

129

SNI

SNI 03-6816-2002

Standar Nasional Indonesia

Tata cara pendetailan penulangan beton

ICS 91.080.40

Badan Standardisasi Nasional 

© BSN 2002

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

DAFTAR ISI

	halaman
Daftar Isi	i
1. Ruang Lingkup	1
2 Acuan	1
3 Pengertian	1
4 Kewajiban Perencana Struktur	3
5. Kewajiban Pembuat Detail Penulangan	24
LAMPIRAN A : Gambar dan Tabel	43
LAMPIRAN B : Daftar Narna dan Lembaga	84

1. Ruang Lingkup

Tata Cara Perencanaan Detail dan Pendetailan Penulangan Beton untuk Bangunan Gedung ini mencakup :

- 1) Pemisahan dan pembatasan tanggung jawab antara Perencanaan Struktur Beton dan Pembuat Detail Baja Penulangan;
- 2) Perencanaan detail dan pendetailan penulangan beton untuk pabrikasi dan pemasangan batang-batang tulangan;
- 3) Gambar-gambar dan tabel-tabel yang memuat detail-detail penulangan beton yang standar.

2. Acuan

- ACI 315-92 Details and Detailing of Concrete Reinforcement
- ACI 318-95/318-95R Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary
- SNI 03-2847-1992 Tata Cara Penghitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung

3. Pengertian:

Dalam standar ini, yang dimaksud dengan :

- 1) **beton bertulang** adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan, dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja;
- 2) **beton ringan struktur** adalah beton yang mempunyai berat isi tidak lebih dari 1900 kg/m³;
- 3) **dowel** adalah batang baja tulangan untuk menyalurkan tarik, tekan, atau geser melalui suatu join konstruksi;
- 4) **joist** adalah balok yang relatif tipis dan digunakan dalam jarak berdekatan satu sama lain untuk mendukung pelat lantai atau pelat atap;
- 5) **kolom** adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil sama dengan 3 atau lebih, digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan;
- 6) **kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c** adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh Perencana Struktur (benda uji berbentuk silinder

diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) dan dipakai dalam perencanaan struktur beton;

- 7) **panjang penanaman** adalah panjang tulangan tertanam yang tersedia dari suatu tulangan diukur dari suatu penampang kritis;
- 8) **panjang penyaluran** adalah panjang tulangan tertanam yang diperlukan untuk mengembangkan kuat rencana (yaitu kuat nominal dikalikan suatu faktor reduksi kekuatan) dari tulangan pada suatu penampang kritis;
- 9) **penumpu tulangan** adalah alat untuk menumpu atau menahan tulangan pada posisi yang direncanakan untuk mencegah pergeseran tulangan sebelum dan selama pengecoran adukan beton;
- 10) **sengkang** adalah tulangan yang digunakan untuk menahan tegangan geser dan torsi dalam suatu komponen struktur, berbentuk kaki tunggal atau dibengkokkan dalam bentuk L, U atau persegi dan dipasang tegak lurus atau membentuk sudut terhadap tulangan longitudinal;
- 11) **sengkang ikat** adalah sengkang tertutup penuh berdiameter minimum 10 mm yang ujung-ujungnya diakhiri dengan kait-kait 135° dengan perpanjangan $10 d_b$ yang melingkungi tulangan memanjang;
- 12) **skedul** adalah daftar tulangan yang menunjukkan bentuk, jumlah, ukuran dan dimensi setiap elemen tulangan yang dibutuhkan untuk menulangi suatu struktur beton bertulang atau bagian suatu struktur beton bertulang;
- 13) **tulangan** adalah batang baja yang berfungsi untuk menahan gaya tarik pada komponen struktur, tidak termasuk tendon prategang, kecuali bila secara khusus diikuti sertakan;
- 14) **tulangan deform** adalah tulangan yang tekstur permukaan luarnya bersirip atau berpola khusus;
- 15) **tulangan polos** adalah tulangan yang permukaan luarnya polos;
- 16) **tulangan spiral** adalah tulangan yang dililitkan secara menerus membentuk suatu ulir lingkaran silindris;

4. Kewajiban Perencana Struktur

4.1 Gambar Rekayasa

4.1.1 Umum

Gambar rekayasa adalah gambar-gambar yang disiapkan oleh Perencana Struktur untuk Pemilik atau pembeli jasa rekayasa. Gambar rekayasa dan spesifikasi proyek merupakan bagian dari Dokumen Kontrak. Gambar rekayasa harus mencakup secara lengkap catatan-catatan dan informasi-informasi penting dalam bentuk yang dapat ditafsirkan dengan cepat dan benar. Gambar-gambar ini harus memuat instruksi-instruksi yang pasti dan membedakan batang tulangan dan jaring kawat baja dilas.

Gambar rekayasa dan gambar pelaksanaan dapat dikombinasikan.

Kewajiban Perencana Struktur adalah melengkapi persyaratan-persyaratan desain dengan keterangan yang jelas, dan kewajiban Pembuat Detail adalah melaksanakan persyaratan-persyaratan tersebut. Spesifikasi atau gambar-gambar dari Perencana struktur yang kurang jelas atau kurang lengkap tidak boleh diserahkan begitu saja kepada Pembuat Detail. Perencana Struktur tidak boleh menginstruksikan Pembuat Detail agar mencari sendiri informasi yang diperlukan untuk menyiapkan gambar-gambar pelaksanaan dari suatu referensi tertentu. Informasi yang diperlukan oleh Pembuat Detail harus ditafsirkan sendiri oleh Perencana Struktur dan diberikan dalam bentuk detail perencanaan yang spesifik atau catatan yang jelas untuk dipatuhi oleh Pembuat Detail. Jika ditemukan kekuranglengkapan, keraguan, atau ketidakcocokan, maka informasi tambahan, penjelasan, atau koreksi yang diminta oleh Pembuat Detail harus diberikan oleh Perencana Struktur. Dalam spesifikasi harus disyaratkan bahwa gambar pelaksanaan yang disiapkan oleh Pembuat Detail terlebih dahulu harus diserahkan untuk mendapat persetujuan.

Butir 1.2.1 pada ACI 318 Building Code memuat daftar informasi yang harus tercantum pada gambar struktur, yaitu termasuk :

- ♦ Panjang penjangkaran tulangan serta lokasi dan panjang sambungan lewatan
- ♦ Tipe dan lokasi sambungan dengan las dan dengan penyambung mekanis

1.1.2 Standar Gambar

4.1.2.1 Media

Media standar minimum untuk memproduksi gambar rekayasa adalah dengan pinsil di atas kertas transparan. Media lain yang membuat gambar lebih mudah direproduksi atau lebih awet misalnya tinta, kertas kalkir, atau film polyester boleh digunakan.

4.1.2.2 Ukuran

Gambar harus dibuat dalam ukuran yang standar. Semua lembar pada set gambar yang sama harus berukuran sama.

Dua seri ukuran standar kertas yang banyak digunakan :

Seri A	:	A0	841 x 1189	mm
		A1	594 x 841	mm
		A2	420 x 594	mm
		A3	297 x 420	mm
		A4	210 x 297	mm
Seri B	:	B0	1000 x 1414	mm
		B1	707 x 1000	mm
		B2	500 x 707	mm
		B3	353 x 500	mm
		B4	250 x 353	mm

Semua dimensi adalah ukuran kertas setelah dipotong di luar margin. Garis batas gambar terletak di dalam dimensi ini.

4.1.2.3 Arah Utara

Tanda panah yang menunjukkan arah utara harus dilukiskan pada setiap gambar denah.

4.1.2.4 Skala

Pada gambar rekayasa skala-skala yang digunakan harus dituliskan di bawah judul setiap gambar detail. Gambar-gambar yang mungkin diperbesar atau diperkecil ketika direproduksi harus diberi grafik skala panjang untuk membantu pemakai gambar mengetahui skala yang sebenarnya.

4.1.2.5 Huruf

Semua huruf harus jelas dan mudah dibaca. Jika akan dibuat fotocopy yang diperkecil untuk keperluan lapangan, ukuran huruf harus diperbesar, dan memenuhi standar untuk dibuat menjadi mikrofilm sesuai publikasi dari National Microfilm Association "Modern Drafting Techniques for Quality Microreproductions" (Teknik Penggambaran Modern untuk Reproduksi Mikro yang Berkualitas).

4.1.3 Gambar Rekayasa – Bangunan Gedung dan Struktur Lain

4.1.3.1 Umum

Gambar rekayasa dan /atau spesifikasi untuk elemen-elemen struktur seperti balok, balok induk, kolom, dinding, dan pondasi harus dilengkapi keterangan tentang kekuatan beton yang disyaratkan f'_c , tipe dan mutu baja tulangan, pelapis tulangan (jika ada), beban hidup layan, partisi, beban langi-langit dan penggantungnya, atau beban mati khusus di luar berat sendiri beton. Gambar rekayasa dan/atau spesifikasi juga harus memuat dimensi-dimensi beton, panjang penjangkaran tulangan, lokasi dan panjang sambungan lewatan, tipe dan lokasi sambungan tulangan dengan las dan penyambung mekanis, tebal selimut beton, join yang disyaratkan, dan semua informasi lain yang diperlukan untuk membuat gambar pelaksanaan penulangan. Lokasi-lokasi selubung dan penulangan khusus di sekitar selubung atau lubang harus ditunjukkan oleh perencana struktur. Lihat Gambar 1,2,3,7,15,16, dan 18. Sebagai tambahan atas persyaratan ini, gambar rekayasa balok, balok induk, dan kolom juga harus memuat informasi-informasi berikut.

4.1.3.2 Balok dan Balok Induk

Skedul untuk balok dan balok induk harus mencakup : kode balok, ukuran komponen, jumlah dan ukuran tulangan yang lurus dan yang dibengkok; catatan khusus untuk pembengkokan; jumlah, ukuran, mutu, dan jarak antar sengkang atau sengkang -ikat; lokasi tulangan atas ; dan semua informasi khusus lainnya, misalnya persyaratan untuk tulangan dua lapis. Jika perlu, harus dibuat detail penampang join balok-kolom.

Pada balok menerus jumlah dan jarak antar tulangan atas yang harus dipasang pada daerah sayap balok T (pelat) untuk mengendalikan retak harus diperlihatkan dengan jelas, apabila desain struktur mensyaratkannya.

4.1.3.3 Kolom

Desain kolom harus menunjukkan ukuran kolom, jumlah, lokasi, mutu dan ukuran tulangan, dan semua detail penting dimana terjadi perubahan penampang kolom atau perubahan penulangan. Sambungan harus selalu ditentukan dengan jelas, meliputi pengaturan sambungan baik sambungan tumpul atau sambungan lewatan, semua lokasi sambungan berseling, dan tipe penyambung yang dibutuhkan untuk sambungan tumpul. Pada kolom simetris dua arah pengaturan tulangan harus diperlihatkan dengan jelas jika penulangannya tidak simetri dua arah.

4.1.4 Gambar Rekayasa – Struktur Jalan Raya dan Transportasi

Istilah struktur jalan raya dan transportasi yang digunakan pada standar ini meliputi jembatan, drainase, dan struktur-struktur lain yang terkait.

4.1.4.1 Dimensi

Karena gambar rekayasa untuk struktur jalan raya biasanya merupakan kombinasi antara gambar rekayasa dan gambar pelaksanaan, maka semua dimensi harus dicantumkan dengan jelas. Pada gambar-gambar harus dicantumkan dimensi-dimensi beton pelindung untuk semua tulangan. Jika dibuat gambar pelaksanaan yang terpisah, dimensi-dimensi struktur boleh dihilangkan mengikuti cara yang sama seperti untuk bangunan gedung (lihat butir 4.1.5).

4.1.4.2 Penulangan

Kombinasi gambar rekayasa-pelaksanaan harus mencantumkan ukuran, jarak antar tulangan, serta lokasi tulangan dan jaring kawat baja dilas pada struktur. Daftar tulangan harus mencakup jumlah batang, ukuran, panjang, kode batang, dan detail bengkokan untuk semua batang yang dibengkok. Daftar jaring kawat baja dilas harus memuat kode, corak, lebar, panjang dan jumlah lembar yang dibutuhkan.

Penulangan untuk struktur-struktur besar kadang-kadang didetail, dipabrikasi, dan dikirimkan dalam unit-unit, misalnya : kaki pondasi, abutmen, pilar, dan balok induk

Daftar tulangan dapat dibagi-bagi dengan cara serupa. Jika struktur cukup besar, gambar dan daftar penulangan biasanya dibuat terpisah untuk setiap unit struktur.

Penulangan untuk pondasi, pilar, abutmen, dinding sayap, dan pelat biasanya dibuat dalam bentuk denah, penampang, atau tampak. Jika perlu penampang melintang harus dibuat untuk memperjelas. Daftar tulangan harus merupakan ringkasan lengkap dari kebutuhan bahan.

Data rujukan tentang batang tulangan dan jaring kawat baja dapat diambil dari sumber-sumber industri.

4.2 Tata Cara Pendetailan

4.2.1 Umum

Standar tata cara ini merupakan standar minimum bagi Perencana Struktur selama periode pengembangan disain. Informasi yang diberikan disini merupakan kumpulan catatan dari ACI 318; ACI 343R; AREA 'Manual for Railway Engineering', Bab 8, Concrete Structures and Foundations; dan AASHTO 'Standard Specifications for Highway Bridges', (disusun ulang agar lebih jelas dan mudah bagi pemakai), tata cara industri, pertimbangan praktis, dan hasil riset mutakhir pada saat laporan ini dibuat. Penulangan untuk struktur yang direncanakan sesuai ACI 349, ACI 359, dan dokumen-dokumen serupa lainnya yang secara umum dapat digunakan kecuali jika ada ketentuan-ketentuan yang melarangnya.

4.2.2 Toleransi

Batasan-batasan praktis peralatan dan efisiensi produksi menghasilkan toleransi-toleransi pabrikan tertentu yang dapat cocok dengan peralatan bengkel yang standar. Toleransi standar ini dilukiskan pada Gambar 4 dan 5 baik untuk batang tulangan yang lurus maupun yang dibengkok. Persyaratan toleransi yang lebih ketat dari yang tercantum pada gambar-gambar tersebut harus disebutkan dengan jelas di dalam Dokumen Kontrak. Efek toleransi pada tebal selimut beton, kekuatan, kemudahan pelaksanaan, dan kemampuan layan struktur harus diperhitungkan oleh Perencana Struktur.

4.2.3 Gambar Kombinasi

Kombinasi gambar rekayasa-pelaksanaan harus memuat semua dimensi luar batang tulangan dimana panjang batang total adalah jumlah dari semua dimensi detail, termasuk Kait A dan G (Tabel 1).

4.2.4 Kait dan Bengkokan

Kait dan bengkokan dispesifikasikan untuk menstandarisasi pabrikan dan membatasi tegangan beton pada daerah kait. Lihat Tabel 1 dan Gambar 6.

4.2.5 Balok dan Balok Induk

4.2.5.1 Lebar Balok

Agar beton dapat dicor dengan baik dan untuk melindungi tulangan terhadap korosi, Perencana Struktur harus menentukan jarak bersih yang cukup antar tulangan yang sejajar dan antara tulangan dengan cetakan.

Perencana Struktur harus menetapkan tebal selimut beton yang dibutuhkan untuk melindungi tulangan. Perencana Struktur juga harus menetapkan jarak antar tulangan yang diperlukan untuk mengembangkan kekuatan lekat dan mempermudah pengecoran beton. Untuk bangunan gedung, jarak bersih minimal adalah satu kali diameter batang tulangan, $4/3$ kali ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan, tetapi tidak boleh kurang dari 25 mm. Untuk jembatan yang dicor di tempat, jarak bersih antar tulangan tidak boleh kurang dari $3/2$ kali diameter tulangan, $3/2$ kali ukuran maksimum agregat kasar, atau 38 mm.

Tabel 2 memuat berbagai ukuran lebar balok dan jumlah maksimum batang tulangan yang diijinkan dalam satu lapis untuk ukuran maksimum agregat kasar 19 mm dan 25 mm, sesuai ACI 318. Tabel 3 memuat informasi serupa untuk balok yang direncanakan sesuai spesifikasi AASHTO untuk jembatan. Tabel-tabel ini disediakan untuk digunakan oleh Perencana Struktur; sedangkan Pembuat Detail tidak berhak untuk menentukan apakah batang-batang tulangan boleh dipasang dalam lebih dari satu lapis tulangan.

4.2.5.2 Penjangkaran Sengkang

Perencana Struktur harus menunjukkan atau mencantumkan catatan mengenai ukuran, jarak, lokasi, dan tipe semua sengkang yang digunakan. Tipe-tipe ini termasuk sengkang terbuka dan sengkang tertutup (atau sengkang-ikat) (Gambar 12 dan 13).

Sengkang juga dapat dipabrikan dari jaring kawat baja dilas.

Terdapat berbagai metode yang diijinkan untuk penjangkaran, tetapi yang paling umum adalah menggunakan salah satu tipe sengkang-ikat standar seperti terlukis pada Gambar 6. Tipe S1 sampai S6, T1, T2, dan T6 sampai T9 menggunakan pengikat standar dan kait sengkang seperti pada Tabel 1.

Dalam merencanakan penjangkaran, harus dapat dijamin bahwa ujung-ujung kait sengkang tertanam penuh di dalam beton, misalnya jika kait dibengkok keluar dan dimasukkan ke dalam pelat beton yang tipis.

Jika perencanaan mensyaratkan sengkang-ikat tertutup untuk menahan geser vertikal, pengakhirannya dapat berupa lewatan ujung-ujung kait standar 90° dari satu atau dua buah sengkang, atau kombinasi dari sepasang sengkang U. Jika perencanaan mensyaratkan pengikat tertutup untuk menahan puntir, pengakhirannya dapat berupa lewatan ujung-ujung kait standar 135° dari satu atau dua buah pengikat yang melingkungi sebuah tulangan memanjang. Paling sedikit sebuah tulangan memanjang harus terdapat di dalam setiap sudut sengkang atau pengikat, ukuran tulangan ini minimum sama dengan diameter sengkang (minimum 10 mm). Pengikat yang dipasang untuk menahan gaya-gaya radial yang timbul akibat melengkungnya batang tulangan atau tendon harus dijangkar dengan baik.

4.2.5.3 Jarak Antar Bundel Tulangan

Tulangan yang dipasang sejajar dan menempel satu sama lain dalam jumlah dua, tiga, atau empat disebut sebagai 'bundel tulangan'. Untuk bangunan gedung jarak bersih minimum antar bundel tulangan sesuai ACI 318 harus sama dengan diameter batang tunggal bundar yang luasnya ekuivalen dengan luas bundel tulangan. Untuk perencanaan jembatan, spesifikasi-spesifikasi jembatan AREA dan AASHTO mensyaratkan jarak minimum antar bundel tulangan sebesar $3/2$ kali diameter sebuah batang tulangan tunggal yang ekuivalen.

4.2.6 Kolom

4.2.6.1 Tulangan Vertikal Kolom

Dalam menentukan tulangan kolom, harus diperhatikan jarak minimum antar batang tulangan atau bundel tulangan yang ditetapkan dalam ACI Building Code butir 7.6.3. Tabel 4 memuat jumlah maksimum batang tulangan untuk kolom bundar. Tabel 5 memuat jumlah maksimum batang tulangan yang dapat dipasang pada satu sisi kolom persegi. Pengaturan sambungan harus diperlihatkan dengan jelas. Untuk sistem sambungan tumpul, harus diperhatikan bahwa diameter penyambung mekanis dan bagian yang disambung dengan las lebih besar dari diameter tulangan yang disambung.

Persiapan ujung tulangan yang khusus harus dicantumkan dengan jelas pada gambar atau spesifikasi. Jika luas tulangan kolom atas berbeda dari kolom bawah, semua perpanjangan yang diperlukan (jika ada) harus diperlihatkan dengan jelas dalam gambar rekayasa baik untuk tulangan yang di atas maupun yang di bawah level lantai (lihat juga butir 2.2.7).

4.2.6.2 Loncatan Bidang Muka Kolom

Jika ukuran kolom atas dan kolom bawah berbeda, gambar rekayasa harus menunjukkan bagaimana tulangan vertikal kolom harus dibengkok offset, demikian juga jika digunakan dowel-dowel yang terpisah (lihat butir 3.1.7.7). Kemiringan bagian tulangan yang dibengkok offset maksimal 1 : 6. Lihat Gambar 7 untuk detail sambungan yang direkomendasikan.

Jika tulangan vertikal dibengkok offset, diperlukan pengikat-pengikat tambahan yang harus dipasang maksimum sejarak 150 mm diukur dari titik dimulainya bengkokan. Untuk tujuan praktis, biasanya digunakan tiga pengikat yang berdekatan, salah satunya dapat merupakan pengikat berjarak reguler ditambah dengan dua pengikat ekstra. Susunan umum batang-batang tulangan vertikal dan persyaratan mengenai pengikat harus dicantumkan pada gambar rekayasa.

Sebagai tambahan untuk menunjukkan ukuran dan jarak reguler dari pengikat-pengikat kolom, Perencana Struktur juga harus menunjukkan semua pengikat tambahan yang dibutuhkan untuk kondisi-kondisi khusus misalnya pada sambungan, pada bengkokan offset, dan lain-lainnya.

4.2.6.3 Perubahan Tulangan di Atas Pelat Lantai

Jika penulangan kolom akan diubah di atas pelat lantai, tulangan dapat diperpanjang melewati, berhenti, atau digunakan dowel-dowel yang terpisah. Jika tidak digunakan sambungan tumpul, tulangan kolom bawah dengan luas minimal sama dengan tulangan kolom atas harus diperpanjang sampai melewati tulangan atas sepanjang panjang lewatan yang diperlukan. Tulangan vertikal kolom bawah yang dihentikan untuk alasan apapun dipotong dalam jarak 75 mm dari permukaan atas pelat lantai kecuali jika pada gambar rekayasa diatur lain. Perencana Struktur harus menentukan

apakah tulangan vertikal yang akan dipotong harus diperpanjang agar tertanam secara cukup, dan memperlihatkan hal ini pada gambar rekayasa.

4.2.6.4 Spiral

Jarak antar putaran spiral (*pitch*) harus ditetapkan dengan ketelitian 5 mm. Sesuai ACI 318, jarak bersih antar putaran spiral tidak boleh lebih dari 75 mm atau kurang dari 25 mm atau $4/3$ kali ukuran agregat kasar maksimum yang digunakan. Spiral harus dipasang dengan $1\frac{1}{2}$ kali putaran ekstra di atas dan di bawah. Penyambungan spiral dilakukan dengan dilas atau sambungan lewatan sepanjang $48 d_b$.

Tabel berikut memuat diameter minimum spiral standar yang dapat dibuat dan diameter minimum yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan.

Diameter batang spiral [mm]	Diameter luar minimum agar dapat dibentuk [mm]	Diameter luar minimum yang dapat menyebabkan spiral gagal (kolaps) [mm]
10	225	350
13	300	450
16	375	600
19 (khusus)	750	-

Spiral terutama digunakan untuk kolom, pilar, pondasi tiang bor, dan tiang-tiang pancang. Spiral yang tidak memenuhi definisi ACI 318 tentang spiral dapat digunakan sebagai tulangan pengikat. Spiral semacam itu kadang-kadang disebut sebagai pengikat menerus dan biasanya dispesifikasikan dengan jarak putaran spiral yang besar.

4.2.6.5 Pengikat Tulangan Kolom

Tulangan vertikal kolom harus diberi pengikat lateral. Standar penempatan pengikat untuk berbagai jumlah batang tulangan vertikal ditunjukkan pada

Gambar 8,9, dan 10. Perencana Struktur juga dapat menspesifikasikan jaring kawat baja dilas sebagai pengikat kolom berdasarkan luas baja ekuivalen. Penempatan satu batang pengikat seperti ditunjukkan pada Gambar 3 menghasilkan kekakuan maksimum pada tulangan kolom yang telah dirakit sebelum dipasang di tempat pekerjaan. Perakitan tulangan kolom sebelum dipasang yang dibuat per satu tingkat lebih cocok jika semua tulangan vertikal disambung dengan lewatan di dekat setiap permukaan atas lantai. Lihat butir 2.2.7.3 untuk pembatasan sambungan dengan lewatan.

Pada tulangan vertikal berdiameter besar-besar yang dibuat per dua tingkat dengan sambungan tumpul berseling, pengikat kolom harus dipasang pada tulangan vertikal yang berdiri bebas. Standar penempatan untuk dua pengikat seperti pada Gambar 9 dan 10 direkomendasikan untuk mempermudah perakitan di lapangan, yang umumnya dapat diaplikasikan pada sembarang lokasi sambungan yang disyaratkan oleh Perencana Struktur.

Perencana Struktur dapat menetapkan berbagai pola penempatan pengikat asalkan penempatannya memenuhi persyaratan ACI 318.

Jarak antar pengikat tergantung pada ukuran tulangan vertikal, ukuran kolom, dan ukuran pengikat. Jarak maksimum antar pengikat yang diijinkan lihat Tabel 6.

Perencana Struktur juga harus menunjukkan semua pengikat tambahan yang dibutuhkan untuk kondisi-kondisi khusus misalnya pada sambungan, bengkokan offset, dan lain-lain (lihat juga butir 2.2.10, Detail Gempa).

Jika dibutuhkan tulangan lateral di dalam kolom di antara puncak spiral dan level lantai atas, hal ini dapat dilaksanakan dengan sebuah spiral pendek atau pengikat lingkaran untuk mempermudah pemasangan tulangan pelat lantai, dan aturan pemasangannya harus diperlihatkan dengan jelas.

4.2.6.6 Bundel Tulangan

Bundel tulangan boleh digunakan sebagai tulangan vertikal kolom. Bundel tulangan didefinisikan sebagai berkas tulangan sejajar yang menempel satu sama lain dan beraksi sebagai satu kesatuan. Satu bundel maksimum terdiri

dari empat batang tulangan. Bundel tulangan harus disambung dengan menggunakan sambungan tumpul atau sambungan per batang secara terpisah-pisah.

Bundel tulangan harus diikat untuk menjamin agar posisinya tetap. Semua bundel tulangan vertikal kolom harus diberi pengikat tambahan di atas dan di bawah sambungan mekanis tipe tumpuan ujung dan semua batang sambungan pendek tambahan untuk menahan tarik harus diikat sebagai bagian dari bundel itu di dalam batas jumlah tulangan untuk sebuah bundel. Bundel tulangan harus diletakkan pada sudut-sudut pengikat. Ukuran pengikat untuk bundel tulangan minimal 13 mm. Perencanaan dan informasi detail tentang bundel tulangan sebagai tulangan vertikal kolom diberikan pada Tabel 8.

4.2.7 Panjang Penyaluran dan Sambungan Tulangan

4.2.7.1 Umum

Pada ACI 318, panjang penyaluran dan panjang sambungan lewatan untuk batang tulangan deform telah banyak diubah sesuai rekomendasi dari ACI Committee 408, *Bond and Development of Reinforcement*. Perubahan meliputi perpanjangan untuk batang-batang tulangan berjarak dekat dan batang-batang tulangan dengan tebal selimut beton minimal.

Tabel 10 sampai 13 memuat nilai-nilai panjang penyaluran tarik dan panjang sambungan lewatan tarik untuk batang tulangan lurus. Pada tabel-tabel ini, nilai-nilai untuk l_d tarik dan panjang sambungan lewatan tarik didasarkan pada persyaratan dalam Bab 12 ACI 318 Building Code. Semua data yang ditabelkan berlaku untuk tulangan BJTD 40 di dalam beton berbobot normal dengan rentang kuat tekan beton yang disyaratkan, f'_c 21 sampai 56 MPa.

Tabel-tabel menggunakan istilah Kategori 1 sampai 6, yang ditentukan oleh tipe elemen struktur, tebal selimut beton, dan jarak tulangan as ke as, didefinisikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 10 (panjang penyaluran tarik) dan Tabel 11 (panjang sambungan lewatan tarik) adalah untuk tulangan yang tidak diberi lapisan. Tabel 12 dan Tabel 13 adalah untuk tulangan yang diberi lapisan epoxy. Tidak ada

persyaratan panjang penyaluran yang khusus untuk tulangan yang digalvanis (dilapis seng) sehingga tulangan macam ini harus dianggap tulangan tanpa lapisan. Untuk beton agregat ringan, nilai-nilai pada tabel-tabel tersebut harus dimodifikasi dengan dikalikan suatu faktor (ACI 12.2.4.2).

Posisi tulangan pada elemen struktur	Selimut beton	Kategori, sesuai jarak antar tulangan as-ke-as (*)			
		$\leq 3d_b$	$> 3 d_b$ $< 4 d_b$	$\geq 4 d_b$ $< 6 d_b$	$\geq 6 d_b$
Tulangan memanjang pada balok dan kolom, dan lapisan dalam tulangan dinding/pelat	$\leq d_b$	1	1	1	2
	$> d_b$	1	3	5	6
Semua batang tulangan lainnya	$\leq d_b$	1	1	1	2
	$> d_b$	1	3	3	4
	$< 2d_b$				
	$\geq 2 d_b$	1	3	5	6

Dimana : d_b = diameter nominal batang tulangan

(*) Jika batang-batang tulangan disambung dengan lewatan sebidang, dimana semua batang tulangan terletak pada satu bidang yang sama, dalam menentukan kategori jarak antar tulangan as - ke - as harus dikurangi satu diameter tulangan.

