

KATA PENGANTAR

Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa dilengkapi dengan Metode dan Cara Perbaikan Kerusakan ini dipersiapkan oleh Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, melalui Gugus Kerja Bidang Struktur dan Konstruksi Bangunan pada Sub Panitia Teknik Standarisasi Bidang Permukiman. Pedoman Teknis ini diprakarsai oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya - Departemen Pekerjaan Umum.

Pedoman Teknis ini dimaksudkan untuk digunakan sebagai acuan bagi perencana, pelaksana dan masyarakat, dalam perencanaan dan pelaksanaan bangunan gedung dan rumah tinggal yang disusun mengacu pada *UUBG No.28/2002 tentang Bangunan Gedung*; *PPBG No. 36/2005 tentang Peraturan Pelaksanaan UUBG*; *Kepmen Kimpraswil No.403/KPTS/M/2002 tentang Rumah Sederhana Sehat (Umum, Rumah Tembok, Rumah Setengah Tembok, Rumah Kayu Panggung, Rumah Kayu Tidak Panggung)*; *Lampiran Surat Keputusan Direktur Jenderal Cipta Karya No. 111/KPTS/CK/1993 tentang Pedoman Pembangunan Bangunan Tahan Gempa*; *Guidelines for Earthquake Resistant Non-Engineered Construction, IAEE 1986*; dan *Manual Perbaikan Bangunan Sederhana Yang Rusak Akibat Gempa Bumi, Boen, Teddy, 1992*.

Semoga buku pedoman teknis ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam pelaksanaan pembangunan, rehabilitasi, dan rekonstruksi bangunan gedung dan rumah tinggal tahan gempa.

Jakarta, Juni 2006
Direktur Jenderal Cipta Karya

Ir. Agoes Widjanarko, MIP

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi	ii

I. U M U M

1.1. Ruang Lingkup.....	1
1.2. Acuan Normatif	1
1.3. Istilah dan Definisi.....	2
1.4. Dasar-Dasar Perencanaan	4
1.5. Ketentuan Umum	8

II. RUMAH

2.1. Rumah Konstruksi Kayu	17
2.1.1 Rumah Kayu Dinding Papan dengan Pondasi Setempat/Umpak.....	17
2.1.2 Rumah Kayu Dinding Papan dengan Pondasi Menerus.....	19
2.1.3 Rumah Kayu Dinding Papan dengan Pondasi Tiang.....	23
2.1.4 Rumah Kayu dengan Dinding Setengah Tembok	28
2.1.5 Rumah Kayu dengan Dinding Pasangan Tembok Penuh	39
2.2. Rumah Konstruksi Beton Bertulang	44
2.2.1 Rumah Sederhana Bertingkat dengan Dinding Tembok Penuh dengan Konstruksi dan Lantai Beton Bertulang.....	45
2.2.2 Rumah Bertingkat Blok Beton (<i>Hollow Concrete Block</i>) dengan Tulangan	46
2.3. Rumah dengan Konstruksi Rangka Balok dan Kolom dari Bahan Baja.....	54
2.3.1 Hubungan Kolom dengan Pondasi.....	55
2.3.2 Hubungan Kolom dengan Balok	56
2.3.3 Hubungan Balok dengan Pengaku.....	57

III. BANGUNAN GEDUNG

3.1 Bangunan Gedung Tidak Bertingkat dengan Rangka Kayu	59
3.2 Bangunan Gedung Tidak Bertingkat dengan Konstruksi Rangka Balok dan Kolom dari Beton Bertulang.....	59
3.3 Bangunan Gedung Bertingkat dengan Konstruksi Rangka Balok dan Kolom dari Beton Bertulang.....	63

IV. METODE PERBAIKAN DAN KERUSAKAN

4.1 Kategori Kerusakan	75
4.1.1 Kerusakan Ringan Non-Struktur.....	75
4.1.2 Kerusakan Ringan Struktur.....	75
4.1.3 Kerusakan Struktur Tingkat Sedang.....	75
4.1.4 Kerusakan Struktur Tingkat Berat	76
4.1.5 Kerusakan Total	76
4.2 Jenis Perbaikan	76
4.2.1 Perbaikan Arsitektur	76
4.2.2 Restorasi (Restoration).....	77
4.2.3 Perkuatan (Strengthening).....	77
4.3 Teknik Restorasi.....	78
4.3.1 Teknik Restorasi pada Dinding.....	78
4.3.2 Teknik Restorasi pada Kolom.....	78
4.4 Teknik Perkuatan.....	78
4.4.1 Teknik Perkuatan Bangunan Tembok	78
4.4.2 Teknik-Teknik Perkuatan Konstruksi Beton Bertulang	80
4.5 Contoh Pelaksanaan Perbaikan	82
4.5.1 Tipe Kerusakan.....	82
4.5.2 Sebab-Sebab Kerusakan.....	83
4.5.3 Metode Perbaikan dan Perkuatan	85
Daftar Pustaka.....	99

1.1 Ruang Lingkup

Pedoman teknis ini mencakup dasar-dasar perencanaan dan pelaksanaan serta metode perbaikan kerusakan bangunan untuk gedung dan rumah tinggal di wilayah gempa. Pedoman ini meliputi denah bangunan, tanah dasar, pondasi bangunan, badan bangunan dan kuda-kuda rangka atap. Pedoman teknis ini memfokuskan pada pendetailan struktur pada bangunan gedung dan rumah yang menggunakan bahan kayu, beton bertulang, pasangan bata dan bahan baja.

1.2 Acuan Normatif

- SNI 03-1726-2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan.
- SNI 03-2847-1992, Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- RSNI T – 02 - 2003, Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia
- SNI 03 – 1729 - 2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan.
- SNI 03 – 6816 – 2002, Tata Cara Pendetailan Penulangan Beton Bertulang Indonesia.

1.3 Istilah dan Definisi

- a. **Rumah sederhana** adalah bangunan rumah layak huni yang bagian huniannya berada langsung di atas permukaan tanah, berupa rumah tunggal, rumah kopel dan rumah deret. Harganya terjangkau oleh masyarakat berpenghasilan rendah dan sedang. Luas lantai bangunan tidak lebih dari 70 m², yang dibangun di atas tanah dengan luas kaveling 54 m² sampai dengan 200 m².
- b. **Rumah bertingkat** adalah rumah tinggal berlantai dua (2) atau lebih, rumah susun (rusun) baik untuk golongan berpenghasilan rendah (rumah susun sederhana sewa), golongan berpenghasilan menengah (rumah susun sederhana) maupun golongan berpenghasilan atas (rumah susun mewah ≈ apartemen)
- c. **Bangunan gedung sederhana** adalah bangunan gedung dengan karakter sederhana serta memiliki kompleksitas dan teknologi sederhana, klasifikasi:
 - 1) Gedung kantor yang sudah ada disain prototipenya, atau bangunan gedung kantor dengan jumlah lantai s.d. lantai 2 dengan luas sampai dengan 500m².
 - 2) Gedung pelayanan kesehatan: puskesmas;
 - 3) Gedung pendidikan tingkat dasar dan/atau lanjutan dengan jumlah lantai s.d. 2 lantai.
- d. **Bangunan gedung bertingkat** adalah bangunan gedung berlantai lebih dari 2 (dua).
- e. **Dinding pemikul beban** adalah dinding yang diperkuat dengan kerangka (*frame*) dari kayu atau beton bertulang yang berfungsi sebagai pemikul beban-beban yang diakibatkan oleh beban sendiri, beban gempa atau beban angin.
- f. **Kerangka pemikul beban** adalah kerangka baik yang dibuat dari kayu, beton bertulang dan baja yang difungsikan untuk memikul beban-beban yang diakibatkan oleh angin atau gempa.

- g. **Dinding partisi** adalah dinding dari bahan pasangan maupun panel kayu atau panel bahan lainnya yang tidak digunakan sebagai pemikul beban.
- h. **Beban gempa** adalah beban gempa statik ekuivalen, yaitu yang menirukan beban gempa sesungguhnya akibat gerakan tanah.
- i. **Daktilitas** adalah kemampuan struktur bangunan gedung untuk mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.
- j. **Perencanaan** adalah penerapan cara perhitungan atau percobaan yang rasional sesuai dengan prinsip-prinsip mekanika struktur yang lazim.
- k. **Kelenturan** adalah kemampuan untuk mengalami lentur yang cukup besar tanpa runtuh.
- l. **Ketahanan** adalah kemampuan struktur untuk mengalami kerusakan berat tanpa runtuh sama sekali.
- m. **Perbaikan arsitektur** adalah perbaikan elemen arsitektur bangunan gedung sehingga ruang dan perlengkapan/peralatan dapat berfungsi kembali.
- n. **Restorasi** adalah perbaikan pada elemen-elemen struktur penahan beban.
- o. **Perkuatan (*strengthening*)** adalah perbaikan yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur bangunan gedung.

1.4 Dasar-Dasar Perencanaan

Perencanaan bangunan rumah dan bangunan gedung yang dimuat dalam pedoman teknis ini mempertimbangkan:

- a. Kondisi alam (termasuk keadaan geologi dan geofisik yang digambarkan oleh peta gempa pada Gambar 1), kondisi teknik, dan keadaan ekonomi pada suatu daerah dimana bangunan gedung dan rumah ini akan dibangun,
- b. Standar Nasional Indonesia (SNI) yang terkait dengan perencanaan struktur bangunan rumah dan gedung, seperti SNI-SNI yang tercantum dalam butir 1.2 Acuan Normatif dari pedoman teknis ini.
- c. Kerusakan-kerusakan akibat gempa bumi yang pernah terjadi pada rumah dan gedung dari hasil penelitian yang telah dilakukan di Indonesia.
- d. Sistem struktur untuk bangunan gedung dan rumah tinggal pada umumnya hanya menggunakan dua macam sistem struktur, yaitu:
 - 1) Struktur dinding pemikul;
 - 2) Struktur rangka pemikul yang terdiri dari struktur rangka sederhana dengan dinding pengisi untuk menahan beban lateral (beban gempa) secara bersama-sama, dan struktur rangka balok dan kolom kaku untuk menahan beban lateral (dinding pengisi tidak diperhitungkan memikul beban).

Kadar kecocokan sistem struktur terhadap gempa yang dinyatakan:

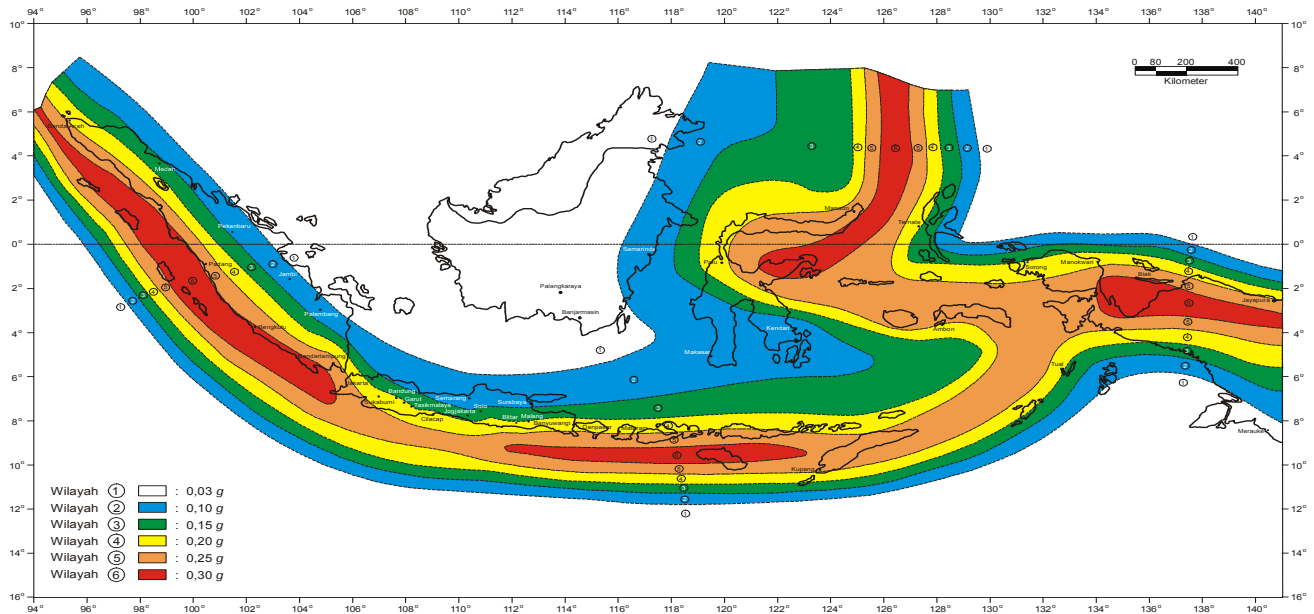
- a. Sangat cocok, bila bangunan gedung dan rumah dibuat dengan menggunakan sistem struktur rangka kaku, baik menggunakan bahan beton bertulang, baja, dan kayu dengan perkuatan silang. Bangunan gedung dan rumah tinggal yang dibangun dengan sistem struktur ini memberikan karakteristik berat bangunan ringan dan memiliki daya tahan yang tinggi terhadap beban gempa.

- b. Cukup cocok, bila bangunan gedung dan rumah dibuat dengan menggunakan sistem struktur rangka sederhana dengan dinding pengisi, baik rangka yang dibuat dari bahan kayu maupun beton bertulang dengan dinding pengisi dari bahan bata merah atau batako. Bangunan gedung dan rumah tinggal yang dibangun dengan sistem struktur ini memberikan karakteristik: berat bangunan sedang; daya tahan sedang terhadap beban gempa; dan memiliki daktilitas sedang.
- c. Kurang cocok, bila bangunan gedung dan rumah dibuat dengan menggunakan sistem struktur dinding pemikul: pasangan bata merah tanpa perkuatan tetapi memakai roolag horisontal; pasangan batako tanpa tulangan tetapi memakai roolag horisontal; dan pasangan batu kali dengan roolag horisontal. Bangunan rumah tinggal yang dibangun dengan sistem struktur ini memberikan karakteristik: berat sekali; hanya memiliki sedikit daya tahan terhadap gaya gempa; dan memiliki daktilitas yang kecil.
- d. Tidak cocok, bila bangunan gedung dan rumah dibuat dengan menggunakan sistem struktur dinding pemikul: pasangan bata merah tanpa perkuatan; pasangan batako tanpa tulangan; dan pasangan batu kali. Bangunan gedung dan rumah tinggal yang dibangun dengan sistem struktur ini memberikan karakteristik: berat sekali; hampir tidak memiliki daya tahan terhadap gaya gempa; hampir tidak memiliki daktilitas yang kecil.

Taraf keamanan minimum untuk bangunan gedung dan rumah tinggal yang masuk dalam kategori bangunan tahan gempa, yaitu yang memenuhi berikut ini:

- a. Bila terkena gempa bumi yang lemah, bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali.
- b. Bila terkena gempa bumi sedang, bangunan tersebut boleh rusak pada elemen-elemen non-struktural, tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen struktural.
- c. Bila terkena gempa bumi yang sangat kuat: bangunan tersebut tidak boleh runtuh baik sebagian maupun seluruhnya; bangunan

tersebut tidak boleh mengalami kerusakan yang tidak dapat diperbaiki; bangunan tersebut boleh mengalami kerusakan tetapi kerusakan yang terjadi harus dapat diperbaiki dengan cepat sehingga dapat berfungsi kembali.



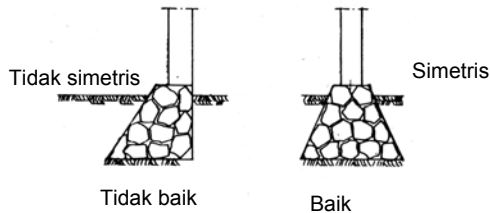
Gambar 1 Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun (berdasarkan SNI-03-1726-2002)

1.5 Ketentuan Umum

Bangunan rumah dan gedung lainnya yang dibuat atau direncanakan mengikuti pedoman teknis ini harus mengikuti ketentuan-ketentuan berikut:

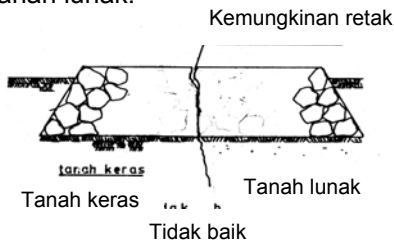
1.5.1 Pondasi

- Pondasi harus ditempatkan pada tanah keras.
- Penampang melintang pondasi harus simetris seperti terlihat pada Gambar-2.



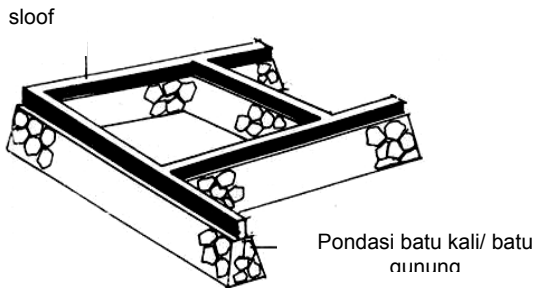
Gambar 2 Penampang melintang pondasi batu kali

- Harus dihindarkan penempatan pondasi pada sebagian tanah keras dan sebagian tanah lunak.



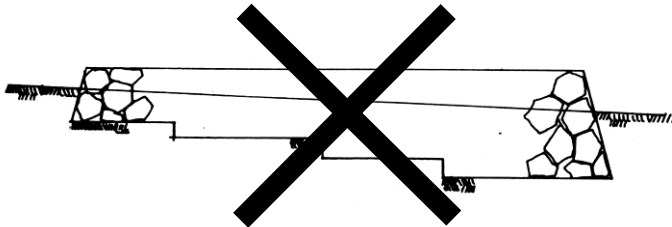
Gambar 3 Pondasi menerus yang terletak pada sebagian tanah keras dan sebagian tanah lunak.

- Sangat disarankan menggunakan pondasi menerus, mengikuti panjang denah bangunan, seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.



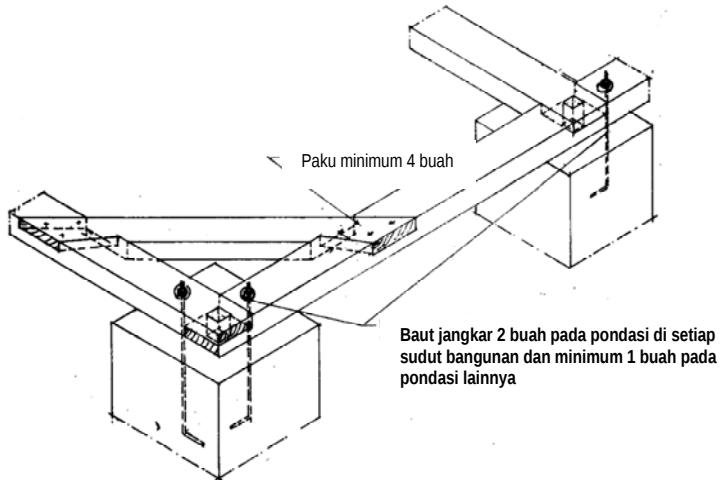
Gambar 4 Pondasi menerus.

- e. Pondasi dibuat menerus pada kedalaman yang sama, pondasi bertangga seperti ditunjukkan oleh gambar 5 berikut tidak diperkenankan.



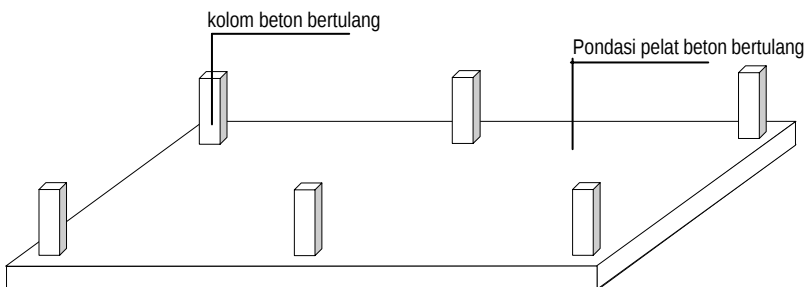
Gambar 5 Pondasi bertangga yang tidak diperkenankan

- f. Bila digunakan pondasi setempat/umpak, maka masing-masing pondasi setempat tersebut harus diikat satu dengan lainnya secara kaku dengan balok pengikat.

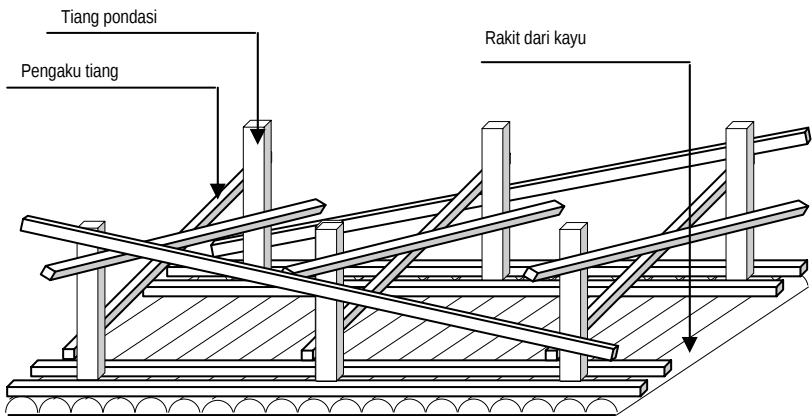


Gambar 6 Detail balok pengikat untuk pondasi umpak/setempat

- g. Penggunaan pondasi pada kondisi tanah lunak dapat digunakan pondasi pelat beton atau jenis pondasi alternatif lainnya.

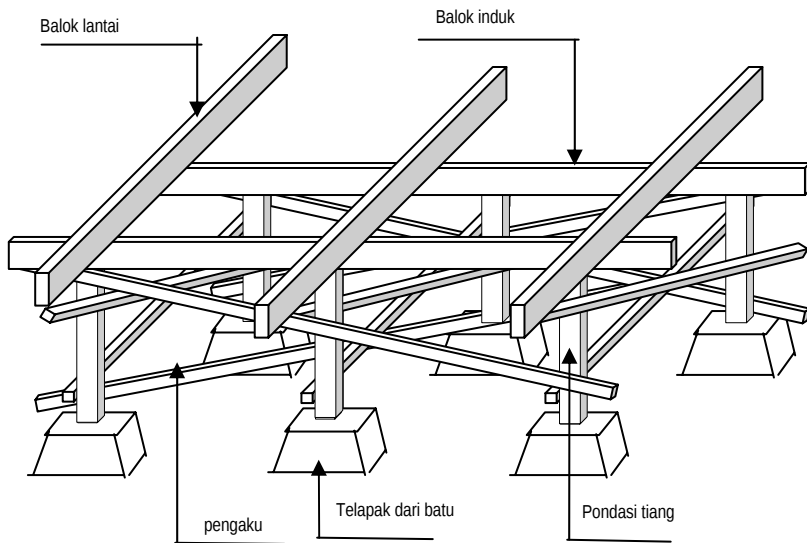


Gambar 7 Pondasi pelat dari beton bertulang



Gambar 8 Pondasi rakit dari kayu

- h. Untuk rumah panggung di tanah keras yang menggunakan pondasi tiang, maka masing-masing dari tiang tersebut harus terikat sedemikian rupa satu sama lainnya dengan silang pengaku, bagian bawah tiang yang berhubungan dengan tanah diberi telapak dari batu cetak atau batu kali sehingga mampu memikul beban yang ada di atasnya secara merata. Ukuran batu cetak 25 X 25cm, tebal 20 cm (Gambar 9).

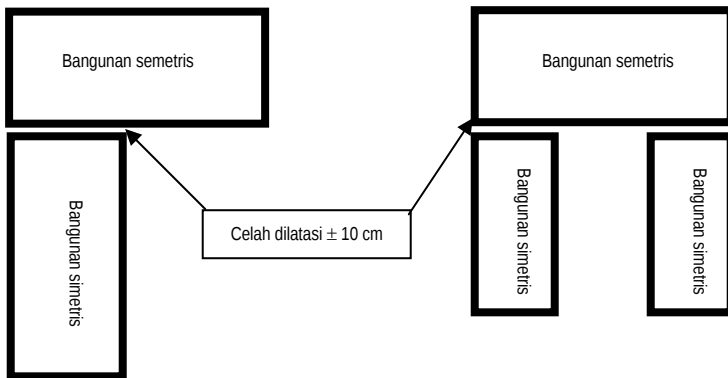


Gambar 9 Pondasi tiang di tanah keras

1.5.2 Denah bangunan

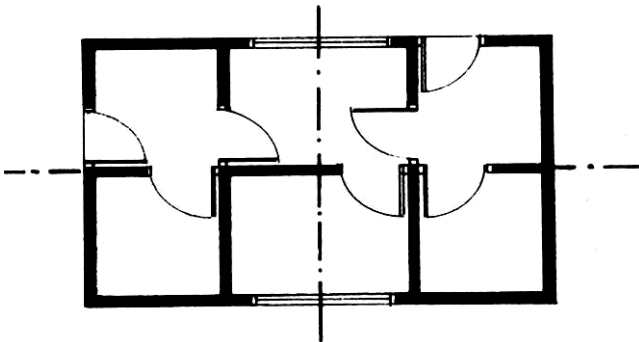
Denah yang baik untuk bangunan gedung dan rumah di daerah gempa adalah sebagai berikut:

- a. Denah bangunan gedung dan rumah sebaiknya sederhana, simetris terhadap kedua sumbu bangunan dan tidak terlalu panjang. Perbandingan lebar bangunan dengan panjang 1:2.
- b. Bila dikehendaki denah bangunan gedung dan rumah yang tidak simetris, maka denah bangunan tersebut harus dipisahkan dengan alur pemisah sedemikian rupa sehingga denah bangunan merupakan rangkaian dari denah yang simetris.



