

**C U R**

# **Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang**

**Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03**

*Oleh :*

**Ir. Gideon H. Kusuma, M. Eng.**

**SERI BETON**

**4**



# Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang

Disusun oleh:

**Ir W. C. Vis**

*(Direktur Konsultan Engineering Teknik Sipil W. C. Vis)*

**Ir Gideon Kusuma M. Eng**

*(Dosen Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil  
Universitas Kristen Petra Surabaya)*

## GRAFIK DAN TABEL PERHITUNGAN BETON BERTULANG

Hak Cipta © 1993

Disusun oleh : **Ir. W. C. Vis**  
(Direktur Konsultan Engineering Teknik Sipil W. C. Vis)

**Ir Gideon Kusuma M. Eng**  
(Dosen Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil  
Universitas Petra Surabaya)

Penerjemah : **Ir. S.T Utomo**

Editor : **Ir. Purnomo Wahyu Indarto**

## Daftar Isi

SATA PENGANTAR HAKI .....	vii
SATA PENGANTAR .....	viii
PENDAHULUAN .....	1
satuan-satuan .....	2
 BAB 1. PRINSIP-PRINSIP PERENCANAAN .....	5
1.1 a. Petunjuk menghitung - umum .....	6
1.1 b. Petunjuk menghitung - umum .....	7
1.1 c. Petunjuk menghitung - umum .....	8
1.1 d. Petunjuk menghitung - umum .....	9
1.2 a. Petunjuk menghitung - umum .....	10
1.2 b. Petunjuk menghitung - umum .....	11
 BAB 2. TABEL-TABEL TULANGAN .....	13
2.1 a. Tebal Minimum Penutup Beton Tulangan Terluas dalam Satuan mm .....	14
2.2 a. Kondisi Batang Tulangan .....	15
2.2 b. Petunjuk Penulangan .....	16
2.3. Tulangan Baja dengan Kawat Jaring Kawat Baja Tulangan .....	17
 BAB 3. PANJANG PENJANGKARAN .....	19
3.1. Panjang Penjangkaran Dasar $l_{db}$ untuk Batang Tulangan Tarik .....	20
3.2. Panjang Penjangkaran Dasar $l_{db}$ untuk Batang Tulangan Kompresi .....	20
 BAB 4. DISTRIBUSI GAYA-GAYA .....	23
4.1. Koefisien Momen dikalikan $W_p L_o^2$ .....	24
4.2. Pelat - Umum .....	26
4.3. Pelat .....	28
 BAB 5. LENTUR TANPA BEBAN AKSIAL .....	41
5.1. Lentur Tanpa Beban Aksial Pada Penampang persegi .....	42
5.1.1. Mutu Beton $f'_c$ 15 .....	44
5.1.2. Mutu Beton $f'_c$ 20 .....	45
5.1.3. Mutu Beton $f'_c$ 25 .....	46

5.1.d. Mutu Beton $f'_c$ 30 .....	47
5.1.e. Mutu Beton $f'_c$ 35 .....	48
5.1.f. Mutu Beton $f'_c$ 15 .....	49
5.1.g. Mutu Beton $f'_c$ 20 .....	50
5.1.h. Mutu Beton $f'_c$ 25 .....	51
5.1.i. Mutu Beton $f'_c$ 30 .....	52
5.1.j. Mutu Beton $f'_c$ 35 .....	53
5.2. Lentur Tanpa Beban Aksial pada Penampang Persegi dengan Penulangan Tarik Maupun Tekan .....	54
5.3. Lentur Tanpa Beban Aksial pada Penampang Persegi dengan $\rho' = 0,50 \rho$ .....	57
5.3.a. Mutu Beton $f'_c$ 15 dengan Tulangan Tekan .....	59
5.3.b. Mutu Beton $f'_c$ 20 dengan Tulangan Tekan .....	60
5.3.c. Mutu Beton $f'_c$ 25 dengan Tulangan Tekan .....	61
5.3.d. Mutu Beton $f'_c$ 30 dengan Tulangan Tekan .....	62
5.3.e. Mutu Beton $f'_c$ 35 dengan Tulangan Tekan .....	63
5.3.f. Mutu Beton $f'_c$ 15 dengan Tulangan Tekan .....	64
5.3.g. Mutu Beton $f'_c$ 20 dengan Tulangan Tekan .....	65
5.3.h. Mutu Beton $f'_c$ 25 dengan Tulangan Tekan .....	66
5.3.i. Mutu Beton $f'_c$ 30 dengan Tulangan Tekan .....	67
5.3.j. Mutu Beton $f'_c$ 35 dengan Tulangan Tekan .....	68
5.4. Penulangan Pelat .....	69
<b>BAB 6. LENTUR DENGAN BEBAN AKSIAL</b> .....	81
6.1. Beban Lentur dengan Beban Aksial .....	82
<b>BAB 7. PERENCANAAN KOLOM</b> .....	101
7.1.a. Perencanaan Kolom pada Struktur dengan Penahan Pengaku .....	102
7.2. Merencanakan Kolom pada Struktur Tanpa Penahan .....	107
7.2.b. Diagram Alir Perencanaan Kolom pada Struktur Tanpa Penahan .....	109
7.2.a. Tabel untuk Menentukan $I_{sc}$ dan $I_{sc}/I_g$ .....	110
7.2.b. Nilai untuk Kolom .....	111
<b>BAB 8. GESER</b> .....	113
8.1. Gaya Lintang .....	114
8.2.a. Tabel Geser .....	115
<b>BAB 9. LENDUTAN</b> .....	129
9.1. Lendutan .....	130
9.2. Penjelasan .....	131
9.3.a. Tabel untuk Menentukan $M_{cr} = C_y \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ .....	134
<b>BAB 10. RETAK</b> .....	141
10.1. Tabel untuk Jarak Maksimum Tulangan $S_{maks}$ dalam Satuan mm bila Retakan tidak Diperhitungkan .....	142