Ketentuan di bawah ini berlaku untuk semua nilai-nilai yang ditabelkan untuk panjang penyaluran tarik dan sambungan lewatan tarik :

- 1) Nilai-nilai l_d untuk tulangan balok atau kolom didasarkan pada tulangan transversal sesuai persyaratan minimum untuk sengkang pada ACI 11.5.4 dan 11.5.5.3, atau sesuai persyaratan pengikat pada ACI 7.10.5 ; dan didasarkan pada tebal selimut beton minimum sesuai ACI 7.7.1.
- 2) Tulangan atas adalah tulangan horisontal dengan tebal beton di bawah tulangan lebih dari 300 mm.
- 3) Tulangan berdiameter 36 mm dan tulangan tepi yang lebih kecil dengan jarak as-ke-as tidak kurang dari $6 d_b$ diasumsikan mempunyai selimut beton samping tidak kurang dari $2.5 d_b$. Jika tidak, harus dipilih Kategori 5 bukan kategori 6.

4) Kondisi-kondisi yang membutuhkan panjang penyaluran atau panjang sambungan lewatan Kategori 1 atau kategori 2 harus diabaikan jika dimungkinkan penggunaan tulangan yang lebih besar. Panjang yang tidak beraturan dapat menyulitkan pemasangan tulangan dan menyebabkan penyumbatan pada waktu adukan beton dicor dan dipadatkan. Beberapa cara dapat digunakan untuk menghindari kondisi Kategori 1 atau 2, antara lain :

- a. mempertebal selimut beton menjadi lebih dari satu diameter dan/atau memperlebar jarak tulangan as-ke-as menjadi lebih dari tiga kali diameter tulangan. Lihat Tabel 2b.
- b. menggunakan A_{tr} sesuai ACI 12.2.3.1 (b) untuk balok atau kolom. Perhatikan jika pengikat atau sengkang memenuhi persyaratan minimum A_{tr} , maka panjang Kategori 1 direduksi menjadi Kategori 5 dan panjang Kategori 2 direduksi menjadi Kategori 6.

Satu catatan tambahan untuk nilai-nilai panjang sambungan lewatan tarik pada Tabel 11 dan Tabel 13 :

5. Panjang sambungan lewatan dikalikan l_d tarik, misalnya nilai-nilai pada Tabel 11 dikalikan l_d dari Tabel 10 dan nilai-nilai pada Tabel 13 dikalikan l_d dari Tabel 12. Kelas A = $1.0 l_d$ dan Kelas B = $1.3 l_d$ (ACI 12.15.1).

Satu catatan tambahan untuk nilai-nilai panjang penyaluran tarik dan panjang sambungan lewatan untuk tulangan yang dilapisi epoxy pada Tabel 12 dan Tabel 13:

6. Jika jarak as-ke-as minimal $7 d_b$ dan tebal selimut beton minimal $3 c_b$, maka panjang Kategori 6 boleh dikalikan dengan 0.918 (untuk tulangan atas) atau dengan 0.8 (untuk tulangan lain).

Butir 1.2.1 dari ACI 318 mensyaratkan bahwa semua detail panjang penyaluran dan sambungan lewatan harus dicantumkan pada gambar struktur. Informasi dapat ditampilkan dalam bentuk lokasi-lokasi pemberhentian tulangan termasuk tabel-tabel panjang sambungan lewatan.

4.2.7.2 Sambungan (umum)

Pada balok atau balok induk yang membutuhkan tulangan lebih panjang dari yang tersedia, Perencana Struktur harus menspesifikasikan sambungan secara khusus. Perencana Struktur harus menunjukkan dengan gambar atau memberi catatan bagaimana sambungan harus dibuat; dengan lewatan, di las, atau penyambung mekanis.

Pada gambar-gambar rekayasa Perencana Struktur harus memperlihatkan detail-detail lokasi dan panjang semua sambungan. Pada balok atau balok induk sambungan-sambungan lebih disarankan untuk dibuat dimana tulangan tegangannya minimum, misalnya pada titik belok. Sambungan dimana tegangan rencana kritis bersifat tarik sedapat mungkin harus dihindari oleh Perencana Struktur. Sambungan lewatan dapat dibuat dengan batang-batang yang disambung menempel satu sama lain atau terpisah. Perencana Struktur harus menggambarkan atau memberi catatan pada gambar-gambar apakah sambungan harus dibuat berseling atau dibuat sekaligus pada lokasi yang sama. Pada elemen struktur yang menahan lentur, tulangan yang disambung dengan sambungan lewatan yang batang-batangnya tidak menempel satu sama lain, jarak antar tulangan maksimal seperlima panjang lewatan atau 150 mm.

4.2.7.3 Sambungan Lewatan

Karena kekuatan suatu sambungan lewatan dipengaruhi oleh diameter batang yang disambung, kekuatan beton, jarak tulangan, tebal selimut beton, posisi tulangan, jarak ke tulangan-tulangan lain, dan tipe tegangan (tekan atau tarik), maka Perencana Struktur harus menentukan lokasi dan panjang semua sambungan lewatan. Jika dua tulangan yang berbeda diameternya disambung dengan lewatan, maka Perencana Struktur harus menentukan panjang lewatan yang diperlukan. Sambungan lewatan tidak diijinkan untuk tulangan berdiameter lebih dari 36 mm, kecuali untuk mentransfer gaya tekan ke dowel yang berdiameter lebih kecil yang dijangkar ke dalam kaki pondasi untuk gedung. Pada struktur jembatan, AASHTO atau AREA juga tidak mengijinkan sambungan lewatan untuk tulangan yang lebih besar dari 36

mm. Tabel 9 sampai dengan 15 disediakan untuk mempermudah Perencana Struktur.

Pada titik sambungan tulangan kolom, tulangan (atau dowel) dari kolom bawah harus diperpanjang ke dalam kolom atas dengan panjang lewatan yang cukup dan luas penampang melintang tidak kurang dari yang diperlukan untuk kolom atas. Minimal empat batang harus diperpanjang untuk kolom dengan sengkang dan enam batang untuk kolom dengan spiral. Perencana Struktur harus memperhatikan bahwa kecuali ditetapkan lain pada gambar-gambar rekayasa, Pembuat Detail akan memotong sisa tulangan kolom bawah dalam jarak 75 mm dari level atas pelat lantai atau komponen penyalur beban tambahan lainnya ke kolom. Jika ujung atas tulangan kolom kurang dari 180 cm di atas puncak pedestal, tulangan harus diperpanjang ke dalam pedestal. Biasanya, dowel digunakan hanya jika pada gambar rekayasa ada catatan khusus.

Dowel untuk sambungan lewatan pada loncatan bidang muka kolom harus memiliki luas penampang melintang minimal sama dengan tulangan kolom atas dan harus diperpanjang ke atas dan ke bawah titik sambungan, sesuai gambar atau spesifikasi oleh Perencana Struktur.

Perencana Struktur juga harus menyadari bahwa kebiasaan industri konstruksi dalam mendetail tulangan vertikal kolom adalah menggunakan panjang sambungan lewatan sesuai diameter tulangan kolom atas, dan mengabaikan perbedaan diameter tulangan kolom atas dan kolom bawah.

Pengaturan tulangan kolom pada sambungan lewatan diperlihatkan pada Gambar 7. Harus diperhatikan bahwa pada kolom segi empat jumlah tulangan yang dibengkok offset lebih banyak dari pada kolom bundar. Tulangan vertikal yang harus disambung dengan lewatan pada kolom bujur sangkar atau segi empat, dimana ukuran kolom atas dan bawah sama, biasanya dibengkok offset masuk ke dalam kolom atas, kecuali jika ditentukan lain oleh Perencana Struktur. Dalam kasus ini, Perencana Struktur harus menunjukkan tulangan vertikal mana yang harus dibengkok offset masuk ke dalam kolom atas.

Jika tinggi kaki pondasi, atau kombinasi tinggi kaki pondasi dan pedestal, kurang dari panjang tertanam minimum yang dibutuhkan untuk dowel-dowel

dengan diameter tertentu, maka diameter dowel harus diperkecil dan jumlahnya diperbanyak berdasarkan luas penampang yang ekuivalen dan hal ini diperlihatkan dengan jelas pada gambar rekayasa. Kait di ujung-ujung tulangan dapat diperhitungkan untuk menahan tarik, tetapi tidak boleh diperhitungkan dalam menentukan panjang tertanam yang dibutuhkan untuk tulangan tekan.

Batang sambungan terpisah (dowel-dowel) diperlukan untuk menyambung tulangan kolom jika loncatan bidang muka kolom sebesar 75 mm atau lebih, atau ada bagian-bagian struktur yang ditunda pengecoran betonnya, atau di antara berbagai unit struktur. Kecuali untuk kasus yang khusus, batang sambungan terpisah (dowel-dowel) harus dibuat dengan jumlah, ukuran, dan mutu yang sama dengan tulangan yang disambung dan panjang lewatannya harus ditentukan oleh Perencana Struktur.

Sambungan lewatan untuk jaring kawat baja deform dilas harus ditentukan oleh Perencana Struktur. ACI 318 mensyaratkan bahwa untuk jaring kawat baja deform dilas, panjang sambungan minimal harus 1.3 kali panjang penyaluran (minimal 200 mm). Perencana Struktur harus menetapkan panjang sambungan yang dibutuhkan.

Sambungan lewatan untuk jaring kawat baja polos dilas juga harus ditentukan oleh Perencana Struktur. ACI 318 mensyaratkan bahwa panjang sambungan, diukur antara kawat melintang terluar dari masing-masing lembaran jaring kawat baja yang disambung, tidak boleh kurang dari satu kali jarak antar kawat-kawat melintang ditambah 50 mm atau kurang dari $1.5 l_d$ (dengan minimum 150 mm) jika $A_s \text{ ada} / A_s \text{ perlu} < 2$. Jika $A_s \text{ ada} / A_s \text{ perlu} \geq 2$, hanya berlaku syarat $1.5 l_d$ (minimal 50 mm). Karena itu, Perencana Struktur dapat menunjukkan dimensi sambungan yang dibutuhkan atau menetapkan detail tipikal yang memperlihatkan panjang sambungan sebesar satu jarak kawat melintang ditambah 50 mm.

4.2.7.4 Sambungan Tumpul

Untuk menyambung batang tulangan yang berdiameter lebih besar dari 36 mm harus digunakan sambungan tumpul. Sambungan tumpul dapat berupa sambungan las penuh atau penyambung mekanis atau, untuk kondisi tekan

saja, sambungan tumpu ujung boleh dispesifikasikan sebagai sambungan tumpul untuk tulangan vertikal kolom. Pada sambungan tumpul dengan las biasanya ujung bawah tulangan kolom atas dipotong runcing (*double-beveled*) dan ujung atas tulangan kolom bawah dipotong rata (*saw cut*). Di lapangan pekerjaan, pemotongan ujung tulangan dengan api biasanya baik hasilnya. Semua pengelasan baja tulangan harus sesuai AWS D1.4. Jika digunakan penyambung mekanis, kedua ujung tulangan boleh dipotong rata, dipotong runcing, atau dipotong miring standar, tergantung pada tipe penyambung mekanis yang digunakan. Karena penyambung mekanis pada tulangan vertikal kolom biasanya dibuat berseling dan lokasinya tergantung pada persyaratan perencanaan. Perencana Struktur harus menetapkan tipe penyambung mekanis yang boleh digunakan, lokasinya, dan persiapan ujung-ujung tulangan yang diperlukan.

4.2.8 Detail Sambungan

4.2.8.1 Sudut Kaku Rangka Portal

Perencana Struktur harus ekstra hati-hati dalam mendesain join sudut pada suatu rangka portal yang kaku. Semua tulangan utama yang melewati join harus bebas dari lekukan atau bengkokan yang tidak kontinu. Pusat jari-jari bengkokan harus terletak di dalam join. Prinsip ini penting pada penyambungan tulangan atas balok portal ke tulangan luar suatu kolom. Perencana Struktur harus memberikan informasi lengkap yang menunjukkan jari-jari bengkokan, lokasi dan dimensi sambungan lewatan. Jika digunakan las atau penyambung mekanis, maka harus diberikan deskripsinya secara lengkap. Gaya tarik radial pada beton sama halnya dengan tarik yang disebabkan oleh bengkokan sudut tulangan harus diperhitungkan.

4.2.8.2 Perpotongan dan Sudut Dinding

Semua tulangan horisontal dinding pada salah satu atau kedua bidang muka dinding harus diperpanjang melewati sudut atau perpotongan dinding agar tegangan dapat dikembangkan secara penuh (Gambar 11). Perencana

Struktur harus menunjukkan tulangan horisontal yang mana, seberapa jauh harus diperpanjang, dan bagaimana penjangkaran pada perpotongan dan sudut-sudut dinding dan kaki pondasi. Pada daerah-daerah dimana struktur harus direncanakan tahan gempa, maka semua tulangan horisontal harus dijangkarkan.

Dinding yang memikul beban yang bersifat membuka sudut harus diberi tulangan berbeda dengan dinding yang memikul beban yang bersifat menutup sudut. Detail tipikal pada Gambar 11 adalah untuk ketahanan terhadap beban dari luar atau dari dalam, dengan tulangan dari bidang-bidang muka yang bersangkutan dijangkarkan. Pencegahan untuk menahan tarik radial serupa dengan untuk sudut-sudut rangka kaku suatu rangka portal.

4.2.8.3 Sengkang Tertutup

Jika gambar rekayasa menunjukkan sengkang tertutup, sengkang-sengkang ini dapat dibuat dari dua potong sengkang dengan ujung-ujung sengkang berupa lewatan kait-kait standar 90° yang melingkungi suatu tulangan memanjang, atau menggunakan sepasang sengkang U dengan lewatan yang cukup, atau sebuah sengkang ikat standar tipe T1 atau T2. Minimal satu tulangan memanjang harus terletak di setiap sudut penampang, dengan ukuran minimal sama dengan diameter sengkang tetapi tidak boleh lebih kecil dari 13 mm. Detail-detail ini harus ditunjukkan dengan jelas oleh Perencana Struktur. Lihat Gambar 13. Harus diperhatikan bahwa penggunaan kait standar 90° dan sambungan lewatan pada sengkang tertutup adalah tidak efektif pada situasi dimana komponen struktur menahan tegangan torsi yang tinggi. Pengujian memperlihatkan keruntuhan prematur akibat terjadinya kerontokkan (*spalling*) pada selimut beton sehingga penjangkaran kait 90° dan sambungan lewatan tidak berfungsi lagi. Lihat Gambar 14.

4.2.8.4 Integritas Struktur

Perencana Struktur harus menggambarkan detail-detail khusus untuk kontinuitas penulangan agar memenuhi persyaratan integritas struktur.

Kontinuitas tulangan disyaratkan pada konstruksi beton yang dicor in situ untuk joist, balok, dan pelat dua arah. Kontinuitas tulangan lentur tertentu dicapai pada batang yang menerus atau disambung dengan sambungan tarik Kelas A dan penghentian tulangan dengan kait standar pada tumpuan tidak kontinu. Proporsi tertentu antara tulangan lentur atas dan bawah pada balok keliling harus dibuat kontinu melingkungi struktur dan dikekang dengan sengkang tertutup. Lihat ACI 318, butir 7.13 dan Gambar 2 dan 3 sebagai detail contoh untuk integritas struktur.

4.2.9 Penumpu Tulangan

Perencana Struktur wajib menetapkan spesifikasi material yang akan digunakan dan/atau persyaratan pelindung korosi untuk penumpu tulangan, dan jika perlu, untuk penjaga jarak ke tepi acuan, demikian pula untuk elemen-elemen struktur yang khusus atau tempat-tempat dimana setiap material harus digunakan. Spesifikasi penggunaan penumpu tulangan biasanya didasarkan pada tata cara industri yang telah mantap. Lihat 3.3. untuk informasi lebih detail mengenai penumpu tulangan dan penjaga jarak ke tepi acuan.

4.2.10 Detail Khusus untuk Rangka Portal, Join, Dinding, Diafragma dan Pelat Dua Arah Direncanakan Tahan Gempa

4.2.10.1 Pendahuluan

Pada daerah-daerah dengan risiko gempa tinggi komponen-komponen struktur beton bertulang harus direncanakan sesuai ACI 318, Bab 1 sampai Bab 18 dan Bab 21 butir 21.2 sampai butir 21.8 agar menjadi suatu sistem struktur dengan detail yang dapat menghasilkan respon non linear tanpa kehilangan kekuatannya secara kritis.

Pada daerah-daerah dengan risiko gempa sedang rangka portal beton bertulang dan pelat dua arah harus memenuhi ACI 318, Bab 1 sampai 18 dan Bab 21 butir 21.9.

Ketentuan-ketentuan pada Bab 1 sampai Bab 18 pada ACI 318 diterapkan untuk perencanaan dan pendetailan struktur beton bertulang pada daerah tanpa atau dengan risiko gempa rendah.

Untuk perencanaan ketahanan terhadap gempa, ukuran komponen struktur harus ditentukan dan pemasangan tulangnya diatur sedemikian rupa agar tidak terjadi penyumbatan adukan beton oleh tulangan. Ukuran komponen struktur dan pengaturan tulangan yang dilakukan secara teliti akan terhindar dari kesulitan pada saat pemasangan tulangan dan pengecoran beton.

Persyaratan pada ACI 318 Bab 21 digurakan untuk menggambarkan apa yang harus diberikan oleh Perencana Struktur kepada Pembuat Detail (dan untuk membiasakan Pembuat Detail dengan pendetailan tulangan untuk struktur tahan gempa). Banyak informasi yang dapat diberikan secara skematis seperti yang diperlihatkan pada Gambar 15 sampai 19. Detail tahan gempa yang khusus ini pada prinsipnya dapat diterapkan pada komponen rangka portal yang menahan lentur dan komponen rangka portal yang menahan kombinasi lentur dan gaya aksial pada daerah-daerah dengan risiko gempa tinggi.

Perencana Struktur sebaiknya memeriksa tata letak penulangan secara teliti dalam tiga dimensi dan memberikan informasi yang tepat kepada Pembuat Detail. Pemeriksaan ini akan menunjukkan apakah ada penyumbatan pada join balok-kolom akibat bertumpuknya penulangan balok, kolom, dan sengkang ikat tertutup (*hoop*). Gambar-gambar berskala besar, model, atau *mock-up* dari detail join seperti pada Gambar 18 mungkin berguna untuk menjamin bahwa suatu desain dapat dirakit dan adukan beton dapat dicor dan dipadatkan dengan baik.

Join-join suatu rangka portal dan komponen-komponen batas berupa dinding beton harus dapat meleleh dan tetap kontinu menahan beban setelah meleleh tanpa terjadi keruntuhan getas pada beton ketika menahan beban lateral bolak-balik berlebihan. Untuk mengembangkan sifat daktil ini, beton pada komponen-komponen struktur ini termasuk join-join harus dikekang dengan tulangan transversal yang berupa sengkang ikat tertutup (*hoop*) segi empat atau lingkaran. Lihat Gambar 15-19.

4.2.10.2 Beton

ACI 318 menetapkan bahwa kekuatan beton yang disyaratkan f_c tidak boleh kurang dari 21 MPa. Untuk beton agregat ringan, f_c tidak boleh lebih dari 28 MPa.

4.2.10.3 Penulangan

Tulangan memanjang penahan gempa yang menginduksikan lentur dan gaya aksial pada komponen-komponen rangka portal dan komponen-komponen dinding batas harus memenuhi ASTM A 706. BJTD 40 dan BJTP 24 boleh digunakan asalkan kekuatan leleh aktualnya tidak lebih besar dari 126 MPa terhadap kekuatan leleh yang disyaratkan, dan kuat tarik minimal 25% lebih tinggi dari kuat leleh aktualnya.

Pada daerah-daerah dengan risiko gempa sedang boleh digunakan BJTP 40 dan BJTD 24.

Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa sengkang ikat tertutup (*hoop*) dari jaring kawat baja dilas yang didesain sesuai persyaratan ACI 318 efektif untuk mengekang beton di daerah join.

5. Kewajiban Pembuat Detail Penulangan

5.1 Gambar Pelaksanaan

5.1.1 Definisi

Gambar pelaksanaan adalah gambar kerja yang menunjukkan jumlah, ukuran, panjang dan lokasi tulangan yang diperlukan untuk pabrikan dan pemasangan tulangan. Gambar pelaksanaan dapat terdiri dari denah, detail, elevasi, skedul, tabel bahan dan detail pembengkokan. Gambar pelaksanaan dapat dibuat secara manual atau dengan bantuan komputer.

5.1.2 Ruang Lingkup

Gambar pelaksanaan disiapkan untuk memuat apa yang dimaksud oleh Perencana Struktur sesuai yang tercakup pada Dokumen Kontrak. Dokumen Kontrak beserta tambahan-tambahannya, yaitu 'Addendum' yang dikeluarkan oleh Perencana Struktur untuk setiap masalah yang disepakati ditambahkan pada kontrak jika dikeluarkan setelah kontrak resmi dibuat, merupakan satu-satunya sumber informasi pembuatan gambar pelaksanaan. Gambar pelaksanaan harus memuat semua informasi yang diperlukan untuk pabrikan dan pemasangan semua baja tulangan beserta penumpu-penumpunya.

5.1.3 Prosedur

Gambar pelaksanaan disiapkan oleh Pembuat Detail sesuai instruksi Perencana Struktur yang termuat pada Dokumen Kontrak. Semua informasi tambahan yang diperlukan harus diberikan oleh Kontraktor misalnya kondisi lapangan, hasil pengukuran lapangan, join-join konstruksi dan sekuen pengecoran beton. Setelah disetujui oleh Perencana Struktur, termasuk revisi-revisi yang diperlukan, gambar-gambar tersebut boleh digunakan oleh Pabrikan dan Pemasang Tulangan.

5.1.4 Standar Penggambaran

Gambar pelaksanaan disiapkan berdasarkan standar umum yang sama dengan gambar rekayasa.

5.1.4.1 Tata Ruang Gambar

Gambar-gambar biasanya terdiri dari denah, elevasi, potongan, dan detail suatu struktur, dilengkapi dengan skedul untuk pondasi telapak, kolom, balok, dan pelat. Denah harus diletakkan pada sudut kiri atas bidang gambar, dengan elevasi dan detail-detail di bawahnya dan di sisi kanan denah. Skedul (dan detail pembengkokan) harus ditempatkan pada sudut kanan atas bidang gambar. Lihat Gambar 20 mengenai tata ruang gambar yang direkomendasikan. Tanda panah yang menunjukkan arah utara harus dilukiskan di samping setiap gambar denah.

Gambar pelaksanaan boleh dibuat dengan pensil di atas kertas transparan, kecuali jika ditentukan lain. Media lain yang lebih awet dan menghasilkan reproduksi yang lebih baik boleh digunakan, misalnya tinta, kertas kalkir atau film polyester.

5.1.4.2 Simbol dan Notasi

Simbol dan singkatan yang lazim digunakan pada gambar pelaksanaan dapat dilihat pada bab mengenai *Supporting Reference Data* pada *ACI Detailing Manual SP-66*.

Gambar harus dilengkapi penjelasan tentang simbol atau notasi khusus yang digunakan, jika terdapat kondisi atau detail khusus yang memerlukan penggunaan simbol dan singkatan yang tidak lazim digunakan.

5.1.4.3 Skedul

Tulangan pelat lantai dan banyak bagian-bagian struktur lain dapat disajikan paling jelas dalam bentuk tabel yang biasanya disebut skedul. Skedul adalah ringkasan padat tentang semua batang tulangan lengkap dengan jumlah batang, bentuk dan ukuran, panjang, kode, mutu, bahan pelapis (jika ada), dan detail bengkokan. Surat pesanan ke bengkel dapat dibuat secara mudah dan cepat dengan menggunakan skedul ini.

5.1.4.4 Tulangan yang Diberi Lapisan

Pembuat Detail wajib memenuhi instruksi-instruksi dalam dokumen kontrak. Tulangan yang diberi lapisan harus diberi kode dengan akhiran E (jika dilapis).

epoxy), atau G (jika digalvanis), atau diberi kode (*) ditambah catatan mengenai bahan pelapis yang digunakan, jika tulangan yang diberi lapisan didetail atau ditabelkan bersama-sama dengan yang tidak diberi lapisan.

5.1.5 Gambar Bangunan Gedung

Gambar pelaksanaan biasanya disiapkan oleh Pabrikan dan memperlihatkan detail-detail yang diperlukan untuk pabrikan dan pemasangan tulangan. Gambar pelaksanaan tidak digunakan untuk mengkonstruksikan acuan, sehingga hanya perlu dilengkapi dengan dimensi-dimensi yang diperlukan untuk pemasangan tulangan secara tepat pada suatu lokasi tertentu. Dimensi bangunan diperlihatkan pada gambar pelaksanaan hanya jika diperlukan untuk menempatkan penulangan secara tepat, karena Pembuat Detail bertanggung jawab atas ketepatan dimensi tulangan yang diberikan. Gambar pelaksanaan harus digunakan bersama-sama dengan gambar rekayasa.

Detail-detail pembungkaman dapat dibuat pada suatu daftar yang terpisah dari gambar pelaksanaan.

5.1.5.1 Persyaratan Umum

Setelah menerima gambar-gambar rekayasa, Pabrikan melaksanakan langkah-langkah berikut :

- 1) menyiapkan gambar-gambar pelaksanaan termasuk detail-detail pembungkaman tulangan.
- 2) mengusahakan persetujuan dari Perencana Struktur, Arsitek, atau Kontraktor, jika diperlukan.
- 3) menyiapkan daftar batang dan memproduksi tulangan.
- 4) melapisi tulangan sesuai persyaratan (jika ada).
- 5) memberi label, membundel, dan mengirimkan batang-batang tulangan yang telah selesai diproduksi ke tempat pekerjaan.

Gambar pelaksanaan harus dilengkapi ukuran, bentuk, mutu baja, dan lokasi tulangan serta penumpu-penumpunya pada struktur, untuk tulangan yang diberi lapisan maupun yang tidak diberi lapisan. Gambar pelaksanaan juga menjadi dasar untuk menyiapkan daftar batang.

Pabrikan baru dilaksanakan setelah gambar pelaksanaan mendapatkan persetujuan dari Kontraktor untuk mencegah kekeliruan Pabrikan dalam menafsirkan gambar-gambar rekayasa dan persyaratan yang diberikan oleh Kontraktor.

Penulangan didetail, dipabrikasi, dan dikirim dalam unit-unit struktur yang akan ditulangi untuk memudahkan Kontraktor dan Pabrikator, misalnya pondasi dangkal, dinding, kolom, lantai per lantai, dan atap. Gambar pelaksanaan dan daftar batang biasanya dibuat secara terpisah untuk setiap unit struktur. Semua bagian struktur dapat disatukan dalam gambar pelaksanaan dan daftar batang yang sama untuk struktur-struktur kecil. Kontraktor dapat meminta agar suatu unit yang besar pada proyek-proyek besar, misalnya satu level lantai, dibagi-bagi sesuai dengan skedul pelaksanaan konstruksi. Pengaturan kerja semacam itu antara Kontraktor dan Pabrikator, dengan persetujuan Perencana Struktur, ditentukan sebelum pelaksanaan pendetailan. Semua bagian dibuat sebesar mungkin asalkan praktis masih dapat dilaksanakan, karena lebih ekonomis mendetail dan mempabrikasi dalam unit-unit yang besar, khususnya jika terdapat batang-batang yang dapat dibuat tipikal.

Ketentuan umum Pabrikator yang dimuat dalam Standar ini dimaksudkan untuk perusahaan yang memiliki staf pembuat detail, estimator, staf dan teknisi bengkel, dan lain-lain. Sehubungan dengan itu, dalam praktek umumnya Pembuat Detail menyiapkan gambar pelaksanaan sampai daftar batang, sedangkan staf dan teknisi bengkel mempabrikasi tulangan sampai mengirimkan batang-batang tulangan yang telah selesai dipabrikasi ke tempat pekerjaan.

5.1.5.2 Pengkodean

Pada gambar rekayasa bagian-bagian struktur yang tipikal misalnya pelat joist, balok, balok induk, dan kadang-kadang pondasi diberi kode pengenal yang sama. Gambar pelaksanaan harus menggunakan kode pengenal yang sama dengan gambar rekayasa, sejauh hal ini dimungkinkan. Komponen-komponen yang pada gambar rekayasa tampak tipikal tetapi ternyata gambar pelaksanaannya sedikit berbeda, maka untuk membedakan komponen-komponen tersebut kode pengenal ditambah akhiran dengan dengan huruf yang berbeda. Sebagai contoh, jika dari sekumpulan balok-balok yang pada gambar rekayasa diberi kode 2B3 ternyata ada sebuah balok yang gambar pelaksanaannya sedikit berbeda dari balok-balok yang lain, maka gambar pelaksanaan harus menunjukkan perbedaan tersebut dengan memberi kode pengenal 2B3A sedangkan balok-balok yang lain tetap diberi kode 2B3.