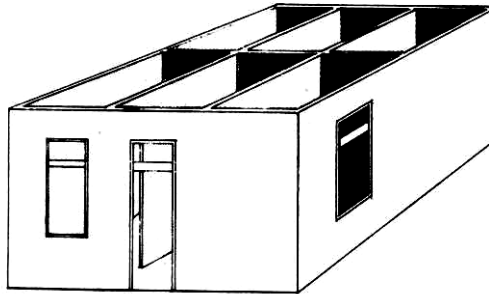
Gambar 10 Denah bangunan gedung yang terdiri dari rangkaian bangunan simetris

- c. Penempatan dinding-dinding penyekat dan bukaan pintu / jendela harus dibuat simetris terhadap sumbu denah bangunan.



Gambar 11 Contoh penempatan dinding penyekat

- d. Bidang dinding harus dibuat membentuk kotak-kotak tertutup, seperti gambar 12.



Gambar 12 Bidang dinding pada bangunan gedung

1.5.3 Lokasi bangunan

Untuk menjamin keamanan bangunan gedung dan rumah terhadap gempa, maka dalam memilih lokasi dimana bangunan akan didirikan harus memperhatikan :

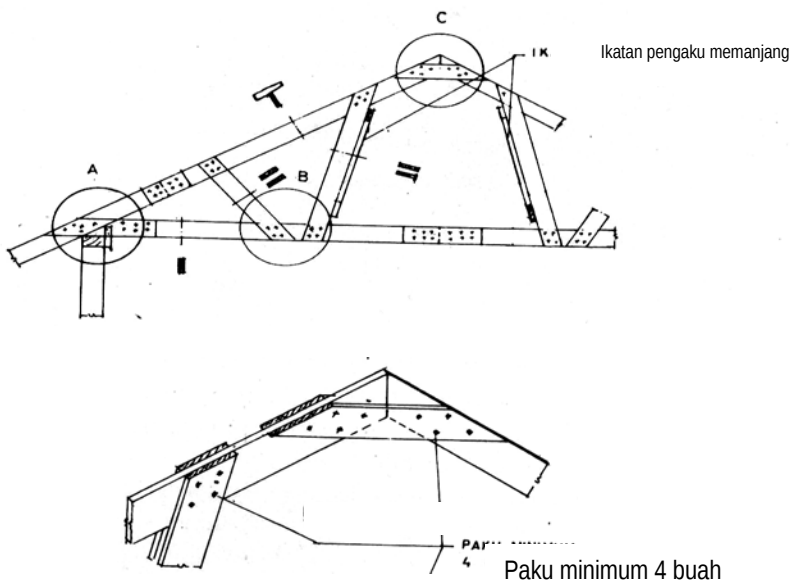
- a. Bila bangunan gedung dan rumah akan dibangun pada lahan perbukitan, maka lereng bukit harus dipilih yang stabil agar tidak longsor pada saat gempa bumi terjadi.
- b. Bila bangunan gedung dan rumah akan dibangun di lahan dataran, maka bangunan tidak diperkenankan dibangun di lokasi yang memiliki jenis tanah yang sangat halus dan tanah liat yang sensitif (tanah mengembang).

1.5.4 Desain struktur

Struktur bangunan gedung dan rumah tinggal harus didesain sedemikian sehingga memiliki: daktilitas yang baik (baik pada material maupun strukturnya); kelenturan pada strukturnya; dan memiliki daya tahan terhadap kerusakan.

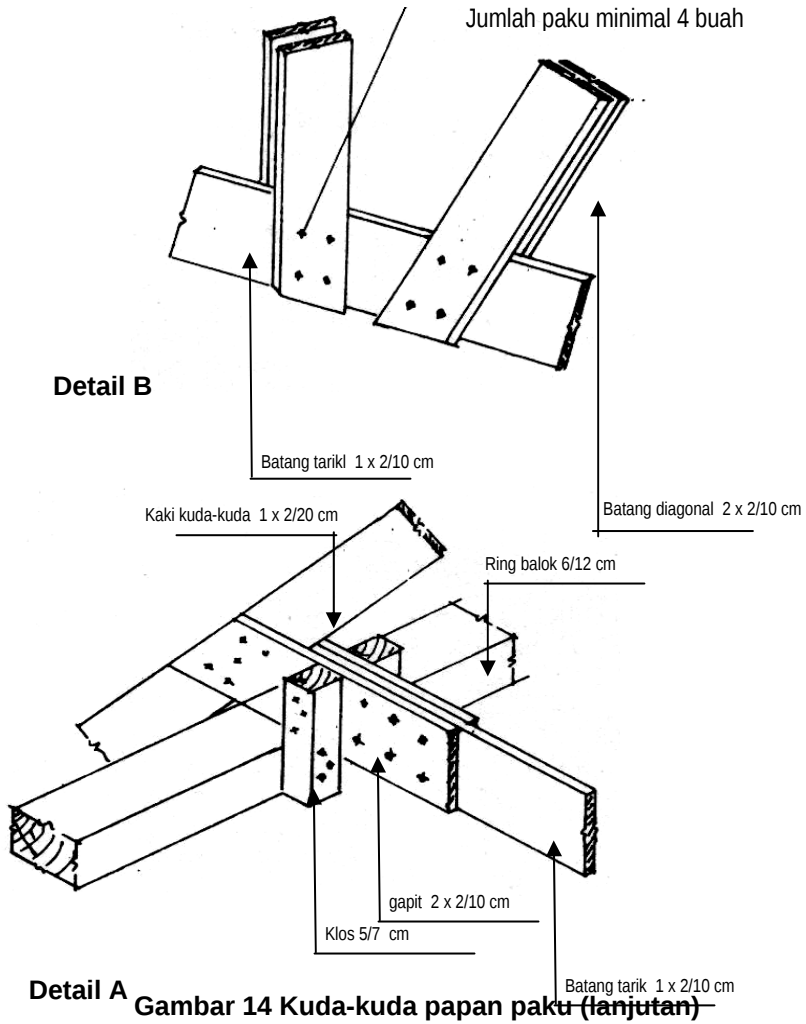
1.5.5 Kuda-kuda

Kuda-kuda untuk bangunan gedung dan rumah tahan gempa disarankan menggunakan kuda-kuda papan paku. Kuda-kuda ini cukup ringan dan pembuatannya cukup sederhana. Ukuran kayu yang digunakan 2 cm x 10 cm, dan jumlah paku yang digunakan minimum 4 buah paku dengan panjang 2,5 kali tebal kayu.



Detail C

Gambar 13 Kuda-kuda papan paku



2.1 Rumah Konstruksi Kayu

Rumah konstruksi kayu adalah bangunan rumah dengan menggunakan sistem struktur rangka pemikul dari bahan kayu. Biasa disebut sebagai rumah kayu, ciri-cirinya yaitu seluruh komponen balok dan kolom serta dinding yang digunakan adalah kayu.

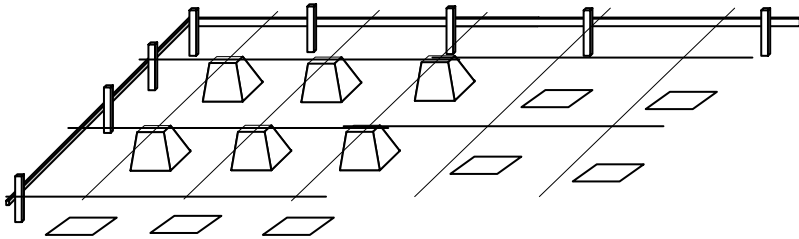
Rumah dengan struktur rangka kayu harus menggunakan sambungan-sambungan takik yang dikencangkan dengan menggunakan paku minimal 4 buah. Panjang paku yang digunakan minimal 2,5 kali tebal kayu yang terkecil. Apabila struktur kayu ini memikul beban berat (seperti struktur kayu untuk bangunan gudang atau garasi kendaraan), maka sambungan kayu harus dikencangkan dengan menggunakan baut berdiameter minimum 10 mm. Semua kayu yang digunakan harus kering dan bila perlu diawetkan sesuai dengan persyaratan pengawetan kayu.

2.1.1 Rumah Kayu Dinding Papan dengan Pondasi Setempat / Umpak

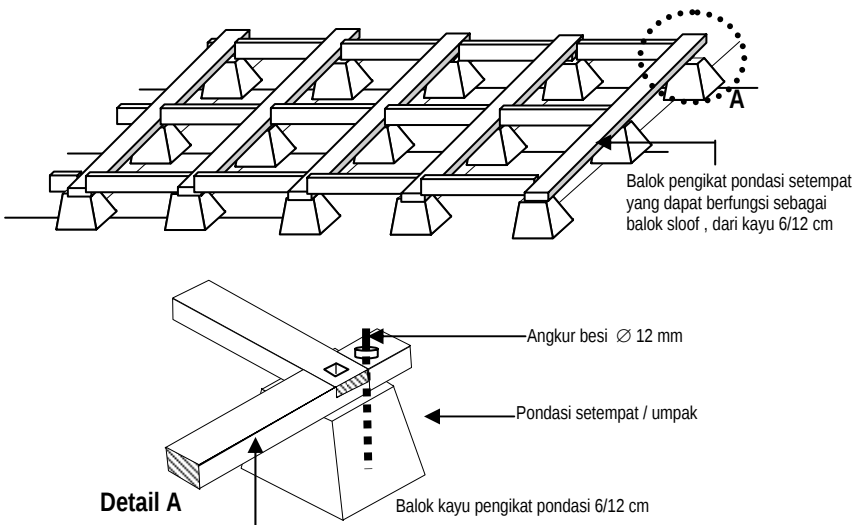
1. Pondasi setempat/umpak yang dimaksudkan di dalam pedoman teknis ini adalah pondasi umpak yang terbuat dari beton kosong (tanpa tulangan) campuran 1PC : 1 1/2 Psr : 2 1/2 Krl.
2. Bentuk pondasi umpak adalah prisma terpancung dengan ukuran penampang atas 25 cm x 25 cm, penampang bawah 60 cm x 60 cm, dan tinggi 90 cm
3. Bagian yang tertanam dari pondasi umpak sekurang-kurangnya 30 cm atau sampai tanah keras. Jarak maksimum antar pondasi adalah 1,5 m.
4. Pembuatan papan duga (*bowplang*) sebagai acuan penempatan harus dibuat sedemikian rupa sehingga setiap baris pondasi berada

tepat dibawah sumbu memanjang balok, seperti ditunjukkan pada Gambar 15

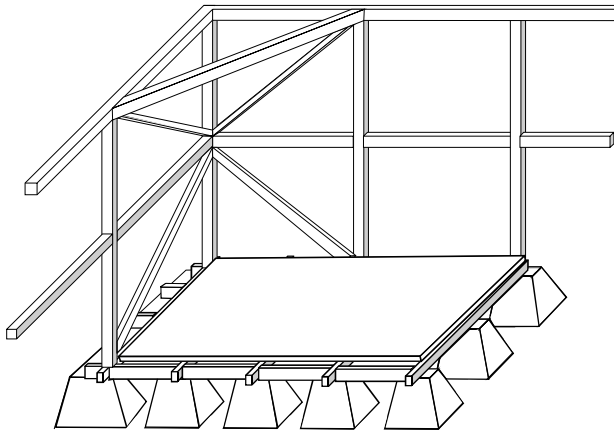
5. Setiap pondasi umpak harus terikat satu sama lain dengan balok pengikat, seperti pada Gambar 16



Gambar 15 Denah penempatan pondasi Umpak



Gambar 16 Penempatan balok pengikat pondasi

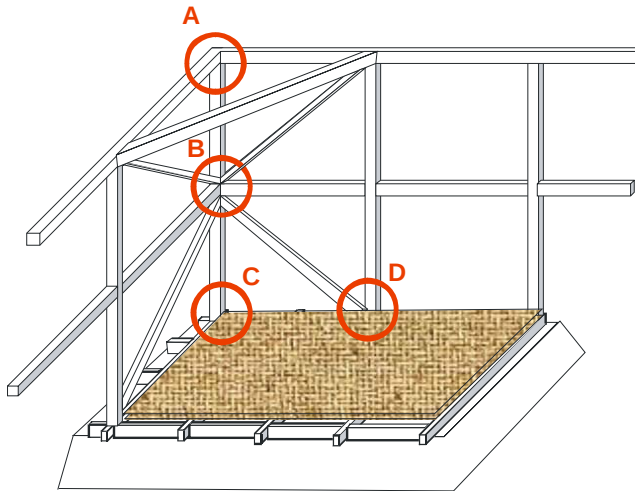


Gambar 17 Struktur kerangka sederhana kayu, pondasi setempat

2.1.2 Rumah Kayu Dinding Papan dengan Pondasi Menerus

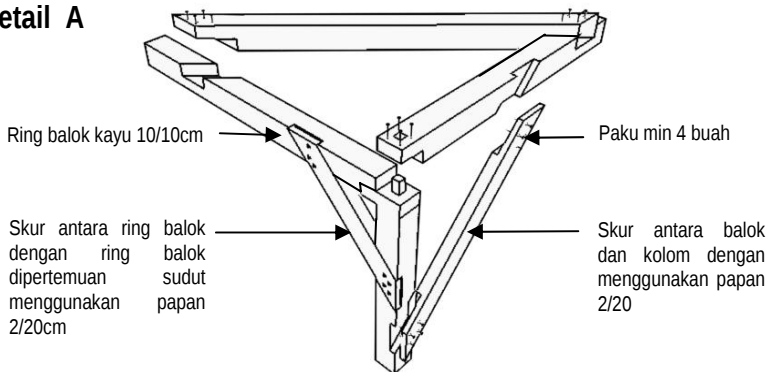
1. Bahan pondasi ini dibuat dari pasangan batu kali dengan adukan untuk spesi 1PC: 4 Psr.
2. Struktur bangunan atas harus terikat pada pondasi dengan menggunakan angkur besi berdiameter 12 mm dan jarak maksimum 1,5 m.
3. Apabila menggunakan papan sebagai dinding, maka jumlah paku yang digunakan sekurang-kurangnya 2 buah, dan sambungan pada papan satu dengan lainnya digunakan sambungan alur lidah.
4. Untuk mendapatkan bangunan yang kokoh, maka pada setiap detail sambungan pada struktur rangkanya sebaiknya menggunakan sambungan takik yang dikencangkan dengan paku.
5. Detail A merupakan detail sambungan pada sudut bangunan antara ring balok kayu dengan kolom:
 - a. Sambungan ring balok kayu disudut digunakan sambungan takik.
 - b. Sambungan kolom dengan ring balok menggunakan sambungan pasak.

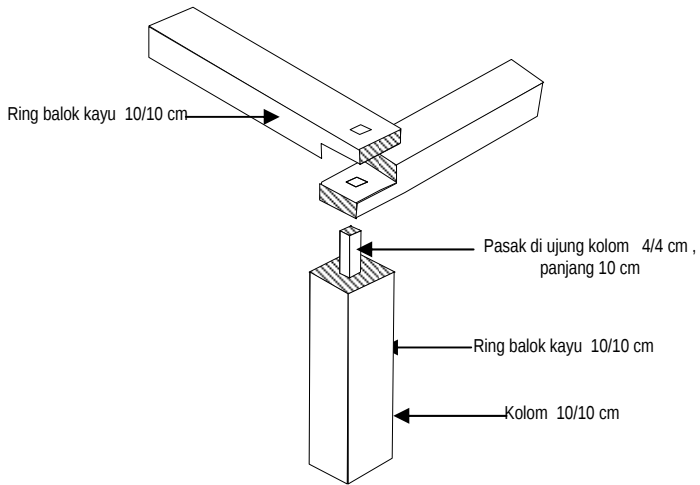
- c. Untuk menambah kekakuan, maka antara ring balok dengan kolom dipasang sekur-sekur dari papan 2/20 cm dan dipaku.



Gambar 18 Struktur kayu dinding papan, pondasi menerus

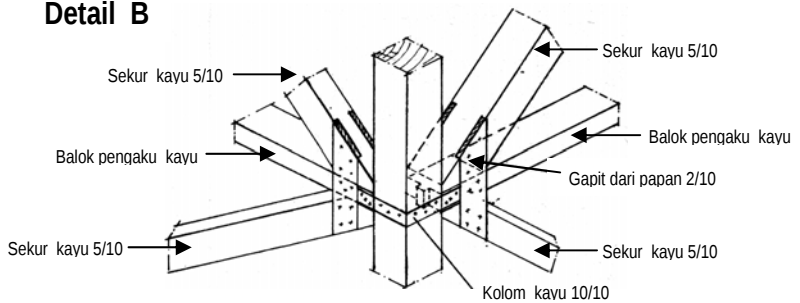
Detail A



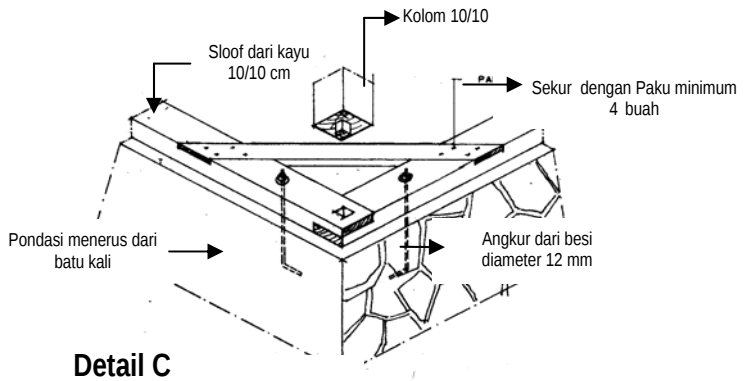


Gambar 19 Detail sambungan kolom sudut dengan ring balok

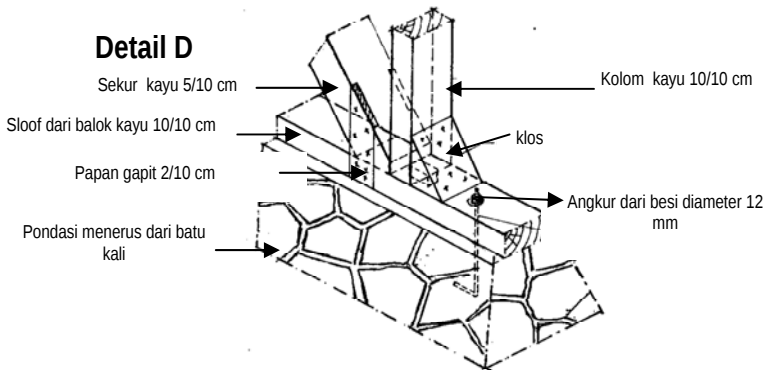
Detail B



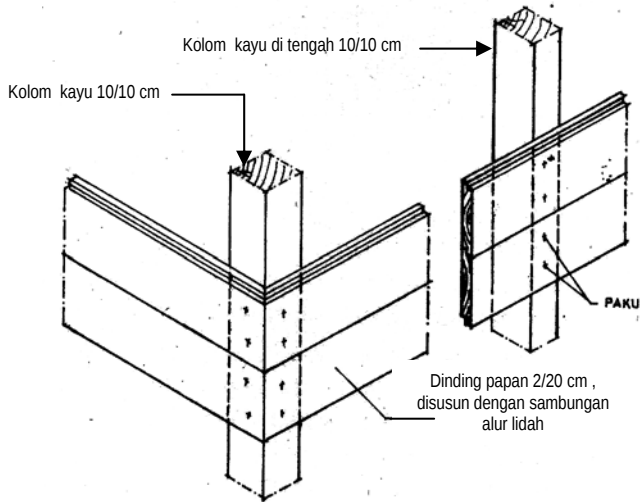
Gambar 20 Detail sambungan balok-balok sekr dengan kolom



Gambar 21 Detail sambungan sloof dari balok kayu dengan kolom pinggir



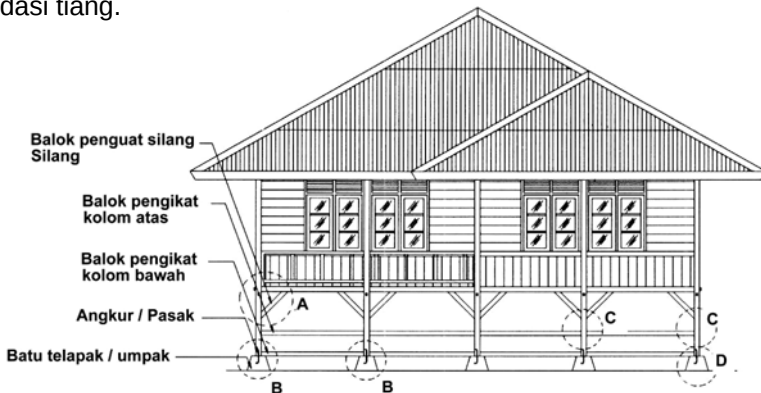
Gambar 22 Detail hubungan balok sloof dengan kolom tengah dan silang pengaku



Gambar 23 Detail hubungan dinding papan dengan tiang dan pengaku

2.1.3 Rumah Kayu Dinding Papan dengan Pondasi Tiang

Gambar 24 merupakan ilustrasi dari rumah kayu dinding papan dengan pondasi tiang.

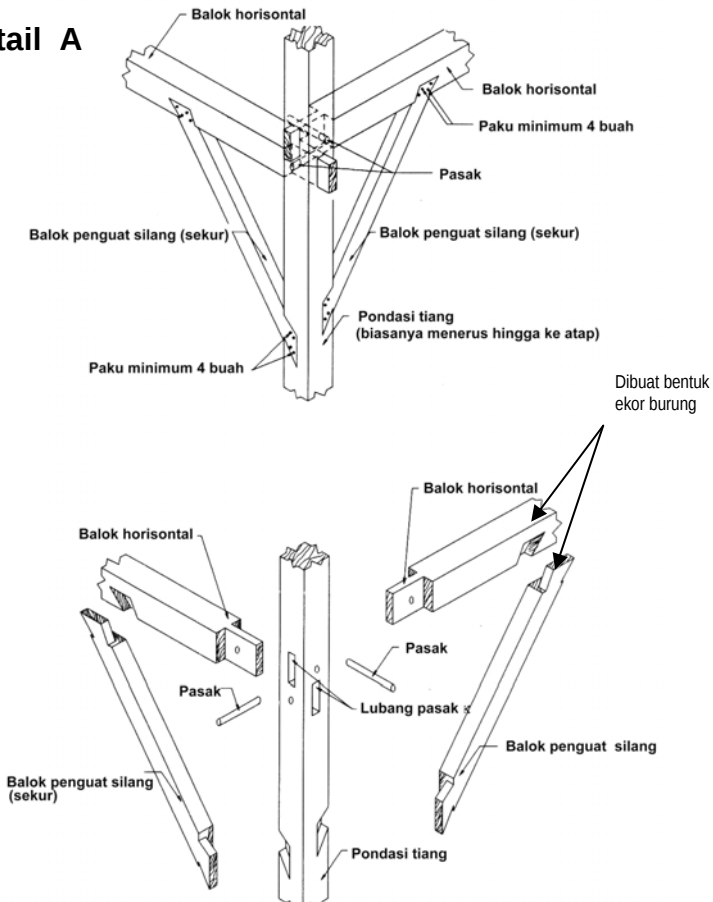


Gambar 24 Rumah tinggal dengan konstruksi rangka sederhana dan pondasi tiang

A. Hubungan Pondasi Tiang dengan Balok Penguat Horizontal (Detail A)

Untuk mendapatkan kekokohan struktur bawah dari rumah panggung ini, maka sistem sambungan yang digunakan adalah sistem sambungan takik dengan penguat paku dan pasak masing-masing untuk sambungan sekur dan sambungan balok - kolom.