# Kata Pengantar

## HAKI

Adalah merupakan suatu kehormatan bagi kami Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia untuk memberikan Kata Pengantar bagi buku ini. Hal ini terutama disebabkan oleh kondisi pada saat ini di mana kita semua sedang menjalani transisi penggunaan dari Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung – SK SNI T-15-1991-03. Hadirnya suatu buku referensi dalam bahasa Indonesia yang menyajikan penjelasan dasar dan uraian mengenai beberapa latar belakang dari konsep yang diadopsi dalam Standar Beton 1991 ini jelas merupakan suatu dukungan yang sangat berarti. Makna dari dukungan ini makin terasa karena memang hingga saat ini belum hadir referensi lain, dalam bahasa Indonesia, yang mampu mengisi kebutuhan tersebut. Dapat dikatakan bahwa dengan hadirnya buku ini, buntutan yang selalu membuntuti seorang teknisi Sipil untuk selalu mengikuti perkembangan ilmu teknik sipil, khususnya teknik beton, dapat lebih mudah dijangkau.

Menarik untuk disimak upaya penyajian yang disampaikan oleh Team Penulis di mana bukan saja penurunan matematis dari formula yang dipakai yang dikemukakan, tetapi disampaikan juga uraian akan filosofi dan masalah yang ditinjau yang disampaikan secara berurutan, elegan, dan dalam bahasa teknis yang mudah dimengerti. Ini merupakan langkah yang relatif jarang kita jumpai dalam buku referensi lainnya. Langkah ini memberi kesempatan pada mereka yang berminat untuk mendalami masalah untuk mengerti konsep-konsep dasar yang dipakai dan dengan demikian dapat memupuk potensi untuk mengembangkan penguasaannya untuk mencari solusi akan masalah yang lebih kompleks. Sebagai tenaga pengajar yang juga aktif berprofesi di lapangan, pengalaman kami menunjukkan bahwa langkah ini sangat positif. Kami sarankan, bagi mereka yang ingin mengerti secara lebih dalam, untuk secara "sabar" mencerna urutan uraian yang disajikan. Kami sangat menyarankan agar pembaca tidak hanya tertarik pada formula-formula yang ada, tetapi juga menyelami latar belakang dari "lahirnya" formula tersebut.

Walaupun belum dapat dikatakan lengkap, uraian yang disajikan bisa berfungsi sebagai jembatan awal bagi pembaca untuk memudahkan upaya untuk memahami secara lebih mendalam uraian yang terdapat dalam referensi dasar dari sumber Standar Beton 1991, yaitu Standar ACI 318-86 dan Standar New Zealand NZS 3101-1982 Part 1 dan 2, dan NZS 4203-1984.

Kami ucapkan selamat kepada Team Penulis yang telah berhasil dengan baik menyajikan suatu referensi dasar yang mendukung Standar Beton 1991 yang baru.

Jakarta, 15 Juli 1993

Dradjat Hoedajanto STSi, MEng, PhD.  
Ketua

# Kata Pengantar

Dengan diberlakukannya SKSNI-T15-03-1991, dirasa perlu untuk meninjau kembali buku "Perhitungan Perencanaan Sederhana untuk Beton Bertulang" oleh W.C. Vis dan R. Sagel, yang diterbitkan oleh STUVO, anggota dari perkumpulan FIP, negeri Belanda.

Bertalian dengan pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dalam Simposium di Bandung bulan Oktober 1987, maka diputuskan oleh CUR-Commissie F-1, agar peluang yang ditimbulkan oleh penyesuaian buku tersebut sekaligus dipergunakan untuk memperluas maksud keseluruhan dengan menerbitkan tiga buku yang satu sama lain ada kaitannya, yaitu:

- Buku tentang Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang menurut SKSNI-T15-1991-03.
- Buku pedoman pengerjaan Beton oleh Ir Gideon K, R. Sagel, dan P. Kole.
- Buku tentang Perencanaan Struktur Rangka Beton Bertulang di daerah Gempa menurut SKSNI-T15-1991-03 oleh Ir Gideon. K, dan Ir Takim Andriono.
- Buku tentang Grafik dan Tabel menurut SKSNI-T15-1991-03 oleh Ir W.C. Vis dan Ir Gideon. K

## Buku Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang

Bab pendahuluan mencakup ikhtisar satuan dan hubungan antara satuan-satuan SI dan satuan teknis yang dahulu di pakai, demikian pula daftar isi buku grafik dan tabelnya.

Bab pertama memberikan aturan perhitungan yang berlaku secara umum untuk penentuan momen pada konstruksi statis tertentu dan statis tidak tertentu serta bahan keterangan tentang penentuan titik berat dan momen inerti dari balok-balok T.

Bab kedua menyangkut keterangan-keterangan umum tentang penutup beton dan jumlah-jumlah penulangan, seperti diameter dan penampang batang, perihal kombinasi batang-batang dan penulangan jaring.

Bab ketiga menyangkut panjang perjangkaran, dimana diberikan kepanjangan-kepanjangan menurut teori maupun yang berlaku dalam praktek.

Bab keempat memberikan pembagian momen pada balok yang statis tidak tertentu dan pelat-pelat beton yang memikul beban pada dua arah.

Bab kelima ialah untuk penentuan penulangan pada beban lentur tanpa gaya normal dan mencakup tabel-tabel /atau grafik-grafik untuk:

- penulangan tarik bagi  $\phi = 0,8$  dan  $\phi = 1,0$
- penulangan tekan bagi sembarang nilai dari  $\phi$
- penulangan tarik dan 50% penulangan tekanan untuk  $\phi = 0,8$  dan  $\phi = 1,0$
- hubungan antara  $M_u$ ,  $A_s$  dan  $d$  pada lantai dengan variabel  $\rho$

Bab keenam diperuntukkan bagi penentuan penulangan pada beban lentur dengan gaya normal

- kolom persegi panjang dengan penulangan simetrik dua-sisi
- kolom persegi panjang dengan penulangan simetrik empat-sisi
- kolom kolom bulat

Bab ketujuh ialah untuk penentuan momen-momen pada kolom-kolom konstruksi yang ditahan maupun yang tidak di tahan. Disamping diagram alir bagi penghitungan juga diberikan grafik-grafik dan tabel-tabel untuk penentuan E.L.