Kolom-kolom dan pondasi pada umumnya, diberi kode dengan nomor urut atau kode berdasarkan sistem koordinat gambar rekayasa. Gambar

pelaksanaan harus menggunakan kode yang sama dengan gambar rekayasa.

Sistem pengkodean yang diuraikan di atas adalah untuk menandai komponen-komponen beton individual pada suatu struktur. Batang-batang tulangan pada gambar pelaksanaan juga harus diidentifikasi secara individual. Untuk membantu pemasang batang tulangan dalam memilih batang tulangan yang tepat untuk masing-masing komponen struktur, maka hanya batang-batang tulangan yang dibengkok saja yang diberi kode. Batang tulangan yang lurus diidentifikasi berdasarkan diameter dan panjangnya.

5.1.5.3 Skedul

Pada gambar pelaksanaan penulangan suatu elemen struktur oapat digambarkan baik pada denah, elevasi, atau potongan, atau disajikan dalam bentuk skedul. Dalam praktek banyak dijumpai detail pondasi, kolom, balok, dan pelat yang disajikan dalam bentuk skedul. Untuk membuat skedul tidak ada format standar. Skedul harus memuat hal-hal penting yang biasanya dicantumkan pada gambar misalnya elevasi, balok, dan dengan jelas dan tepat harus menunjukkan kepada pemasang penulangan dimana dan bagaimana semua batang tulangan yang terdaftar dalam skedul harus dipasang.

5.1.5.4 Kewajiban Pembuat Detail Penulangan

Kewajiban Pembuat detail dalam menyiapkan gambar pelaksanaan adalah memenuhi semua persyaratan dan instruksi yang tercantum di dalam Dokumen Kontrak. Karena itu, Perencana Struktur harus memberikan semua persyaratan dan instruksi secara tepat dan jelas di dalam Dokumen Kontrak. Baik pada spesifikasi maupun pada gambar rekayasa, Perencana Struktur tidak boleh menginstruksikan Pembuat Detail agar mencari sendiri informasi yang diperlukan untuk menyiapkan gambar-gambar pelaksanaan dari suatu referensi tertentu. Perencana Struktur harus menyajikan informasi yang dibutuhkan Pembuat Detail dalam bentuk detail perencanaan yang spesifik atau catatan-catatan yang jelas.

5.1.5.5 Balok dan Joist

Penulangan balok, joist, dan balok induk biasanya dibuat dalam bentuk skedul. Detail pembengkokan dapat dipisah atau digabung dengan skedul. Pembuat Detail harus mencantumkan jumlah, kode, dan ukuran komponen;

jumlah, ukuran, dan panjang batang tulangan yang lurus; jumlah, ukuran, kode, dan panjang batang-batang tulangan yang dibengkok dan sengkang-sengkang; jarak antar sengkang; tulangan yang dibengkok offset; sambungan lewatan; penumpu tulangan; dan semua informasi khusus lainnya yang diperlukan untuk pabrikasi dan pemasangan tulangan secara tepat.

Hal-hal Khusus yang harus dicantumkan antara lain :

- 1) panjang total setiap batang tulangan,
- 2) tinggi kait jika dimensi kait bersifat menentukan,
- 3) panjang sambungan lewatan,
- 4) dimensi bengkokan offset, jika ada, dan
- 5) lokasi batang tulangan pada komponen-komponen penumpunya jika tulangan dipasang tidak simetris terhadap setiap sisi tumpuan.

5.1.5.6 Pelat

Penulangan pelat dapat disajikan dalam bentuk denah atau skedul, kadang-kadang juga dalam bentuk potongan penampang. Skedul dan detail pembengkokan tulangan pelat serupa dengan tulangan balok.

Panel-panel yang tipikal diberi huruf identifikasi dan untuk tipe panel yang sama penulangan cukup digambarkan pada satu panel saja. Untuk panel yang tidak simetris, jika perlu batang-batang tulangan disusun dalam bentuk kipas agar jarak antar batang tulangan yang ditentukan tetap terpenuhi. Tulangan tambahan di sekitar lubang pada pelat harus didetail dengan jelas.

5.1.5.7 Kolom

Pendetailan tulangan kolom pada gambar pelaksanaan umumnya dibuat dalam bentuk skedul. Pembuat Detail selain harus menginterpretasikan gambar rekayasa juga harus dengan jelas menjabarkan interpretasinya tersebut kepada pemasang tulangan. Pada gambar pelaksanaan harus dicantumkan jumlah, ukuran, dan panjang atau kode semua batang tulangan, termasuk dowel, tulangan pokok vertikal, dan tulangan-tulangan pengikat. Sketsa atau rencana pengaturan tulangan tipikal harus dibuat lengkap, tetapi penyajiannya sederhana dan sejelas mungkin. Panjang dan lokasi sambungan lewatan, lokasi sambungan mekanis atau sambungan dengan las, serta posisi tulangan-tulangan yang dibengkok offset harus ditunjukkan dengan jelas pada gambar pelaksanaan.

5.1.5.8 Dowel

Dowel-dowel sebaiknya didetail, dipesan dan dipasang bersamaan dengan penulangan pada elemen struktur yang betonnya dicor lebih dahulu untuk menghindari terjadinya kesalahan pemasangan.

5.1.5.9 Penumpu Tulangan

Deskripsi dan jumlah penumpu tulangan yang disyaratkan di dalam Dokumen Kontrak pada gambar pelaksanaan harus ditabelkan dengan jelas.

Tata letak pemasangan penumpu tulangan untuk panel-panel tipikal diperlukan pada panel-panel yang ditulangi dua arah, dan dimana tata letak tersebut diperlukan untuk memperjelas sekuen pengecoran dan volume beton yang dibutuhkan.

5.1.6 Gambar Jalan Raya

----- highway -----

----- highway -----

5.1.7 Pendetailan untuk Standar Pabrikasi

Tata cara standar industri untuk menyatakan dimensi batang tulangan adalah dalam dimensi sisi-sisi terluarnya dan panjang batang dihitung sebagai jumlah dari semua dimensi-dimensi detailnya, termasuk Kait A dan G (lihat tabel 1).

Semua tabel pada standar ini yang mengatur jarak bersih, jarak as ke as, kait-kait, dan lain-lainnya, adalah untuk batang tulangan deform yang memenuhi spesifikasi SNI tentang

5.1.7.1 Pembengkokan

Batang-batang tulangan tidak boleh dibengkok terlalu tajam agar terhindar dari timbulnya tegangan yang berlebihan selama proses pembengkokan. Kontrol atas hal ini dilakukan dengan membatasi jari-jari dalam bengkokan yang minimum untuk setiap ukuran diameter batang tulangan, yang biasanya dinyatakan sebagai kelipatan dari diameter batang d_b . Rasio diameter dalam bengkokan terhadap diameter batang makin besar jika ukuran diameter batang lebih besar.

Diameter dalam bengkokan minimum sesuai ACI 318 :

Diameter batang [mm]	Selain pengikat atau seangkang	Pengikat atau seangkang
10 , 13 , 16	6 d_b	4 d_b
19, 22, 25	6 d_b	6 d_b
29 , 32, 36	8 d_b	
43, 57	10 d_b	

Diameter dalam bengkokan dari jaring kawat baja dilas (polos atau deform) untuk seangkang dan pengikat, sesuai spesifikasi ACI 313 tidak boleh kurang dari 4 d_b untuk jaring kawat baja dilas deform yang lebih besar dari D6, dan 2 d_b untuk semua jaring kawat baja dilas lainnya. Bengkokan dengan diameter dalam kurang dari 8 d_b jaraknya minimum 4 d_b diukur dari lokasi perpotongan dilas yang terdekat.

5.1.7.2 Kait

ACI 318 mensyaratkan diameter bengkokan minimum untuk batang tulangan, dan juga mendefinisikan "kait standar" :

- 1) bengkokan 180° ditambah perpanjangan sedikitnya 4 d_b tetapi minimum 65 mm pada ujung bebas, atau
- 2) bengkokan 90° ditambah perpanjangan sedikitnya 12 d_b pada ujung bebas, atau
- 3) hanya untuk seangkang dan kait-kait pengikat saja :
bengkokan 90° ditambah perpanjangan 6 d_b untuk tulangan 10, 13, 16 mm, dan perpanjangan 12 d_b untuk tulangan 19, 22, dan 25 mm ; atau
bengkokan 135° ditambah perpanjangan sedikitnya 6 d_b pada ujung bebas batang tulangan.

Untuk pengikat tertutup yang didefinisikan sebagai seangkang ikat, bengkokan 135° ditambah perpanjangan sedikitnya 6 d_b minimum 75 mm.

Diameter bengkokan minimum untuk kait harus memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah disebutkan di atas. Kait-kait standar (lihat Tabel 1) telah dikembangkan sedemikian rupa untuk memenuhi persyaratan minimum, tetapi dengan demikian juga disadari adanya kebutuhan untuk menetralkan "lentangan balik" yang terjadi akibat pabrikasi. Pada Tabel 1 panjang ekstra yang diijinkan untuk kait ditandai dengan A atau G

Pada kondisi tertentu dimana dimensi J, A, G, atau H bersifat menentukan, maka dimensi-dimensi tersebut harus dituliskan pada gambar detail, skedul, dan daftar batang.

5.1.7.3 Penjangkaran Sengkang

Terdapat beberapa metode yang diijinkan untuk penjangkaran sengkang. Yang paling umum adalah dengan menggunakan salah satu kait pada Tabel 1. Tipe S1 sampai S6 pada Gambar 6 tidak saja melukiskan penggunaan kedua tipe kait tersebut, tetapi juga jurusan dimana kait-kait tersebut berbelok. Dalam mendetail penjangkaran, harus diperhatikan agar ujung-ujung kait sengkang yang dibengkok keluar ke dalam pelat tipis memiliki tebal selimut beton yang cukup. Kait-kait harus dibelokkan masuk ke bagian dalam sengkang jika tebal selimut beton tidak mencukupi.

Penumpu sengkang harus dispesifikasikan secara khusus oleh Perencana Struktur jika ujung-ujung bebas dari sengkang tidak dapat diikatkan pada batang tulangan memanjang, atau jika tidak ada batang tulangan memanjang.

5.1.7.4 Bengkokan Standar

Pada suatu skedul berbagai tipe bengkokan yang ada harus dilengkapi dengan gambar dimana panjang bagian-bagiannya ditandai dengan huruf. Gambar 6 memuat berbagai macam tipe bengkokan standar.

Pada Tabel 1, dimensi-dimensi yang diberikan untuk kait A dan G adalah panjang tambahan yang diijinkan.

Panjang bagian-bagian batang yang lurus dihitung sebagai jarak antara titik-titik potong perpanjangan garis-garis tepi luar dari bagian-bagian lurus yang bersebelahan, atau dari ujung bagian lurus sampai titik singgung dengan bagian lengkung yang bersebelahan, atau antara titik-titik singgung bagian yang lurus dengan bagian-bagian lengkung yang bersebelahan (seperti Tipe 10 dan 11 pada Gambar 6).

Panjang bagian batang yang lengkung adalah panjang sisi luar bagian yang lengkung tersebut.

Perhitungan panjang bagian miring suatu bengkokan (yaitu C) dapat dilihat pada detail yang diperbesar pada Gambar 6.

5.1.7.5 Bengkokan Radial

Batang tulangan harus dibengkok radial untuk mengikuti suatu permukaan beton yang melengkung radial, misalnya kubah, tangkai, dan sebagainya. Prapabrikasi dilakukan untuk bengkokan radial dengan jari-jari yang sama atau lebih kecil dari yang tercantum pada tabel, jika di dalam kontrak tidak ada persyaratan khusus. Bengkokan radial dengan jari-jari yang lebih besar atau lebih panjang dari yang tercantum pada tabel dapat dilengkungkan in-situ tanpa prapabrikasi. Tulangan yang diameter batangnya kecil-kecil mudah disesuaikan lagi dengan kondisi yang dijumpai misalnya lokasi sambungan, tulangan vertikal, *jack rods*, lobang jendela, atau jika ada bagian-bagian yang ditunda pengecoran betonnya (*blocked out areas*). Tulangan yang diameter batangnya besar-besar sulit disesuaikan lagi untuk mencapai posisi yang diinginkan, sehingga biasanya digunakan pada struktur-struktur beton yang masif dimana toleransi pemasangan tulangan lebih besar. Tulangan yang diprapabrikasi radial sesudah beberapa waktu jari-jari lengkungannya cenderung membesar. Pada daerah sambungan lewat ujung-ujung batang yang dibengkok radial cenderung melurus kembali sehingga menyerupai garis singgung. Karena itu, masalah pemasangan untuk tulangan yang dibengkok radial adalah penyesuaian akhir di lapangan agar cocok dengan kondisi yang dijumpai dan memenuhi toleransi yang diijinkan. Lihat Gambar 4 dan 5 untuk toleransi radial.

Adanya ujung lurus tidak merupakan masalah untuk tulangan diameter 10 sampai 36 mm karena biasanya disambung dengan lewatan. Ujung lurus merupakan masalah untuk tulangan berdiameter 43 dan 57 mm yang dibengkok radial karena tidak boleh disambung dengan lewatan dan biasanya disambung dengan penyambung mekanis atau dengan las tumpul, apalagi jika jari-jari lengkungannya kecil. Untuk mengatasi masalah ini, semua tulangan berdiameter 43 dan 57 mm dengan jari-jari lengkungan 6000 mm atau kurang ujung-ujungnya harus diperpanjang 450 mm. Tambahan panjang 450 mm yang melurus ini kemudian dipotong di lapangan dengan api (*flame cutting*). Tulangan yang dibengkok radial dengan jari-jari lebih besar dari 6000 mm tidak perlu diberi tambahan panjang dan ujung-ujungnya biasanya dipotong dengan gergaji (*saw cut*).

PRAPABRIKASI RADIAL

Diameter tulangan [mm]	Bengkokan radial diprapabrikasi jika jari-jari atau panjang batang kurang dari nilai-nilai berikut	
	Jari-jari [mm]	Panjang [mm]
10	1500	3000
13	3000	3000
16	4500	3000
19	12000	3000
22	12000	3000
25	18000	9000
29	27000	9000
32	33000	9000
36	33000	18000
43	54000	18000
57	90000	18000

5.1.7.6 Tulangan Miring

Untuk menentukan panjang lurus yang diperlukan untuk membuat bengkokan yang mengandung tulangan miring, panjang bagian yang miring harus dihitung terlebih dahulu. Sudut miring yang standar adalah 45° . Sudut miring bukan 45° dianggap sebagai sudut yang khusus. Panjang setiap bagian yang miring dihitung sampai ketelitiannya adalah 2 cm. Hal ini membuat perhitungan lebih mudah dan masih dalam batas toleransi yang diijinkan. Perlu diperhatikan bahwa jika tinggi bagian yang miring terlalu kecil, bengkokan 45° menjadi tidak mungkin dan sehingga sudut harus dibuat lebih landai dan akibatnya bagian yang miring menjadi lebih panjang.

5.1.7.7 Tulangan Vertikal Kolom

1) Umum

Perencana Struktur harus menyebutkan mutu baja yang disyaratkan pada gambar-gambar atau pada spesifikasi. Pada kolom bertingkat banyak, tulangan vertikal kolom untuk beberapa tingkat yang lebih rendah kadang-kadang direncanakan dengan mutu baja yang lebih tinggi. Karena itu, pada daftar tulangan vertikal kolom per tingkat bangunan Pembuat Detail harus mencantumkan mutu baja yang disyaratkan dan persyaratan khusus untuk tulangan yang disambung dengan las tumpul (jika ada).

Tabel 4 menunjukkan jumlah batang yang dapat dipasang di dalam sengkang spiral sesuai ACI 318 untuk tiga kasus sambungan :

sambungan tumpul, sambungan lewatan radial dengan dowel tulangan kolom bawah di samping tulangan kolom atas. Persyaratan jarak untuk sambungan lewatan keliling juga berlaku untuk sambungan tumpul bundel tulangan dua batang.

Jumlah batang maksimum untuk kedua macam sambungan lewatan pada Tabel 4 berdasarkan asumsi bahwa semua batang disambung pada penampang melintang yang sama. Untuk sambungan tumpul belum diperhitungkan perbesaran diameter akibat pemasangan penyambung mekanis atau tebal las.

2) Loncatan Bidang Muka Kolom

Tulangan vertikal kolom bawah harus dibengkok ofset agar masuk ke dalam kolom atas jika kolom atas lebih kecil dari kolom bawah, kecuali jika digunakan dowel-dowel yang terpisah.

Kemiringan bagian yang dibengkok ofset tidak boleh lebih dari 1 : 6. Tulangan kolom yang dibengkok ofset harus didetail sebesar satu diameter batang ditambah toleransi untuk pemasangan. Batang tulangan, di sudut-sudut kolom biasanya dioffset ke arah diagonal kolom. Tulangan vertikal harus dibengkok ofset jika loncatan bidang muka kolom yang kurang dari 75 mm. Tulangan kolom bawah harus dihentikan pada pelat lantai dan digunakan dowel-dowel lurus yang terpisah jika offset sebesar 75 mm atau lebih.

3) Sambungan Lewatan

Pengaturan tipikal untuk batang-batang tulangan pada suatu sambungan lewatan diperlihatkan pada Gambar 7. Kecuali didetail khusus pada gambar rekayasa, semua tulangan vertikal kolom bujur sangkar atau segi empat yang disambung dengan lewatan harus dibengkok ofset ke dalam kolom atas kecuali jika digunakan dowel-dowel yang terpisah sesuai butir

2). Umumnya batang-batang tulangan di sudut-sudut kolom dibengkok ofset diagonal sedangkan tulangan-tulangan lainnya dibengkok ofset tipikal. Tulangan vertikal kolom bundar dimana ukuran kolom bawah dan kolom atas sama, harus dibengkok ofset hanya jika jumlah maksimum tulangan yang disambung dengan lewatan diinginkan di kolom atas. Lihat tabel 4.

5.1.7.8 Spiral Kolom

1) Umum

Spiral harus dipasang dengan $1\frac{1}{2}$ putaran ekstra di atas dan di bawah. Panjang spiral didefinisikan sebagai ukuran terluar gulungan, termasuk putaran akhir di kedua ujungnya, dengan toleransi ± 40 mm. Jika spiral tidak cukup hanya satu gulung dengan panjang tertentu, dapat dipakai dua gulung atau lebih yang disambung dengan las, atau dengan sambungan lewatan minimum sepanjang 48 kali diameter batang spiral tetapi tidak boleh kurang dari 300 mm. Setiap gulungan spiral harus diberi kode nomor untuk menjamin perakitan secara benar di lapangan pekerjaan.

Penjaga jarak kadang-kadang digunakan untuk mengatur jarak dan penjajaran putaran spiral secara tepat. Penjaga jarak harus memenuhi persyaratan minimum pada Tabel 7. Metode alternatif yang tidak menggunakan penjaga jarak adalah mengirimkan spiral dalam bentuk gulungan yang rapat, kemudian di tempat pekerjaan ditarik lalu diikat sesuai jarak yang ditentukan. Spesifikasi proyek atau persetujuan dengan subkontraktor harus secara jelas mengatur apakah spiral harus menggunakan penjaga jarak atau boleh gulungan rapat yang ditarik di lapangan pekerjaan.

Spiral juga digunakan pada tiang-tiang pondasi, tetapi spiral jenis ini tidak memenuhi definisi ACI 318 tentang spiral dan biasanya dibuat dari kawat baja dengan jarak putaran spiral yang relatif besar tanpa menggunakan penjaga jarak.

2) Bangunan Gedung

Kecuali dispesifikasikan lain, spiral harus didetail dari bawah ke atas mulai level lantai bawah atau puncak kaki kolom atau pedestal, sampai ke tulangan paling bawah dari pelat lantai atau balok lantai atas. Pada kolom dengan kepala kolom, spiral harus diperpanjang melewati bidang dimana diameter atau lebar kepala kolom mencapai dua kali lebar kolom. Lihat detail 2 pada Gambar 7, Jika gambar rekayasa mensyaratkan adanya tulangan lateral di dalam kolom di antara puncak spiral utama dan level lantai atas, harus dipasang spiral pendek atau sengkang-sengkang lingkaran. Spiral pendek harus dikirim bersama-sama dengan spiral utama dan diidentifikasi dengan kode tertentu.

5.1.7.9 Dowel

Pembuat Detail harus menyiapkan dowel-dowel sesuai spesifikasi dalam Dokumen Kontrak untuk :

- 1) kaki kolom ke kolom
 - 2) kaki dinding ke dinding
 - 3) perpotongan dinding
 - 4) tangga ke dinding
 - 5) join konstruksi pada kaki pondasi, dinding, dan pelat
 - 6) kolom pada level-level lantai dimana tulangan vertikal kolom tidak dapat diperpanjang dan dibengkok offset
 - 7) tempat-tempat dimana tulangan tidak mungkin diteruskan secara kontinu.
- Dowel-dowel sebaiknya didetail dan dipesan bersama-sama dengan elemen yang betonnya akan dicor lebih dahulu.

5.1.7.10 Daftar Batang Tulangan

Dari gambar pelaksanaan dibuat daftar batang yang digunakan untuk pemotongan, pembengkokan, pelabelan, pengiriman, dan pembuatan faktur. Pada daftar batang tulangan dikelompokkan terpisah-pisah berdasarkan : batang yang lurus, batang yang dibengkok (termasuk sengkang dan pengikat), dan spiral. Mutu baja untuk semua batang harus jelas.

Batang-batang lurus biasanya dikelompokkan mulai dari diameter terbesar sampai yang terkecil. Per kelompok diameter dimulai dari yang paling panjang sampai yang terpendek.

Batang yang dibengkok termasuk sengkang dari pengikat biasanya didaftar dengan sistem yang serupa.

Spiral dapat dibagi dan diurutkan dalam kelompok-kelompok berdasarkan ukuran batang, diameter spiral, jarak putaran spiral, dan panjangnya. Sebagai contoh, lihat Gambar 21.

5.2 Tata Cara Pabrikasi

5.2.1 Pabrikasi

Tulangan yang telah dipabrikasi adalah semua baja tulangan deform atau polos untuk penulangan beton, sesuai spesifikasi ASTM A 615, A 616, A 617 atau A 706, yang dipotong sesuai panjang yang ditentukan atau dipotong dan dibengkok sesuai panjang dan konfigurasi yang ditentukan. Jaring kawat baja dilas yang deform sesuai ASTM A 185 atau yang polos sesuai ASTM A 497, dan spiral dari kawat baja yang dibentuk dalam keadaan dingin sesuai ASTM A 82 atau A 496, menurut definisi ini juga termasuk sebagai tulangan beton.

Material lain yang digunakan sebagai tulangan beton dan diproses bukan dengan cara dipotong dan dibengkok tidak termasuk dalam definisi ini.

5.2.2

Peningkatan Harga Satuan Tulangan Terpasang

Baja tulangan dijual berdasarkan berat per satuan panjang teoritis sesuai SNI 07-2052-90. Panjang total batang-batang per ukuran diameter dihitung dari gambar detail pelaksanaan, daftar batang, dan/atau order pesanan. Pada penentuan berat batang yang dibengkok, taia cara standar pada industri pabriaksi adalah semua dimensi menunjukkan dimensi terluar batang yang dibengkok, dan memperhitungkan panjang batang lurus yang diperlukan untuk pabriaksi sebagai jumlah dari semua dimensi detail-detail bengkokannya, termasuk Kait A dan G. Lihat Gambar 6.

Harga satuan tulangan terpasang dapat meningkat untuk kasus-kasus :

- 1) digunakan panjang dan diameter yang khusus
- 2) digunakan mutu baja yang khusus
- 3) diperlukan pembengkokan ekstra
- 4) diperlukan pelayanan dan pabriaksi yang spesial

Pembengkokan ekstra meliputi :

o a. Bengkokan ringan

Semua batang berdiameter 10 mm meliputi semua sengkang, segkang ikat, pengikat tambahan, dan pengikat, serta semua batang berdiameter 13 mm sampai 57 mm yang dibengkok pada lebih dari 6 titik sebidang, atau batang yang dibengkok tidak sebidang (kecuali 'bengkokan spesial'), semua bengkokan radial dengan jari-jari lebih dari satu (maksimum tiga macam ukuran jari-jari), atau kombinasi bengkokan radial dan bengkokan tipe lain yang sebidang. Bengkokan radial didefinisikan sebagai semua bengkokan dengan jari-jari 300 mm atau lebih diukur terhadap sisi dalam batang.

b. Bengkokan berat

Batang berdiameter 13 mm sampai 57 mm yang dibengkok pada tidak lebih dari enam titik sebidang (kecuali diklasifikasikan sebagai 'bengkokan ringan' atau 'bengkokan spesial') dan bengkokan radial dengan jari-jari tunggal.

c. Bengkokan spesial

Semua bengkokan dengan toleransi khusus (toleransi yang lebih ketat dari yang tercantum pada Gambar 4 dan 5), semua bengkokan radial tidak sebidang, semua bengkokan multi bidang dengan satu atau lebih bengkokan radial, dan semua bengkokan untuk unit-unit pracetak.

Peningkatan harga satuan tulangan untuk pelayanan dan pabrikan misalnya untuk :

- a. pendetailan dan/atau urutan
- b. jaminan kualitas/persyaratan mutu
- c. transportasi
- d. pelapisan dengan seng (digalvanis) atau epoxy
- e. pengecatan, pencelupan, atau pelapisan
- f. spiral dan sengkang ikat menerus
- g. pengketatan toleransi
- h. ujung dipotong rata
- i. ujung dipotong miring
- j. pembubutan untuk membuat uliran
- k. pembundelan dan pelabelan khusus
- l. tulangan dengan panjang lebih dari biasa
- m. pengelasan

5.2.3 Toleransi

Toleransi standar untuk industri pabrikan yang berlaku umum boleh digunakan, kecuali jika dalam spesifikasi kontrak atau pada gambar rekayasa ditentukan lain. Gambar 4 dan 5 mendefinisikan toleransi pabrikan untuk macam-macam bengkokan standar, sesuai Gambar 6. Toleransi yang lebih ketat dapat menyebabkan peningkatan harga tulangan. Lihat ACI 117 untuk informasi lebih lanjut mengenai toleransi.

5.3 Penumpu Tulangan

5.3.1 Umum

Dokumen Kontrak biasanya membatasi kebutuhan dan persyaratan untuk penumpu tulangan. Persyaratan berikut ini berlaku untuk penumpu tulangan, dan dapat berlaku pula untuk penumpu kawat atau jaring kawat baja dilas.

5.3.1.1 Persyaratan Umum

Jika Dokumen Kontrak hanya menspesifikasikan bahwa tulangan "harus dipasang secara akurat dan ditumpu dengan baik sebelum adukan beton dicor, serta harus diamankan supaya pergeseran yang terjadi masih dalam toleransi yang diijinkan", maka Kontraktor bebas untuk menentukan tipe penumpu tulangan yang akan digunakan pada setiap bagian struktur.

5.3.1.2 Persyaratan Khusus

Jika Dokumen Kontrak menspesifikasikan tipe atau material penumpu tulangan yang berbeda-beda untuk berbagai bagian struktur, Pembuat Detail

harus menunjukkan dengan jelas tipe dan material penumpu tulangan yang harus digunakan untuk setiap bagian struktur, termasuk ukuran, tipe, pengaturannya, dan jumlah yang dibutuhkan.

5.3.2 Tipe-tipe Penumpu Tulangan

5.3.2.1 Penumpu Kawat

Jika penumpu kawat digunakan untuk tulangan yang berat dan berlapis-lapis, jarak antar penumpu kawat harus diperdekat untuk mencegah penetrasi kaki-kaki penumpu kawat ke dalam acuan, khususnya jika permukaan beton tidak diberi lapisan pelindung atau terancam langsung oleh korosi.

5.3.2.2 Penumpu Tulangan Beton Pracetak

Jika permukaan beton akan dikasarkan dengan disemprot pasir bertekanan tinggi (*sandblasting*), atau dengan pahat (*bushhammering*), atau dengan bahan kimia pelarut mortar di permukaan beton, penumpu tulangan dari beton pracetak dapat kelihatan dan merusak pola permukaan beton.

5.3.3 Penjaga Jarak ke Acuan

Semua baja tulangan harus dipasang kokoh di tempat yang direncanakan sebelum dan selama pelaksanaan pengecoran beton dengan memakai blok beton, penumpu tulangan dari logam atau plastik, batang penjaga jarak, kawat, atau perlengkapan lain yang cocok untuk menjamin agar tidak terjadi pergeseran selama pelaksanaan konstruksi dan untuk menjaga agar baja tulangan tetap berada pada jarak yang tepat dari bidang acuan. Pemilihan tipe penjaga jarak secara tradisional merupakan tanggung jawab Kontraktor. Pendetailan penjaga jarak ke tepi acuan bukan merupakan persyaratan standar yang harus dipenuhi kecuali jika secara khusus diatur di dalam Dokumen Kontrak. Gambar pelaksanaan penulangan hanya perlu menunjukkan tebal selimut beton, dan Pabrikator bertanggung jawab untuk memasok penjaga jarak yang dibutuhkan.