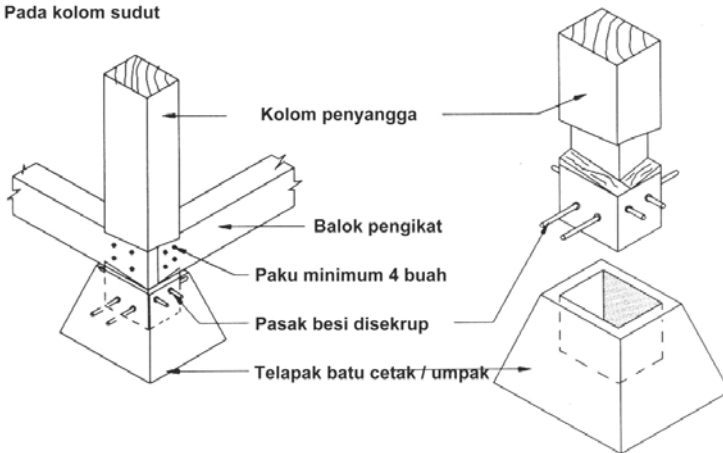
Detail A



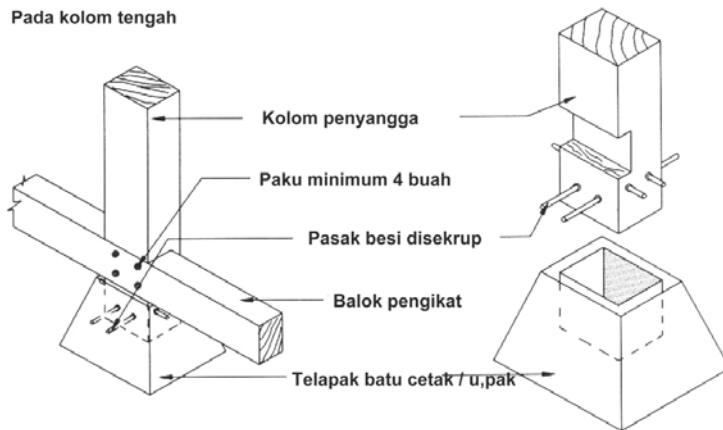
Gambar 25 Detail sambungan pondasi tiang dengan balok penguat horizontal

B. Sambungan Tiang Pondasi dengan Balok Pengikat Pondasi (Detail B)

- Pada kolom sudut



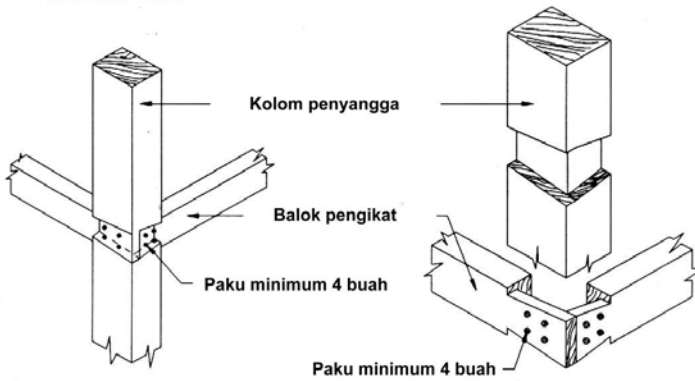
- Pada kolom tengah



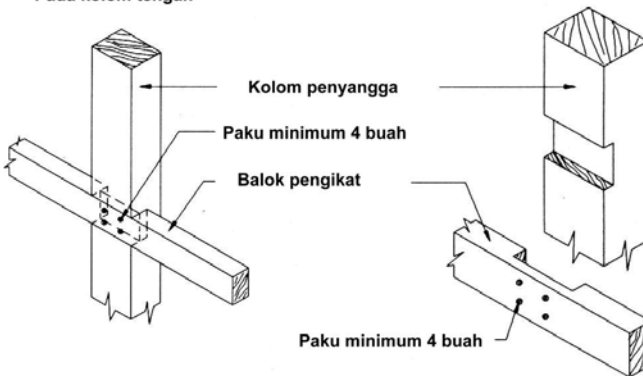
Gambar 26 Hubungan tiang pondasi, balok dan telapak

C. Sambungan Pondasi Tiang dengan Balok Penguat Horizontal (Detail C)

o Pada kolom sudut



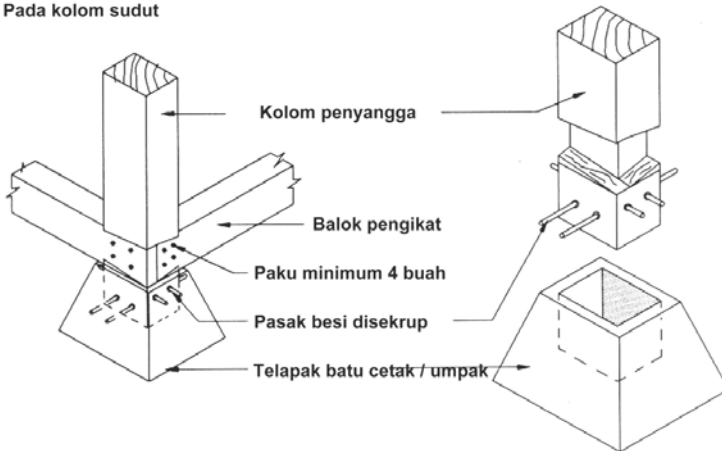
o Pada kolom tengah



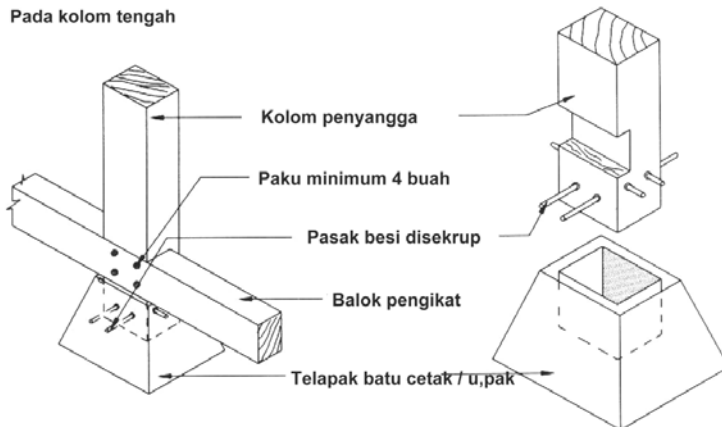
Gambar 27 Hubungan pondasi tiang dengan balok penguat horizontal

D. Sambungan Tiang Pondasi dengan Telapak (Detail D)

- Pada kolom sudut



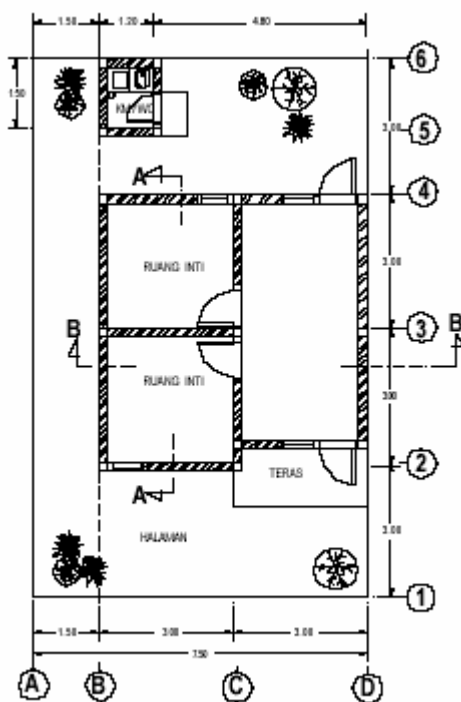
- Pada kolom tengah



Gambar 28 Hubungan pondasi tiang dengan telapak batu

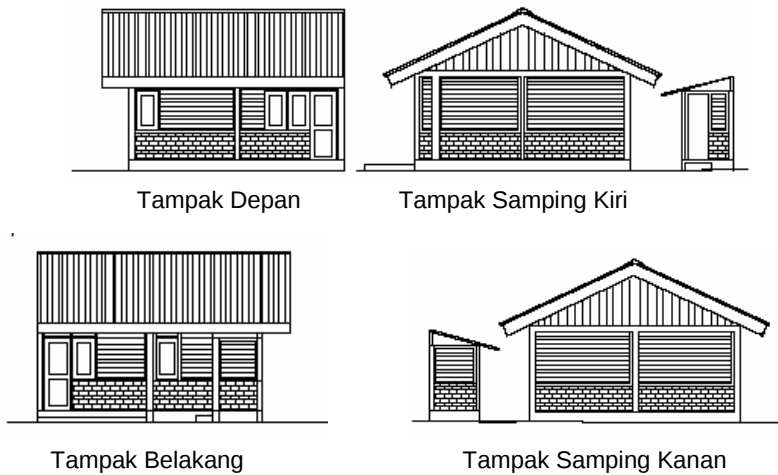
2.1.4 Rumah Kayu dengan Dinding Setengah Tembok

1. Lantai dicor dengan campuran 1 PC : 3 pasir, ditumbuk padat dengan permukaan dihaluskan.
2. Tebal lantai minimum 5 cm, dengan didahului oleh lapisan urugan tanah tebal padat 10 cm dan urugan pasir tebal padat 5 cm.
3. Pondasi yang digunakan pondasi setempat dari pasangan batu kali dengan campuran adukan 1 PC : 5 pasir. Ukuran dimensi penampang bawah pondasi 70 x 70 cm dan ukuran dimensi penampang atas 20 x 20 cm serta tinggi pondasi 60 cm.
4. Pada dasar pondasi harus diberi lapisan pasir urug tebal padat 10 cm.
5. Permukaan lantai dan bagian-bagian luar pondasi yang tampak diratakan dengan adukan 1 PC : 3 pasir, setebal minimum 5 mm dan di atasnya diberi saus semen sebagai penghalus.
6. Untuk dinding kamar mandi harus diplester dengan adukan campuran 1 PC : 2 pasir, setinggi 1,5 m dari muka lantai.
7. Mutu beton yang disyaratkan dalam pekerjaan ini adalah mutu beton K-125 atau dengan campuran nominal 1 PC : 2 Pasir : 3 Kerikil (dalam perbandingan isi). Slump pada saat pengerjaan maksimum 7,5 cm dan minimum 2,5 cm.
8. Pada arah pertumbuhan, besi beton sloof disediakan panjang penyaluran sepanjang 60 cm dan dibungkus dengan adukan dari campuran 1 Pc : 10 Psr dengan dimensi yang sama dengan dimensi sloof.
9. Persyaratan bahan beton seperti air, pasir dan kerikil harus mengikuti PUBI-1982, *Peraturan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*

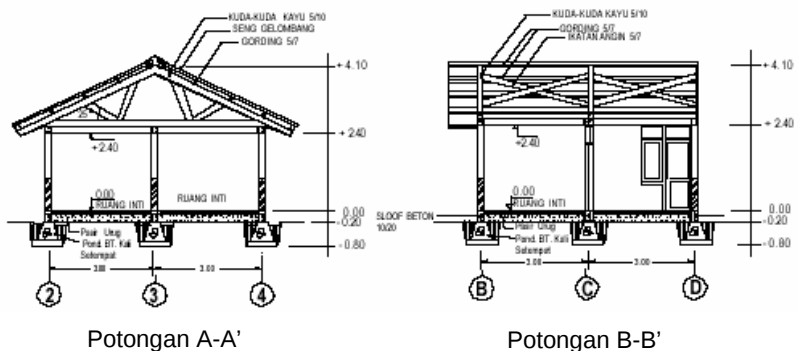


Denah

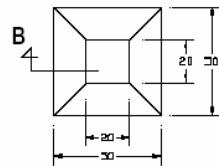
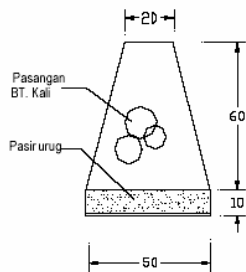
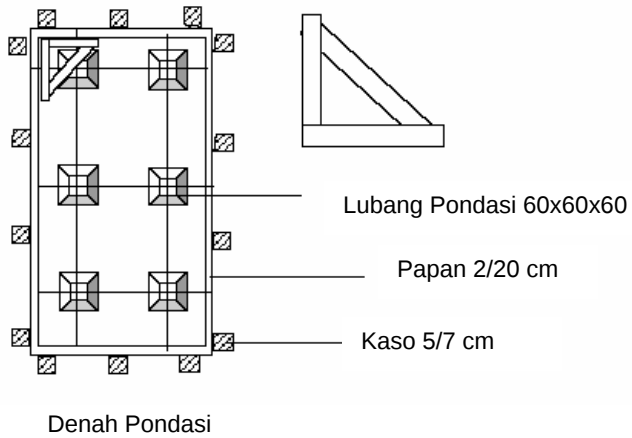
Gambar 29 Denah rumah kayu dinding setengah tembok



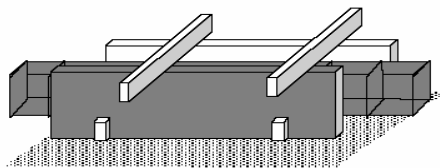
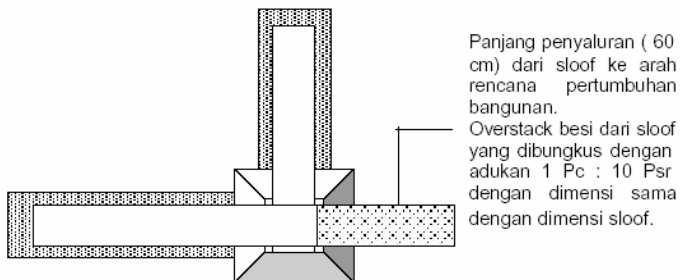
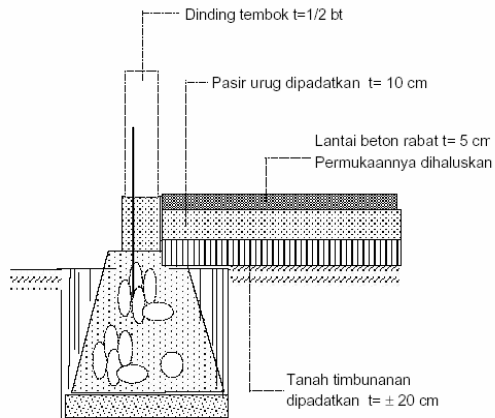
Gambar 30 Tampak rumah



Gambar 31 Potongan rumah

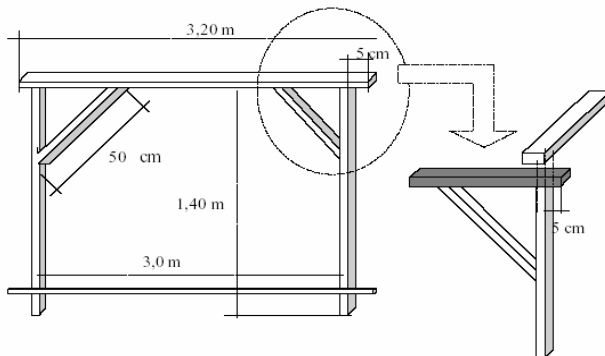
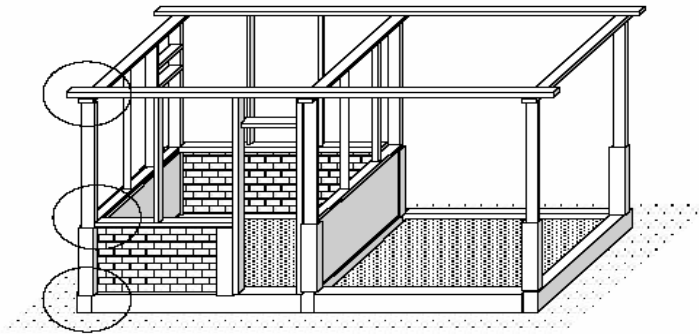


Gambar 32 Denah pondasi

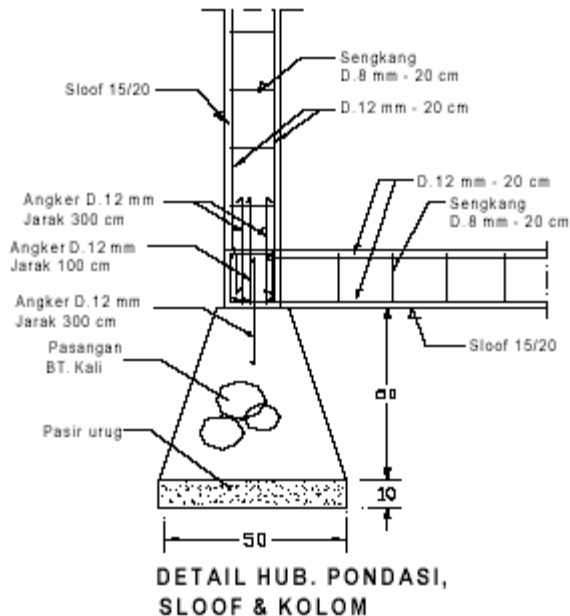


bekisting pondasi

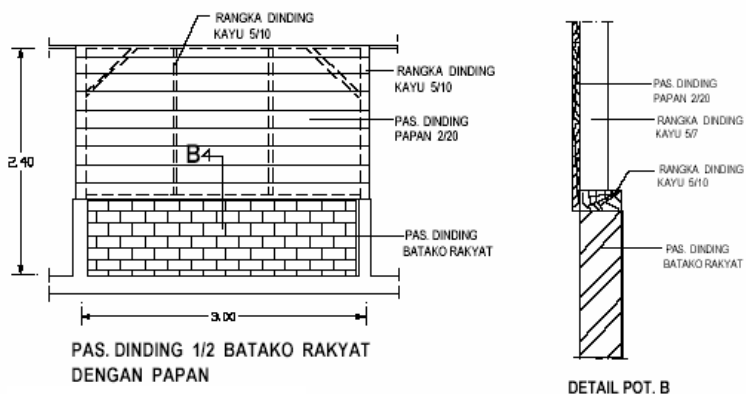
Gambar 33 Pekerjaan pondasi, sloof, dan lantai



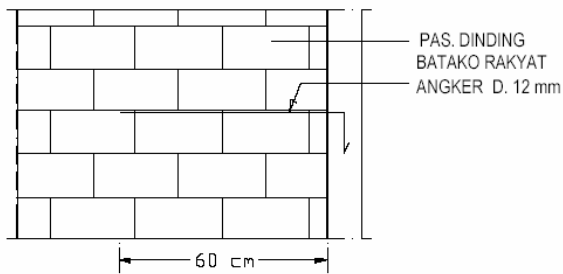
Gambar 34 Rangka pokok bangunan dan dinding



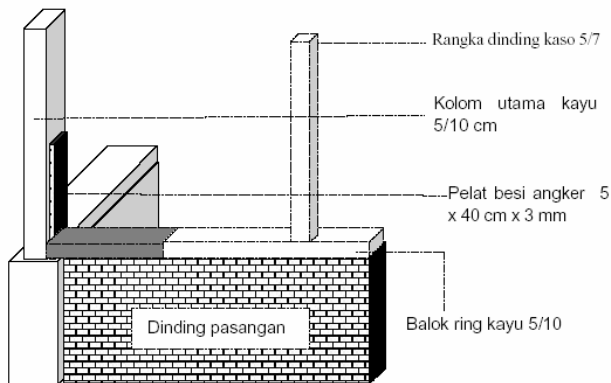
Gambar 35 Detail hubungan pondasi, sloof, dan kolom



Gambar 36 Pasangan dinding setengah batako dengan papan

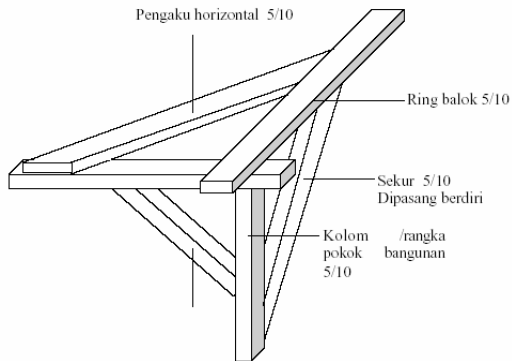


DETAIL - A

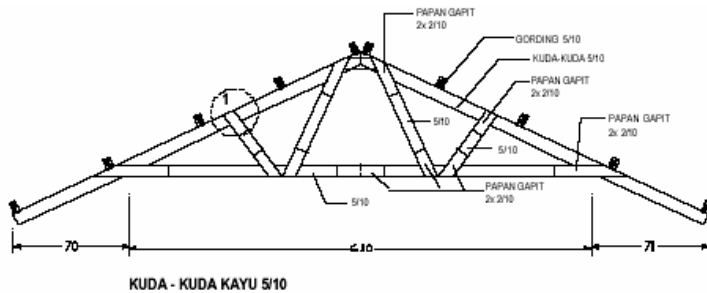


Detail hubungn rangka kayu dengan dinding pasangan

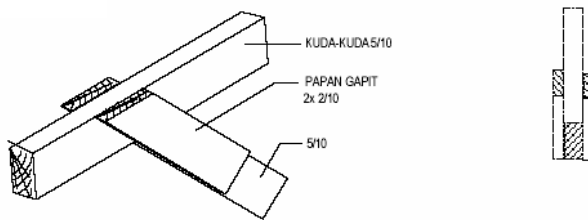
Gambar 37 Detail hubungan rangka kayu dengan dinding pasangan



Gambar 38 Detail pengaku horizontal dan vertikal rangka kayu

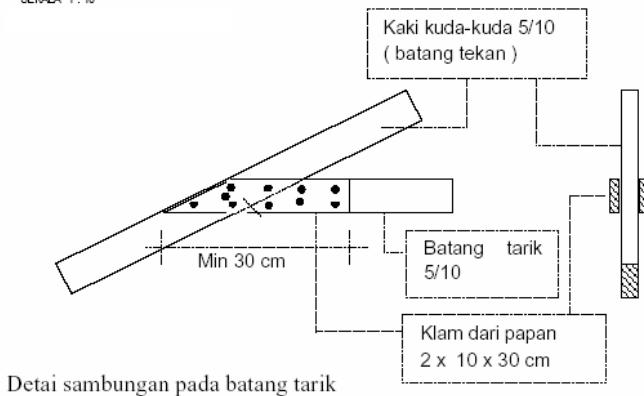


Gambar 39 Kuda-kuda kayu atap



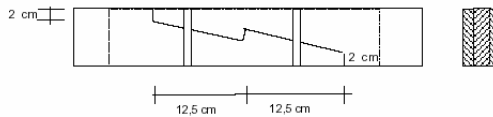
DETAIL ISOMETRI - 1

SEKALA 1 : 10

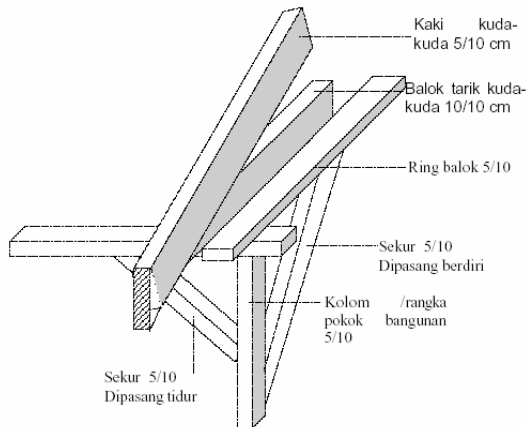


Detai sambungan pada batang tarik

Gambar 40 Detail sambungan pada batang tarik kuda-kuda kayu



Detail sambungan titik simpul kuda-kuda



Detail hubungan kuda-kuda dengan rangka pokok bangunan]

Gambar 41 Detail sambungan titik simpul dan hubungan kuda-kuda dengan rangka pokok bangunan

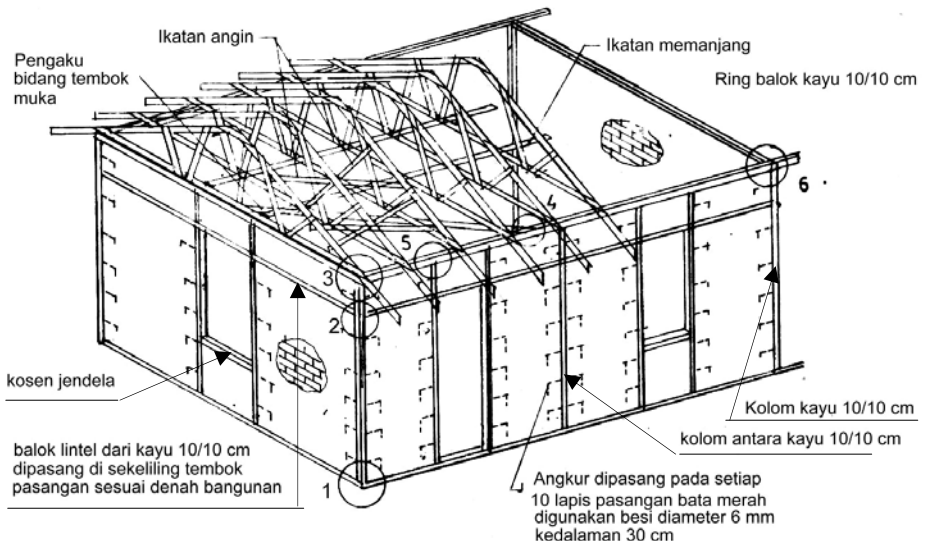
Proses pelaksanaan :

1. Kuda-kuda menggunakan konstruksi balok kayu dari kayu kelas II yang tua dan kering dengan ukuran 5 x 10 cm dan dipasang dengan jarak antar kuda-kuda maksimum 3.00 m.
2. Semua kayu kuda-kuda di labur dengan bahan pengawet.
3. Panjang paku sedikitnya 2 ½ x tebal kayu pada sambungan rangkap 2 dan 3 1/3 x tebal kayu pada sambungan rangkap 3.
4. Sambungan pada balok tarik dari kuda-kuda dibuat di tengah-tengah bentang dengan menggunakan tipe sambungan gigi dan diikat dengan pelat baja, panjang overlap dari sambungan minimum 5 kali tebal kayu yang disambung atau 25 cm.