Bab kedelapan diperuntukkan untuk penentuan kapasitas gaya lintang dari penampang dan mencakup grafik dan tabel untuk :

- penentuan  $V_c$  pada berbagai nilai
- penentuan  $V_c$  pada berbagai diameter, kelebaran balok dan jarak sengkang dari (as) ke (as)
- penentuan  $V_{maks}$  bagi berbagai nilai  $d$  dan  $b$

Bab kesembilan memberikan disamping syarat kelangsingan menurut peraturan, juga suatu metode perhitungan untuk menentukan kelengkungan pelat-pelat massif dengan bantuan grafik dan tabel.

Pada akhirnya bab kesepuluh memberikan tabel untuk lebar maksimum bagi ruang antara penulangan pada pelat dan balok, dimana tidak perlu lagi adanya perhitungan lebar retak.

Isi dari buku ini sebagian diambil atau dikembangkan dari Skripsi/Tugas Akhir no. 374.S. Tabel sebagai alat bantu perencanaan diambil menurut draft PBI'1988 oleh Bambang H dan Soewarno yang diterima oleh Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Universitas Kristen Petra dengan dosen pembimbing Ir. Sukanto T. M. Sc. dan Ir. Gideon H. K. M. Eng.

Dalam negeri Belanda dan Indonesia pekerjaan tersebut dikoordinasikan oleh CUR-Commissie F-1 dengan nama "Kerjasama dengan Indonesia - Samenwerking met Indonesië". Susunan "Kerjasama dengan Indonesia - Samenwerking met Indonesië":

Indonesia Team F-1 terdiri dari Sijabat, Ir. H. J; Wiratman, Dr. Ir. W; Purwono, Prof. Ir. R; Shahab, Ir. H; Triantanto, Ir. L; Rooseno, Prof. Dr. Ir; Besari, Prof. Dr. Ir. S; Simanjuntak, Ir. j. H; Limassale, Ir. S. P; Suharta, Ir; Sunito, Ir. F. S

Belanda Team CUR F-1 terdiri dari Bijker, Prof. Dr. Ir. E. W; Breusers, Ir. N. H. C; Bruggeling, Prof. Dr. Ir. A. S. G; Jansma, Ir. P. H; Kole, Ing. P; Kusuma, Ir. G. H; Mans, Ir. D. G; Nieboer, Ir. H.J.C; Oud, Ir. H. J. C; Sagel, Ing. R; Stoelhorst, Ir. D; Vechgel, Drs. R. H. W. van; Ven, Drs. B. A. F. van der; Verhagen, Ir. H. J; Vis, Ir. W.C; Zanetti, Ir. R.A.

Pendamping penyusun terdiri dari Indonesia Sijabat, Ir. H. J; Purwono, Prof. Ir. S; Limassale, Ir. S. P. dan Belanda Meyer, Ir. S. F; Jansma, Ir. P. H; Blankers, Ir. B. A.

Ditambah pula dicantumkan Ir. S.T. Utomo yang telah menterjemahkan buku ini dari bahasa Belanda ke dalam bahasa Indonesia.

Atasnya ucapan terima kasih kepada perkumpulan pabrik semen Belanda yang telah mengijinkan pemakaian data dari buku CB 19 Pelaksanaan Beton Konstruksi yang mana Ing. R. Sagel adalah salah satu penyusun buku tersebut.

## Pendahuluan



## SATUAN-SATUAN

Penggunaan satuan yang dipakai dalam Grafik dan Tabel Perencanaan Beton bertulang ini, termasuk 'Système International Unites' (sistem satuan internasional, disingkat sebagai satuan-satuan SI).

## Satuan-satuan SI

Besaran dasar	Satuan-satuan dasar	
	Dinyatakan	Simbol
panjang	meter	m
massa	kilogram	kg
thermodynamis temperatur	kelvin	K
arus listrik	ampere	A
kekuatan cahaya	kandela	cd
jumlah materi	mol	mol

Besaran yang diturunkan	Satuan-satuan yang diturunkan	
	Dinyatakan	Simbol
gaya	newton	N = kgm/dt <sup>2</sup>
tenaga, energi	joule	J = m <sup>2</sup> kg/dt <sup>2</sup>
frekuensi	hertz	Hz = dt <sup>-1</sup>
gaya luas penampang	pascal	Pa = N/m <sup>2</sup>

Dalam satuan-satuan ini digunakan prefiks sebagai berikut:

T (tera) = 10 <sup>12</sup>	m (milli) = 10 <sup>-3</sup>
G (giga) = 10 <sup>9</sup>	μ (micro) = 10 <sup>-6</sup>
M (mega) = 10 <sup>6</sup>	n (nano) = 10 <sup>-9</sup>
k (kilo) = 10 <sup>3</sup>	p (pico) = 10 <sup>-12</sup>

Satuan panjang yang disarankan pada susunan SI adalah mm, m, dan km.

Hubungan satuan SI — Satuan "lama" (susunan satuan teknis)  $g = 10 \text{ m/dt}^2$ .

