini akan dapat menyerap uap sehingga uap keluar ke interior. Penghalang ini juga memanjang ke pelat atas, tempat insulasi busa kaku berlapis foil mengambil alih sebagai penghambat uap Kelas II.

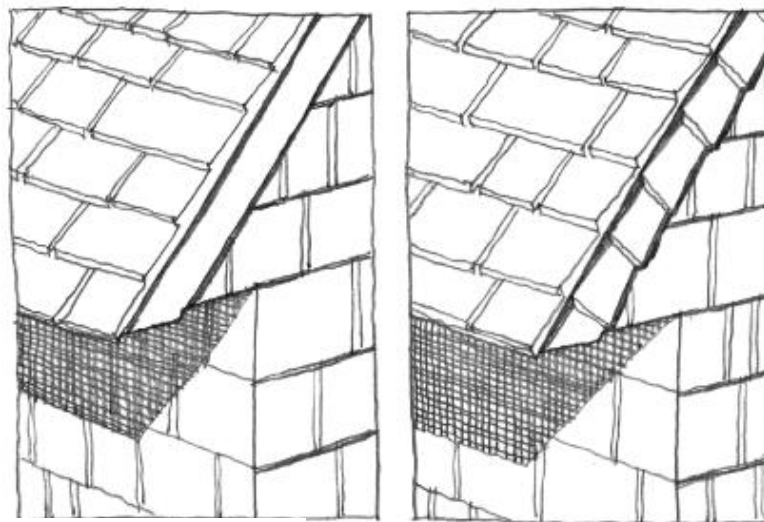
15.4 MEMPERINCI DESAIN ATAP DENGAN KOORDINASI YANG TEPAT

Detail atap yang telah kami desain tampak bagus bagi kami, tetapi hanya mewakili satu sisi dari setiap bidang atap. Sisi yang berlawanan dari setiap bidang atap adalah bubungan, dan dua sisi miring yang berdekatan adalah garu. Hingga bubungan, garu, dan sudut dinding dirancang dan detailnya dikoordinasikan dengan atap, kami tidak akan menganggap bahwa detail atap yang baru saja kami kembangkan sudah final.

Yang kami maksud dengan "koordinasi" adalah bahwa detailnya harus konsisten satu sama lain secara estetika, bahwa detailnya harus menjadi serangkaian Detail Kontributif yang konsisten (Bab 14), dan bahwa detailnya harus bertemu dengan anggun dan nyaman di sudut-sudut tempat mereka bertemu. Dengan mengingat hal ini, kami mendesain garu berikutnya, dengan referensi khusus tentang bagaimana garu tersebut bergabung dengan atap

Fitur Eksterior Garu

Bangunan yang kami desain tidak memiliki garu yang menjorok. Oleh karena itu, tugas kita hanyalah merancang detail yang akan menahan hujan dan salju di tepi atap yang miring sambil menutupi tepi kasar material tempat dinding dan sirap atap menyatu. Kita telah memilih sirap cedar untuk atap dan dinding. Kita dapat menyelesaikan penggaruk dengan papan penggaruk; jika kita melakukan ini, kita mungkin ingin menggunakan papan cedar yang belum selesai agar sesuai dengan sirap, atau, jika itu pinus, kita dapat melapisinya dengan pewarna yang kuat agar sesuai dengan sofit (Hierarchy of Refinement, Bab 14).



Papan penyaruk

Sirap menyapu

Kita juga bisa menyelesaikan garu dengan jalur sirap miring. Dibandingkan dengan papan trim yang diwarnai, ini akan meminimalkan garis garu yang menonjol dan pada gilirannya akan berkontribusi pada estetika minimalis yang ada dalam pikiran kita (Menyusun Detail, Bab 14). Kami memutuskan untuk menggunakan sirap untuk trim garu. Jalur sirap trim garu yang miring dapat diaplikasikan langsung di atas tepi atas sirap dinding samping, tetapi tepi atas ini sangat tidak teratur ketebalannya karena profil gigi gergaji dari dinding yang dilapisi sirap.

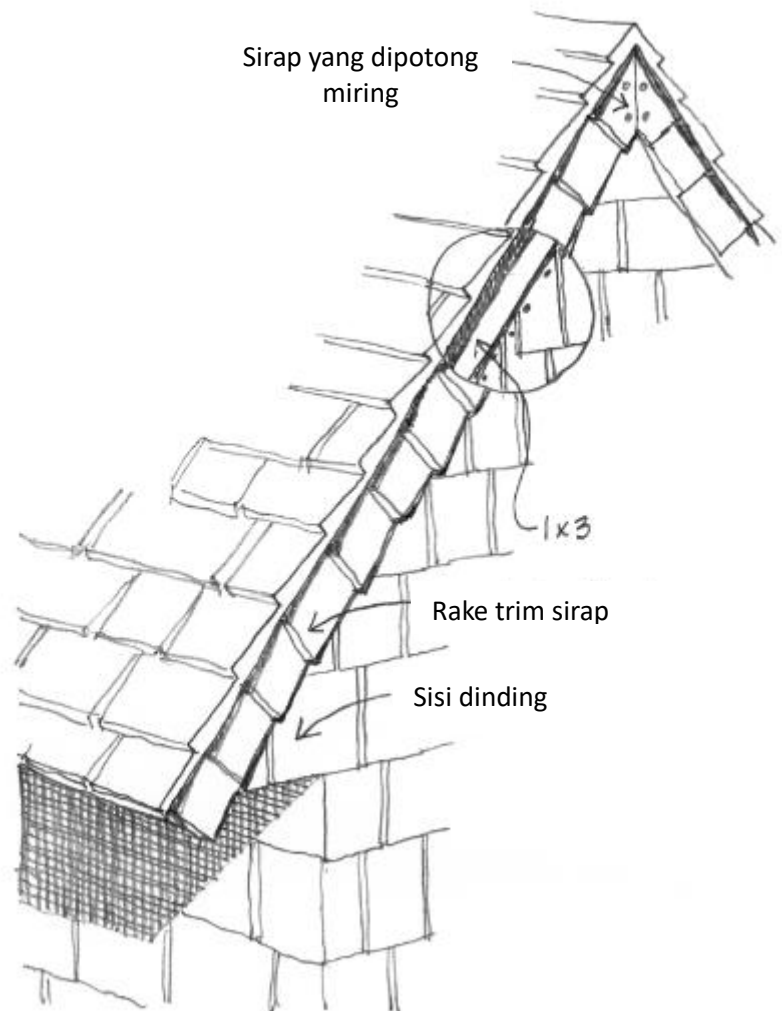
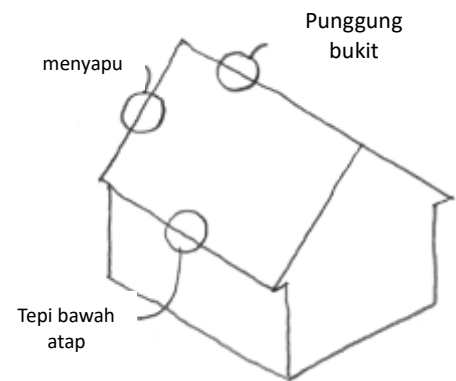
Untuk menyediakan permukaan datar tempat memaku sirap trim, kami memasang di atas tepi atas selubung dinding strip paku tersembunyi, papan sempit yang ketebalannya, 3/4 in. (19 mm), kira-kira sama dengan total kedalaman maksimum sirap dinding samping. Untuk melindungi dan menyembunyikan tepi sirap yang dipotong dan kepala paku di sepanjang tepi paling atas sirap dinding samping, kami membuat jalur paku ini sekitar satu inci lebih sempit daripada sirap trim, sehingga memungkinkan sirap trim untuk tumpang tindih dengan sirap dinding samping dengan jumlah yang banyak (Menyusun Detail, Bab 14).

Kami harus menentukan lebar untuk sirap trim rake; 3 in. (76 mm) mungkin merupakan minimum yang akan memungkinkan pemakuan yang tepat ke jalur paku di bawahnya. Kami memilih lebar sebenarnya dengan mempelajari tampilan jalur trim rake dengan berbagai lebar pada elevasi ujung bangunan. Kami memilih 3 1/2 in. (89 mm), yang menghasilkan jalur paku selebar 2 1/2 in. (64 mm) (1 × 3, ukuran standar yang praktis). (Lihat Unit yang Belum Dipotong, Bab 11.) Sirap kayu biasanya disediakan oleh pabrik dalam berbagai lebar acak, berkisar antara sekitar 3 hingga 12 in. (76–305 mm), sehingga pembangun akan menggunakan gergaji meja untuk memotong sirap dengan lebar konstan untuk penggaruk dari sirap yang lebih lebar.

Genteng kayu pada atap harus menjorok keluar dari sirap trim garu sekitar 1 in. (25 mm) atau lebih, untuk mencegah air mengalir di bawah tepi garu. Jika kita memasang strip paku setebal 3/4 in. (19 mm), dan genteng garu setebal maksimal 3/4 in. (19 mm), genteng atap harus dipasang dengan total tonjolan garu 2 1/2 in. (64 mm) di luar selubung dinding atap pelana. Sebaiknya perhatikan dimensi ini pada gambar detail akhir, karena atap biasanya dipasang sirap sebelum dinding dan garu.

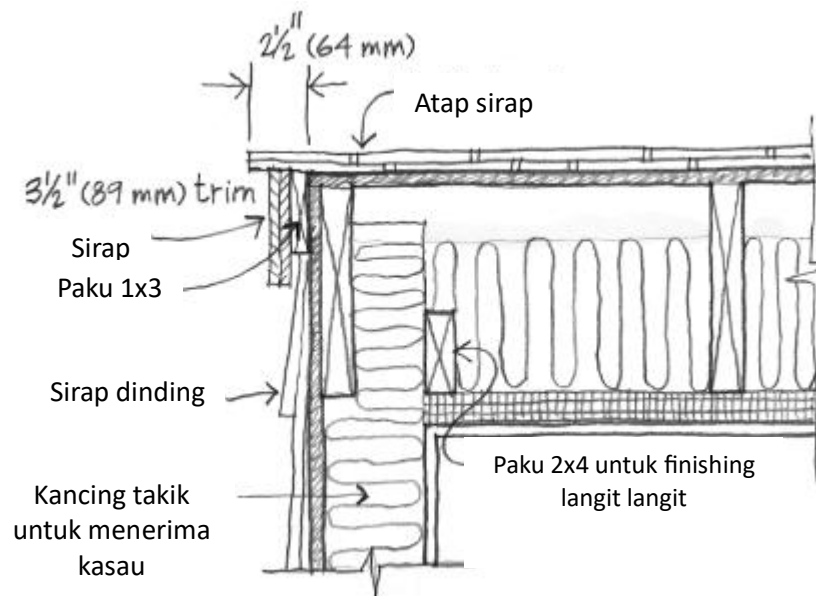
Pembangun harus memiliki pandangan ke depan untuk menyediakan tonjolan yang cukup atau menghadapi pemasangan ulang sirap tepi atap yang sulit dan mahal. Perancang harus mengambil tindakan pencegahan untuk menghindari bencana ini. Sudut bawah setiap garu harus berakhir dengan anggun di area pipi segitiga di setiap sudut bangunan. Mungkin cara paling sederhana untuk menyelesaikan pipi adalah dengan memperpanjang selubung dan sirap dinding samping ke atasnya. Jarak sirap trim rake dapat disesuaikan dengan jarak sirap atap untuk tampilan yang rapi.

Sirap trim rake terakhir di bagian bawah dapat dibiarkan persegi, seperti yang ditunjukkan, atau dipotong rata, seperti yang ditentukan oleh pertimbangan tampilan. Di bubungan atap, dua jalur trim rake dapat berpotongan dengan sambungan miring. Dua sirap yang disambung miring akan menjadi satu-satunya di fasad yang akan memiliki kepala paku yang terbuka, kecuali perekat konstruksi damar wangi digunakan untuk merekatkan kedua sirap ini di tempatnya, yang mungkin tidak dapat merekat dengan baik dan akan menyulitkan pemasangan kembali sirap di masa mendatang (Expected Life, Bab



10).

Ada satu aspek lain dari detail rake yang memerlukan perhatian kita, yaitu rangka dinding segitiga atap pelana. Tukang kayu terbiasa membangun rumah dengan loteng, tetapi bangunan kami tidak memilikinya. Di rumah-rumah dengan loteng, tiang dinding di ujung atap pelana biasanya terputus di tingkat langit-langit oleh pelat atas ganda, dan tiang pendek di atas pelat ini digunakan untuk membingkai atap pelana segitiga. Pelat atas ditopang secara lateral oleh lantai loteng. Di gedung kami, yang tidak memiliki lantai loteng, jenis rangka ini tidak akan cukup kuat terhadap beban angin.

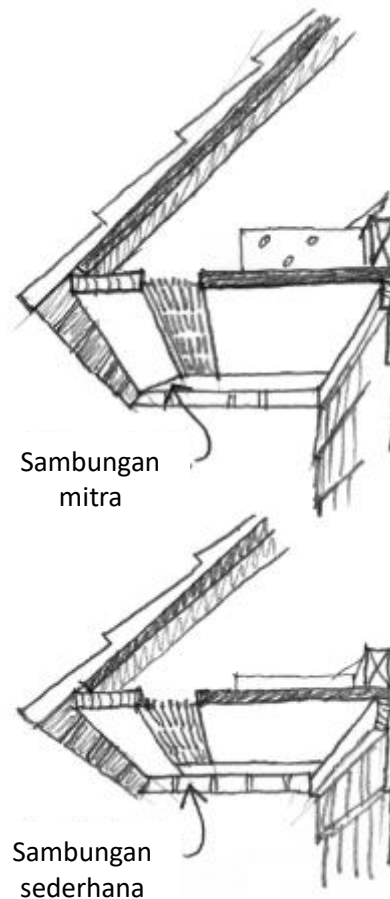


Tiang dinding atap pelana di gedung kami harus berupa potongan tunggal yang membentang dari lantai ke kasau. Kami mengukur gambar elevasi untuk mengetahui bahwa tiang terpanjang akan setinggi sekitar 15 kaki (4,6 m). Kami menggunakan 2 × 6 tiang dengan jarak 24 inci (38 × 140@610 mm). Apakah ini cukup kuat dan kaku untuk dinding setinggi itu? Kami memeriksa tabel dalam kode bangunan dan menemukan bahwa keduanya cukup kuat. Kami tahu dari pengalaman bahwa tukang kayu tidak akan membuat rangka dinding ujung dengan kancing setinggi penuh kecuali kami meminta mereka melakukannya, jadi kami mencatatnya untuk dicantumkan di elevasi dan bagian gambar konstruksi.

Mengembangkan Ujung Soffit

Jika dilihat dari bawah, soffit atap harus berakhir rapi pada permukaan bagian dalam sirap pipi, yang harus menggantung ke bawah untuk membentuk tetesan 1 in. (25 mm) atau lebih di bawah soffit. Jika papan soffit dan strip ventilasi kontinu hanya disambungkan ke pipi, akan terlihat agak kasar. Tampilan yang paling akhir akan dihasilkan dari penyambungan potongan soffit luar 1 × 4 untuk membentuk saluran balik di ujung soffit (Hierarki Penyempurnaan, Bab 14).

Ini akan berhasil jika 1 × 4 terbuat dari kayu yang sudah dikeringkan dengan baik, seperti cemara Douglas yang telah kita pilih. Jika ada ketidakpastian tentang kadar air kayu soffit, lebih baik menggunakan sambungan pantat untuk menghindari pembukaan sambungan mitra yang akan terjadi jika kayu menyusut (Sambungan Pantat, Bab 12). Perhatikan bahwa lokasi sambungan pantat dipilih untuk menyembunyikan ujung serat kayu terhadap permukaan vertikal sirap pipi, dan bukan mengeksposnya di bawah sirap atap miring.



Desain kami untuk detail kemiringan atap kini telah selesai, menunggu pemeriksaan selanjutnya untuk kesesuaian dengan detail bangunan lainnya.

Mencetak Bukit

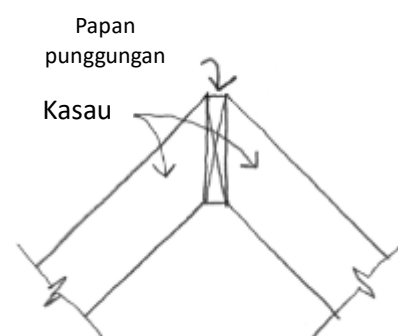
Kami harus mendesain detail untuk bubungan yang sesuai dengan detail atap dan kemiringan atap. Kami mulai dengan menggambar elemen struktural bubungan: kasau dari setiap sisi dan papan bubungan di antara potongan tegak lurus nya. Kode bangunan hanya mensyaratkan papan bubungan nominal 1 in. (25 mm), tetapi kami tahu bahwa sebagian besar pembangun lebih suka menggunakan papan bubungan nominal 2 in. (51 mm), karena biasanya menghasilkan bubungan yang lebih lurus (Keterampilan dan Sumber Daya Lokal, Bab 13).

Namun, sebelum kami menentukan tinggi papan bubungan, kami harus menentukan

bukaan ventilasi di bagian atas. Persyaratan fungsional untuk detail bubungan adalah mengalihkan air ke permukaan atap di kedua sisi dan menyediakan bukaan yang tersaring dan terlindungi air untuk ventilasi ruang udara di antara kasau. Cara mudah untuk memenuhi kedua persyaratan ini adalah dengan menggunakan strip ventilasi bubungan aluminium buatan pabrik yang cukup dipaku di atas lapisan atas sirap di setiap sisinya.

Strip ini dirancang dengan bukaan ventilasi berpelindung yang terlindungi dari air yang didorong gravitasi oleh tonjolan dan dari air yang didorong angin oleh sekat aerodinamis. Untuk bangunan kami, kerugian dari ventilasi bubungan aluminium adalah kami merasa penampilannya tidak sesuai dengan atap yang diselesaikan dengan bahan berkualitas tinggi seperti sirap kayu. Kami lebih suka menyelesaikan bubungan dengan sepasang papan kayu cedar atau kayu merah, atau dengan "bubungan Boston" tradisional, yang terdiri dari sirap kayu yang sama yang digunakan untuk atap. Ini membuat kami menghadapi masalah dalam menyediakan bukaan ventilasi yang terlindungi dari penetrasi air dan serangga.

Beberapa penelitian katalog menghasilkan beberapa desain hak milik untuk strip ventilasi bubungan terlindungi yang dapat ditutup dengan sirap atau papan. Kami memilih satu yang kami tahu tersedia secara lokal (Off-the-Shelf Parts, Bab 13), dan kami menelusuri detail katalognya ke detail bubungan yang kami kembangkan. Kami menggambar selubung kayu lapis dan menahan tepi atas setiap lereng dari garis bubungan dengan dimensi 2 in. (51 mm) yang direkomendasikan oleh produsen strip ventilasi.



Kami menggambar jalur sirap kayu yang mengarah ke bubungan, dan kami memotongnya di tepi atas kayu lapis. Kami menambahkan strip ventilasi dengan bagian tengahnya yang fleksibel yang menyesuaikan dengan kemiringan atap apa pun. Kami melihat lagi ukuran bubungan dan memutuskan bahwa, untuk menjaga saluran ventilasi tetap bebas, itu bisa berupa sepotong kayu berukuran 2 × 10 saja. Bagaimana kita akan menyelesaikan strip ventilasi? Katalog menunjukkan bahwa hanya ada zona sempit yang tersedia untuk dipaku di setiap sisi strip ventilasi.

Ini tidak cukup untuk sirap, yang akan membutuhkan dua baris paku di kedua sisi bubungan, jadi kami memutuskan untuk menggunakan papan bubungan. Kami akan menentukan bahwa ini terbuat dari cedar merah yang belum selesai, agar sesuai dengan sirap. Dalam menggambar papan bubungan, kami perhatikan bahwa karena lancip sirap, papan tidak bertemu pada sudut siku-siku. Pada gambar detail akhir, kami akan menambahkan catatan kepada tukang kayu untuk mengukur sudut dan meratakan tepi papan agar sesuai dengannya.

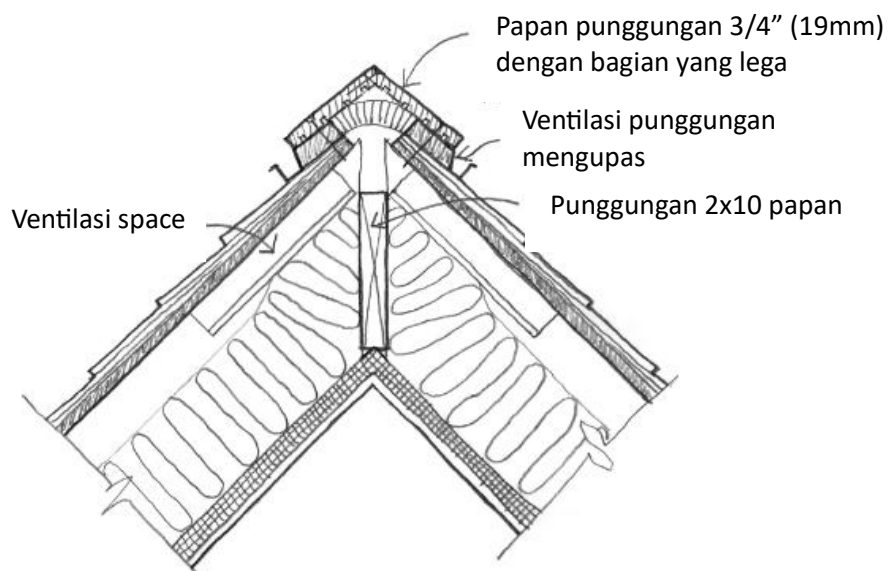
Karena kesulitan melakukan pemotongan dan pemasangan yang tepat saat berdiri di perancah atap, kami akan merekomendasikan dalam spesifikasi tertulis bahwa pemasangan papan bubungan dirakit pada kuda-kuda gergaji di tanah dan kemudian dibawa ke atas dan dipasang (Simulasi Perakitan, Bab 11). Untuk meminimalkan lekukan pada papan, kami menunjukkan Relief Back (Bab 6) pada setiap papan, dan kami menentukan sekrup kuning

untuk semua pengencang (paku sering kali tercabut karena tekanan lekukan; sekrup tidak bisa). Beralih ke bagian dalam detail bubungan, kami menambahkan bilah insulasi.

Kami melihat bahwa ujung bilah mungkin mendorong papan bubungan dan menghalangi saluran udara, jadi kami menambahkan spacer ventilasi plastik busa. Kami melengkapi detail bubungan dengan menambahkan 1 in. (25 mm) insulasi busa plastik berlapis foil dan bidang langit-langit papan gipsum. Untuk menyederhanakan pemasangan busa, kami menyesuaikan posisi vertikal papan bubungan agar panel dapat bertemu di bawahnya (Sambungan Ujung, Bab 12).

Bagaimana kita akan mengakhiri detail bubungan? Jika detail yang telah kita gambar hanya membentang hingga ke ujung bangunan, akan ada ujung strip ventilasi yang harus ditutup, dan profil yang ditinggikan dari detail bubungan kita tidak akan konsisten dengan geometri minimal yang kita buat. Setelah membuat sketsa alternatif, kita memutuskan untuk menghentikan detail bubungan berventilasi 1 kaki (305 mm) dari setiap dinding ujung, menutup strip ventilasi dengan tutup ujung standar.

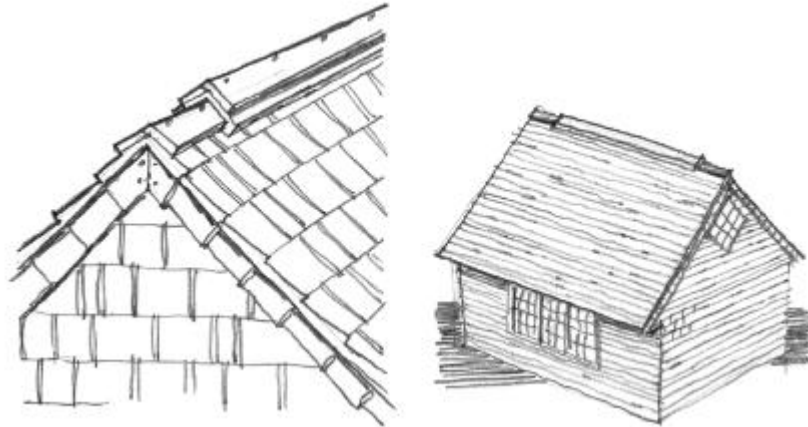
Ini seharusnya masih menyediakan banyak ventilasi untuk ruang kasau terakhir di setiap ujung, dan kaki terakhir papan bubungan dapat diaplikasikan langsung ke lereng sirap (Menyusun Detail, Bab 14). Kita harus memastikan bahwa kita telah menyediakan ventilasi atap yang cukup untuk memenuhi persyaratan kode bangunan yaitu 1 kaki persegi ventilasi per 300 kaki persegi luas lantai. Bangunan kita memiliki luas lantai sekitar 320 kaki persegi (30 m²), jadi kita memerlukan sekitar 1,1 kaki persegi (0,1 m²) total bukaan ventilasi gratis.



Kode mengharuskan agar ini dibagi secara merata antara atap dan bubungan. Jika ini adalah loteng yang tidak dipanaskan, kami akan sengaja memberikan sedikit tekanan dengan membuat ventilasi bubungan sekitar 40 persen dari area yang dibutuhkan, dan ventilasi sofit sekitar 60 persen. Memberikan sedikit tekanan pada loteng akan mengurangi hisapan udara

yang dikondisikan keluar dari ruang yang ditempati di bawahnya, menghemat energi dan meningkatkan kenyamanan.

Dengan mengalikan nilai katalog untuk area ventilasi bebas per kaki dari ventilasi sofit dan strip ventilasi bubungan dengan luas linier setiap strip, kami menemukan bahwa kami telah menyediakan beberapa kali persyaratan hukum, sehingga bahkan ruang kasau ujung akan berventilasi memadai (Robust Assemblies, Bab 10).



Dengan penyelesaian desain untuk detail atap, garu, dan bubungan, kami sekarang dapat memvisualisasikan sepenuhnya bagaimana atap akan terlihat. Kami membuat perspektif dengan tangan bebas untuk memastikan bahwa kami menyukai cara detail kami bekerja sama satu sama lain dan dengan tujuan desain kami untuk bentuk bangunan (Rincian Kontribusi, Bab 14). Kami mencatat dengan puas bahwa detail kami mulai menciptakan kepribadian yang lembut dan menyenangkan untuk bangunan tersebut.

15.5 MENJELASKAN KONDISI TANAH

Ada tiga pilihan untuk sistem lantai dan pondasi:

- (1) Pelat beton di atas tanah,
- (2) Ruang bawah tanah dengan struktur lantai kayu di atasnya, atau
- (3) Ruang bawah tanah dengan struktur lantai kayu.

Di iklim New England, pelat di atas tanah, meskipun diisolasi dengan benar, cenderung terasa dingin di musim dingin, kecuali jika dipanaskan dengan kumparan air panas atau kabel resistansi listrik. Pada hari-hari musim panas yang lembap, pelat sering kali cukup dingin untuk mengembunkan uap air dari udara, kecuali jika ruangan terus-menerus diberi AC atau dihilangkan kelembapannya (Permukaan Interior yang Hangat, Bab 4).

Kami menolak opsi pelat. Kami juga memutuskan untuk tidak memilih opsi ruang bawah tanah, karena klien kami tidak memerlukan ruang bawah tanah di gedung khusus ini. Kami akan merinci fondasi ruang bawah tanah. Kami memeriksa persyaratan kode untuk ruang bawah tanah. Tingginya minimal 18 in. (457 mm), dengan pintu akses minimal 18 in. × 24 in.

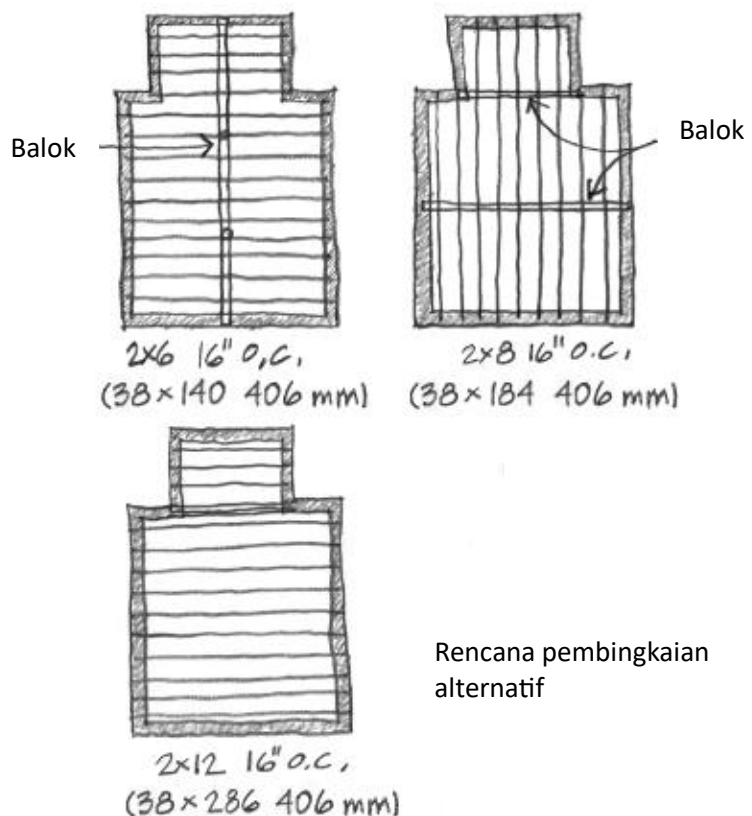
(457 × 610 mm). Harus terus-menerus diisolasi di sekeliling perimeter hingga minimal R-11 (R-19).

Ruang bawah tanah yang diisolasi tidak diharuskan memiliki bukaan ventilasi saat permukaan tanah ditutupi dengan penghambat uap polietilen tertutup dan ruang tersebut diperlakukan sesuai dengan Kode Konservasi Energi Internasional sebagai ruang semi-AC. Kami akan mengisolasi dinding ruang bawah tanah sesuai rencana dan akan menyediakan saluran pasokan dan pengembalian kecil di ruang ini. Suhu dan kelembapan akan distabilkan dalam kisaran sedang dengan biaya yang sangat sedikit.

Menata Lantai

Sebelum kita dapat menggambar detail tingkat, kita juga harus mengetahui ukuran balok lantai. Kami merujuk pada tabel desain balok lantai di Span Tables for Joists and Rafters, dengan mengingat bahwa kayu rangka yang paling umum tersedia di tempat penjualan kayu New England adalah cemara-pinus-cemara, campuran beberapa spesies yang dinilai pada modulus elastisitas (E) sebesar 1.300.000 psi (9.000 MPa).

Dari pengalaman kami tahu bahwa balok yang dirancang dengan nilai-E ini cenderung terasa sedikit goyang di bawah kaki, jadi kami biasanya mendesain balok seolah-olah E-nya hanya 1.000.000 psi (17.000 MPa) (Robust Assemblies, Bab 10). Dengan menelusuri kolom ini pada tabel balok lantai untuk beban hidup 40 psf (1,92 kPa), dan dengan asumsi jarak antar balok 16 in. (406 mm), kami menemukan bahwa balok 2 × 6 dapat membentangi sepanjang 8 kaki 4 in.; balok 2 × 8, 11 kaki; balok 2 × 10, 14 kaki; dan balok 2 × 12, 17 kaki (38 × 140 mm: 2,54 m; 38 × 184 mm: 3,35 m; 38 × 235 mm: 4,27 m; 38 × 286 mm: 5,18 m). Kami melapisi beberapa diagram rangka kertas kalkir pada denah lantai.



Kita dapat membentangi lantai dengan balok 2 × 6 di sepanjang dimensi 16 kaki (4,88 m) dengan balok di tengah; kita dapat membentangkannya dengan balok 2 × 8 di sepanjang dimensi 20 kaki (6,10 m) dengan balok di tengah. Namun, balok 2 × 10 tidak menawarkan solusi baru, meskipun balok 2 × 12 memungkinkan kita untuk membentangi

lebar bangunan tanpa menggunakan balok tengah.

Bahasa Indonesia: Tanpa melakukan pemeriksaan terperinci dari biaya komparatif, kita tahu bahwa menghilangkan balok akan menghilangkan kebutuhan untuk kantong balok di pondasi, garis sambungan balok di tengah bangunan, serta biaya balok itu sendiri. Dengan kata lain, 2 × 12 akan sangat menyederhanakan rangka lantai.

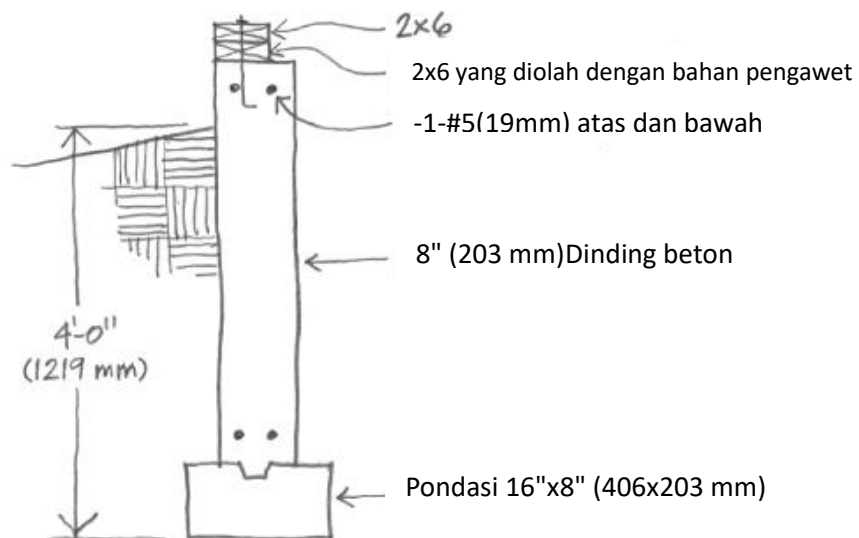
Ada dua alasan untuk tidak ingin menggunakan anggota yang begitu dalam: Mereka menaikkan lantai beberapa inci di atas permukaan tanah, dan mereka berat dan lebih sulit untuk ditangani. Tetapi lantai yang lebih tinggi tidak menjadi konsekuensi dalam bangunan khusus ini, dan anggota rangka yang lebih berat tidak terlalu sulit untuk ditangani di permukaan tanah. Kami memutuskan untuk menggunakan rangka lantai 2 × 12. Pembangun dapat mengusulkan alternatif, seperti rangka-balok, jika faktor biaya menguntungkan.

Mengembangkan Detail Dasar

Saat kita mengembangkan detail tingkat, kita Melatih Urutan Konstruksi (Bab 13) langkah demi langkah. Kita menggambar pondasi beton berukuran 16 × 8 in. (406 × 203 mm) yang biasa, yang permukaan bawahnya terletak 4 kaki (1219 mm) di bawah permukaan tanah yang diamankan kode (Pondasi di bawah Garis Frost, Bab 6). Mengetahui bahwa pondasi beton cor di lokasi merupakan norma di area ini (Keterampilan dan Sumber Daya Lokal, Bab 13), kita menunjukkan dinding pondasi beton berukuran 8 in. (203 mm) pada pondasi.

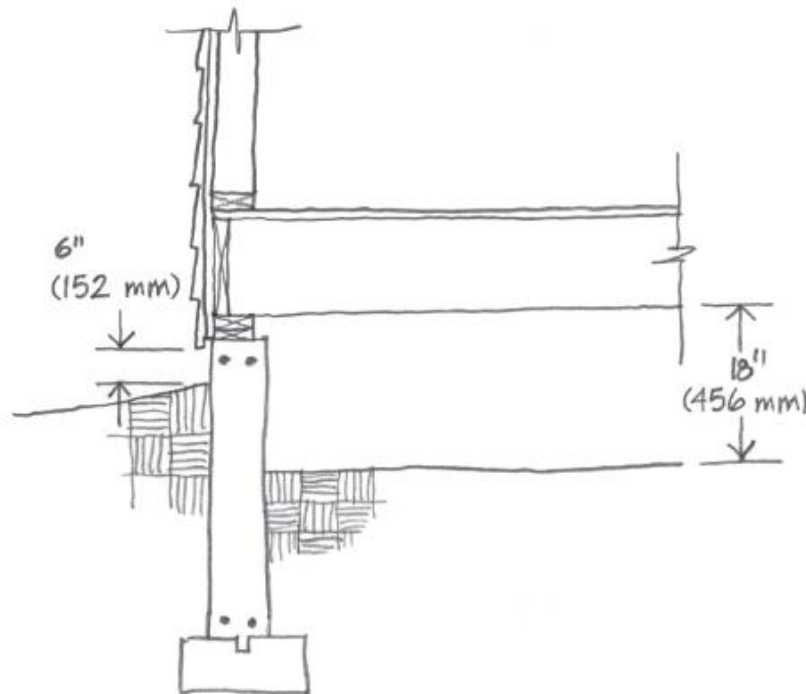
Untuk mengurangi keretakan pada dinding, kita memasukkan sepasang batang tulangan #5 (16 mm) di bagian atas dan bawah. (Dalam kasus ini, ukuran dan jumlah palang tidak didasarkan pada analisis teknik yang ketat, tetapi pada praktik konvensional.) Untuk

mengikat rangka ke fondasi, kami menunjukkan baut jangkar tertanam setiap 4 kaki (1219 mm) di sekeliling perimeter bangunan (Struktur Kecil, Bab 7). Kode mengizinkan satu ambang 2 × 6, tetapi kami lebih



suka menggandakan 2 × 6 untuk kekakuan yang lebih besar dan pemakuan yang lebih baik.

Kami mencatat bahwa bagian ambang bawah harus terbuat dari kayu yang diawetkan untuk menghindari pembusukan akibat kelembaban tanah yang naik karena aksi kapiler (Kayu Kering, Bab 10). Sekarang kami menggambar rangka dan selubung dalam urutan konstruksi: balok dan header 2 × 12, lantai bawah kayu lapis 5/8 in. (16 mm), dinding tiang 2 × 6, dan selubung dinding 1/2 in. (13 mm).



Kami telah mengukur denah bangunan sehingga sublantai akan terdiri sepenuhnya dari lembaran kayu lapis penuh dan setengah lembar (Unit yang Belum Dipotong, Bab 11). Lapisan dinding eksterior digambar pada detail: Sistem Penghalang Udara (Bab 2) dan lapisan pelapukan sirap cedar. Kami menunjukkan lapisan bawah dan lapisan bawah sirap yang menjorok 1 in. (25 mm) di bawah bagian atas fondasi untuk membentuk Overhang dan Drip (Bab 1) yang akan membantu menjaga ambang tetap kering.

Isolasi pada dinding akan berupa lapisan wol mineral HD R-22 (R-153) khusus dengan penghambat uap permeabilitas variabel di bagian dalam. Hal ini membuat kita menghadapi masalah tentang cara mengisolasi lantai terhadap kehilangan dan perolehan panas. Kita dapat mengisolasi di antara balok lantai, di atas ruang bawah tanah. Ini akan menjadi sederhana dan nyaman, tetapi akan membuat ruang bawah tanah menjadi dingin di musim dingin, yang akan menyebabkan kehilangan panas yang berlebihan dari saluran udara dan pipa air beku di bawah ruang toilet.

Kita harus mengisolasi di sekitar ruang bawah tanah agar tetap relatif hangat. Sedikit penelitian perpustakaan memberi tahu kita bahwa lantai tanah ruang bawah tanah tidak perlu diisolasi jika kita mengisolasi perimeternya dengan benar, karena tanah yang terlindungi di

dalam ruang bawah tanah akan tetap pada suhu yang cukup tinggi sepanjang musim dingin. Ada dua cara untuk mengisolasi perimeter. Salah satunya adalah dengan memasang papan busa polistirena setebal beberapa inci di bagian luar fondasi.