5. Klam yang digunakan untuk sambungan batang rangka kuda-kuda adalah papan dari kayu kelas II berukuran 10 x 25 cm dan tebal 2 cm, dengan jumlah paku pada setiap titik simpul berjumlah 20 buah.
6. Ukuran paku yang digunakan adalah paku 7 cm, sehingga jumlah paku ini yang digunakan pada setiap satu unit kuda-kuda sekurang-kurangnya berjumlah 220 buah.
7. Untuk pertemuan permukaan ujung setiap batang dari rangka kuda-kuda dipasang 2 buah paku 10 cm, sehingga untuk satu unit kuda-kuda digunakan sekurang-kurangnya 22 buah paku 10 cm.

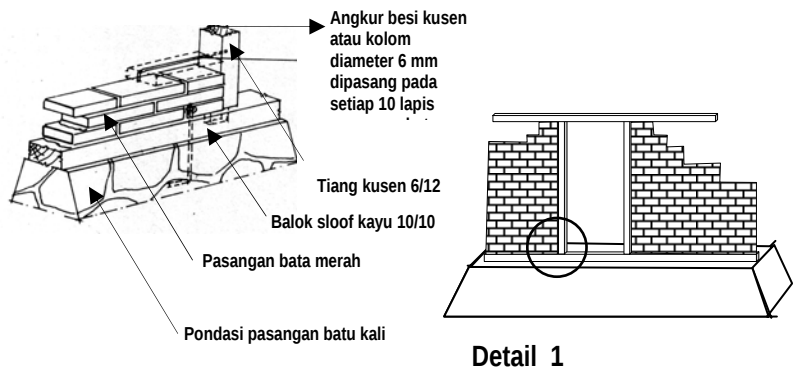
2.1.5 Rumah Kayu dengan Dinding Pasangan Tembok Penuh

Luas tembok yang diapit kerangka kayu maksimum sebesar 6 m², maka harus dibuat balok lintel di sepanjang dinding sesuai dengan denah bangunan. Balok lintel tersebut berfungsi juga sebagai penahan gaya horisontal yang bekerja searah bidang dinding, ukuran balok yang digunakan 10/10 cm sesuai dengan ukuran kolom, ring balok dan sloof kayu. Angkur dari besi Ø 6 mm dipasang pada setiap 10 lapis pasangan bata merah dengan kedalaman 30 cm masuk ke dalam dinding.

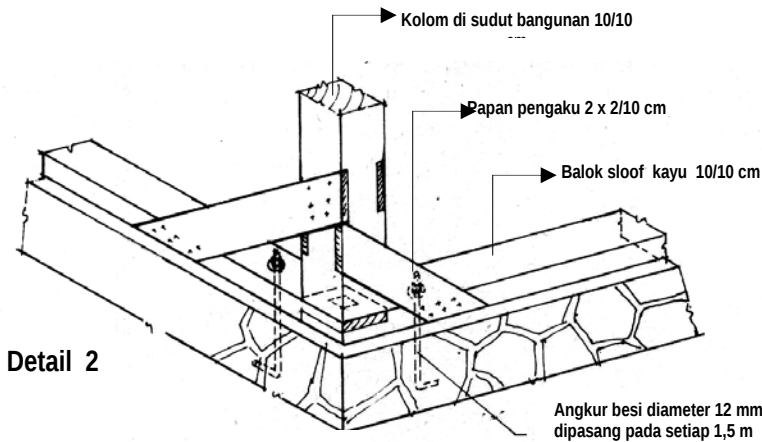


Gambar 42 Rumah kayu dengan dinding pasangan bata penuh

Angkur dipasang dengan cara membuat lubang pada kolom/kusen kayu dengan cara dibor. Lubang bor tersebut harus dibuat pada setiap 10 lapis pasangan bata merah, lalu masukkan besi angkur ke lubang bor tersebut.

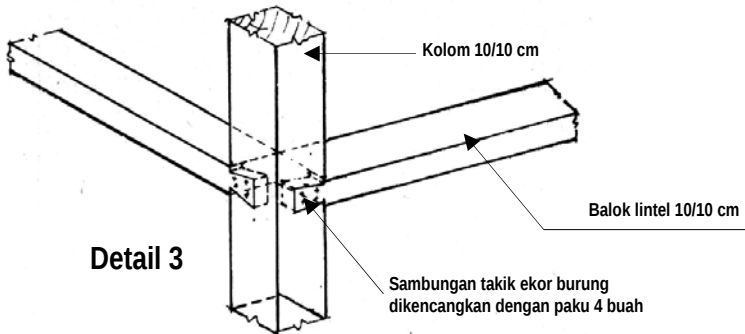


Gambar 43 Detail 1 Hubungan kusen dengan bata

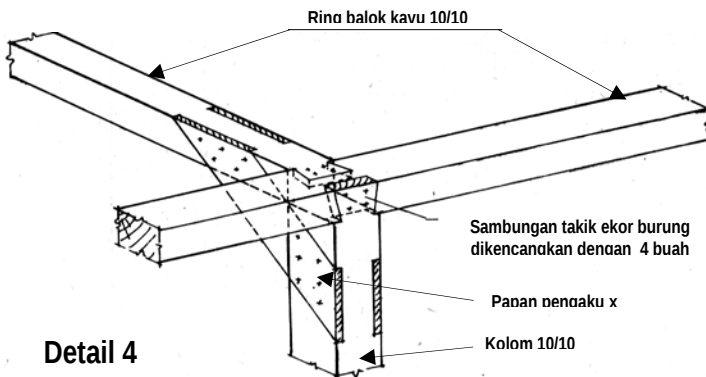


Gambar 44 Detail 2 Pertemuan kolom sudut dengan sloof kayu

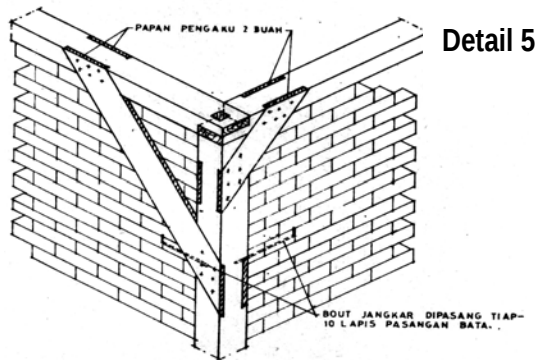
Rangka kayu dengan dinding pengisi dari pasangan bata merah akan menahan beban yang berat, untuk itu diperlukan sambungan yang kokoh. Sambungan yang kokoh dapat dibuat dengan sambungan takik ekor burung seperti diperlihatkan pada Gambar 45.



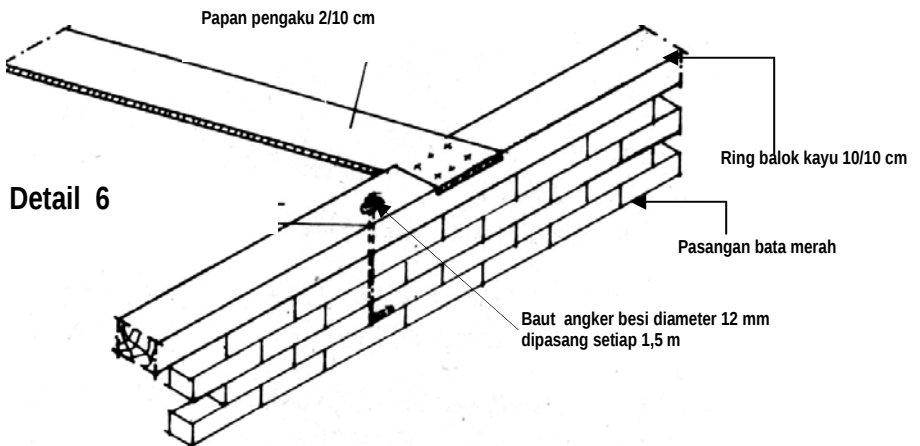
Gambar 45 Detail 3 hubungan kolom sudut dengan balok lintel



Gambar 46 Detail 4 hubungan tiang sudut dengan ring balok

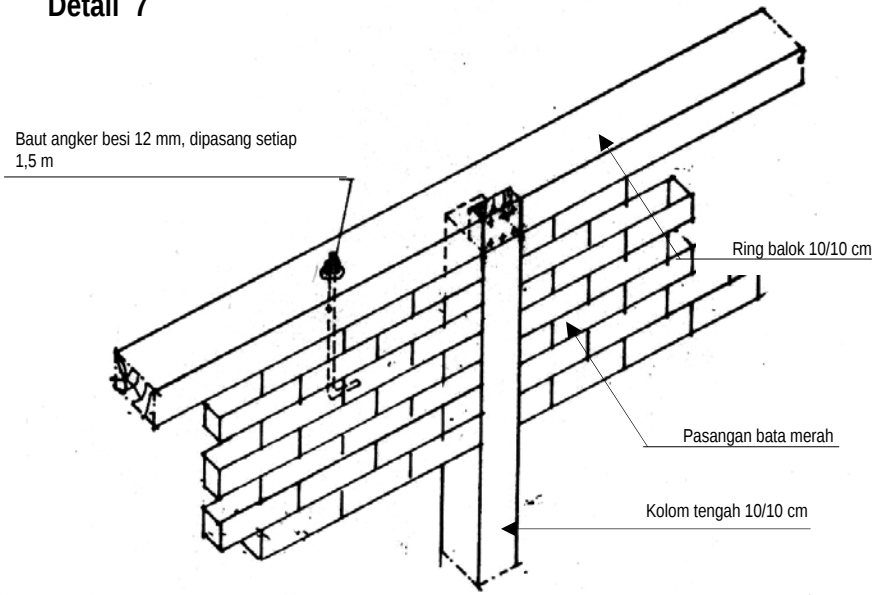


Gambar 47 Detail 5, hubungan kerangka kayu dengan pasangan



Gambar 48 Detail 6, hubungan balok ring dengan pengaku sudut dari papan

Detail 7



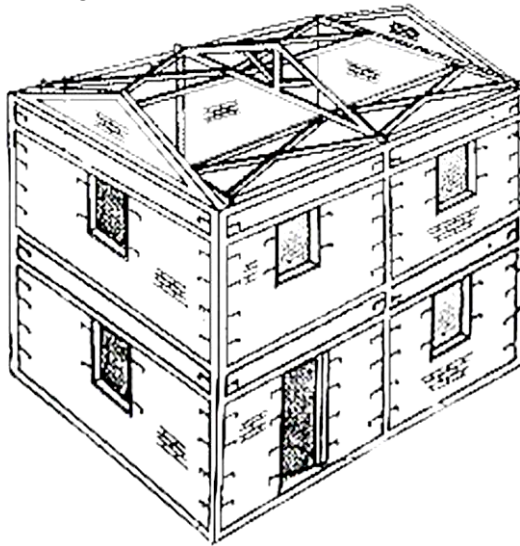
Gambar 49 Detail 7, hubungan balok ring dengan kolom tengah

2.2 Rumah Konstruksi Beton Bertulang

1. Bangunan rumah tembok dengan dinding terbuat dari pasangan bata merah atau batako, dimana dindingnya difungsikan sebagai pemikul beban, maka dinding ini harus diikat atau diberikan perkuatan berupa kerangka yang membatasi luasan dinding. Kerangka ini dapat dibuat dari beton bertulang, baja, atau kayu.
2. Dari hasil pengamatan kerusakan pada bangunan akibat gempa bumi yang lalu, maka luas dinding yang diperkuat dengan rangka beton bertulang atau baja dibatasi 12 m^2 .
3. Bata merah harus dicuci dengan cara direndam dalam air hingga bebas dari debu permukaan yang lepas dan jenuh air. Pada saat dipasang permukaan bata harus kering. Kekuatan tekan bata tidak boleh kurang dari 30 kg/cm^2 .
4. Plesteran dan adukan harus terbuat dari paling sedikit 1 bagian semen dan 6 bagian pasir serta harus mempunyai kekuatan tekan minimum pada umur 28 hari sebesar 30 kg/cm^2 , bila diuji dengan menekan benda uji berupa kubus dengan ukuran sisi 5 cm.
5. Bata merah harus dipasang pada hamparan adukan yang penuh dan semua siar baik vertikal maupun horisontal harus terisi penuh, begitu juga siar-siar antara dinding dengan kolom atau portal yang mengelilingi dinding (atau celah antara dinding dengan tiang kosen) harus terisi penuh dengan adukan. Tebal siar minimum adalah 1 cm. Tali pelurus harus dipakai pada pemasangan bata merah. Dinding harus terpasang vertikal dan terletak di dalam bidang yang sejajar dengan bidang portal yang mengelilinginya.
6. Dinding harus diplester dengan tebal plesteran minimum 1 cm pada kedua muka dinding.
7. Bila menggunakan batako untuk dinding rumah, maka batako tersebut harus bersih dan jenuh air serta harus kering muka pada saat pemasangan. Kekuatan tekan batako minimum 15 kg/cm^2 .
8. Adukan untuk dinding batako harus terbuat dari paling sedikit 1 bagian kapur dan 5 bagian tras (atau 1 bagian semen dan 10 bagian pasir) dan harus mempunyai kekuatan tekan minimum pada umur 28 hari 15 kg/cm^2 , bila diuji dengan menekan benda uji berupa kubus dengan ukuran sisi 5 cm.
9. Batako harus dipasang dengan cara yang sama dengan cara pemasangan dinding bata merah.

2.2.1. Rumah Sederhana Bertingkat dengan Dinding Tembok Penuh dengan Konstruksi dan Lantai Beton Bertulang

Penempatan dan pengaturan tulangan, terutama pada sambungan-sambungan harus mendapat perhatian atau pengawasan khusus. Ujung-ujung tulangan harus dijangkarkan dengan baik. Gambar 50 merupakan contoh bangunan rumah bertingkat yang menggunakan struktur beton bertulang.



Gambar 50 Struktur bangunan rumah sederhana yang menggunakan beton bertulang

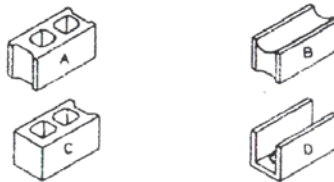
Gunakan kekuatan tekan beton minimum 175 kg/cm², dan kekuatan tarik baja 2400 kg/cm².

Diameter tulangan sengkang minimum baik untuk balok maupun kolom adalah $\varnothing$ 8 mm, jarak sengkang dan luas tulangan atas dan tulangan bawah dari balok dan plat harus dihitung berdasarkan peraturan yang berlaku, begitu juga untuk luas tulangan untuk kolomnya.

Pada setiap penampang balok dan kolom harus terpasang minimum empat batang besi tulang. (Lihat keterangan pada bab Bangunan Gedung).

2.2.2 Rumah Bertingkat Blok Beton (*Hollow Concrete Block*) dengan Tulangan

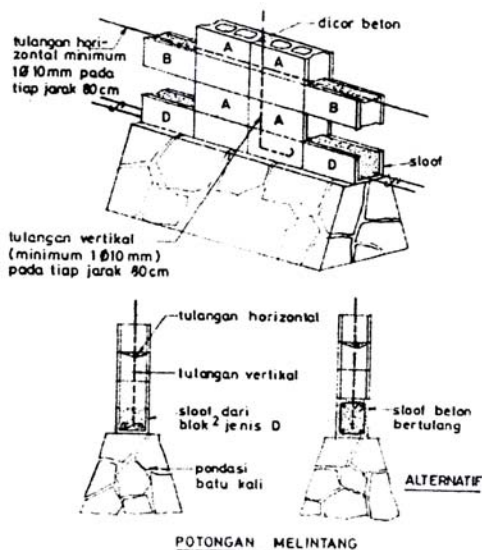
Beberapa jenis blok beton (*hollow concrete blok*) dapat dilihat pada Gambar 51 di bawah ini. Hal yang harus diperhatikan adalah:



Gambar 51 Beberapa jenis blok beton (*hollow concrete block*)

1. Pondasi

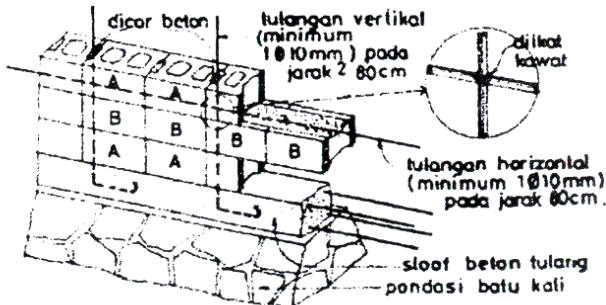
Balok sloof pondasi dapat merupakan rangkaian blok-blok jenis D yang diisi tulangan dan dicor beton ke dalam rongga-rongganya ataupun berupa balok beton bertulang.



Gambar 52 Gambar Detil Pondasi

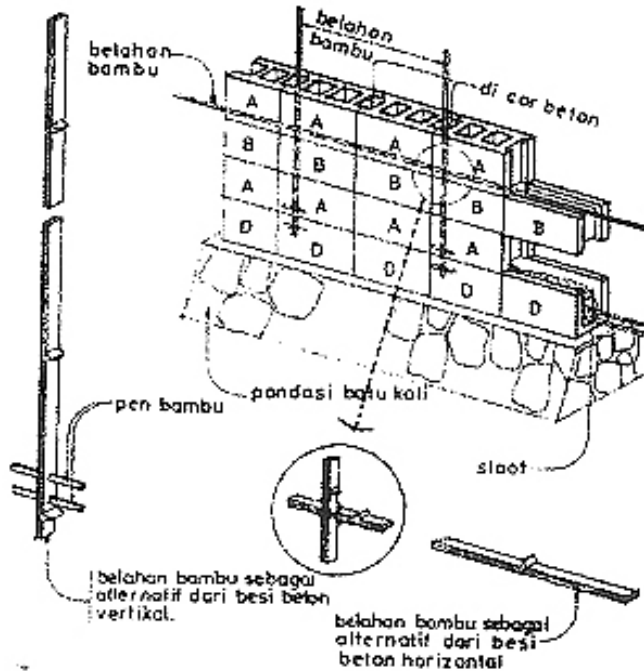
2. Dinding

- a. Tebal dinding minimal 15 cm. Tinggi dinding tidak melebihi 20 kali tebal dinding dan panjangnya diantara dinding-dinding penyekat tidak boleh melebihi 50 kali tebalnya. Jarak antara 2 buah lubang (pintu/jendela) pada satu bidang dinding, minimal 55 cm atau tidak kurang dari 30% dari rata-rata tinggi lubang-lubang tersebut.
- b. Di dalam rongga-rongga dinding perlu dipasang tulangan vertikal maupun horisontal. Tulangan vertikal dipasang pada jarak-jarak umpamanya 80 cm dan minimum terdiri dari 1 tulangan dengan diameter 10 mm. Ujung bawah tulangan vertikal perlu dijangkarkan ke dalam balok sloof pondasi. Tulangan horisontal juga dipasang pada jarak-jarak (vertikal) 80 cm dan minimal terdiri dari 1 tulangan dengan diameter 10 mm. Rongga-rongga yang berisi tulangan harus dicor dengan beton. Secara jelas, hal ini ditunjukkan pada Gambar 53 di bawah ini.



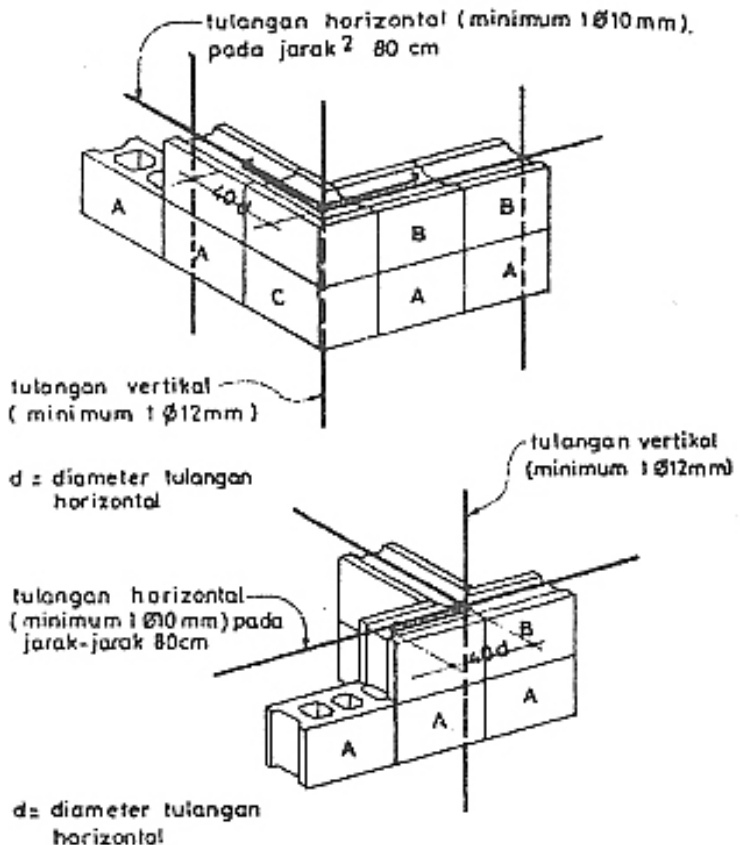
Gambar 53 Cara pemasangan tulangan di dalam rongga-rongga dinding

- c. Untuk tulangan vertikal dan horisontal dapat juga dipergunakan dari belahan bambu sebagai pengganti tulangan baja, umpamanya 1 batang dengan ukuran kira-kira tebal 1 cm dan lebar 4 cm. Secara jelas, hal ini ditunjukkan pada Gambar 54 di bawah ini.



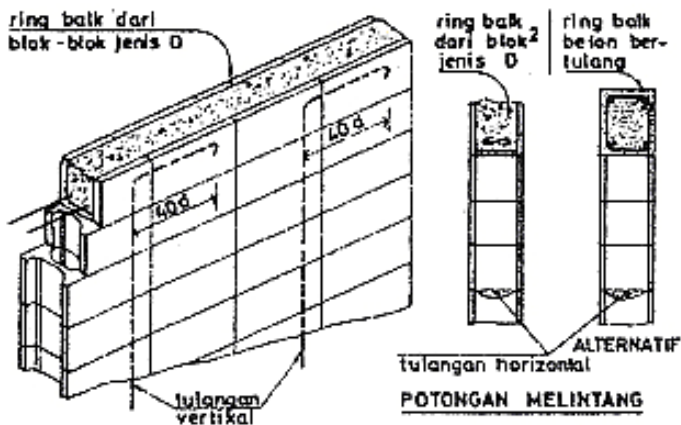
Gambar 54 Pemakaian tulangan bambu sebagai ganti tulangan baja.

- d. Pada pertemuan bidang-bidang dinding, tulangan horizontal perlu dijangkarkan dengan baik seperti terlihat pada Gambar 55. Tulangan vertikal yang dipasang pada tempat pertemuan tersebut minimal terdiri dari 1 tulangan diameter 12 mm.



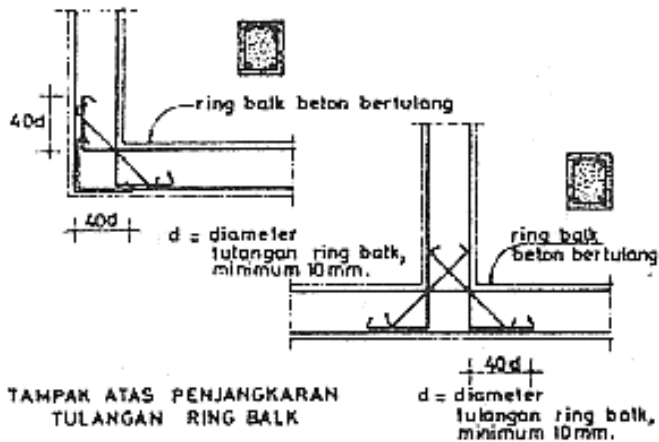
Gambar 55 Tulangan pada pertemuan bidang-bidang dinding

- e. Pada bagian atas dinding harus dipasang balok pengikat keliling/ring balk. Ujung vertikal perlu dijangkarkan dengan baik ke dalam ring balk. Secara lebih jelas cara pemasangan ring balk pada bagian atas dinding dapat dilihat pada Gambar 56 di bawah ini.



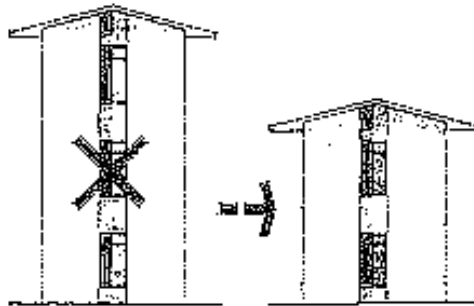
Gambar 56 Pemasangan ring balk pada bagian atas dinding.