5.3.4 Pemasangan Penumpu Tulangan

5.3.4.1 Umum

Tulangan harus ditumpu agar tidak bergeser dari tempat yang direncanakan sebelum dan selama pelaksanaan pembetonan. Karena itu, penumpu tulangan harus dipasang dengan jarak antara yang cukup dekat agar kuat untuk mendukung tulangan yang ditumpunya. Pada konstruksi joist penumpu tulangan didetail untuk tulangan penahan pengaruh suhu pada bidang atas pelat hanya jika secara khusus disyaratkan pada Dokumen Kontrak.

Penumpu tulangan tidak dimaksudkan dan tidak boleh digunakan untuk menumpu jalan yang akan dilewati oleh kereta pengangkut adukan beton atau beban-beban berat lainnya.

5.3.4.2 Penumpu Tulangan untuk Beton yang Dicor di Atas Tanah

Penumpu tulangan hanya didetail untuk tulangan atas pada pelat di atas tanah, balok di atas tanah, kaki pondasi, dan lapik pondasi yang tebalnya 120 cm atau kurang, dengan jarak antar penumpu maksimum 120 cm.

Jika secara khusus disyaratkan pada Dokumen Kontrak, untuk pelat atau balok di atas tanah penumpu tulangan sebelah bawah harus disediakan oleh Pabrikan. Banyak cara untuk menumpu tulangan atas pada kaki pondasi dan lapik pondasi (*foundation mats*) yang tebalnya lebih dari 120 cm sehingga Pabrikan menyediakan penumpu tulangan atas hanya jika tipe dan pengaturan penumpu ini telah ditentukan secara khusus.

5.4 Pendetailan Dengan Komputer

5.4.1 Penggunaan Komputer pada Pendetailan

Komputer digunakan untuk mendetail penulangan agar pembuatan gambar pelaksanaan dapat lebih cepat, lebih rapi, lebih kompak dan membantu Pembuat Detail dalam melakukan perhitungan secara lebih cepat dan akurat. *Computer aided drafting (CAD)* juga digunakan pada penggambaran dan pendetailan gambar pelaksanaan. Sistem ini sangat membantu Pembuat Detail karena mempercepat, akurat, dan mempermudah jika perlu diadakan perubahan gambar.

5.4.2 Gambar Pelaksanaan

Pembuat Detail menyiapkan bagian grafis gambar pelaksanaan dengan cara konvensional. Meskipun demikian, gambar pelaksanaan yang dihasilkannya merupakan produk keluaran dari perlengkapan komputer yaitu printer atau ploter. Selain memuat detail bengkokan, gambar pelaksanaan dapat dilengkapi dengan semua informasi lain yang dianggap perlu misalnya daftar batang yang diperlukan oleh Pabrikan maupun pemasang tulangan.

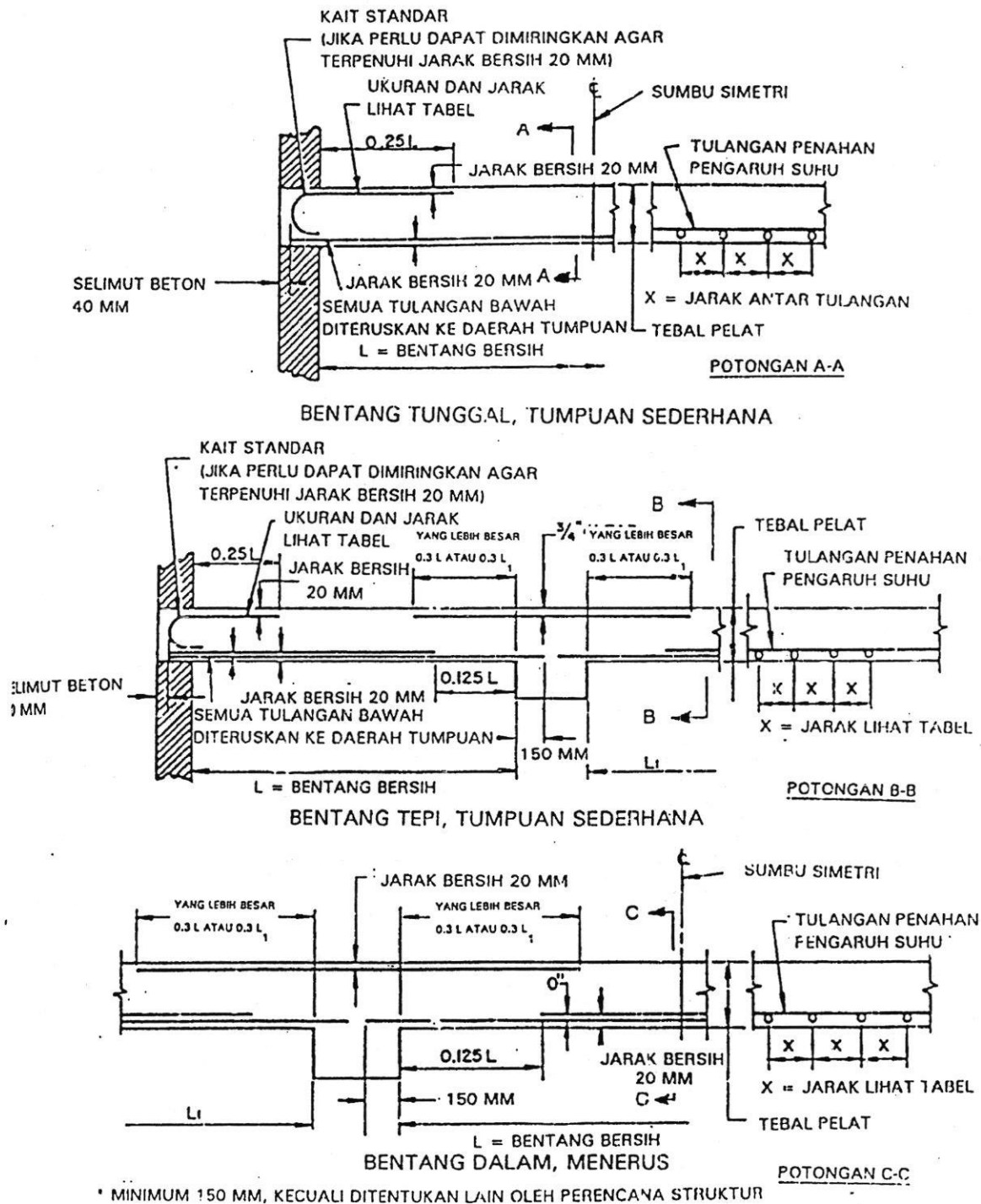
5.4.3 Prosedur Pemesanan

Jika gambar pelaksanaan telah disetujui, prosedur pemesanan ke bengkel disederhanakan dengan menggunakan data dari daftar batang atau skedul pembengkokan. Pembuat Detail menentukan bagian yang akan dipesan dari suatu gambar pelaksanaan, dan selanjutnya peralatan pemroses data akan

menyortir dan mendaftar batang tulangan sesuai mutu baja, tipe bengkokan, ukuran dan panjang batang sesuai urutan pada daftar batang, dan mencetak kartu label serta semua dokumen pengiriman muatan.

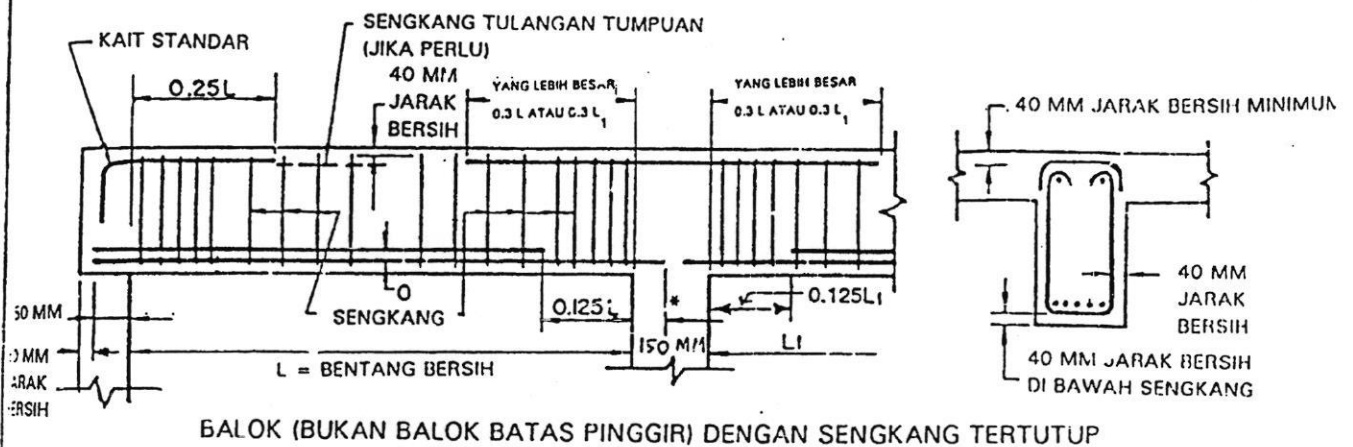
5.5 Pemasangan Tulangan Berdasarkan Ukuran/Jarak

Pelat dan dinding beton dapat direncanakan per meter panjang dan tulangan yang diperlukan biasanya dinyatakan dalam kombinasi ukuran dan jarak pemasangan dengan ketelitian 10 mm. Jadi D13-200 berarti tulangan berdiameter 13 mm yang dipasang setiap jarak 200 mm. Jika gambar rekayasa secara khusus menentukan posisi tulangan pertama pada setiap panel, atau suatu panjang tertentu, atau jumlah batang tulangan, Pembuat Detail Penguatan hanya tinggal mengikuti ketentuan tersebut. Lihat Gambar 23.

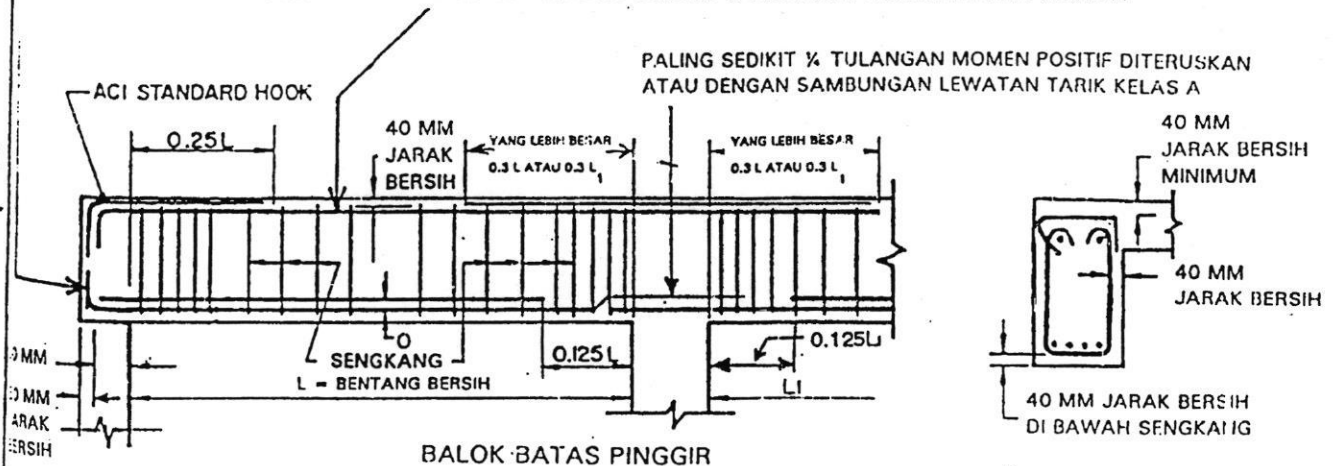


GAMBAR 1
DETAIL TIPIKAL UNTUK PELAT PADAT SATU ARAH

Paling sedikit ¼ tulangan momen positif
diteruskan dengan kait standar

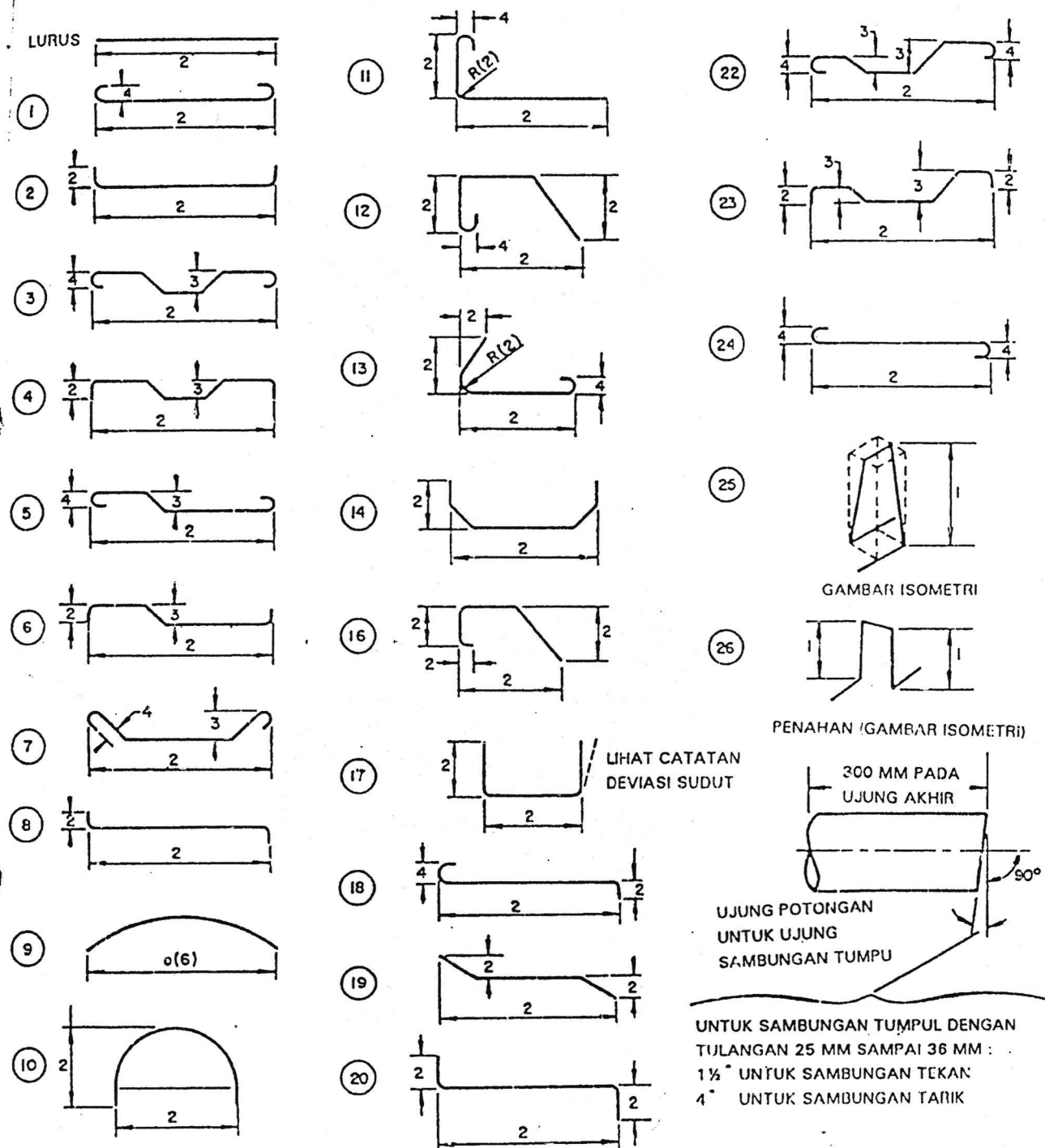


Paling sedikit ¼ tulangan momen positif diteruskan dengan kait standar
Di tengah bentang paling sedikit 1/6 tulangan momen negatif diteruskan atau dengan sambungan lewatan tarik kelas A

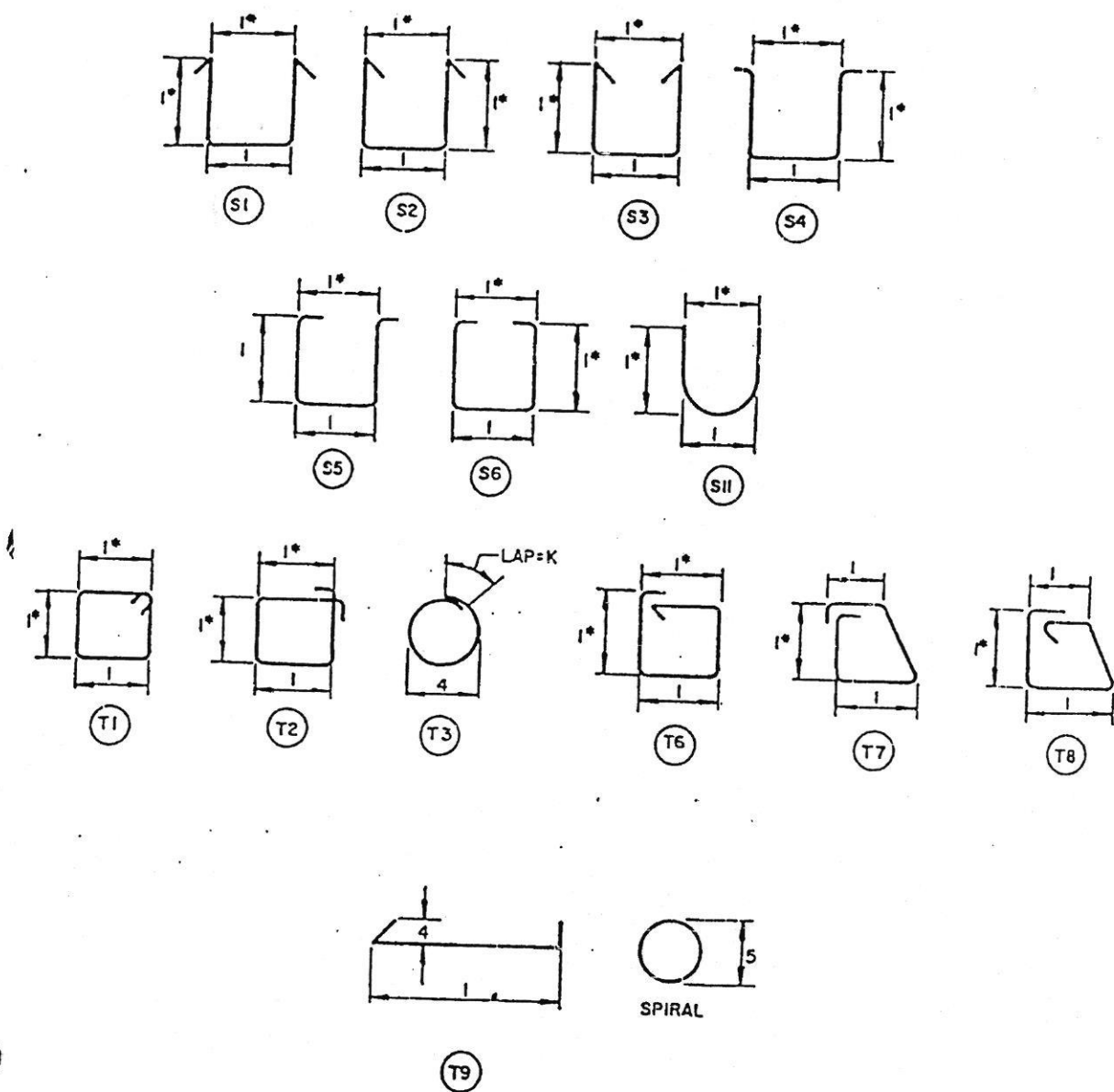


* MINIMUM 150 MM, KECUALI DITENTUKAN LAIN OLEH PERENCANA STRUKTUR

GAMBAR 2
DETAIL TIPIKAL UNTUK BALOK



GAMBAR 4
TOLERANSI STANDAR UNTUK PABRIKASI TULANGAN
UKURAN 10 MM SAMPAI 36 MM



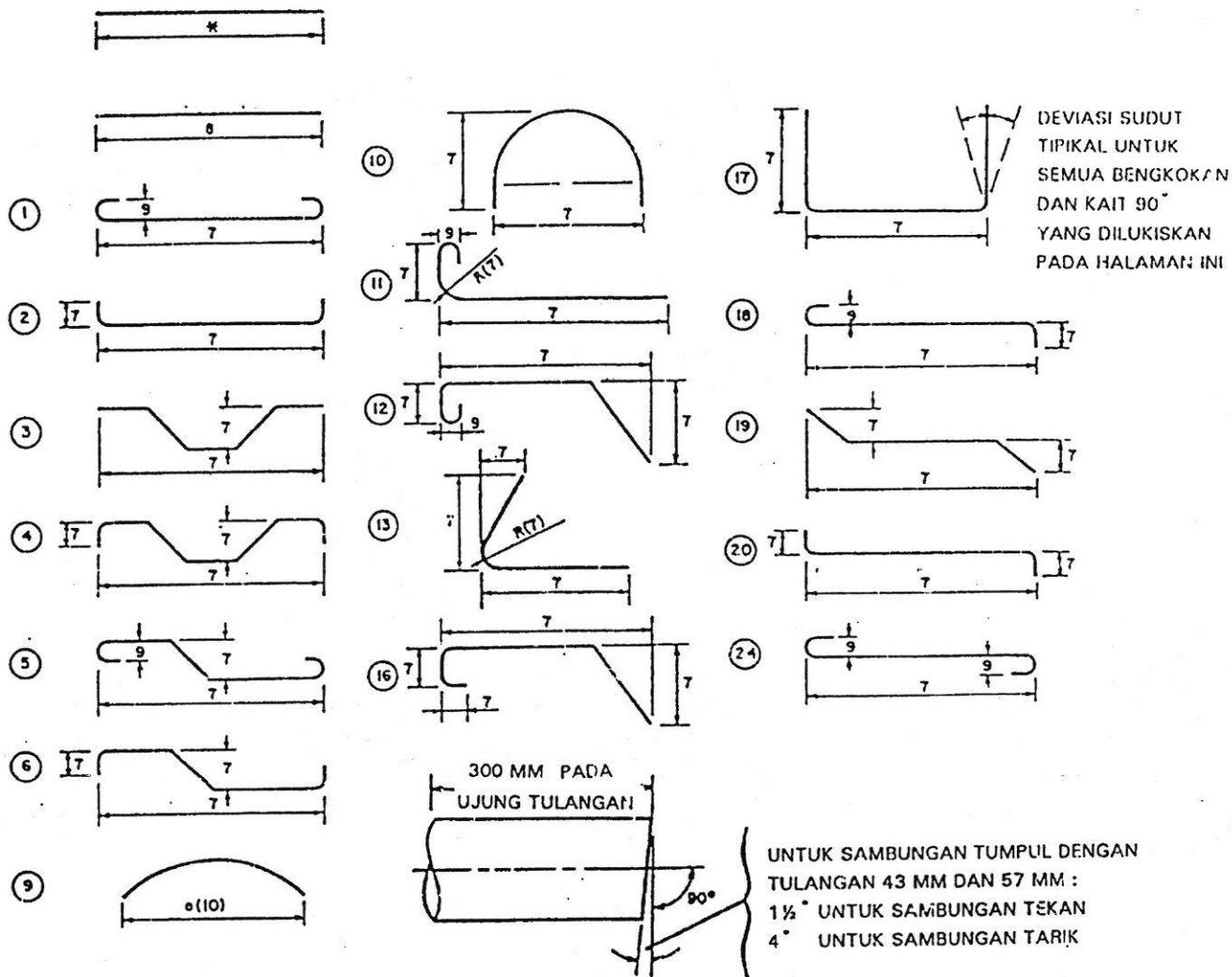
Catatan :

Semua toleransi berlaku untuk bidang datar.
 Toleransi tipe S1 sampai S6, S11, T1 sampai T3,
 dan T6 sampai T9 hanya untuk ukuran tulangan
 10 mm sampai 25 mm.
 Deviasi sudut - maksimum lebih atau kurang $2\frac{1}{2}^\circ$
 atau lebih atau kurang 13 mm per 30 cm, tetapi
 tidak kurang dari 13 mm, pada semua bengkokan :
 dan kait 90°

SIMBOL-SIMBOL TOLERANSI :

1. Ukuran tulangan 10 mm, 13 mm, 16 mm :
 = lebih atau kurang 13 mm jika panjang total < 360 cm
 = lebih atau kurang 25 mm jika panjang total ≥ 360 cm
 Ukuran tulangan 19 mm sampai 36 mm :
 = lebih atau kurang 25 mm
2. Lebih atau kurang 25 mm
3. Lebih 0, kurang 13 mm
4. Lebih atau kurang 13 mm
5. Lebih atau kurang 13 mm untuk diameter ≤ 75 mm
 Lebih atau kurang 25 mm untuk diameter > 75 mm
6. Lebih atau kurang $1\frac{1}{4}\%$ dari ukuran $\geq$ lebih atau kurang 50 mm
 minimum. Jika toleransi positif pada tipe 9 menghasilkan panjang
 busur sama atau lebih besar dari panjang lengkungan atau panjang
 tulangan, batang tulangan boleh dikirim dalam kondisi lurus.

GAMBAR 4 (LANJUTAN)
TOLERANSI STANDAR UNTUK PABRIKASI TULANGAN
UKURAN 10 MM SAMPAI 36 MM



Catatan :

Semua toleransi berlaku untuk bidang datar.

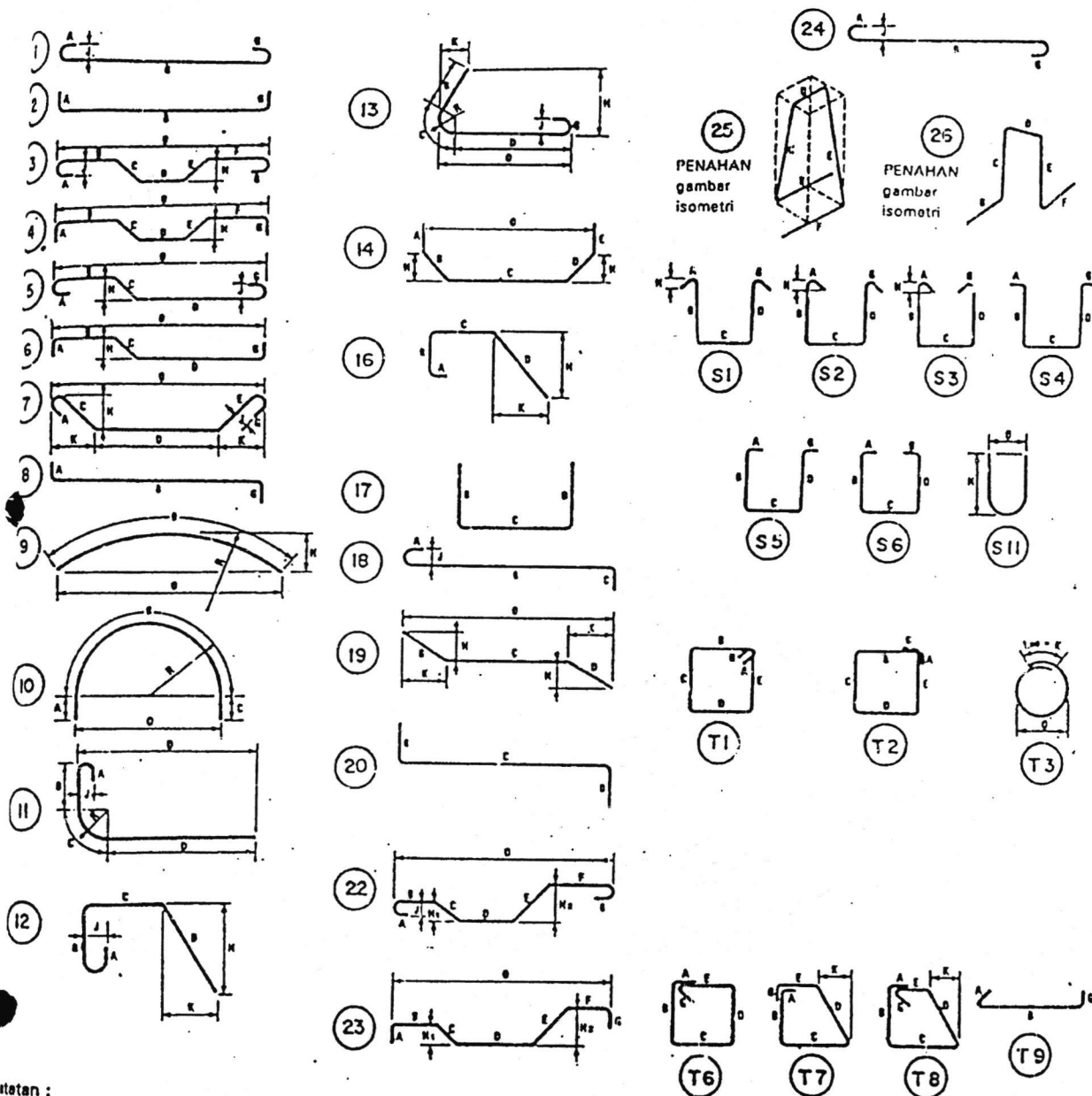
Deviasi sudut - maksimum lebih atau kurang 2½°
atau lebih atau kurang 13 mm per 30 cm, pada
semua bengkokan dan kait 90°

- Jika toleransi positif pada tipe 9 menghasilkan
panjang busur sama atau lebih besar dari panjang
lengkungan atau panjang tulangan, batang tulangan
boleh dikirim dalam kondisi lurus.