	Satuan			
	SI	lama	lama	SI
gaya	1 N	0,1 kgf	1 kgf	10 N
	1 kN	100 kgf	1 tf	10 kN
gaya per panjang	1 N/m	0,1 kg	1 kgf/m	10 N/m
	1 kN/m	100 kgf/m	1 tf/m	10 kN/m
gaya per luas penampang	1 N/m <sup>2</sup>	0,1 kgf/m <sup>2</sup>	1 kgf/m <sup>2</sup>	10 N/m <sup>2</sup>
	1 kN/m <sup>2</sup>	100 kgf/m <sup>2</sup>	1 tf/m <sup>2</sup>	10 kN/m <sup>2</sup>
	1 N/mm <sup>2</sup>	10 kgf/cm <sup>2</sup>	1 kgf/cm <sup>2</sup>	0,1 N/mm <sup>2</sup>
gaya per volume	1 N/m <sup>3</sup>	0,1 kgf/m <sup>3</sup>	1 kgf/m <sup>3</sup>	10 N/m <sup>3</sup>
	1 kN/m <sup>3</sup>	100 kgf/m <sup>3</sup>	1 tf/m <sup>3</sup>	10 kN/m <sup>3</sup>
	1 MN/m <sup>3</sup>	100 tf/m <sup>3</sup>		
momen dari suatu gaya	1 Nm	0,1 kgfm	1 kgfm	10 Nm
	1 kNm	100 kgfm	1 tfm	10 kNm
tenaga	1 J = 1 Nm	0,1 kgfm	1 kgfm	10 J
perbedaan temperatur	1 K	1 °C	1 °C	1 K
temperatur nivo	0 K	-273 °C	0 °C	+ 273 K

# BAB

# 1

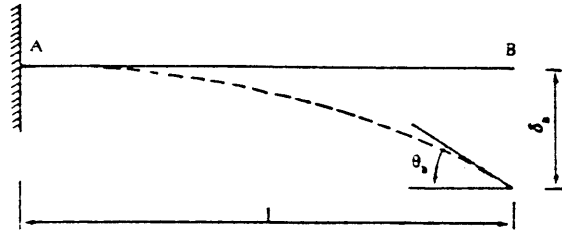
Prinsip Prinsip  
Perencanaan



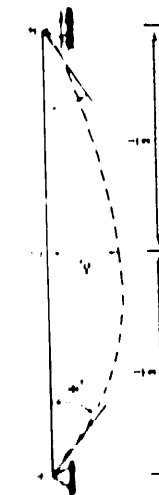
## 1.1.a Petunjuk menghitung — umum

Momen, reaksi, perputaran sudut, defleksi.

o gelagar



Beban	$R_s$	$M_s$	$\theta_s$	$\delta_s$
	$F$	$-Fl$	$\frac{Fl^2}{2EI}$	$\frac{Fl^3}{3EI}$
	$0$	$-M$	$\frac{Ml}{EI}$	$\frac{Ml^2}{2EI}$
	$wl$	$-\frac{wl^2}{2}$	$\frac{wl^2}{6EI}$	$\frac{wl^4}{8EI}$
	$\frac{wl}{2}$	$-\frac{wl^2}{6}$	$\frac{wl^3}{24EI}$	$\frac{wl^4}{30EI}$
	$0$	$0$	$\frac{\Delta T \alpha l}{h}$	$\frac{\Delta T \alpha l^2}{2h}$



## Petunjuk menghitung — umum

Momen, reaksi, perputaran sudut, defleksi

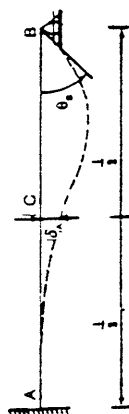
o gelagar



Beban	$R_s$	$R_b$	$M_s$	$M_b$	$\theta_s$	$\theta_b$	$\delta_s$
	$\frac{F}{2}$	$\frac{F}{2}$	$0$	$0$	$\frac{Fl^2}{16EI}$	$\frac{Fl^2}{16EI}$	$\frac{Fl^3}{48EI}$
	$\frac{Fb}{l}$	$\frac{Fa}{l}$	$-\frac{Fb^2}{2l}$	$\frac{Fa^2}{2l}$	$\frac{Fab(l+b)}{6EI}$	$\frac{Fab(l+a)}{6EI}$	$\frac{Fab(l^2 - 4a^2)}{48EI}$
	$\frac{M}{l}$	$-\frac{M}{l}$	$0$	$0$	$\frac{Ml}{6EI}$	$\frac{Ml}{3EI}$	$\frac{Ml^2}{16EI}$
	$\frac{M}{l}$	$-\frac{M}{l}$	$-\frac{Mb^2}{2l}$	$\frac{Ma^2}{2l}$	$\frac{M(l^2 - 3b^2)}{6EI}$	$\frac{M(l^2 - 3a^2)}{6EI}$	$\frac{M(l^2 - 4a^2)}{16EI}$
	$\frac{wl}{2}$	$\frac{wl}{2}$	$-\frac{wl^2}{8}$	$\frac{wl^2}{8}$	$\frac{wl^3}{24EI}$	$\frac{wl^3}{24EI}$	$\frac{5wl^4}{384EI}$
	$\frac{wl}{4}$	$\frac{3wl}{4}$	$-\frac{wl^2}{12}$	$\frac{wl^2}{12}$	$\frac{5wl^3}{192EI}$	$\frac{5wl^3}{192EI}$	$\frac{wl^4}{120EI}$
	$\frac{w(l-a)}{2}$	$\frac{w(l+a)}{2}$	$\frac{w^3(l^3 - 4a^3)}{24}$	$\frac{w^3(l^3 - 4a^3)}{24}$	$\frac{w(l^3 - 2a^3l + a^3)}{24EI}$	$\frac{w(l^3 - 2a^3l + a^3)}{24EI}$	$\frac{w(25l^4 - 40a^2l^2)}{1920EI}$
	$0$	$0$	$0$	$0$	$-\frac{\Delta T \alpha l}{2h}$	$-\frac{\Delta T \alpha l}{2h}$	$-\frac{\Delta T \alpha l^2}{8h}$