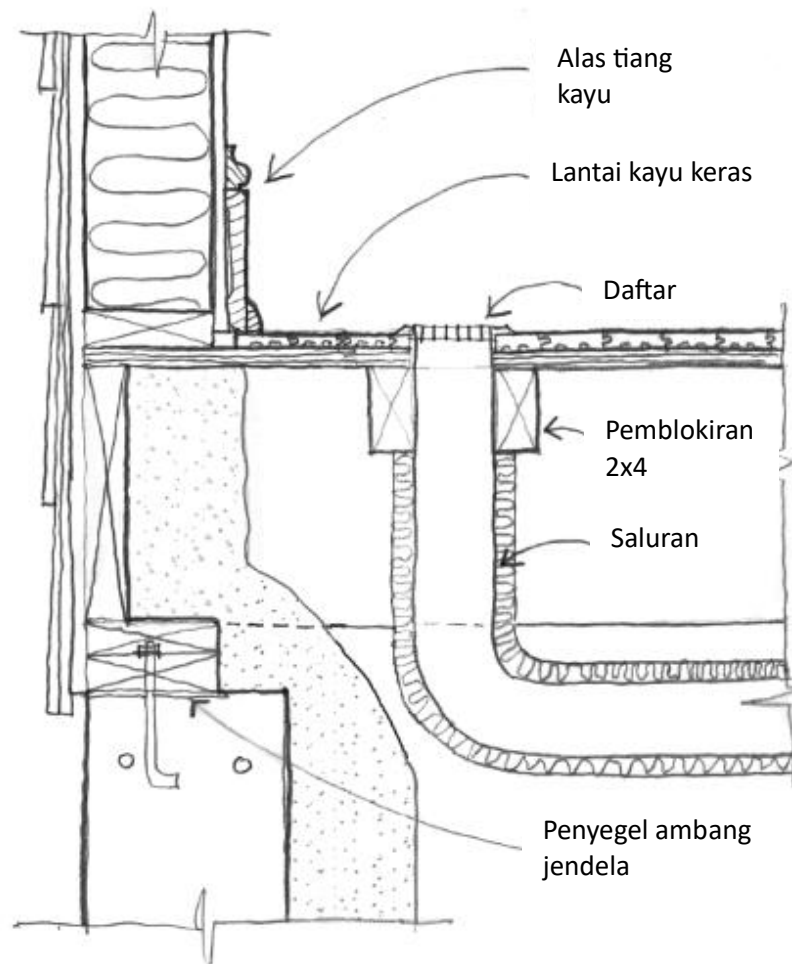
Cara lainnya adalah menyempotkan insulasi busa sel terbuka yang dapat ditembus uap ke bagian dalam rangka dan ambang, dan ke bagian dalam dinding pondasi hingga ke lantai ruang bawah tanah. Kami mencoba opsi ini pada lapisan kertas kalkir: Insulasi luar akan memerlukan pemindahan dinding pondasi ke dalam beberapa inci dari tepi rangka lantai dan menyorokkan ambang dengan dimensi ini untuk menciptakan ruang bagi papan plastik busa. Ini dapat diterima secara struktural, karena sebagian besar beban dinding dan atap disalurkan ke ambang melalui balok, dan ini akan tetap memiliki bantalan yang kuat melalui ambang ke dinding beton.

Insulasi juga harus dilapisi di atas permukaan tanah untuk melindunginya dari sinar matahari dan kerusakan mekanis. Lapisan ini akan berupa plesteran dengan jaring penguat. Insulasi bagian dalam akan dipasang dalam kondisi yang agak sempit (Accessible Connections, Bab 11), tetapi tidak memerlukan lapisan khusus. Mungkin akan lebih mudah bagi pembangun, dan karenanya lebih murah.

Kami menggambar insulasi pada sketsa kami. Metode ini baru, jadi kami akan menggunakan pemodelan higrotermal untuk meneliti kinerjanya, dan akan memantaunya di musim dingin dan musim panas setelah bangunan ditempati. Kami menyelesaikan lantai ruang bawah tanah dengan penghalang uap polietilen setebal 6 mil (0,006 inci atau 0,15 mm) di atas tanah. Ini dibalik di semua tepi dan disegel dengan damar wangi di permukaan dinding ruang bawah tanah. Membran kontinu ini adalah penghalang yang andal dan mudah dipasang (Robust Assemblies, Bab 10).

Di luar fondasi, kami menjaga bagian bawah dinding luar setidaknya 6 inci (203 mm) di atas permukaan tanah (Dry Wood, Bab 10). Kami membuat kemiringan tanah menjauh dari bangunan untuk drainase yang baik (Wash, Bab 1). Di bawah garis tetes atap, kami menyediakan parit lebar dan dangkal yang diisi dengan batu pecah kasar. Ini akan mencegah erosi tanah (Building Armor, Bab 10) dan juga mencegah air yang menetes memercikkan lumpur ke dinding (Dry Wood, Bab 10).

Pelapis ambang yang tipis dan halus, yang merupakan insulasi serat kaca, ditempatkan di bagian atas dinding pondasi sebelum pelat ambang dipasang. Ini akan mengisi permukaan atas beton yang tidak rata dan mencegah kebocoran udara. Jika air tanah menjadi masalah di lokasi bangunan, kami akan meminta agar flashing tembus dinding dipasang di lokasi ini untuk mencegah kelembaban naik melalui beton ke superstruktur kayu (Moisture Break, Bab 1).



Kami perhatikan bahwa lantai ruang bawah tanah terletak beberapa inci di bawah permukaan luar. Hal ini dapat menyebabkan banjir di ruang bawah tanah jika ada retakan di dinding beton. Kami menambahkan lapisan aspal kedap lembap di bagian luar dinding di bawah permukaan, tetapi ini tidak akan menjembatani retakan yang mungkin terbentuk di dinding. Kami memutuskan untuk bermain aman dan menambahkan pipa drainase berlubang di sekitar fondasi, di bawah permukaan lantai ruang bawah tanah, yang diletakkan di atas batu pecah (Drainase Fondasi, Bab 1).

Pada gambar kami, batu pecah dari parit tetesan mengganggu batu pecah tempat kami ingin meletakkan pipa, jadi kami cukup menggabungkan keduanya menjadi satu parit yang diisi dengan batu. Kami memeriksa kontur pada denah lokasi dan menemukan bahwa kami dapat membuat kemiringan pipa pembuangan dari parit ini untuk mengalirkan air secara gravitasi ke cekungan terdekat, sehingga tidak perlu menggunakan pompa (Drainase Tanpa Hambatan, Bab 1)

Merinci Finishing Interior

Finishing interiornya sederhana: dinding papan gipsum, lantai kayu keras, dan papan skirting (Building Armor, Bab 10). Kami melihat bahwa pola standar lantai dan papan skirting semuanya memiliki Relief Backs (Bab 6) untuk mengurangi masalah cupping. Kami

memutuskan bahwa bangunan kecil yang menjadi pusat perhatian ini layak mendapatkan kemewahan papan skirting tiga bagian, yang cetakan sepatu dan tutupnya berupa strip ramping dan fleksibel yang menyesuaikan dengan ketidakrataan dinding dan lantai dengan Sliding Fit (Bab 12).

Reveal (Bab 12) di persimpangan tutup dan papan skirting memungkinkan hal ini terjadi tanpa menciptakan ketidaksejajaran yang tidak sedap dipandang dari kedua bagian tersebut. Kami berencana untuk memanaskan dan mendinginkan bangunan dengan tungku gas dan udara paksa. Saluran lantai untuk sistem ini akan dialiri dari saluran udara terisolasi di ruang bawah tanah (Horizontal Plenum, Bab 8).

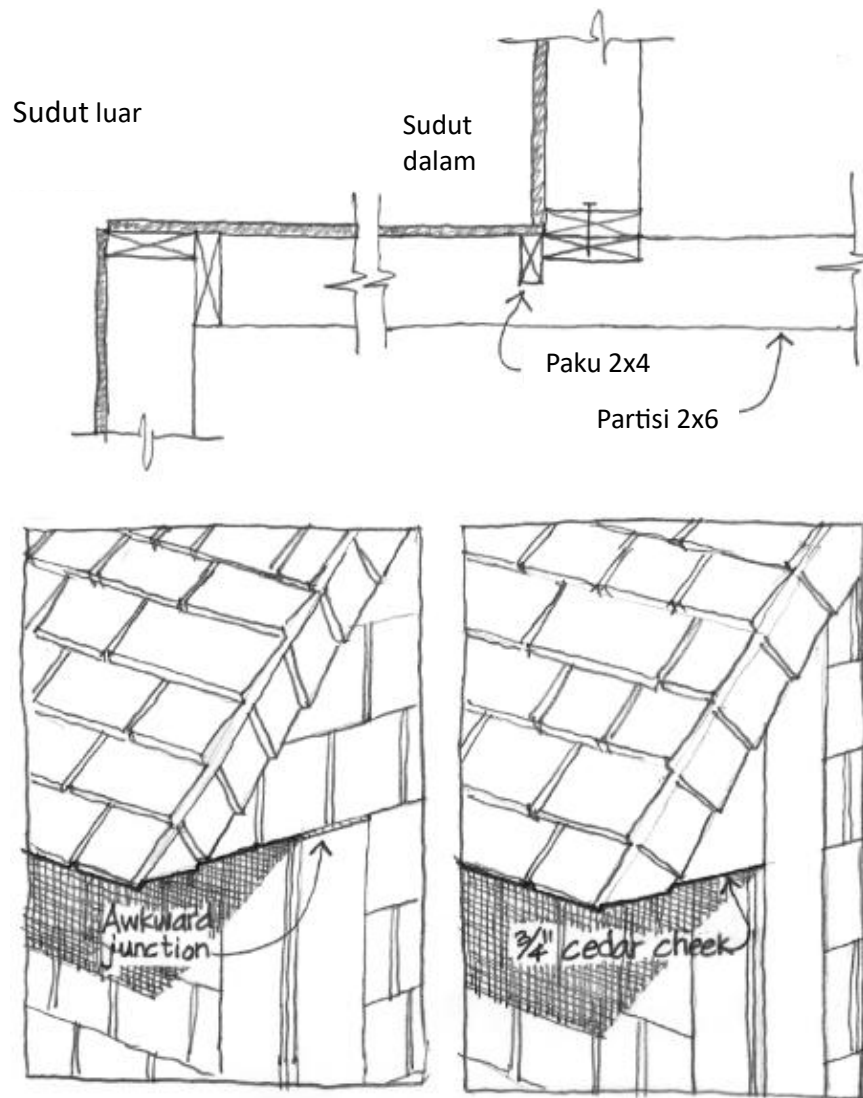
Kami menambahkan saluran lantai tipikal ke detail kami, yang menunjukkan pemblokiran struktural di kedua sisi untuk menopang sublantai dan lantai di sekitar saluran (Struktur Kecil, Bab 7). Kami sekarang telah menyelesaikan perincian ruang bawah tanah, kecuali untuk Ventilasi Uap yang diperlukan (Bab 4) dan Akses Pemeliharaan (Bab 10). Untuk akses, kami memutuskan untuk menghindari komplikasi eksterior dengan menyediakan pintu jebakan di lantai kamar toilet.

15.6 MEMPERINCI SUDUT

Bekerja dalam tampilan denah pada skala yang sama dengan detail lainnya (11/2 in. = 1 ft. atau 1:8), kami membuat detail sudut luar dan dalam yang umum. Seperti biasa, kami melakukan ini dalam urutan konstruksi sebagai cara untuk Melatih Urutan Konstruksi (Bab 13). Satu dinding bangunan yang lengkap akan dibingkai sepanjang bangunan pada platform lantai dan dimiringkan ke atas ke posisinya. Dinding lainnya akan dibingkai di bagian bawah sudut dengan kedalaman tiang sehingga menyatu dengan dinding pertama dengan Sambungan Ujung sederhana (Bab 12), dan seterusnya, di sekeliling bangunan.

Saat kami menggambar kondisi ini di sudut dalam (sudut tempat kamar mandi menyatu dengan massa utama bangunan), kami menyediakan tiang 2 × 6 berbingkai datar untuk pemasangan dinding kamar mandi. Kami melihat bahwa tepi selubung di sebelah kiri tiang datar ini tidak memiliki apa pun yang perlu diikat. Kami menambahkan tiang 2 × 4 sebagai paku; tiang 2 × 4 lebih murah daripada tiang 2 × 6, dan menghindari jembatan termal. Meskipun dinding antara ruang utama dan kamar mandi biasanya dibingkai dengan tiang 2 × 4, di gedung kami, tiang tersebut harus dibingkai dengan tiang 2 × 6 setinggi penuh, seperti yang disebutkan sebelumnya, karena di atasnya akan menjadi dinding atap pelana eksterior.

Kami harus memutuskan bagaimana kami ingin sudut tersebut terlihat dari luar. Kami melihat kembali sketsa desain awal kami untuk gedung dan sketsa tiga dimensi kami dari detail atap dan garu, mencari petunjuk tentang apa yang harus kami lakukan dengan sudut dinding untuk menciptakan serangkaian Detail Kontribusi yang konsisten (Bab 14). Kami mempertimbangkan dua pilihan dasar untuk sudut luar: menggunakan papan sudut vertikal tempat sirap dinding disambungkan, atau menjalin sirap secara langsung di sudut-sudutnya. Kami sedikit lebih menyukai pilihan pertama.

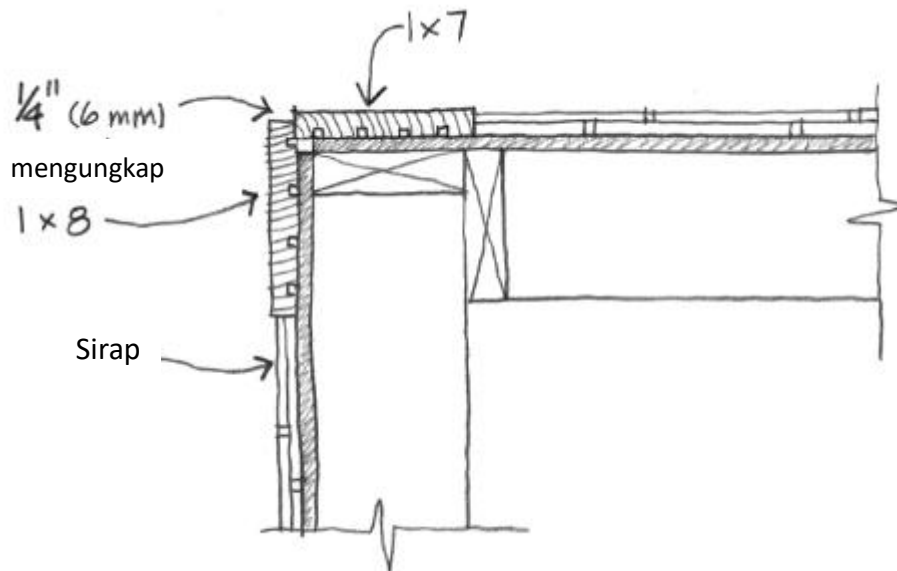


Papan sudut merupakan penyelesaian sudut yang dominan pada bangunan-bangunan tua di area tersebut, dan lebih sederhana dan cepat bagi tukang kayu karena Sambungan Ujung yang sederhana (Bab 12). Sudut yang dianyam memerlukan lebih banyak tenaga kerja, karena dua sirap sudut di setiap jalur harus direncanakan agar dapat saling menyambung dengan rapat dan rapi.

Sketsa kami tentang area tempat sudut, garu, dan atap menyatu menunjukkan bahwa akan ada sambungan yang janggal saat papan sudut menyambung area pipi segitiga yang dilapisi sirap yang telah kami bayangkan sebelumnya, karena ujung bulir papan sudut terbuka dan sangat rentan terhadap penetrasi air. Kami dapat menghindari hal ini dengan memasang papan sudut di ujung atap pelana bangunan hingga ke atas untuk menyambung spacer 1 x 3 di bawah sirap trim garu.

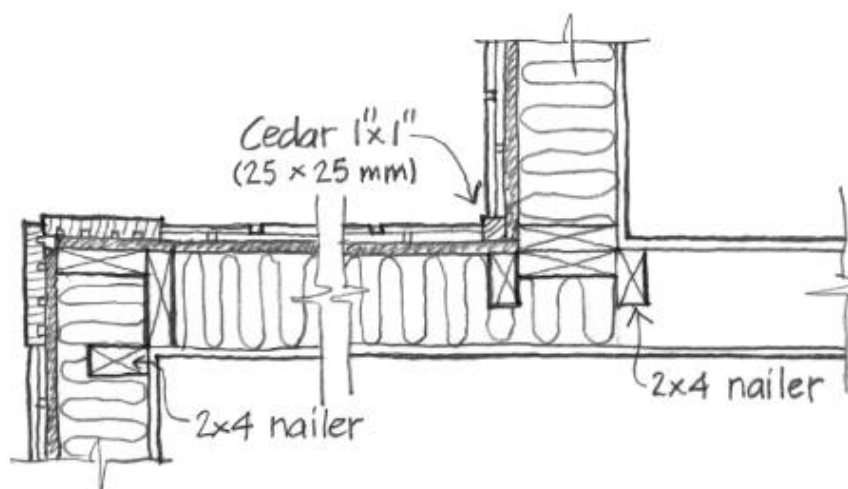
Kemudian kami ingin menyelesaikan pipi dengan sepotong kayu cedar 3/4 in. (19 mm) daripada sirap. Kami memutuskan untuk melakukan ini (Menyusun Detail, Bab 14). Papan sudut tradisional di lingkungan tersebut agak lebar, biasanya sekitar 7 hingga 8 in. (178 hingga

203 mm). Kami akan menggunakan kayu cedar 1 × 8 di satu dinding dan meminta tukang kayu memangkas sekitar 1 in. (25 mm) dari 1 × 8 yang menempel di dalamnya, sehingga lebar kedua papan akan sama. Kami menunjukkan Reveal 1/4 in. (6 mm) (Bab 12) pada sambungan pantat sehingga tukang kayu dapat menghindari beberapa pemasangan yang lebih rumit yang biasanya diperlukan.



Kami juga menunjukkan potongan gergaji dangkal di bagian belakang setiap papan, detail Relieved Back (Bab 6) yang dapat dibuat dengan gergaji meja di lokasi bangunan untuk mengurangi cupping pada papan lebar. Paku akhir galvanis delapan sen akan digunakan untuk memasang papan, dan lapisan sirap akan disambungkan dengan erat pada kedua sisinya. Kami tidak akan mengecat papan sudut: Papan tersebut, seperti sirap dan lis kayu cedar, akan dibiarkan lapuk secara alami (Surfaces That Age Gracefully, Bab 10). Untuk merinci sudut dalam, kami mengikuti praktik standar dengan menggunakan batang kayu cedar berukuran 1 × 1 inci (25 × 25 mm) di sudut, dengan menempelkan kedua bidang sirap dengan erat.

Di dalam gedung, lapisan insulasi akan dipasang di antara tiang dan penghambat uap di atasnya. Kemudian papan gipsum akan dipasang. Kami melihat bahwa papan gipsum pada dua dinding tidak memiliki tiang yang dapat dipaku. Ada beberapa cara untuk menyediakan tiang seperti itu di sudut luar; kami memilih untuk menunjukkan 2 × 4 yang memungkinkan akses untuk insulasi yang akan dimasukkan di belakangnya ke sudut, sehingga menghilangkan potensi jembatan termal. Tiang serupa diperlukan di sudut dalam.



15.7 MEMPERINCI JENDELA

Memilih Jendela

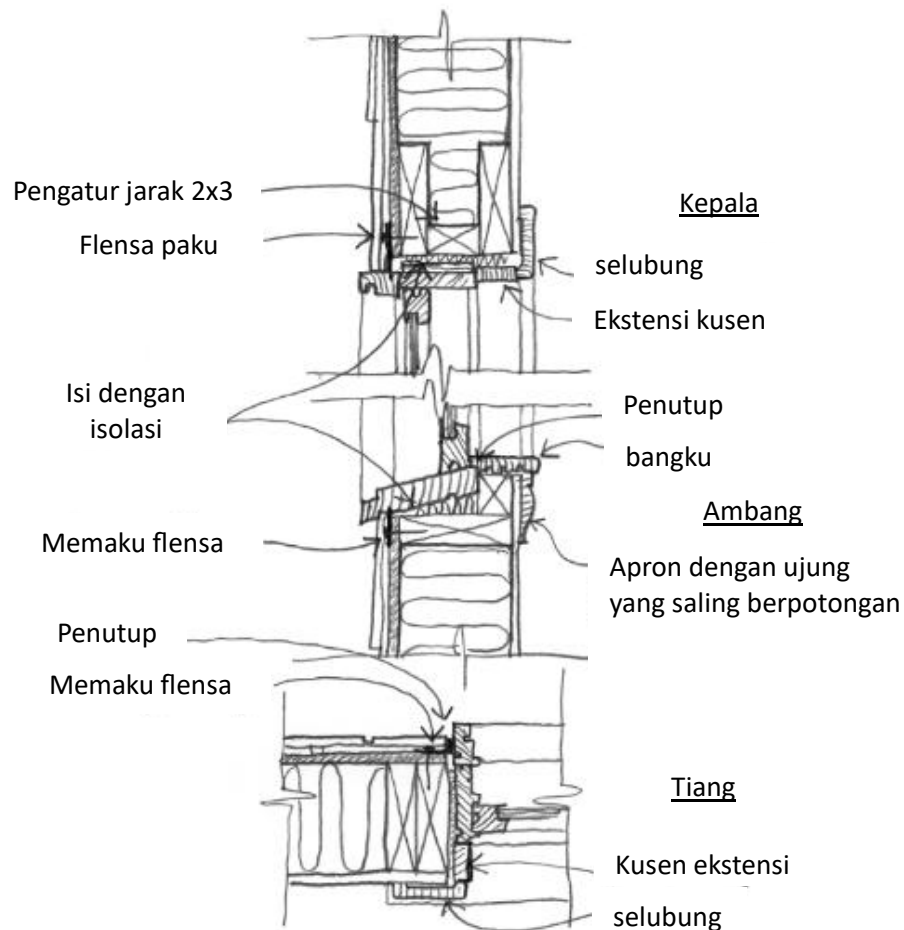
Sekali lagi, dengan mengambil contoh dari rumah-rumah bersejarah di dekatnya, kami memutuskan untuk menggunakan jendela kayu gantung ganda di gedung kami. Kami mempelajari katalog beberapa produsen terkemuka untuk memilih jendela yang akan kami gunakan. Kami mencari jendela yang perawatannya mudah dan tampilannya bagus, dan kami memutuskan untuk menggunakan jendela kayu yang dilapisi vinil putih di bagian luar (Surfaces That Age Gracefully, Bab 10). Kami mencari kinerja termal yang baik dan menemukan bahwa semua produsen yang kami pertimbangkan menyediakan Multiple Glazing (Bab 3) dengan lapisan selektif untuk mencapai nilai isolasi yang sangat baik (Life Cycle, Bab 10).

Kami mencari detail Rainscreen Assembly (Bab 1) dan menemukan bahwa, meskipun semua produsen menggunakan fitur-fitur tertentu dari detail rainscreen, tidak ada yang memasarkan desain rainscreen yang sebenarnya. Kami memeriksa detailnya lebih lanjut dan menemukan bahwa detail satu produsen menggunakan fitur Overhang dan Drip (Bab 1) yang lebih konsisten untuk melindungi jendela dan dinding di sekitarnya. Kinerja jendela yang diuji ini juga mengesankan: Resistansi termal keseluruhan unit jendela, termasuk rangka, adalah R-3,2 (R-22). Ia menggunakan kaca isolasi berisi argon.

Karena detail Weatherstripped Crack (Bab 2) yang cerdas, infiltrasi udara hanya 0,05 cfm per kaki retakan, dan dirancang untuk tekanan angin 40 psf (1,91 kPa). Kami juga tahu bahwa produsen ini memiliki jaringan dealer yang baik di area tersebut dan reputasi yang solid untuk pengiriman tepat waktu (Off-the-Shelf Parts, Bab 13). Kami memfotokopi detail katalog dan menyelipkannya di bawah selembarnya kertas kalkir untuk mulai mendesain detail jendela kami.

Jika kami mengembangkan detail kami menggunakan perancangan berbantuan komputer, atau CAD, kami dapat mengunduh detail tersebut langsung ke berkas gambar kami dari dukungan daring produsen. Hanya ada satu perbedaan signifikan antara detail yang disediakan produsen jendela dan detail yang ingin kami gambar: Kami menggunakan tiang yang lebih dalam 2 in. (51 mm). Kami akan mengembangkan detail kami berdasarkan urutan

konstruksi dan melihat bagaimana hal ini memengaruhi desain kami.



Mengembangkan Detail Dasar

Kami menggambar tiang, header, dan selubung dinding dari bukaan kasar pada detail kepala, ambang, dan kusen standar. Kami memberi jarak pada dua bagian header dengan ukuran 2×3 untuk membuatnya setebal rangka penuh, dan kami menunjukkan insulasi di dalam header (Thermal Break, Bab 3). Unit jendela dimiringkan ke dalam bukaan kasar dari luar dan didorong ke dalam hingga flensa paku plastik menempel rata pada penghalang udara dan selubung. Di semua batas bukaan, penghalang udara dan air dilipat di tepinya dan dilapisi dengan gaya sirap dengan flashing.

Ada Jarak Bebas Pemasangan yang cukup (Bab 11) dan Toleransi Dimensi (Bab 12) antara dimensi bukaan kasar yang direkomendasikan pabrikan dan dimensi luar unit jendela yang membuat pemasangan lima bidang yang berpotensi sulit ini menjadi Pemasangan Geser yang mudah (Bab 12). Unit jendela dipegang dengan tangan sementara ambangnya dipusatkan pada bukaan kasar, diratakan, dan diganjal pada posisi akhirnya. Setelah diperiksa, flens ambang dipaku pada selubung dan rangka dengan paku sirap galvanis, yang kepala lebarnya

memberikan bantalan yang lebih aman terhadap plastik yang relatif rapuh (Mendistribusikan Beban, Bab 7).

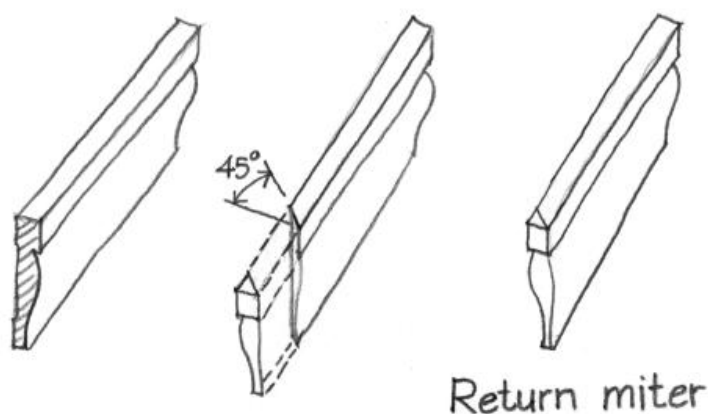
Satu kusen unit jendela kemudian diluruskan, dan flensnya dipaku pada rangka. Jendela diperiksa untuk memastikan bahwa ia beroperasi dengan bebas dan bahwa retakan di sekitar bingkai memiliki lebar yang konstan. Kemudian flens yang tersisa dipaku. Genteng eksterior tidak menimbulkan masalah. Ada lekukan yang nyaman di bagian bawah ambang untuk menyediakan tumpang tindih (Bab 1) dengan genteng dan menciptakan tepi bersih (Bab 12) di tempat keduanya berpotongan. Di kusen, genteng ditahan 1/4 in. (6 mm) dari unit, untuk menyisakan ruang bagi sealant.

Ini adalah sambungan sealant "tidak berfungsi", di mana gerakan yang diantisipasi sangat sedikit, jadi tidak ada batang penopang yang digunakan. Flensa plastik di kepala jendela berfungsi ganda sebagai flashing. Detail pabrik menunjukkan sealant antara genteng dan kepala jendela, tetapi ini tidak masuk akal, karena sealant akan membatasi drainase air bebas dari celah-celah di antara genteng.

Kami merinci kepala tanpa sealant. Saat pindah ke dalam ruangan, ruang antara unit jendela dan rangka kasar diisi dengan insulasi busa semprot. Hal ini dilakukan terutama untuk menyediakan Sistem Penghalang Udara (Bab 2) yang akan mengurangi kebocoran udara. Busa harus dibuat dengan hati-hati untuk mengisi rongga, tetapi tidak berlebihan, yang dapat merusak bingkai jendela dan menyebabkan bingkai jendela terikat.

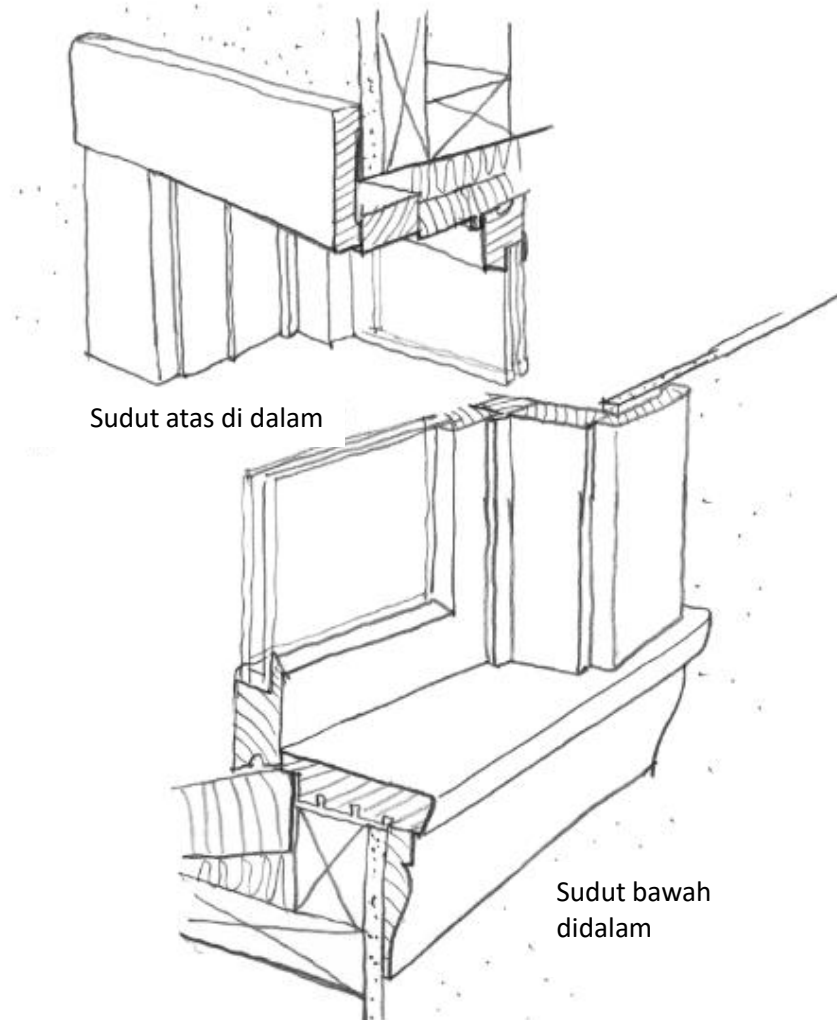
Merinci Finishing Interior

Operasi finishing interior pertama di sekitar setiap jendela adalah memasang bangku, memanjangkannya melewati bukaan di kedua sisi sehingga rangka kusen dapat menempel dengan rapi. Kami menunjukkan sepotong balok kayu untuk menyangga bangku dan tepi atas papan gipsum. Kami menekuk bangku di atas ambang jendela dan memasang manik tipis sealant di antara keduanya untuk menyediakan Upstand kecil (Bab 1) terhadap penetrasi hujan yang terbawa angin.



Kami merinci Bagian Belakang yang Diperlebar (Bab 6) untuk mengurangi distorsi cupping dan Tepi Aman yang membulat (Bab 9) di bagian dalam. Kami membuat catatan untuk menentukan

pelapisan dasar belakang untuk semua bagian trim jendela interior. Untuk menutup celah antara papan gipsium dan bangku, kami memasang apron kayu. Kami memutuskan untuk menggunakan casing datar yang sangat sederhana dan apron yang dibentuk sederhana untuk memangkas jendela. Di kedua ujung apron, bagian belakang yang lega akan terlihat kecuali kami meminta tukang kayu untuk membuat sambungan balik. Ini mudah dilakukan menggunakan gergaji listrik.



Kedalaman rangka bangunan kita yang lebih besar harus ditangani di kusen dan kepala jendela. Ini dilakukan dengan kusen ekstensi bermata persegi sederhana yang dipaku dan direkatkan ke rangka jendela. Beberapa pekerjaan bidang biasanya diperlukan untuk menyesuaikan kedalaman kusen ekstensi yang tepat agar sesuai dengan ketinggian papan gipsium di sekelilingnya. Kemudian kusen dan casing kepala dipasang, meninggalkan sedikit Reveal (Bab 12) di tempat mereka bertemu dengan kusen ekstensi, untuk menyederhanakan pemasangan.

Di dua sudut atas, kita memiliki pilihan antara sambungan miter dan sambungan

pantat. Kita memilih Sambungan Pantat (Bab 12) untuk menghindari kemungkinan miter dapat terbuka dengan cara yang tidak menarik karena penyusutan kayu, meskipun ini merupakan risiko kecil dengan hasil penggilingan yang dikeringkan di tungku dengan lebar yang relatif sempit ini. Sambungan pantat memang mengharuskan miter balik dibuat di dua ujung yang terbuka untuk menyembunyikan bagian belakang yang lega.

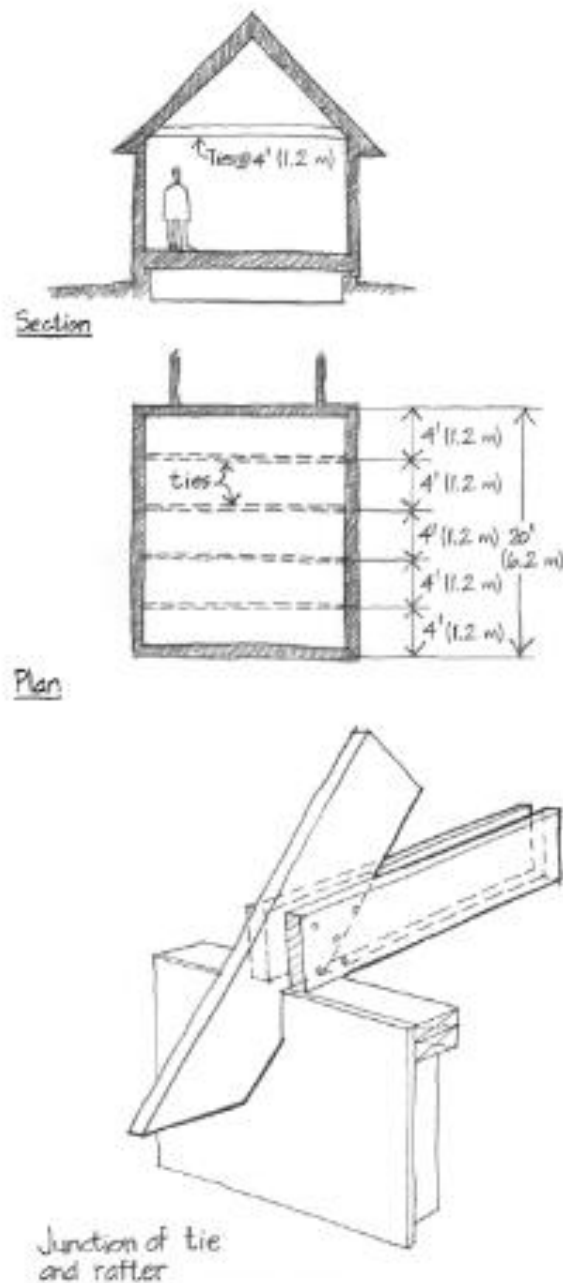
Selalu ada risiko dengan detail jendela bahwa kita mungkin mendesain fitur yang tidak berlanjut ke detail berikutnya dengan cara yang memuaskan. Kita menghindari hal ini sebagian dengan selalu menunjukkan elevasi fitur yang terletak di belakang bidang tempat bagian tersebut dipotong dengan garis tipis. Selain itu, kita menyiapkan beberapa sketsa tiga dimensi untuk melihat bagaimana sudut-sudutnya terlihat.

15.8 MERANCANG IKATAN KAYU

Karena struktur ini tidak memiliki loteng atau balok punggungan, ikatan horizontal yang terbuka harus dipasang pada interval tertentu untuk menjaga bagian bawah kasau agar tidak melebar. Beberapa eksperimen dalam rencana dan perspektif mengarahkan kami untuk memutuskan secara tentatif jarak 4 kaki (1,2 m) di antara ikatan. Analisis matematika sederhana menunjukkan bahwa, pada jarak ini, tegangan pada setiap ikatan akan menjadi 720 lb. (327 kg) di bawah beban salju penuh. Ini adalah gaya yang sangat kecil: Sebuah balok berukuran 1 × 3 dapat menahannya dengan aman. Namun, ada alasan untuk menggunakan sepotong kayu yang lebih besar dari ini: Penghuni bangunan selama bertahun-tahun cenderung menggantungkan sesuatu pada ikatan.

Pekerja dapat meletakkan papan di atasnya untuk memudahkan pekerjaan di langit-langit. Akan ada kesulitan membuat sambungan seberat 720 lb. di ujung balok berukuran 1 × 3 (Rangkaian Kokoh, Bab 10). Perhitungan cepat menunjukkan bahwa sembilan paku sepuluh penny diperlukan, atau baut; tidak satu pun dari opsi ini akan berfungsi dengan anggota sekecil 1 × 3. Kami menyadari bahwa paku akan jauh lebih murah untuk dipasang daripada baut, karena pengencang dan alat pemasangan yang diperlukan sudah ada di ikat pinggang tukang kayu (Onderdil Siap Pakai, Bab 13).

Mungkin alasan paling kuat untuk menggunakan ikatan yang lebih besar adalah bahwa 1 × 3 akan terlihat terlalu ramping dan lemah (Menyusun Detail, Bab 14). Kami memutuskan untuk mencoba sepasang 2 × 8 dengan jarak 11/2 in. (38 mm) di antaranya. 2 × 8 akan cukup kuat untuk menopang papan perancah dan cukup besar untuk menerima paku yang diperlukan di ujungnya. Jarak di antaranya memungkinkan ikatan kembar untuk menjepit ujung kasau, menciptakan sambungan yang mudah. Kami membuat catatan untuk menentukan dimensi lokasi kasau dengan hati-hati pada rencana rangka atap sehingga ikatan akan terjadi tepat pada lokasi yang diinginkan.

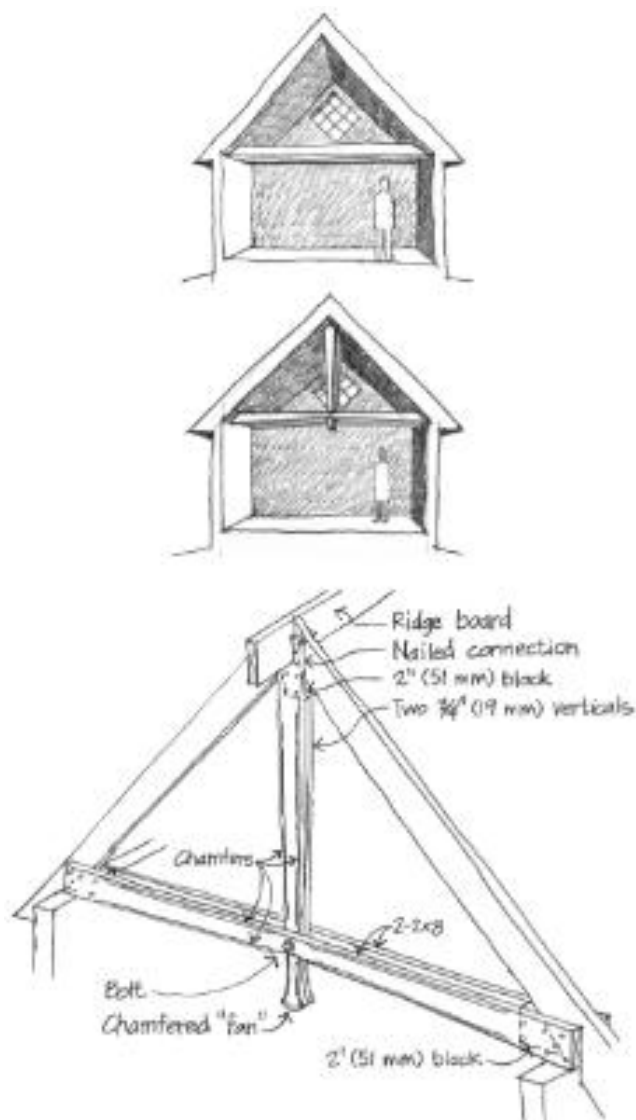


Kami menggambar ikatan 2×8 secara akurat pada penampang melintang bangunan berskala $\frac{1}{4}$ in. (1:48). Ikatan tersebut tampak berat dan berat, horizontalitasnya seakan-akan meniadakan sebagian besar kualitas vertikal ruang atap. Ikatan tersebut bahkan tampak sedikit melorot, ilusi optik yang mungkin disebabkan oleh kontrasnya dengan bidang langit-langit yang mengarah ke atas. Setelah serangkaian percobaan pada lapisan kertas kalkir, kami memutuskan untuk meruncingkan ikatan dari ketebalan penuh di dinding menjadi ketebalan yang dikurangi di bagian tengah, membuat semua lancip di bagian bawah anggota sehingga menciptakan ruang yang sedikit melengkung di bawahnya (Menyempurnakan Detail, Bab 13).

Kami juga menambahkan anggota vertikal yang menghubungkan bagian tengah ikatan ke punggungan. Anggota vertikal memiliki sedikit fungsi struktural, tetapi, bersama dengan

lancipan, tampaknya ikatan tersebut mengatasi horizontalitas ikatan yang kaku, yang berhubungan baik dengan ketinggian penuh ruangan. Kerucut pada semua anggota menunjukkan ketegangan struktural di dalamnya, seperti halnya kerucut pada seutas taffy yang ditarik menunjukkan peregangannya (Intensifikasi dan Ornamen, Bab 14).

Anggota vertikal akan diapit dengan rapi di antara ikatan kembar tetapi harus menempel pada bagian bawah kasau di punggungan sambungan yang sulit dibuat. Kami memutuskan untuk membuat anggota vertikal dari sepasang potongan setebal 3/4 in. (19 mm) yang akan melebar dan sedikit melentur saat naik dari ikatan sehingga dapat dipaku ke kedua sisi kasau di punggungan. Bagian tengah setiap potongan ini harus diberi takik agar dapat melingkari papan punggungan.