SIMBOL-SIMBOL TOLERANSI :

	43 mm	57 mm
7. Lebih atau kurang	65 mm	90 mm
8. Lebih atau kurang	50 mm	50 mm
9. Lebih atau kurang	40 mm	50 mm
10. Lebih atau kurang	2% kali dimensi o	± 65 mm*
	minimum	minimum

GAMBAR 5
TOLERANSI STANDAR UNTUK PABRIKASI TULANGAN
UKURAN 43 MM DAN 57 MM

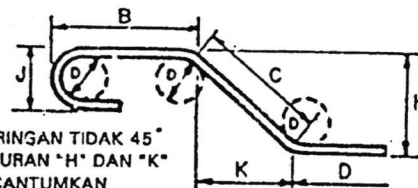


catatan :

- Semua dimensi menyatakan ukuran luar pembungkakan tulangan kecuali A dan G pada kait 180° dan 135°.
- Dimensi J pada kait 180° diperlihatkan hanya jika perlu untuk pembatasan ukuran kait; jika tidak maka harus digunakan kait standar.
- Jika J tidak ditulis, J harus diambil sama atau lebih kecil dari H pada tipe 3, 5, dan 22. J harus ditulis jika diplotikikan lebih besar dari H.
- Dimensi H pada sengkang harus ditentukan jika perlu tempat yang cukup di dalam beton.
- Jika tulangan harus dibengkokkan dengan lebih akurat dari toleransi standar pembungkakan, dimensi yang memerlukan akurasi pabrikasi lebih cermat harus diberi catatan besarnya batas toleransi yang diijinkan.
- Tipe pembungkakan diberi nomor dalam lingkaran.
- Untuk diameter bengkokan minimum, lihat butir 3.7.1. pada standar ini; untuk dimensi kait yang direkomendasikan lihat Tabel 1.
- Tipe S1-S6, S11, T1-T3, T6-T9 hanya berlaku untuk tulangan berdiameter 10 mm sampai 25 mm.



BATANG TULANGAN YANG SAMA, KECUALI DIBERI KETERANGAN KHUSUS DIAMETER D UNTUK SEMUA BENGKOKAN DAN KAIT ADALAH SAMA BESAR

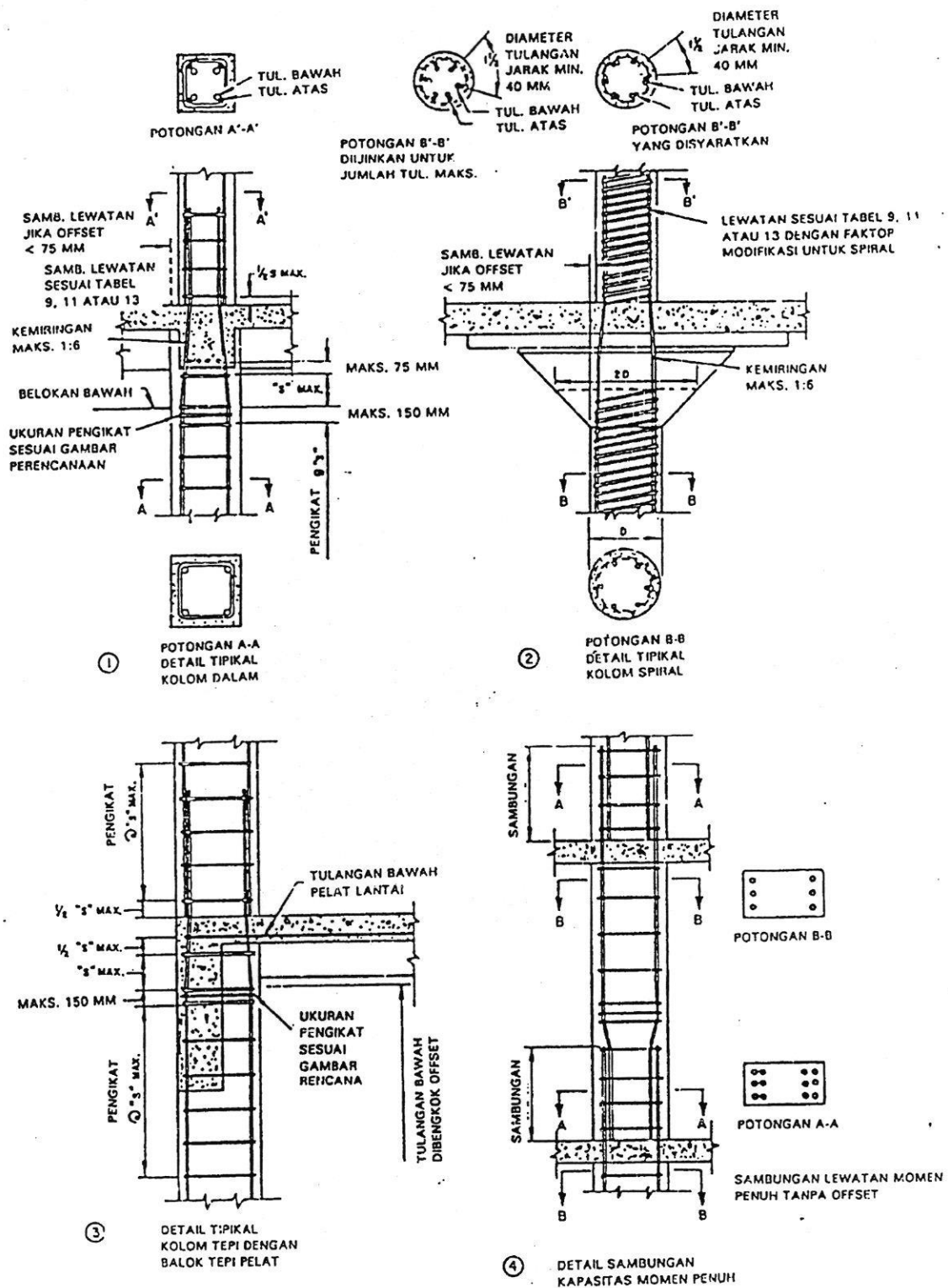


JIKA KEMIRINGAN TIDAK 45°
SEMUA UKURAN "H" DAN "K"
HARUS DICANTUMKAN

GAMBAR YANG DIPERBESAR UNTUK
MEMPERJELAS DETAIL PEMBENGKOKAN
BATANG TULANGAN

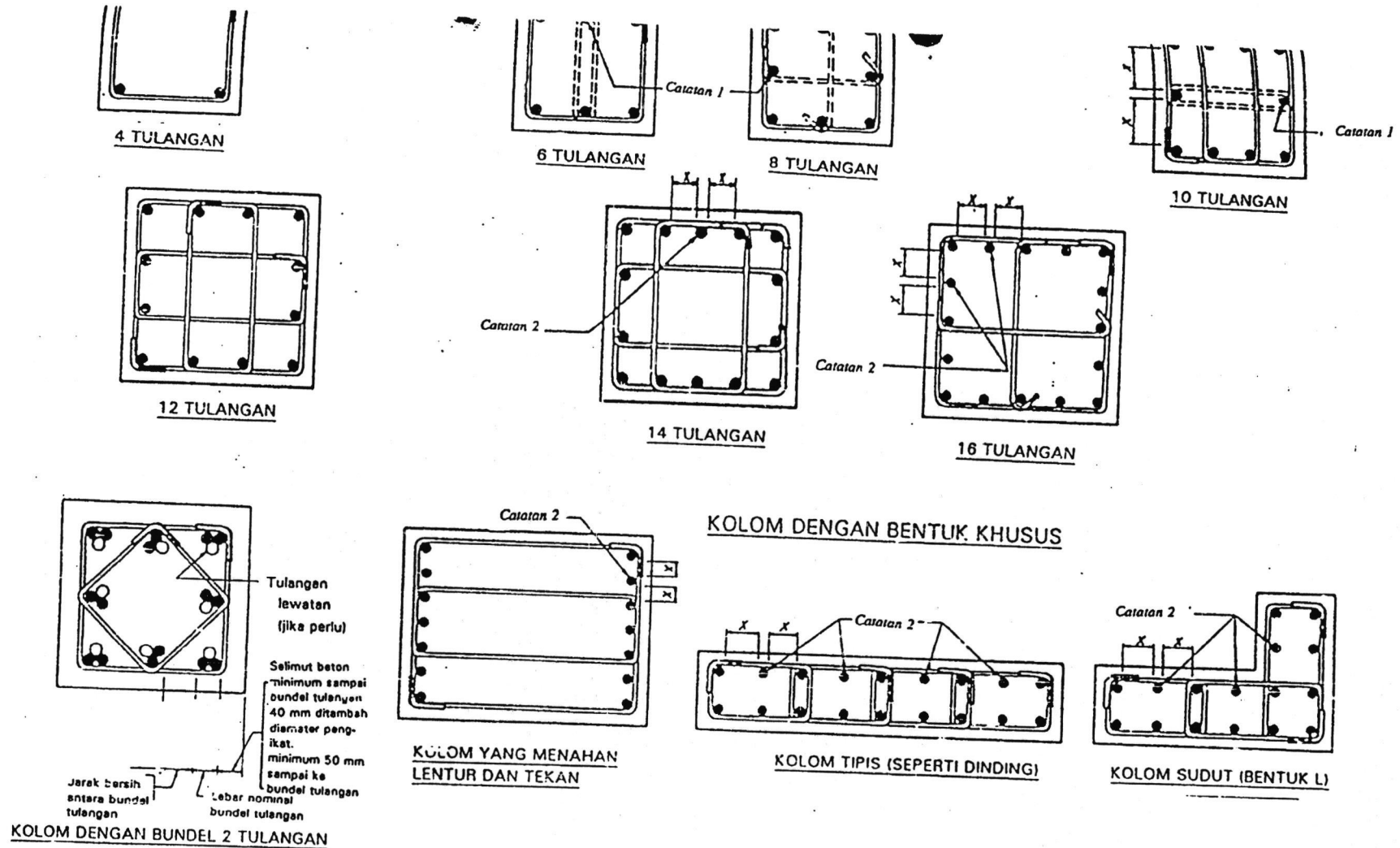
GAMBAR 6

BENTUK-BENTUK PEMBENGKOKAN TULANGAN YANG TIPIKAL



down" offset bars are effective in maintaining the full moment capacity standings, whenever its use is deemed necessary.

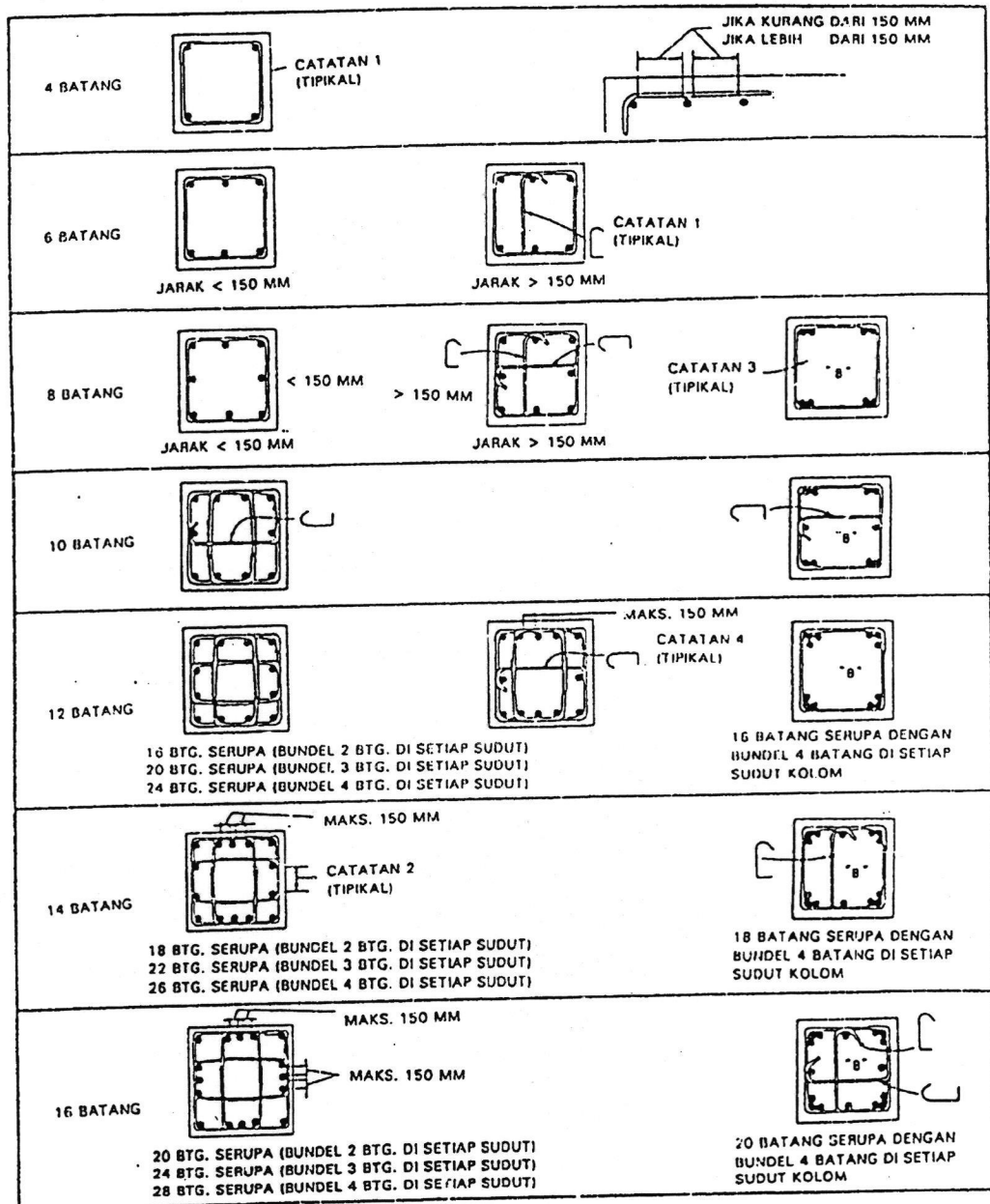
GAMBAR 7
DETAIL SAMBUNGAN KOLOM



Pola perakitan pengikat yang berbeda bolen digunakan asalkan detail yang disyaratkan diperlihatkan pada gambar kontrak.
Susunan pengikat berkaki tunggal boleh digunakan menggantikan pengikat tertutup yang menerus (langsung).

Catatan 1 : Tulangan harus diikat seperti garis putus-putus jika jarak $X > 150$ mm
Catatan 2 : Tulangan kolom tidak perlu diikat jika jarak $X \leq 150$ mm
Catatan 3 : Selut beton minimum 40 mm diukur sampai ke tulangan pengikat

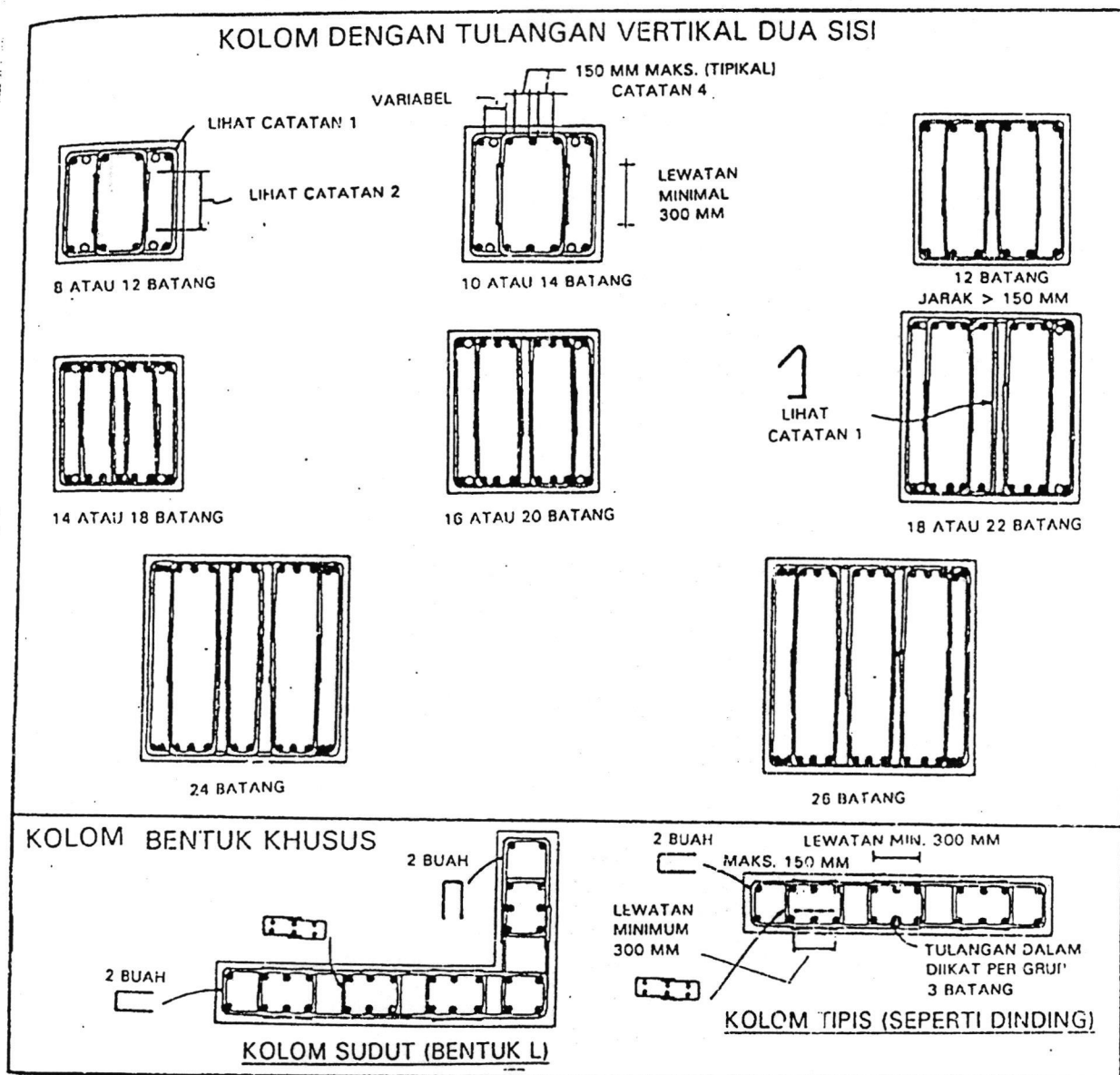
GAMBAR 8
POLA PERAKITAN TULANGAN PENGIKAT
PADA SAMBUNGAN LEWATAN TULANGAN KOLOM



Catatan :

1. Selang-seling posisi kait untuk pengikat yang berturutan.
2. Panjang lewatan minimum 30 mm.
3. B menunjukkan bundel tulangan (maks. 4 batang per bundel).
4. Tanpa pengikat pada batang tengah (grup 3+3 batang) asal jarak bersih maksimum 150 mm.

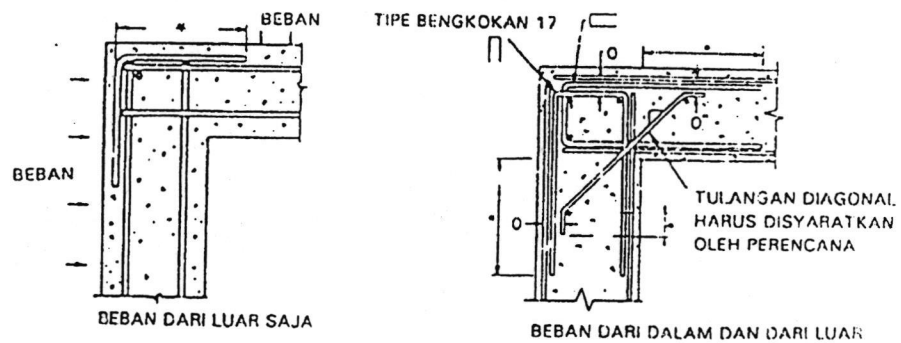
GAMBAR 9
PENGIKAT KOLOM UNIVERSAL UNTUK KOLOM-KOLOM STANDAR



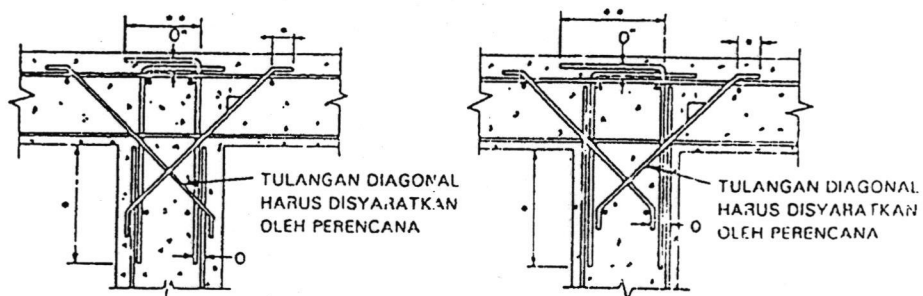
Catatan :

1. Selang-seling posisi kait untuk pengikat yang berturutan.
2. Panjang lewatan minimum 300 mm.
3. B menunjukkan bundel tulangan (maks. 4 batang per bundel).
4. Tanpa pengikat pada batang tengah (grup 3+3 batang) asal jarak bersih maks. 150 mm.

GAMBAR 10
PENGIKAT KOLOM UNIVERSAL
UNTUK KOLOM DENGAN TULANGAN VERTIKAL DUA SISI
DAN KOLOM DENGAN BENTUK KHUSUS



DETAIL SUDUT (TIPIKAL)

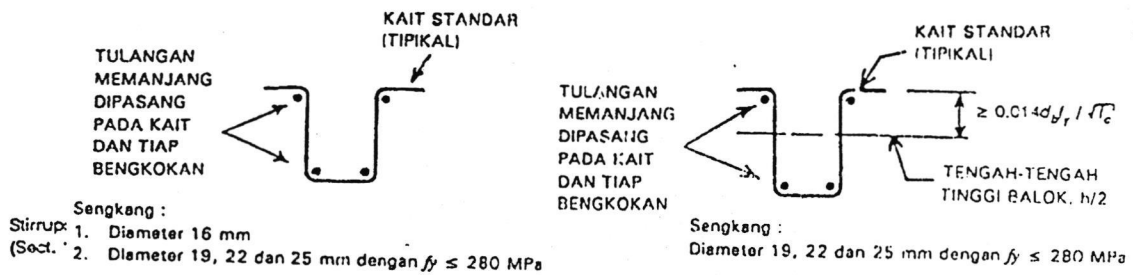


DETAIL PERPOTONGAN DINDING (TIPIKAL)

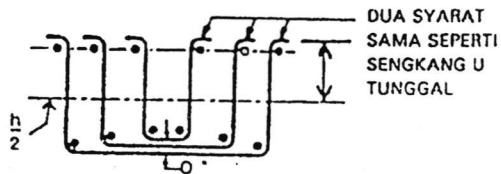
CATATAN :

- DIMENSI HARUS DITULISKAN ATAU DITETAPKAN OLEH PERENCANA.
- JIKA BUKAN KAIT STANDAR 90° DIMENSI HARUS DITULIS.

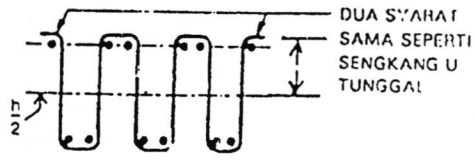
GAMBAR 11
DETAIL DINDING YANG TIPIKAL (POTONGAN HORIZONTAL)



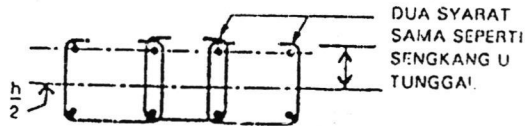
PERSYARATAN PENJANGKARAN UNTUK SENGGANG U TUNGGAL



PEMASANGAN YANG DISARANKAN

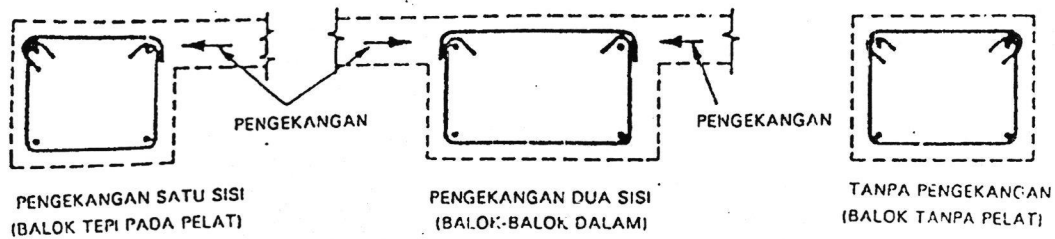


PEMASANGAN LEBIH SULIT

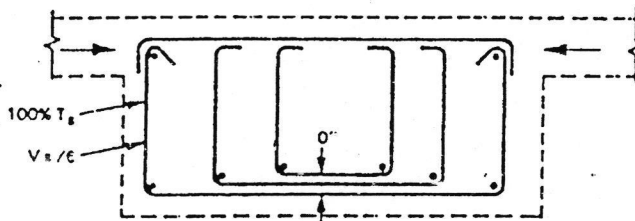
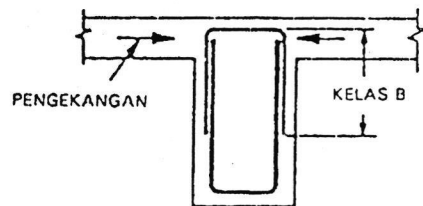


PALING SULIT DIPASANG

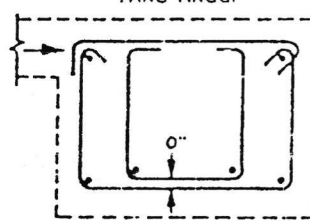
GAMBAR 12
PERSYARATAN PENJANGKARAN SENGGANG TERBUKA



RECOMMENDED EFFECTIVE SINGLE TWO-PIECE
CLOSED STIRRUPS—TORSION AND SHEAR
End anchorage of both vertical legs and top closure per
Section 12.13.2 of ACI 318 for bar size versus dimensions
of beam. Longitudinal bars required for each corner.



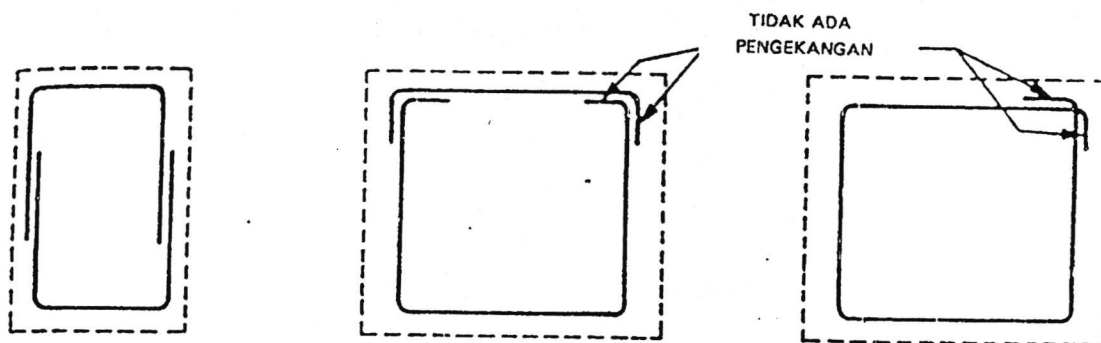
PUNTIR 100% DITAHAN SENGGANG LUAR
DAN BATANG HORIZONTAL ATAS.
GESER DIBAGI PADA 6 KAKI VERTIKAL.