1.1.c Perunjuk menghitung — umum  
Momen, reaksi, perputaran sudut, defleksi

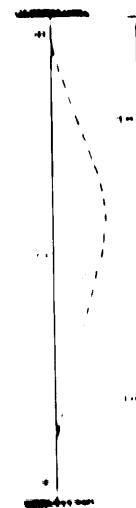
o gelagar



Beban	$\frac{11F}{16}$	$\frac{5F}{16}$	$-\frac{3Fl}{16}$	$\frac{Fl^2}{32EI}$	$\frac{7Fl^3}{768EI}$
	$\frac{11F}{16}$	$\frac{5F}{16}$	$-\frac{3Fl}{16}$	$\frac{Fl^2}{32EI}$	$\frac{7Fl^3}{768EI}$
	$\frac{Fb^2(3l^2 - b^2)}{2l^3}$	$\frac{Fa^2(2l + b)}{2l^3}$	$-\frac{Fb(l^2 + b^2)}{2l^3}$	$\frac{Fa^2b}{4EI}$	$\frac{Fa^2(9b + 2a)}{96EI}$
	$\frac{3M}{2l}$	$-\frac{3M}{2l}$	$-\frac{M(l^2 - 3b^2)}{2l^3}$	$\frac{Ml}{4EI}$	$\frac{Ml^2}{32EI}$
	$\frac{38EI}{l^3}$	$-\frac{38EI}{l^3}$	$-\frac{38EI}{l^3}$	$\frac{38}{2l}$	$\frac{38}{16}$
	$\frac{5wl}{8}$	$\frac{3wl}{8}$	$-\frac{wl^2}{8}$	$\frac{wl^3}{48EI}$	$\frac{wl^4}{192EI}$
	$\frac{2lw}{64}$	$\frac{1lw}{64}$	$-\frac{5wl^2}{64}$	$\frac{5wl^3}{384EI}$	$\frac{5wl^4}{15360EI}$
	$\frac{3\Delta T\alpha EI}{2hl}$	$\frac{3\Delta T\alpha EI}{2hl}$	$-\frac{3\Delta T\alpha EI}{2hl}$	$\frac{\Delta T\alpha l}{4h}$	$\frac{\Delta T\alpha l^2}{32h}$

1.1.c Perunjuk menghitung — umum  
Momen, reaksi, perputaran sudut, defleksi.