- f. Pada pertemuan bidang-bidang dinding, tulangan ring balok perlu dijangkarkan dengan baik seperti terlihat pada Gambar 57



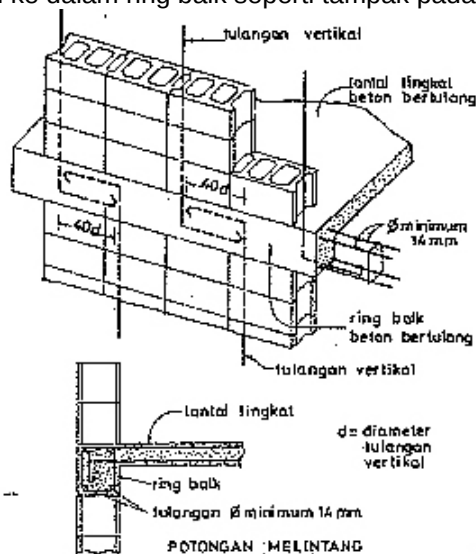
Gambar 57 Pemasangan ring balk pada pertemuan bidang-bidang dinding.

- g. Rumah bertingkat blok beton dengan tulangan ini sebaiknya tidak lebih dari 2 (dua) lantai.



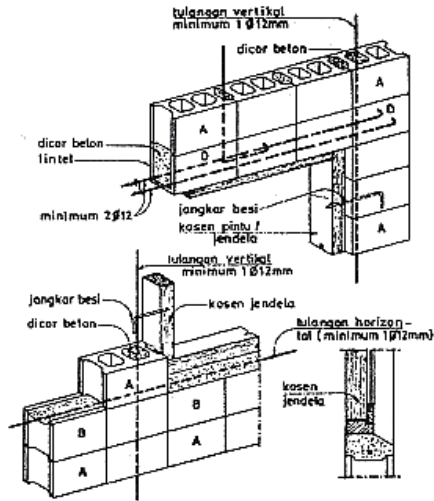
Gambar 58 Rumah bertingkat blok beton dengan tulangan sebaiknya tidak lebih dari 2 (dua) lantai.

- h. Pada tepi atas dinding setiap tingkat perlu dipasang ring balk. Ujung-ujung bagian tulangan vertikal perlu dijangkarkan ke dalam ring balk dengan balk. Tulangan plat lantai tingkat juga perlu dijangkarkan ke dalam ring balk seperti tampak pada Gambar 59.



Gambar 59 Pemasangan ring balk pada tepi atas dinding setiap tingkat.

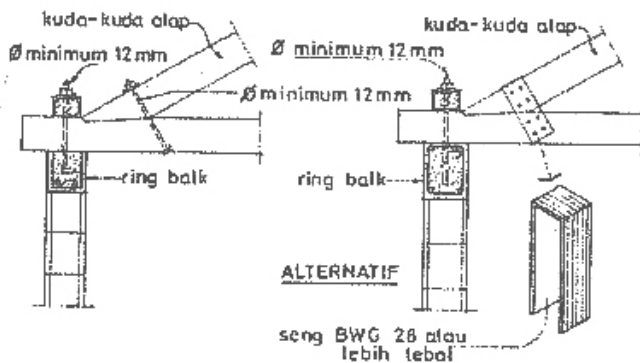
- i. Sebagai balok lintel di atas pintu/jendela dapat dipakai blok jenis D yang diberi tulangan horizontal di dalamnya dan dicor dengan beton. Rongga dinding di kedua samping pintu/jendela harus diisi dengan tulangan vertikal dan dicor beton seperti pada Gambar 60.



Gambar 60 Balok lintel pada rumah dan gedung bertingkat blok beton dengan tulangan.

3. Atap

Rangka atap perlu diikat secara kokoh dengan dinding seperti pada Gambar 61



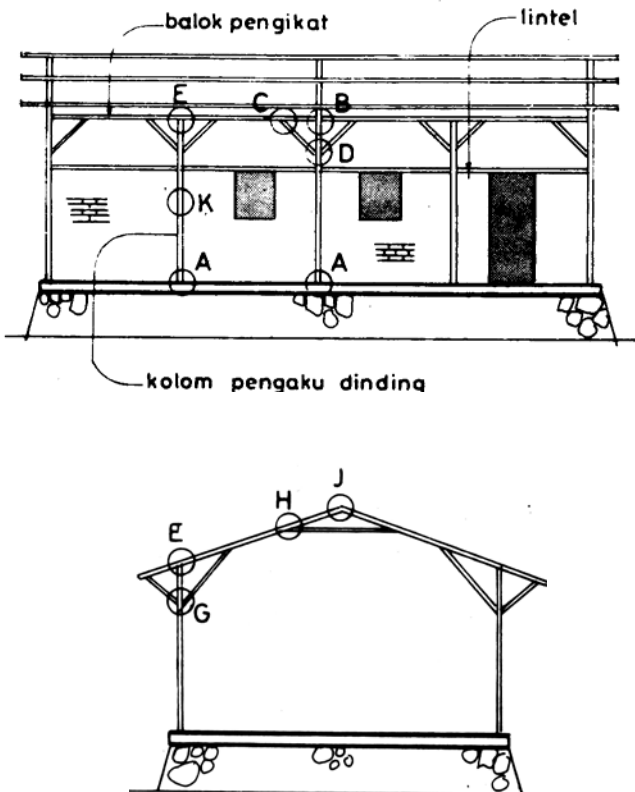
Gambar 61 Rangka atap perlu diikat secara kokoh dengan dinding.

4. Pelaksanaan

- a. Untuk adukan spesi (untuk hubungan horizontal dan vertikal antara blok-blok beton) dapat dipakai campuran 1 semen PC : (3-4) Pasir
- b. Untuk adukan beton (untuk mengisi rongga-rongga yang diberi tulangan) dipakai campuran 1 semen PC : (2-3) Pasir : (1-2) Kerikil (max. 12 mm).

2.3 Rumah dengan Konstruksi Rangka Balok dan Kolom dari Bahan Baja

Bangunan rumah dengan rangka struktur baja sebagai pemikul beban, dapat menggunakan baja profil “C” rangkap dan sebagai dinding pengisinya dapat digunakan pasangan bata merah atau batako. Luas dinding pasangan maksimum yang diperkenankan adalah 12 m^2 , maka diperlukan balok lintel dari profil baja yang sama dengan balok atau kolom disekeliling denah bangunannya.

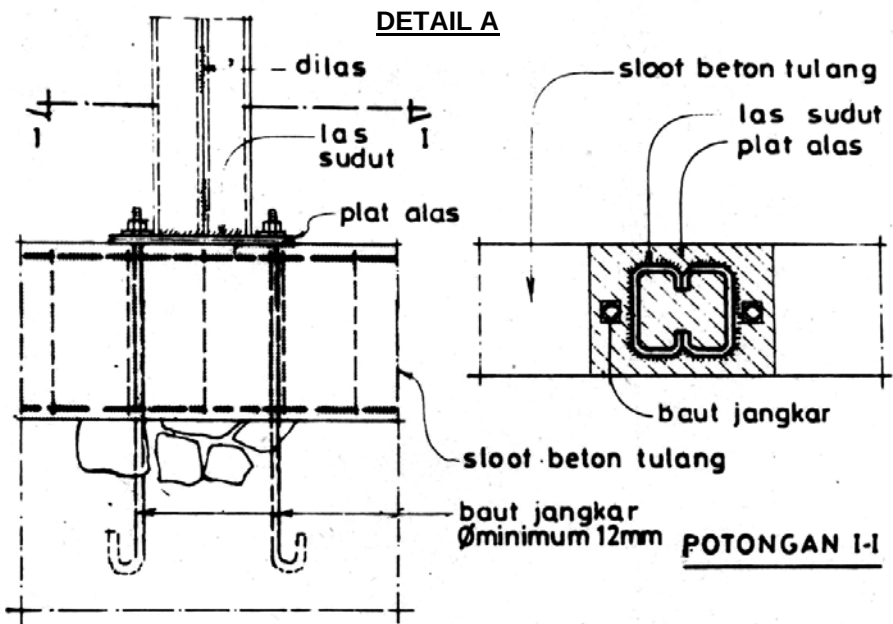


Gambar 62 Rangka Bangunan dengan struktur baja

2.3.1 Hubungan Kolom dengan Pondasi (Detail A)

Setiap kolom harus diikatkan pada pondasi dengan cara :

- Pasang pelat besi dengan ukuran 15 cm x 20 cm, tebal = 0,5 cm pada kolom dengan sambungan las sudut (tebal las dihitung), lubangi pelat sedemikian sehingga jumlah dan posisi lubang berada tepat selaras dengan angkur yang telah tertanam pada pondasi dan balok sloof.
- Angkur harus tertanam dari balok sloof menerus ke dalam pondasi, dan pada ujung penyambung diberi ulir yang sesuai dengan bautnya lihat Gambar 63 di bawah ini.

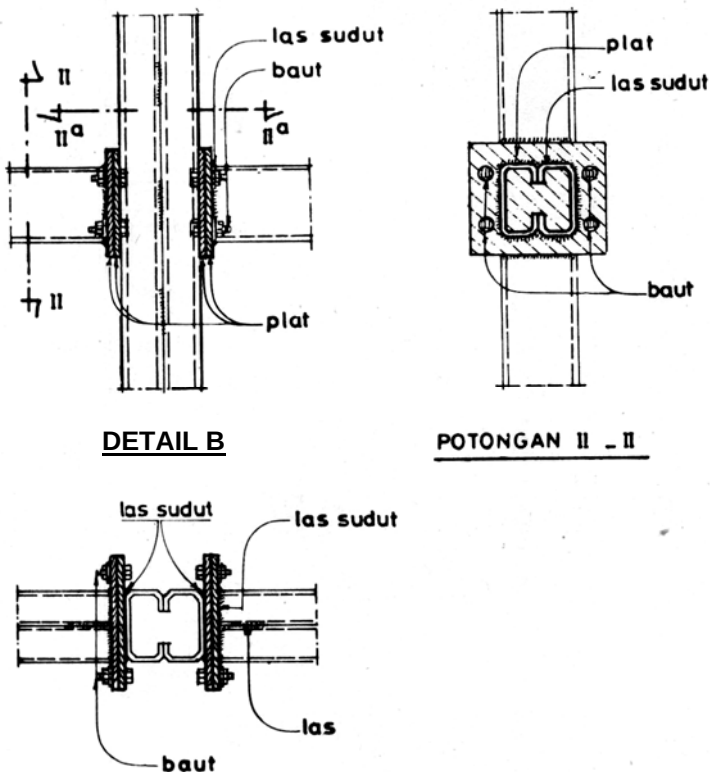


Gambar 63 Detail A, hubungan kolom baja dengan balok sloof dari beton bertulang dan fondasi menerus batu kali

2.3.2 Hubungan Kolom dengan Balok (Detail B)

Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut dan las, ujung kolom yang akan disambung diberi pelat besi penyambung dengan cara di las, ukuran pelat disesuaikan dengan ukuran baloknya (tebal kurang lebih 5 mm).

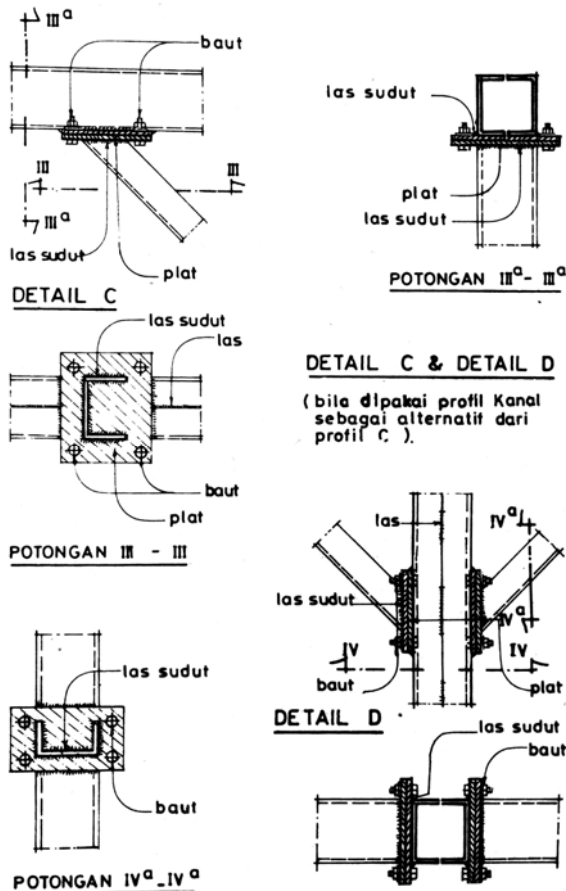
Pada kolom di mana titik yang akan disambung dengan balok diberi pelat besi dengan dimensi yang sama dengan dimensi pelat yang terpasang pada balok. Pelat disambungkan dengan kolom dengan cara dilas.



Gambar 64 Detail hubungan balok lintel dengan kolom tengah

2.3.3 Hubungan Balok dengan Pengaku (Detail C dan D)

Gambar 65 adalah gambar sketsa sambungan balok dengan balok pengaku. Sistem sambungan dilakukan dengan cara yang sama dengan sambungan yang telah diuraikan pada bagian-bagian sebelumnya.



Gambar 65 Detail hubungan skoor dengan ring balok , hubungan skoor dengan kolom

BANGUNAN GEDUNG

3.1 Bangunan Gedung Tidak Bertingkat dengan Rangka Kayu

Bangunan Gedung tidak bertingkat dengan menggunakan sistem struktur rangka pemikul dari bahan kayu adalah bila seluruh komponen balok dan kolom serta dinding yang digunakan adalah kayu.

Bangunan Gedung tidak bertingkat dengan struktur rangka kayu harus menggunakan sambungan-sambungan takik yang dikencangkan dengan menggunakan paku minimal 4 buah. Panjang paku yang digunakan minimal 2,5 kali tebal kayu yang terkecil. Apabila struktur kayu ini memikul beban berat (seperti struktur kayu untuk bangunan gudang atau garasi kendaraan), maka sambungan kayu harus dikencangkan dengan menggunakan bout berdiameter minimum 10 mm.

Semua kayu yang digunakan harus kering dan bila perlu diawetkan sesuai dengan persyaratan pengawetan kayu.

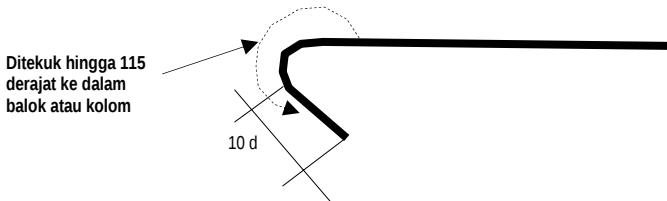
Detail-detail sambungan kayu pada komponen struktur rangka kayu disesuaikan dengan konstruksi rumah kayu (Bab II).

3.2 Bangunan Gedung Tidak Bertingkat dengan Konstruksi Rangka Balok dan Kolom dari Beton Bertulang

Beton dan baja tulangan untuk rangka pengaku dinding dari beton bertulang harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Campuran beton yang dianjurkan minimum perbandingan adalah 1 bagian semen, 2 bagian pasir dan 3 bagian kerikil serta $\frac{1}{2}$ bagian air, sehingga menghasilkan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari minimum 175 kg/cm^2 .
- b. Bahan pasir dan kerikil harus bersih dan air pencampur tidak boleh mengandung lumpur.
- c. Pengecoran beton dianjurkan dilakukan secara berkesinambungan (tidak berhenti di setengah balok atau di setengah kolom).

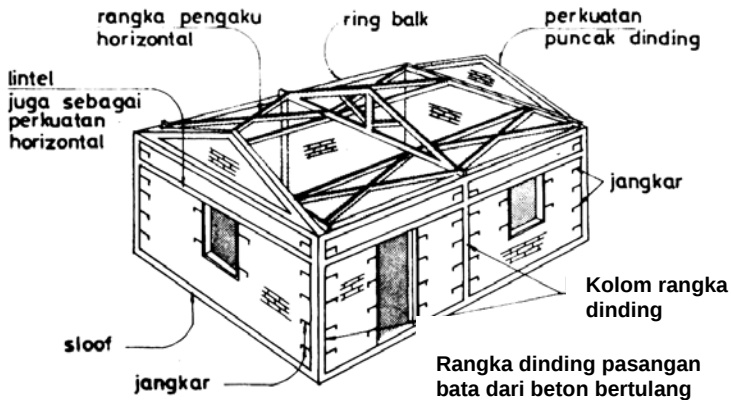
- d. Pengadukan beton sedapat mungkin menggunakan alat pencampur beton (beton molen).
- e. Apabila pencampuran beton dilakukan secara manual yang pengadukan betonnya menggunakan tenaga manusia, dianjurkan untuk menggunakan bak dari bahan metal atau bahan lain yang kedap air.
- f. Kekuatan tarik baja minimum 2400 kg/cm^2 .
- g. Diameter tulangan utama untuk balok lintel, ring balok dan kolom minimum $\varnothing 10 \text{ mm}$, dan untuk sengkang minimum $\varnothing 6 \text{ mm}$ dengan jarak as ke as sengkang 15 cm .
- h. Diameter tulangan utama untuk balok sloof/balok pengikat pondasi minimum $\varnothing 12 \text{ mm}$, dan ukuran sengkang minimum $\varnothing 8 \text{ mm}$ dengan jarak as ke as sengkang 15 cm .
- i. Agar diperoleh efek angkur yang maksimum dari besi tulangan, maka pada setiap ujung tulangan harus ditekuk ke arah dalam balok hingga 115° , seperti ditunjukkan pada Gambar 66.



Gambar 66 Tekukan besi untuk mendapatkan efek angkur

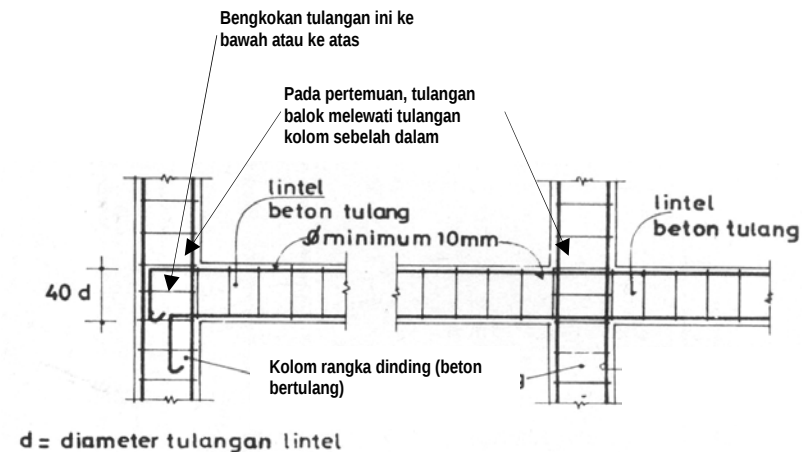
Untuk membatasi luas bidang dinding 16 m^2 , maka perlu dipasang balok-balok lintel. Untuk mencegah terjadinya retak pada sudut-sudut bukaan pintu dan jendela, maka dipasang kolom-kolom pengaku yang menerus dari balok lintel ke balok sloof/balok pengikat.

Agar memudahkan dalam pengerjaan pengecoran beton dan mendapatkan hasil beton yang berkualitas baik, maka dianjurkan untuk menggunakan ukuran penampang balok minimum $15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ dan ukuran penampang kolom minimum $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$.



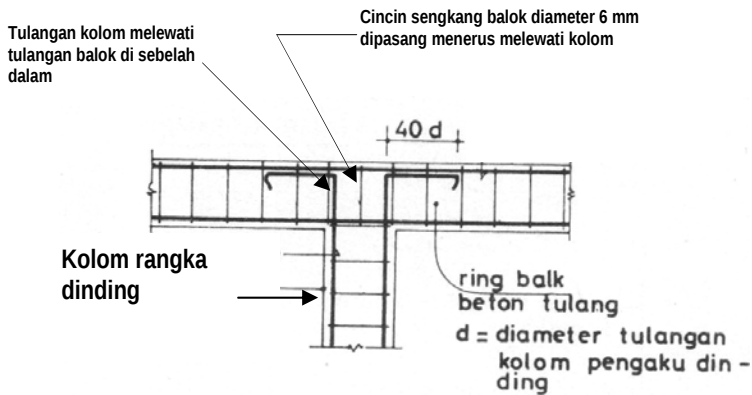
Gambar 67 Bangunan gedung konstruksi rangka sederhana beton bertulang dengan dinding pasangan

Balok lintel harus diikatkan ke kolom dengan detailing penulangan pada sambungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 68.



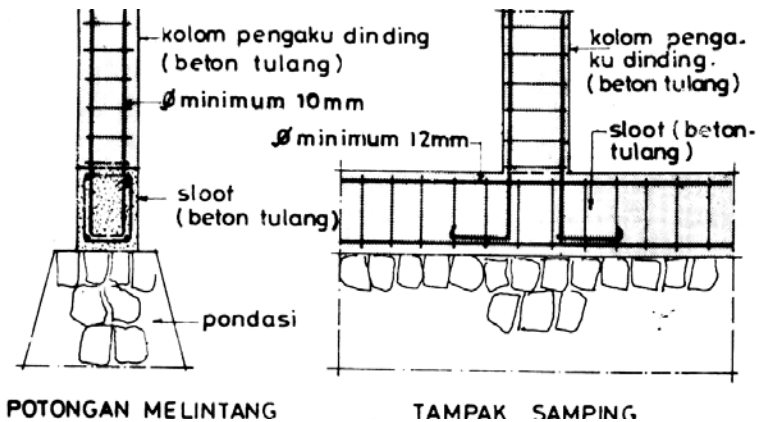
Gambar 68 Detail hubungan balok lintel dengan kolom tengah

Ring balok harus diikatkan pada kolom-kolom rangka dengan detailing sambungan seperti terlihat pada Gambar 69 berikut.

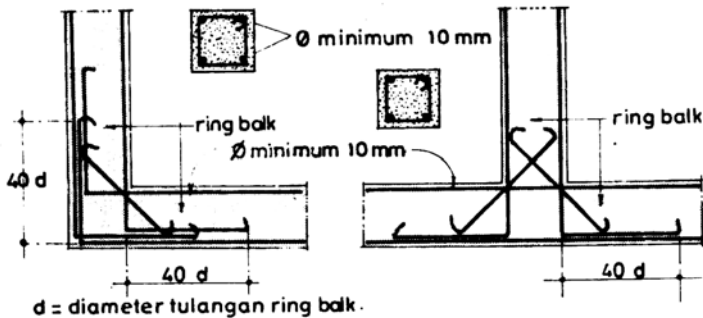


Gambar 69 Detail hubungan balok tengah dengan ring balok

Sambungan kolom dengan balok sloof, detail penulangan ditunjukkan pada Gambar 70.



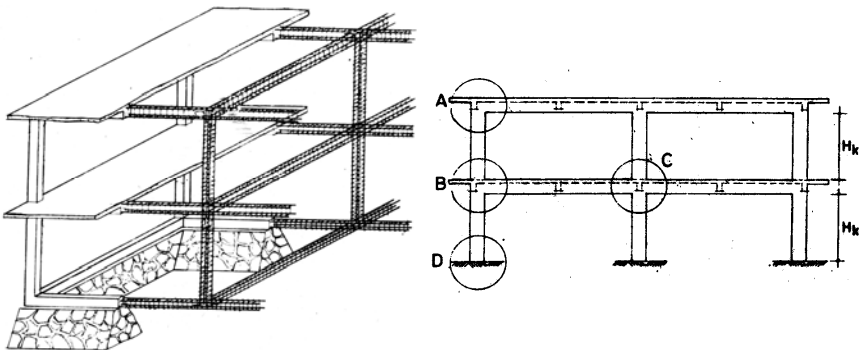
Gambar 70 Detail penulangan pertemuan balok sloof dengan kolom



Gambar 71 Detail penulangan pada pertemuan antar ring balk

3.3. Bangunan Gedung Bertingkat dengan Konstruksi Rangka Balok dan Kolom dari Beton Bertulang

Penempatan dan pengaturan tulangan, terutama pada sambungan-sambungan harus mendapat perhatian atau pengawasan khusus. Ujung-ujung tulangan harus dijangkarkan dengan baik. Gambar 72 merupakan contoh struktur beton bertulang untuk bangunan gedung bertingkat.



Gambar 72 Sistem struktur rangka pemikul beban dari beton bertulang

Gunakan kekuatan tekan beton minimum 175 kg/cm², dan kekuatan tarik baja 2400 kg/cm².

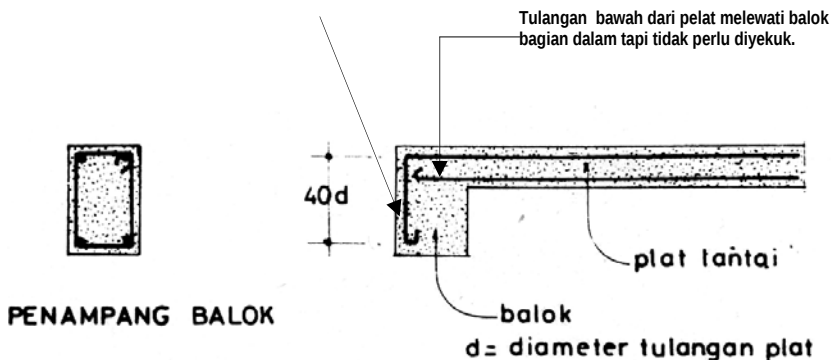
Diameter tulangan sengkang minimum baik untuk balok maupun kolom adalah $\varnothing$ 8 mm, jarak sengkang dan luas tulangan atas dan tulangan bawah dari balok dan plat harus dihitung berdasarkan peraturan yang berlaku, begitu juga untuk luas tulangan untuk kolomnya.