PENGGANTI UNTUK BALOK DALAM
YANG TINGGI

PUNTIR 100% DITAHAN SENGGANG LUAR
DAN BATANG HORIZONTAL ATAS.
GESER DIBAGI PADA 4 KAKI VERTIKAL

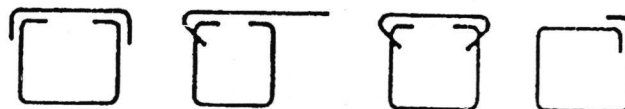
GAMBAR 13
SENGKANG TERTUTUP (KOMBINASI) YANG DIREKOMENDASIKAN



TIPE SENGKANG TERTUTUP YANG TIDAK EFEKTIF UNTUK MENAHAN PUNTIR



TIDAK ADA
PENGEKANGAN
DARI ATAS

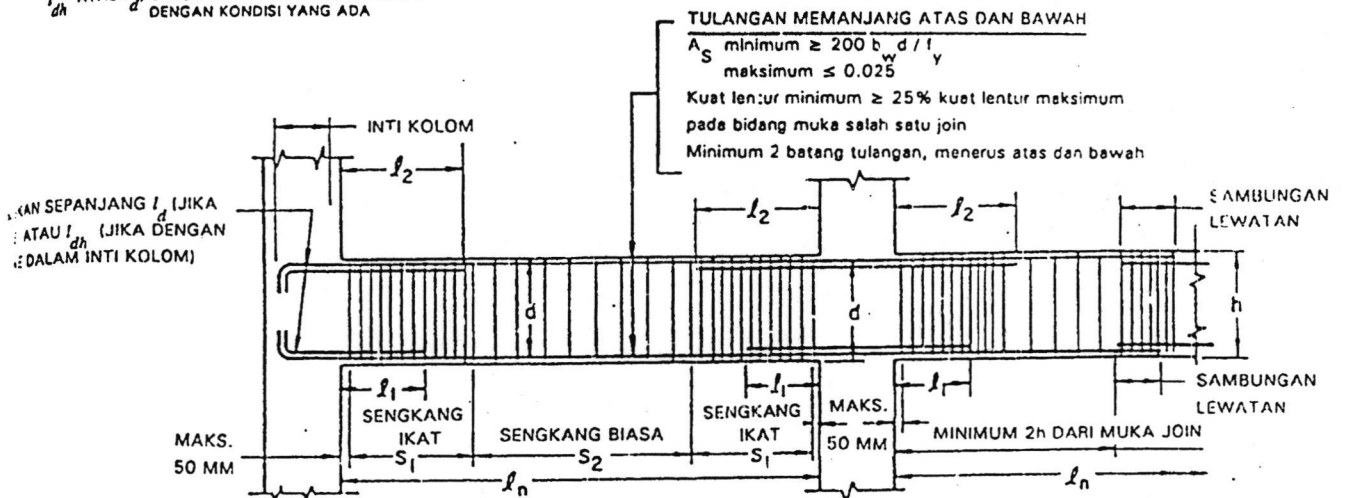


BERBAGAI TIPE SENGKANG TERTUTUP DENGAN
KAIT 90° PADA KAKI-KAKI VERTIKAL SENGKANG

Tipe-tipe ini TIDAK DIREKOMENDASIKAN untuk komponen struktur yang menahan tegangan puntir besar. Perhatikan kecilnya pengekangan yang ada jika dibandingkan dengan pengekangan yang ada pada GAMBAR 13.

GAMBAR 14
SENGKANG TERTUTUP (KOMBINASI) YANG TIDAK DIREKOMENDASIKAN
UNTUK KOMPONEN YANG MENAHAN TEGANGAN PUNTIR YANG BESAR

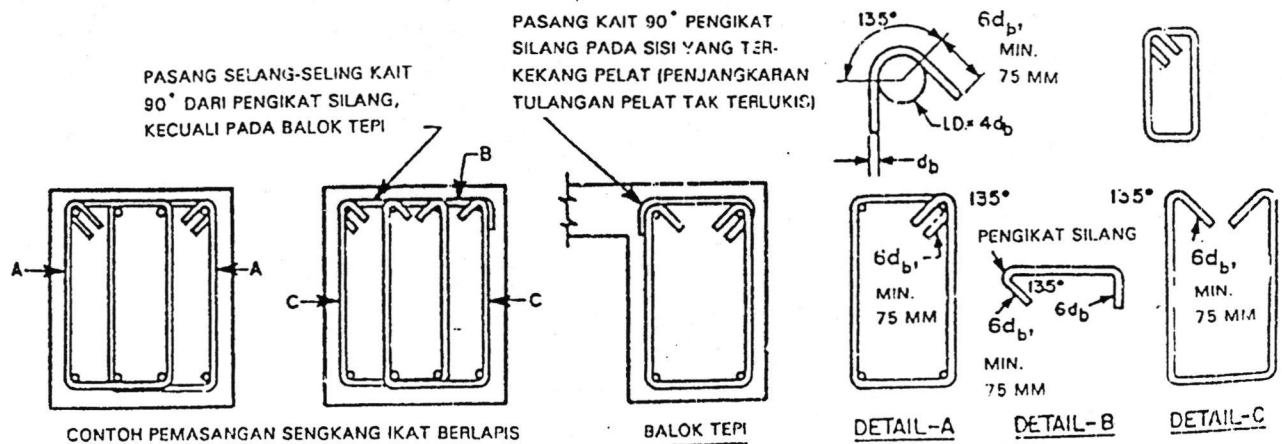
HENTIKAN SEMUA TULANGAN ATAS DAN BAWAH YANG DIBUTUHKAN PADA BIDANG MUKA TERJAUH DARI INTI KOLOM, MEMENUHI JARAK MINIMUM, l_1 ATAU l_2 UNTUK TARIK ATAU TEKAN SESUAI DENGAN KONDISI YANG ADA



RENCANA STRUKTUR HARUS MEMBERIKAN DIMENSI l_1, l_2, S_1, S_2 , JARAK SENGKANG IKAT DAN SENGKANG BIASA, PANJANG PENJANGKARAN, TITIK BELOK TULANGAN TAK KONTINU, l_d ATAU l_{dh}

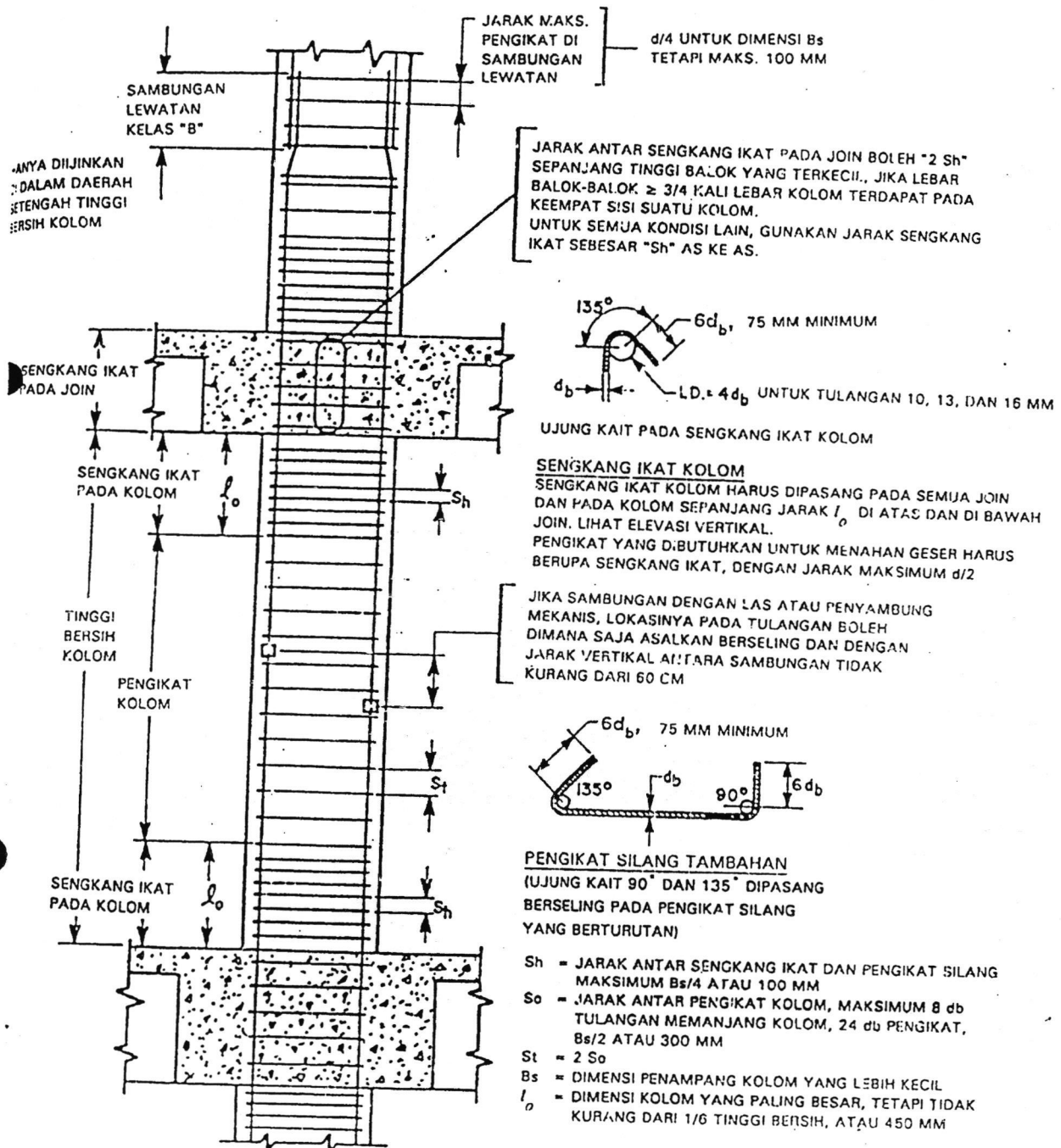
$l_n \geq 4d$
 l_n = JARAK RENCANA UNTUK MENAHAN LENTUR DAN PANJANG PENJANGKARAN
 l_2 = JARAK KE TITIK BELOK DITAMBAH PANJANG PENJANGKARAN
 d = TINGGI RENCANA UNTUK -M DAN +M

JARAK MAKSIMUM SENGKANG IKAT / PENGIKAT SEPANJANG S_1 , JARAK SENGKANG IKAT $\leq d/4$; $8d_b$ TULANGAN TERKECIL; $24d_b$ SENGKANG IKAT; ATAU 30 cm
- PADA SAMBUNGAN LEWATAN, JARAK SENGKANG IKAT $\leq d/4$ TETAPI TIDAK LEBIH DARI 10 CM SEPANJANG S_2 , JARAK SENGKANG $\leq d/2$

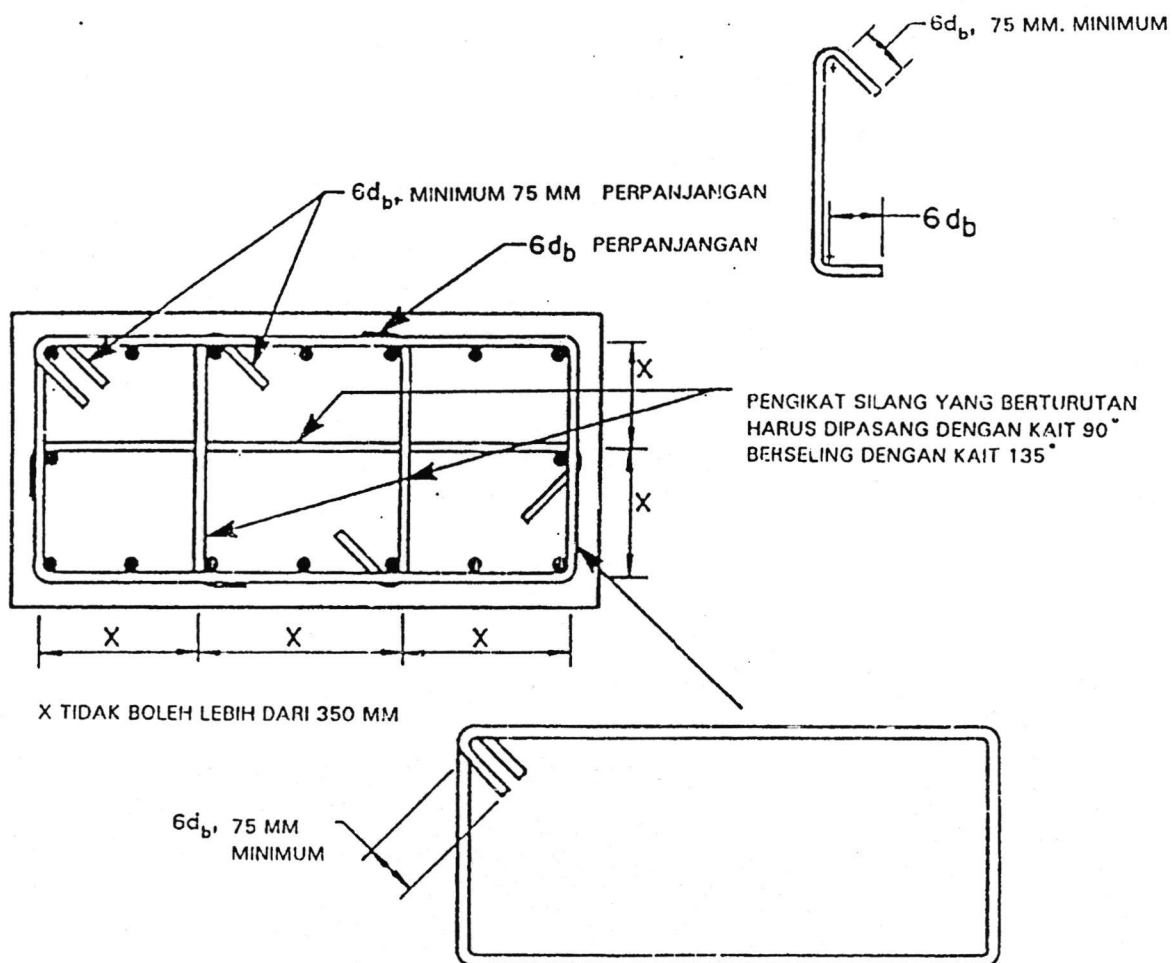


SENGKANG UNTUK MENAHAN GESER HARUS BERUPA SENGKANG IKAT. SEPANJANG KOMPONEN LENTUR DIMANA SENGKANG IKAT TIDAK DIBUTUHKAN, HARUS DIPASANG SENGKANG BIASA DENGAN JARAK MAKSIMUM $d/2$

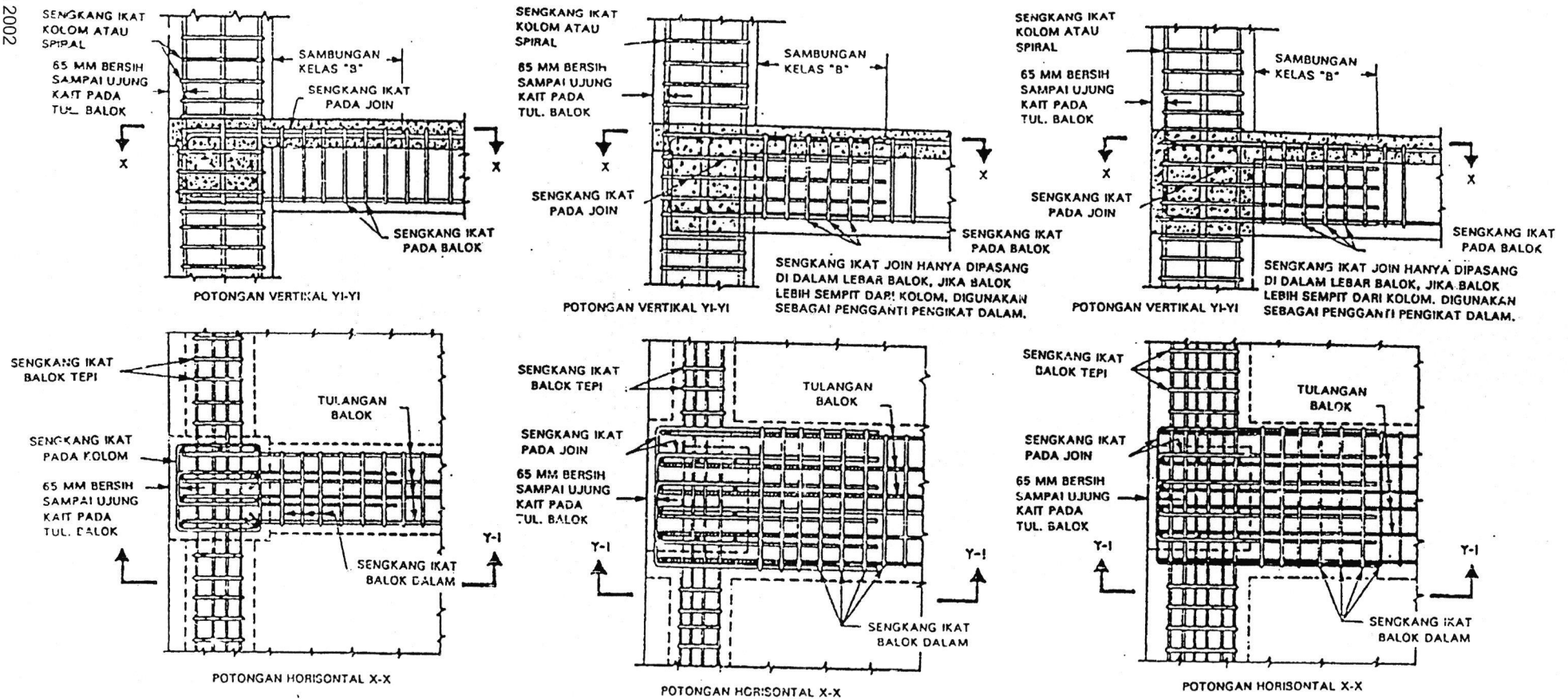
GAMBAR 15
DETAIL TIPIKAL KOMPONEN LENTUR YANG TAHAN GEMPA



GAMBAR 16
DETAIL TIPIKAL KOLOM YANG TAHAN GEMPA



GAMBAR 17
CONTOH TULANGAN TRANSVERSAL PADA KOLOM

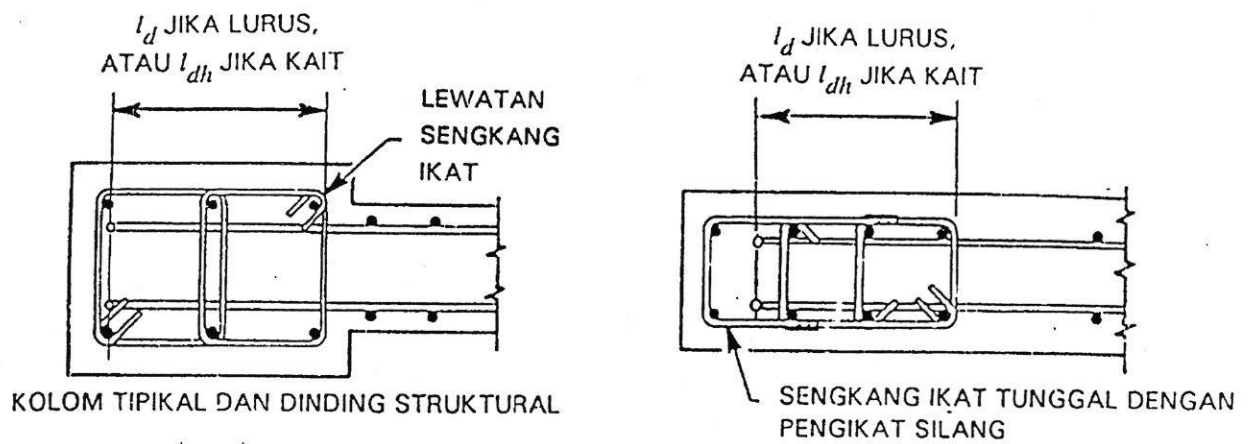


KASUS 1 : Untuk daerah dengan risiko gempa besar. Balok dalam dan balok tepi lebih sempit dari kolom.

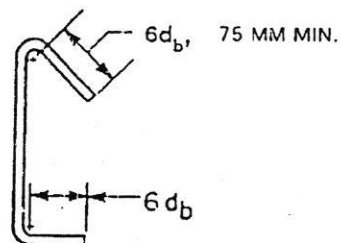
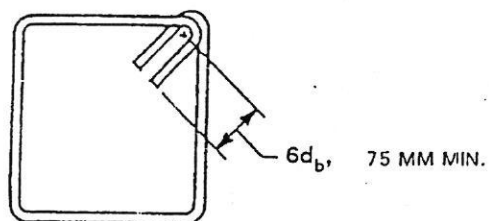
KASUS 2 : Untuk daerah dengan risiko gempa sedang dan rangka portal yang diberi pengaku lateral. Balok dalam lebih lebar dari kolom, balok tepi sama lebar dengan kolom.

KASUS 3 : Untuk daerah dengan risiko gempa sedang dan rangka portal yang diberi pengaku lateral. Balok dalam lebih lebar dari kolom, balok tepi lebih sempit dari kolom.

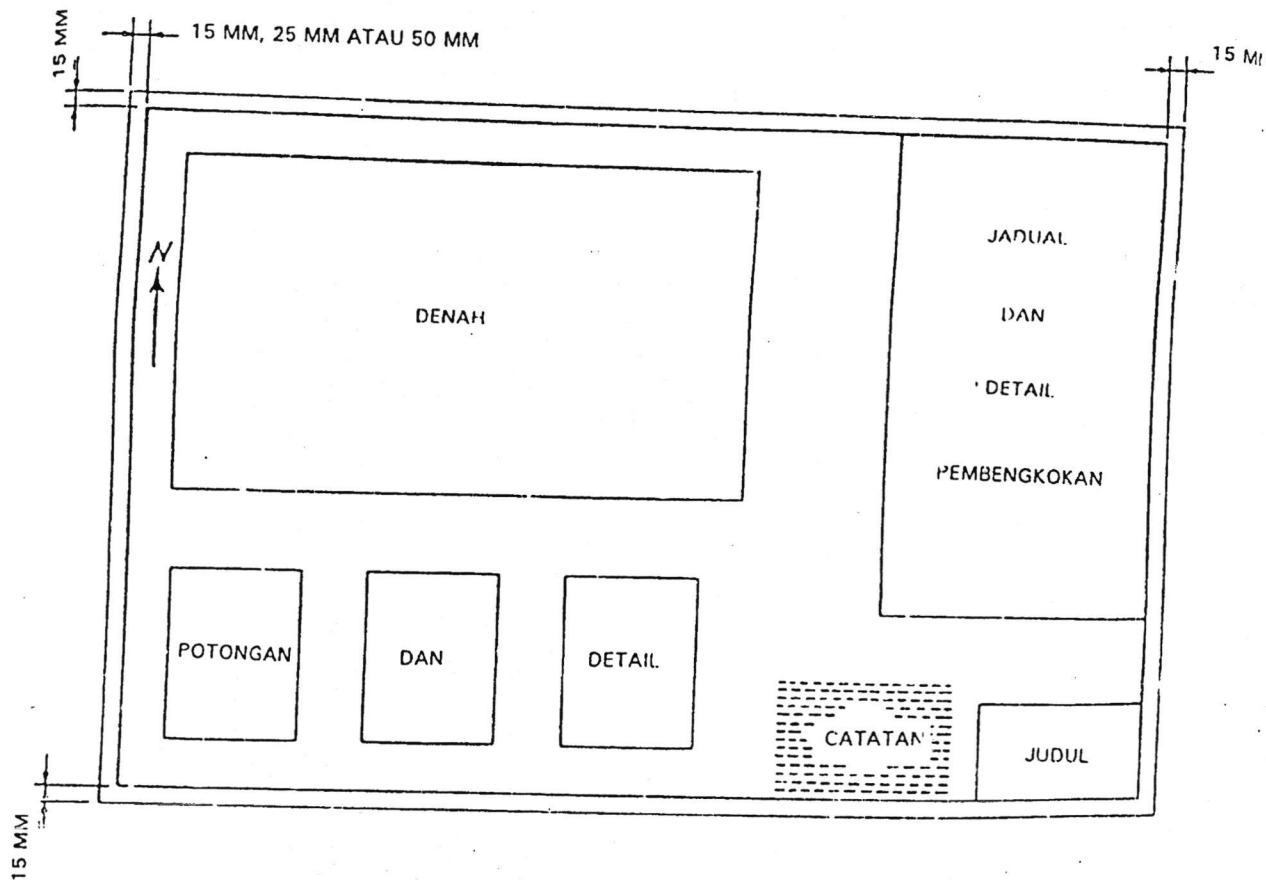
GAMBAR 18
DETAIL TIPIKAL JOIN TEPI PADA RANGKA PORTAL DAKTAIL



$\rho_v = A_{sv}/A_{cv} \geq 0.0025$
UNTUK ARAH HORIZONTAL DAN VERTIKAL
JARAK MAKSIMUM 450 MM



GAMBAR 19
KOMPONEN STRUKTUR BATAS



GAMBAR 20
SUSUNAN GAMBAR PELAKSANAAN YANG DIREKOMENDASIKAN

P.T. - BANDUNG

PEMESAN :
PROYEK :
LOKASI :
UNTUK :

NO. PEK. :
NO. GBR. :
LEMBAR :
TANGGAL :
OLEH :

Item	No. Pcs.	Size	Length	Mark	Type	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	O	R
1	LURUS																
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13	LURUS UJUNG DIPOTONG MIRING																
14																	
15																	
16																	
17	DIBENGKOK BERAT																
18					S												
19					S												
20																	
21					S												
22																	
23	DIBENGKOK RINGAN																
24					T2												
25					T2												
26					T2												
27					T2												
28					S10												
29					T3												
30					S10												
31					T3												
32					T3												
33																	
34	SPIRAL																
35	No. Pcs.	Size	Length	Mark	Diam.	Pitch	Turns	Splices									
36																	

SEMUA DIMENSI MENUNJUKKAN UKURAN PALING LUAR
MUTU BAJA BJTD40

UNTUK BENGKOKAN STANDAR
LIHAT SNI

GAMBAR 21
DAFTAR TULANGAN UNTUK GEDUNG (TIPIKAL)

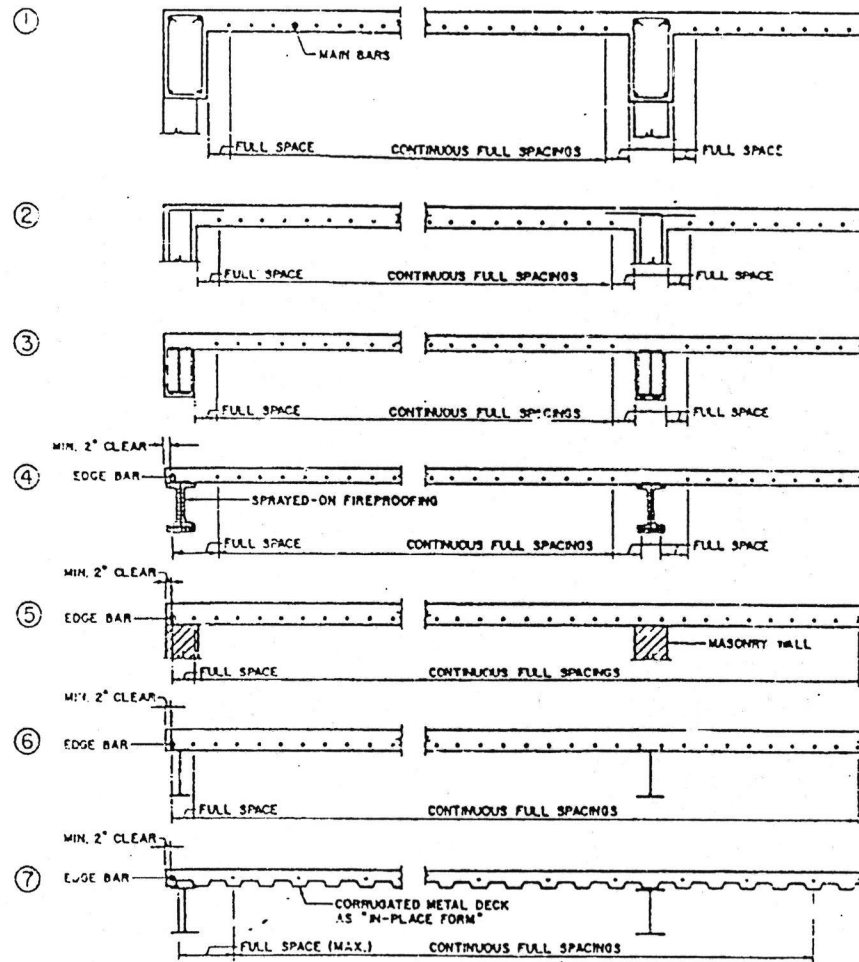
P.T. - BANDUNG

PEMESAN :
PROYEK :
LOKASI :
UNTUK :