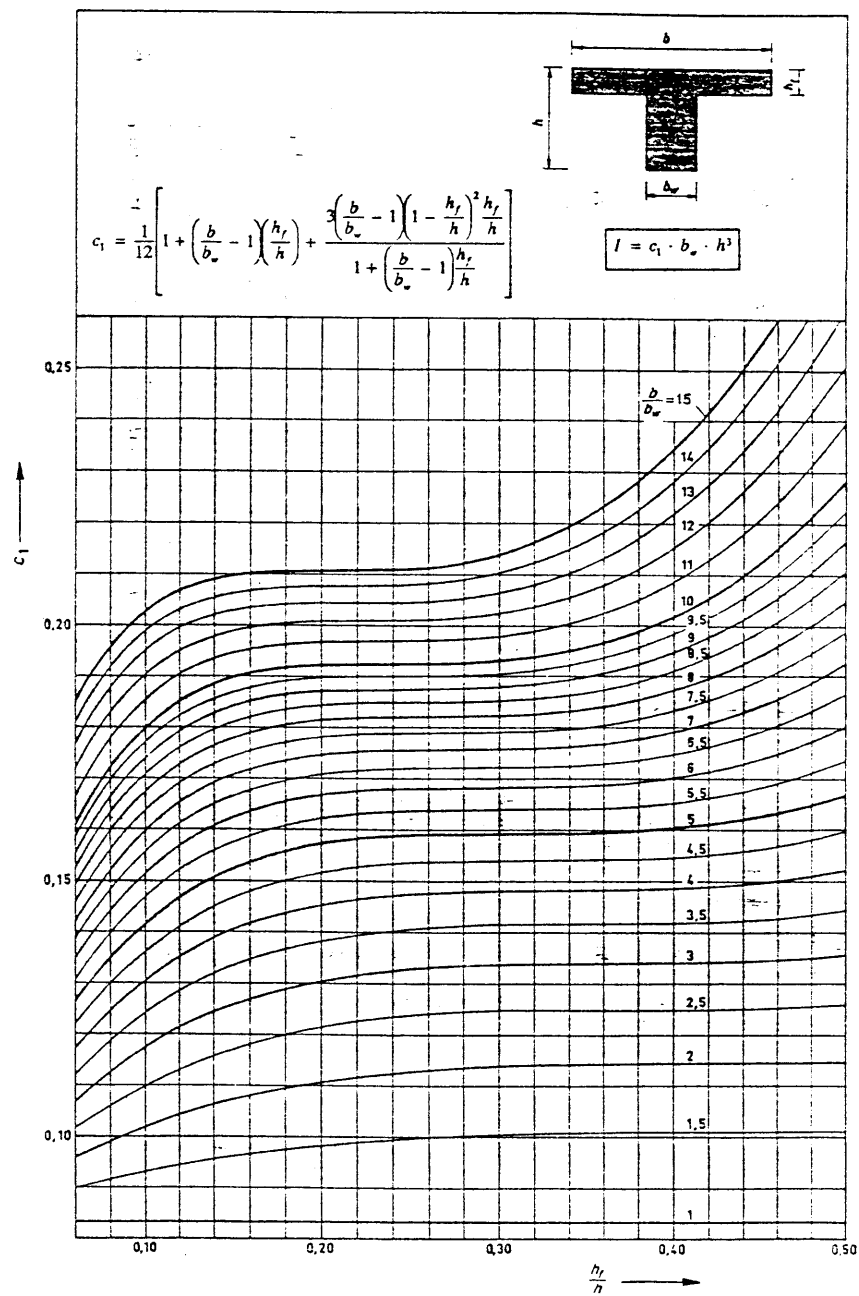
o gelagar



Beban	$\frac{F}{2}$	$\frac{Fb^2(a + 3b)}{l^3}$	$\frac{Fa^2(b - 2a)}{l^3}$	$-\frac{Fb^2}{l^3}$	$-\frac{Fa^2}{l^3}$	$\frac{Fb^3}{192EI}$
	$\frac{F}{2}$	$\frac{Fb^2(a + 3b)}{l^3}$	$\frac{Fa^2(b - 2a)}{l^3}$	$-\frac{Fb^2}{l^3}$	$-\frac{Fa^2}{l^3}$	$\frac{Fb^3}{192EI}$
	$\frac{Fb^2(3a + b)}{l^3}$	$\frac{6Mab}{l^3}$	$-\frac{Mb(b - 2a)}{l^3}$	$-\frac{Fa^2b}{l^3}$	$\frac{Ma(2b - a)}{l^3}$	$\frac{Fa^2(3b - a)}{48EI}$
	$\frac{128EI}{l^3}$	$\frac{128EI}{l^3}$	$-\frac{68EI}{l^3}$	$-\frac{68EI}{l^3}$	$\frac{68EI}{l^3}$	$\frac{68EI}{l^3}$
	$\frac{wl}{2}$	$\frac{wl}{2}$	$-\frac{wl^2}{12}$	$-\frac{wl^2}{12}$	$\frac{wl^2}{12}$	$\frac{wl^4}{384EI}$
	$\frac{wl}{4}$	$\frac{wl}{4}$	$-\frac{5wl^2}{96}$	$-\frac{5wl^2}{96}$	$\frac{5wl^2}{96}$	$\frac{7wl^4}{3840EI}$
	$\frac{wl(l - a)}{2}$	$\frac{wl(l - a)}{2}$	$-\frac{wl^3 - 2a^2l + a^3}{12l}$	$-\frac{wl^3 - 2a^2l + a^3}{12l}$	$\frac{wl^3 - 2a^2l + a^3}{12l}$	$\frac{wl^4(5l^4 - 20a^2l + 16a^4)}{1920EI}$
	0	0	$\frac{\Delta T\alpha EI}{h}$	$\frac{\Delta T\alpha EI}{h}$	$\frac{\Delta T\alpha EI}{h}$	0

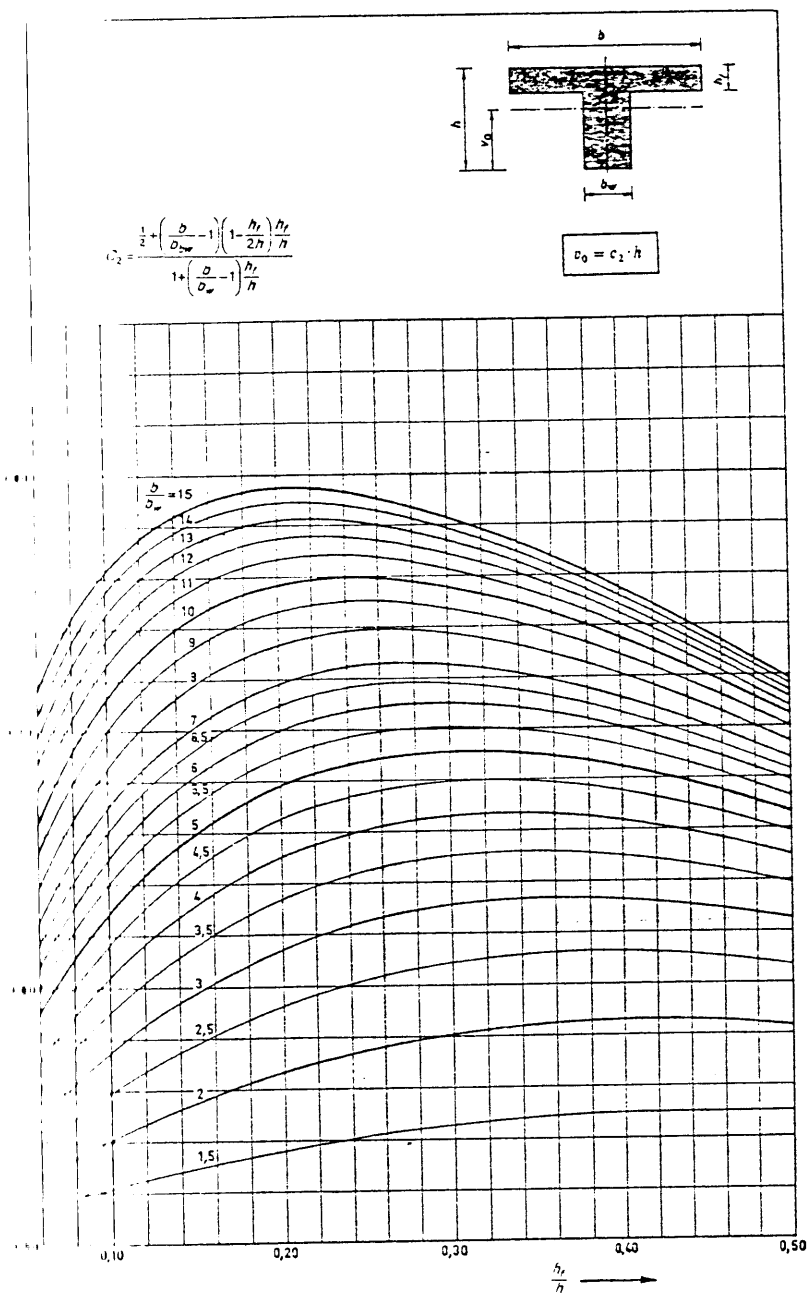
## 1.2.a Perunjuk menghitung — umum

- Balok-T
- Momen Inersia



## 1.2.b Perunjuk menghitung — umum

- Balok-T
- Titik berat



# BAB

2

Label Tulangan

## 2.1 Tebal minimum penutup beton pada tulangan terluar dalam satuan mm

Komponen struktur	Beton yang tidak langsung berhubungan dengan tanah atau air	Beton yang berhubungan langsung dengan tanah atau air
Lantai/dinding	$\phi_{D36}$ dan lebih kecil : 20 > $\phi_{D36}$ : 40	$\phi_{D16}$ dan lebih kecil : 40 > $\phi_{D16}$ : 50
Balok	Seluruh diameter : 40	$\phi_{D16}$ dan lebih kecil : 40 > $\phi_{D16}$ : 50
Kolom	Seluruh diameter : 40	$\phi_{D16}$ dan lebih kecil : 40 > $\phi_{D16}$ : 50