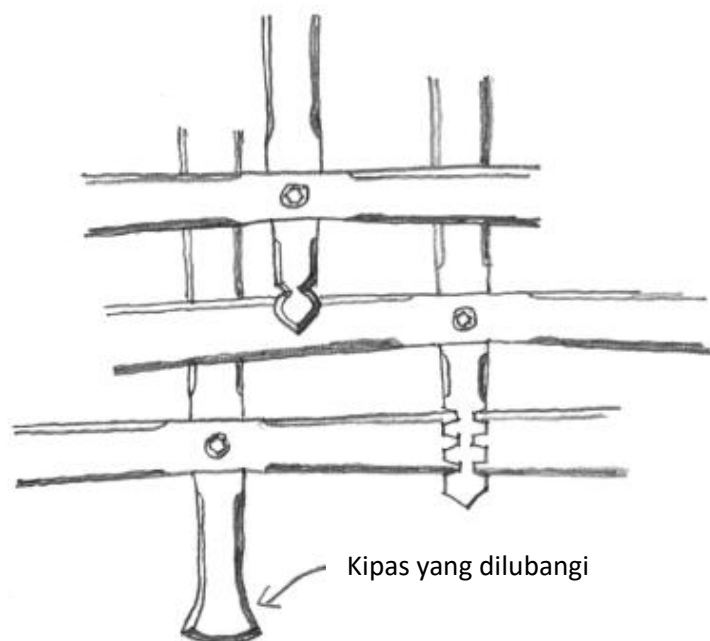


Kami akan menyambungkan elemen vertikal ke elemen horizontal di bagian tengah ikatan dengan baut tunggal yang terbuka. Semua sambungan yang dipaku akan dikubur di konstruksi

atap dan dinding, sehingga tidak terlihat. Di masing-masing dari tiga lokasi tempat elemen berpasangan melewati lapisan akhir interior, kami menambahkan balok pendek untuk menutup celah di antara elemen. Kami perhatikan bahwa manik-manik casing harus dirinci di sekitar setiap penetrasi ini untuk membuat Tepi Bersih (Bab 12) pada lapisan akhir papan gipsum.

Untuk sedikit mempercantik ikatan, kami memutuskan untuk membuat talang pada tepinya, kecuali di zona dekat ujung dan sambungan tengah. Ini adalah bentuk Intensifikasi (Bab 14) yang selanjutnya akan menonjolkan peran tarik elemen dengan membuatnya tampak lebih tipis dan lebih membulat dalam profil. Ujung bawah elemen vertikal tampak acak dan tiba-tiba jika hanya dipotong secara horizontal. Kami mencoba banyak sketsa desain liontin sebelum memasang kipas talang sebagai terminasi yang sesuai (Ornamentasi, Bab 14).

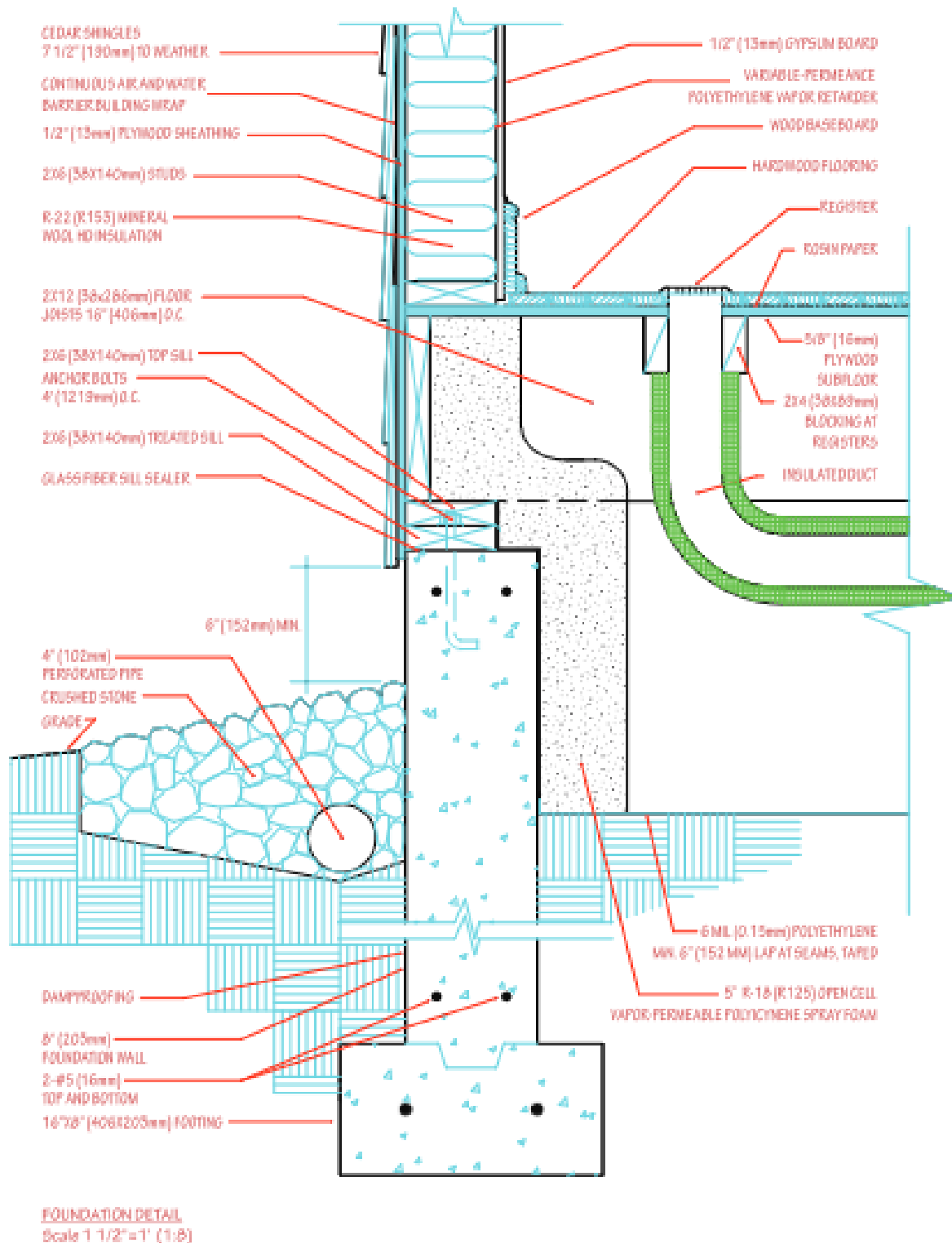
Dalam catatan kami untuk spesifikasi tertulis, kami mencatat bahwa kayu rangka biasa dapat digunakan untuk anggota-anggota ini, tetapi pembangun harus memilih bagian-bagian dengan hati-hati agar dapat menggunakan kayu dengan kualitas visual yang baik. Tanda mutu dan tanda atau lecet lainnya harus diampelas (Hierarki Penyempurnaan, Bab 14). Bergantung pada keputusan akhir kami mengenai penyelesaian interior, kami akan mewarnai anggota-anggota kayu atau mengampelas, memoles, dan mengecatnya. Kayunya mungkin tidak akan memiliki kualitas yang baik sehingga kami ingin memolesnya.

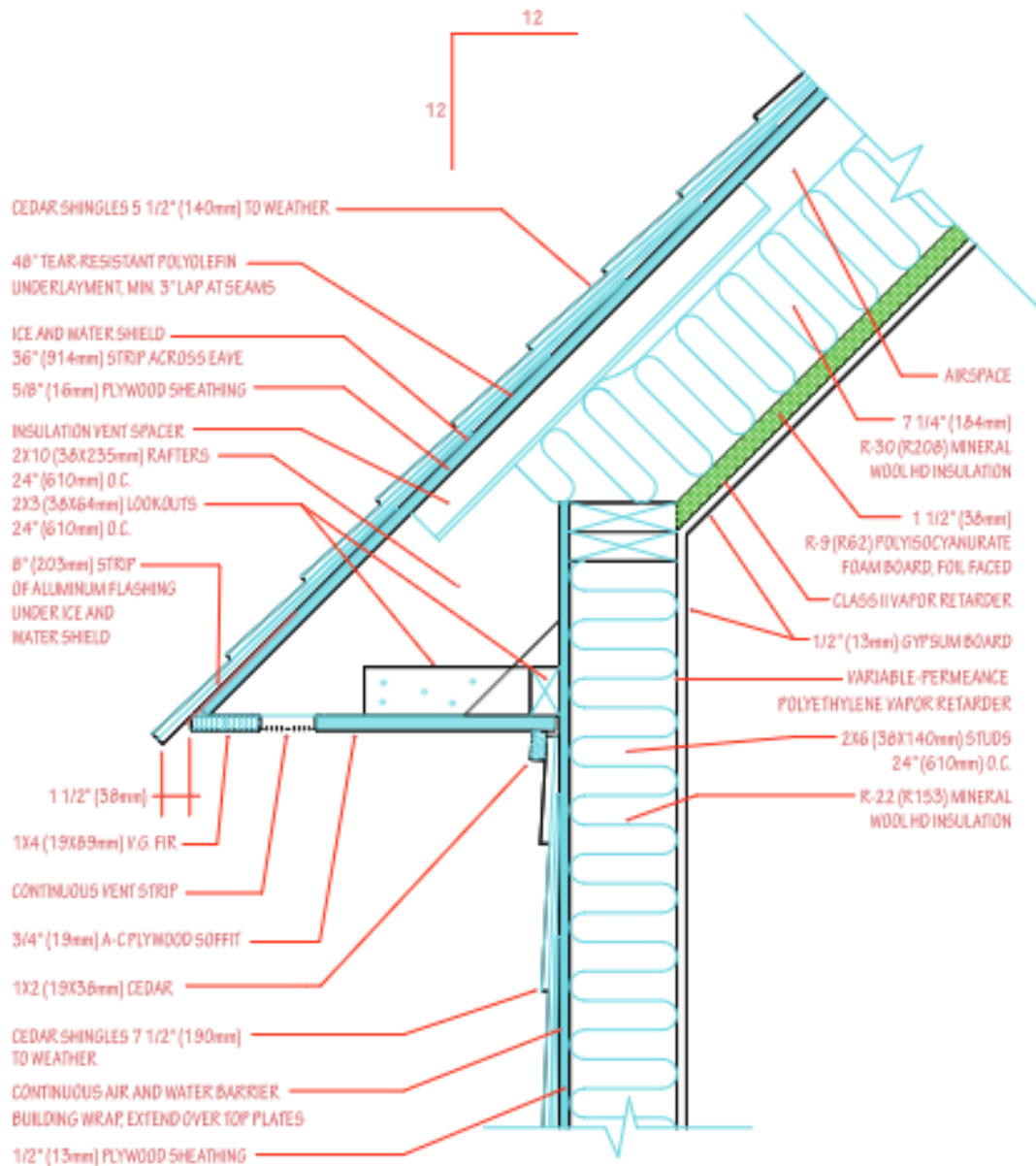


Langkah Berikutnya

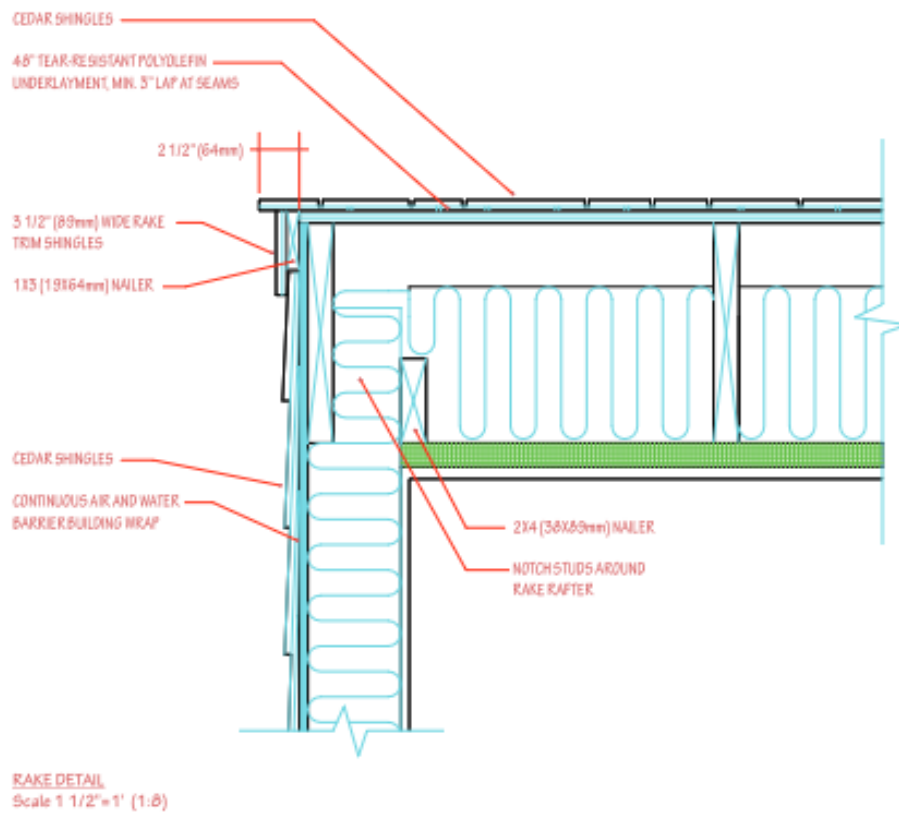
Kami kini telah menyelesaikan desain awal detail utama untuk kantor penjualan. Kami merancang versi detail yang berskala tepat dan tampak jadi untuk ditinjau. Masih ada beberapa detail penting yang perlu dirancang: jendela ceruk, beranda, dan persimpangan atap

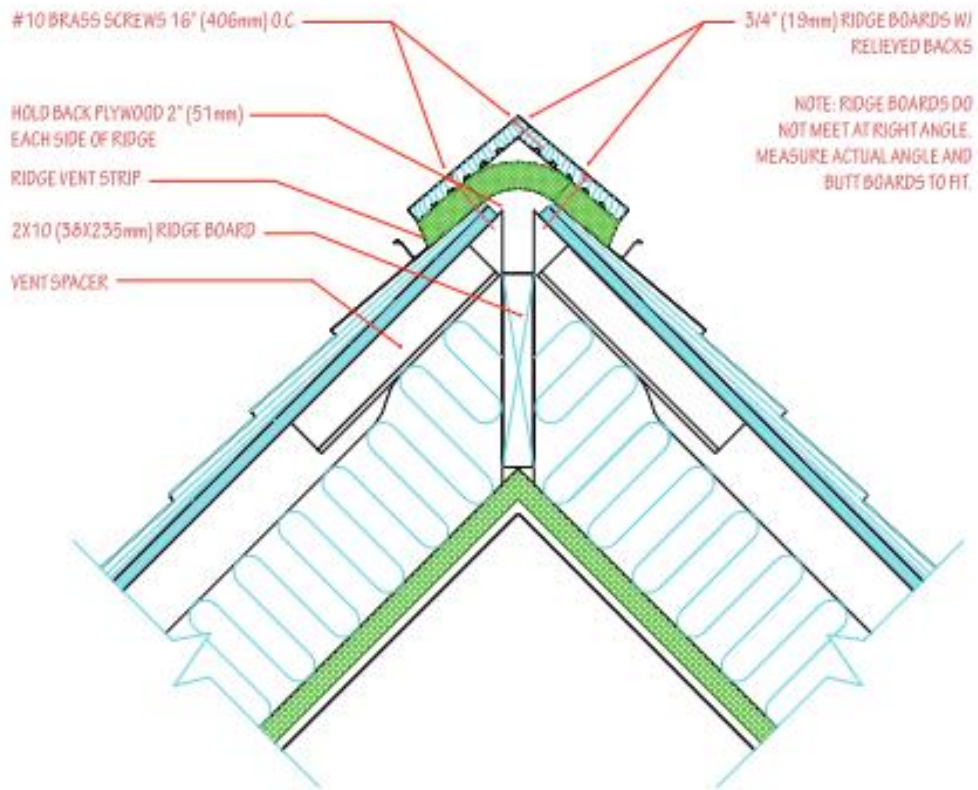
dan dinding tempat massa utama bangunan menyatu dengan ruang toilet. Setelah semuanya selesai, kami akan memeriksa semua detail secara bersamaan untuk memastikan bahwa semuanya konsisten dalam gaya dan untuk memastikan bahwa insulasi termal dan penghambat uap lengkap dan berkesinambungan di seluruh bangunan.



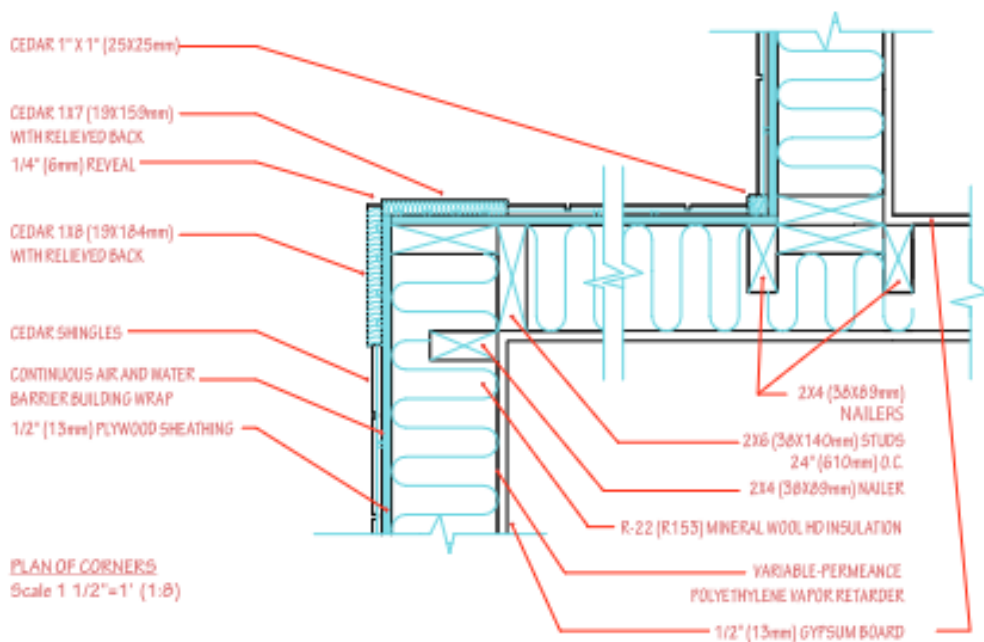


EAVE DETAIL
Scale 1 1/2"=1' (1:8)

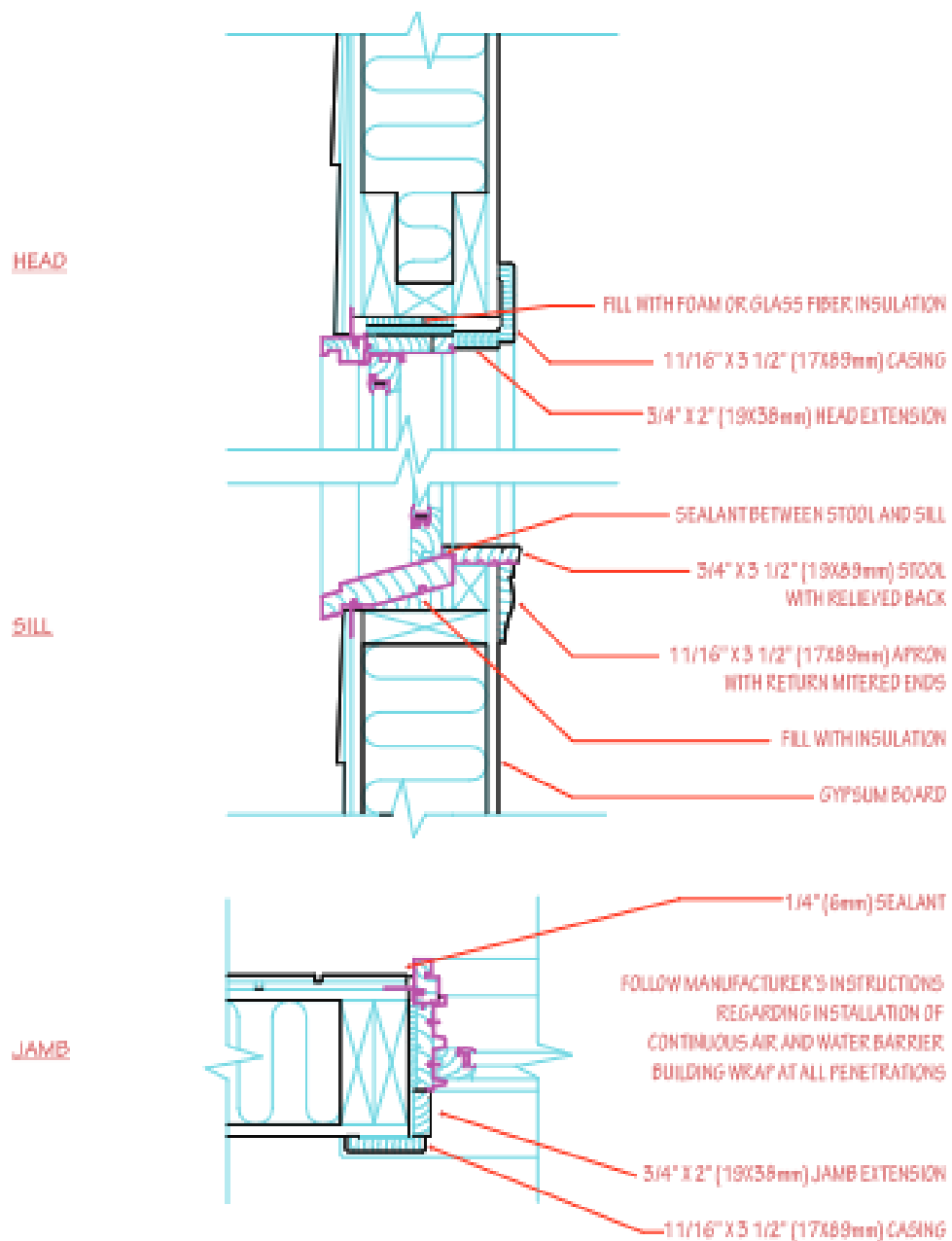




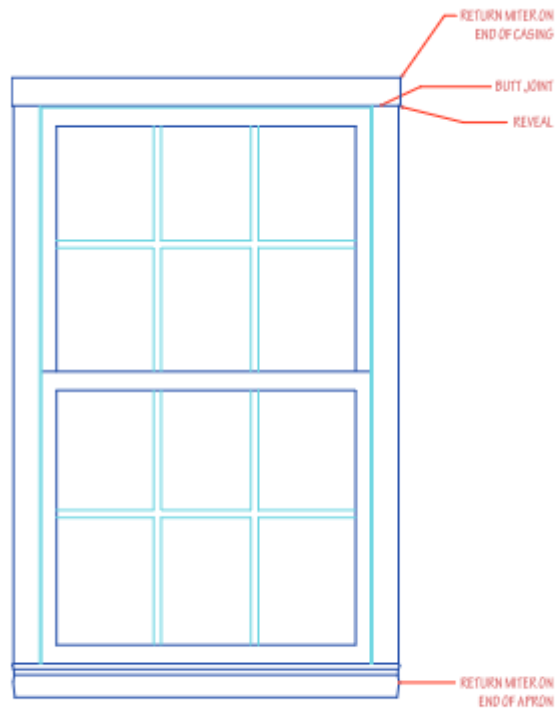
RIDGE DETAIL
Scale 1 1/2"=1' (1:8)



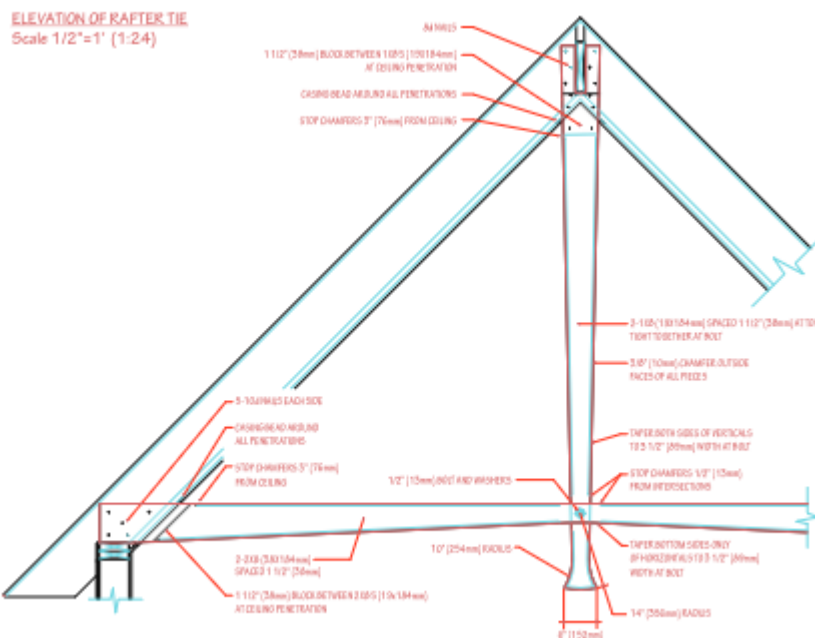
PLAN OF CORNERS
Scale 1 1/2"=1' (1:8)



WINDOW DETAILS
 Scale: 1 1/2" = 1' (1:8)



INTERIOR ELEVATION OF WINDOW FINISH
Scale 3/4"=1' (1:16)



ELEVATION OF RAFTER TIE
Scale 1/2"=1' (1:24)

Ada komponen estetika penting dalam pekerjaan kami: Karakter arsitektur bangunan muncul dengan cara yang menyenangkan saat kami mengembangkan detail-detail utama ini. Detail yang tidak simpatik dapat merusak estetika bangunan yang dirancang dengan baik, sementara detail yang cermat dapat membuatnya lebih baik, yang merupakan hal yang tidak diperhatikan

oleh arsitek yang menganggap diri mereka sebagai desainer tetapi tidak mau mengerjakan detail bangunan mereka.

Saat kami bersiap untuk membuat draf gambar akhir dari semua detail bangunan ini, kami mengumpulkan dan mengatur catatan yang kami buat untuk membantu kami mengingat aspek-aspek utama dari detail ini di fase lain dari pekerjaan proyek. Kami membuat daftar yang mengingatkan kami untuk memasukkan dalam spesifikasi tersebut item-item khusus seperti strip ventilasi bubungan, strip ventilasi sofit, papan sofit, pelindung es dan air, saluran pemisah ventilasi insulasi, logam flashing, papan insulasi busa, lembaran penghambat uap yang lebih tebal, sekrup yang lebih panjang untuk pelapis langit-langit papan gipsum, dan pengencang galvanis celup panas untuk papan sofit, serta komponen yang lebih umum, seperti sirap, selubung, lembaran penghalang udara, papan insulasi, dan papan gipsum.

Kami juga membuat beberapa catatan mengenai hal-hal yang perlu diingat saat kami mengunjungi lokasi berulang kali selama proses konstruksi. Akan lebih baik untuk memberi tahu pembangun terlebih dahulu tentang perlunya membingkai dinding pelana dengan tiang setinggi penuh dan untuk menjorokkan sirap pada rake dan atap dengan jumlah yang diperlukan, sehingga menghindari beberapa kesalahan potensial yang sangat mahal. Detail bubungan cukup rumit sehingga kami harus mendiskusikannya secara rinci dengan pembangun sebelum dibangun.

Penghalang uap dan insulasi ruang bawah tanah juga dapat diuntungkan dari konferensi sebelumnya. Ikatan atap yang terbuka akan memerlukan perhatian ekstra dari arsitek dan kontraktor. Yang pertama dibangun akan diperiksa dengan cermat sebagai contoh untuk yang lainnya (Simulasi Perakitan, Bab 11). Selain ini, detail ini sebagian besar didasarkan pada praktik umum dan mungkin tidak perlu disebutkan secara khusus di lokasi kerja.

BAB 16

DETAIL BANGUNAN DENGAN BETON ARSITEKTUR

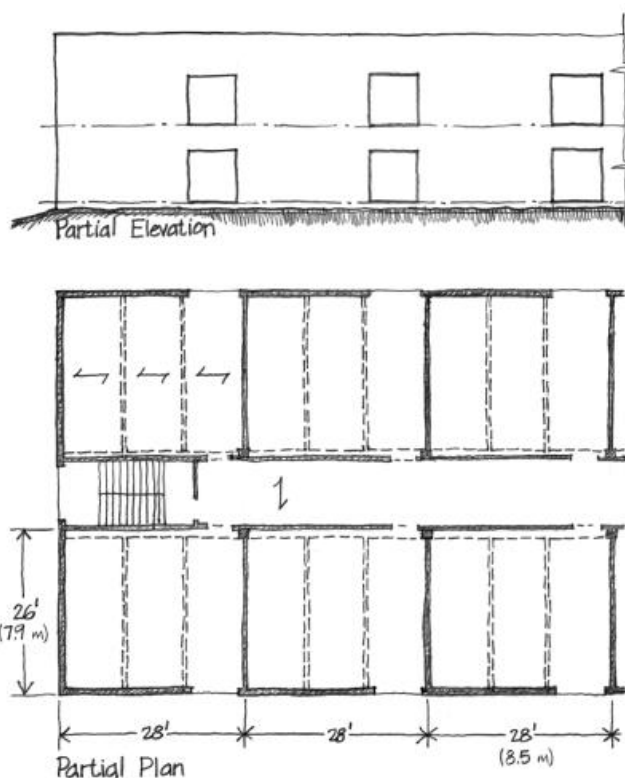
16.1 PROYEK

Proyek ini adalah gedung kelas perguruan tinggi di kampus kecil. Gedung ini terletak di Zona Iklim 4 IECC (Kode Konservasi Energi Internasional).

MENETAPKAN STANDAR KINERJA

Sebagian besar kampus yang ada terdiri dari bangunan abad ke-19 yang dibuat dengan tangan dari granit abu-abu. Pejabat perguruan tinggi menginginkan bangunan yang kokoh dan dibuat dengan baik, tetapi mereka merasa tidak mampu membeli granit. Sebuah bangunan dengan eksterior beton terbuka telah disetujui.

Kode energi IECC yang preskriptif menetapkan nilai insulasi minimum insulasi kontinu R-9,5 untuk dinding massa bangunan ini, insulasi kontinu R-25 untuk atap, dan R-10 untuk 24 inci pada perimeter pelat di atas permukaan tanah (ekuivalen metrik adalah R-65, 173, dan 69 untuk 610 mm). Perguruan tinggi tersebut mewajibkan nilai insulasi yang lebih tinggi, minimal dinding R-19 dan atap R-30 (132 dan 208 $\text{m}^2\text{-}^\circ\text{C}/\text{W}$), untuk mengurangi konsumsi energi dan biaya. Kami akan menggunakan persyaratan preskriptif ini sebagai permulaan, tetapi juga akan berkolaborasi dengan konsultan mekanik kami, yang akan memodelkan kinerja energi menggunakan perangkat lunak analisis energi yang sesuai seperti WUFI (akronim untuk istilah Jerman untuk variabel panas dan kelembapan) dan ENVSTD (ENVELOPE STAnDard) milik ASHRAE.



16.2 RINCIAN UTAMA YANG PERLU DIKEMBANGKAN

Kami akan memulai proses perincian dengan merancang perincian yang ditunjukkan pada bagian dan diagram rencana di sebelah kanan. Ini adalah perincian yang paling umum dan akan berfungsi sebagai dasar untuk merancang perincian yang lebih khusus, seperti yang ada di pintu masuk utama. Kami ingin mengembangkan perincian utama ini sebagai serangkaian Rincian Kontribusi yang konsisten yang bekerja sama dengan baik.

Keputusan Awal Mengenai Material, Struktur, Dan Bentuk

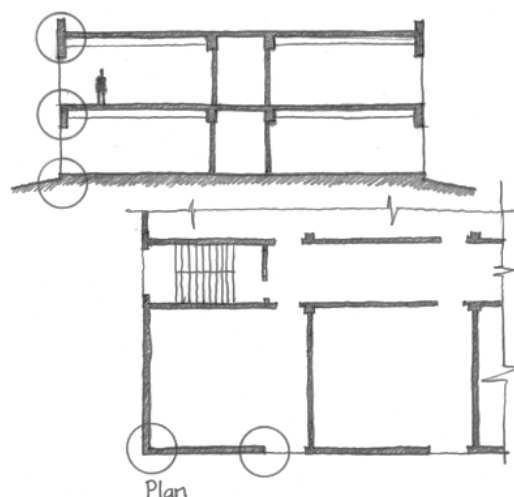
Setiap sayap bangunan dua lantai telah berkembang menjadi dua baris ruang kelas yang mengapit koridor dengan beban ganda. Bekerja sama dengan insinyur struktur, kami telah mengembangkan sistem pelat dan balok beton satu arah untuk lantai atas dan atap. Setiap rongga struktural bangunan berukuran 28 × 26 kaki (8,53 × 7,92 m) agar sesuai dengan ukuran ruang kelas yang diinginkan. Pelat lantai dan atap akan setebal 6 in. (152 mm) dan akan membentang di atas balok beton yang berjarak 9 kaki 4 in. (2835 mm).

Ujung luar setiap balok akan bertumpu pada dinding penahan beban beton setebal 10 in. (254 mm). Ujung dalam akan ditopang oleh balok beton yang membentang di antara kolom dengan jarak 28 kaki (8,53 m). Ketinggian lantai ke lantai telah ditetapkan sementara pada 12 kaki (3658 mm) dan tinggi kepala jendela pada 8 kaki (2438 mm). Ruang kelas akan dipanaskan dan diberi ventilasi oleh sistem volume udara variabel yang saluran utamanya akan berjalan dalam Plenum Horizontal (Bab 8) di atas koridor tengah, dengan cabang ke diffuser di ruang kelas. Tidak akan ada plafon gantung, kecuali di koridor. Skema jendela sementara untuk bangunan ini didasarkan pada satu jendela besar yang terbuka ke sudut setiap ruang kelas. Hal ini menghasilkan elevasi yang sangat sederhana dan tenang.

Pekerjaan Awal Pada Bahan Dan Detail

Saat mengerjakan elevasi khas sayap ruang kelas, kami mengembangkan pola kusen jendela yang akan menyediakan dua bingkai jendela dan pagar pengaman setinggi pinggang. Asimetri pengaturan ini dimaksudkan agar selaras dengan lokasi jendela yang asimetris di setiap ruangan di bagian dalam. Kami memeriksa kode bangunan dan menemukan bahwa kaca temper akan diperlukan di bagian bawah jendela, karena kaca tersebut melebihi area yang diizinkan untuk kaca anil biasa yang begitu dekat dengan lantai (Pengkaca Aman, Bab 9). Kami membuat catatan untuk memberi tahu penulis spesifikasi.

Dinding beton perlu dibangun dalam sejumlah tuangan terpisah, mulai dari tanah dan terus ke atas. Sambungan di antara tuangan akan terlihat apa pun yang kami lakukan, jadi kami akan mengikuti praktik standar menggunakan strip rustikasi tersembunyi di garis tuangan untuk membuat pola Reveals (Bab 12) yang akan menutupi sambungan dengan kisi-kisi garis

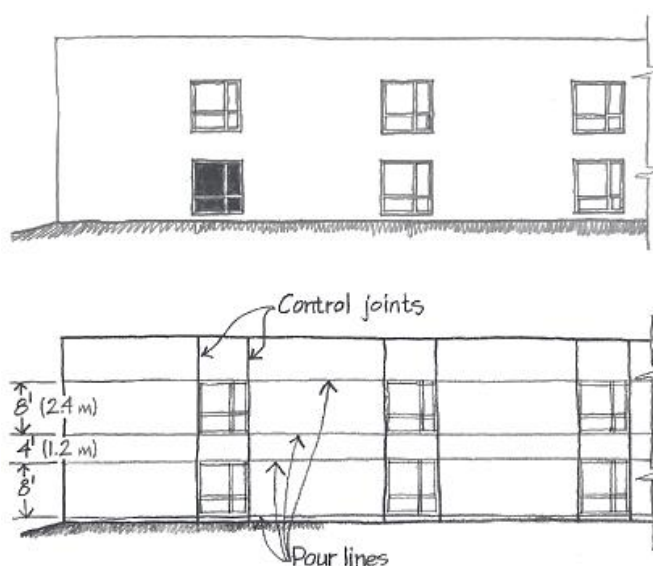


bayangan yang teratur. Kita juga harus mengantisipasi keretakan yang akan terjadi pada dinding saat beton menyusut dengan merancang pola Sambungan Kontrol (Bab 6) untuk menyalurkan keretakan ini dengan cara yang dapat diterima (Umur yang Diharapkan, Bab 10).

Selain itu, bekisting untuk dinding akan memerlukan ikatan bekisting pada interval yang rapat; ini akan meninggalkan lubang yang terlihat pada beton yang akan kita buat sebersih mungkin (Tepi Bersih, Bab 12) dengan menggunakan kerucut plastik untuk membentuk ceruk yang rapi di ujung ikatan. Dari garis tuang, sambungan kontrol, dan lubang ikatan bekisting, kita akan membuat komposisi visual untuk muka bangunan (Intensifikasi dan Ornamen, Bab 14). Tuang beton secara alami terbagi menjadi lapisan horizontal, satu untuk setiap pelat lantai dan spandrel, dan satu untuk setiap lantai tinggi dinding.

Setiap tuangan dinding akan setinggi 8 kaki (2438 mm), sehingga memerlukan bekisting yang tingginya beberapa inci lebih dari 8 kaki. Dimensi tambahan diperlukan untuk memungkinkan tumpang tindih lapisan dinding yang sebelumnya dituang di bawah dan untuk mencegah beton meluap dari bekisting di bagian atas. Pemeriksaan beberapa katalog produsen menunjukkan bahwa kayu lapis bekisting hingga sepanjang 10 kaki (3048 mm) sudah tersedia, dan insinyur struktur mengatakan bahwa tinggi tuangan 8 kaki (2438 mm) tidak memerlukan bekisting yang luar biasa kuat untuk menahan tekanan beton basah.

Kami akan mengukur dimensi bangunan berulang-ulang sehingga bagian-bagian bekisting dapat digunakan berulang-ulang selama konstruksi berlangsung (Perakitan Berulang, Bab 11). Sambungan kontrol harus ditempatkan untuk mengendalikan keretakan pada titik-titik kelemahan di dinding. Titik-titik tersebut terdapat pada setiap bukaan jendela. American Concrete Institute (ACI) merekomendasikan jarak sambungan maksimum 20 kaki (6,1 m), jadi kami memutuskan untuk menempatkan



sambungan kontrol di setiap sisi setiap bukaan jendela. Kami membuat catatan untuk menentukan campuran pengurang air guna meminimalkan penyusutan beton; ini akan mengurangi potensi retak dan juga akan membantu menghilangkan rongga yang tidak menarik di permukaan luar beton, dengan membuat beton mengalir lebih mudah ke dalam bekisting.

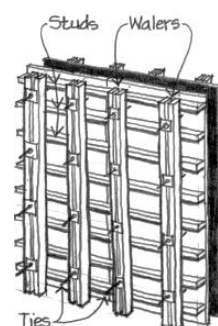
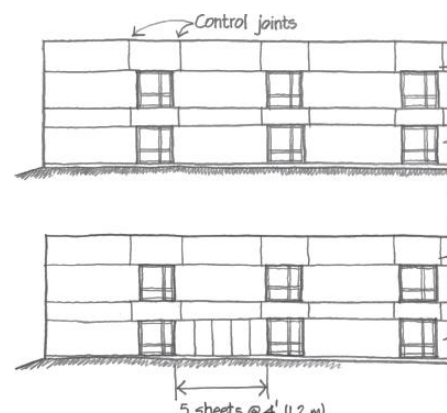
Kami mencari Toleransi Dimensi standar (Bab 12) untuk struktur beton cor dalam publikasi ACI 117–10, Toleransi Standar untuk Konstruksi dan Material Beton. Ini menunjukkan bahwa dimensi keseluruhan bangunan yang dibangun dengan ukuran ini dapat bervariasi hingga 1 inci (25 mm) di kedua arah, dan bahwa ketebalan dinding dapat bervariasi hingga 3/8 inci (9 mm). Dimensi panjang dinding individual dapat bervariasi hingga 1/2 inci (13 mm). Kami

akan merincinya sebagaimana mestinya (Robust Assemble, Bab 10). Setelah membuat keputusan sementara ini, kami membuat gambar elevasi untuk melihat seperti apa tampilan muka bangunan dengan strip rustikasi dan sambungan kontrol yang sudah terpasang. Setelah mempelajari gambar ini, kami memindahkan sambungan kontrol vertikal beberapa inci di luar kusen jendela untuk memberikan area ambang jendela spandrel posisi yang jelas pada dinding di bawahnya.