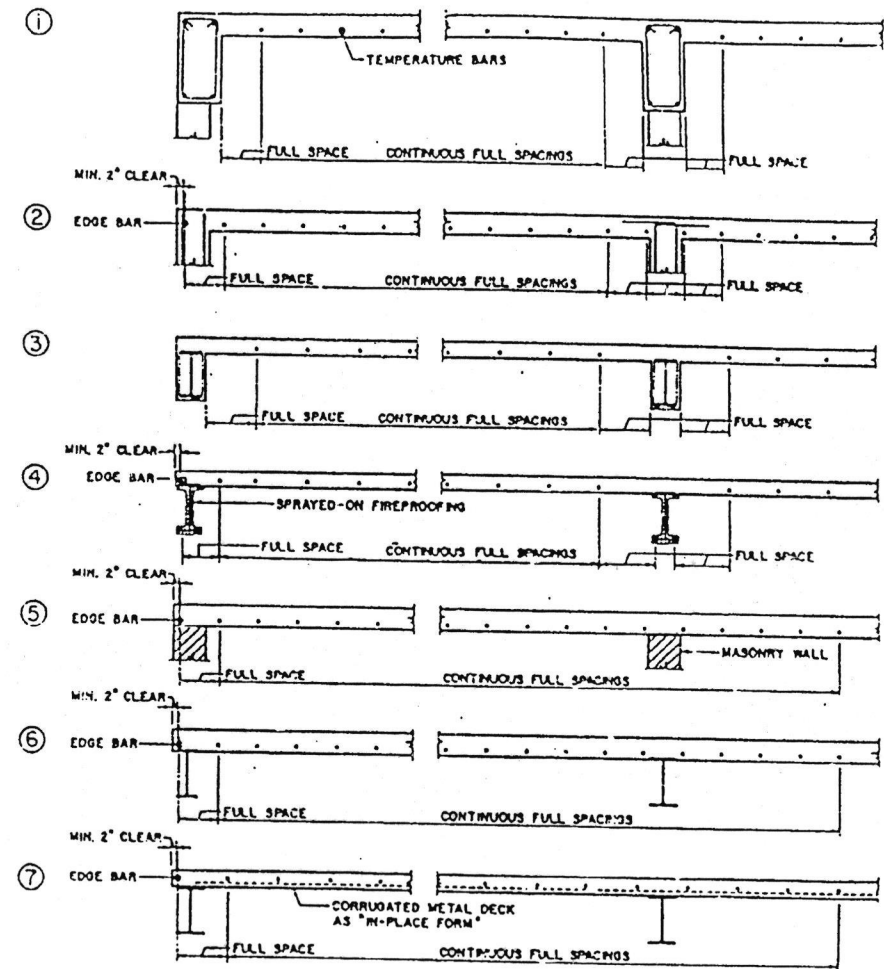
NC. PEK. :
NO. GBR. :
LEMBAR :
TANGGAL :
OLEH :

Item	No. Pcs.	Size	Length	Mark	Type	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	O	R
1	PONDASI JEMBATAN																
2	LURUS																
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9	DIBENGGOK BERAT																
10					1												
11																	
12					1												
13																	
14					1												
15																	
16																	
17	PELAT LANTAI JEMBATAN																
18	LURUS																
19																	
20																	
21	DIBENGGOK BERAT																
22					3												
23					1												
24																	
25					20												
26																	
27																	
28	DINDING PENAHAN																
29	LURUS																
30																	
31																	
32	DIBENGGOK RINGAN																
33					T2												
34					T2												
35					T2												
SEMUA DIMENSI MENUNJUKKAN UKURAN PALING LUAR MUTU BAJA BJTD40										UNTUK LENGKOKAN STANDAR LIHAT SNI							

GAMBAR 22
DAFTAR TULANGAN UNTUK JEMBATAN JALAN RAYA (TIPIKAL)

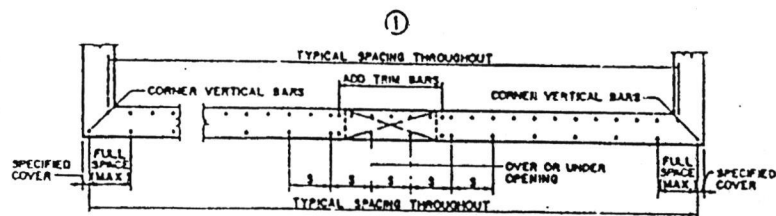


Jarak standar kecuali ditentukan lain
(a) Tulangan lentur utama pada pelat satu arah

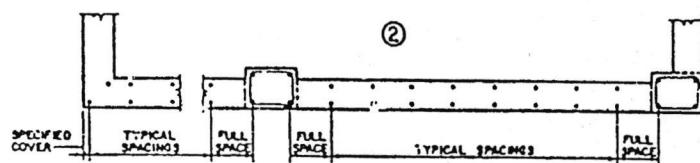


Jarak standar kecuali ditentukan lain
(b) Tulangan susut dan suhu pada pelat satu arah

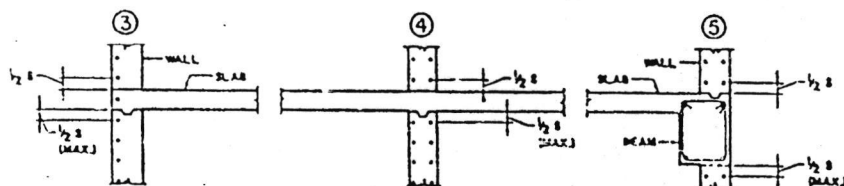
GAMBAR 23
LOKASI TULANGAN HANYA DINYATAKAN DENGAN UKURAN/JARAK



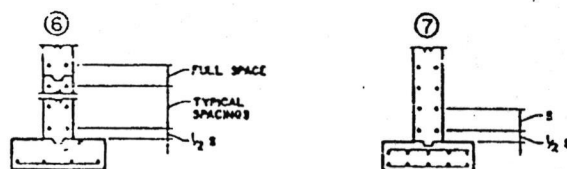
PENEMPATAN TULANGAN VERTIKAL



PENEMPATAN TULANGAN VERTIKAL



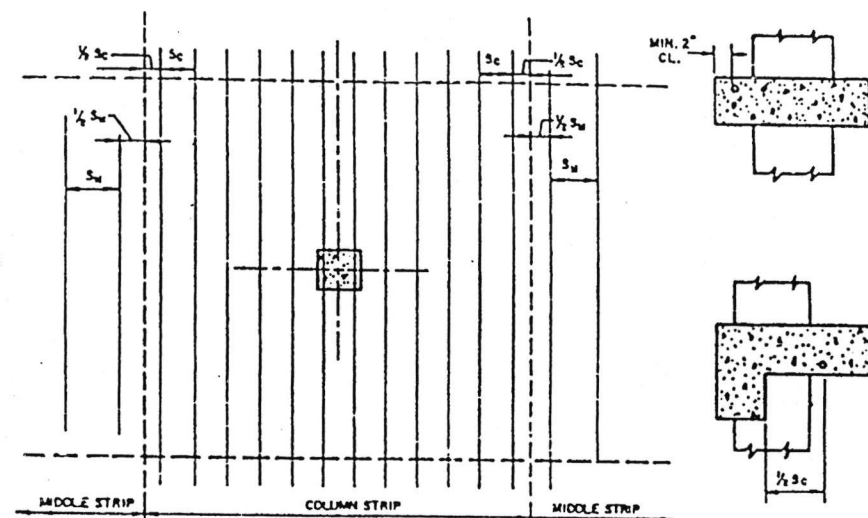
POTONGAN VERTIKAL - DINDING DAN LANTAI



POTONGAN VERTIKAL - DINDING DAN PONDASI TELAPAK

Jarak standar kecuali ditentukan lain

(c) Tulangan pada dinding



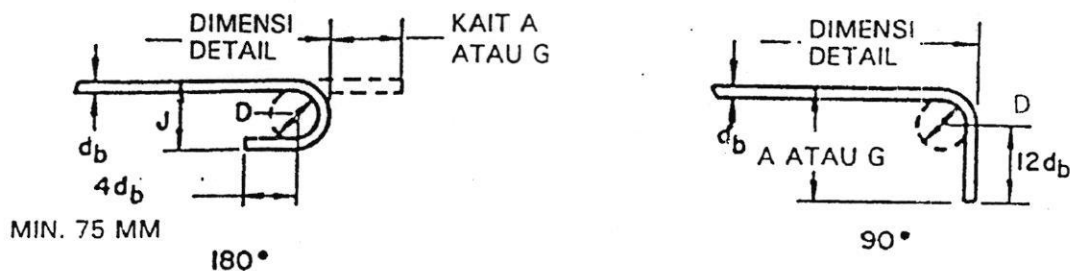
Jarak standar kecuali ditentukan lain

(d) Tulangan pelat dua arah

Kecuali untuk tulangan sejajar sisi pelat, semua tulangan dipasang dengan jarak sama melintasi kolom atau jalur tengah pelat dimulai dengan satu setengah jarak dari tepi jalur kolom, jalur tengah, atau balok tepi. Pasang tulangan pertama sejajar sisi pelat sejarak mini. 50 mm tebal selimut beton bersih. Jika gambar desain secara terpisah menunjukkan sejumlah tulangan berjarak sama dan sejumlah lainnya terkonsentrasi disekitar sumbu kolom, awali tulangan berjarak sama pada satu setengah jarak dari tepi jalur kolom.

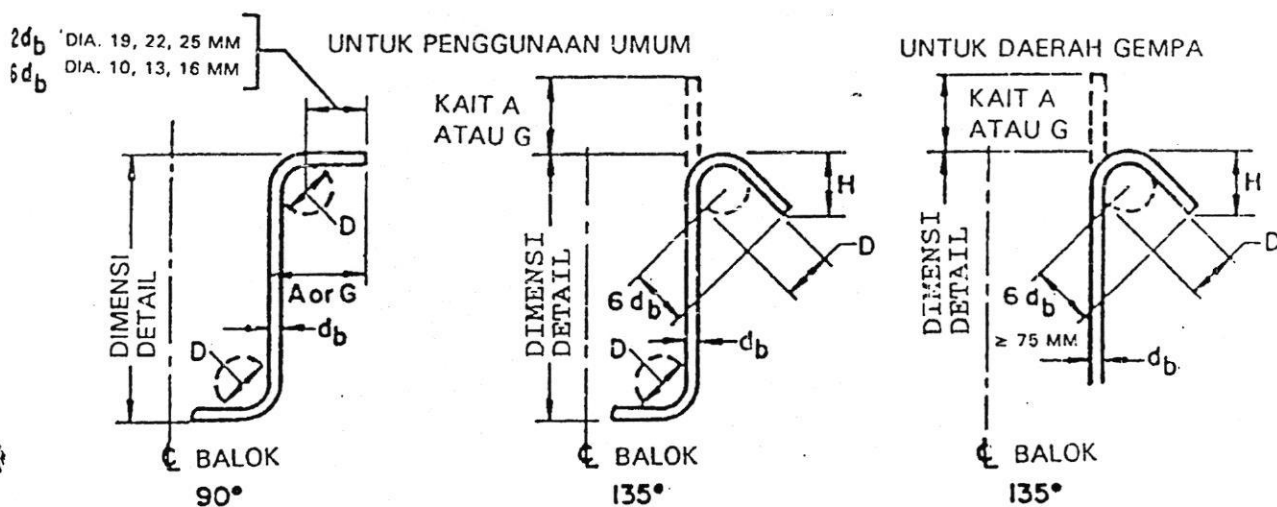
GAMBAR 23 (LANJUTAN)
LOKASI TULANGAN HANYA DINYATAKAN DENGAN UKURAN/JARAK

TABEL 1
KAIT-KAIT STANDAR



Kait ujung yang direkomendasikan, semua mutu baja

Diameter nominal [mm]	Dia. bengkokan jadi [inci]	kait 180°		kait 90°
		A atau G	J	A atau G
10	2 1/4	5"	3"	6"
13	3	6"	4"	8"
16	3 3/4	7"	5"	10"
19	4 1/4	8"	6"	1'-0"
22	5 1/4	10"	7"	1'-2"
25	6	11"	8"	1'-4"
29	9 1/4	1'-3"	11 1/4"	1'-7"
32	10 3/4	1'-5"	1'-1 1/4"	1'-10"
36	12	1'-7"	1'-2 3/4"	2'-0"
43	18 1/4	2'-3"	1'-9 1/4"	2'-7"
57	24	3'-0"	2'-4 1/4"	3'-5"



Senggang dan kait pengikat, semua mutu baja

Diameter nominal [mm]	Diameter bengkokan in.	Untuk penggunaan umum			Untuk daerah gempa	
		kait 90°	kait 135°		kait 135°	
		A atau G	A atau G	H (pendekatan)	A atau G	H (pendekatan)
10	1 1/4	4"	4"	2 1/4"	4 1/4"	3"
13	2	4 1/2"	4 1/2"	3"	4 1/4"	3"
16	2 1/4	6"	5 1/4"	3 3/4"	5 1/4"	3 3/4"
19	4 1/4	1'-0"	8"	4 1/4"	8"	4 1/4"
22	5 1/4	1'-2"	9"	5 1/4"	9"	5 1/4"
25	6	1'-4"	10 1/4"	6"	10 1/4"	6"

TABEL 2a

JUMLAH BATANG MAKS. PADA SATU LAPIS TULANGAN BALOK

Ukuran agregat maksimum 20 mm, beton di dalam ruangan

Diameter [mm]	Lebar balok b_w (in.)												
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
16	2	3	4	5	7	3	9	10	12	13	14	15	17
19	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
22	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
25	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
29	N/A	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12
32	N/A	2	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10	11
36	N/A	2	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11
43	N/A	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11
57	N/A	N/A	N/A	N/A	3	N/A	4	5	6	7	8	9	10

Ukuran agregat maksimum 20 mm, beton di luar ruangan

Diameter [mm]	Lebar balok b_w (in.)												
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
16	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15	17
19	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
22	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
25	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
29	N/A	N/A	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32	N/A	N/A	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
36	N/A	N/A	3	N/A	4	5	5	6	7	8	9	10	11
43	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	6	8	8	9	10
57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Ukuran agregat maksimum 25 mm, beton di dalam ruangan

Diameter [mm]	Lebar balok b_w (in.)												
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
16	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
19	N/A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
22	N/A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25	N/A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
29	N/A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32	N/A	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
36	N/A	2	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11
43	N/A	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11
57	N/A	N/A	N/A	N/A	3	N/A	4	5	6	7	8	9	10

Ukuran agregat maksimum 25 mm, beton di luar ruangan

Diameter [mm]	Lebar balok b_w (in.)												
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
16	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
19	N/A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
22	N/A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25	N/A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
29	N/A	N/A	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32	N/A	N/A	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
36	N/A	N/A	3	N/A	4	5	5	6	7	8	9	10	11
43	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	6	7	8	9	10	11
57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

* Tebal selimut beton diasumsikan 40 mm untuk sengkang 13 mm.

Catatan :

Lebar balok atau jumlah batang tulangan yang dapat dipasang dalam satu baris sering ditentukan oleh faktor-faktor lain selain jarak minimum dan tebal selimut beton.

Tabel tidak memperhitungkan sambungan lewatan atau sambungan mekanis.

TABEL 2b

JUMLAH BATANG MAKS. PADA SATU LAPIS TULANGAN BALOK ATAU KOLOM
(jarak batang as ke as $> 3 d_b$)

Lebar balok/ kolom (in)	Jumlah batang maks. per ukuran batang tulangan (mm)								
	16	19	22	25	29	32	36	43	57
12	4	3	3	2	2	2	2	2	1
14	5	4	4	3	3	3	2	2	2
16	6	5	4	4	3	3	3	2	2
18	7	6	5	4	4	4	3	3	2
20	8	7	6	5	5	4	4	3	3
22	9	8	7	6	5	5	4	4	3
24	10	8	7	6	6	5	5	4	3
26	11	9	8	7	6	6	5	4	3
28	12	10	9	8	7	6	5	4	3
30	13	11	10	8	8	7	6	5	4
32	14	12	10	9	8	7	6	5	4
34	15	13	11	10	9	8	7	6	4
36	16	14	12	10	9	8	7	6	5
38	17	15	13	11	10	9	8	6	5
40	19	16	13	12	11	9	8	7	5
42	20	16	14	12	11	10	9	7	5
44	21	17	15	13	12	10	9	8	6
46	22	18	16	14	12	10	9	8	6
48	23	19	16	14	13	11	10	8	6
								9	7

Catatan :

1. Tujuan tabel ini adalah tidak usah meninjau panjang penyaluran tarik Kategori 1 atau 2 atau panjang sambungan lewatan. Lihat butir 2.7.1. Kategori 1 atau 2 terjadi jika tebal selimut beton $\leq 1 d_b$ atau jarak tulangan as ke as $\leq 3 d_b$.
2. Tebal selimut beton untuk sengkang atau pengikat berdiameter 13 mm adalah 40 mm, sehingga tebal selimut beton terhadap batang tulangan utama minimum $1 d_b$ untuk batang tulangan utama yang berdiameter sampai 43 mm.
Tebal selimut beton minimum untuk balok atau kolom dengan tulangan utama 57 mm minimum harus 45 mm sampai ke sengkang atau pengikat.

TABEL 3

JUMLAH BATANG MAKS. PADA SATU LAPIS TULANGAN BALOK ATAU KOLOM
(MENURUT AASHTO)

Ukuran agregat maksimum 25 mm, kondisi lingkungan sedang

Diameter [mm]	Lebar balok b_w (in.)												
	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44	48
16	2	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	18	20
19	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	17	19
22	2	3	4	5	6	6	8	10	11	13	15	17	18
25	2	3	4	5	5	6	8	9	11	13	14	16	17
29	2	3	3	4	5	5	7	8	10	11	13	14	15
32	2	2	3	4	4	5	6	7	9	10	11	12	14
36	2	2	3	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
43	N/A	2	N/A	3	3	4	5	6	7	8	9	9	10
57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Ukuran agregat maksimum 25 mm, kondisi lingkungan korosif

Diameter [mm]	Lebar balok b_w (in.)												
	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44	48
16	N/A	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	18	20
19	N/A	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	17	19
22	N/A	N/A	4	5	6	6	8	10	11	13	15	17	18
25	N/A	N/A	4	5	5	6	8	9	11	13	14	16	17
29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	7	8	10	11	13	14	15
32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
36	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
43	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Ukuran agregat maksimum 40 mm, kondisi lingkungan sedang

Diameter [mm]	Lebar balok b_w (in.)												
	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44	48
16	2	3	3	4	5	5	7	8	10	11	12	14	15
19	2	3	3	4	5	5	7	8	9	11	12	13	15
22	2	2	3	4	4	5	6	8	9	10	11	13	14
25	2	2	3	4	4	5	6	7	9	10	11	12	13
29	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13
32	2	2	3	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
36	2	2	3	3	4	4	5	7	8	9	10	11	12
43	N/A	2	N/A	3	3	4	5	6	7	8	9	9	10
57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Ukuran agregat maksimum 40 mm, kondisi lingkungan korosif

Diameter [mm]	Lebar balok b_w (in.)												
	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44	48
16	N/A	3	N/A	4	5	5	7	8	10	11	12	14	15
19	N/A	3	N/A	4	5	5	7	8	9	11	12	13	15
22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	8	9	10	11	13	14
25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9	10	11	12	13
29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
36	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
43	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
57	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

* Tebal selimut beton diasumsikan 40 mm untuk sengkang 13 mm.

Catatan :

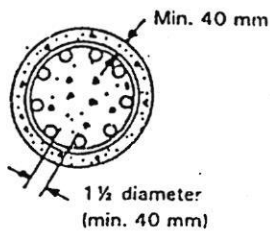
Lebar balok atau jumlah batang tulangan yang dapat dipasang dalam satu baris sengkang ditentukan oleh faktor-faktor lain selain jarak minimum dan tebal selimut beton.

Tabel © BSN 2002 perhitungan sambungan lewatan atau sambungan mekanis.

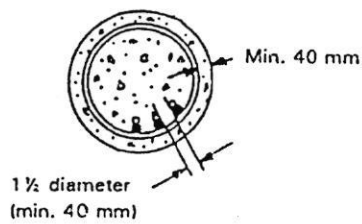
TABEL 4

JMLAH MAKSIMUM TULANGAN KOLOM BUNDAR DICOR IN-SITU

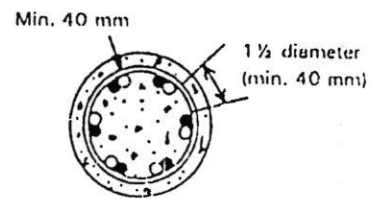
Kasus I
Sambungan tumpul



Kasus II
Sambungan lewatan radial



Kasus III
Sambungan lewatan melingkar
atau sambungan tumpul bundel 2 batang



Ukuran agregat maksimum 20 mm																				
No. kolom	Ukuran tulangan [mm]						Ukuran tulangan [mm]						Ukuran tulangan [mm]							
	25	29	32	36	43	57	16	19	22	25	29	32	36	16	19	22	25	29	32	36
12	11	9	7	5	4	N/A	12	11	9	8	7	6	4	10	9	8	7	6	5	5
14	14	12	9	7	5	N/A	16	14	13	11	9	8	6	13	12	10	9	8	7	6
16	17	15	12	10	7	4	20	18	16	14	12	10	9	16	14	13	11	10	9	8
18	20	18	16	13	9	5	24	21	19	17	15	13	11	19	17	15	13	12	10	9
20	24	21	18	16	11	6	27	25	22	20	18	15	13	21	19	17	16	14	12	10
	27	23	21	18	13	7	31	28	26	24	20	18	15	24	22	19	18	15	14	12
	30	26	23	20	16	9	35	32	29	27	23	20	17	27	24	22	20	17	15	13
26	33	29	26	23	18	10	39	35	32	30	26	22	19	30	27	24	22	19	17	15
28	36	32	28	25	20	12	43	39	36	33	29	25	22	33	29	26	24	21	19	16
30	39	35	31	27	22	14	47	43	39	36	31	27	24	35	32	29	26	23	20	18
32	42	37	33	29	24	16	51	46	43	39	34	30	26	38	34	31	28	25	22	19
34	46	40	35	31	26	18	54	50	46	42	37	32	28	41	37	33	30	27	23	21
36	49	43	38	34	28	20	58	53	49	46	40	35	31	44	39	35	32	28	25	22
38	52	46	40	36	30	22	62	57	53	49	43	37	33	46	42	38	34	30	27	24
40	55	48	43	38	31	23	66	61	56	52	45	40	35	49	44	40	36	32	28	25
42	58	51	45	40	33	25	70	64	59	55	48	42	37	52	47	42	39	34	30	27
44	61	54	48	43	35	26	74	68	63	58	51	45	39	55	49	45	41	36	32	28
46	64	57	50	45	37	27	78	71	66	61	54	47	42	58	52	47	43	38	33	30
48	67	60	53	47	39	29	81	75	69	64	56	50	44	60	54	49	45	40	35	31
50	71	62	55	49	41	30	85	79	73	67	59	52	46	63	57	51	47	41	37	33

Ukuran agregat maksimum 25 mm																				
No. kolom in.	Ukuran tulangan (mm)						Ukuran tulangan (mm)						Ukuran tulangan (mm)							
	25	29	32	36	43	57	16	19	22	25	29	32	36	16	19	22	25	29	32	36
12	10	9	7	5	4	N/A	10	9	8	7	6	5	4	9	8	7	7	6	5	5
14	12	11	9	7	5	N/A	13	12	11	10	9	8	6	11	10	9	8	8	7	6
16	15	14	12	10	7	4	16	15	13	12	11	10	9	14	12	11	10	9	9	8
18	18	16	15	13	9	5	20	18	16	15	14	12	11	16	15	13	12	11	10	9
20	20	19	18	16	11	6	23	21	19	18	16	15	13	19	17	15	14	13	12	10
22	23	22	20	18	13	7	26	24	22	20	19	17	15	21	19	17	16	15	13	12
24	26	24	23	20	16	9	29	27	25	23	21	20	17	23	21	19	18	16	15	13
26	28	27	25	23	18	10	32	30	28	26	24	22	19	26	23	21	20	18	17	15
28	31	29	27	25	20	12	35	33	30	28	26	24	22	28	26	23	21	20	18	16
30	34	32	30	27	22	14	39	36	33	31	29	27	24	31	28	25	23	22	20	18
32	36	34	32	29	24	16	42	39	36	34	31	29	26	33	30	27	25	23	21	19
34	39	37	35	31	26	18	45	42	39	36	34	32	28	36	32	29	27	25	23	21
36	42	39	37	34	28	20	48	45	42	39	36	34	31	38	34	32	29	27	25	22
38	44	42	39	36	30	22	51	48	45	42	39	36	33	40	37	34	31	29	26	24
40	47	44	42	38	31	23	55	51	47	44	42	39	35	43	39	36	33	30	28	25
42	50	47	44	40	33	25	58	54	50	47	44	41	37	45	41	38	35	32	30	27
44	52	50	47	43	35	26	61	57	53	50	47	44	39	48	43	40	37	34	31	28
46	55	52	49	45	37	27	64	60	56	52	49	46	42	50	46	42	38	36	33	30
48	58	55	51	47	39	29	68	63	59	55	52	48	44	53	48	44	40	37	34	31
50	60	57	54	49	41	30	71	66	62	58	54	51	46	55	50	46	42	39	36	33

Terbatas untuk 8% tulangan kolom vertikal.

catatan :

hanya untuk satu lapis tulangan vertikal saja. Sambungan lewatan, sambungan mekanis atau offset mungkin tidak diperhitungkan pada tabel ini.

TABEL 5
JUMLAH MAKSIMUM TULANGAN
PADA SATU SISI KOLOM
DENGAN SAMBUNGAN MEKANIS
TIPE TUMPUAN UJUNG

Dimensi sisi kolom in.	Pengikat dia. 10 mm selimut beton 40 mm					Peng. 13 mm s.b. 40 mm		
	19	22	25	29	32	36	43	57
10	3	3	3	2	2	2	—	—
12	4	4	3	3	3	2	2	—
14	5	4	4	4	3	3	2	—
16	6	5	5	4	4	4	3	2
18	7	6	6	5	5	4	3	3
20	—	7	7	6	5	5	4	3
22	—	—	7	7	6	5	4	3
24	—	—	8	7	6	6	5	4
26	—	—	—	8	7	6	5	4
28	—	—	—	9	8	7	6	4
30	—	—	—	—	8	7	6	5
32	—	—	—	—	9	8	7	5
34	—	—	—	—	10	9	7	5
36	—	—	—	—	10	9	8	6
38	—	—	—	—	11	10	8	6
40	—	—	—	—	12	10	9	7
42	—	—	—	—	12	11	9	7
44	—	—	—	—	13	11	10	7
46	—	—	—	—	13	12	10	8
48	—	—	—	—	14	13	11	8
50	—	—	—	—	15	13	11	8

* Tidak termasuk jarak untuk perbesaran diameter
pada sambungan mekanis.

TABEL 6
JARAK MAKSIMUM PENGIKAT KOLOM

Vertical bar size	Ukuran dan jarak pengikat [in]		
	10 mm	13 mm	16 mm
16	10	—	—
19	12	—	—
22	14	—	—
25	16	16	—
29	18	18	—
32	18	20	—
36	+	22	22
43	+	24	27
57	+	24	30

▪ Jarak pengikat maksimum tidak boleh melebihi ukuran kolom terkecil.

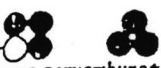
+ Pengikat 10 mm tidak diijinkan.

TABEL 7
PERSYARATAN MINIMUM
UNTUK PENJAGA JARAK SPIRAL KOLOM

Dia. batang atau kawat spiral [mm]	Diameter inti spiral [mm]	Jumlah minimum penjaga jarak per spiral
< 16 mm	< 500 mm	2
	500 - 750 mm	3
	> 750 mm	4
≥ 16 mm	≤ 600 mm	3
	> 600 mm	4

TABEL 8

BUNDEL TULANGAN SEBAGAI TULANGAN MEMANJANG KOLOM

Bundel	Jumlah efektif tulangan	Diameter tul. [mm]	Luas total [sq. in]	Diameter ekuivalen in.	Jarak bersih minimum [in]	
					Antar bundel	Bundel ke tepi +
 batang penyambung ** jika digunakan)	2	25	1.58	1.42	2 1/4	1 1/4
		29	2.00	1.60	2 1/2	1 3/4
		32	2.54	1.80	2 3/4	2
		36	3.12	2.00	3	2
 batang penyambung** (jika digunakan)	3	25	2.37	1.74	2 1/4	1 1/4
		29	3.00	1.9	3	2
		32	3.81	2.20	3 1/2	2 1/4
		36	4.68	2.44	3 3/4	2 1/2
 **	4	25	3.16	2.01	3 1/4	2 1/4
		29	4.00	2.26	3 1/2	2 1/2
		32	5.08	2.55	4	2 3/4
		36	6.24	2.82	4 1/4	3

- Batang tulangan anggota bundel harus dihentikan paling sedikit 40 diameter secara berseling kecuali ditempat dimana bundel tulangan tersebut berakhir.
- + Jarak minimum ini hanya berlaku untuk bundel tulangan saja. Jika dipakai pengikat atau spiral, syarat tebal selimut beton minimum 40 mm pada beberapa kasus akan menentukan.
Tebal selimut beton minimum 75 mm disyaratkan apabila kolom berhubungan secara langsung dan permanen dengan tanah.

TABEL 9

PANJANG TERTANAM DAN SAMBUNGAN LEWATAN UNTUK TEGANGAN LELEH TULANGAN 400 MPa

Panjang tertanam dasar	Sambungan lewatan
$22d_b^*$	$30d_b^†$

- Untuk tulangan tertanam dengan spiral, gunakan $16.5 d_b$ dengan minimum 200 mm.
- + Untuk kolom berspiral, gunakan $22.5 d_b$ dengan minimum 300 mm.