Untuk konstruksi beton yang dituangkan langsung pada tanah dan selalu berhubungan dengan tanah, berlaku suatu tebal penutup minimal yang umum sebesar 70 mm

## 1.4 Kondisi Batang Tulangan

Jumlah penampang penulangan total dalam mm<sup>2</sup>

n	Jumlah batang tulangan									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	28	57	85	113	141	170	198	226	254	283
10	50	101	151	201	251	302	352	402	453	503
12	79	157	236	314	393	471	550	628	707	785
14	113	226	339	452	565	679	792	905	1018	1131
16	154	308	462	616	770	924	1078	1232	1385	1539
18	201	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	2011
20	254	507	761	1014	1268	1521	1774	2028	2281	2535
22	314	628	942	1257	1571	1885	2199	2513	2827	3142
24	380	760	1140	1521	1901	2281	2661	3041	3421	3801
26	451	902	1353	1804	2255	2706	3157	3608	4059	4510
28	526	1052	1579	2104	2629	3154	3679	4204	4729	5254
30	604	1208	1813	2421	2946	3471	3996	4521	5046	5571

Diameter batang tulangan dalam mm<sup>2</sup> per meter lebar pelat

Diameter penulangan dalam mm	Diameter dalam mm						
	8	10	12	14	16	18	20
30	565	1005	1571	2262	3079	4022	5671
25	377	670	1047	1508	2053	2681	3780
20	283	503	785	1131	1539	2011	2835
18	256	402	628	905	1232	1608	2268
16	228	335	524	754	1026	1340	1890
14	162	287	449	646	880	1149	1620
12	141	251	393	565	770	1005	1418
10	126	223	349	503	684	894	1260
8	113	201	314	452	616	804	1134

## 2.2.b Petunjuk Penulangan

• luas tulangan baja beton  
per m lebar pelat

Luas tulangan baja beton dalam mm<sup>2</sup> per meter lebar pelat pada penggunaan batang tulangan yang dikombinasikan.

Luas tulangan dalam mm <sup>2</sup>	Luas tulangan dalam mm <sup>2</sup>	Luas tulangan dalam mm <sup>2</sup>	Luas tulangan dalam mm <sup>2</sup>	Luas tulangan dalam mm <sup>2</sup>	Luas tulangan dalam mm <sup>2</sup>	Luas tulangan dalam mm <sup>2</sup>	Luas tulangan dalam mm <sup>2</sup>
75	524	85	113	153	32	50	86
85	491	80	1127	1848	30	47	8053
90	462	758	1065	175	2	42	768
95	436	716	1009	1653	2	42	715
100	413	678	953	1571	2	40	685
105	393	641	903	1517	2	40	646
110	374	613	871	1496	203	3833	6167
115	357	585	833	1428	2342	3659	5857
120	341	560	798	1366	220	3500	5631
125	327	537	767	1309	214	3354	5396
130	314	515	737	1257	2	3220	5180
135	302	495	710	1208	1982	3096	4981
140	291	477	684	1164	1908	2982	4797
145	280	460	661	1122	1840	2875	4625
150	271	444	639	1083	1777	2776	4466
155	262	429	618	1047	1717	2683	4317
160	253	416	599	1013	1662	2597	4178
165	245	403	581	982	1610	2516	4047
170	238	390	564	952	1561	2439	3925
175	231	379	548	924	1515	2368	3809
180	224	368	532	898	1472	2300	3700
185	21	358	518	873	1431	2236	3598
190	212	348	504	849	1392	2176	3500
195	207	339	491	827	1356	2119	3408
200	201	330	479	806	1321	2064	3321
205	196	322	467	785	1288	2013	3238
210	192	314	456	766	1257	1963	3159
215	187	307	446	748	1227	1917	3084
220	183	300	436	731	1198	1872	3012
225	178	293	426	714	1171	1830	2943
230	175	286	417	698	1145	1789	2878
235	171	280	408	683	1120	1750	2815
240	167	274	399	668	1096	1713	2756
245	164	268	391	654	1073	1677	2698
250	160	263	383	641	1051	1643	2643
	157	258	628	1030	1610	2590	

### 3.1 Tulangan baja dengan kawat Jaring kawat baja tulangan

A (mm <sup>2</sup> )	luas tulangan per m <sup>2</sup> lebar pelat dalam mm <sup>2</sup> pada jarak tulangan dalam mm								
	50	75	100	125	150	175	200	250	300
4	12,6	252	168	126	101	85	72	63	50
5	19,6	393	262	196	157	131	112	98	78
6	28,3	565	377	282	226	188	162	141	113
7	38,5	770	513	385	308	257	220	192	154
8	50,3	1005	670	503	402	335	287	251	201
9	63,6	1272	848	636	509	424	363	318	254

ukuran jaring standar 5,40 x 2,10 m

tulangan		luas tulangan per m <sup>2</sup>		tulangan		luas tulangan per m <sup>2</sup>	
panjang	lebar	panjang	lebar	panjang	lebar	panjang	lebar
ø4-150	ø4-150	84	84	-	-	-	-
ø5-150	ø5-150	131	131	ø5-100	ø7-200	196	192
ø6-150	ø6-150	188	188	ø6-100	ø7-200	282	192
ø7-150	ø7-150	257	257	ø7-100	ø7-200	385	192
ø8-150	ø8-150	335	335	ø8-100	ø8-200	503	251
ø9-150	ø9-150	424	424	ø9-100	ø8-200	636	251