Pada setiap penampang balok dan kolom harus terpasang minimum empat batang besi tulang.

A. Hubungan Plat Lantai dengan Balok

Gambar 73 adalah detail hubungan plat lantai dengan balok, tulangan atas plat menerus melewati balok bagian dalam dan ditekuk ke bawah hingga $40d$ untuk mendapatkan panjang penyaluran, dimana d adalah diameter tulangan plat. Sedangkan tulangan plat bawah menerus ke dalam balok dan tidak perlu ditekuk.

Tulangan atas dari pelat melewati balok bagian dalam dan ditekuk kebawah hingga $40d$ sebagai panjang penyaluran

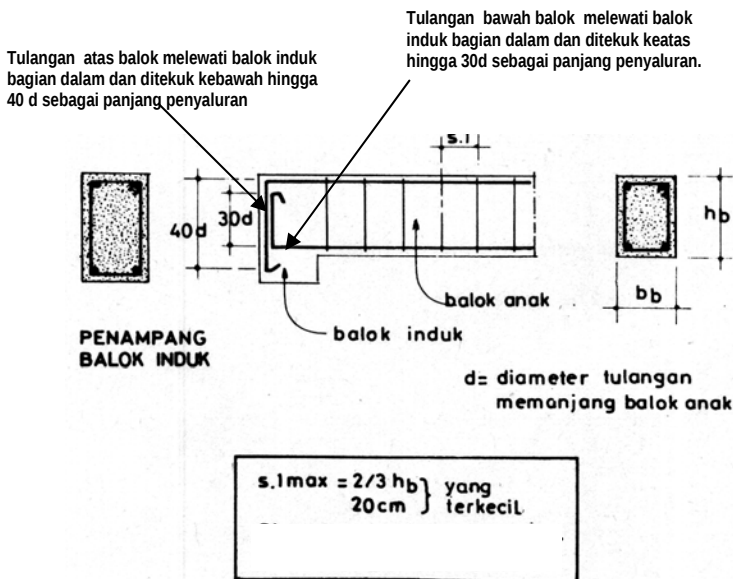


Gambar 73 Detail penulangan hubungan Pelat lantai dengan balok

B. Hubungan Balok Anak dan Balok Induk

Tulangan atas balok anak menerus melewati balok induk bagian dalam dan ditekuk ke bawah hingga $40d$ untuk mendapatkan panjang penyaluran, dimana d adalah diameter tulangan balok anak. Sedangkan tulangan bawah balok anak menerus ke dalam balok induk dan ditekuk keatas hingga $30d$ sebagai panjang penyalurannya.

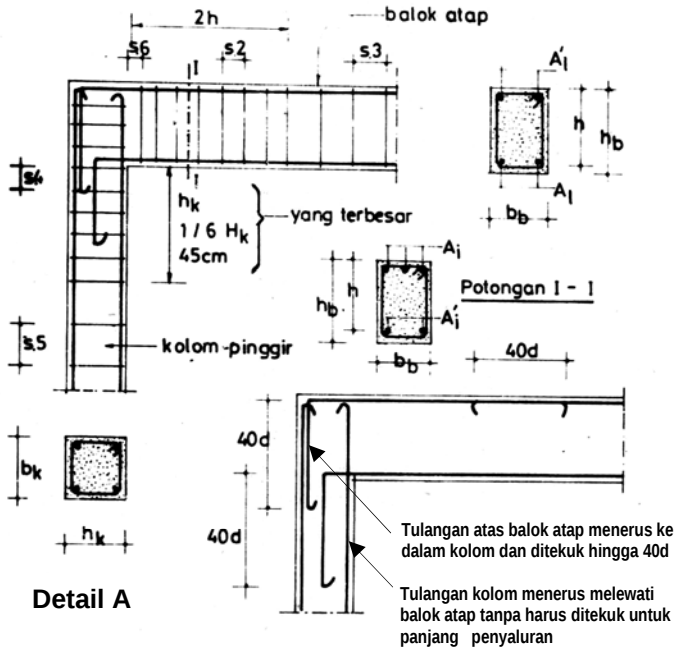
Jarak sengkang maksimum ($s.l$) untuk balok anak adalah $2/3$ tinggi balok atau 20 cm , ambil yang terkecil.



Gambar 74 Detail penulangan pada hubungan balok anak dengan balok induk

C. Hubungan Balok Atap dengan Kolom Pinggir (Detail A)

Tulangan atas balok atap menerus melewati kolom bagian dalam dan ditekuk kebawah hingga $40d$ untuk mendapatkan panjang penyaluran, dimana d adalah diameter tulangan balok atap. Sedangkan tulangan bawah balok atap menerus ke tengah kolom dan ditekuk ke bawah hingga $40d$ untuk panjang penyalurannya.



$s_2 \text{ maximum} = \frac{h}{4}$ $16d$ 15 cm	$\left. \begin{array}{l} \text{yang terkecil} \end{array} \right\}$	$A_i \text{ min.} = A'_i \text{ min.} =$ $\frac{14 b_b h}{\sigma_{au}}$
$(d = \text{diameter tulangan memanjang balok})$		$A_i \text{ min.} = \frac{14 b_b h}{\sigma_{au}}$
$s_3 \text{ maximum} = \frac{h}{2}$ 15 cm	$\left. \begin{array}{l} \text{yang terkecil} \end{array} \right\}$	$A'_i \text{ min.} = \frac{14 b_b h}{\sigma_{au}}$
$s_4 \text{ maximum} = 10 \text{ cm}$		$\left. \begin{array}{l} = 0,5 A_i \\ \text{yang terbesar} \end{array} \right\}$
$s_5 \text{ maximum} = \frac{b_k}{2}$ 20 cm	$(\sigma_{au} = \text{tegangan leleh baja tulangan} - \text{kg/cm}^2)$	
$s_6 \text{ maximum} = 7,5 \text{ cm}$		

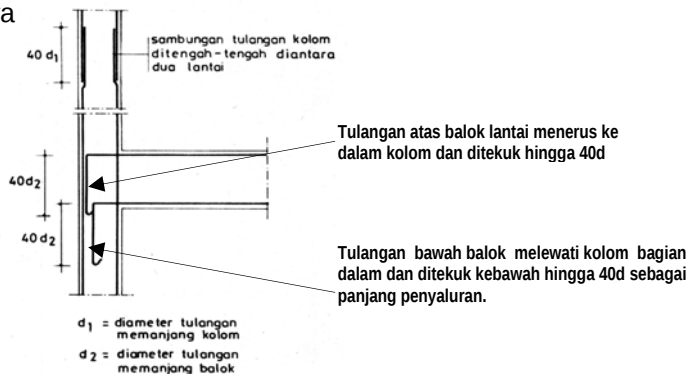
Gambar 75 Detail A, penulangan hubungan balok ujung atas (atap) dengan balok pinggir

Jarak sengkang maksimum balok anak di sepanjang 2 kali tinggi balok atap (S.2) dari muka kolom adalah $\frac{1}{4}$ tinggi balok anak atau 16 kali diameter tulangan balok atap atau 15 cm, ambil yang terkecil. Jarak sengkang maksimum balok atap di tengah bentang (S.3) adalah jarak terkecil dari $\frac{1}{2}$ tinggi balok atap atau 15 cm (lihat Gambar 75).

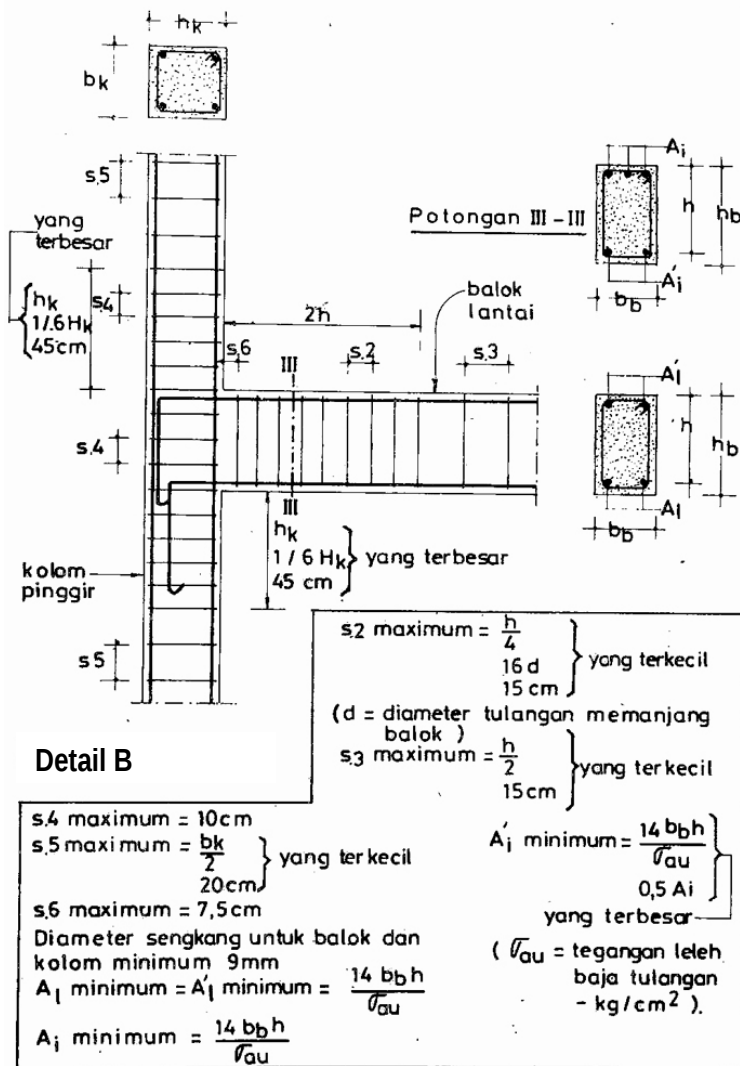
Sengkang kolom menerus hingga melewati ke dalam balok atap. Jarak sengkang (S.4) maksimum untuk kolom di sepanjang mulai dari atas balok atap sampai dengan $\frac{1}{6}$ kali tinggi kolom, atau 45 cm dari permukaan bagian bawah balok atap adalah 10 cm. Sedangkan jarak sengkang maksimum untuk kolom di bagian tengah (S.5) adalah $\frac{1}{2}$ lebar kolom atau 20 cm, ambil yang terkecil (lihat Gambar 75). Sengkang balok atap tidak menerus melewati kolom tapi berhenti di sejarak (S.6) maksimum 7,5 cm dari muka kolom (lihat Gambar 75). Panjang penyaluran pada sambungan besi tulangan pada kolom maupun balok adalah minimum 40 d, dengan d = diameter tulangan balok atau kolom. Sambungan besi harus ditempatkan pada $\frac{1}{4}$ bentang balok atau di setengah tinggi kolom.

D. Hubungan Balok Lantai dengan Kolom Pinggir (Detail B)

Gambar 76a dan 76b merupakan sketsa detail penulangan pada hubungan balok lantai dengan kolom pinggir. Ketentuan jarak sengkang, panjang penyaluran dan penempatan sambungan adalah sama dengan ketentuan yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya



Gambar 76a. Hubungan balok lantai dengan kolom



Gambar 76b. Detail B, penulangan hubungan balok lantai dengan kolom pinggir

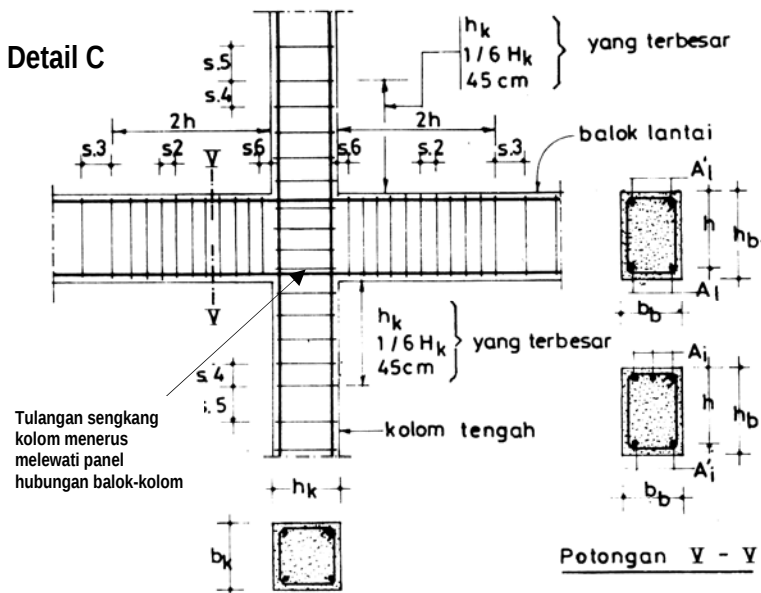
E. Hubungan Balok Lantai dengan Kolom Tengah (Detail C)

Tulangan memanjang atas pada balok di daerah sepanjang 2 kali tinggi balok dari muka kolom harus dipasang 3 batang tulangan, sedangkan ditengah bentang minimal 2 batang. Tulangan memanjang bawah pada balok harus dipasang minimal 2 batang di sepanjang bentang balok.

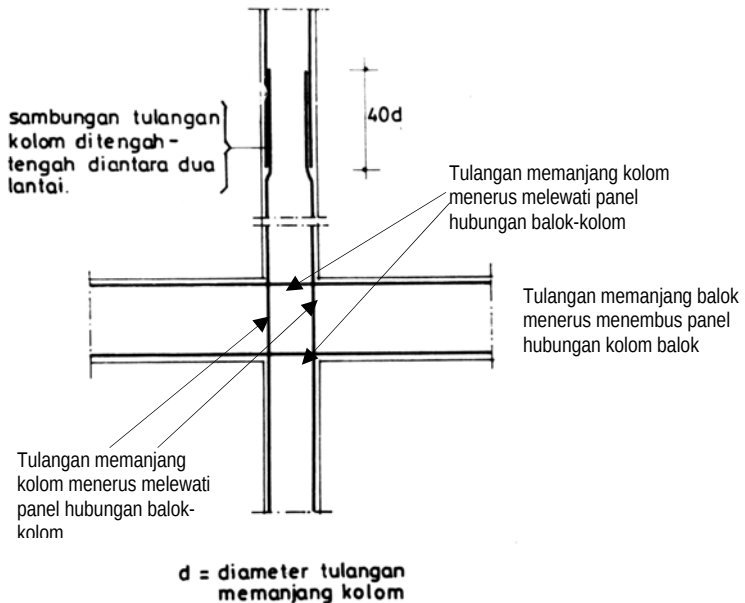
Tulangan memanjang pada kolom minimum 4 batang disepanjang ketinggian kolom.

Baik tulangan memanjang balok maupun kolom harus menerus dan saling melewati panel hubungan kolom dan balok.

Senggang pada kolom harus menerus melewati panel hubungan balok dan kolom.



Gambar 77 Detail C, penulangan pada hubungan balok lantai dengan kolom tengah



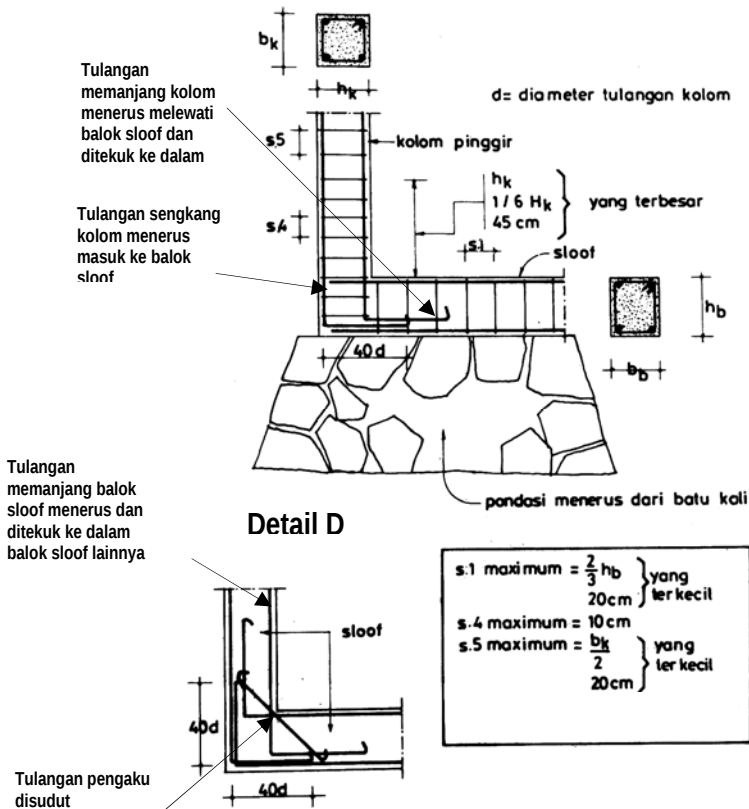
$s.2 \text{ maximum} = \frac{h}{4}$ $16d$ 15 cm	yang terkecil	Diameter sengkang untuk balok dan kolom minimum 9mm.
$(d = \text{diameter tulangan memanjang balok}).$		$A_i \text{ min.} = A'_i \text{ min.} = \frac{14 b_b h}{\sigma_{au}}$
$s.3 \text{ maximum} = \frac{h}{2}$ 15 cm	yang terkecil	$A_i \text{ min.} = \frac{14 b_b h}{\sigma_{au}}$
$s.4 \text{ maximum} = 10 \text{ cm}$		$A'_i \text{ min.} = \frac{14 b_b h}{\sigma_{au}}$
$s.5 \text{ maximum} = \frac{b_k}{2}$ 20 cm	yang terkecil	$0,5 A_i$
$s.6 \text{ maximum} = 7,5 \text{ cm}$		yang ter-besar (σ_{au} = tegangan leleh baja tulangan - k_a / cm^2 .)

Gambar 78 Detail penulangan pada hubungan balok lantai dengan kolom tengah (lanjutan)

F. Hubungan Pondasi Menerus Batu Kali dengan Kolom Sudut (Detail D)

Tulangan memanjang kolom harus menerus melewati balok sloof dan ditekuk ke dalam balok sloof hingga panjang 40 d untuk panjang penyaluran, dimana d adalah diameter tulangan memanjang kolom.

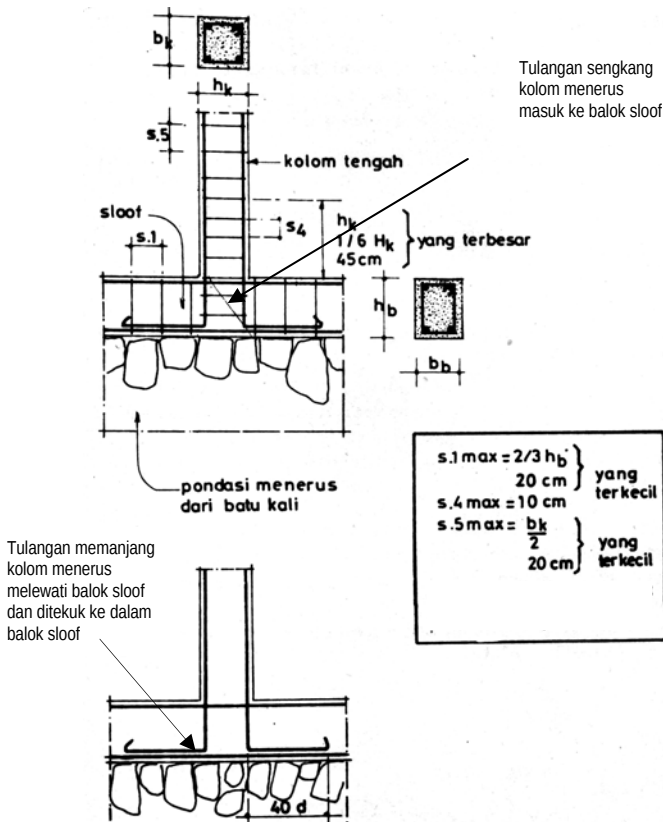
Tulangan memanjang balok sloof menerus melewati dan ditekuk ke balok sloof yang lainnya yang saling tegak lurus.



Gambar 79 Detail hubungan kolom dengan fondasi

G. Hubungan Pondasi Menerus Batu Kali dengan Kolom Tengah

Tulangan memanjang kolom menerus melewati balok sloof dan ditekuk ke dalam balok sloof di sebelah kiri dan kanan kolom (panjang penyaluran sama dengan ketentuan sebelumnya). Balok sloof dengan pondasi dihubungkan dengan angker dari besi dengan diameter 12 mm, dan dipasang pada setiap 1,5 m.

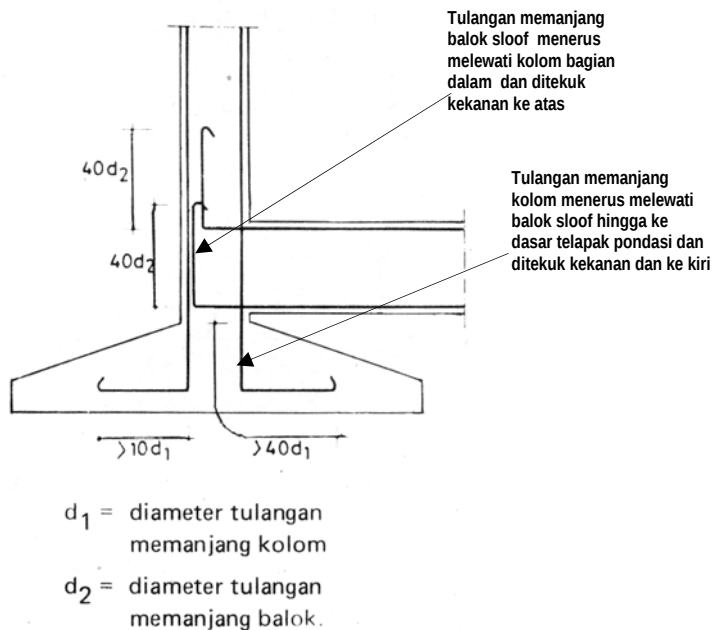


Gambar 80 Detail penulangan pada hubungan kolom tengah dengan sloof

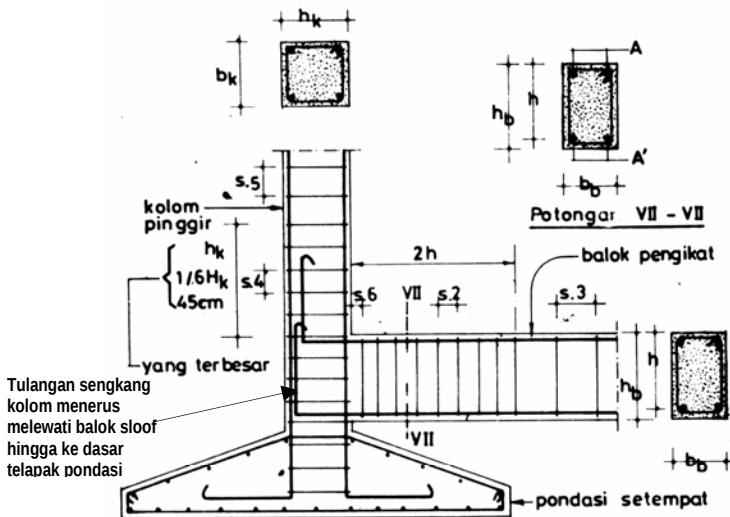
H. Hubungan Kolom, Balok Sloof/Balok Pengikat dengan Pondasi Setempat dari Beton Bertulang

Tulangan memanjang balok sloof menerus melewati kolom dan ditekuk ke atas. Tulangan memanjang kolom menerus masuk ke pondasi setempat dan ditekuk ke kanan dan ke kiri di dalam telapak pondasi.

Tulangan sengkang kolom melewati balok sloof dengan jarak sengkang seperti terlihat pada Gambar 81 di bawah ini



**Gambar 81 Detail penulangan pada hubungan balok pengikat/sloof dengan kolom
(alternatif jika digunakan fondasi setempat)**



$s.2 \text{ maximum} = \frac{h}{4}$ $16d$ 15 cm	} yang terkecil	Diameter sengkang untuk kolom dan balok pengikat minimum 9mm $A_{\min} = A'_{\min} = \frac{14 b_b h}{\sigma_{au}}$ (σ_{au} = tegangan leleh baja tulangan - kg / cm ²).
(d = diameter tulangan memanjang balok) $s.3 \text{ maximum} = \frac{h}{2}$ 15 cm		
$s.4 \text{ maximum} = 10 \text{ cm}$	} yang terkecil	
$s.5 \text{ maximum} = \frac{b_k}{2}$ 20 cm		
$s.6 \text{ maximum} = 7,5 \text{ cm}$	} yang terkecil	

Gambar 82 Detail penulangan pada hubungan balok pengikat/sloof dengan kolom (lanjutan)

METODE PERBAIKAN**4.3 Kategori Kerusakan****4.1.1 Kerusakan Ringan Non-Struktur**

Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan nonstruktur apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :

- a. retak halus (lebar celah lebih kecil dari 0,075 cm) pada plesteran
- b. serpihan plesteran berjatuhan
- c. mencakup luas yang terbatas

Tindakan yang perlu dilakukan adalah perbaikan (repair) secara arsitektur tanpa mengosongkan bangunan.