TABEL 10
PANJANG PENYALURAN TARIK [inci] UNTUK TULANGAN TIDAK DILAPIS
DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL

$f_c' = 21 \text{ MPa}$

Dia. [mm]	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	16	16	16	16	16	16	13	13	13	13	13	13
13	23	22	22	22	22	22	18	17	17	17	17	17
16	36	29	27	27	27	27	27	22	21	21	21	21
19	50	40	35	32	32	32	39	31	27	25	25	25
22	69	55	48	39	38	38	53	42	37	30	29	29
25	90	72	63	51	45	43	70	56	49	39	35	33
29	114	91	80	64	57	48	88	70	62	49	44	37
32	145	116	102	81	73	58	112	89	78	63	56	45
36	178	142	125	100	89	71	137	110	96	77	69	55
43	242	242	170	170	121	121	187	187	131	131	93	93
57	356	356	250	250	178	178	274	274	192	192	137	137

$f_c' = 28 \text{ MPa}$

Dia. [mm]	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	12	12
13	20	19	19	19	19	19	15	15	15	15	15	15
16	31	25	23	23	23	23	24	19	18	18	18	18
19	44	35	31	28	28	28	34	27	24	22	22	22
22	59	48	42	33	33	33	46	37	32	26	25	25
25	78	63	55	44	39	37	60	48	42	34	30	29
29	99	79	69	56	50	42	76	61	53	43	38	32
32	126	101	88	70	63	50	97	77	68	54	48	39
36	154	123	108	86	77	62	119	95	83	67	59	48
43	210	210	147	147	105	105	162	162	113	113	81	81
57	309	309	216	216	154	154	237	237	166	166	119	119

$f_c' = 35 \text{ MPa}$

Dia. [mm]	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
13	18	17	17	17	17	17	14	13	13	13	13	13
16	28	22	21	21	21	21	21	17	16	16	16	16
19	39	31	27	25	25	25	30	24	21	19	19	19
22	53	43	37	30	29	29	41	33	29	23	23	23
25	70	56	49	39	35	33	54	43	38	30	27	26
29	89	71	62	50	44	38	68	55	48	38	34	29
32	112	90	79	63	56	45	87	69	61	49	43	35
36	138	110	97	77	69	55	106	85	74	60	53	43
43	188	188	132	132	94	94	145	145	101	101	72	72
57	276	276	193	193	138	138	212	212	149	149	106	106

$f_c' = 41 \text{ MPa}$

Dia. [mm]	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	16	15	15	15	15	15	13	12	12	12	12	12
16	25	20	19	19	19	19	20	16	15	15	15	15
19	36	29	25	23	23	23	28	22	19	18	18	18
22	49	39	34	27	27	27	37	30	26	21	21	21
25	64	51	45	36	32	31	49	39	35	28	25	24
29	81	65	57	45	41	34	62	50	44	35	31	27
32	103	82	72	58	51	41	79	63	55	44	40	32
36	126	101	88	71	63	51	97	78	68	54	49	39
43	171	171	120	120	86	86	132	132	92	92	66	66
57	252	252	177	177	126	126	194	194	136	136	97	97

$f_c' = 48 \text{ MPa}$

Dia. [mm]	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	15	14	14	14	14	14	12	12	12	12	12	12
16	23	19	18	18	18	18	18	15	14	14	14	14
19	33	27	23	21	21	21	26	20	18	16	16	16
22	45	36	32	25	25	25	35	28	24	20	19	19
25	59	47	42	33	30	28	46	37	32	26	23	22
29	75	60	53	42	38	32	58	46	40	32	29	25
32	95	76	67	53	48	38	73	59	51	41	37	29
36	117	93	82	65	58	47	90	72	63	50	45	36
43	159	159	111	111	80	80	122	122	86	86	61	61
57	233	233	163	163	117	117	180	180	126	126	90	90

$f_c' = 55 \text{ MPa}$

Dia. [mm]	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	14	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
16	22	18	17	17	17	17	17	14	13	13	13	13
19	31	25	22	20	20	20	24	19	17	15	15	15
22	42	34	30	24	23	23	32	26	23	18	18	18
25	55	44	39	31	28	26	43	34	30	24	21	20
29	70	56	49	39	35	30	54	43	38	30	27	23
32	89	71	62	50	45	36	68	55	48	38	34	28
36	109	87	76	61	55	44	84	67	59	47	42	34
43	149	149	104	104	74	74	114	114	80	80	57	57
57	218	218	153	153	109	109	168	168	118	118	84	84

TABEL 11
PANJANG SAMBUNGAN LEWATAN [inci] UNTUK TULANGAN TIDAK DILAPIS
DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL

$f'_c = 21 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	16	16	16	16	16	16	13	13	13	13	13	13
	B	21	21	21	21	21	21	16	16	16	16	16	16
13	A	23	22	22	22	22	22	18	17	17	17	17	17
	B	30	28	28	28	28	28	23	22	22	22	22	22
16	A	36	29	27	27	27	27	22	21	21	21	21	21
	B	46	37	35	35	35	35	36	29	27	27	27	27
19	A	50	40	35	32	32	32	39	31	27	25	25	25
	B	65	52	46	42	42	42	50	40	35	32	32	32
22	A	69	55	48	39	38	38	53	42	37	30	29	29
	B	89	71	63	50	49	49	69	55	48	39	38	38
25	A	90	72	63	51	45	43	70	56	49	39	35	33
	B	117	94	82	66	59	56	90	72	63	51	45	43
29	A	114	91	80	64	57	48	88	70	62	49	44	37
	B	148	119	104	83	74	63	114	91	80	64	57	48
32	A	145	116	102	81	73	58	112	89	78	63	56	45
	B	188	151	132	106	94	76	145	116	102	81	73	58
36	A	178	142	125	100	89	71	137	110	96	77	69	55
	B	231	185	162	130	116	93	178	142	125	100	89	71

$f'_c = 28 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	12	12
	B	18	18	18	18	18	18	16	16	16	16	16	16
13	A	26	19	19	19	19	19	15	15	15	15	15	15
	B	26	24	24	24	24	24	20	19	19	19	19	19
16	A	31	25	23	23	23	23	24	19	18	18	18	18
	B	40	32	30	30	30	30	31	25	23	23	23	23
19	A	44	35	31	28	28	28	34	27	24	22	22	22
	B	57	45	40	36	36	36	44	35	31	28	28	28
22	A	59	48	42	33	33	33	46	37	32	26	25	25
	B	77	62	54	43	42	42	59	48	42	33	33	33
25	A	78	63	55	44	39	37	60	48	42	34	30	29
	B	102	81	71	57	51	48	78	63	55	44	39	37
29	A	99	79	69	56	50	42	76	61	53	43	38	32
	B	129	103	90	72	64	55	99	79	69	56	50	42
32	A	126	101	88	70	63	50	97	77	68	54	48	39
	B	163	131	114	92	82	65	126	101	88	70	63	50
36	A	154	123	108	86	77	62	119	95	83	67	59	48
	B	200	160	140	112	100	80	154	123	108	86	77	62

$f'_c = 35 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
	B	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
13	A	18	17	17	17	17	17	14	13	13	13	13	13
	B	23	22	22	22	22	22	18	17	17	17	17	17
16	A	28	22	21	21	21	21	21	17	16	16	16	16
	B	36	29	27	27	27	27	28	22	21	21	21	21
19	A	39	31	27	25	25	25	30	24	21	19	19	19
	B	51	41	36	33	33	33	39	31	27	25	25	25
22	A	53	43	37	30	29	29	41	33	29	23	23	23
	B	69	55	48	39	38	38	53	43	37	30	29	29
25	A	70	56	49	39	35	33	54	43	38	30	27	26
	B	91	73	64	51	46	43	70	56	49	39	35	33
29	A	89	71	62	50	44	38	68	55	48	38	34	29
	B	115	92	81	65	58	49	89	71	62	50	44	38
32	A	112	90	79	63	56	45	87	69	61	49	43	35
	B	146	117	102	82	73	59	112	90	79	63	56	45
36	A	138	110	97	77	69	55	106	85	74	60	53	43
	B	179	143	126	101	90	72	138	110	97	77	69	55

$f'_c = 41 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	B	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
13	A	16	15	15	15	15	15	13	12	12	12	12	12
	B	21	20	20	20	20	20	16	16	16	16	16	16
16	A	25	20	19	19	19	19	20	16	15	15	15	15
	B	33	26	25	25	25	25	25	20	19	19	19	19
19	A	36	29	25	23	23	23	28	22	19	18	18	18
	B	46	37	33	30	30	30	36	29	25	23	23	23
22	A	49	39	34	27	27	27	37	30	26	21	21	21
	B	63	51	44	35	35	35	49	39	34	27	27	27
25	A	64	51	45	36	32	31	49	39	35	28	25	24
	B	83	66	58	47	42	40	64	51	45	36	32	31
29	A	81	65	57	45	41	34	62	50	44	35	31	27
	B	105	84	74	59	53	45	81	65	57	45	41	34
32	A	103	82	72	58	51	41	79	63	55	44	40	32
	B	133	107	93	75	67	54	103	82	72	58	51	41
36	A	125	101	88	71	63	51	97	78	68	54	49	39
	B	164	131	115	92	82	66	126	101	88	71	53	51

TABEL 11 (lanjutan)

PANJANG SAMBUNGAN LEWATAN [inci] UNTUK TULANGAN TIDAK DILAPIS
DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	B	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
13	A	15	14	14	14	14	14	12	12	12	12	12	12
	B	20	18	18	18	18	18	16	16	16	16	16	16
16	A	23	19	18	18	18	18	15	14	14	14	14	14
	B	30	24	23	23	23	23	19	18	18	18	18	18
19	A	33	27	23	21	21	21	26	20	18	16	16	16
	B	43	34	30	28	28	28	33	27	23	21	21	21
22	A	45	36	32	25	25	25	35	28	24	20	19	19
	B	58	47	41	33	32	32	45	36	32	25	25	25
25	A	59	47	42	33	30	28	46	37	32	26	23	22
	B	77	62	54	43	39	37	59	47	42	33	30	28
29	A	75	60	53	42	38	32	58	46	40	32	29	25
	B	97	78	68	55	49	41	75	60	53	42	38	32
32	A	95	76	67	53	48	38	73	59	51	41	37	29
	B	123	98	86	69	62	50	95	76	67	53	48	38
36	A	117	93	82	65	58	47	90	72	63	50	45	36
	B	152	121	106	85	76	61	117	93	82	65	58	47

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	B	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
13	A	14	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
	B	18	17	17	17	17	17	15	16	16	16	16	16
16	A	22	18	17	17	17	17	17	14	13	13	13	13
	B	28	23	22	22	22	22	22	18	17	17	17	17
19	A	31	25	22	20	20	20	24	19	17	15	15	15
	B	40	32	28	26	26	26	31	25	22	20	20	20
22	A	42	34	30	24	23	23	32	26	23	18	18	18
	B	55	44	38	31	30	30	42	34	30	24	23	23
25	A	55	44	39	31	28	26	43	34	30	24	21	20
	B	72	58	50	40	36	34	55	44	39	31	28	26
29	A	70	56	49	39	35	30	54	43	38	30	27	23
	B	91	73	64	51	46	39	70	56	49	39	35	30
32	A	89	71	62	50	45	36	68	55	48	38	34	28
	B	115	92	81	65	58	46	89	71	62	50	45	36
36	A	109	87	76	61	55	44	84	67	59	47	42	34
	B	142	113	99	80	71	57	109	87	76	61	55	44

TABEL 12

PANJANG PENYALURAN TARIK [inci] UNTUK TULANGAN DILAPIS EPOXY
DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL

 $f'_c = 21 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	21	21	21	21	21	21	19	19	19	19	19	19
13	30	28	28	28	28	28	27	25	25	25	25	25
16	46	37	35	35	35	35	41	33	31	31	31	31
19	66	53	46	42	42	42	58	47	41	37	37	37
22	90	72	63	50	49	49	79	63	56	44	43	43
25	118	94	83	66	59	56	104	83	73	58	52	50
29	149	119	105	84	75	63	132	105	92	74	66	56
32	190	152	133	106	95	76	167	134	117	94	84	67
36	233	186	163	130	117	93	205	164	144	115	103	82
43	317	317	222	222	159	159	280	280	196	196	140	140
57	466	466	326	326	233	233	411	411	288	288	206	206

 $f'_c = 35 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	18	18	18	18	18	18	16	16	16	16	16	16
13	26	24	24	24	24	24	23	22	22	22	22	22
16	40	32	31	31	31	31	36	29	27	27	27	27
19	57	46	40	37	37	37	50	40	35	32	32	32
22	78	62	54	44	43	43	69	55	48	39	38	38
25	102	82	72	57	51	49	90	72	63	51	45	43
29	129	104	91	73	65	55	114	91	80	64	57	48
32	164	131	115	92	82	66	145	116	102	81	73	58
36	202	161	141	113	101	81	178	142	125	100	89	71
43	274	274	192	192	137	137	242	242	170	170	121	121
57	403	403	283	283	202	202	356	356	249	249	178	178

ABEL 12 (lanjutan)

ANJANG PENYALURAN TARIK [inci] UNTUK TULANGAN DILAPIS EPOXY

ANGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL concrete

= 35 MPa

$f'_c = 41 \text{ MPa}$

Tulangan atas						Tulangan lain					
Kategori						Kategori					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
17	17	17	17	17	17	15	15	15	15	15	15
23	22	22	22	22	22	21	19	19	19	19	19
36	29	27	27	27	27	32	26	24	24	24	24
51	41	36	33	33	33	45	36	32	29	29	29
70	56	49	39	38	38	61	49	43	35	34	34
91	73	64	51	46	44	81	65	57	45	41	38
116	93	81	65	58	49	102	82	72	57	51	43
147	118	103	82	74	59	130	104	91	73	65	52
180	144	126	101	90	72	159	127	111	89	80	64
246	246	172	172	123	123	217	217	152	152	108	108
361	361	253	253	181	181	318	318	223	223	159	159

Dia. (mm)	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	15	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	13
13	21	20	20	20	20	20	19	18	18	18	18	18
16	33	26	25	25	25	25	29	23	22	22	22	22
19	47	37	33	30	30	30	41	37	29	26	26	26
22	64	51	45	36	35	35	56	45	39	32	31	31
25	84	67	59	47	42	40	74	59	52	41	37	35
29	106	85	74	59	53	45	93	75	65	52	47	40
32	134	107	94	75	67	54	118	95	83	66	59	48
36	165	132	115	92	82	66	145	116	102	82	73	58
43	224	224	157	157	112	112	198	198	139	139	99	99
57	330	330	231	231	165	165	291	291	204	204	146	146

= 48 MPa

$f'_c = 55 \text{ MPa}$

Tulangan atas						Tulangan lain					
Kategori						Kategori					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	12	12
20	19	19	19	19	19	18	16	16	16	16	16
31	24	23	23	23	23	27	22	20	20	20	20
43	35	30	28	28	28	38	31	27	25	25	25
59	47	41	33	32	32	52	42	36	29	29	29
77	62	54	43	39	37	68	55	48	38	34	33
98	78	69	55	49	42	86	69	61	48	43	37
124	99	87	70	62	50	110	88	77	62	55	44
152	122	107	86	76	61	135	108	94	75	67	54
208	208	145	145	104	104	183	183	128	128	92	92
305	305	214	214	153	153	269	269	189	189	135	135

Dia. (mm)	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
13	19	17	17	17	17	17	16	15	15	15	15	15
16	29	23	22	22	22	22	25	20	19	19	19	19
19	40	32	28	26	26	26	36	29	25	23	23	23
22	55	44	39	31	30	30	49	39	34	27	27	27
25	72	58	51	41	36	35	64	51	45	36	32	30
29	92	73	64	51	46	39	81	65	57	45	41	34
32	116	93	81	65	58	47	103	82	72	58	51	41
36	143	114	100	80	71	57	126	101	88	71	63	51
43	194	194	136	136	97	97	171	171	120	120	86	86
57	285	285	200	200	143	143	252	252	176	176	126	126

TABEL 13

PANJANG SAMBUNGAN LEWATAN [inci] UNTUK TULANGAN DILAPIS EPOXY DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL

 $f'_c = 21 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	21	21	21	21	21	21	19	19	19	19	19	19
	B	28	28	28	28	28	28	24	24	24	24	24	24
13	A	30	28	28	28	28	28	27	25	25	25	25	25
	B	39	37	37	37	37	37	34	32	32	32	32	32
16	A	46	37	35	35	35	35	41	33	31	31	31	31
	B	60	48	46	46	46	46	53	43	40	40	40	40
19	A	66	53	46	42	42	42	58	47	41	37	37	37
	B	86	68	60	55	55	55	75	60	53	48	43	48
22	A	90	72	63	50	49	49	79	63	56	44	43	43
	B	117	93	82	65	64	64	103	82	72	58	56	56
25	A	118	94	83	66	59	56	104	83	73	58	52	50
	B	153	123	107	86	77	73	135	108	95	76	68	64
29	A	149	119	105	84	75	63	132	105	92	74	66	56
	B	194	155	136	109	97	82	171	137	120	96	86	73
32	A	190	152	133	106	95	76	167	134	117	94	84	67
	B	246	197	172	138	123	99	217	174	152	122	109	87
36	A	233	186	163	130	117	93	205	164	144	115	103	87
	B	302	242	212	169	151	121	267	214	187	150	134	107

 $f'_c = 28 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	18	18	18	18	18	18	16	16	16	16	16	16
	B	24	24	24	24	24	24	21	21	21	21	21	21
13	A	26	24	24	24	24	24	23	22	22	22	22	22
	B	34	32	32	32	32	32	30	28	28	28	23	28
16	A	40	32	31	31	31	31	36	29	27	27	27	27
	B	52	42	40	40	40	40	46	37	35	35	35	35
19	A	57	46	40	37	37	37	50	40	35	32	32	32
	B	74	59	52	47	47	47	65	52	46	42	42	42
22	A	78	62	54	44	43	43	69	55	48	39	38	38
	B	101	81	71	57	55	55	89	71	62	50	49	49
25	A	102	82	72	57	51	49	90	72	63	51	45	43
	B	133	106	93	75	67	63	117	94	82	66	59	56
29	A	129	104	91	73	65	55	114	91	80	64	57	48
	B	168	134	118	94	84	71	148	119	104	83	74	63
32	A	164	131	115	92	82	66	145	116	102	81	73	58
	B	213	171	149	120	107	86	188	151	132	106	94	75
36	A	202	161	141	113	101	81	178	142	125	100	89	71
	B	262	210	183	147	131	105	231	185	162	130	116	93

 $f'_c = 35 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	17	17	17	17	17	17	15	15	15	15	15	15
	B	21	21	21	21	21	21	19	19	19	19	19	19
13	A	23	22	22	22	22	22	21	19	19	19	19	19
	B	30	28	28	28	28	28	27	25	25	25	25	25
16	A	36	29	27	27	27	27	32	26	24	24	24	24
	B	47	38	35	35	35	35	41	33	31	31	31	31
19	A	51	41	36	33	33	33	45	36	32	29	29	29
	B	66	53	47	42	42	42	59	47	41	38	38	38
22	A	70	56	49	39	38	38	61	49	43	35	34	34
	B	90	72	63	51	50	50	80	64	56	45	44	44
25	A	91	73	64	51	46	44	81	65	57	45	41	38
	B	119	95	83	67	60	57	105	84	74	59	53	50
29	A	116	93	81	65	58	49	102	82	72	57	51	43
	B	150	120	105	84	75	64	133	106	93	74	66	56
32	A	147	118	103	82	74	59	130	104	91	73	65	52
	B	191	153	134	107	96	77	168	135	118	94	84	68
36	A	180	144	126	101	90	72	159	127	111	89	80	64
	B	234	188	164	131	117	94	207	165	145	116	104	83

 $f'_c = 41 \text{ MPa}$

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	15	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	13
	B	20	20	20	20	20	20	17	17	17	17	17	17
13	A	21	20	20	20	20	20	19	18	18	18	18	18
	B	28	26	26	26	26	26	24	23	23	23	23	23
16	A	33	26	25	25	25	25	29	23	22	22	22	22
	B	43	34	32	32	32	32	38	30	29	29	29	29
19	A	47	37	33	30	30	30	41	33	29	26	26	26
	B	61	49	42	39	39	39	53	43	38	34	34	34
22	A	64	51	45	36	35	35	56	45	39	32	31	31
	B	82	56	58	46	45	45	73	58	51	41	40	40
25	A	84	67	59	47	42	40	74	59	52	41	37	35
	B	108	87	76	61	54	52	96	77	67	54	48	46
29	A	106	85	74	59	53	45	93	75	65	52	47	40
	B	137	110	96	77	69	58	121	97	85	68	61	51
32	A	134	107	94	75	67	54	118	95	83	66	59	48
	B	174	139	122	98	87	70	154	123	108	86	77	62
36	A	165	132	115	92	82	66	145	116	102	82	73	58
	B	214	171	150	120	107	86	189	151	132	106	95	76

LEL 13 (lanjutan)

JIANG SAMBUNGAN LEWATAN [inci] UNTUK TULANGAN DILAPIS EPOXY
NGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL

48 MPa

$f'_c = 55 \text{ MPa}$

Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
	Kategori						Kategori					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
A	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	12	12
B	18	18	18	18	18	18	16	16	16	16	16	16
A	20	19	19	19	19	19	18	16	16	16	16	16
B	26	24	24	24	24	24	23	21	21	21	21	21
A	31	24	23	23	23	23	27	22	20	20	20	20
B	40	32	30	30	30	30	35	26	27	27	27	27
A	43	35	30	28	28	28	38	31	27	25	25	25
B	56	45	39	36	36	36	50	40	35	32	32	32
A	59	47	41	33	32	32	52	42	36	29	29	29
B	76	61	54	43	42	42	67	54	47	38	37	37
A	77	62	54	43	39	37	68	55	48	38	34	33
B	100	80	70	56	50	48	89	71	62	50	44	42
A	98	78	69	55	49	42	86	69	61	48	43	37
B	127	102	89	71	64	54	112	90	79	63	56	48
A	124	99	87	70	62	50	110	88	77	62	55	44
B	161	129	113	90	81	65	142	114	100	80	71	57
A	152	122	107	86	76	61	135	108	94	75	67	54
B	198	159	139	111	99	79	175	140	122	98	88	70

Dia. (mm)	Kelas lewatan	Tulangan atas						Tulangan lain					
		Kategori						Kategori					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
10	A	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
	B	17	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16
13	A	19	17	17	17	17	17	16	15	15	15	15	15
	B	24	23	23	23	23	23	21	20	20	20	20	20
16	A	29	23	22	22	22	22	25	20	19	19	19	19
	B	37	30	28	28	28	28	33	26	25	25	25	25
19	A	40	32	28	26	26	26	36	29	25	23	23	23
	B	52	42	37	34	34	34	46	37	33	30	30	30
22	A	55	44	39	31	30	30	49	39	34	27	27	27
	B	71	57	50	40	39	39	63	51	44	35	35	35
25	A	72	58	51	41	36	35	64	51	45	36	32	30
	B	94	75	66	53	47	45	83	66	58	47	42	40
29	A	92	73	64	51	46	39	81	65	57	45	41	34
	B	119	95	83	67	60	50	105	84	74	59	53	45
32	A	116	93	81	65	58	47	103	82	72	58	51	41
	B	151	121	106	85	76	61	133	107	93	75	67	53
36	A	143	114	100	80	71	57	126	101	88	71	63	51
	B	185	148	130	104	93	74	164	131	115	92	82	66

LABEL 14

ANJANG MINIMUM PENJANGKARAN TARIK l_{dh} [in]
UNTUK KAIT UJUNG STANDAR DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa
DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL

Untuk penggunaan umum (bukan daerah gempa). 1. Selimut beton tepi $\geq 65 \text{ mm}$ 2. Selimut beton (kait 90°) $\geq 50 \text{ mm}$

Dia. (mm)	Beton berbobot normal, f'_c MPa						Panjang min. penjangkaran kait 180°
	21 MPa	28 MPa	35 MPa	41 MPa	48 MPa	55 MPa	
10	6	6	6	6	6	6	6
13	8	7	6	6	6	6	7
16	10	9	8	7	7	6	7
19	12	10	9	8	8	7	8
22	14	12	11	10	9	9	9
25	16	14	12	11	10	10	10
29	18	15	14	13	12	11	12
32	20	17	15	14	13	12	14
36	22	19	17	16	14	14	15
43	37	32	29	27	25	23	20
57	50	43	39	35	33	31	25

* Untuk kait 180° di sisi permukaan beton yang tidak terlindung, lihat panjang minimum agar tebal selimut beton $\geq 50 \text{ mm}$.

TABEL 14 (lanjutan)

PANJANG MINIMUM PENJANGKARAN TARIK l_{dh} [in]
UNTUK KAIT UJUNG STANDAR DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa
DI DALAM BETON BERBOBOT NORMAL

Pengekangan khusus (bukan gempa). 1. Selimut beton tepi ≥ 65 mm 2. Selimut beton (kait 90°) ≥ 50 mm 3. Tul. pengkang $s \leq 3 d_b$

Dia. [mm]	Beton berbobot normal, f'_c MPa						Panjang min. penjangkaran kait 180°
	21 MPa	28 MPa	35 MPa	41 MPa	48 MPa	55 MPa	
10	6	6	6	6	6	6	6
13	6	6	6	6	6	6	7
16	8	7	6	6	6	6	7
19	10	8	7	7	6	6	8
22	11	10	9	8	7	7	9
25	13	11	10	9	8	8	10
29	14	12	11	10	9	9	12
32	16	14	12	11	11	10	14
36	18	15	14	13	12	12	15

Rangka penahan gempa - kait 90° . 1. Selimut beton tepi ≥ 65 mm 2. Selimut beton (kait 90°) ≥ 50 mm 3. Dalam inti terkekang

Dia. [mm]	Beton berbobot normal, f'_c MPa						Panjang min. penjangkaran kait 180°
	21 MPa	28 MPa	35 MPa	41 MPa	48 MPa	55 MPa	
10	7	6	6	6	6	6	6
13	9	8	7	6	6	6	7
16	11	9	8	8	7	7	7
19	13	11	10	9	9	8	8
22	15	13	12	11	10	9	9
25	17	15	13	12	11	11	10
29	19	17	15	14	13	12	12
32	22	19	17	15	14	13	14
36	24	21	19	17	16	15	15

TABEL 15

PANJANG MINIMUM PENJANGKARAN TARIK l_{dh} [in]
UNTUK KAIT UJUNG STANDAR DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa
DI DALAM BETON AGREGAT RINGAN

Untuk penggunaan umum (bukan daerah gempa). 1. Selimut beton tepi ≥ 65 mm 2. Selimut beton (kait 90°) ≥ 50 mm

Dia. [mm]	Beton agregat ringan, f'_c MPa				Panjang min. penjangkaran kait 180°
	21 MPa	28 MPa	35 MPa	41 MPa	
10	8	7	6	6	6
13	10	9	8	7	7
16	13	11	10	9	7
19	15	13	12	11	8
22	18	15	14	13	9
25	20	18	16	14	10
29	23	20	18	16	12
32	26	22	20	18	14
36	28	25	22	20	15
43	49	42	38	34	20
57	65	56	50	46	25

TABEL 15 (lanjutan)

PANJANG MINIMUM PENJANGKARAN TARIK l_{dh} [in]
UNTUK KAIT UJUNG STANDAR DENGAN TEGANGAN LELEH 400 MPa
DI DALAM BETON AGREGAT RINGAN

Pengekangan khusus (bukan gempa). 1. Selimut beton tepi ≥ 65 mm 2. Selimut beton (kait 90°) ≥ 50 mm 3. Tui. pengegang $s \leq 3 d_b$

Dia. [mm]	Beton agregat ringan, f'_c MPa				Panjang min. penjangkaran kait 180°
	21 MPa	28 MPa	35 MPa	41 MPa	
10	6	6	6	6	6
13	8	7	6	6	7
16	10	9	8	7	7
19	12	11	10	9	8
22	14	12	11	10	9
25	16	14	13	12	10
29	18	16	14	13	12
32	21	18	16	15	14
36	23	20	18	16	15

Rangka penahan gempa - kait 90° . 1. Selimut beton tepi ≥ 65 mm 2. Selimut beton (kait 90°) ≥ 50 mm 3. Dalam inti terkekang

Dia. [mm]	Beton agregat ringan, f'_c MPa		Panjang min. penjangkaran kait 180°
	21 MPa	28 MPa	
10	8	8	6
13	11	9	7
16	13	12	7
19	16	14	8
22	19	16	9
25	21	19	10
29	24	21	12
32	27	23	14
36	30	26	15

* Untuk kait 180° di sisi permukaan beton yang tidak terlindung, lihat panjang minimum agar tebal selimut beton ≥ 50 mm.

BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN

e-mail: bsn@bsn.go.id

www.bsn.go.id

© BSN 2002