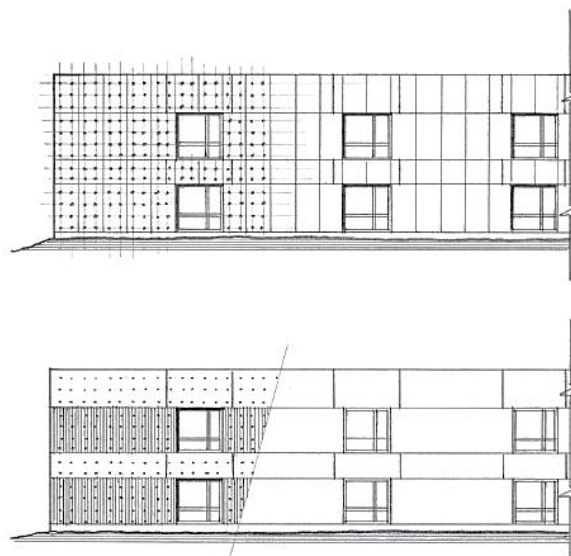
Sekarang kami mempertimbangkan cara memadukan pola lubang pengikat bekisting dengan pola sementara strip rustikasi dan sambungan kontrol. Insinyur struktur memberi tahu kami bahwa pengikat bekisting biasanya diberi jarak sekitar 2 kaki (610 mm), baik secara vertikal maupun horizontal. Melihat sepotong dinding yang membentang dari satu jendela ke jendela berikutnya, kami melihat bahwa diperlukan lima lembar kayu lapis, masing-masing berukuran 4 × 9 kaki (1,22 × 2,74 m), dengan dimensi panjang vertikal. Dengan membaca buku tentang konstruksi bekisting, kami menemukan bahwa kayu lapis perlu ditopang oleh tiang penyangga yang membentang di sepanjang lebar lembaran, yang dalam kasus ini akan horizontal.

Kancing-kancing tersebut ditopang oleh waler yang berjalan tegak lurus terhadap kancing-kancing tersebut, dan waler-waler tersebut ditopang oleh ikatan logam yang berjalan melalui bekisting ke waler-waler di sisi lainnya. Jika kita memberi jarak ikatan bekisting sejauh 1 kaki (305 mm) dari setiap tepi setiap lembar kayu lapis, ini menghasilkan pola lubang-lubang yang teratur yang bekerja dengan baik dengan sambungan-sambungan kayu lapis dan memberikan jarak 2 kaki (610 mm) secara horizontal. Secara vertikal, jika kita membagi setiap lembar menjadi tiga ruang di antara lubang-lubang yang ditempatkan sejauh 1 kaki (305 mm) dari atas dan bawah, jarak ikatannya menjadi 2 kaki (610 mm).

Insinyur struktur melakukan pemeriksaan awal pada kekakuan waler-waler. Ia mengatakan bahwa dimensi 2 kaki akan baik-baik saja, dan mencatat pentingnya menentukan bekisting yang kaku untuk menghindari tonjolan-tonjolan yang tidak menarik pada permukaan dinding yang telah selesai (Struktur-Struktur Kecil, Bab 7). Bekisting dapat dirancang oleh arsitek tetapi biasanya direkayasa oleh kontraktor, bukan arsitek atau insinyur struktur; namun, kami dapat menentukan defleksi maksimum yang diizinkan untuk kayu lapis, tiang, dan dinding.



Dengan lubang pengikat bekisting yang ditambahkan pada gambar, kami memeriksa pola dan proporsi elevasi: Polanya teratur dan proporsional, tetapi agak hambar. Pembahasan beralih ke tekstur permukaan untuk beton. Tekstur dapat mengatasi kebosanan fasad dan juga membantu menyembunyikan cacat kecil pada pekerjaan beton. Setelah percobaan yang cukup lama pada pelapisan kertas kalkir, keputusan dibuat untuk menggunakan tekstur papan vertikal pada dinding dan melakukan sandblasting ringan pada spandrel untuk menciptakan permukaan matte yang seharusnya kontras dengan papan. Tekstur papan juga akan mengaburkan tanda sambungan vertikal antara panel bekisting, dan tekstur sandblasted akan melembutkannya secara signifikan. Kami akan meminta kontraktor untuk menyiapkan panel sampel dari perawatan beton ini sehingga kami dapat memverifikasi bahwa panel tersebut memiliki tampilan yang kami inginkan.



16.3 MEMFORMULASI PENDEKATAN TERHADAP FUNGSI-FUNGSI PENTING DINDING Kebocoran Air

Beton arsitektur, karena geometrinya yang sederhana dan masif, tidak mudah beradaptasi dengan pendekatan layar hujan untuk kedap air. Sebaliknya, kita harus merincinya sebaik mungkin untuk menghilangkan celah-celah tempat air dapat menembus dinding. Kita akan mulai dengan menentukan beton yang kuat dan padat dan dengan menekankan getaran beton yang hati-hati ke dalam cetakan, untuk menghilangkan rongga. Kita akan mengendalikan keretakan dengan merancang campuran beton yang menggunakan sedikit air, dengan menyediakan tulangan baja yang cukup untuk dinding, dengan menekankan pengeringan basah yang lama dan hati-hati, dan dengan menyediakan sambungan kontrol yang disegel pada interval yang sesuai.

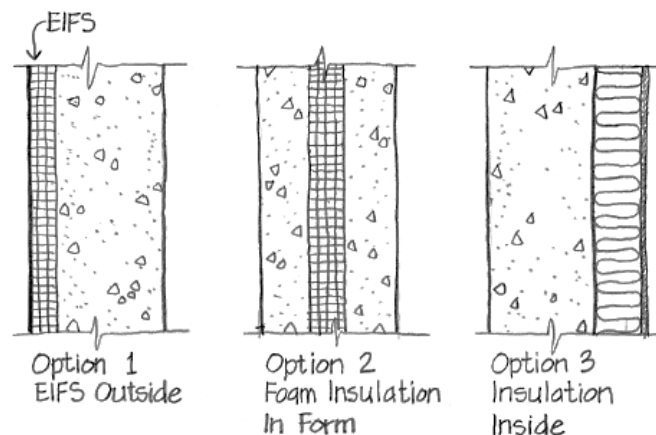
Isolasi Termal dan Uap Air Beton adalah isolator termal yang buruk. Kami meninjau beberapa opsi untuk memasang Isolasi Termal (Bab 3): Kita dapat meletakkannya di bagian luar dinding, menggunakan sistem isolasi dan pelapis eksterior (EIFS). Ini akan memberi bangunan keuntungan dari Massa Termal Terisolasi-Luar (Bab 3), dan akan memungkinkan pekerjaan beton dilakukan pada tingkat pengerjaan yang jauh lebih murah (Progressive Finish, Bab 12). Namun, kami menolak opsi ini, karena tampilan luarnya akan menjadi bangunan plesteran yang samar-samar, bukan beton yang garis tepinya tegas, dan karena kami merasa bahwa EIFS tidak cukup tahan terhadap kerusakan fisik untuk digunakan di kampus.

Opsi kedua adalah memasang insulasi busa plastik di dalam bekisting dan menuangkan beton di sekelilingnya atau di sebelahnya. Setelah berdiskusi dengan anggota tim proyek, kami

membuang ide ini, karena busa itu rapuh, cenderung mengapung, dan karenanya akan menciptakan banyak komplikasi potensial selama operasi pembentukan dan penuangan. Sebagai opsi ketiga, kami mempertimbangkan untuk memasang insulasi termal di sisi dalam dinding beton, dalam operasi terpisah yang dilakukan kemudian dalam proses konstruksi. Strip atau tiang penguat logam akan diperlukan untuk menyangga lapisan akhir interior (mungkin papan dinding gipsum atau plester veneer) di atas insulasi. Insinyur mekanik membuat beberapa coretan dan mengumumkan bahwa insulasi busa poliuretan setebal 3¼ in. (83 mm) atau insulasi serat kaca efisiensi tinggi setebal 4¾ in.

(121 mm) akan cukup untuk memenuhi target perguruan tinggi untuk efisiensi energi. Alternatif busa plastik akan menciptakan sedikit lebih banyak ruang lantai yang dapat digunakan tetapi akan lebih mahal dan tidak akan terintegrasi dengan baik dengan pekerjaan listrik. Alternatif serat kaca akan menyediakan ruang yang cukup untuk kabel listrik. Kami memutuskan untuk mengadopsi pendekatan hibrida menggunakan lapisan tipis poliuretan yang disemprotkan ke permukaan bagian dalam beton dan bilah di antara tiang logam. Opsi ini dibangun berlapis-lapis ke arah interior bangunan, yang memungkinkan kami untuk memeriksa bahwa setiap lapisan terpasang dengan benar sebelum memasang lapisan berikutnya.

Kami mencatat dengan penyesalan bahwa dinding eksterior tidak dapat menjadi bagian yang sangat berguna dari massa termal bangunan dengan insulasi di bagian dalam, tetapi Massa Termal Terisolasi Luar yang cukup besar (Bab 3) masih tersisa di lantai dan struktur atap. Dan meskipun kami kehilangan lapisan beton yang terbuka pada permukaan interior dinding, lapisan dinding gipsum yang dicat akan sangat



kontras dengan langit-langit beton yang terbuka (Hierarki Penyempurnaan, Bab 14), dan pekerja beton dapat memusatkan perhatian mereka untuk menciptakan lapisan yang sempurna hanya pada satu sisi dinding—eksterior. Strategi insulasi sisi interior kami juga kompatibel dengan pendekatan yang digunakan kampus untuk meningkatkan efisiensi termal beberapa bangunan batu bata yang menahan beban di kampus.

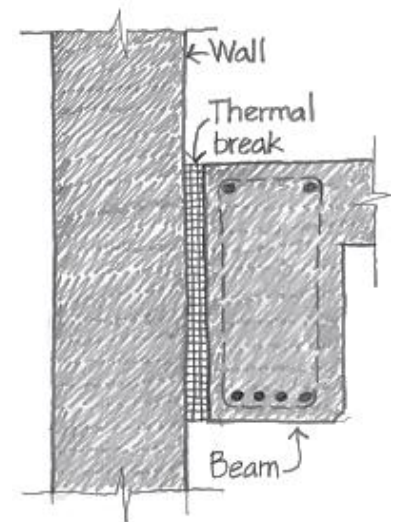
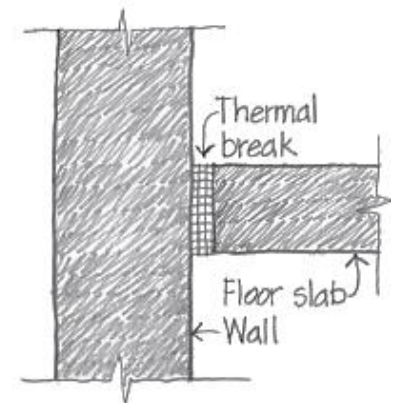
Sekarang kita bahas masalah jembatan termal yang ada di tempat pelat dan balok menyambung dengan dinding penahan beban eksterior. Insinyur struktur memutuskan bahwa tidak ada alasan pelat satu arah harus menyambung langsung dengan dinding, dan detail Thermal Break (Bab 3) dibuat sketsa yang melibatkan penyisipan strip insulasi busa plastik ke dalam bekisting di tepi pelat, sebelum dituang. Ini hanya menyisakan persimpangan balok sebagai jembatan termal, dan insinyur mekanik memperkirakan bahwa efeknya dapat diabaikan dalam kehilangan panas keseluruhan bangunan.

Lebih jauh lagi, potensi kondensasi kelembapan pada permukaan interior balok di dekat dinding luar terbukti minimal, karena perhitungan menunjukkan bahwa nilai isolasi beton sepanjang 15 in. (381 mm) yang harus dilalui panas untuk keluar sepanjang balok cukup untuk memastikan Permukaan Interior yang Hangat tidak hangat saat disentuh, tetapi kira-kira sama hangatnya dengan permukaan interior jendela berlapis ganda, yang cukup baik untuk menghindari kondensasi dalam sebagian besar kondisi.

Ada jembatan termal yang lebih serius di dinding ujung bangunan, tempat pelat ditopang terus menerus oleh dinding. Setelah banyak berdiskusi dengan insinyur, kami memutuskan untuk menopang tepi pelat pada balok lain di lokasi ini, dan memisahkan balok dari dinding dengan Thermal Break busa (Bab 3), mirip dengan yang digunakan pada dinding samping. Namun, kita harus menyediakan sambungan beton bertulang antara balok dan dinding pada interval tertentu untuk memberikan dukungan lateral pada dinding, dan sambungan ini harus tetap berfungsi sebagai jembatan termal. Pemutus termal memang menimbulkan masalah kepatuhan kode.

Mengingat penggunaan, tinggi, dan luas lantai bangunan, kode bangunan mengharuskan lantai memiliki peringkat ketahanan api selama dua jam. Pemutus termal busa plastik tidak memiliki ketahanan api. Untuk mengatasi hal ini, kita akan menetapkan bahwa pemutus termal busa dilepas setelah beton mengeras, dan diganti dengan pengaman serat mineral yang digantung pada klip logam lembaran. Pengaman adalah lapisan dengan titik leleh tinggi yang hampir sama bagusnya sebagai isolator termal seperti busa plastik. Busa dapat dilepas dengan mudah dengan membakarnya menggunakan obor propana.

Produk pembakaran busa poliuretan secara kimiawi mirip dengan asap kayu, tetapi kita harus memeriksa untuk melihat apakah peraturan kualitas udara setempat mengizinkan cara menghilangkan busa ini. Tim desain mengadopsi merek dan model jendela aluminium tertentu karena keberhasilannya dalam hal estetika, fungsi, dan ekonomi di beberapa gedung sebelumnya yang telah dirancang oleh kantor tersebut. Desain jendela ini menggabungkan



banyak pola detail, yang terpenting adalah Multiple Glazing dan Thermal Break.

Memperinci Bagian-Bagian Dinding

Setelah keputusan sementara ini dibuat, kami siap untuk mulai merancang konstruksi detail utama untuk dinding yang umum, dengan skala $1\frac{1}{2}$ in. = 1 ft. (1:8) sehingga kami dapat memvisualisasikan detailnya secara lebih lengkap. Kami menggambar garis luar pelat dan dinding dengan pensil tipis untuk detail spandrel dan detail parapet. Pengaman dan pola perkiraan tulangan baja (diperoleh dari teknisi) ditambahkan ke pekerjaan beton pada bagian dinding.

Mengingat ketebalan isolasi termal yang dibutuhkan, kami memutuskan untuk menambahkan dinding rangka baja berukuran $3\frac{5}{8}$ in. (92 mm) penuh di dalam dinding beton, alih-alih strip penguat biasa. Daripada menempatkan rangka langsung pada permukaan dinding beton, kami menyisakan ruang 1 in. (25 mm) di antara keduanya. Ini akan menyediakan ruang untuk insulasi busa semprot poliuretan yang berkelanjutan, dan juga akan memberikan Toleransi Dimensi yang cukup besar (Bab 12) untuk menghindari konflik dengan tonjolan atau ketidakakuratan sesekali pada permukaan beton.

Rangka tiang baja akan dipasang sebelum aplikasi busa semprot sehingga busa yang mengembang mendekati dimensi antara beton dan tiang baja. Jika busa mengembang sedikit ke dalam rongga tiang, itu tidak berbahaya. Insulasi batt yang tidak dilapisi akan dipasang di antara tiang. Tiang juga menyediakan bentuk Plenum Horizontal (Bab 8) untuk kabel listrik. Insulasi busa poliuretan sel tertutup dan kepadatan tinggi juga merupakan penghambat uap dan penghalang udara yang efektif yang akan mencegah uap interior mencapai dinding eksterior beton, yang permukaan dalamnya mungkin berada di bawah titik embun di musim dingin.

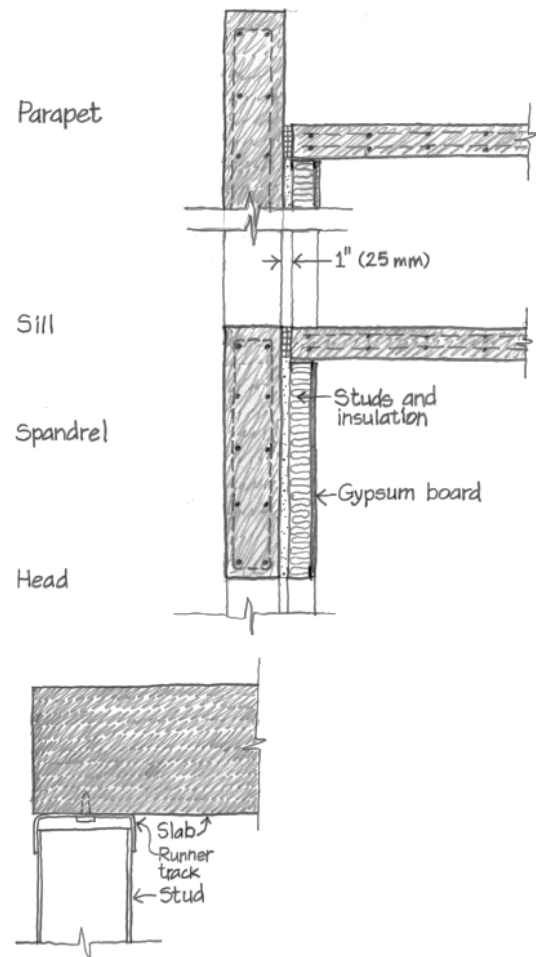
Semua lapisan yang mengarah ke bagian dalam busa ini harus dipilih agar memiliki daya tembus uap yang tinggi untuk memungkinkan pergerakan uap ke dalam, sehingga tidak terperangkap dalam rakitan dinding bagian dalam. Di tempat dinding tiang penyangga menyambung dengan langit-langit, Sambungan Struktur/Penutup (Bab 6) dibuat dengan memotong tiang penyangga agak pendek dari bagian dalam lintasan pelari logam; hal ini

memungkinkan perbedaan potensial $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) dari defleksi pelat gabungan dan gerak merayap dari satu lantai ke lantai berikutnya yang telah diperkirakan oleh insinyur struktur.

Merinci Bukaannya Jendela

Setelah percobaan dan kesalahan yang cukup banyak pada lapisan kertas kalkir, kepala jendela dan ambang jendela ditambahkan ke bagian pengembangan. Rincian ini harus disempurnakan lebih lanjut setelah berkonsultasi dengan produsen jendela. "Rincian umum" katalog jendela menunjukkan kusen kayu kasar; kami mengusulkan agar kepala dan kusen unit jendela disekrup ke potongan kayu lapis yang dipasang ke beton dengan sekrup dan jangkar ekspansi. Kayu lapis harus diperlakukan dengan bahan pengawet sehingga tidak akan membusuk jika terkena kebocoran air atau kondensasi.

Jarak Pemasangan yang ditentukan produsen (Bab 11) antara kayu lapis dan rangka jendela akan diambil alih oleh ganjal. Ukuran nominal celah ini, $\frac{7}{8}$ in. (22 mm), akan memperhitungkan ketidakakuratan maksimum yang diharapkan dalam pekerjaan beton ($\pm \frac{1}{2}$ in. atau 13 mm) ditambah ruang yang diperlukan agar unit jendela aluminium dapat meluncur dengan mudah ke posisinya ($\frac{3}{8}$ in. atau 9 mm). Setiap strip kayu lapis akan memanjang ke dalam bangunan untuk menstabilkan dinding rangka baja, yang akan diikat dengan sekrup sadap sendiri.



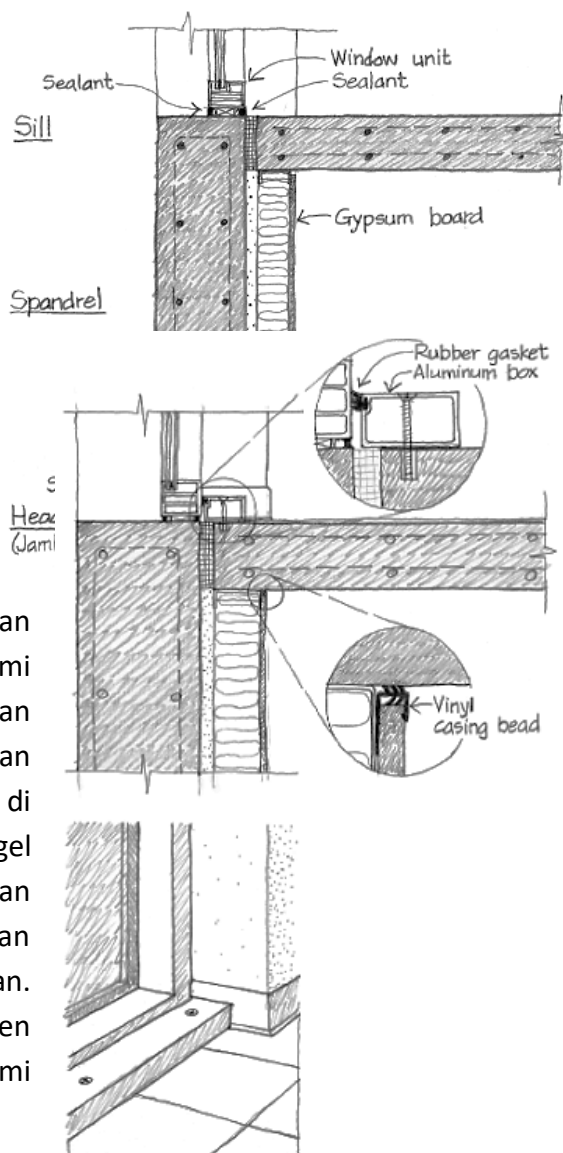
Lapisan dinding gipsium akan kembali mengelilingi kayu lapis dengan manik sudut untuk menyelesaikannya terhadap rangka jendela dengan Tepi Bersih (Bab 12) yang dibuat oleh manik casing logam. Di sisi luar, ketebalan kayu lapis akan menyediakan pemasangan Sambungan Sealant berukuran besar (Bab 1) dan batang penopang. Kecuali untuk sambungan sealant, jendela akan dipasang dari dalam bangunan.

Sambungan pada kepala jendela terlindungi dengan baik dari air oleh alur tetesan dan tonjolan spandrel di atasnya, jadi cacat pada sealant tidak mungkin menyebabkan kebocoran air. Namun, sambungan sealant pada kusen dan ambang jendela kemungkinan akan basah selama hujan badai, dan dapat bocor jika rusak. Kami memutuskan untuk memperlakukan sambungan sealant eksterior sebagai segel pencegah, dan menyediakan sambungan sealant kedua di sepanjang tepi interior unit jendela sebagai segel udara. Jika sealant eksterior cacat, segel interior dan ruang di sekitar unit jendela akan menciptakan Perakitan Rainscreen dan Penyetaraan Tekanan. Kami menyadari bahwa detail kepala dan kusen desain kami hampir identik, jadi untuk saat ini kami akan mengembangkan detail kepala saja.

Merinci Lapisan Interior

Rincian interior diselesaikan dengan manik casing vinil standar yang memiliki wiper yang dapat dikompresi untuk menyediakan defleksi pelat langit-langit di sepanjang tepi atas papan gipsium, alas vinil standar sebagai Pelindung Bangunan (Bab 10) di kaki dinding, dan ekstrusi kotak aluminium dengan Sliding Fit (Bab 12) di ambang jendela untuk menutupi penahan termal plastik busa. Ekstrusi kotak akan disekrup ke lantai saja, bukan ke jendela, membentuk Sambungan Struktur/Penutup (Bab 6) yang memungkinkan pelat lantai membelok tanpa memberi tekanan pada jendela. Untuk meredam bagian kotak terhadap pelat beton yang keras dan sedikit tidak teratur, kami melapisinya dengan sealant.

Ini adalah sambungan sealant yang tidak berfungsi (artinya pelat dan kotak aluminium akan memiliki sedikit atau tidak ada gerakan di antara keduanya), jadi kami tidak menyediakan batang penopang atau khawatir tentang ketebalan sealant yang tepat. Sealant akan dioleskan ke bagian bawah potongan aluminium sebelum disekrup, dan sealant berlebih yang keluar dari



sambungan saat sekrup dikencangkan akan dibersihkan. Untuk membuat sambungan yang lembut dan senyap antara rangka jendela dan ekstrusi kotak, kami menunjukkan gasket karet sintetis.

Kami membuat catatan untuk berkonsultasi dengan produsen jendela tentang penyediaan ekstrusi ini dengan lapisan akhir yang sesuai dengan rangka jendela. Kami menggambar sketsa perspektif interior dari bukaan jendela yang umum untuk melihat bagaimana detail kami akan terlihat dan untuk memeriksa bagaimana potongan-potongan akan bertemu di sudut-sudut.

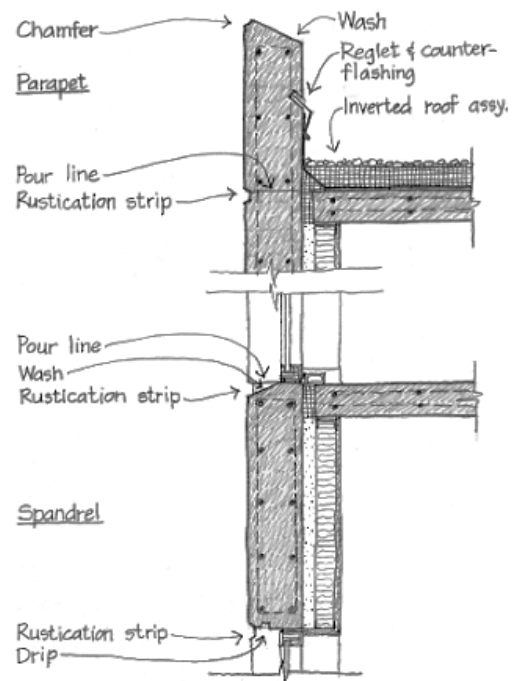
Merinci Bagian Luar

Di bagian luar, sebagian besar detail dinding untuk paparan bagian luar masih harus dirancang. Kami mulai dengan membuat Overhang and Drip dengan alur di bagian atas jendela. Ini akan dibuat dengan strip sederhana yang dipaku ke bekisting. Di ambang jendela, kami membuat Wash miring untuk mengalirkan air menjauh dari jendela. Penghentian wash di kusen harus dipelajari nanti dalam sketsa elevasi. Dengan memeriksa kode bangunan, kami menemukan bahwa tembok pembatas tidak diperlukan pada bangunan ini karena jarak antar bangunan di kampus yang lebar, tetapi kami akan tetap membangunnya, karena kami ingin membuat ketebalan atap yang tampak lebih besar.

Kami membuat wash di bagian atas tembok pembatas untuk mengalirkan air ke atap. Ini akan membantu mencegah noda air yang tidak sedap dipandang pada fasad beton. Untuk sistem atap, kami menggunakan rakitan atap terbalik, dengan insulasi busa polistirena, dengan ketebalan yang ditentukan oleh teknisi mekanik, dipasang di atas membran atap. Lapisan batu pemberat yang tebal mengikat papan insulasi di tempatnya dan melindunginya dari kerusakan akibat sinar matahari.

Sisipan reglet dalam bekisting tembok pembatas menyediakan Tumpang Tindih (Bab 1) antara dinding beton dan counterflashing logam. Lengkungan pada counter-flashing memungkinkannya untuk menjepit erat pada tepi membran atap yang terbalik dengan aksi pegas, dan ruang udara di bawahnya yang tercipta bertindak sebagai Pemutus Kapiler (Bab 1). Bagian bawah counter-flashing berbelok ke luar untuk membentuk Overhang and Drip. Kami menambahkan strip rustikasi ke bagian tersebut, meruncingkan tepi setiap strip setidaknya 15 derajat, seperti yang direkomendasikan oleh ACI, sehingga dapat dilepas dengan mudah dan tanpa kerusakan dari beton.

Penuangan dinding akan berakhir di bagian atas strip rustikasi di bawah spandrel. Bekisting spandrel akan ditempatkan setelah bekisting dinding dilepas, dan akan berisi strip rustikasi

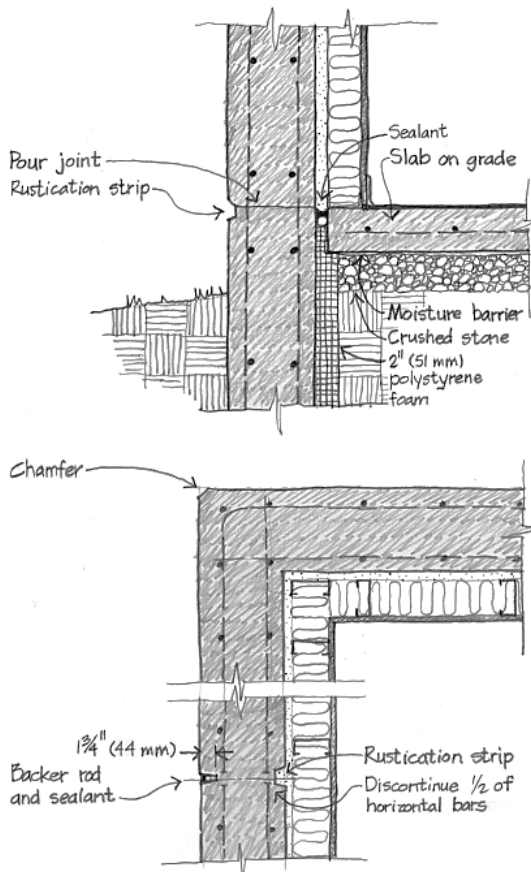


identik yang akan sesuai dengan profil beton di lokasi ini, untuk membantu menyelaraskan bekisting untuk penuangan yang lebih tinggi. Perhatikan bahwa di sini, seperti di banyak bagian lain dari proses pengembangan detail ini, kita Melatih Urutan Konstruksi sebagai cara untuk memahami dasar keputusan desain kita.

Mencetak Kondisi Kelas

Kami mengembangkan detail kerataan dengan cukup cepat pada lapisan kertas kalkir dari detail spandrel. Lantai dasar akan menjadi pelat beton di atas permukaan tanah, yang menurut insinyur struktur harus setebal 6 in. (152 mm) dan diperkuat dengan batang di kedua arah. Kami akan menempatkan penghalang uap polietilena setebal 6 mil (0,15 mm) di bawah pelat untuk mencegah air tanah naik ke dalam bangunan. Setelah pengujian tanah selesai, insinyur geoteknik akan membantu menyusun spesifikasi terperinci untuk timbunan tanah yang dipadatkan dan lapisan batu pecah di bawah pelat. Di antara tepi pelat dan dinding beton, kami menyisipkan lapisan busa polistirena setebal 2 in. (51 mm) yang memanjang ke bawah hingga 4 kaki (1219 mm) di bawah permukaan tanah, untuk menghambat aliran panas melalui pelat dan tanah ke luar ruangan. Kami memilih untuk memasang pelat di sepanjang dinding daripada melipatnya di bawah pelat, seperti yang terkadang dilakukan, karena kami tidak ingin tanah di bawah pelat membeku dan terangkat. Isolasi ini akan melampaui persyaratan minimum kode untuk menghemat sumber daya dan akan membuat permukaan lantai lebih hangat di musim dingin.

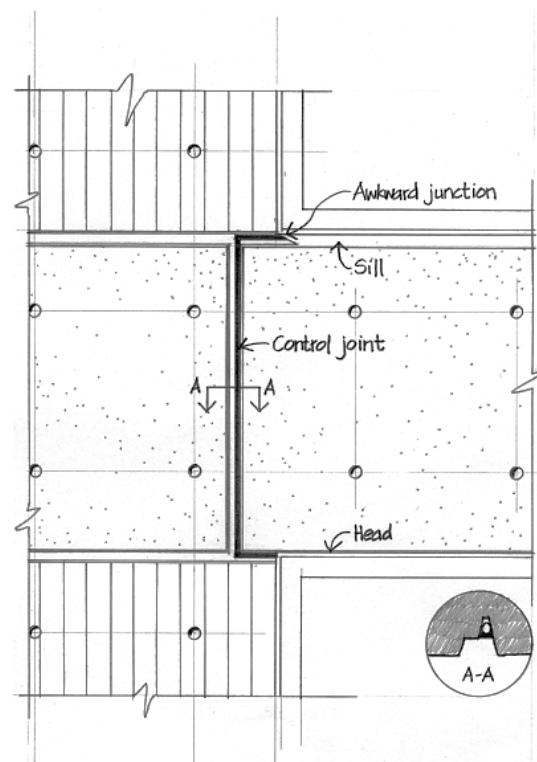
Mencetak Sudut Bangunan



Bekerja dalam tampilan denah, kami merinci sudut luar bangunan. Kami membuat sudut beton miring untuk menghindari kerusakan. Kami membuat Sambungan Kontrol vertikal (Bab 6) 4 kaki (1219 mm) dari sudut di kedua dinding. Sambungan ini akan menyerap tegangan susut beton yang mungkin terkumpul di sudut dengan menyebabkan retak terkendali pada beton. Seperti yang direkomendasikan oleh ACI, kami menghentikan setengah batang tulangan horizontal di setiap sambungan kontrol untuk membantu menciptakan bidang yang lemah. ACI juga merekomendasikan agar sambungan kontrol memiliki alur di kedua sisi dinding dengan kedalaman total seperempat ketebalan dinding, yaitu 2½ in. (64 mm) di bangunan kami.

Kami memutuskan untuk menggunakan strip rustikasi standar sedalam ¾ in. (19 mm) di bagian dalam dan strip sedalam 1 ¾ in. (44 mm) di bagian luar. Strip yang lebih dalam ini harus lebih sempit agar dapat menerima batang penyangga dan sealant; sealant akan mencegah air dan udara menembus retakan yang diharapkan pada beton.

Kancing, papan gipsum, dan insulasi dirinci dengan cara standar, menahan kancing beberapa inci dari sudut, dengan cara yang direkomendasikan oleh produsen kancing dan papan. Kami mempertimbangkan untuk menempatkan sambungan kontrol pada papan gipsum pada bidang yang sama dengan sambungan kontrol pada dinding beton, tetapi kami menyadari bahwa papan gipsum ditopang pada pelat lantai, yang tidak memiliki sambungan pada lokasi ini dan tidak terhubung dengan cara apa pun ke dinding beton. Kami tidak memerlukan sambungan kontrol pada gipsum.

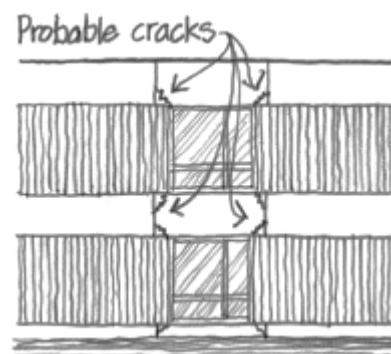


16.4 STUDI KETINGGIAN

Kita perlu mempelajari hubungan strip rustikasi, ujung berbagai tuangan, bukaan jendela, dan sambungan kontrol dalam skala yang lebih besar. Untuk tujuan ini, kita membangun tampilan elevasi dalam skala yang lebih besar, yang menunjukkan lubang pengikat bentuk, strip rustikasi, sambungan kontrol, dan sill wash. Setelah beberapa studi alternatif menggunakan kertas kalkir, kita memutuskan untuk mengakhiri wash dengan bidang ujung yang miring. Pola strip tersembunyi dan lubang pengikat bentuk menurut kami tertata rapi dan memuaskan.

Sambungan kontrol di sekeliling setiap ambang jendela, seperti sambungan kontrol di sudut, perlu memanjang setidaknya seperempat dari dinding, atau 2½ in. (64 mm). Sekali lagi, setengah dari batang tulangan harus dihentikan pada bidang ini (kami membuat catatan untuk berkoordinasi dengan insinyur struktur untuk memastikan hal ini dirinci dengan benar pada gambar struktur). Namun, perincian slot eksterior sambungan kontrol memberi kita beberapa kesulitan karena cara sambungan tersebut dihubungkan dengan strip rustication horizontal dan ambang miring.

Idealnya, kita ingin membuat slot sambungan kontrol selebar strip rustication, untuk kesederhanaan visual, tetapi ini akan menghasilkan sambungan yang terlalu lebar yang akan membuang-buang sealant. Membentuk slot yang lebih sempit dan lebih dalam di bagian bawah strip yang tersembunyi tampaknya agak rumit dan sulit. Kita juga menyadari bahwa garis sambungan kontrol seperti yang telah kita gambar di ketinggian tidak terlalu memuaskan, karena penyusutan apa pun pada beton cenderung menyebabkan retakan diagonal yang buruk di sudut ambang pintu, daripada retakan yang mengikuti dengan patuh sepanjang jalur sulit yang telah kita buat. Lebih jauh, ujung atas sambungan kontrol bergabung dengan ambang miring dengan cara yang sangat canggung yang akan sulit dibuat. Kita harus mencoba lagi.



Setelah banyak mengeksplorasi alternatif pelapisan kertas kalkir, kami sampai pada solusi yang lebih kami sukai. Kami memindahkan sambungan kontrol beberapa inci ke ambang pintu dan memberikannya lebar yang lebih sempit yang dibutuhkan, menciptakan jalur garis lurus yang sederhana di mana retakan dapat terjadi. Sambungan kontrol dengan sealant-nya harus terus naik melewati ambang pintu yang miring hingga menyatu dengan sealant di bawah rangka jendela aluminium.

Untuk mempertahankan identitas visual ambang pintu, kami memisahkannya dari bagian spandrel lainnya dengan strip karat vertikal di setiap ujungnya. Untuk lebih

memperkuat integritas visual ambang pintu, dan untuk meminimalkan tampilan sambungan kontrol, kami memberikan tekstur papan pada ambang pintu, sambil mempertahankan tekstur sandblasted pada bagian spandrel lainnya. Ini menciptakan pola yang kuat pada fasad, menempatkan sambungan kontrol di tempat yang paling sesuai, dan mudah dibuat.

Lubang-lubang yang ditinggalkan oleh kerucut pengikat

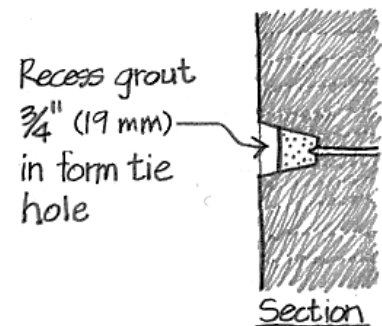
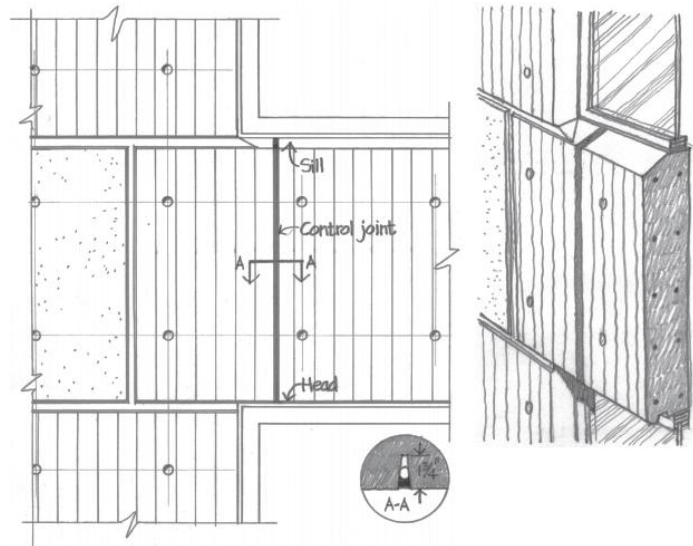
bentuk harus ditutup dengan cara tertentu, untuk mencegah ujung-ujung ikatan logam yang rusak berkarat dan menodai fasad. Ini dapat dilakukan dengan sealant, dengan sumbat plastik atau karet, atau dengan nat kaku yang dipadatkan ke dalam lubang. Kami menghindari upaya untuk mengisi lubang-lubang tersebut dengan nat, karena nat akan mengotori permukaan dinding dengan cara yang berantakan dan pasti akan kontras dalam warna dan tekstur dengan beton yang dituangkan di sekitarnya.

Setelah mempertimbangkan pilihan-pilihan tersebut, kami memilih untuk menggunakan nat dan untuk menenggelamkannya dengan baik ke dalam lubang kerucut, menggunakan pasak kayu besar dan palu untuk memadatkan permukaan. Lekukan tersebut merupakan Reveal (Bab 12) yang membentuk bayangan yang akan menyembunyikan kekacauan apa pun dalam pekerjaan nat. Saat detail awal kami hampir selesai, kami mengamati berlawanan arah jarum jam di sekeliling perimeter ruang yang dipanaskan dan didinginkan dari bangunan pada detail-detail kami, dimulai dari bagian tengah atap, untuk mencari jembatan termal.

Jika strip miring terbuat dari busa plastik, lapisan isolasi bangunan akan membungkus rapi di sekitar sambungan dinding atap tanpa jembatan termal, kecuali untuk balok beton berselang-seling yang telah kami pertimbangkan dan putuskan untuk terima sebagai sesuatu yang tak terelakkan. Kami membuat catatan untuk menentukan strip miring plastik busa. Tepi lantai rusak secara termal, dan bukaan jendela tidak akan menawarkan jembatan termal jika kami menambahkan strip serat kaca ke celah setebal satu inci di belakang rangka baja yang melapisi kusen.

Langkah Berikutnya

Kami telah mengumpulkan daftar panjang item untuk dikomunikasikan kepada penulis spesifikasi. Catatan tentang kualitas material yang akan digunakan untuk bekisting diperlukan.