4.1.2 Kerusakan Ringan Struktur

Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan struktur tingkat ringan apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :

- a. retak kecil (lebar celah antara 0,075 hingga 0,6 cm) pada dinding.
- b. plester berjatuhan.
- c. mencakup luas yang besar.
- d. kerusakan bagian-bagian nonstruktur seperti cerobong, lisplang, dsb.
- e. kemampuan struktur untuk memikul beban tidak banyak berkurang.
- f. Laik fungsi/huni

Tindakan yang perlu dilakukan adalah perbaikan (repair) yang bersifat arsitektur agar daya tahan bangunan tetap terpelihara. Perbaikan dengan kerusakan ringan pada struktur dapat dilakukan tanpa mengosongkan bangunan.

4.1.3 Kerusakan Struktur Tingkat Sedang

Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan struktur tingkat sedang apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :

- a. retak besar (lebar celah lebih besar dari 0,6 cm) pada dinding;
- b. retak menyebar luas di banyak tempat, seperti pada dinding pemikul beban, kolom; cerobong miring; dan runtuh;
- c. kemampuan struktur untuk memikul beban sudah berkurang sebagian;
- d. laik fungsi/huni.

Tindakan yang perlu dilakukan adalah :

- a. restorasi bagian struktur dan perkuatan (strenghtening) untuk menahan beban gempa;
- b. perbaikan (repair) secara arsitektur;
- c. bangunan dikosongkan dan dapat dihuni kembali setelah proses restorasi selesai.

4.1.4 Kerusakan Struktur Tingkat Berat

Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan struktur tingkat berat apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :

- a. dinding pemikul beban terbelah dan runtuh;
- b. bangunan terpisah akibat kegagalan unsur-unsur pengikat;
- c. kira-kira 50% elemen utama mengalami kerusakan;
- d. tidak laik fungsi/huni.

Tindakan yang perlu dilakukan adalah merubuhkan bangunan. Atau dilakukan restorasi dan perkuatan secara menyeluruh sebelum bangunan dihuni kembali. Dalam kondisi kerusakan seperti ini, bangunan menjadi sangat berbahaya sehingga harus dikosongkan

4.1.5 Kerusakan Total

Suatu bangunan dikategorikan sebagai rusak total / roboh apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :

- a. Bangunan roboh seluruhnya (> 65%)
- b. Sebagian besar komponen utama struktur rusak
- c. Tidak laik fungsi/ huni

Tindakan yang perlu dilakukan adalah merubuhkan bangunan, membersihkan lokasi, dan mendirikan bangunan baru.

4.2 Jenis Perbaikan

Perbaikan bangunan pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga jenis :

1. Perbaikan Arsitektur (Repair)
2. Restorasi (Restoration)
3. Perkuatan (Strengthening)

4.2.1 Perbaikan Arsitektur

Tujuannya adalah mengembalikan bentuk arsitektur bangunan agar semua perlengkapan/peralatan dapat berfungsi kembali.

Tindakan-tindakan yang termasuk jenis ini :

1. Menambal retak-retak pada tembok, plesteran, dll.
2. Memperbaiki pintu-pintu, jendela-jendela, mengganti kaca, dll.
3. Memperbaiki kabel-kabel listrik.
4. Memperbaiki pipa-pipa air, pipa gas, saluran pembuangan.
5. Membangun kembali dinding-dinding pemisah, cerobong, pagar, dll.
6. Memplester kembali dinding-dinding
7. Mengatur kembali genteng-genteng.
8. Mengecat ulang, dll.

4.2.2 Restorasi (Restoration)

Tujuannya melakukan perbaikan pada elemen-elemen struktur penahan beban.

Tindakan-tindakan yang termasuk jenis ini :

1. Menginjeksikan air semen atau bahan-bahan epoxy (bila ada) ke dalam retak-retak kecil yang terjadi pada dinding pemikul beban, balok, maupun kolom. Retak kecil adalah retak yang mempunyai lebar celah antara 0,075 cm dan 0,6 cm.
2. Penambahan jaringan tulangan pada dinding pemikul, balok, maupun kolom yang mengalami retak besar kemudian diplester kembali. Retak besar adalah retak yang mempunyai lebar celah lebih besar dari 0,6 cm.
3. Membongkar bagian-bagian dinding yang terbelah dan menggantikannya dengan dinding baru dengan spesi yang lebih kuat dan dijangkar pada portal.

4.2.3 Perkuatan (Strengthening)

Tujuannya meningkatkan kekuatan struktur dibandingkan dengan kekuatan semula. Tindakan-tindakan yang termasuk jenis ini :

1. Menambah daya tahan terhadap beban lateral dengan jalan menambah dinding, menambah kolom, dll.
2. Menjadikan bangunan sebagai satu kesatuan dengan jalan mengikat semua unsur penahan beban satu dengan lainnya.
3. Menghilangkan sumber-sumber kelemahan atau yang dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan di bagian-bagian tertentu :
 - a. Penyebaran letak kolom yang tidak simetris.
 - b. Penyebaran letak dinding yang tidak simetris.
 - c. Beda kekakuan yang menyolok antara lantai yang satu dengan yang lainnya.
 - d. Bukaan-bukaan yang berlebihan.

4. Menghindarkan terjadinya kehancuran getas dengan cara memasang tulangan sesuai dengan detail-detail untuk mencapai daktilitas yang cukup.

4.3. Teknik Restorasi

4.3.1 Teknik Restorasi Pada Dinding

1. Pengisian bagian yang retak (tidak dalam) dengan adukan semen.
2. Jaringan kawat ayam pada bagian yang retak (dalam)

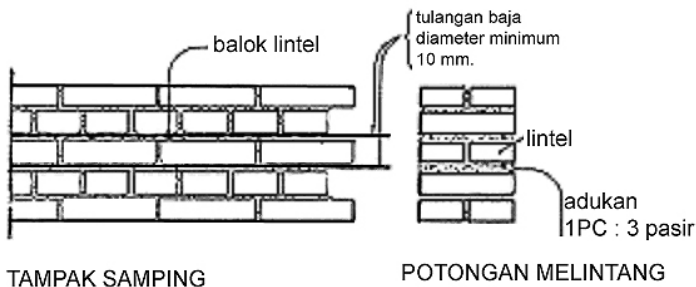
4.3.2 Teknik Restorasi pada Kolom

1. Untuk kolom yang mengalami retak sedang, bagian yang rusak dibobok dan dibersihkan, setelah itu dicor kembali.
2. Untuk kolom yang rusak berat, yaitu kolom yang berkurang kekuatannya berdasarkan pengamatan dan perhitungan, bagian yang rusak dibobok dan setelah itu (kalau perlu) kolom dibungkus dengan tambahan tulangan baru dan sengkang, kemudian dicor kembali.

4.4 TEKNIK PERKUATAN

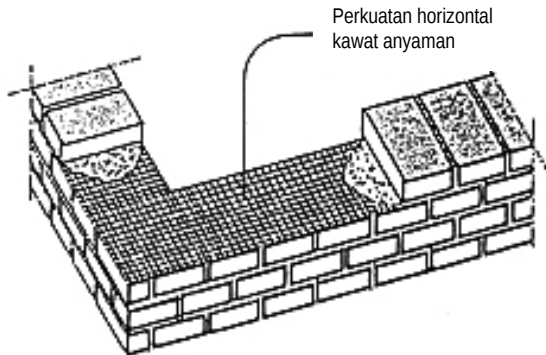
4.4.1 Teknik Perkuatan Bangunan Tembok

1. Perkuatan dengan tulangan



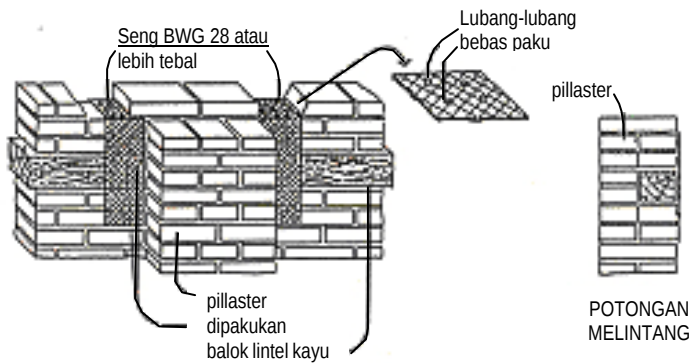
Gb. 83 Perkuatan dengan tulangan

2. Perkuatan dengan anyaman



Gb. 84 Perkuatan dengan anyaman

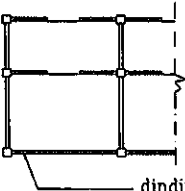
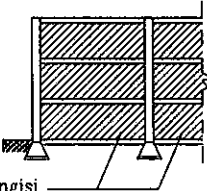
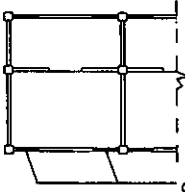
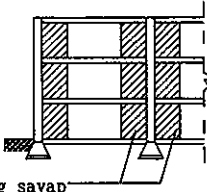
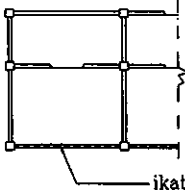
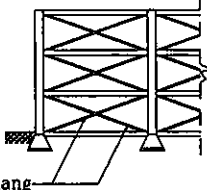
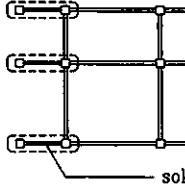
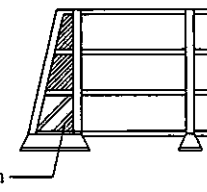
3. Perkuatan dengan seng tebal yang diberi lubang paku seperti parutan



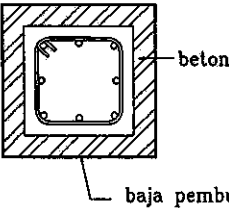
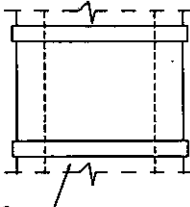
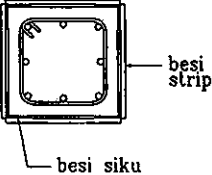
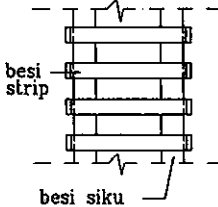
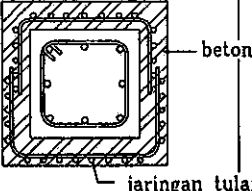
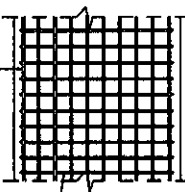
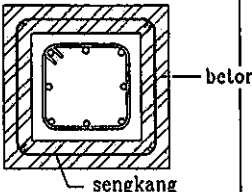
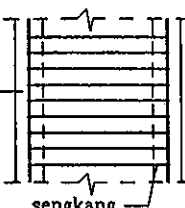
Gb. 85 Perkuatan dengan seng tebal

4.4.2 Teknik-Teknik Perkuatan Konstruksi Beton Bertulang

a. Teknik untuk Meningkatkan Kekuatan

TEKNIK UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN			
no	PERKUATAN	denah	potongan
1	dengan DINDING PENGISI		
2	dengan DINDING SAYAP		
3	dengan IKATAN SILANG		
4	dengan SOKONGAN		

b. Teknik untuk Meningkatkan Daktililitas

TEKNIK UNTUK MENINGKATKAN DAKTILITAS			
no	PERKUATAN	denah	tampak/potongan
1	dengan PEMBUNGKUS PLAT BAJA		
2	dengan BESI STRIP DAN PLAT BAJA		
3	dengan JARINGAN TULANGAN		
4	dengan SENGKANG YANG RAPAT		

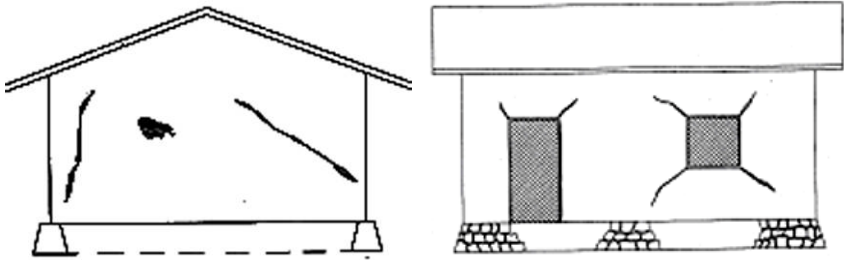
4.5. Metode Perbaikan Struktur

Pada bagian ini diberikan metode perbaikan kerusakan struktural dan nonstruktural dari rumah yang rusak akibat guncangan gempa bumi. Metode kerusakan diberikan sesuai dengan tipe kerusakan yang sering terjadi pada rumah tinggal yang rusak akibat gempa menurut hasil penelitian lapangan.

4.5.1 Tipe kerusakan

Dari hasil pengamatan kerusakan yang dilakukan selama berapa tahun pada bangunan rumah tinggal, maka dapat dikelompokkan kerusakan menjadi 9 tipe, yaitu;

- a. tipe kerusakan dinding akibat beban tegak lurus bidang dinding,
- b. tipe dinding retak pada setiap sudut bukaan,
- c. tipe dinding terpisah pada sudut dan pertemuan,
- d. tipe dinding hancur pada pertemuan sudut,
- e. tipe dinding terpisah pada sudut dan pertemuan,
- f. tipe retak diagonal pada dinding yang terjadi melalui siar,
- g. tipe retak diagonal pada dinding yang terjadi melalui siar,
- h. tipe retak diagonal pada dinding yang terjadi melalui unsur penyusunnya (bata atau batako),
- i. tipe rangka atap lepas dari dudukannya,
- j. tipe kegagalan pada pertemuan balok dan kolom beton bertulang, tipe mutu bahan dan mutu pengerjaan yang buruk.



Gambar 86 Tipe kerusakan ringan pada dinding dan bukaan pintu/jendela

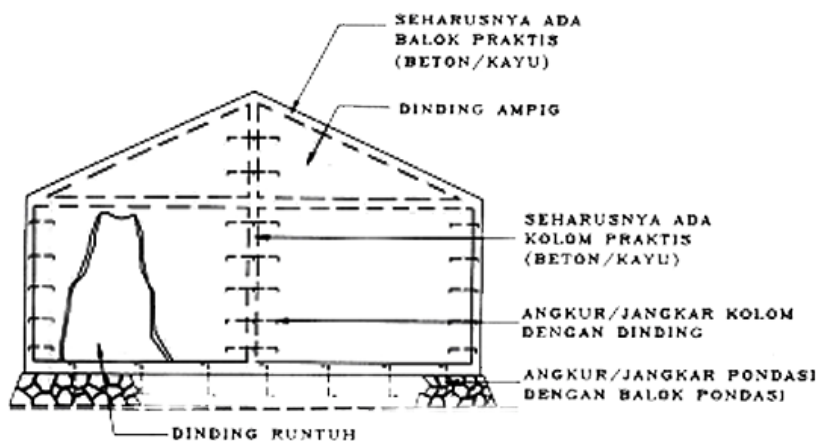
4.5.2 Sebab-Sebab Kerusakan

Kerusakan pada bangunan dengan konstruksi pasangan tanpa perkuatan pada umumnya disebabkan oleh:

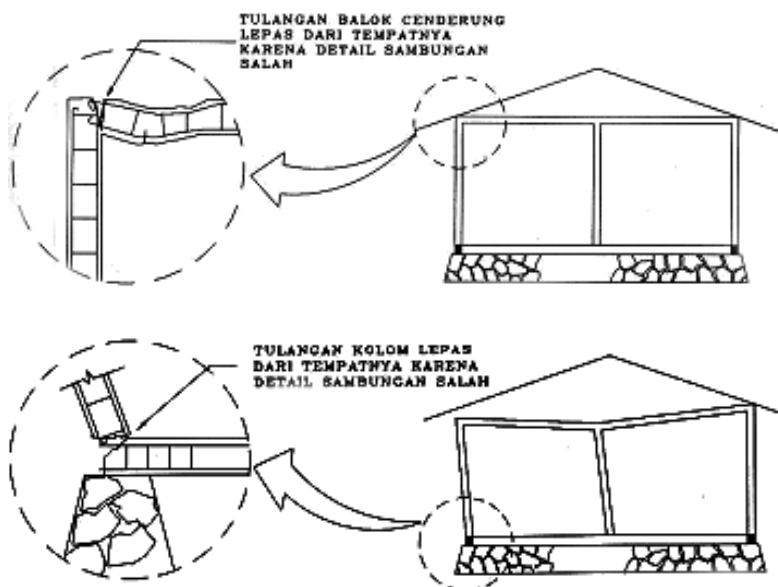
- a. Bangunan relatif berat
- b. Bangunan tidak daktil
- c. Bangunan tidak kuat menahan tarikan yang terjadi akibat gaya gempa yang bekerja di arah tegak lurus bidang dinding.

Kerusakan pada bangunan dengan konstruksi pasangan dengan perkuatan pada umumnya disebabkan oleh:

- a. Tidak ada angkur untuk mengikat antara dinding dengan elemen perkuatannya (kolom dan balok).
- b. Tidak ada elemen perkuatan untuk bidang dinding yang luasnya $\geq 6\text{m}^2$.
- c. Detail penulangan yang tidak benar pada pertemuan elemen-elemen perkuatan.
- d. Mutu beton dari konstruksi rangka balok dan kolom sangat rendah.
- e. Diameter dan total luas penampang tulangan yang dipasang terlalu kecil, jarak antar sengkang yang dipasang terlalu besar.



Gambar 87 Tipe kerusakan dinding runtuh karena tidak ada angkur



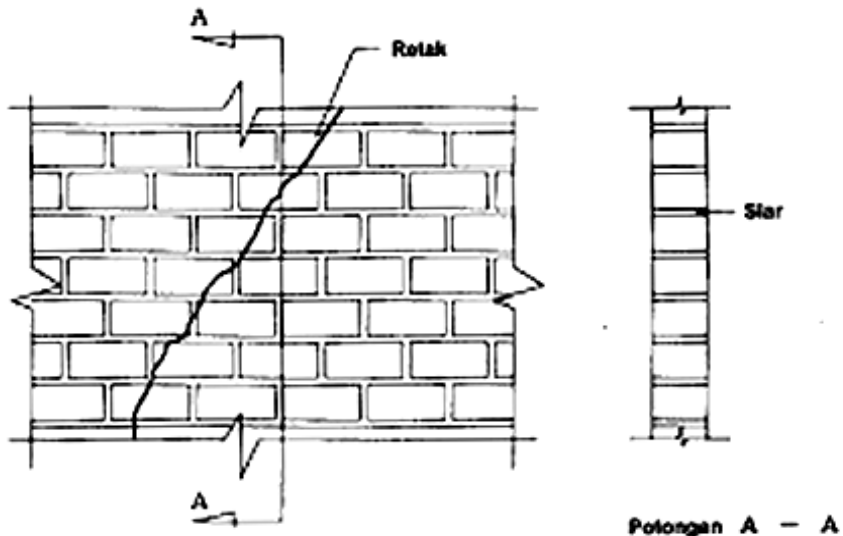
Gambar 88 Tipe kerusakan struktur rangka beton bertulang yang diakibatkan oleh detail penulangan yang tidak baik

4.5.3 Metode Perbaikan dan Perkuatan

a. Perbaikan dinding retak diagonal dan dinding retak pada sudut bukaan-bukaan

Untuk retak kecil (retak dengan lebar celah antara 0,075 cm dan 0,6 cm):

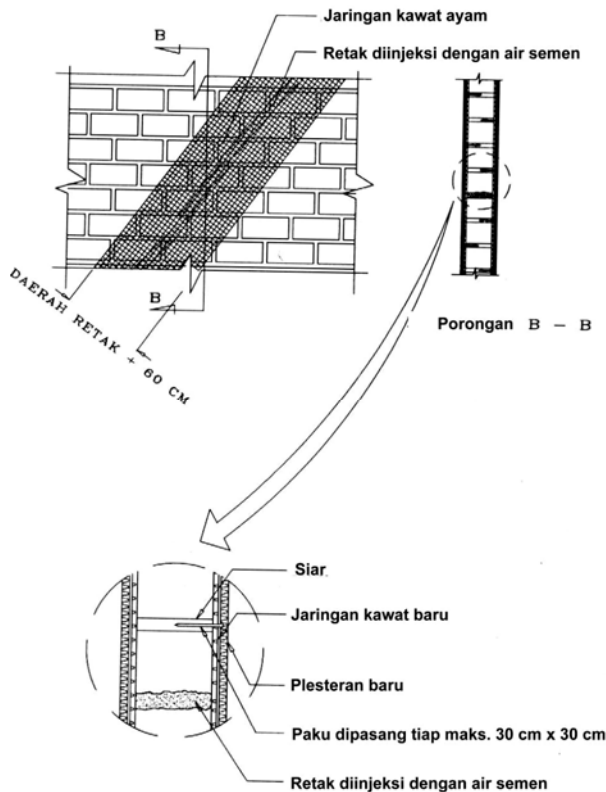
- Plesteran lama di sekitar retak dikupas lalu retak tersebut diisi dengan air semen.
- Setelah celah rapat dinding diplester kembali dengan campuran spesi 1 semen : 3 pasir.



Gambar 89 Perbaikan retak pada dinding dengan lebar 0,075 cm – 0,6 cm

Untuk retak yang besar (retak yang mempunyai lebar celah lebih besar dari 0,6 cm):

- Plesteran lama di sekitar retak dikupas lalu retak tersebut diisi dengan air semen
- Setelah celah rapat, pada bagian bekas retakan dipasang kawat anyaman yang dipaku kuat.
- Dinding diplester kembali dengan campuran spesi 1 semen : 3 pasir

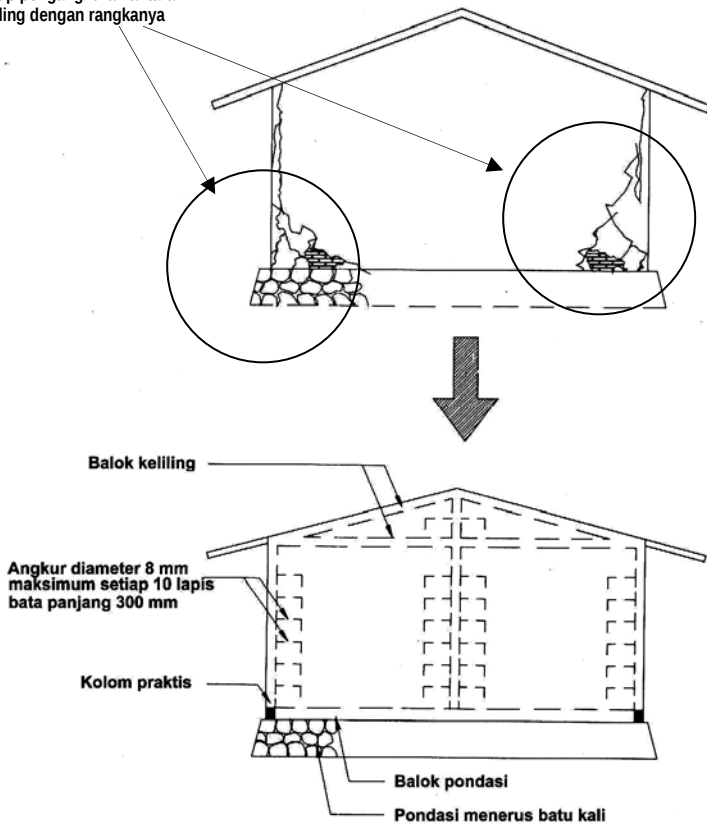


Gambar 90 Perbaikan retak pada dinding dengan lebar $> 0,6$ cm

a. Perbaikan dan perkuatan dinding hancur

Dibuat balok pondasi, balok keliling dan kolom praktis lengkap dengan angkur-angkur setiap 10 lapis bata ke dinding baru. Panjang angkur minimum 30 cm.