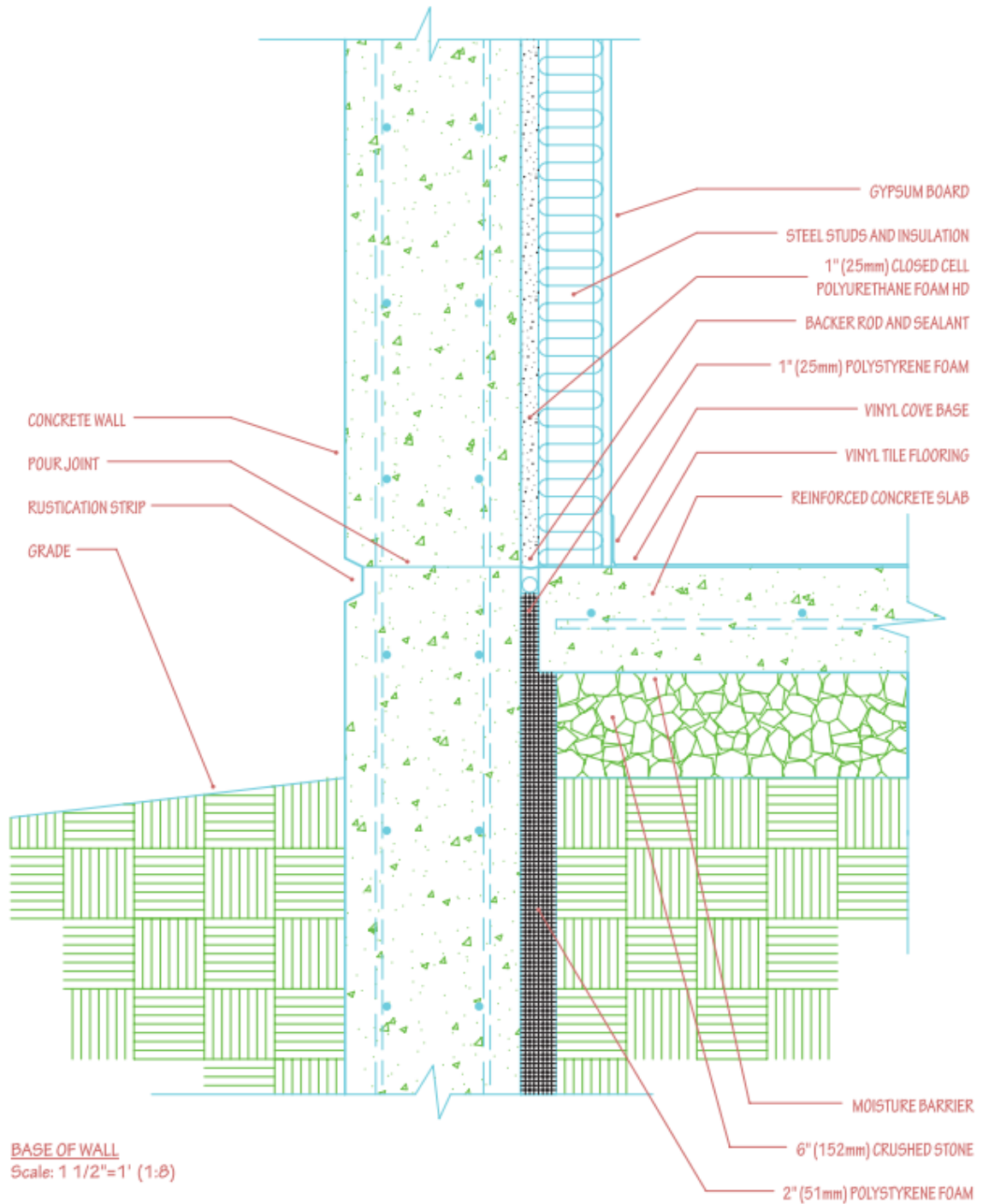


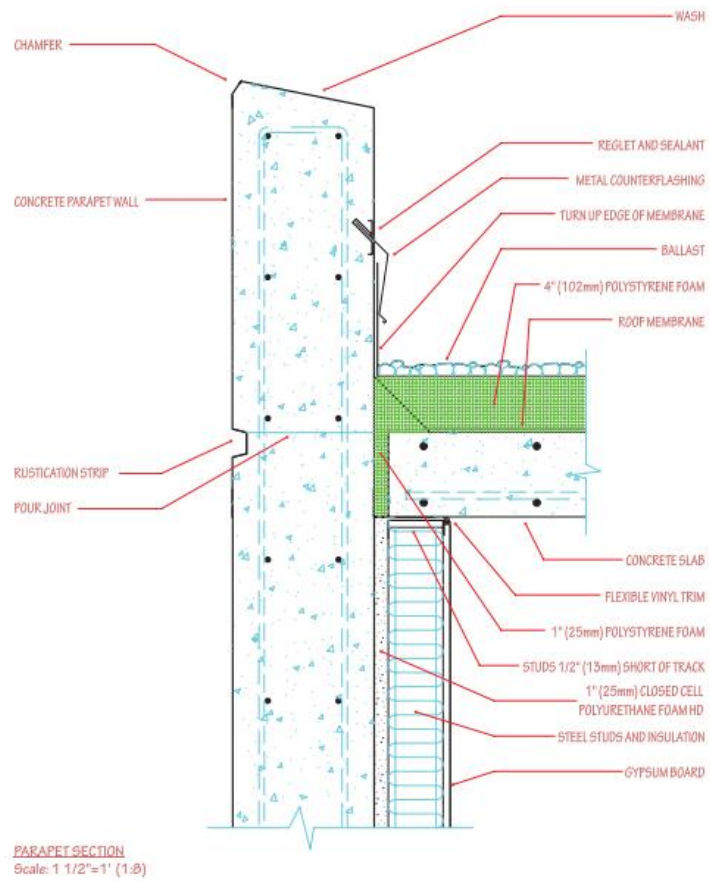
Udara yang masuk ke dalam beton harus ditentukan untuk meminimalkan kerusakan akibat pelapukan. Pemilihan bahan pelepas bekisting yang tidak meninggalkan noda untuk dinding sangat penting, begitu pula spesifikasi bahan yang sama untuk digunakan pada bekisting pelat dan balok. Jika dua bahan pelepas yang berbeda digunakan, mungkin terjadi kebingungan yang akan menyebabkan penggunaan bahan pelepas yang salah pada permukaan eksterior.

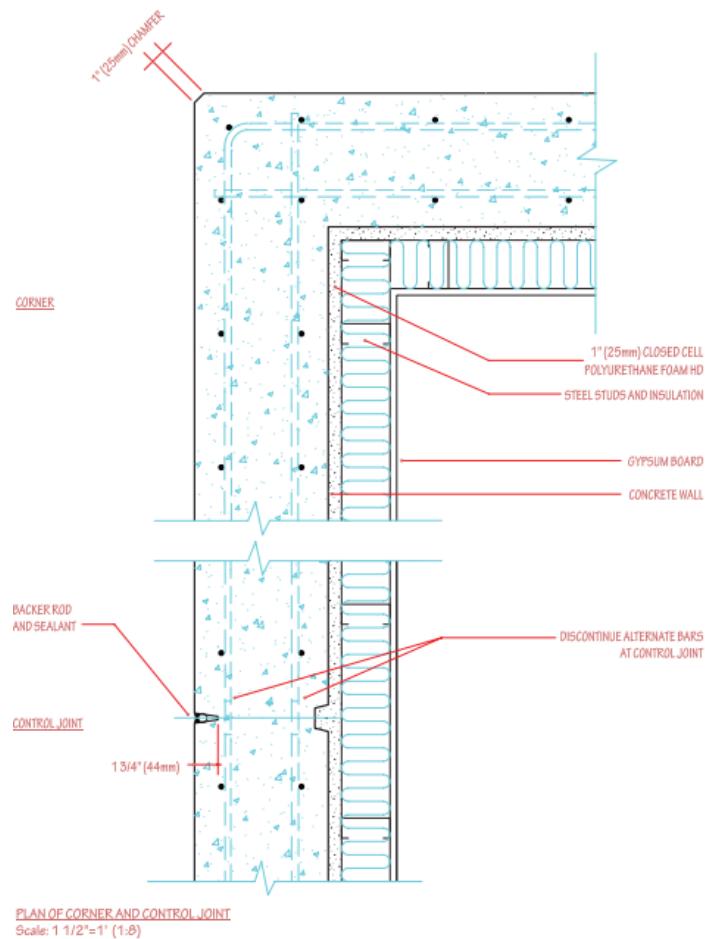
Spesifikasi spacer dan dudukan yang tidak berkarat atau berujung plastik untuk batang tulangan, untuk menghindari noda karat, juga diperlukan. Selain itu, warna semen harus dipilih dengan hati-hati. Kami ingin spesifikasi mengharuskan semua semen berasal dari batch kiln yang sama, dan semua agregat berasal dari bagian yang sama dari tambang yang sama, untuk menghindari variasi warna. Prosedur penuangan, penggetar, pengawetan, dan sandblasting harus distandarisasi. Kita harus menentukan langkah-langkah untuk melindungi permukaan beton yang sudah jadi dari goresan dan noda selama operasi konstruksi berikutnya, menggunakan terpal, tikar, dan pelindung sudut kayu.

Sejumlah perbaikan pada permukaan beton yang terbuka pasti diperlukan; kita harus menentukan bahan dan prosedur dengan sangat hati-hati untuk menghindari bercak-bercak yang mencolok. Kita akan menentukan bahwa dinding contoh skala penuh didirikan di lokasi terlebih dahulu oleh kontraktor, menggunakan contoh representatif dari pekerja yang akan membangun bangunan, bukan tim elit pekerja terbaik. Ini akan memungkinkan pemilik, kontraktor, mandor kontraktor, dan semua profesional desain untuk mengatasi masalah terakhir dengan bahan dan detail. Kita akan mengharuskan agar prosedur penambalan yang ditentukan dicoba dan disempurnakan pada dinding contoh ini. Kita juga akan menentukan konferensi prakonstruksi semua pihak, di mana bahan dan prosedur dapat didiskusikan secara rinci; ini akan membantu menghindari kesalahan awal dan pengerjaan yang tidak konsisten.

Pekerjaan beton arsitektural tidak menoleransi kesalahan atau kecerobohan. Meskipun kami telah membuatnya agak lebih toleran dalam pembangunan kami dengan penggunaan strip dan tekstur rustikasi yang bijaksana, tetap saja akan mendatangkan bencana jika menggunakan kontraktor yang tidak berpengalaman dalam proyek tersebut. Kami akan bekerja sama dengan pemilik untuk menyusun daftar kontraktor yang memenuhi syarat yang telah berhasil membangun bangunan beton arsitektural sebelumnya. Kontraktor yang tidak memenuhi syarat tidak akan diizinkan untuk mengajukan penawaran.

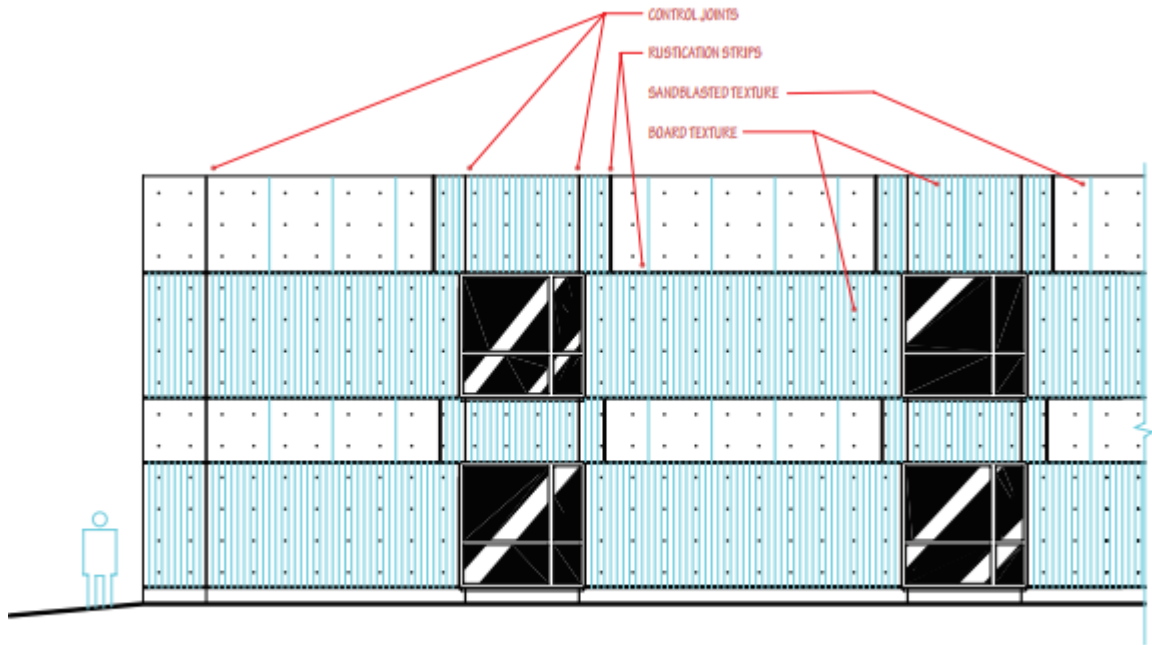






Detail ini masih setengah jadi; detail tersebut tidak dapat diselesaikan hingga beberapa hal yang belum selesai yang telah kami identifikasi telah dibersihkan, hingga detail tersebut telah melalui peninjauan yang lebih ekstensif oleh anggota tim proyek lainnya, dan hingga gambar kerja dan spesifikasi proyek lainnya telah dibawa ke tahap yang sama sehingga ketidakkonsistenan dapat diidentifikasi dan diperbaiki.

Langkah logis berikutnya adalah mengembangkan detail penting lainnya dari bangunan tersebut, termasuk kondisi khusus, seperti pintu masuk dan tangga, untuk menemukan apakah estetika yang ditetapkan dalam rangkaian detail ini dapat diterapkan secara konsisten ke seluruh bangunan. Wajar jika beberapa penyesuaian akan diperlukan.



TYPICAL ELEVATION
Scale 3/32"=1' (1:128)

BAB 17

MERINCI LAPISAN BATA PADA RANGKA BETON

17.1 PROYEK

Proyek ini adalah gedung apartemen mewah 17 lantai di daerah pegunungan di Pacific Northwest. Lokasi ini termasuk dalam Kategori Desain Seismik D dan Zona Iklim 4 IECC (Kode Konservasi Energi Internasional).

Menetapkan Standar Kinerja

Pemilik menginginkan bangunan yang tahan lama dan dengan hasil akhir yang baik. Kode yang berlaku menetapkan nilai minimum insulasi kontinu R-9,5 pada dinding massa, insulasi kontinu R-25 pada atap, R-10 untuk 24 inci pada perimeter pelat di atas permukaan tanah (ekuivalen metrik adalah R-65, 173, dan 69 untuk 610 mm), dan jendela kaca ganda.

Tujuan desain berkelanjutan pemilik menyerukan nilai insulasi yang lebih tinggi dari ini, untuk mengurangi konsumsi dan biaya energi di masa mendatang. Kami mematuhi dengan merancang dinding R-16 dan R-30 di atap (R-111 dan 208), Siklus Hidup. Persyaratan seismik dari Kode Bangunan Internasional (IBC) berlaku untuk desain struktur dan pelapis. Setiap hunian harus memiliki tingkat privasi akustik yang tinggi. Merinci Lapisan Bata pada Rangka Beton

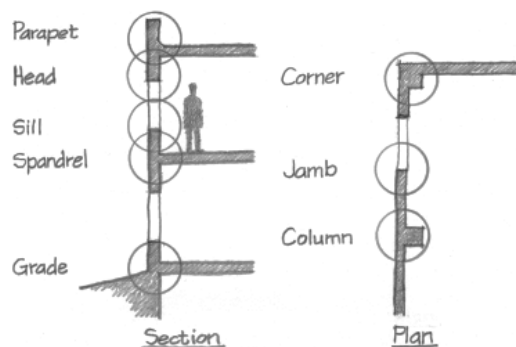
Detail Utama Yang Perlu Dikembangkan

Detail utama yang akan membentuk karakter visual dan cara konstruksi bangunan adalah yang dilingkari pada diagram penampang dan denah di sebelah kanan. Ini harus dikembangkan sebagai serangkaian Detail Kontribusi yang konsisten (Bab 14) yang sesuai dengan arsitektur bangunan dan satu sama lain. Ini adalah detail bangunan yang paling umum.

Detail situasi khusus, seperti pintu masuk, lobi, dan persimpangan antara menara dengan ketinggian yang berbeda, akan menggunakan detail umum ini sebagai titik tolak. Dari rincian utama ini, spandrel adalah rincian yang darinya rincian utama lainnya akan diturunkan, jadi di sinilah kami akan memulai pekerjaan kami.

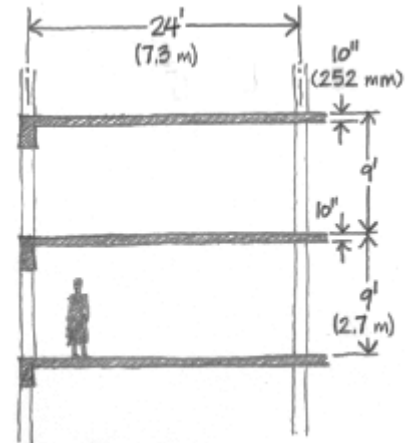
17.2 KEPUTUSAN AWAL MENGENAI MATERIAL, STRUKTUR, DAN BENTUK

Bekerja sama dengan insinyur struktur, kami telah membuat pilihan awal untuk struktur bangunan. Struktur ini merupakan sistem pelat beton datar dua arah yang ditopang



oleh kolom beton yang umumnya diberi jarak pada titik tengah 24 kaki (7,32 m). Tinggi lantai ke lantai sekitar 9 kaki (2743 mm). Pelat lantai akan setebal 10 inci (254 mm). Ukuran kolom akan bervariasi besar di bagian bawah bangunan dan kecil di bagian atas.

Akan ada balok keliling di sekeliling tepi semua lantai; peran balok ini sebagian untuk memperkuat tepi setiap pelat lantai, sebagian untuk memperkuat rangka terhadap beban lateral, dan sebagian untuk menopang berat sistem pelapis. Apartemen akan dipanaskan dan didinginkan oleh unit fan-coil di dinding eksterior. Pipa riser yang menyalurkan air panas dan dingin dari ruang mekanik ruang bawah tanah ke unit-unit ini harus ditempatkan di Vertical Chases (Bab 8) di berbagai lokasi. Setiap unit fan-coil akan memerlukan kisi-kisi eksterior untuk pemasukan dan pembuangan udara.



Kami ingin menghadap bangunan dengan pasangan bata. Eksterior bata menarik untuk dilihat dan memberikan kesan kualitas dan keawetan, terlebih lagi karena merupakan Permukaan yang Menua dengan Anggun, bahkan membaik seiring bertambahnya usia. Jendela akan berupa jendela berengsel dan unit tetap yang terbuat dari kayu dengan pelapis vinil di bagian eksterior. Jendela ini akan muncul dalam berbagai ukuran dan di lokasi yang agak acak yang sesuai dengan pengaturan interior apartemen.

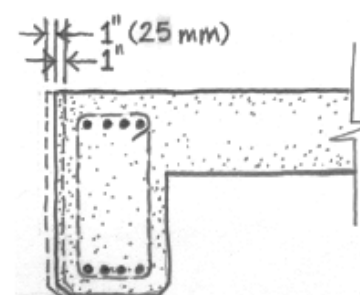
Di bagian dalam, lantai akan dilapisi karpet kecuali lantai keramik di dapur, kamar mandi, dan tempat mencuci. Karpet dipilih sebagian karena merupakan bahan yang diinginkan dan sebagian karena akan memberikan privasi akustik. Partisi akan terbuat dari plester veneer yang dipasang pada tiang baja. Langit-langit akan menjadi bagian bawah pelat yang dicat.

Pekerjaan Awal Pada Bahan Dan Detail

Kami menemukan dari Tabel 12-2 (lihat Toleransi Dimensi, Bab 12) bahwa toleransi dimensi standar untuk rangka beton adalah ± 1 in. (25 mm) dari bidang vertikal untuk sembilan lantai bawah dan $\pm 1\frac{3}{4}$ in. (44 mm) pada ketinggian maksimum bangunan. Rincian kami harus memperhitungkan hal ini. Ada tiga cara berbeda yang dapat kami lakukan untuk menerapkan eksterior bata pada bangunan ini. Salah satunya adalah membuat bata di toko dalam panel bertulang besar yang dapat diangkut dengan truk ke lokasi, diangkat, dan dipasang ke bangunan dengan pekerjaan di lokasi yang relatif sedikit.

Ini adalah pilihan yang menarik, tetapi kami mengabaikannya untuk proyek ini, karena hanya ada sedikit fabrikator seperti itu di sekitar, dan ada sejumlah kontraktor batu bata yang sangat baik di daerah tersebut yang akan dapat membangun pelapis di tempat dengan harga yang ekonomis. Pilihan lainnya adalah membangun pelapis di tempat sebagai pelapis bata di atas dinding pendukung batu bata beton.

Kita harus mempertimbangkan ini dengan pilihan ketiga, yaitu membangun pelapis di tempat tetapi menggunakan dinding pendukung rangka baja daripada batu bata beton, mungkin dengan penghematan biaya yang signifikan. Kami telah mempelajari pertanyaan ini secara terperinci, sebagian dengan mengamati bangunan yang dibangun dari kedua jenis tersebut, dan sebagian dengan membaca banyak artikel terkini di jurnal teknis. Kami menyimpulkan bahwa ada pertanyaan yang belum terjawab mengenai ketahanan dan keamanan jangka panjang dari susunan batu bata yang dipasang pada dinding rangka baja.



Hal ini muncul dari fleksibilitas relatif rangka, yang dapat menyebabkan retaknya lapisan batu bata, dan dari potensi terjadinya korosi dan disintegrasi komponen baja dan gipsum pada sistem tersebut. Untuk bangunan ini, yang mana ketahanan merupakan kriteria desain utama, kami memilih untuk merancang dinding yang seluruhnya terbuat dari batu bata yang akan dibangun di lokasi. Dinding cadangan akan dibuat dari blok beton ringan berongga nominal 8 in. (203 mm), diperkuat secara horizontal dengan tulangan sambungan kawat baja dan secara vertikal dengan batang tulangan di inti yang diberi grouting. Kami telah memutuskan untuk menggunakan bata modular, yang berukuran $2\frac{1}{4}$ in. \times $3\frac{5}{8}$ in. \times $7\frac{5}{8}$ in. (57 \times 92 \times 194 mm), karena dimensinya akan sesuai dengan dimensi bangunan dan pasangan bata cadangan, sehingga menghindari sebagian besar pemotongan unit pasangan bata (Unit yang Belum Dipotong, Bab 11). Kami akan menggunakan sambungan mortar standar $\frac{3}{8}$ in. (9,5 mm). Mengingat beban angin yang tinggi pada dinding bangunan ini, kami akan menggunakan ikatan logam yang sangat kaku untuk memberikan dukungan lateral pada bagian yang menghadap bata. Kode bangunan mengharuskan agar ikatan di lokasi ini diberi jarak sehingga masing-masing menopang tidak lebih dari $2\frac{2}{3}$ kaki persegi (0,25 m²) area dinding.

Kode tersebut juga mengharuskan agar ikatan terhubung ke tulangan sambungan kawat $\frac{3}{16}$ inci (4,8 mm) di permukaan bata. Untuk mencegah defleksi dan keretakan pada permukaan, kami mengusulkan untuk menghindari ikatan pasangan bata yang dapat disesuaikan, yang cenderung memiliki kelonggaran dimensi yang berlebihan. Sebagai gantinya, kami akan menggunakan tulangan sambungan tiga kawat yang mencakup ikatan dan kawat penguat untuk bata dan blok dalam satu rakitan las.

Memformulasi Pendekatan Terhadap Fungsi-Fungsi Penting Dinding

Insulasi Termal dan Uap Air Untuk keamanan maksimum terhadap kebocoran air, kami akan merinci dinding eksterior sebagai dinding rongga. Kami membuat sketsa dengan tangan bebas di bagian tersebut, mulai dari luar ke dalam. Dinding tersebut akan terdiri dari permukaan bata, rongga, dinding pendukung pasangan bata beton, dan permukaan dinding interior berlapis plester veneer. Mungkin diperlukan beberapa insulasi termal tambahan untuk mencapai nilai target klien sebesar R-16 (R-111). Dengan menggunakan nilai dari ASHRAE Fundamentals, kami menentukan resistansi termal komponen dinding yang ditunjukkan pada Tabel 17-1.

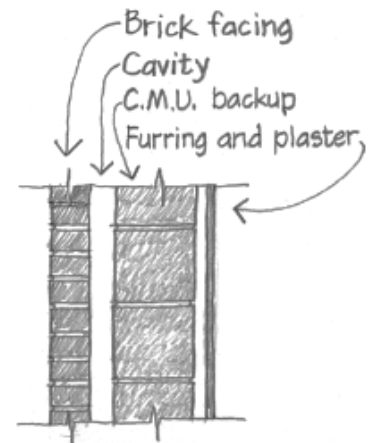
Resistansi termal dari pelapis bata dan rongga 2 in. (51 mm) ditunjukkan dalam tabel, tetapi untuk amannya, keduanya tidak disertakan dalam total nilai R dinding (lihat huruf miring). Hal ini karena udara luar yang bergerak melalui ventilasi ke dalam dan keluar rongga dapat meniadakan nilai kedua lapisan ini. Kami merasa yakin dengan nilai total seperti yang ditunjukkan dan yakin bahwa kinerja dinding yang sebenarnya kemungkinan akan melebihi ini. Kami harus menambahkan setidaknya R-11,7 dari Insulasi Termal (Bab 3) ke dinding untuk memenuhi tujuan R-16 (tambahkan R-80 untuk memenuhi R-111).

Dengan merujuk lagi pada daftar nilai-R dalam Dasar-Dasar ASHRAE, kami melihat bahwa kami dapat melakukannya dengan 3 lembar serat kaca 5/8 in. (93 mm) atau papan poliisosiaturat kaku 2 in. (51 mm). Jenis insulasi kaku ini lebih mahal daripada polistirena, tetapi merupakan isolator yang lebih baik. Kami menggunakannya untuk menjaga lapisan bata tetap dekat dengan dinding cadangan di area yang aktif secara seismik ini.

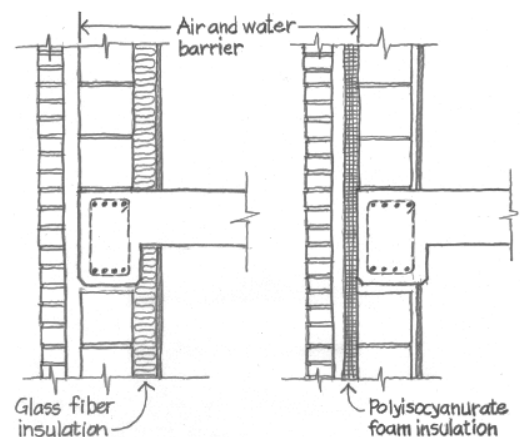
Tabel 17.1 Resistansi Termal Komponen Dinding

Komponen	R (ft ² ·hr·°F/BTU-in)	R (m ² ·°C/W)
Lapisan udara luar	0.17	1.18
Bata 3½ in. (89 mm) @ R-0.20/in.	0.70	4.85
<i>(R-25/25 mm)</i>	<i>Hanya referensi</i>	-
Ruang udara 2 in. (51 mm)	0.90	6.24
Blok beton ringan 8 in. (203 mm)	2.00	13.87
Ruang furring 1 in. (25 mm)	1.01	7.06
Plester atau gypsum ½ in. (13 mm)	0.45	3.14
Lapisan udara dalam	0.68	4.27
Total hambatan termal	4.31	29.97
<i>(tidak termasuk item dalam huruf miring di atas)</i>		

Kami membuat sketsa tangan bebas dari kedua opsi tersebut. Agar tetap kering, serat kaca harus berada di sisi interior dinding pasangan bata beton, yang akan membutuhkan strip penguat yang sangat dalam dan akan mengurangi ruang lantai yang tersedia di apartemen. Itu juga akan membuat tepi pelat lantai tidak terisolasi. Busa poliisiosianurat, yang tahan terhadap kelembapan, dapat dipasang oleh tukang batu di rongga dinding. Ini akan membungkus struktur beton dan dinding pasangan bata beton dalam selimut isolasi yang hampir tidak terputus, menghindari jembatan termal dan menciptakan Massa Termal Terisolasi Luar (Bab 3) yang akan membuat bangunan lebih mudah dipanaskan dan didinginkan, serta Permukaan Interior yang Hangat (Bab 4) yang tidak akan mengembunkan kelembapan dalam cuaca musim dingin yang dingin.



Ini akan memiliki keuntungan tambahan untuk melindungi struktur bangunan dari suhu luar yang ekstrem. Kami memutuskan untuk mencoba isolasi busa kontinu di rongga. Jendela kayu berlapis vinil yang telah kami pilih untuk bangunan tersebut dengan mudah memenuhi persyaratan energi dari kode tersebut. Dengan konduktivitas rangka kayu yang relatif rendah, tidak diperlukan Thermal Break (Bab 3), dan Multiple Glazing (Bab 3) pada jendela mencapai nilai-R yang diperlukan dan Permukaan Interior yang cukup Hangat (Bab 4) untuk menghindari kondensasi.



Kebocoran Air

Dinding rongga akan berfungsi sebagai Perakitan Layar Hujan (Bab 1) jika kita merincinya dengan layar hujan, penghalang udara, dan ruang pemerataan tekanan (PEC) yang tepat. Bagian depan bata akan menjadi layar hujan yang memuaskan. Rongga akan berfungsi sebagai ruang pemerataan tekanan, dan kita akan Menguras dan Menembus (Bab 1) rongga dengan lubang tangis dan flashing. Sudut rak horizontal di setiap lantai akan membagi rongga secara vertikal, dan potongan lembaran logam berbentuk L akan dipasang ke dalam sambungan gerakan vertikal untuk membagi rongga secara horizontal.

Kita akan membuat catatan untuk menghitung ukuran rongga dan ventilasi PEC yang sesuai untuk iklim ini. Penghalang udara akan terdiri dari dinding pasangan bata beton dan bagian balok dan kolom perimeter yang terekspos ke rongga. Untuk menjaga integritas penghalang udara, kami akan menerapkan Sambungan Sealant (Bab 1) di mana pasangan bata beton menyambung rangka, tetapi sebagian udara akan berdifusi melalui blok beton itu sendiri, jadi kami perlu menerapkan membran atau lapisan kedap udara pada blok untuk menciptakan Sistem Penghalang Udara (Bab 2) yang akan berkontribusi pada kenyamanan

termal dan mencegah kebocoran air melalui aksi layar hujan.

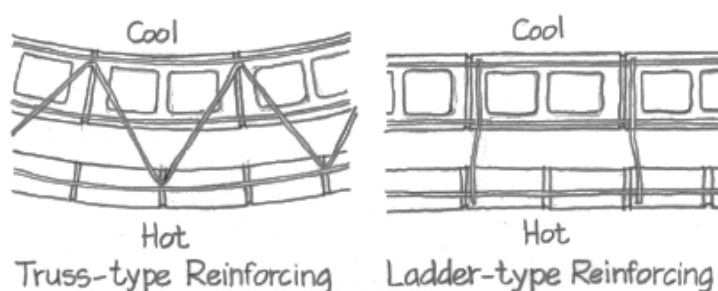
Kami akan memilih bahan penghalang udara dan air yang juga relatif kedap terhadap uap air, tetapi insinyur mekanik meyakinkan kami bahwa, karena akan berada di permukaan bagian dalam papan busa isolasi, suhunya akan selalu tetap di atas titik embun. Ini akan bertindak sebagai Penghambat Uap Sisi Hangat (Bab 4) dan tidak akan menjebak kondensat apa pun.

Privasi Akustik

Privasi akustik dan pengurangan transmisi kebisingan antara unit apartemen merupakan masalah yang sangat penting dalam hunian multi-unit, terutama di pasar mewah, di mana penyewa menginginkan apartemen yang tenang. Tim desain telah menyewa konsultan akustik. Dia menyarankan bahwa karpet berlapis di atas lempengan beton yang berat akan menyediakan Permukaan Penyerap Suara (Bab 5) dan akan sangat membantu dalam memecahkan masalah transmisi kebisingan melalui lantai. Dia akan mengusulkan cara untuk meredam lantai di bawah area ubin keramik, yang jika tidak akan menghasilkan dan mentransmisikan terlalu banyak kebisingan benturan.

Dia merekomendasikan agar dinding yang tidak menahan beban di antara unit dibingkai dengan dua baris tiang dengan bantalan akustik dan lapisan tambahan papan gipsum. Dinding di dalam unit, katanya, dapat dibuat dari satu baris tiang baja dengan dua lapisan panel gipsum; dia akan membuat proposal yang lebih tepat untuk ini seiring dengan berkembangnya detail.

Dia memuji pilihan unit fan-coil untuk pemanasan dan pendinginan, karena unit ini menghindari saluran udara yang dapat menyediakan jalur samping untuk suara antar apartemen, tetapi dia mencatat bahwa penetrasi pipa melalui lantai dan dinding harus disegel dengan sangat rapat. Dia akan bekerja sama dengan insinyur mekanik untuk memilih rakitan fan-coil yang secara inheren senyap dan memiliki Sambungan Senyap (Bab 5) pada struktur bangunan.



Pergerakan

Akomodasi pergerakan akan menjadi fungsi yang sangat penting dari detail yang kita gambar. Dinding pendukung pasangan bata beton akan menyusut sedikit setelah pemasangan dan harus memiliki Sambungan Kontrol (Bab 6). Karena dinding pendukung terputus pada interval sekitar 22 kaki (6,71 m) oleh kolom beton, fungsi ini dapat dilayani oleh sambungan sealant perimeter yang sudah kami rencanakan untuk disediakan sebagai bagian dari strategi penghalang udara kami. Bagian depan pasangan bata akan sedikit mengembang setelah pemasangan. Ia juga akan mengembang saat dipanaskan oleh matahari dan udara, dan akan menyusut saat didinginkan.

Rangka bangunan, yang diisolasi dengan busa polistirena, akan tetap konstan dalam

dimensi. Kami juga mencatat bahwa ekspansi dan kontraksi termal dari susunan bata akan terjadi, sementara pasangan bata beton yang diisolasi dari luar yang diikat akan tetap konstan dalam dimensi. Jika kita membagi permukaan bata menjadi panel-panel yang cukup kecil dengan sambungan gerakan, gerakan relatif antara dua wythe akan kecil dan dapat diambil alih oleh sejumlah kecil kelenturan pada ikatan logam. Namun, penting bagi kita untuk menggunakan tulangan sambungan dan ikatan tipe tangga daripada tipe rangka, karena tipe rangka, dengan diagonalnya melintasi rongga, dapat menyebabkan dua wythe bertindak sebagai unit struktural tunggal, yang membengkok saat terkena suhu ekstrem, seperti pegas bimetalik dalam termostat.

Fenomena ini ditunjukkan dalam bentuk yang sangat dilebih-lebihkan dalam tampilan denah yang menyertainya. Kami akan meminta insinyur struktur untuk memverifikasi pengukur tulangan sambungan dan memilih klip seismik yang sesuai untuk lokasi ini. Kolom dan balok rangka bangunan akan membelok di bawah beban gravitasi. Karena rangka terbuat dari beton, maka akan terjadi pula pergerakan, yaitu pemendekan kolom yang kecil namun signifikan, tidak dapat diubah, dan jangka panjang serta kendurnya balok. Beban angin dan beban seismik akan menyebabkan rangka bangunan beton melentur dan bergeser.

Semua gerakan struktural ini akan memberikan beban pada dinding eksterior dan interior, kecuali jika dinding dipisahkan dari rangka oleh Sambungan Struktur/Penutup (Bab 6). Yang terpenting dari semua ini adalah apa yang disebut sambungan lunak yang harus disediakan di bawah sudut rak yang menopang permukaan bata. Menentukan Lokasi dan Ukuran Sambungan Pergerakan Kami melihat kemungkinan pola untuk membagi permukaan bata menjadi panel. Permukaan akan ditopang pada sudut rak baja di setiap lantai, jadi kami akan menyediakan sambungan pergerakan horizontal di bawah setiap sudut. Pada arah vertikal, kami menyadari bahwa retakan vertikal atau diagonal cenderung terjadi di sudut bukaan jendela, tempat permukaan paling lemah.

Namun, sulit untuk mengatur sambungan vertikal pada bukaan jendela dengan cara yang memuaskan secara visual, dan detail bantalan ujung ambang jendela baja pada permukaan bata menciptakan ketidakpastian teknis tertentu dalam pendekatan ini. Akan jauh lebih mudah untuk memasang sambungan pergerakan di garis tengah setiap kolom, sehingga membagi fasad menjadi panel setinggi lantai sepanjang 24 kaki (7,32 m) dimensi yang sangat pendek sehingga akan meminimalkan potensi gaya retak pada jendela. Kami mencoba pola ini sebagai sketsa overlay pada elevasi bangunan dan memutuskan bahwa pola ini dapat diterima secara visual. Kami mengukur sambungan vertikal dengan mengikuti prosedur yang diuraikan dalam bagian “Menentukan Lebar Sambungan Sealant,” Bab 1:

$$W = \frac{100}{x} (\epsilon L \Delta T + M_0) + t$$

Dengan asumsi sealant sambungan silikon dengan kemampuan pergerakan ± 50 persen (asumsi yang akan kami komunikasikan nanti kepada penulis spesifikasi):

$$W = (100/50) [(0.0000036 \text{ in./in./}^\circ\text{F}) \\ (288 \text{ in.}) (180^\circ\text{F}) + 0.06 \text{ in.}] + 0.125 \text{ in.}$$

$$W = (100/50) [(0.0000065 \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}) \\ (7315 \text{ mm}) (82.2^\circ\text{C}) + 1.52 \text{ mm}] + 3.17 \text{ mm}$$

$$W = 0.62 \text{ in. (16 mm)}$$

Gunakan sambungan sealant 5/8 in. (16 mm) di setiap garis kolom. Dalam perhitungan ini, 0,0000036 in./in./°F (0,0000065 mm/mm/°C) adalah koefisien ekspansi termal dari bata, yang diambil dari Bab 1. Panjang (L) sama dengan 288 in. (7315 mm), sama dengan 24 kaki, jarak antar sambungan. Kisaran suhu maksimum yang akan dialami oleh permukaan bata adalah 180°F (82,2°C).

Ini mungkin tampak besar, tetapi penelitian telah menunjukkan bahwa pasangan bata berwarna gelap di bawah sinar matahari musim panas dapat dengan mudah mencapai 140°F (60°C), dan suhu malam musim dingin di wilayah ini dapat turun jauh di bawah nol (–18°C). 0,06 in. (1,52 mm) adalah nilai yang dihitung untuk ekspansi kelembapan. Toleransi

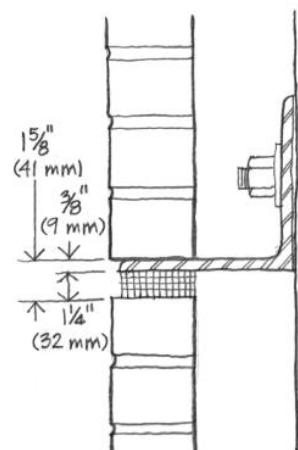
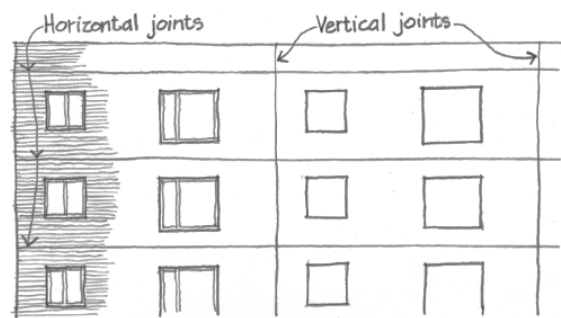
Dimensi (Bab 12) untuk susunan batu bata adalah 0,125 in. (3 mm), jumlah yang relatif kecil, karena kami tahu tukang batu dapat dengan mudah membuat penyesuaian dimensi kecil pada sambungan kepala mortar untuk mempertahankan sambungan ekspansi dengan lebar konstan. Kami menerapkan rumus yang sama untuk menentukan ukuran sambungan horizontal, sambungan lunak yang harus disediakan di bawah setiap sudut rak. Insinyur struktur ingin memberikan toleransi penuh ½ in. (13 mm) untuk defleksi dan gerak merayap pada struktur beton, dan kami menyertakan toleransi yang sama 1/8 in. (3 mm):

$$W = (100/50) [(0.0000036 \text{ in./in./}^\circ\text{F}) \\ (107 \text{ in.}) (180^\circ\text{F}) + 0.5 \text{ in.}] + 0.125 \text{ in.}$$

$$W = (100/50) [(0.0000065 \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}) \\ (2718 \text{ mm}) (82.2^\circ\text{C}) + 12.7 \text{ mm}] + 3.17 \text{ mm}$$

$$W = 1.26 \text{ in. (32 mm)}$$

Gunakan sambungan lunak 1¼ in. (32 mm) di bawah sudut rak. Teknisi juga memberi tahu kami bahwa sudut rak harus setebal 3/8 in. (9,5 mm), sehingga tinggi keseluruhan sambungan horizontal di



Section through
Soft Joint

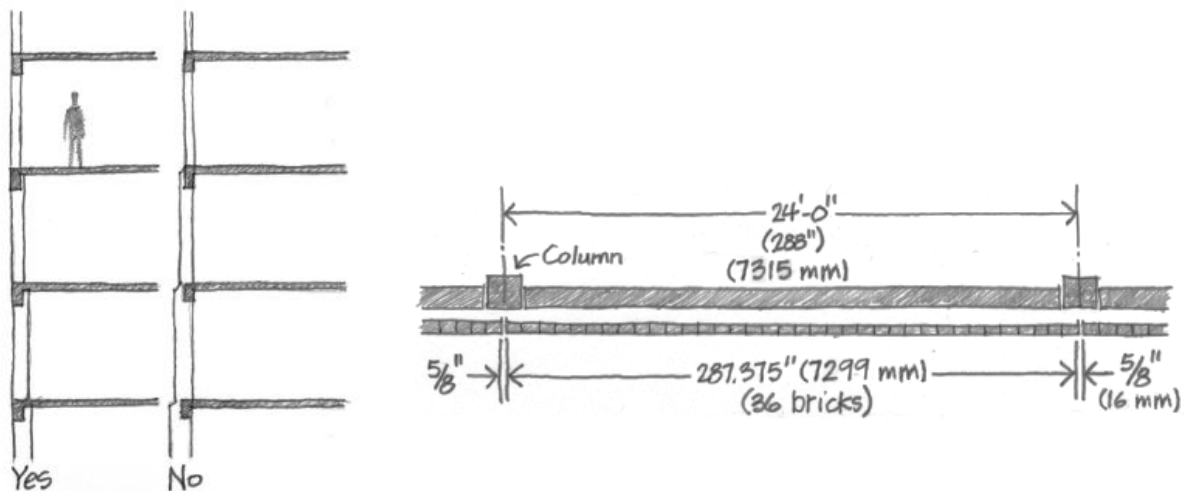
setiap lantai akan menjadi 1 5/8 in. (41 mm).

17.3 MEMPERINCI SPANDREL

Kami memulai pengembangan detail kami dengan spandrel. Setelah spandrel dikerjakan, detail utama lainnya dapat dikembangkan dengan kecepatan yang relatif cepat pada lapisan kertas kalkir di atas bagian spandrel. Dimensi Bata Horizontal Saat kami mulai membuat tata letak bagian spandrel awal, kami berunding dengan insinyur struktur mengenai beberapa poin penting. Pertama-tama, kami ingin agar variasi ukuran kolom terjadi sepenuhnya di dalam bangunan, sehingga permukaan rangka akan berada pada satu bidang datar. Ia langsung setuju.

Kedua, kami ingin mengoordinasikan dimensi rangka dengan dimensi pekerjaan pemasangan batu untuk menghindari pemotongan unit pemasangan batu sebanyak mungkin. Ini akan menghasilkan proses Perakitan Berulang (Bab 11) sebanyak mungkin. Kami melakukan beberapa perhitungan dimensi pemasangan batu bata: Pada arah horizontal, jarak antar kolom dari tengah ke tengah telah ditetapkan pada 24 kaki (7315 mm), dan kami telah menentukan bahwa akan ada sambungan kedap air 5/8 inci (16 mm) pada setiap kolom. Dengan demikian, ruang yang tersedia untuk pemasangan batu bata di setiap rongga adalah:

$$(24 \text{ ft.})(12 \text{ in./ft.}) - 0.625 \text{ in.} = 287.375 \text{ in. } 7315 \text{ mm} - 16 = 7299 \text{ mm}$$



Setiap bata diperkirakan memiliki panjang 7 5/8 in. dan lebar 3 5/8 in. (194 × 92 mm), dan sambungan mortar memiliki ketebalan 3/8 in. (9,5 mm). Akan ada satu sambungan mortar lebih sedikit daripada bata di setiap lapisan. Jumlah bata yang dibutuhkan untuk menempati ruang ini dapat diperkirakan sebagai berikut:

Tiga puluh enam bata modular dengan sambungan mortarnya biasanya akan menempati panjang yang tepat:

$$36 (7.625 \text{ in.} + 0.375 \text{ in.}) - 0.375 \text{ in.} = 287.625$$

$$36 (194 \text{ mm} + 9.5 \text{ mm}) - 9.5 \text{ mm} = 7316 \text{ mm}$$

Karena kita hanya memiliki panjang 287,375 in. (7299 mm) yang tersedia di antara sambungan ekspansi, maka susunan batu bata harus dipersempit dengan dimensi:

$$287.625 \text{ in.} - 287.375 \text{ in.} = 0.25 \text{ in.}$$

$$7306 \text{ mm} - 7299 \text{ mm} = 7 \text{ mm}$$

Kami akan menyarankan pada gambar konstruksi kami agar tukang batu membuat dua sambungan kepala pertama di setiap ujung $1/16$ in. (1,6 mm) lebih sempit untuk mencapai hal ini, menyelaraskan sisa sambungan kepala secara akurat dengan sambungan dinding cadangan sehingga bukaan akan mudah dibuat.

Dimensi Bata Vertikal

Jalur bata harus dikoordinasikan secara vertikal dengan tinggi lantai ke lantai. Jika tinggi lantai ke lantai adalah 108 in. (2743 mm) dan tinggi total sambungan lunak ditambah ketebalan sudut rak adalah $1 \frac{5}{8}$ in. (41 mm), ruang yang akan diisi dengan bata adalah:

$$108 \text{ in.} - 1.625 \text{ in.} = 106.375 \text{ in.}$$

$$2743 \text{ mm} - 41 \text{ mm} = 2702 \text{ mm}$$

Setiap lapisan bata, dengan sambungan mortarnya, tingginya $2 \frac{2}{3}$ in. (67,7 mm). Ini cocok dengan blok yang ada di dinding penyangga, karena tiga lapisan bata memiliki tinggi yang sama, yaitu 8 in. (203 mm) dengan satu lapisan bata. Dalam menghitung tinggi lapisan bata, kita harus memperhitungkan bahwa bata tidak akan memiliki sambungan mortar pada sudut rak; juga tidak akan memiliki sambungan di bawah sambungan lunak. Dengan demikian, akan ada satu sambungan mortar lebih sedikit daripada lapisan bata, dan kita harus menambahkan sambungan mortar yang tidak ada pada tinggi lantai kita untuk dapat menghitung jumlah lapisan bata:

$$N = 106.375 \text{ inci} + 0.375 \text{ inci} / 8/3 \text{ inci per jalur} = 40.03 \text{ jalur}$$

$$N = 2702 \text{ mm} + 9.5 \text{ mm} / 67.7 \text{ mm per jalur}$$

$$= 40.05 \text{ jalur}$$

Kita tidak dapat meminta tukang batu untuk membangun 0,03 atau 0,05 jalur, jadi kita hitung tinggi dari 40 jalur yang sama, dengan mengingat untuk mengurangi tinggi satu sambungan mortar:

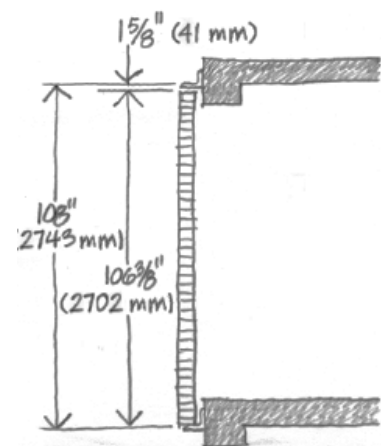
$$\text{Tinggi} = (40 \text{ jalur})(8/3 \text{ inci/jalur}) - 3/8 \text{ in.}$$

$$= 106,29 \text{ in.}$$

$$(40 \text{ jalur}) (67,7 \text{ mm/jalur}) - 9,5 \text{ mm}$$

$$= 2699 \text{ mm}$$

Ini sedikit kurang dari 106,375 in. (2702 mm) yang kita targetkan. Misalkan kita mencoba



menutupi selisih pada sambungan lunak:

Tinggi sambungan di bawah sudut rak:

= 108 in. – 106,29 in. – 0,375 in.

= 1,34 in.

= 2743 mm – 2699 mm – 9,5 mm

= 34,5 mm

0,375 in. (9,5 mm) dalam perhitungan ini adalah ketebalan sudut rak. Kita menginginkan sambungan yang tingginya 1,25 in. (32 mm), jadi dimensi 1,34 in. (34,5 mm) hanya sekitar 0,10 in. (2,5 mm) lebih.

Pengukuran Dimensi Pasangan Bata Beton

Dinding penyangga pasangan bata beton harus pas di antara kolom-kolom di setiap rongga, dan akan mempercepat pekerjaan pasangan bata (dan mengurangi biayanya) jika kita meminimalkan jumlah blok yang harus dipotong. Dengan blok yang belum dipotong, tukang batu dapat menghasilkan panjang dinding dalam kelipatan 8 in., dikurangi 3/8 in. (203 mm, dikurangi 9,5 mm), untuk memperhitungkan fakta bahwa dinding mengandung satu sambungan mortar lebih sedikit daripada blok. Jarak kolom tengah-ke-tengah adalah 24 kaki (7315 mm), yang merupakan kelipatan genap dari 8 in. (203 mm).

Oleh karena itu, ukuran kolom apa pun yang merupakan kelipatan modul 8 in. (203 mm) akan meminimalkan pemotongan blok. Kami bertanya kepada insinyur struktur apakah kolom dapat distandarisasi lebarnya pada 16 atau 24 in. (406 atau 609 mm), membiarkan kedalamannya bervariasi sesuai kebutuhan. Dia melihat angka-angka awalnya dan mengatakan bahwa dia mungkin membutuhkan lebar 24 in. (609 mm) di lantai bawah, tetapi dapat melakukan transisi ke 16 in. (406 mm) di lantai yang lebih tinggi. Sementara itu, kami telah mencatat perlunya menyediakan sambungan pergerakan di setiap ujung setiap segmen dinding penyangga, untuk mengakomodasi penyusutan blok dan gerakan seismik rangka.

Jika kolom berdimensi penuh 16 atau 24 in. (406 atau 609 mm), ini hanya akan menyediakan 3/8 in. (9,5 mm), dimensi sambungan mortar standar, untuk sealant di setiap ujung. Jika kami menekan kolom hingga 15 atau 23 in. (381 atau 584 mm), ini akan menyediakan sambungan 7/8 in. (22 mm) yang cukup besar di setiap ujung. Insinyur setuju bahwa ini dapat diterima. Pada arah vertikal, dinding penyangga unit pasangan bata beton harus pas di antara bagian atas pelat lantai dan bagian bawah balok perimeter. Tinggi lantai ke lantai adalah 9 kaki (2743 mm). Insinyur ingin kedalaman balok perimeter sekitar 18 in. (457 mm), diukur ke bawah dari atas pelat, tetapi ia mengatakan bahwa ia bisa agak fleksibel dalam hal ini, karena ia dapat mengubah lebar balok dan menambah atau mengurangi tulangan jika perlu untuk mencapai kekuatan dan kekakuan yang sama.

Kami akan memasang sambungan lunak antara bagian atas dinding pasangan bata beton dan bagian bawah balok untuk memungkinkan defleksi dan creep. Bekerja dari dimensi sambungan lunak eksterior yang dihitung dan mengurangi bagian yang disebabkan oleh

pergerakan suhu, kami memutuskan untuk membuat sambungan ini setinggi $\frac{3}{4}$ in. (19 mm). Dengan demikian, ketinggian yang tersedia untuk diisi dengan pasangan bata beton adalah:

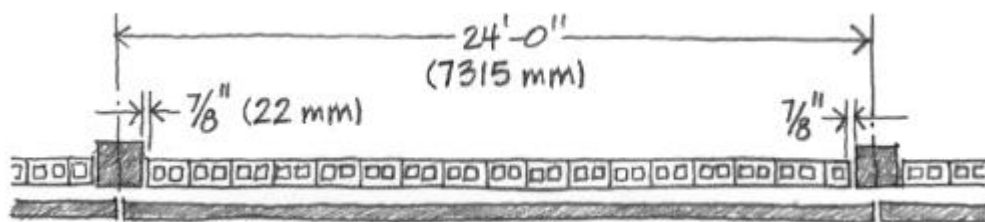
$$(9 \text{ kaki})(12 \text{ in./kaki}) - 18 \text{ in.} - \frac{3}{4} \text{ in.} = 89,25 \text{ in.} \quad 2743 \text{ mm} - 457 \text{ mm} - 19 \text{ mm} = 2267 \text{ mm}$$

Karena setiap baris blok beton standar, termasuk mortar, tingginya 8 in. (203 mm), kita lihat bahwa dibutuhkan sekitar 11 baris untuk mengisi ruang ini. Kita hitung kedalaman balok yang diperlukan untuk menghasilkan 11 baris blok kerja yang genap:

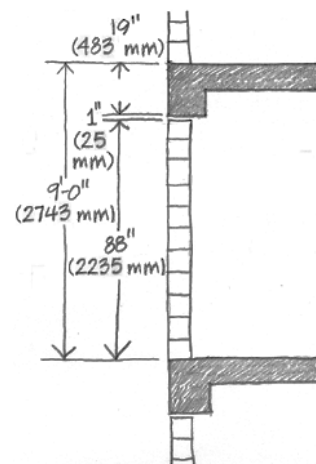
$$\text{Kedalaman balok} + (11 \text{ baris})(8 \text{ in./baris}) + \text{sambungan } 0,75 \text{ in.} = 108 \text{ in.}$$

$$\text{Kedalaman balok} = 19,5 \text{ in.}$$

$$\text{Kedalaman balok} + (11 \text{ baris})(203 \text{ mm/baris}) + \text{sambungan } 19 \text{ mm} = 2743 \text{ mm} \quad \text{Kedalaman balok} = 491 \text{ mm}$$



Insinyur struktur mengatakan bahwa ini akan baik-baik saja, tetapi sebaiknya dibulatkan dimensinya menjadi 19 in. (483 mm) untuk kemudahan pembuatan bekisting. Ini akan menghasilkan sambungan lunak sepanjang satu inci penuh (25 mm), yang dapat diterima. Kita juga perlu memeriksa ruang bebas di bawah balok perimeter; kode bangunan tidak mengizinkan tinggi soffit kurang dari 7 kaki (2134 mm), dan kita harus menyediakan tambahan $1\frac{1}{2}$ inci (38 mm) untuk finishing di bawah balok.



$$\text{Headroom} = 108 \text{ inci} - 19 \text{ inci} - 1,5 \text{ inci} = 87,5 \text{ inci}$$

$$= 7 \text{ kaki } 4 \text{ inci} > 7 \text{ kaki } 0 \text{ inci (OK)}$$

$$= 2743 \text{ mm} - 483 \text{ mm} - 38 \text{ mm}$$

$$= 2222 \text{ mm} > 2133 \text{ mm (OK)}$$

Dimensi awal batu bata dan unit pasangan bata beton kini telah selesai.

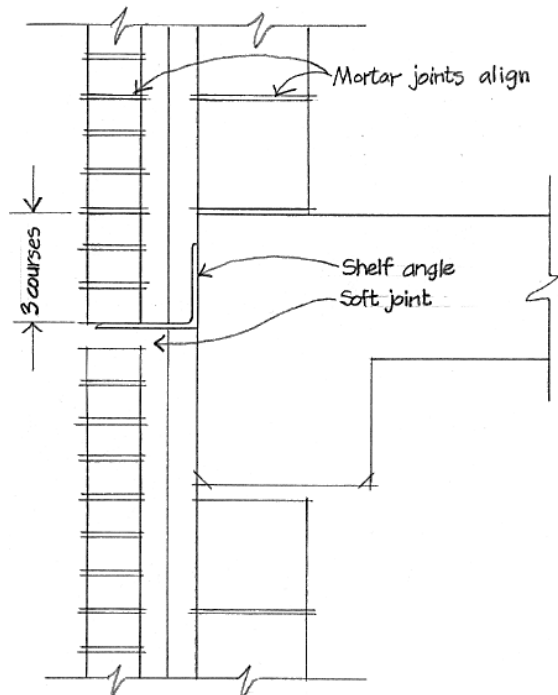
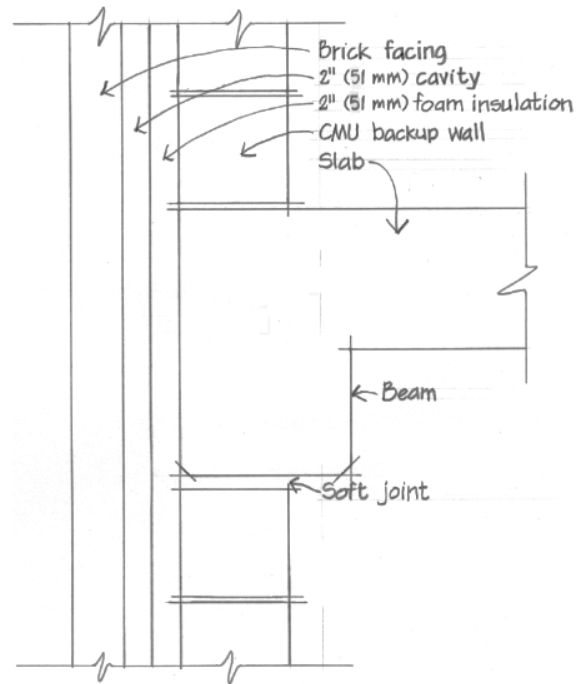
Memulai Detail Spandrel

Sekarang kita dapat melanjutkan dengan konstruksi detail spandrel awal untuk bangunan, dengan skala 1½ in. sama dengan 1 kaki (1:8), yang cukup besar sehingga kita dapat melihat semua fitur penting, termasuk ketebalan sambungan mortar dan posisi flashing. Kami menggambar pelat dan balok perimeter dengan pensil. Kami menunjukkan talang pada dua tepi bawah balok untuk mencegah kerusakan tepi saat bekisting dilepas.

Kami menggambar unit pasangan bata beton dan sambungan lunaknya di bawah balok. Kami menambahkan lapisan vertikal setebal 2 in. (51 mm) di bagian luar dinding penyangga dan balok perimeter untuk menunjukkan insulasi busa poliisocyanurat di rongga. Kami menambahkan 2 in. (51 mm) lagi untuk bagian rongga yang terbuka, yang merupakan lebar minimum yang dapat dijaga agar tukang batu tetap bersih dari tetesan mortar, yang jika tidak akan menyumbat lubang rembesan di bagian bawah dan membentuk jembatan air di antara wythe. Di luar rongga kami meletakkan ketebalan 3 5/8 in. (92 mm) dari batu bata yang menghadap wythe.

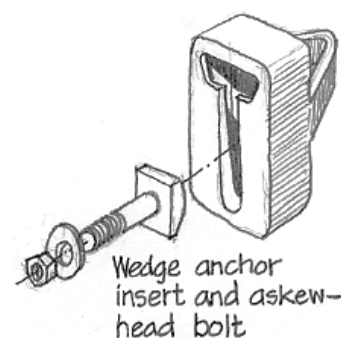
Kita harus memilih posisi vertikal yang tepat untuk sudut rak. Jelas, rak harus diposisikan tepat di bawah susunan bata, yang harus sesuai dengan susunan blok beton agar ikatannya dapat terhubung, jadi kita mulai dengan bekerja ke bawah dari sambungan mortar horizontal tempat blok bertumpu pada pelat lantai. Kita ingin menjaga sudut rak tetap tinggi pada balok beton. Ini akan meminimalkan jumlah material flashing yang dibutuhkan dan menghilangkan kebutuhan ikatan pasangan bata untuk menembus flashing situasi yang berpotensi menimbulkan kebocoran air dan korosi galvanik. Posisi sudut rak yang tinggi juga akan meminimalkan interferensi antara sudut rak dan flashing yang akan terjadi di atas kepala jendela, seperti yang akan kita lihat nanti.

Untuk mencapai kepadatan ikatan pasangan bata yang diamanatkan kode, kita harus

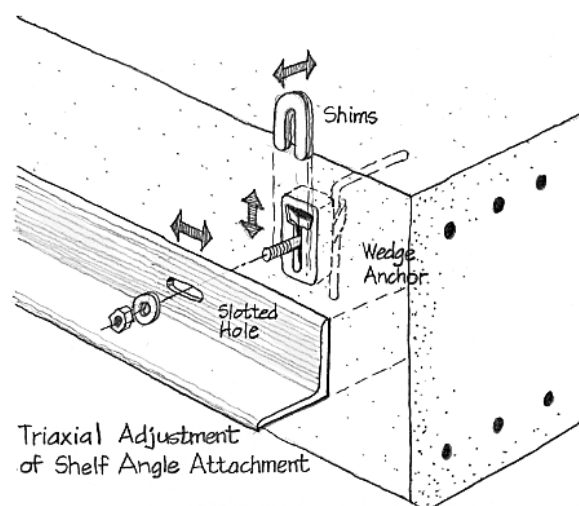


menempatkan ikatan dengan jarak 16 in. (406 mm), baik secara horizontal maupun vertikal. Ini berarti akan ada ikatan di setiap sambungan mortar horizontal kedua di dinding cadangan. Tidaklah bijaksana untuk menempatkan ikatan dan flashing pada sambungan mortar yang sama: Tidak ada ruang untuk keduanya, dan korosi galvanik dapat terjadi akibat kontak logam yang tidak sama. Dengan demikian, lokasi yang tepat untuk permukaan atas sudut rak tidak akan lebih rendah dari satu blok di bawah permukaan lantai, sehingga baris pertama ikatan dapat ditempatkan di atas deretan blok pertama, satu deretan di atas flashing. Setelah mencoba skala ini pada gambar, kami memutuskan untuk menempatkan sudut rak tiga deretan bata (sama dengan satu deretan blok) di bawah bagian atas pelat lantai.

Sekarang kita mengalihkan perhatian kita ke masalah pengencangan sudut rak ke struktur beton. Insinyur struktur telah mengusulkan untuk melakukan ini dengan sisipan jangkar baji besi lunak yang dicor ke permukaan balok beton pada interval 6 kaki (1829 mm). Selain memiliki kapasitas menahan beban yang tinggi, jenis jangkar ini memungkinkan penyesuaian dimensi vertikal melalui baut geser dengan kepala miring yang mengunci dengan aman terhadap bagian depan sisipan berbentuk baji pada ketinggian berapa pun. Sudut rak dan pengencangnya merupakan Struktur Kecil (Bab 7) yang sangat penting, yang dirancang oleh insinyur agar cukup kuat dan kaku untuk menopang permukaan dengan aman.



Sudut itu sendiri adalah bentuk baja berukuran 7 in. × 6 in. × 3 3/8 in. (178 × 152 × 9,5 mm) yang jatuh sekitar 5/8 in. (16 mm) kurang dari permukaan luar susunan bata, menyisakan ruang untuk sealant. Sudut rak ini melewati lapisan insulasi termal dari rakitan dinding ini, menjadikannya jembatan termal kecil. Ada beberapa sudut rak penahan termal yang dapat disesuaikan di pasaran, tetapi literatur mereka tidak menyatakan secara eksplisit bahwa mereka layak di zona seismik D, tempat gedung kami akan berada. Insinyur konsultan kami merekomendasikan agar kami menggunakan sudut rak konvensional di lokasi ini. Jangkar baji menyediakan penyesuaian vertikal yang cukup untuk ketidakakuratan, tetapi bagaimana dengan toleransi ± 1 in. (25 mm) di lokasi horizontal balok?

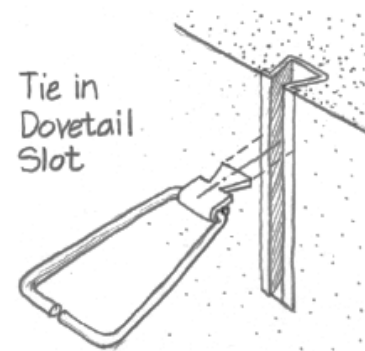


Jika balok sedikit kurang dari lokasi yang benar, kita dapat menutupi selisihnya dengan ganjal baja yang disisipkan di antara sudut dan permukaan beton. Jika terlalu kurang, kita dapat menggunakan sudut dengan kaki 8 in. (203 mm) daripada kaki 7 in. (178 mm) untuk menghindari penggunaan tumpukan ganjal yang tebal. Jika balok terletak di luar lokasi yang

benar, sudut dengan kaki yang lebih pendek mungkin diperlukan. Insinyur struktur akan menentukan apakah sudut yang lebih panjang dan yang lebih pendek perlu memiliki ketebalan yang berbeda dari sudut normal sehingga kekakuannya akan sama.

Lokasi sudut rak harus ditandai secara akurat oleh surveyor saat bekisting dilepaskan dari setiap lantai, memberikan waktu untuk sudut pesanan khusus jika perlu. Sudut akan dilubangi atau dibor untuk baut di pabrik fabrikasi, dan kami merinci lubang menjadi slot horizontal yang akan memberikan kelonggaran yang cukup besar untuk sisipan baji yang tidak ditempatkan secara akurat.

Dengan demikian, kami telah menyediakan Adjustable Fit triaksial penuh (Bab 12) yang akan mengkompensasi tingkat ketidakakuratan yang diharapkan dalam pembuatan rangka beton: penyesuaian vertikal dengan jangkar baji, penyesuaian masuk-dan-keluar dengan ganjal dan berbagai ukuran sudut, dan penyesuaian lateral dengan lubang baut berlubang horizontal di sudut rak. Namun, kami membuat catatan untuk meminta administrator konstruksi dari kantor kami melihat bahwa bekisting dan lokasi jangkar baji diperiksa sebelum beton dituang (Perakitan yang Dapat Diamati, Bab 11). Inspektur juga harus memastikan bahwa semua jangkar baji dipasang dengan sisi kanan ke atas, karena jangkar baji hanya aman terhadap beban ke arah yang mendorong kepala baut yang miring lebih erat ke baji.



17.4 IKATAN DAN FLASHING

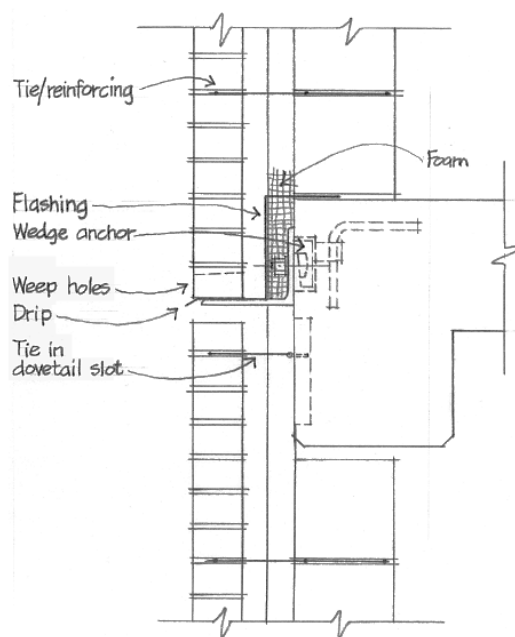
Kembali ke gambar kita, kita tambahkan jalur dan ikatan pasangan bata. Kita perhatikan bahwa perlu ada ikatan yang menghubungkan permukaan bata ke balok spandrel di atas bagian atas dinding penopang pasangan bata beton. Kita menyediakannya dengan memasang slot ekor burung vertikal berjarak 16 in. (406 mm) di permukaan balok beton sehingga tukang batu dapat memasukkan ikatan ekor burung ke permukaan bata. Slot tersebut adalah saluran logam kecil yang diisi dengan busa plastik berdensitas rendah. Saluran tersebut dipaku ke bagian dalam bekisting sebelum beton dituang. Busa tersebut mencegah beton mengisi slot, tetapi mudah dilepaskan oleh tukang batu saat mereka memasang ikatan.

Kita menambahkan pada gambar kita lembaran flashing terus-menerus yang berasal dari bawah dinding penopang, di atas sudut rak. Ini menangkap air yang mungkin masuk ke rongga, dan mengalirkannya melalui lubang rembesan ke luar ruangan. Ada beberapa detail penting di sini: Lapisan kedap air harus berada di atas insulasi busa, bukan di bawahnya, sehingga busa tidak dapat terlepas dan menyumbat lubang rembesan. Pengaturan ini memiliki manfaat sampingan bahwa busa dapat berfungsi untuk melindungi lapisan kedap air dari tusukan oleh ujung baut pada sudut rak. Perhatikan bahwa lapisan kedap air membentuk Upstand (Bab 1) setinggi sekitar 8 in. (203 mm) untuk mencegah angin mendorong air ke dinding penyangga.

Dari bagian Bab 1 ini, kita melihat bahwa dimensi 8 in. (203 mm) ini cukup untuk mencegah kebocoran pada kecepatan angin sekitar 125 mph (200 km/jam), jauh lebih tinggi daripada yang terjadi di wilayah ini. Flashing harus menonjol jauh melampaui ujung sudut pada kemiringan ke bawah 45 derajat untuk membentuk Overhang dan Drip (Bab 1) yang akan menumpahkan air bebas dari dinding, alih-alih membiarkannya meresap kembali. Ini berarti bahwa flashing harus terbuat dari bahan yang cukup kaku untuk membentuk tetesan dan yang tidak terpengaruh oleh sinar matahari. Ini mengesampingkan sebagian besar flashing plastik dan karet sintesis. Lembaran tembaga akan menjadi bahan terbaik, tetapi, untuk mencegah korosi galvanik, perlu dilindungi dari kontak dengan lapisan seng pada sudut rak (Logam yang Dilindungi dan Serupa, Bab 10). Kami membuat catatan untuk meneliti dan menentukan bahan flashing yang melaminasi tembaga di antara lapisan bahan inert untuk tujuan ini.

Ada banyak cara untuk membuat lubang rembesan: tabung plastik yang diletakkan di sambungan mortar, sumbu tali katun, dan sebagainya. Dengan percaya pada keunggulan kesederhanaan dan kemurahan hati, kami memilih untuk membuat lubang rembesan besar dengan jarak 2 kaki (610 mm) dengan hanya menghilangkan mortar dari setiap sambungan kepala ketiga dari jalur bata tepat di atas flashing. Lubang vertikal yang tinggi ini memungkinkan beberapa tetesan mortar terkumpul secara tidak sengaja di dasar rongga, dan mudah dibuat oleh tukang batu.

Produk kasa terbuka yang dirancang khusus untuk tujuan ini dapat dimasukkan ke dalam rongga untuk mencegah tetesan mortar menyumbat rembesan di dasar setiap rongga. Namun, kami belum melihat data uji yang membuktikan bahwa air mengalir keluar dari rongga dengan lebih baik saat produk ini dipasang. Ada kemungkinan bahwa air yang mengalir ke bawah di dalam rongga diserap oleh tetesan mortar yang tersuspensi pada kasa. Hingga data uji yang dapat diandalkan tersedia, kami akan terus meminta tukang batu untuk mengikuti standar pengerjaan yang dijelaskan dalam catatan teknis industri pertukangan batu (Standar yang Diterima, Bab 13). Lebih baik meminimalkan tetesan mortar di rongga daripada menangkapnya saat jatuh.

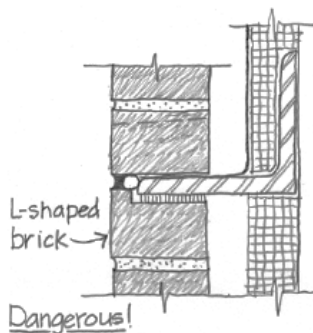


Merinci Sambungan Lunak

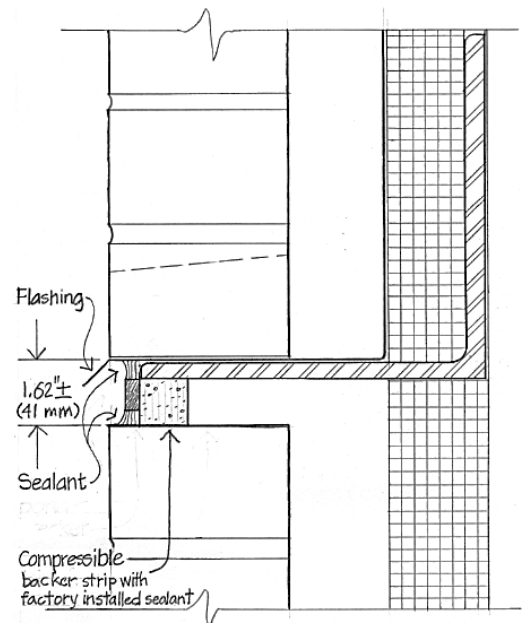
Kita perlu melihat lebih dekat konstruksi sudut rak, sambungan lunak, dan flashing. Untuk ini, kita menemukan bahwa kita memerlukan skala gambar yang lebih besar, jadi kita menyiapkan detail pada ukuran setengah penuh. Sambungan lunak yang kita usulkan adalah $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm), yang luar biasa tebalnya.

Sambungan standar tradisional $\frac{3}{8}$ in. (9,5 mm) sangat tidak memadai untuk bangunan rangka beton. Kita telah membuat sambungan setebal ini karena kita sangat berhati-hati untuk memperhitungkan creep dan lendutan yang kita harapkan dalam rangka beton (Expected Life, Bab 10). Kita membuat catatan untuk memeriksa ketersediaan strip pengisi karet kompresibel berdensitas rendah dalam ketebalan yang kita butuhkan. Kita akan memilih jenis yang memiliki sealant yang dipasang di pabrik yang diaplikasikan pada permukaan yang terbuka, mengurangi tinggi sealant yang dipasang di lapangan menjadi dua manik-manik masing-masing sekitar $\frac{3}{8}$ in.

Hal ini menghindari sambungan sealant yang sangat tinggi yang dapat melorot sebelum mengeras. Banyak arsitek mencoba menyembunyikan sambungan lunak dengan meminimalkan ketebalannya, menyorokkan bibir luar flashing ke dalam sambungan mortar, dan menggunakan batu bata berbentuk L untuk menyembunyikan ketebalan tambahannya. Ini semua adalah cara yang berbahaya. Alternatifnya adalah memilih warna batu bata yang berbeda untuk lapisan pertama yang akan diletakkan di sudut rak.



terkorosi. Bibir batu bata berbentuk L rapuh dan rentan terhadap pengelupasan beku-cair.



Mata tertuju pada pita horizontal dari batu bata berwarna berbeda; fitur-fitur kecil seperti ketebalan sambungan dan lubang rembesan tidak terlalu terlihat. Sambungan lunak yang terlalu tipis tidak akan mampu menyerap semua gerakan yang terjadi, dan permukaan batu bata dapat diletakkan di bawah beban struktural yang akan menyebabkannya retak dan tertekuk. Flashing yang tersembunyi menyebabkan sudut rak basah yang dapat

Merinci Penghalang Udara

Kembali ke gambar bagian awal, kami Melatih Urutan Konstruksi (Bab 13) untuk melihat apakah itu masuk akal. Pertama, pekerja besi akan memasang sudut rak, mengaturnya pada tanda penyelarasan akurat yang telah ditinggalkan surveyor pada balok keliling (1). Selanjutnya, tukang batu akan memulai pekerjaan mereka dengan memasang strip busa dan flashing di atas sudut rak, melapisi dan menyegel flashing di persimpangan ujung dan sudut.

Kemudian mereka akan meletakkan lapisan pertama blok beton di dinding cadangan, yang membawanya ke ketinggian tempat strip pertama tulangan sambungan logam dan ikatan harus ditempatkan (2). Strip ini, setelah terpasang, akan menghalangi pekerjaan lebih lanjut di rongga, jadi kami menyadari bahwa penghalang udara, insulasi, sealant di permukaan kolom, dan permukaan bata harus diselesaikan hingga tingkat ini sebelum strip dipasang. Ini memaksa kami untuk berpikir lebih dalam tentang komponen dinding ini.

Sedikit riset katalog mengungkapkan bahwa ada dua jenis umum bahan penghalang udara yang tersedia untuk dinding rongga: bahan lembaran fleksibel yang direkatkan atau diikat secara mekanis ke dinding cadangan, dan aspal atau mastik sintetis yang diaplikasikan dengan cairan yang disekop atau disemprotkan ke dinding. Kami perhatikan bahwa beberapa bahan lembaran tersedia dalam lebar yang dirancang agar sesuai dengan jarak blok per detik dari ikatan yang kami gunakan.

Ini berguna, tetapi kami juga memperhatikan bahwa bahan lembaran harus dipotong agar pas di sekitar ikatan, dan mastik kemudian harus digunakan untuk menutup penetrasi ini. Kami juga melihat bahwa untuk sistem yang direkatkan, blok kerja harus diberi lapisan dasar yang membutuhkan waktu setidaknya satu jam untuk mengering sebelum bahan lembaran dapat direkatkan. Ini semua tampak seperti kerugian yang parah, terutama waktu pengeringan, yang dapat menunda kemajuan pekerjaan.

Mastik yang diaplikasikan dengan cairan tidak memiliki satu pun dari kerugian ini. Dibandingkan dengan bahan lembaran, bahan ini akan sangat menyederhanakan pekerjaan tukang batu. Namun, jika ada sedikit damar wangi yang tumpah ke permukaan atas pasangan



bata beton, hal itu akan merusak ikatan perekat mortar ke blok dan melemahkan dinding. Kami memutuskan untuk menggunakan penghalang udara damar wangi, tetapi kami membuat catatan untuk menentukan bahwa penghalang tersebut harus ditahan sejauh 1 in. (25 mm) dari tepi atas blok hingga dua lapisan berikutnya telah diletakkan.

Kami juga mencatat bahwa sambungan sealant tempat dinding cadangan bertemu dengan setiap kolom harus diselesaikan sebelum damar wangi disebar, untuk menghindari kontaminasi damar wangi pada permukaan tempat sealant harus melekat. Untuk melatih kembali pekerjaan tukang batu sejauh ini: Mereka harus memasang strip pertama insulasi busa di atas sudut rak, memasang flashing, dan meletakkan lapisan pertama blok beton di dinding penyangga. Subkontraktor kedap air kemudian akan memasang batang penyangga dan sealant di permukaan luar tempat lapisan ini bertemu dengan kolom di kedua ujungnya (sambungan sealant bagian dalam dapat dilakukan kemudian), dan menyemprotkan damar wangi penghalang udara.

Kemudian tukang batu harus memasang strip insulasi busa berikutnya, hanya setinggi 8 in. (203 mm), menekannya ke damar wangi. Ini menimbulkan masalah: Kami akan menentukan bahwa lapisan damar wangi harus ditahan 1 in. (25 mm) di bawah bagian atas pasangan bata beton, untuk dilanjutkan dari level itu setelah lapisan blok berikutnya diletakkan. Namun, setelah insulasi busa dipasang, mustahil untuk mencapai bagian belakang tepi atasnya dengan sekop untuk melanjutkan pekerjaan damar wangi sebagai membran penghalang udara yang tidak terputus.

Kita harus memikirkan ulang urutannya. Misalkan kita meminta tukang batu melakukan semua hal seperti yang telah kita rencanakan, tetapi untuk sementara waktu kita tinggalkan busanya, dan sebagai gantinya kita buat enam baris pertama dari susunan batu bata. Kemudian mereka dapat meletakkan potongan insulasi busa secara longgar di rongga, memasang penguat sambungan dan potongan pengikat di atas insulasi (3), dan meletakkan dua baris blok pendukung berikutnya. Pada titik ini, dinding pendukung akan berada 16 in. (406 mm) lebih tinggi dari permukaan batu bata. Subkontraktor pelapis kedap air kemudian dapat mengaplikasikan sealant di persimpangan antara kolom dan dinding pendukung, dan menyemprotkan potongan damar wangi berikutnya, dengan hati-hati menyegel sekeliling ikatan dan di atas tepi atas potongan damar wangi sebelumnya.

Semua langkah ini dapat diamati oleh administrator konstruksi kantor. Selanjutnya, tukang batu dapat meraih melalui ikatan ke dalam rongga untuk mendorong potongan papan insulasi sepanjang 8 in. (203 mm) ke posisinya, menguncinya di tempatnya dengan klip plastik standar yang terpasang di atas ikatan (4). Ini tampaknya akan berjalan lebih lancar daripada skenario pertama, dengan lebih sedikit masalah akses pekerja. Setiap klip dirancang untuk menahan bagian atas satu lembar dan bagian bawah lembar berikutnya.