Dinding hancur karena tidak cukup pengangkuran antara dinding dengan rangkanya



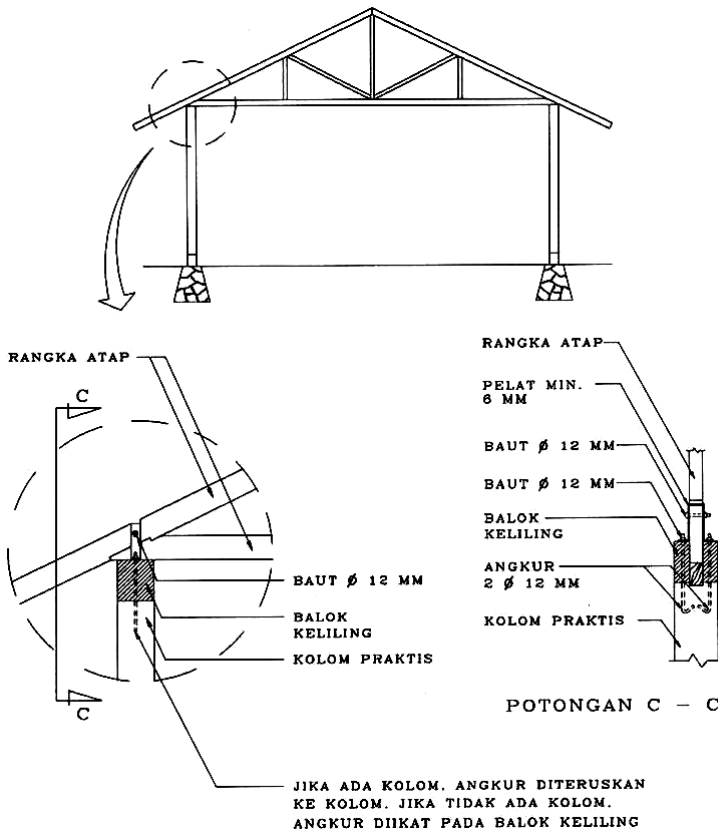
Gambar 91 Perbaikan pada dinding yang hancur

b. Perbaiki rangka atap yang lepas dari dudukannya

Jika kolom tempat tumpuan kuda-kuda tidak roboh, hanya sambungan saja yang terlepas, kuda-kuda diangkur ke kolom atau balok keliling dengan baik.

Bila kolom tempat bertumpunya kuda-kuda roboh:

- Buat kolom baru lengkap dengan angkur untuk ke dinding dan diikat ke balok keliling serta balok pondasi dengan baik.
- Ikat kuda-kuda dengan kolom seperti pada Gambar berikut.

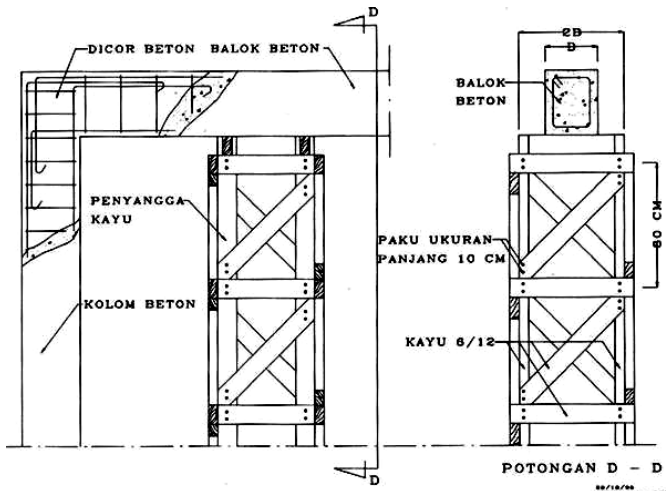


Gambar 92 Perbaiki kuda-kuda lepas dari dudukannya

c. Perbaikan pada pertemuan balok dan kolom praktis

Langkah-langkah perbaikan sebagai berikut:

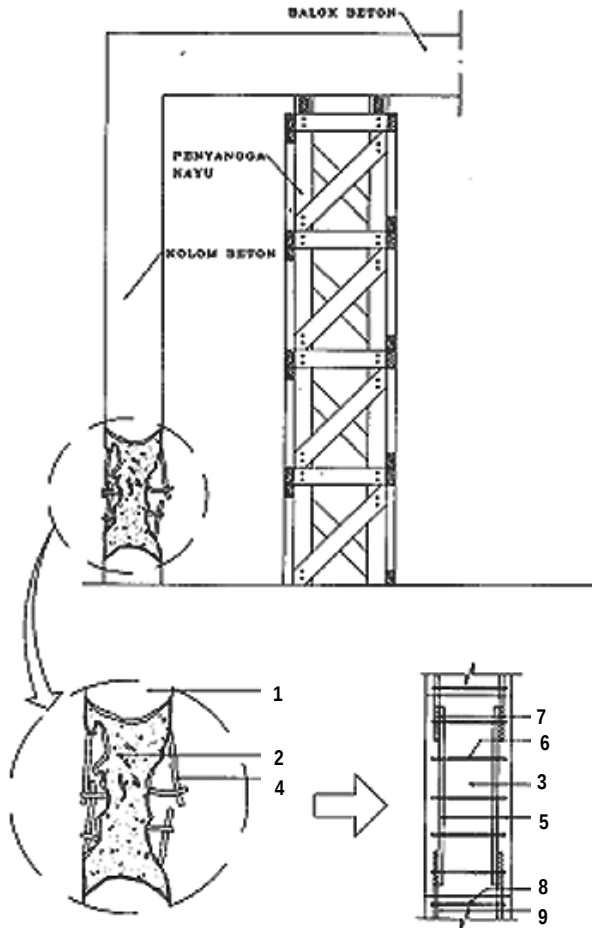
- Balok praktis harus ditunjang terlebih dulu dengan perancah /rangka dari kayu balok 5/10 cm seperti Gambar.
- Beton yang mengalami retak-retak dibongkar sedemikian rupa sehingga tulangan pada balok dan kolom terlihat bebas.
- Tulangan memanjang pada balok dan kolom yang mengalami tekuk/bengkok, dirapihkan dan atau dipotong dan diganti dengan yang baru.
- Penyambungan tulangan memanjang yang lama dan yang baru harus memperhatikan ketentuan panjang penyaluran yaitu $40d$ (d = diameter tulangan memanjang).
- Tulangan sengkang yang rusak pada balok dan kolom diganti dengan yang baru yang memiliki kekuatan tarik sama dengan yang terpasang.
- Permukaan beton dan besi tulangan dibersihkan dari debu yang mengganggu kelekatan beton lama dan baru.
- Pasang bekisting bisa dari papan 2/20 atau multiplek.
- Lakukan cor beton baru dengan mutu yang sama dengan mutu beton lama atau campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil.



Gambar 93 Balok ditunjang dengan rangka kayu

d. Perbaiki kolom praktis yang rusak

Balok ditunjang terlebih dulu dengan menggunakan perancah dari kayu, kemudian lakukan seperti prosedur butir c di atas.



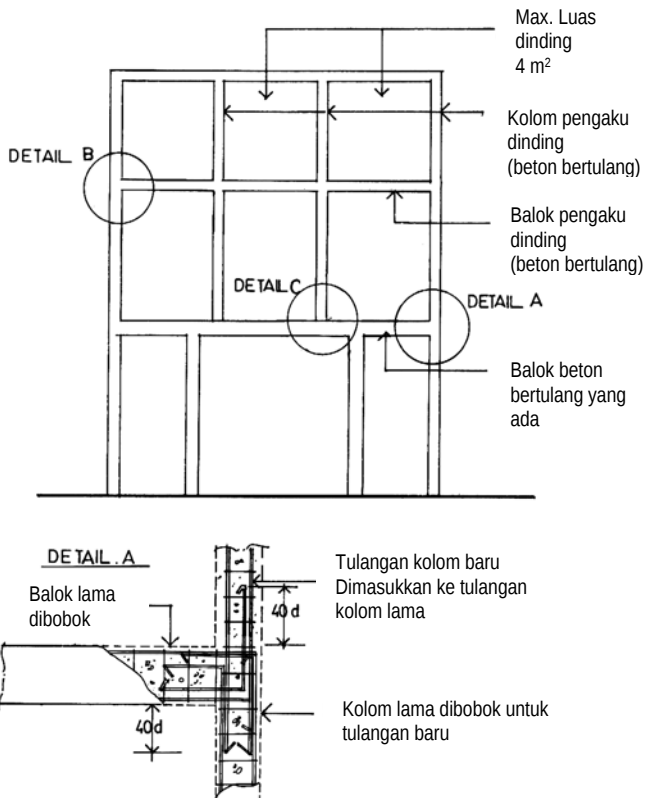
- | | |
|--|------------------|
| 1. Beton lama yang tidak rusak | 6. Sengkang baru |
| 2. Beton lama yang rusak | 7. Dilas |
| 3. Beton baru | 8. Sengkang lama |
| 4. Tulangan yang mengalami tekuk/putus | 9. Tulangan lama |
| 5. Tulangan baru | |

Gambar 94 Perbaikan kolom praktis yang rusak

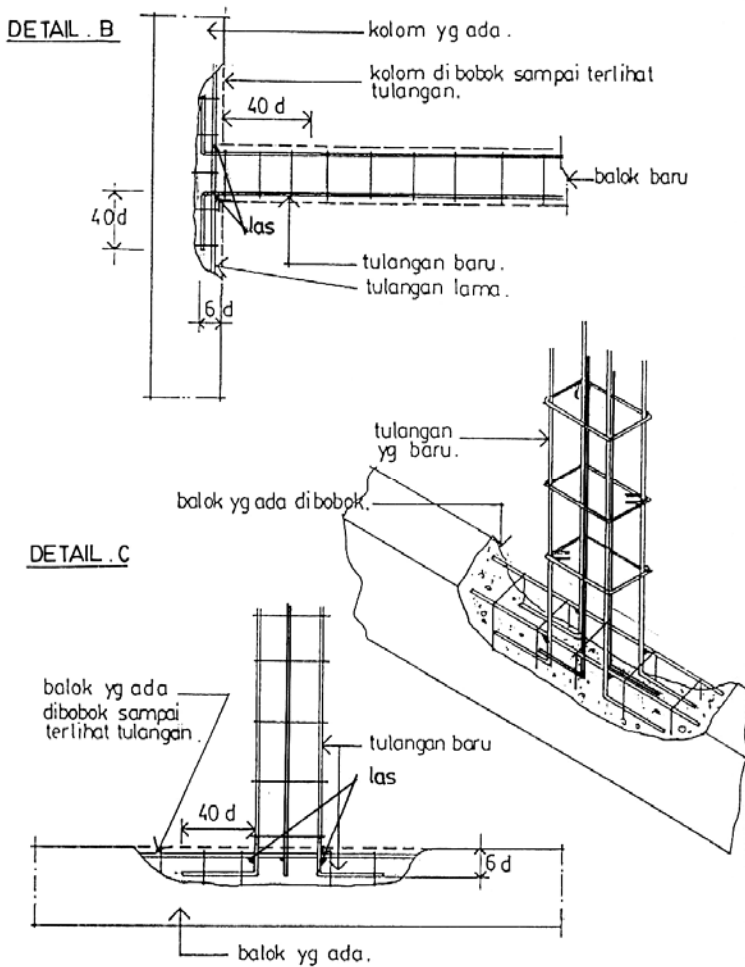
e. Penambahan balok baru pada kolom terpasang dan penambahan kolom baru pada balok terpasang

Bobok kolom yang telah terpasang (kolom lama) sampai dengan kedalaman $6d$ (d = diameter tulangan memanjang balok), dan bersihkan dari debu yang akan mengganggu melekatnya beton lama dengan yang baru.

Buat perancah dari kayu untuk menunjang pemasangan tulangan balok baru dengan ketinggian sesuai rencana.



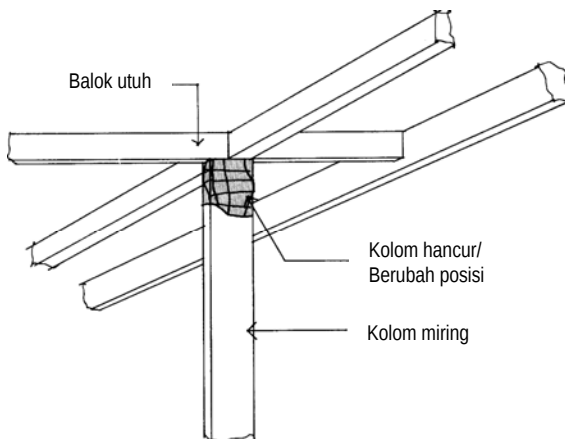
Gambar 95 Rencana penempatan kolom dan balok baru



Gambar 96 Pemasangan tulangan balok dan kolom baru

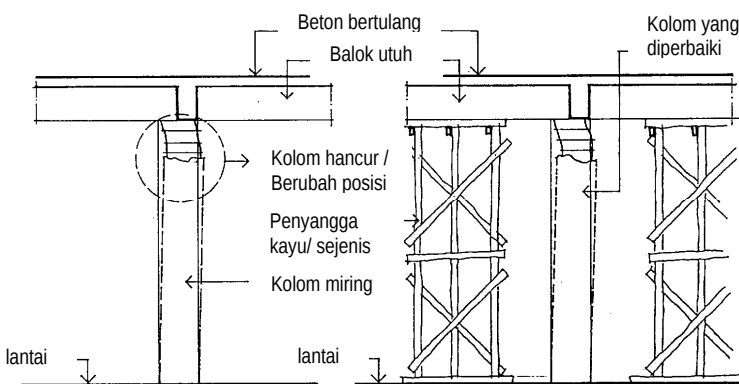
f. Perbaikan pada kolom struktural yang rusak di bagian atas

Gambar 97 merupakan ilustrasi dari kolom yang rusak akibat gaya lateral.



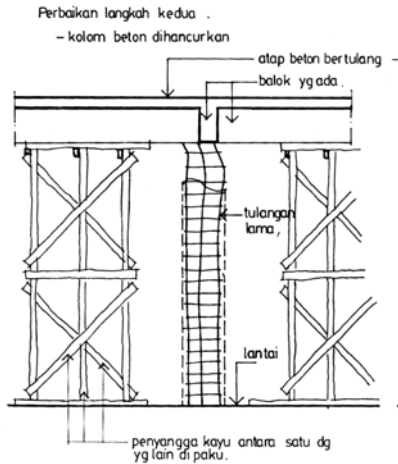
Gambar 97 Ilustrasi Kolom Struktural yang rusak

Balok yang berada diantara kolom yang akan diperbaiki di tunjang dengan menggunakan perancah.



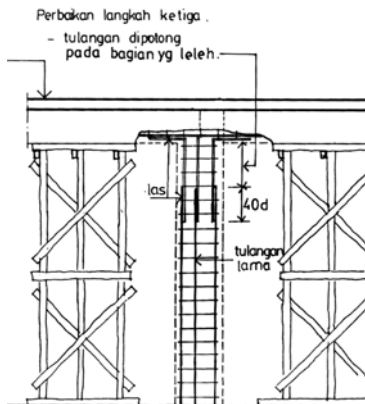
Gambar 98 Langkah perbaikan tahap pertama

Beton pada kolom dibongkar seluruhnya sehingga yang tersisa hanya tulangannya saja.



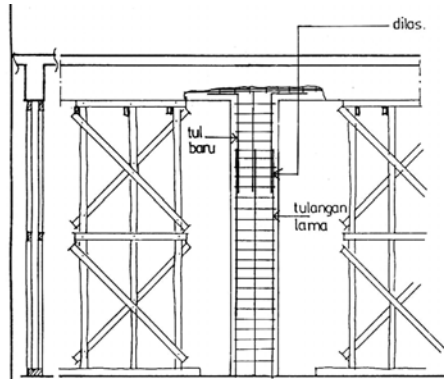
Gambar 99 Langkah perbaikan tahap kedua

Tulangan yang bengkok dirapihkan kembali dan yang telah leleh diganti dengan yang baru. Tulangan sengkang dirapihkan dengan jarak sesuai dengan aslinya dan yang rusak/putus diganti dengan yang baru.



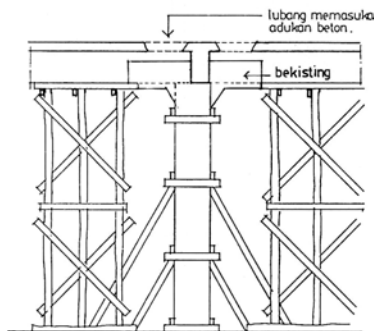
Gambar 100 Langkah perbaikan tahap ke tiga

Pemasangan tulangan baru, tulangan yang leleh dipotong dan ganti dengan yang baru dengan diameter dan kekuatan tarik yang sama seperti aslinya.



Gambar 101 Langkah perbaikan ke empat

Pasang bekisting dan kolom di cor kembali dengan adukan beton baru yang memiliki kekuatan tekan yang sama dengan aslinya.

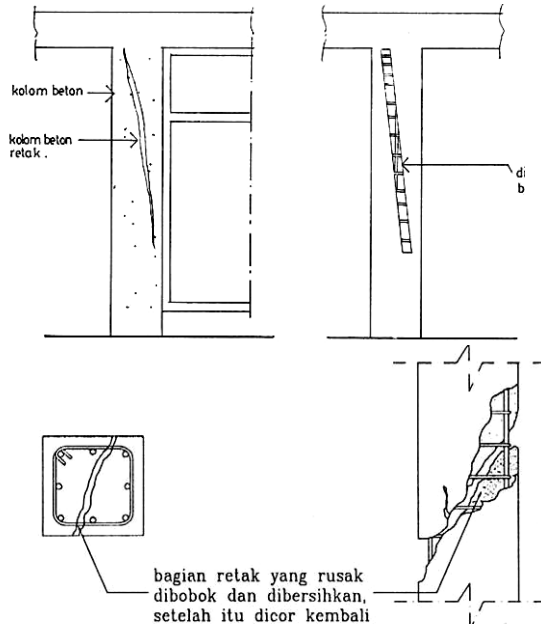


Gambar 102 Langkah perbaikan ke lima

g. Perbaikan kolom struktural yang retak akibat kegagalan geser

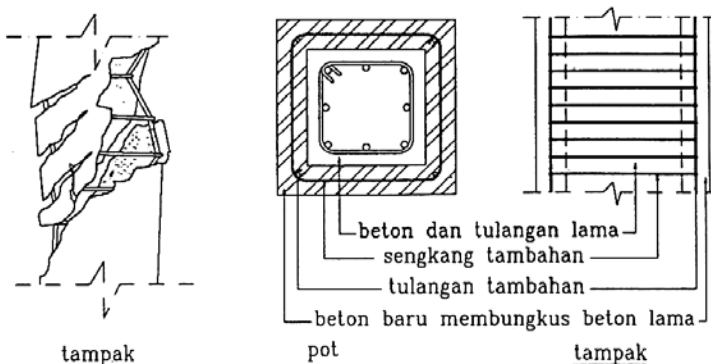
Apabila tulangan memanjang tidak mengalami melengkung atau leleh, maka perbaikan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Bongkar seluruh selimut beton pada kolom.
2. Bersihkan permukaan kolom setelah dihilangkan selimut betonnya dari debu dengan menggunakan sikat kawat dan disemprot dengan kompresor.
3. Perbaiki jarak sengkang (tambah sengkang baru bila perlu).
4. Pasang bekisting dan cor kolom tersebut dengan adukan beton baru yang memiliki kekuatan tekan yang sama dengan aslinya.



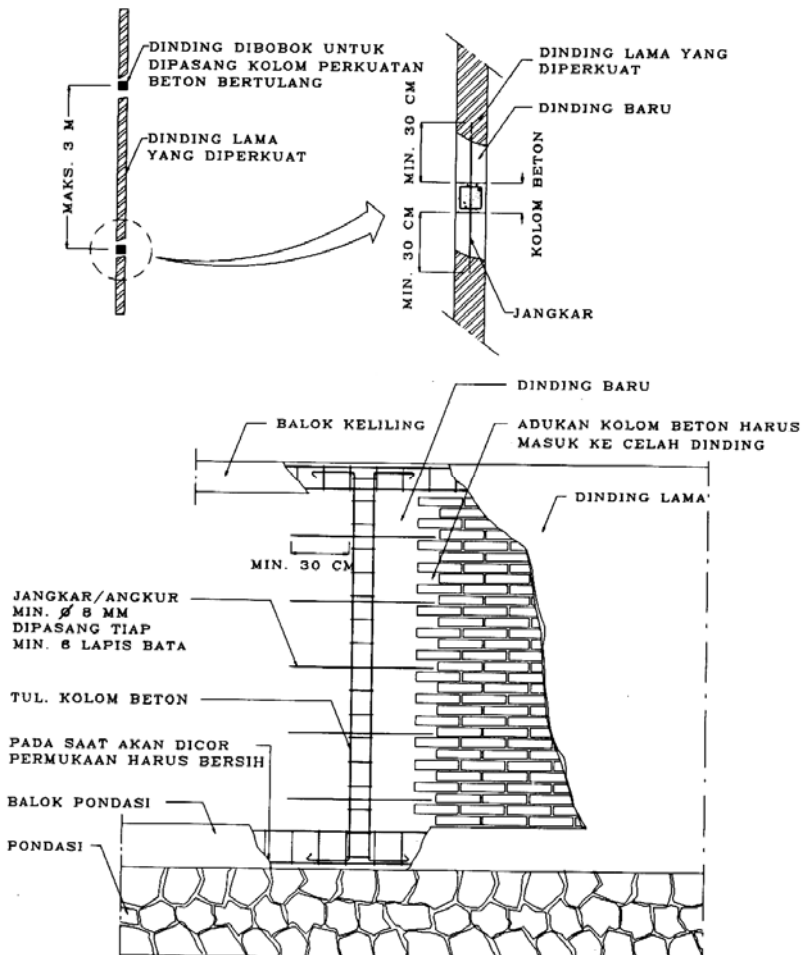
Gambar 103 Metoda perbaikan kolom beton yang retak

Apabila tulangan memanjang kolom mengalami melengkung dan leleh, maka lakukan langkah-langkah perbaikan seperti butir 6 dari poin ini.



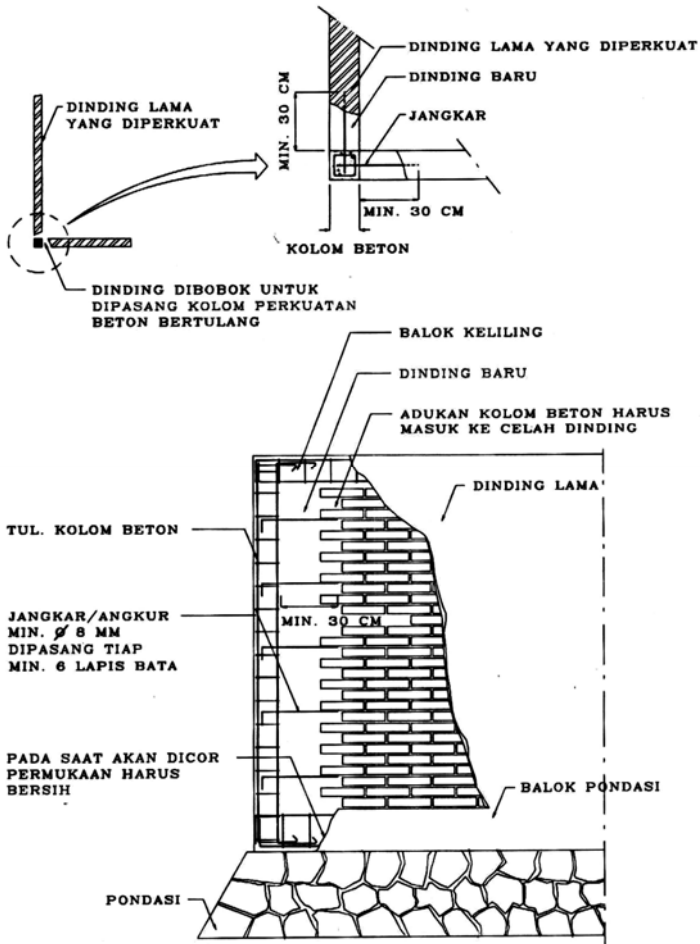
Gambar 104 Metoda perbaikan kolom beton yang retak dengan tulangan memanjang kolom mengalami melengkung dan leleh

5. Perkuatan dinding dengan kolom dari beton bertulang
 - a. Pada dinding menerus



Gambar 105 Perkuatan dinding menerus

b. Pada pertemuan dua dinding di sudut



Gambar 106 Perkuatan pada pertemuan dinding di sudut

Daftar Pustaka

UU No.28 th.2002 tentang Bangunan Gedung

Kepmen Kimpraswil No. 403/KPTS/M/2002 Tentang Rumah Sederhana Sehat (Umum, Rumah Tembok, Setengah Tembok, Rumah Kayu Panggung, Kayu Tidak Panggung)

Ir. R.B. Tular., Perencanaan Bangunan Tahan Gempa, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1981

Boen, T., Manual Perbaikan Bangunan Sederhana Yang Rusak Akibat Gempa Bumi (Hasil Survey Gempa Bumi Flores, 12 Desember 1992), Teddy Boen & Rekan, Jakarta, 1992

Boen, T., Anjuran Perbaikan Detail Struktur Bangunan Sederhana yang rusak Akibat Gempa Bumi (hasil Survey Gempa Bumi Halmahera, 21 Januari 1994), Teddy Boen & Rekan, Jakarta, 1994

Boen, T., Manual Perbaikan Bangunan Yang Rusak Akibat Gempa Bumi (Hasil Survey Gempa Bumi Lampung Barat, 16 Februari 1994), Teddy Boen & Rekan, Jakarta, Februari 1994