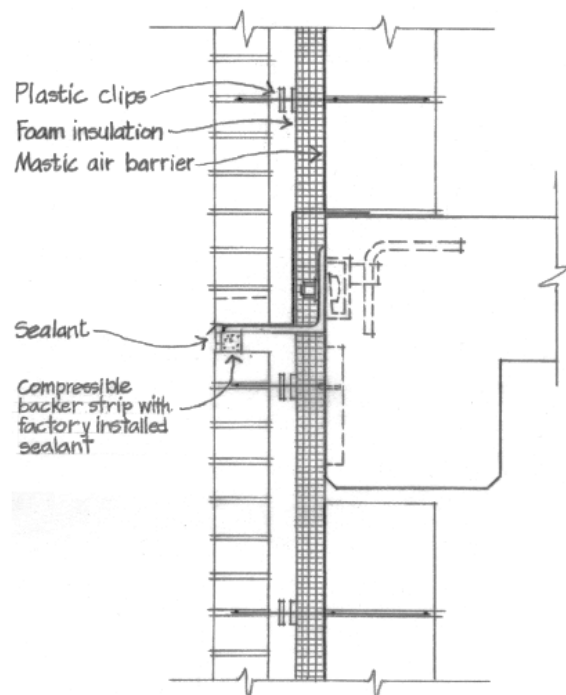
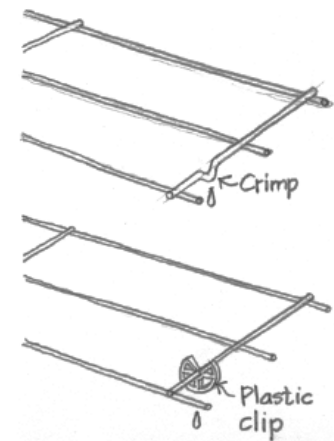
Potongan busa tepat di atas flashing tidak akan memiliki penahan bagian bawah, tetapi kita dapat mengatasinya dengan meminta tukang batu untuk mengoleskan beberapa titik damar wangi ke bagian belakang busa dengan ujung sekop sebelum mendorongnya ke tempatnya dan memasang klip. Pilihan ini menarik, tetapi masih kurang ideal karena

kemungkinan warna mortar untuk balok dan bata akan berbeda, dan warna tersebut dapat membingungkan tukang batu di perancah. Kekhawatiran lainnya adalah bahwa kru tukang batu dan pemasang damar wangi mungkin berdesakan di perancah, setiap kru mencoba melakukan pekerjaannya pada waktu yang sama.

Sekarang kami berencana membangun dinding blok beton bagian dalam terlebih dahulu, kemudian penghalang udara dan air yang diaplikasikan dengan cairan akan disemprotkan ke permukaannya dan dibiarkan kering. Kemudian tukang batu akan memasang insulasi kaku di antara kawat penguat sambungan yang menonjol, dan kemudian memasang pelapis bata. Mereka mungkin perlu sedikit melenturkan tulangan sambungan kawat untuk menempatkan bata. Seorang tukang batu berpengalaman dari daerah ini meyakinkan kami bahwa opsi ini akan jauh lebih baik daripada membangun wythe blok dan bata secara bersamaan, karena proses tersebut akan membutuhkan koordinasi waktu dan ruang yang luar biasa oleh berbagai subkontraktor.

Banyak jenis ikatan pasangan bata memiliki kerutan berbentuk V yang terletak di titik tengah rongga. Fungsinya adalah untuk bertindak sebagai tetesan (Overhang dan Tetesan, Bab 1) untuk mencegah tetesan air yang menempel mengalir melintasi ikatan dari wythe luar ke wythe dalam. Kerutan mengurangi kekakuan struktural ikatan, jadi insinyur struktur kami mengusulkan agar kami tidak memasukkannya ke dalam ikatan yang kami gunakan di lokasi yang aktif secara seismik ini. Namun, kami mencatat dalam katalog produsen ikatan bahwa klip yang kami gunakan untuk menahan papan insulasi juga dapat digunakan untuk membuat tetesan pada setiap ikatan.

Ini akan memerlukan klip kedua pada setiap ikatan, karena klip yang didorong dengan kuat ke insulasi tidak dapat menetes bebas ke dalam rongga. Kombinasi sambungan tulangan dan strip pengikat pasak yang telah kami pilih dengan rapi memecahkan masalah penguatan dinding cadangan dalam arah horizontal, menyediakan ikatan antara dinding cadangan dan wythe muka pasangan bata, memperkuat wythe muka, dan menciptakan sambungan mekanis yang diamanatkan kode antara tulangan wythe muka dan ikatan. Strip ini dilas dari kawat baja dan kemudian digalvanisasi (dilapisi seng) untuk menghambat karat. Namun, galvanisasi bukanlah obat permanen untuk karat. Jika



wythe luar bocor ke dalam rongga, jika uap mengembun di rongga, atau jika sambungan mortar memungkinkan uap air mencapai kabel yang tertanam yang semuanya mungkin terjadi selama masa pakai bangunan maka lapisan seng akan hancur secara bertahap, dan kabel akhirnya akan berkarat.

Mengingat desakan pemilik pada daya tahan dan keinginan kami sendiri untuk membangun bangunan yang tidak akan mulai runtuh beberapa dekade dari sekarang, kami akan menentukan kawat baja tahan karat daripada baja karbon galvanis. Biaya tambahan yang dinyatakan sebagai persentase dari keseluruhan biaya bangunan akan sangat kecil. Kami akan menentukan lapisan seng yang sangat tebal untuk sudut rak, yang terlindungi oleh sambungan flashing dan sealant yang menjorok dan kecil kemungkinannya terkena air.

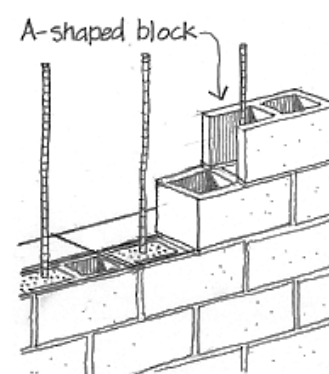
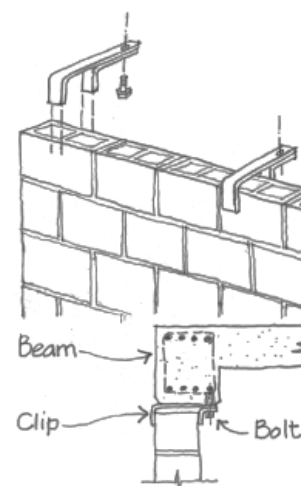
Merinci Dinding Cadangan

Dinding cadangan harus direkayasa dengan sangat hati-hati, karena dinding ini menyangga penghalang udara dan lapisan bata terhadap beban angin dan seismik. Insinyur struktur telah memilih jenis unit pemasangan bata beton, ketebalan dinding, ukuran dan frekuensi tulangan sambungan horizontal dan pengikat, serta ukuran dan frekuensi batang tulangan vertikal di dinding ini berdasarkan perhitungan beban angin dan seismik. Ia telah menentukan bahwa gesekan antara dasar dinding cadangan dan pelat lantai cukup untuk menyalurkan beban lateral di antara keduanya.

Di bagian atas, tempat dinding menyambung dengan balok perimeter, sambungan mekanis harus dibuat untuk menyalurkan beban lateral dari dinding ke balok. Insinyur membuat sketsa klip yang ia rancang untuk tujuan ini. Akan ada beberapa klip seperti itu di setiap rongga. Setiap bagian akan ditekuk dari pelat baja, dibor, digalvanisasi, dan dipasang dengan sekrup mesin dan selongsong ekspansi ke dalam lubang yang dibor di bagian bawah balok perimeter. Klip tersebut menyambungkan balok dengan Sliding Fit yang dengan mudah mengakomodasi ketidakakuratan apa pun. Teknisi akan memberikan angka dan dimensi klip yang tepat nanti, seiring dengan perkembangan detail.

Saat melatih bagian berikutnya dari urutan konstruksi, kami memvisualisasikan tukang batu meletakkan beberapa baris pertama blok beton, memasukkan tulangan sambungan saat mereka melakukannya, dan memasang lapisan penghalang udara dan permukaan bata seperti yang dijelaskan sebelumnya. Kemudian mereka akan memasukkan batang tulangan vertikal ke dalam inti blok seperti yang diarahkan oleh gambar struktural dan memasang nat pada inti yang memiliki batang di dalamnya.

Batang-batang ini akan menjorok ke atas dan memanjang hampir ke bagian bawah balok perimeter, sehingga mustahil untuk memasang baris blok berikutnya di atasnya. Dari titik

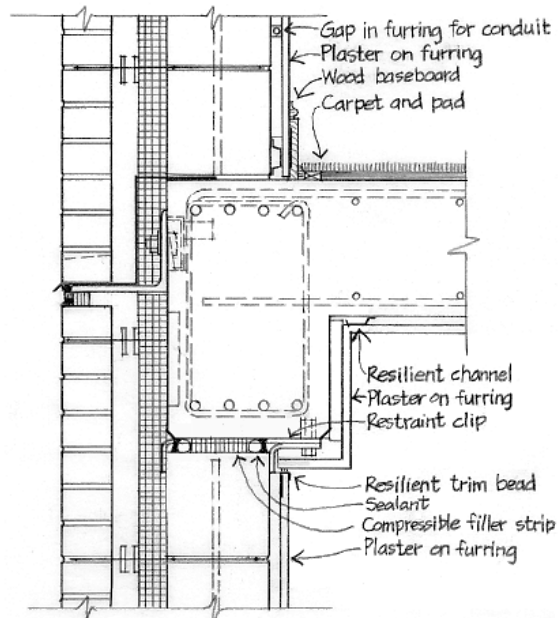


ini ke atas, tukang batu harus menggunakan blok berbentuk A yang dapat dipasang dengan mudah di sekitar tulangan; ini adalah bentuk standar yang tersedia. Jika setiap inti blok akan diperkuat secara vertikal, kami akan menggunakan blok berbentuk H, yang juga merupakan bentuk standar.

Setelah dinding penopang didirikan di setiap rongga, klip beban lateral akan dipasang. Kemudian sambungan lunak akan dibuat antara bagian atas dinding dan bagian bawah balok perimeter, menggunakan strip pengisi sambungan yang dapat dikompresi di bagian tengah dinding, dan batang penopang serta sealant di setiap sisi.

Merinci Lapisan Akhir Interior

Sekarang kita mengalihkan perhatian kita untuk menambahkan lapisan akhir interior pada detail spandrel kita. Strip pelapis vertikal berbentuk topi dari baja galvanis (barang stok) akan diikat ke dinding dengan jarak 16 in. (406 mm) dengan pengencang yang digerakkan dengan bubuk, dan alas plester veneer berlapis foil akan disekrup ke strip pelapis akhir. (Alas plester veneer umumnya disebut "papan biru." Ini adalah papan gipsum yang dirancang untuk berfungsi sebagai alas untuk lapisan tipis plester veneer.)



Kabel listrik untuk stopkontak dinding akan dijalankan dalam saluran logam; kami mencatat bahwa celah harus dibiarkan di strip pelapis akhir untuk tujuan ini (Horizontal Plenum, Bab 8). Kotak listrik standar sedalam 1½ in. (38 mm) akan pas dengan ketebalan yang disediakan oleh pelapis akhir dan plester. Klip yang menahan bagian atas dinding penyangga harus ditutup dengan lapisan akhir, jadi kami melapisi dan memplester balok beserta dindingnya.

Karena potensi pergerakan pada sambungan lunak antara balok perimeter dan dinding penyangga, kami menggunakan manik trim vinil yang elastis, barang stok dari katalog pemasok gipsum, untuk menyediakan sambungan pergerakan antara dinding plester dan sofit plester di bawah balok. Di dasar dinding, kami memasang papan skirting kayu menggunakan sekrup akhir yang, seperti paku akhir, hampir tanpa kepala, untuk menempelkannya melalui plester ke strip pelapis logam. Untuk menjaga plester tetap rata dan kuat di belakang papan skirting, kami menunjukkan strip pelapis horizontal di dasar dinding. Setelah papan skirting terpasang, bantalan dan karpet dapat dipasang, menggunakan strip tanpa paku untuk membentuk tepi yang rapi pada papan skirting.

Namun, panggilan ke konsultan akustik kami membawa berita buruk: Detail lantai yang terdiri dari karpet dan bantalan tebal di atas pelat beton 10 in. (254 mm) memiliki kelas insulasi

benturan sekitar 70, yang sangat baik, tetapi kelas transmisi suara (STC)-nya hanya sekitar 53, yang di bawah standar untuk bangunan dengan kualitas ini. Dia ingin kami memasang plafon plester gantung dengan bilah akustik di atasnya. Namun, kami ingin menghindari melakukan ini. Itu akan sangat mahal, bukan hanya karena biaya plafon itu sendiri, tetapi juga karena akan menambah beberapa inci tinggi ke setiap lantai bangunan, menambah tinggi kolom dan area dinding eksterior serta membutuhkan struktur yang lebih kuat untuk bangunan yang lebih tinggi.

Setelah beberapa panggilan telepon bolak-balik, kami sepakat untuk berkompromi: Daripada hanya mengecat bagian bawah pelat, kami akan memasang 5/8 in. (16 mm) langit-langit plester veneer, mengencangkannya ke saluran logam elastis yang diikat langsung ke bagian bawah pelat. Ini akan menaikkan STC hingga sekitar 60, yang menurut konsultan akustik kami dapat diterima. Karena saluran hanya sedalam 1/2 in. (13 mm), kami dapat mengakomodasi seluruh rakitan langit-langit pada ketinggian lantai yang telah kami tetapkan. Kami sekarang telah menyelesaikan desain detail spandrel. Versi detail ini yang diberi anotasi lengkap dan digambar secara akurat ditampilkan di akhir bab ini.

Merinci Bukaan Jendela

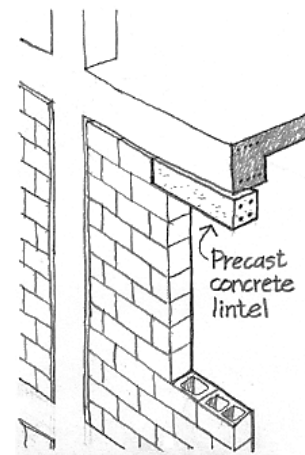
Bagian spandrel dasar kita sekarang sudah lengkap dan menjadi gambar dasar yang dapat kita gunakan untuk menyiapkan bagian detail lainnya. Pada bagian pertama, kita akan mengerjakan pemasangan jendela. Untuk ini, kita sangat bergantung pada detail yang disarankan oleh produsen jendela, yang disajikan dengan mudah dalam katalognya pada skala yang sama dengan yang kita gunakan: 1 1/2 in. sama dengan 1 ft. (1:8).

Kita akan mengunduh detail ini dari situs web produsen untuk digunakan dalam gambar kerja digital kita, tetapi kita juga akan memfotokopi detail katalog yang dipilih sehingga kita dapat menyelipkannya di bawah kertas gambar kita dan dengan cepat menjiplaknya selama proses desain. Proses pemilihan jendela dimulai sejak awal dalam proses desain bangunan, berdasarkan preferensi klien yang diungkapkan untuk jendela tingkap dan serangkaian elevasi bangunan yang memuaskan yang menggunakan kombinasi tingkap dan rangka tetap.

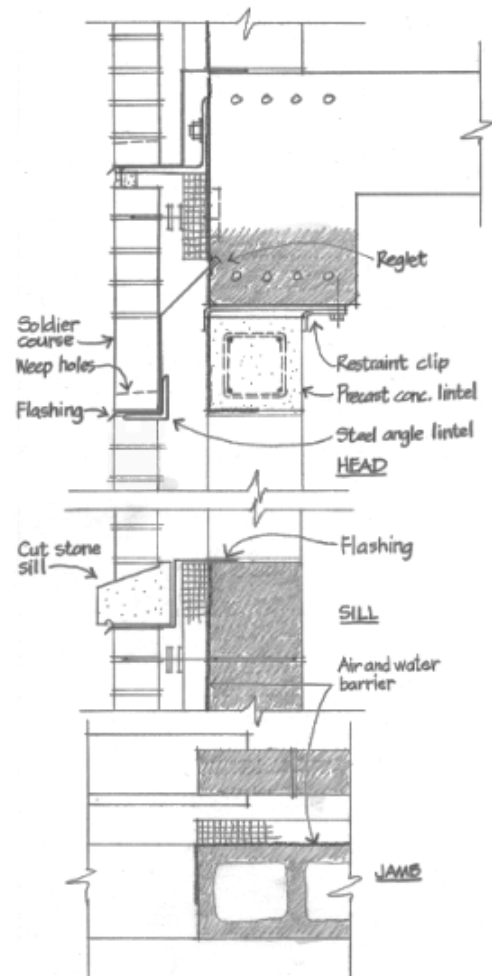
Kami memilih produsen yang memiliki reputasi baik, membuat produk yang bagus, dan memiliki perwakilan teknis yang baik untuk membantu masalah desain, pemesanan, dan pemasangan. Yang juga penting adalah kemauan produsen untuk membuat ukuran jendela khusus, karena hampir tidak mungkin untuk menyesuaikan ukuran jendela standar ke dalam susunan batu bata tanpa memotong batu bata atau menggunakan strip pengisi yang terbuka di sekitar unit jendela.

Kami akan menghitung dimensi bukaan pasangan bata untuk jendela yang sesuai dengan susunan batu bata dan blok, dan jendela akan diproduksi agar sesuai dengan bukaan ini. Dengan menggunakan standar National Fenestration Rating Council (Standar yang Diterima, Bab 13), kami memilih jendela bersertifikasi, berinsulasi, dan ber-E rendah yang sesuai dengan paparan cuaca di area tempat kami membangun.

Sebelum memulai perincian jendela, kami memikirkan proses pemasangan. Kami dapat meminta tukang batu membangun unit jendela ke dalam dinding saat mereka bekerja, tetapi ini memiliki kerugian yang serius. Para tukang batu sudah bekerja dengan sejumlah bahan dan komponen yang berbeda balok dengan beberapa ukuran dan jenis, batu bata, mortar, flashing, dua jenis ikatan yang berbeda, papan dan klip insulasi, mastik penghalang udara, batang penyangga, sealant, strip pengisi yang dapat dikompresi, ambang pintu dan kami tidak ingin mempersulit tugas mereka lebih jauh.



Tetes mortar yang tak terhindarkan dari pekerjaan batu di atas dapat merusak kaca dan rangka. Dan tidak diragukan lagi para tukang batu akan merasa sangat nyaman untuk menggunakan bukaan jendela yang tidak terhalang sebagai titik akses dan pasokan. Jadi kami akan merinci sedemikian rupa sehingga jendela dapat dipasang setelah para tukang batu menyelesaikan pekerjaan mereka. Kepala jendela jatuh satu jalur blok di bawah balok perimeter. Kami dapat menopang deretan blok ini melintasi bukaan jendela pada ambang pintu baja, tetapi ini tampaknya melelahkan dan mahal. Sebaliknya, kami dapat menunjukkan ambang pintu beton pracetak yang memiliki dimensi penampang melintang yang sama dengan jalur pemasangan bata beton dan 16 in. (406 mm) lebih panjang dari lebar bukaan pasangan bata untuk jendela. Panjang tambahan ini memberikan posisi yang baik pada dinding di setiap ujung dan menggantikan setengah blok di setiap ujung. Tukang batu dapat meletakkan ambang pintu ke dinding seolah-olah itu hanyalah blok beton panjang. Namun, ada kendala: Kami menghitung bahwa ambang pintu biasanya berbobot sekitar 300 pon, yang memerlukan setidaknya empat tukang batu untuk mengangkatnya, kecuali jika kerekan kecil yang dioperasikan dengan tangan dapat digunakan dari dalam bangunan. Ambang pintu pracetak jelas bukan contoh Bagian yang Mudah Ditangani (Bab 11). Mungkin kontraktor pertukangan lebih suka menggunakan ambang pintu baja, atau membuat ambang pintu blok bertulang menggunakan pemusatan sementara, blok berbentuk U, tulangan, dan nat, yang semuanya mudah ditangani. Kami akan menawarkan ini sebagai alternatif dan biarkan kontraktor memilih.



Untuk menonjolkan bukaan jendela secara lebih menonjol di bagian luar bangunan, kami ingin menempatkan susunan bata di atas setiap ambang pintu. Kami menggunakan ambang pintu sudut baja untuk menyangga bata yang menghadap ke seberang bukaan jendela. Seperti halnya setiap gangguan horizontal rongga, kami harus memasang flash dan lis di atas unit jendela dan ambang pintu untuk menangkap dan mengalirkan air yang mungkin bocor melalui permukaan bata. Ini memerlukan reglet di bagian depan balok. Kami melihat bahwa slot pasak harus diperpendek di atas jendela agar ini memungkinkan.

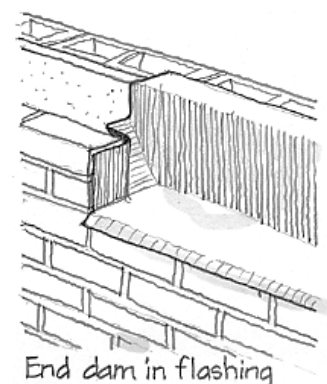
Kami memutuskan untuk menggunakan ambang batu kapur yang dipotong untuk menghindari kebocoran dan kerusakan ambang bata row-lock yang mungkin terjadi di iklim yang keras ini. Kami memasang flashing lain di bawah ambang pintu untuk mengatasi kebocoran antara ambang pintu dan unit jendela atau melalui cacat apa pun di ambang pintu (Pemutus Kelembapan, Bab 1). Baik flashing kepala maupun ambang jendela harus dilanjutkan secara membujur melewati kusen jendela dan diakhiri dengan bendungan ujung; kami akan menunjukkannya dengan tampilan gambar dalam gambar kerja akhir dan akan menyebutkannya dalam spesifikasi, karena, jika dihilangkan, tumpahan air dari ujung flashing dapat menyebabkan kebocoran parah.

Kedua flashing juga harus berakhir di sisi luar di Overhang and Drip (Bab 1), dan kami harus menyediakan lubang rembesan di atas kedua flashing. Rembesan di atas flashing ambang jendela dibuat dengan meletakkan potongan tali jemuran atau tali ikat pinggang ke dalam mortar di bawah ambang jendela batu dan kemudian menariknya keluar setelah mortar mengeras sedikit, meninggalkan rongga berdiameter 3/8 in. (9,5 mm) tempat air dapat mengalir.

Proses pemasangan jendela kayu yang paling mudah adalah yang meniru pemasangan jendela pada rumah berbingkai kayu. Tukang bangunan di area ini menggunakan metode inovatif untuk memasang bingkai jendela (Keterampilan dan Sumber Daya Lokal, Bab 13). Setelah unit jendela diratakan dan diberi ganjal, paku cukup ditancapkan melalui flensa eksterior atau melalui bingkai jendela itu sendiri, ke dalam rangka kayu untuk memasang unit.

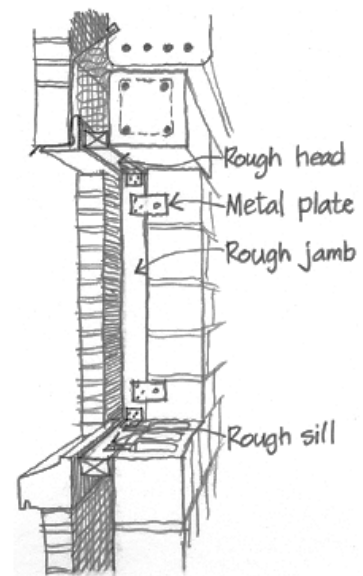
Kita harus memodifikasi prosedur ini dalam beberapa hal untuk dinding rongga bata kita, mengencangkan melalui bingkai daripada flensa dan menggunakan sekrup daripada paku untuk menghindari dampak palu, yang dapat menyebabkan retak atau copot unit pasangan bata dari dinding. Kita akan meniru bingkai kayu rumah dengan memasang bingkai kasar dari kayu yang diawetkan di rongga. Kemudian unit jendela dapat ditempatkan ke dalam bingkai dari dalam bangunan, diratakan dan diberi ganjal, dan dipasang dengan sekrup akhir.

Kita memutuskan untuk mengencangkan bingkai kasar ke penyangga wythe saja. Ini akan menghindari sambungan kaku antara dua wythe yang harus dapat bergerak secara independen. Selain itu, wythe cadangan adalah wythe yang dirancang untuk menahan beban angin, termasuk beban angin dari jendela itu sendiri. Kami merancang rangka kayu kasar agar



mudah dipasang. Sepotong akan dipasang di setiap kusen terlebih dahulu, ditempelkan ke dinding cadangan dengan stud yang digerakkan dengan bubuk melalui pelat logam lembaran.

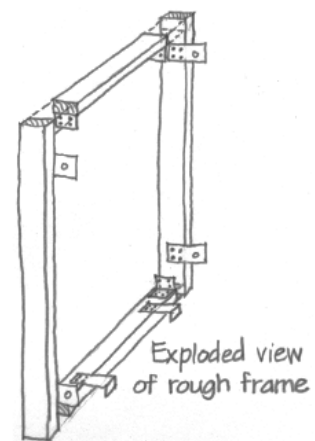
Kemudian bagian ambang dapat diturunkan ke dalam rongga dengan memegang dua klip logam dan dapat ditempelkan ke bagian kusen dengan sekrup yang digerakkan melalui sudut logam lembaran berlubang di sudut-sudutnya. Klip logam, selain menawarkan pegangan pemasangan yang mudah, juga menyambungkan ambang ke blok cadangan. Insulasi serat kaca dimasukkan dengan ringan di bawah flashing kepala. Bagian kepala masuk terakhir dan diikat ke bagian kusen dengan cara yang sama seperti ambang. Setelah rangka kasar selesai, pemasangan jendela menjadi mudah.



Dua tukang kayu menggeser unit jendela ke dalam bukaan dan memusatkannya dengan hati-hati di antara kusen; pasangan bata dan rangka kasar memiliki Kelonggaran Pemasangan yang cukup di sekelilingnya. Selanjutnya, tukang kayu menyelaraskan dan meratakan ambang jendela, mengganjal seperlunya dengan irisan sirap kayu, dan mengencangkan ambang jendela ke rangka kasar. Kemudian mereka mengkuadratkan rangka unit jendela dan memeriksa untuk memastikan setiap kusen diganjal tegak lurus sebelum mengencangkan kusen dan kepala jendela.

Tugas terakhir adalah memasukkan batang penyangga dan sealant di sekeliling keempat sisi unit jendela, luar dan dalam, untuk menciptakan segel udara dan air. Jika terjadi kebocoran air di dalam atau di sekitar unit jendela, air akan tertahan dan terkuras oleh flashing ambang jendela.

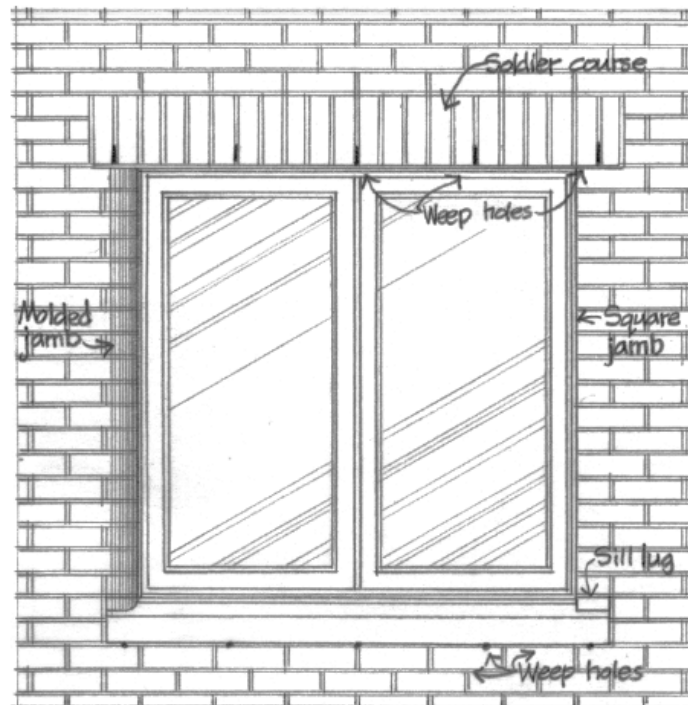
Kami membuat elevasi luar jendela biasa dengan skala yang sama dengan bagian tersebut untuk melihat bagaimana detail kami terlihat dari sudut pandang lain. Kami melihat bahwa agar dapat dikunci ke dalam dinding, ambang batu harus menjorok sepanjang setengah bata ke dalam dinding di kedua ujungnya. Ini juga akan menempatkan bendungan ujung yang berkedip cukup jauh di luar kusen jendela untuk menangkap kebocoran dari sambungan sealant vertikal. Ini akan memerlukan desain ambang dengan lug datar yang menjorok di atas Wash (Bab 1) yang miring dari ambang untuk menopang susunan bata di kusen.



Kami meletakkan semua bata dengan hati-hati pada elevasi dan memperhatikan bahwa hanya bukaan pasangan bata yang merupakan kelipatan dari panjang bata penuh yang akan simetris sesuatu yang kami catat untuk dipertimbangkan saat kami memilih dimensi jendela. Kami juga melihat bahwa ambang pintu terlihat paling baik jika jalur tepat di bawahnya diakhiri dengan bata penuh di bukaan jendela, sehingga menghilangkan kesejajaran vertikal

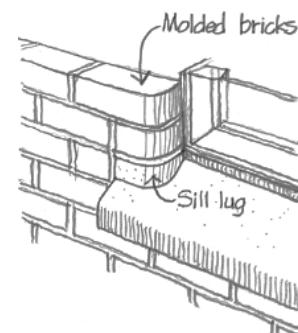
sambungan kepala yang tampak lemah.

Kita akan bekerja mundur dari sini untuk menentukan bagaimana susunan bata pertama akan ditata pada sudut rak. Kita bereksperimen dengan ide menggunakan bata yang dibentuk khusus, seperti seperempat lingkaran, untuk kusen. Bata-bata ini menambahkan banyak karakter dengan biaya yang relatif sedikit, tetapi penggunaannya memerlukan tonjolan yang lebih mahal pada kusen. Kita akan memikirkannya saat desain keseluruhan berlangsung.



Kita kembali ke bagian jendela.

Di bagian dalam, kita lanjutkan plesteran di kepala jendela hingga bertemu dengan rangka jendela detail yang sederhana, elegan, dan murah. Kita lakukan hal yang sama dengan kusen jendela. Di ambang jendela, kita memutuskan untuk memasang bangku marmer, karena bangku kayu yang begitu lebar kemungkinan akan melengkung. Cetakan apron kayu melengkapi celah antara bangku dan plesteran.

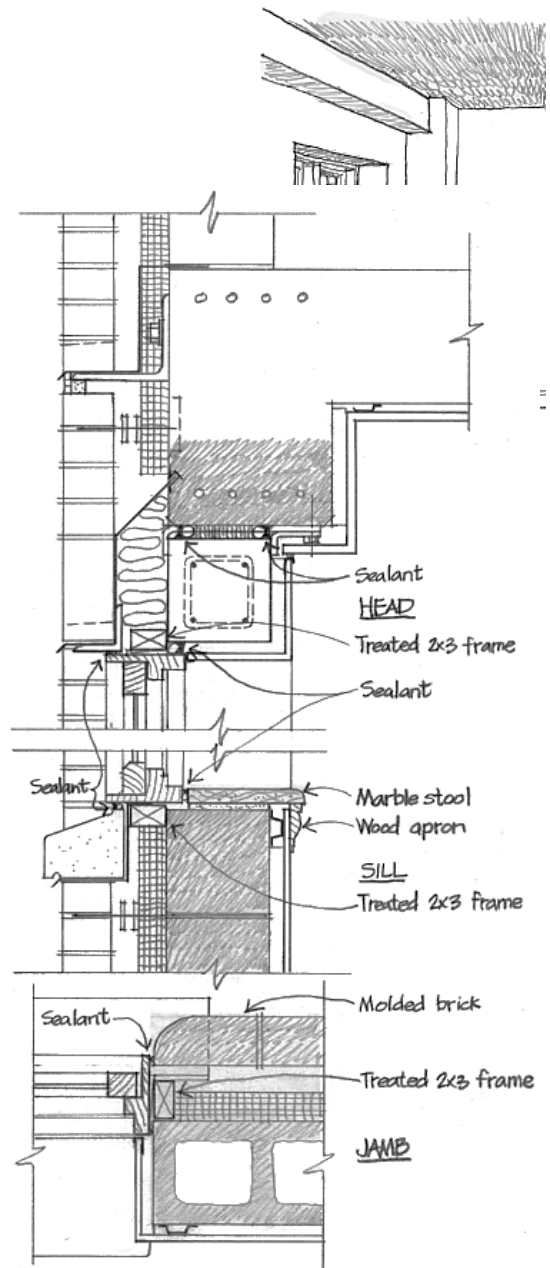


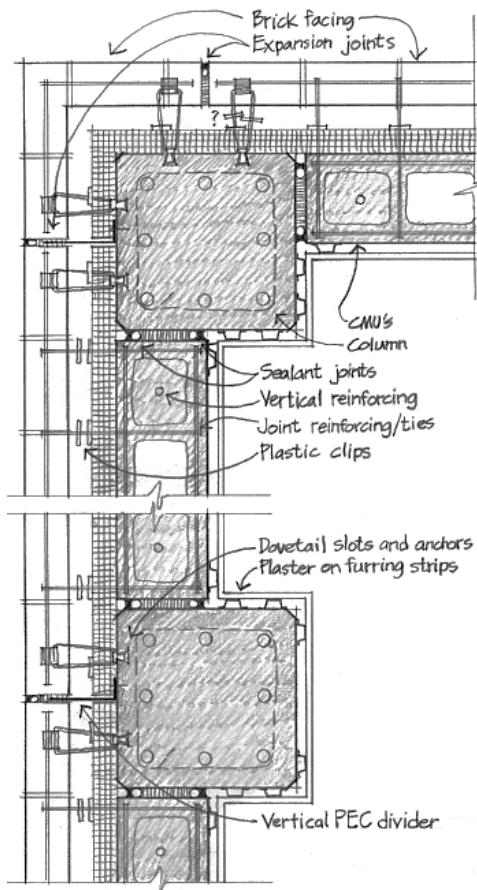
Kita membuat sketsa perspektif untuk memastikan bahwa detail finishing interior jendela akan memberikan tampilan yang diinginkan. Versi awal detail jendela kini telah selesai. Kita periksa dengan saksama untuk memastikan setiap elemen terletak pada bidang yang sama pada detail kepala, kusen, dan ambang jendela.

Memperinci Sudut Dan Kolom

Sekarang kita kembangkan detail dinding pada skala yang sama, tetapi dalam penampang horizontal (tampilan denah), dengan memeriksa apa yang terjadi pada kolom dan di sudut bangunan. Susunan dasar komponen hampir secara otomatis mengikuti detail spandrel yang dikembangkan sebelumnya. Kita tambahkan slot pasak dan jangkar untuk mengikat ujung segmen dinding bata ke kolom.

Sesuai dengan pola sambungan yang dikerjakan sebelumnya dalam tampilan elevasi, kita tunjukkan Sambungan Ekspansi (Bab 6) pada permukaan bata di bagian tengah kolom. Di setiap sudut luar bangunan, kita harus menambahkan sambungan ekspansi untuk memungkinkan dimensi yang cukup untuk ekspansi dan kontraksi diferensial bidang dinding yang berdekatan saat matahari bergerak mengelilingi bangunan.

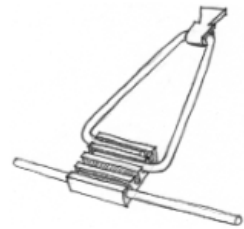


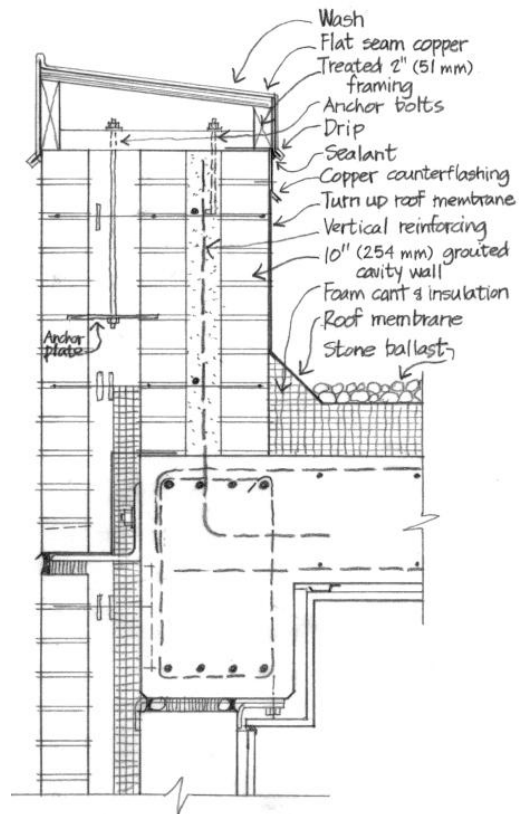


Kita coba terlebih dahulu untuk melakukan ini dengan satu sambungan pada panjang setengah bata dari sudut, tetapi ini tampaknya lemah baik secara fisik maupun visual. Sebaliknya, kita memutuskan pada dua sambungan di setiap sudut, yang berpusat pada sisi kolom yang berdekatan.

Kami menambahkan detail Sambungan Struktur/Penutup (Bab 6) tempat dinding penyangga bertemu dengan kolom. Potongan logam lembaran berbentuk L dipasang ke dalam salah satu dari dua sambungan gerakan di setiap sudut untuk membagi ruang pemerataan tekanan. Kami tidak perlu repot-repot memasukkan sambungan gerakan di papan insulasi plastik busa, karena busa sangat lemah dan lentur sehingga hanya akan sedikit terkompresi atau mengembang saat terjadi gerakan.

Kami menyadari dalam gambar ini bahwa jangkar pasak tidak memenuhi persyaratan kode bangunan untuk mengikat secara mekanis ke tulangan pada sambungan bata. Kami menemukan dalam katalog produsen pengikat yang dapat menyediakan klip seismik yang terletak di sambungan mortar dan memenuhi tujuan ini. Tidak jelas apakah layak untuk memasang dua klip tetes pada setiap pengikat pasak karena jarak kedua kabel yang dekat. Kami harus mendapatkan sampel dan mencobanya.





Mencetak Parapet

Pagar tembok dari batu bata harus dihindari sebisa mungkin. Karena terpapar cuaca di kedua sisi, pagar tembok cenderung bocor, dan mengalami lebih banyak ekspansi dan kontraksi termal daripada dinding di bawahnya. Hal ini sering menyebabkan keretakan parah antara pagar tembok dan dinding lantai atas. Namun, pada proyek ini, kami diharuskan oleh kode lokal untuk memiliki pagar tembok. Bahasa Indonesia: Bekerja pada lapisan kertas kalkir di atas bagian dinding dasar, kami membuat tanda horizontal 30 in. (762 mm) di atas pelat atap, ketinggian minimum yang disyaratkan secara hukum untuk tembok pembatas.

Kami menggunakan dukungan sudut rak standar dan memperpanjang bata yang menghadap ke atas hingga mendekati tanda ini. Kami juga memperpanjang dinding cadangan, tetapi untuk menghindari masalah ekspansi dan kontraksi diferensial, kami akan membangunnya sepenuhnya dari batu bata daripada pasangan bata beton. Untuk menjaga tembok pembatas di tempatnya terhadap beban angin dan seismik, kami membangun dinding cadangan sebagai dinding bata yang diperkuat: Pasak batang penguat yang muncul dari pelat atap dinat ke dalam rongga.

Penguatan horizontal untuk dinding disediakan oleh tulangan sambungan kawat yang sama dan kombinasi ikatan yang digunakan di dinding di bawah. Baik bagian yang menghadap dan dinding cadangan dipotong sepenuhnya oleh sambungan ekspansi tertutup di garis kolom. Bahasa Indonesia: Detail coping standar untuk tembok pembatas ini akan menampilkan batu potong atau bagian coping beton pracetak yang ditempatkan di atas flashing kontinu di bagian

atas dinding, dan ditahan di tempatnya oleh pasak yang menonjol melalui flashing. Detail ini tidak memuaskan kami, karena kami khawatir angin badai gunung atau gempa bumi dapat mengguncang batu.

Ada sistem coping aluminium berpemilik yang tersedia, tetapi kami tidak berpikir mereka akan terlihat bagus di bangunan ini. Sebagai gantinya, kami menciptakan coping yang dibangun di tempat, dari kayu dan kayu lapis yang diawetkan dan dilapisi tembaga; kami harus membandingkan biayanya dengan alternatif yang lebih berat. Ini memiliki Wash (Bab 1) yang mengarahkan air kembali ke atap untuk mencegah noda pada fasad, Overhang dan Drip (Bab 1) di setiap sisi, dan baut jangkar yang mengencangkan seluruh rakitan coping dengan aman ke pasangan bata.

Satu baut hanya tertanam di inti dinding cadangan yang diberi grouting; yang lain mencapai jauh ke dalam rongga terbuka, melalui pelat jangkar baja galvanis, untuk mengikat cukup berat bata agar tidak tercabut oleh angin kencang. Lembaran tembaga yang menutupi tembok pembatas diaplikasikan dengan teknologi atap jahitan datar biasa. Counterflashing tembaga di bawah coping tumpang tindih dengan tepi membran atap yang terbalik untuk melindungi bagian belakang tembok pembatas sepenuhnya dari air.

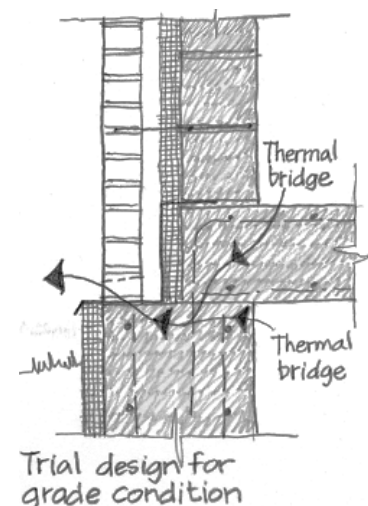
Tidak mungkin untuk menghilangkan jembatan termal yang terjadi di mana tembok pembatas batu bata bergabung dengan pelat atap. Untuk meminimalkan perpindahan termal, kami menjalankan busa di rongga hingga ke tembok pembatas, menciptakan jalur yang agak panjang yang harus dilalui panas melalui beton dan batu bata untuk bergerak masuk atau keluar dari bangunan. Ini adalah solusi yang lebih tahan lama dan lebih kuat daripada menggunakan rakitan tiang baja berinsulasi untuk menopang lapisan bata di tembok pembatas.

Menjelaskan Kondisi Kelas

Setelah mengembangkan detail untuk tepi lantai, jendela, sudut, kolom, dan tembok pembatas, sekarang kita bahas masalah bagaimana bangunan tersebut menyentuh tanah. Kita ingin agar susunan batu bata dekat dengan tanah, untuk menghindari memperlihatkan bentangan dinding pondasi yang besar. Dinding pondasi harus memiliki Isolasi Termal (Bab 3), sebaiknya ditempatkan di bagian luar untuk Massa Termal Terisolasi Luar.

Kita memiliki detail kasar dari insinyur struktur yang menunjukkan pelat struktur lantai dasar yang ditopang di atas dinding pondasi beton dan disambungkan dengan batang tulangan. Kita mulai desain persimpangan ini dengan membuat sketsa detail tangan bebas pada kertas kalkir yang diletakkan bergantian di atas detail spandrel yang umum dan detail insinyur struktur, mencoba menyatukan keduanya.

Kami meletakkan dinding cadangan pada pelat struktur dan lapisan bata di bagian atas dinding, tetapi kami harus menambah ketebalan dinding teknis 12 in. (305 mm) menjadi 16 in. (406 mm) agar ini berhasil. Kami memasang insulasi busa

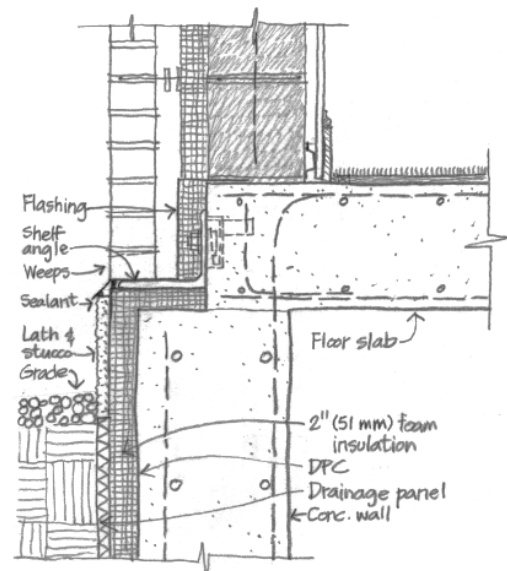


polistirena 2 in. (51 mm) di bagian luar dinding pondasi dan menemukan bahwa insulasi tersebut bertemu dengan lapisan di bagian bawah lapisan bata dengan cara yang tidak wajar. Ada juga jembatan termal besar melalui tepi pelat dan bagian atas dinding pondasi.

Mencari alternatif yang lebih baik, kami tinggalkan sketsa ini untuk sementara dan mencoba yang lain, kali ini menggunakan detail sudut rak yang sama seperti di bagian dinding lainnya. Tiba-tiba semua detail menjadi jelas: Dinding beton turun kembali ke ketebalan yang diinginkan yaitu 12 in. (305 mm). Isolasi yang muncul dari tanah dapat diputar kembali di bawah sudut rak untuk membentuk Thermal Break. Kami mengadopsi detail ini dan menyelesaikannya: Dinding ruang bawah tanah harus kedap lembap sebelum papan isolasi dipasang.

Jika isolasi terbuka di atas permukaan tanah, kami dapat melindunginya dan menyelesaikannya dengan reng semen galvanis dan aplikasi semen berbasis semen dua lapis. Kami meninggalkan ruang antara busa dan sudut, melindunginya dengan Overhang and Drip (Bab 1) pada flashing, dan menyegelnya dengan batang penyangga dan sealant. Kami membuat catatan untuk memastikan bahwa tingkat kemiringan tidak pernah mendekati lebih dekat dari 6 in. (152 mm) ke sambungan ini, untuk melindungi sudut dari korosi dan menjaga lubang rembesan tetap bersih di dasar permukaan bata.

Kami memastikan Drainase Pondasi yang baik (Bab 1) dengan membuat kemiringan tanah menjauh dari bangunan (Wash, Bab 1) dan dengan memasang panel drainase berpori di bagian luar insulasi yang akan mengalirkan air tanah ke sistem pipa drainase di sekitar pondasi. Mengetahui bahwa pelapis plester rentan terhadap benturan oleh peralatan lanskap seperti mesin pemotong rumput, kami meminta celemek kerikil selebar 24 in. (610 mm) untuk membuat transisi yang menarik dan mudah dirawat di dasar dinding. Ini juga akan meminimalkan noda plester dari cipratan air hujan.



Memeriksa Jembatan Termal

Kami memeriksa perimeter ruang yang dikondisikan pada semua detail eksterior, mencari jembatan termal. Isolasi busa polistirena bekerja sangat baik dalam membungkus bangunan. Satu-satunya celah serius pada lapisan isolasi ini, seperti yang telah kami catat sebelumnya, adalah di tempat dinding penyangga muncul melaluinya di tembok pembatas. Ikatan batu bata dan sudut rak di seluruh dinding juga merupakan jembatan termal, tetapi keduanya merupakan penampang logam yang sangat kecil sehingga hanya menghantarkan sedikit panas.

Studi Ketinggian

Dalam merancang detail awal ini, kami telah membuat banyak keputusan yang memengaruhi tampilan bangunan baik di dalam maupun di luar. Kami telah meletakkan kisi-kisi sambungan pergerakan pada fasad, telah merancang dinding pembatas dan sekeliling jendela, dan telah merinci cara bangunan tersebut menyatu dengan tanah. Sekarang kami memvisualisasikan efek kumulatif dari keputusan ini dengan melapisi sketsa kertas kalkir pada salah satu elevasi desain asli.

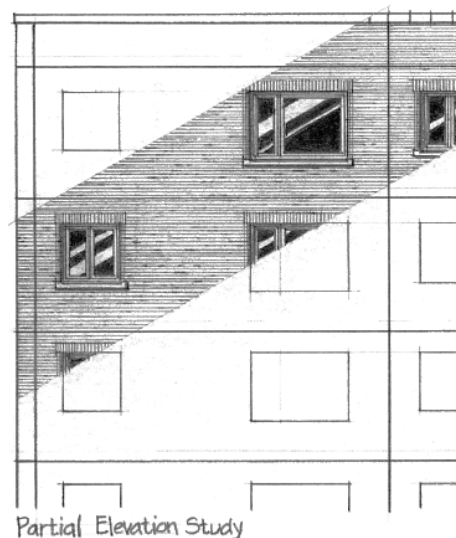
Ketika kami pertama kali menggambar elevasi desain, sebelum desain detail dimulai, kami hanya memiliki gambaran samar tentang bagaimana bangunan tersebut akan disatukan. Sekarang kami bekerja dengan realitas yang nyata dan dapat dibangun, dan kami menemukan diri kami dalam posisi yang kuat untuk mengetahui bagaimana bangunan tersebut disatukan dan bagaimana mengubahnya agar menjadi seperti yang kami inginkan. Kami meringkas pekerjaan kami pada desain detail dalam serangkaian gambar yang dibuat secara akurat.

Langkah Berikutnya

Meskipun kami sudah cukup jauh dalam proses merinci bangunan, masih banyak yang harus dilakukan. Kami belum menangani detail khusus seperti pintu masuk utama, lobi, koridor dan lift, tangga dan pintu keluar darurat, dan area layanan bangunan. Bekerja sama dengan konsultan akustik, kami harus mengembangkan detail untuk serangkaian penyelesaian interior, termasuk dinding antara unit hunian, dinding koridor, penutup tangga dan lift, partisi interior hunian, dan detail lantai. Dua kriteria fungsional utama yang akan kami kerjakan adalah privasi akustik dan keselamatan kebakaran.

Bekerja sama dengan insinyur mekanik, kami akan merancang detail Vertical Chases (Bab 8) tempat memasang pipa riser untuk sistem pemanas dan pendingin, mengoordinasikannya dengan lokasi unit fan-coil di setiap apartemen. Pada saat yang sama, kami akan menentukan ukuran dan proporsi kisi-kisi udara eksternal untuk unit fan-coil, mengembangkan detail untuk memasang kisi-kisi, dan bereksperimen dengan berbagai pengaturan kisi-kisi pada gambar elevasi. Kami masih memiliki urusan yang belum selesai dengan insinyur struktur mengenai hal-hal seperti ukuran balok dan kolom dan detail tulangan yang di-grout di dinding cadangan dan tembok pembatas.

Kami masih harus memeriksa ukuran keseluruhan dan massa bangunan untuk melihat apakah diperlukan satu atau lebih Sambungan Pemisah Bangunan (Bab 6). Kami akan meninjau posisi sambungan pergerakan melalui pelapis bata dan menghitung ukuran rongga dan ventilasi pemerataan tekanan. Kami akan melakukan penyelidikan lebih lanjut tentang kelayakan detail pelapis tembok pembatas tembaga kami. Kami akan menggunakan berbagai sketsa dan gambar tiga dimensi untuk memvisualisasikan efek cara alternatif untuk merinci elevasi eksterior dan ruang interior bangunan, bekerja untuk mencapai ekspresi arsitektur

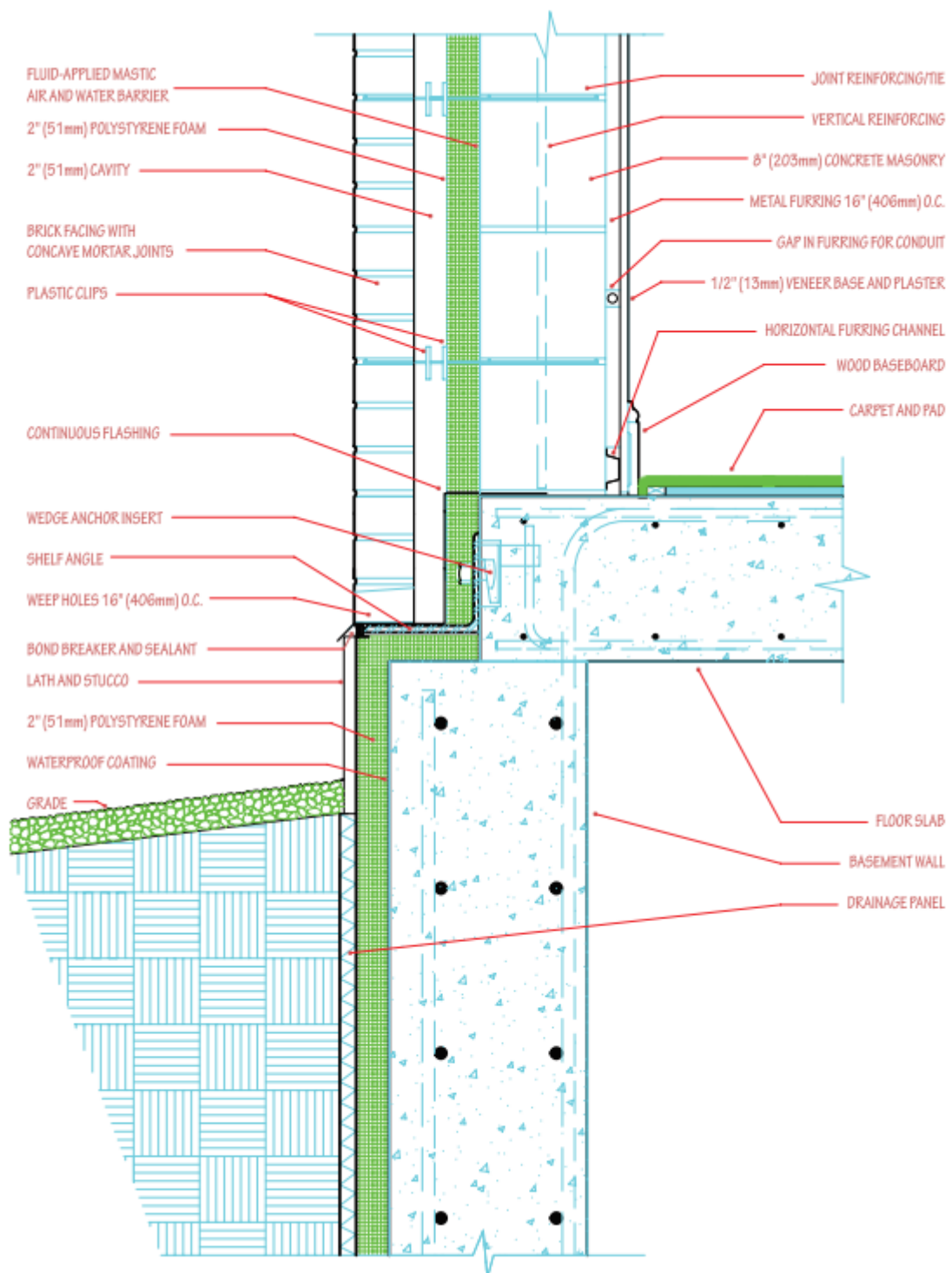


yang konsisten.

Dan kami akan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai ketentuan Kode Bangunan Internasional yang berkaitan dengan perincian kami, memastikan bahwa kami mematuhi sepenuhnya, khususnya yang berkaitan dengan Material Tahan Api (Bab 9), Perakitan Tahan Api (Bab 9), dan ketentuan seismik. Kami harus berhati-hati untuk menyediakan setidaknya jumlah unit apartemen yang diamanatkan yang memiliki Desain Bebas Hambatan (Bab 9). Penelitian kode ini pada akhirnya akan mengarah pada pertemuan dengan inspektur bangunan setempat untuk membahas kesesuaian kode desain dan menyelesaikan masalah apa pun sebelum konstruksi dimulai.

Segera kami akan bertemu dengan penulis spesifikasi, membawa serta catatan tebal yang telah kami buat mengenai item yang agak tidak biasa yang perlu disebutkan dalam spesifikasi, seperti strip pengisi sambungan tebal dan tulangan sambungan baja tahan karat. Sebagian besar pertemuan kami akan berpusat pada tugas memilih Standar yang Diterima (Bab 13) yang akan menentukan batu bata, unit pasangan bata beton, mortar, ikatan pasangan bata dan tulangan, nat, sealant, galvanisasi, flashing, atap, dan sebagainya.

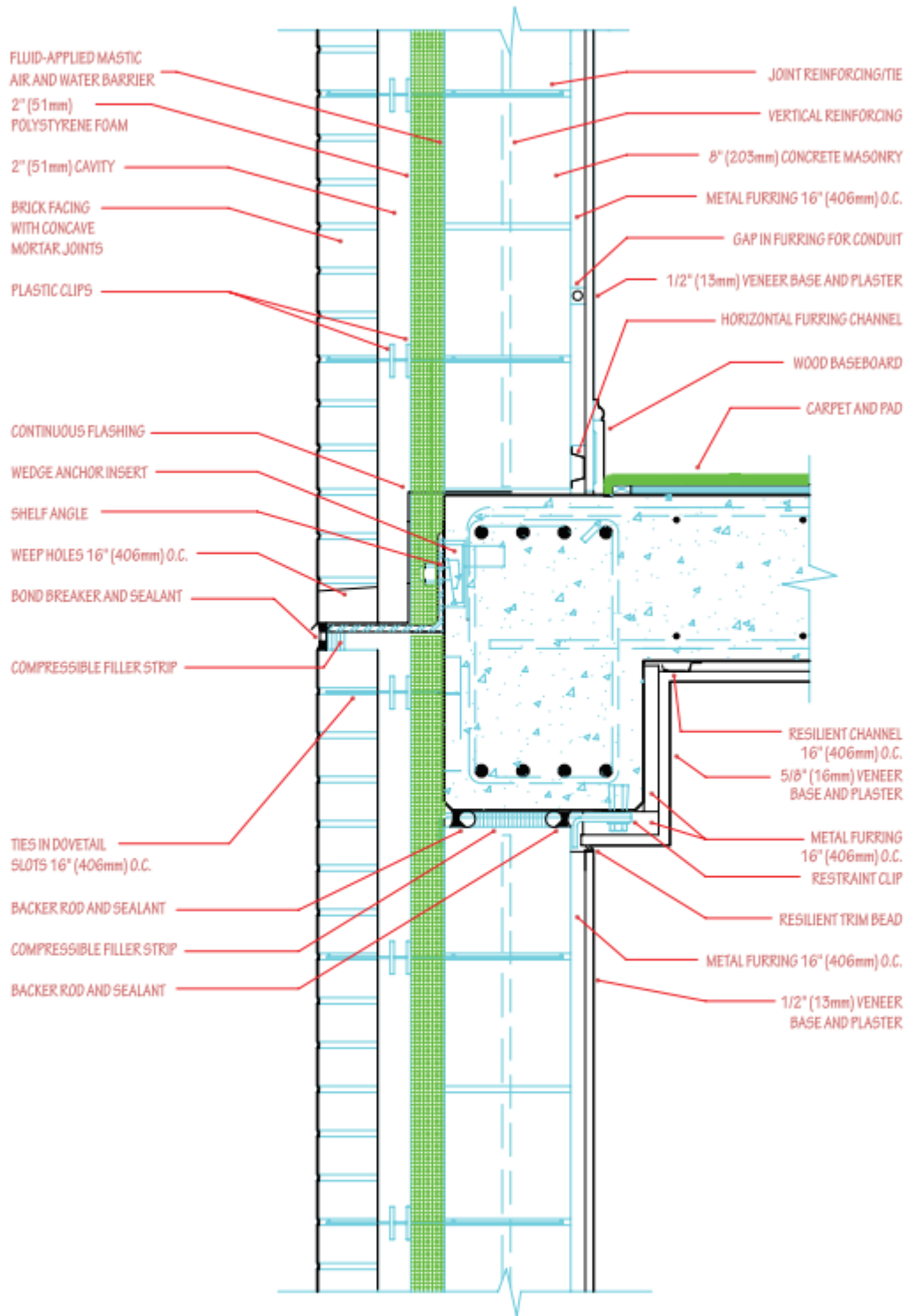
Kami juga ingin memastikan kami menentukan Bahan Tidak Beracun (Bab 9), dengan memberi perhatian khusus pada pelepasan gas dari bahan yang digunakan di dalam gedung, seperti karpet, perekat karpet, komponen interior papan partikel yang dapat mengeluarkan formaldehida, dan cat dan pernis. Ini bukan hanya masalah altruisme; banyak calon penyewa tidak akan menyewa apartemen yang berbau kuat seperti bahan kimia organik (Life Cycle, Bab 10). Pemilik juga dapat mencari pengakuan dari beberapa sistem penilaian desain berkelanjutan dan lingkungan yang sehat, yang akan memengaruhi sumber semua bahan dan produk bangunan kami.



SECTION AT GRADE
Scale 1 1/2"=1' (1:8)

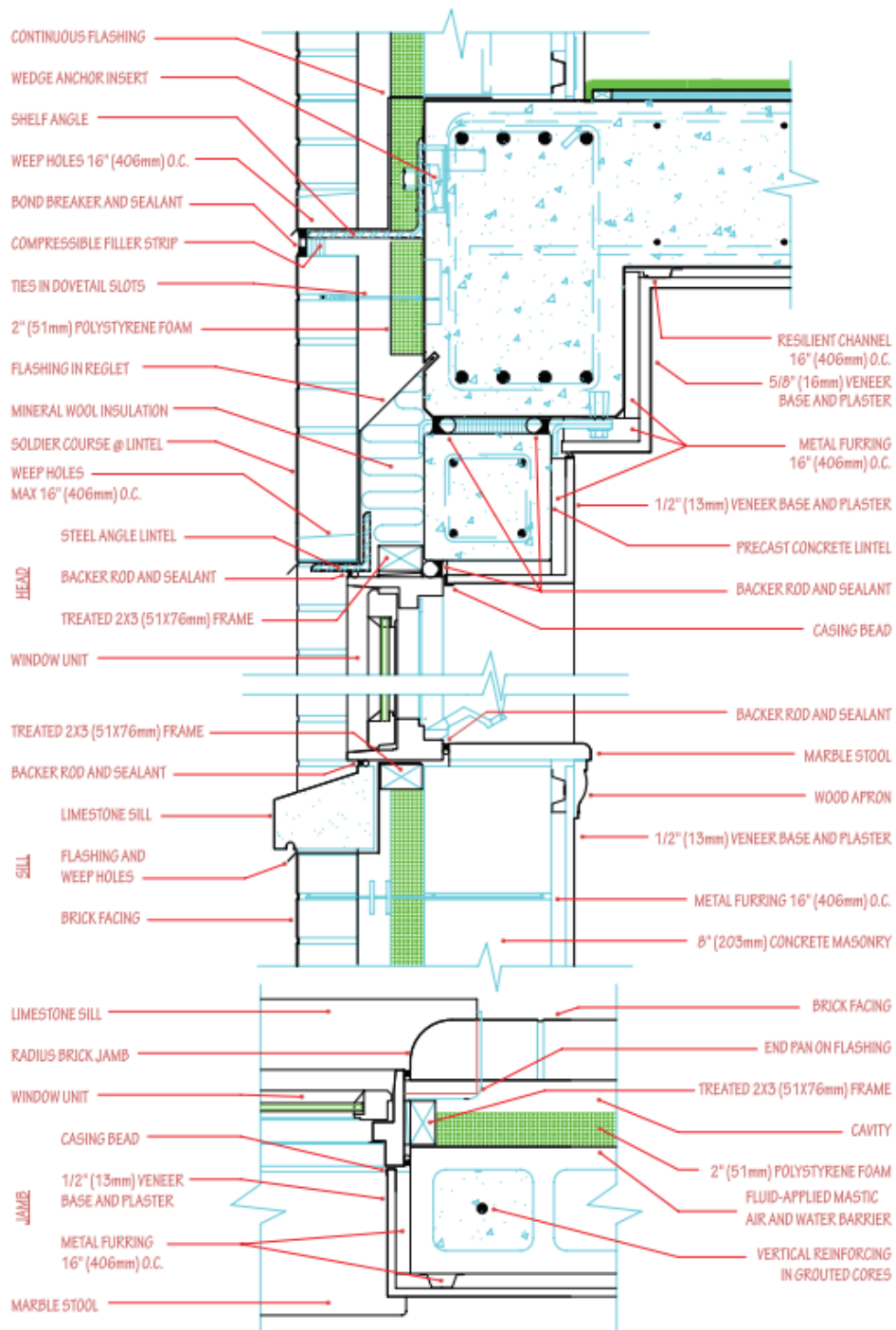
Kami juga mulai mengatur catatan kami yang nantinya akan kami sampaikan kepada administrator konstruksi mengenai hal-hal yang perlu diperiksa secara cermat selama proses konstruksi, seperti akurasi dimensi bekisting; akurasi pemasangan sisipan baji, slot pasak, dan reglet pada bekisting; apakah sisipan baji dan reglet dipasang dengan benar; sambungan

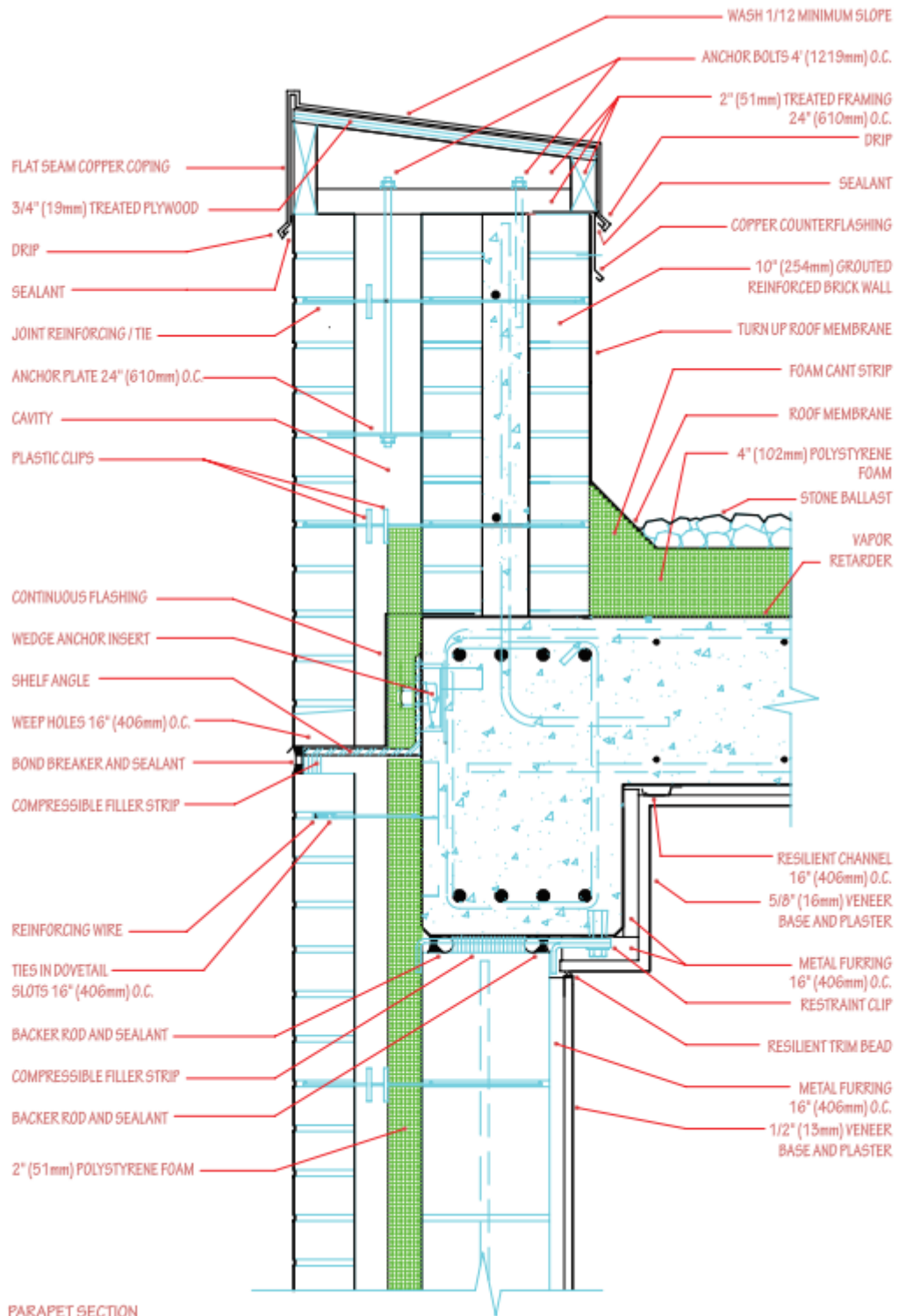
tumpang dan bendungan ujung pada flashing; kebersihan rongga di belakang permukaan bata; integritas lapisan penghalang udara dari damar wangi; jarak ikatan pemasangan bata; dan konstruksi sambungan lunak horizontal.

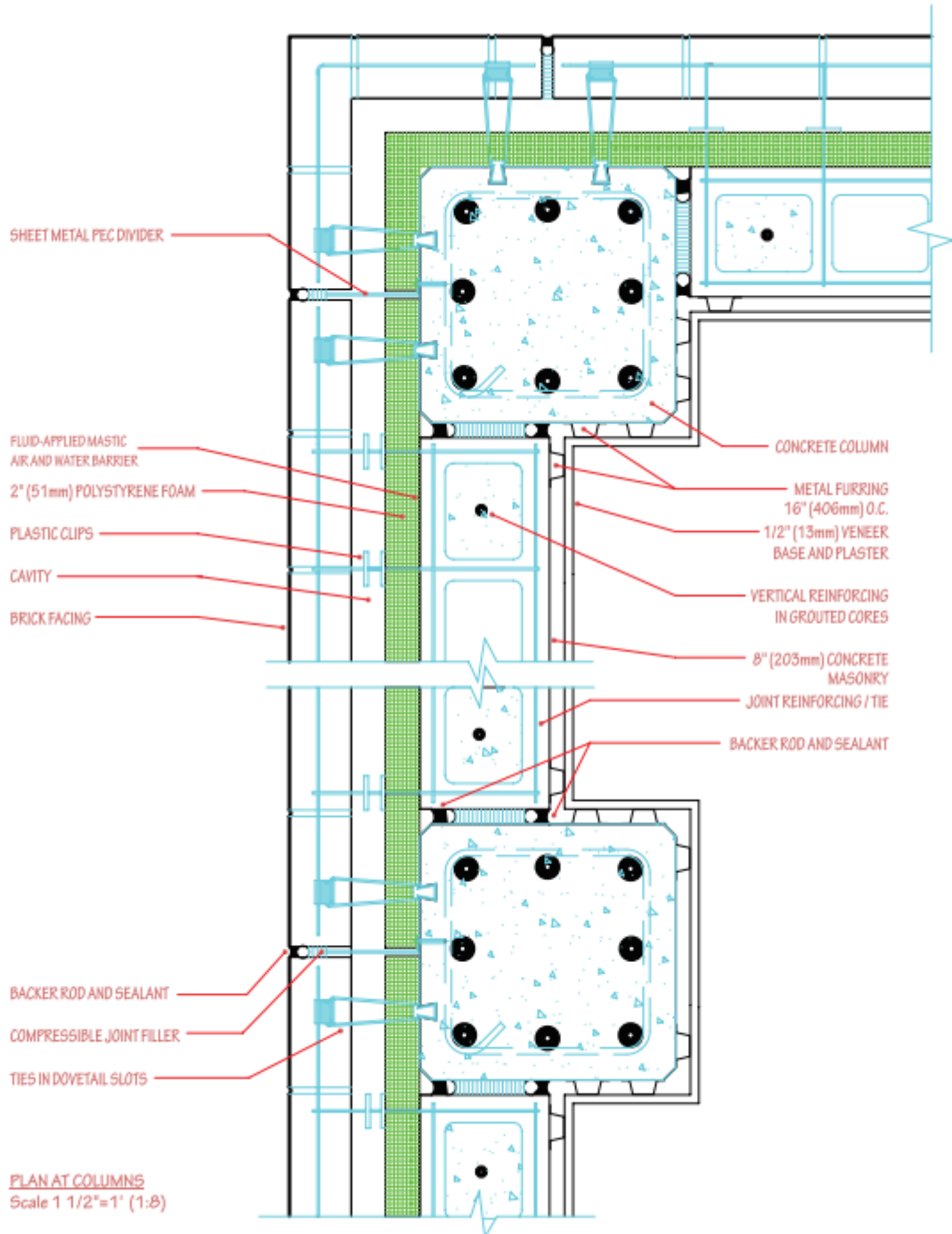


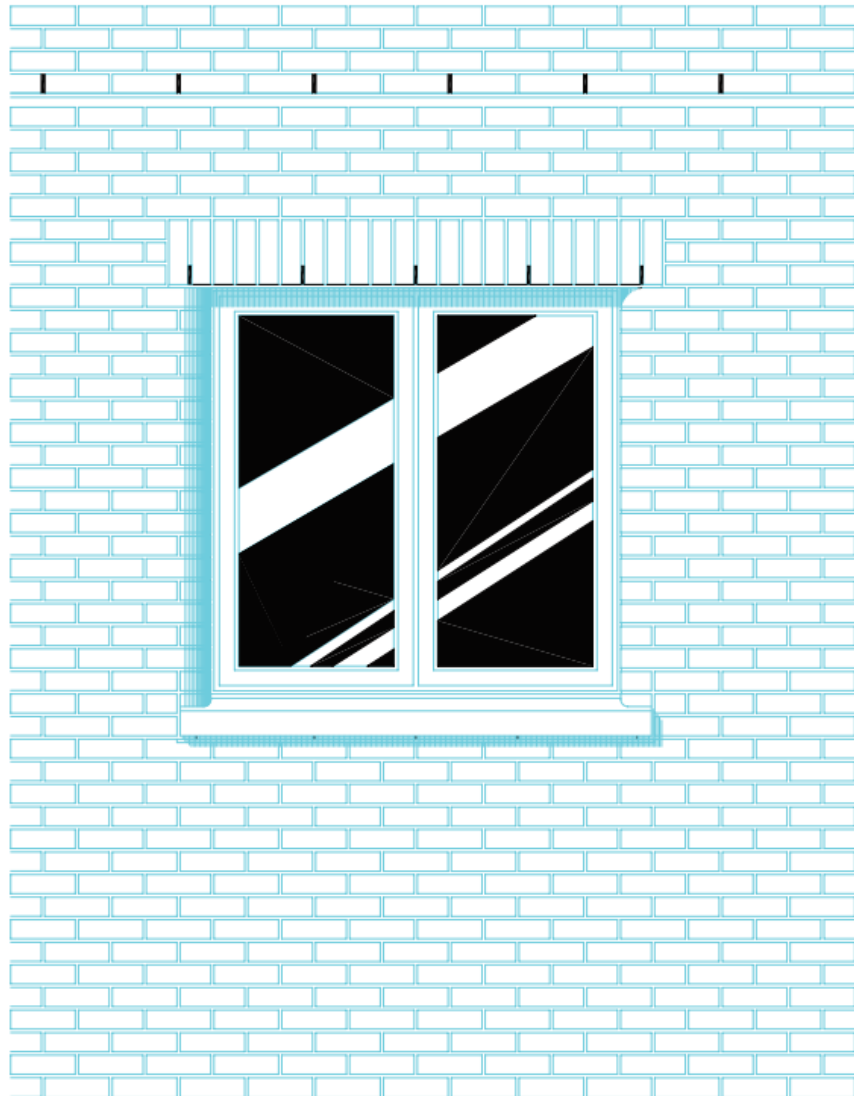
Menyadari kerumitan dinding yang telah kami rancang dan sejauh mana keberhasilan fungsionalnya bergantung pada hal-hal seperti ini, kami memutuskan untuk mengadakan konferensi prakonstruksi yang ekstensif dengan penawar yang berhasil untuk membahas masalah ini satu per satu. Kami juga memutuskan bahwa akan lebih bijaksana untuk menentukan bahwa penawar yang berhasil membangun tiruan dinding berskala kecil dan penuh di lokasi konstruksi, menggunakan bahan-bahan yang sebenarnya.

Ini akan memberi setiap orang yang terlibat dalam konstruksi, termasuk kami sendiri, kesempatan lebih awal untuk mengatasi masalah apa pun dalam urutan konstruksi yang telah kami rancang, untuk membiasakan diri dengan kerumitannya, dan untuk melihat bagaimana dinding akan terlihat. Kami juga dapat menggunakan tiruan tersebut untuk bereksperimen dengan warna bata dan mortar alternatif, warna sealant, perkakas sambungan, dan detail bata khusus di sekitar bukaan, dan kontraktor dapat menggunakannya untuk mengajari tukang batu dan perajin lainnya dengan tepat bagaimana pekerjaan itu harus dilakukan.









ELEVATION OF TYPICAL WINDOW
Scale 3/4"=1' (1:16)

DAFTAR PUSTAKA

- AIA. (2017). *Architectural detailing: Function, constructibility, aesthetics*. Wiley.
- Allen, E., & Iano, J. (2011). *The architectural detail*. Wiley.
- Allen, E., & Iano, J. (2019). *Fundamentals of building construction: Materials and methods* (7th ed.). Wiley.
- Asquith, C., & Vickers, C. (2011). *The detail in architecture*. Architectural Press.
- Aulenti, L. (2005). *The architecture of detail*. Mondadori Electa.
- Ballast, D. H. (2014). *Architectural design and drawing for the professional architect*. Pearson.
- Brown, P. (2013). *Architectural drawing: A practical guide*. Routledge.
- Ching, F. D. K. (2014). *Building construction illustrated* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Ching, F. D. K. (2019). *Building construction illustrated* (6th ed.). Wiley.
- Cuff, D. (2012). *Architecture: The story of practice*. MIT Press.
- Dempsey, C. (2011). *Design fundamentals for architecture students*. University of Minnesota Press.
- Deplazes, A. (2005). *Constructing architecture: Materials, processes, structures*. Birkhäuser.
- Duffy, F. (2012). *The architecture of details*. Laurence King Publishing.
- Fazio, P., Moffett, M., & Wodehouse, L. (2008). *Buildings across time: An introduction to architectural history* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Ford, E. (2015). *Detailing for building construction* (5th ed.). Wiley.
- Frampton, K. (2013). *Studies in tectonic culture: The poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture*. MIT Press.
- Fraser, R. (2008). *Architectural detail and technology*. Routledge.
- Gates, R. R., & Phelps, D. A. (2012). *Architectural drafting and design*. Cengage Learning.
- Ghirardelli, J. (2010). *Architectural detailing: A guide to designing with materials*. Wiley.
- Grillo, S. (2013). *Structural systems and architectural details: A manual for students and professionals*. McGraw-Hill.
- Hagan, A. (2011). *Design and detail in the architecture of the 21st century*. Thames & Hudson.
- Harris, R., & Cox, M. (2012). *The architectural handbook: Techniques and details for architects and designers*. Thames & Hudson.

- Hepler, D. E., Wallach, P. I., & Hepler, D. L. (2014). *Drafting and design for architecture* (9th ed.). Cengage Learning.
- Hoke, A., & Kim, J. (2009). *Details in architectural practice*. McGraw-Hill.
- Holtz, M. J. (2010). *Architectural details: Understanding and applying principles*. Watson-Guptill.
- Howe, C. (2009). *Building detail design and architecture*. Wiley-Blackwell.
- Korman, A., & Dixon, D. (2015). *Architectural graphics* (6th ed.). Wiley.
- Lawson, B., & Dorst, M. (2013). *Design expertise*. Routledge.
- Lee, C., & Lee, P. (2014). *Architectural details: A global perspective*. Routledge.
- Linde, J. H. (2008). *Detail in contemporary residential architecture*. Laurence King Publishing.
- McCarter, R. (2016). *Detail in contemporary architecture*. Phaidon Press.
- McGuinness, S. (2015). *Architectural drawings: A practical guide for students*. Wiley.
- McMorrough, J. (2016). *Architectural details*. Laurence King Publishing.
- McMullan, R. (2007). *The details of modern architecture: Volume 1*. Routledge.
- Mertins, H. (2007). *Architecture and the logic of drawing*. Princeton Architectural Press.
- Mitton, M. (2017). *Construction drawings and details for interiors: Basic skills*. McGraw-Hill Education.
- Morris, R., & Weiner, S. (2003). *The details of modern architecture: Volume 2*. Routledge.
- Neufert, E. (2012). *Architect's data* (4th ed.). Wiley-Blackwell.
- O'Neill, R. (2009). *Fundamentals of architectural design*. Blackwell Publishing.
- Pile, J. F. (2014). *Interior design* (5th ed.). Pearson.
- Plumb, T. J. (2016). *Design development and architectural detailing*. Architectural Press.
- Rattenbury, K. (2015). *Architecture and design: The latest trends*. Laurence King Publishing.
- Roth, L. M. (2012). *Understanding architecture: Its elements, history, and meaning* (2nd ed.). Westview Press.
- Sakamoto, Y. (2011). *Essentials of architectural detailing*. Birkhäuser.
- Salingaros, N. A. (2013). *The principle of urban structure and architectural design*. Urban International Press.
- Semple, J. (2009). *Designing with architectural details*. Wiley.
- Shive, L., & Howell, J. (2014). *Mastering architectural drawing techniques*. McGraw-Hill.

- Smith, R. J. (2014). *Architectural detailing for commercial and residential projects*. McGraw-Hill.
- Sullivan, L. H. (2002). *The tall office building artistically considered*. Dover Publications.
- Tennison, B. (2010). *The architectural detailing of a building envelope*. Architectural Press.
- Wakita, O. A., Linde, R., & Horiuchi, T. (2014). *Standard handbook of architectural engineering* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Williams, C. (2013). *Practical details in architectural construction*. Wiley-Blackwell.
- Williams, K. (2006). *The detail and design in architecture*. Phaidon Press.
- Wilson, R., & Kellett, P. (2011). *Details in contemporary architecture: An international approach*. Thames & Hudson.
- Winfield, P., & Moser, T. (2015). *Architectural materials and details: A manual for professional designers*. Routledge.
- Wujec, T. (2016). *The art of architectural drawing: A history of visual communication in architecture*. Routledge.
- Zhou, L., & Lee, S. (2014). *A comprehensive guide to architectural drawing*. Springer.

Detail Arsitektur Gambar Kerja

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

Bio Data Penulis



Penulis lahir di Semarang pada tanggal 1 Maret 1983. Penulis menempuh pendidikan Sarjana Teknik Elektro di Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), lulus tahun 2004, kemudian tahun 2005 melanjutkan studi pada Magister Desain di Fakultas Seni Rupa dan Desain, Institut Teknologi Bandung (ITB), dan kemudian melanjutkan studi pada program studi

Teknologi Multimedia di Swinburne University of Technology Australia. Penulis sejak tahun 2010, menjadi dosen pada program studi Desain Grafis Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM), memiliki Jabatan Akademik Lektor Kepala 700. Penulis juga seorang wirausaha di bidang toko online yang berhasil di kota Semarang dan juga aktif sebagai freelancer dalam bidang fotografi, web design dan multimedia.



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 978-623-8642-81-6 (PDF)



9

786238

642816