# BAB

Panjang  
Penjangkaran

3



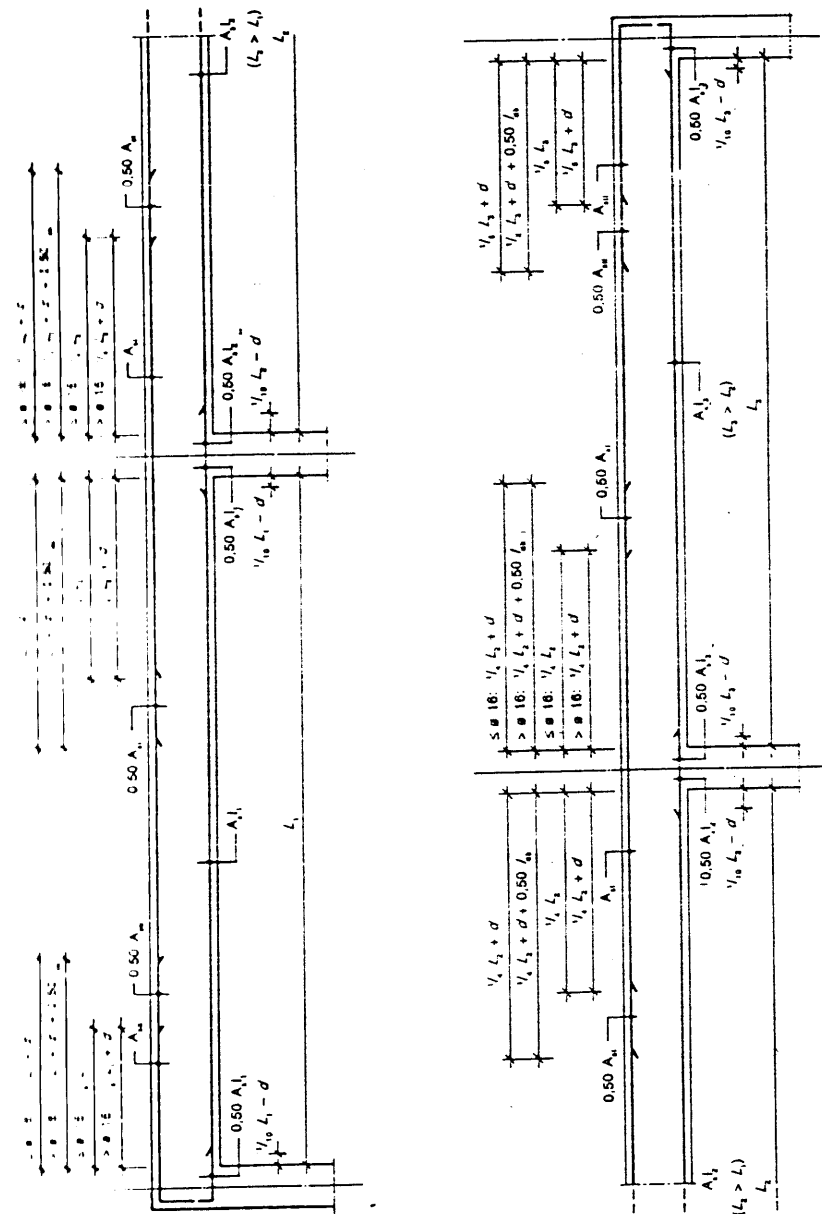
3.1 Panjang penjangkaran dasar  $l_{db}$  untuk batang tulangan tarik

Panjang penjangkaran $l_{db}$ dalam mm (tarik)										
$f_c$	$f_y = 400 \text{ MPa}$					$f_y = 240 \text{ MPa}$				
	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
6	300	300	300	300	300	360	360	360	360	360
8	300	300	300	300	300	360	360	360	360	360
10	300	300	300	300	300	360	360	360	360	360
12	300	300	300	300	300	360	360	360	360	360
14	340	340	340	340	340	410	410	410	410	410
16	420	380	380	380	380	500	460	460	460	460
19	590	510	460	460	460	710	610	550	550	550
20	650	560	500	480	480	780	670	600	580	580
22	790	680	610	560	530	950	820	730	670	640
25	1010	880	790	720	660	1210	1060	950	860	790
28	1270	1100	990	900	830	1520	1320	1190	1080	1000
32	1660	1440	1290	1170	1090	1990	1730	1550	1400	1310

Untuk batang tulangan atas, nilai dalam tabel harus dikalikan dengan 1,4

3.2 Panjang penjangkaran dasar  $l_{db}$  untuk batang tulangan kompresi

Panjang penjangkaran $l_{db}$ dalam mm (kompresi)										
$f_c$	$f_y = 400 \text{ MPa}$					$f_y = 240 \text{ MPa}$				
	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
6	200	200	200	200	200	240	240	240	240	240
8	210	200	200	200	200	250	240	240	240	240
10	260	220	200	200	200	310	260	240	240	240
12	310	270	240	220	200	370	320	290	260	240
14	360	310	280	260	240	430	370	340	310	290
16	410	360	320	290	270	490	430	380	350	320
19	490	420	380	350	320	590	500	460	420	380
20	520	450	400	360	340	620	540	480	430	410
22	570	490	440	400	370	680	590	530	480	440
25	650	560	500	460	420	780	670	600	550	500
28	720	630	560	510	470	860	760	670	610	560
32	830	720	640	580	540	1000	860	770	700	650



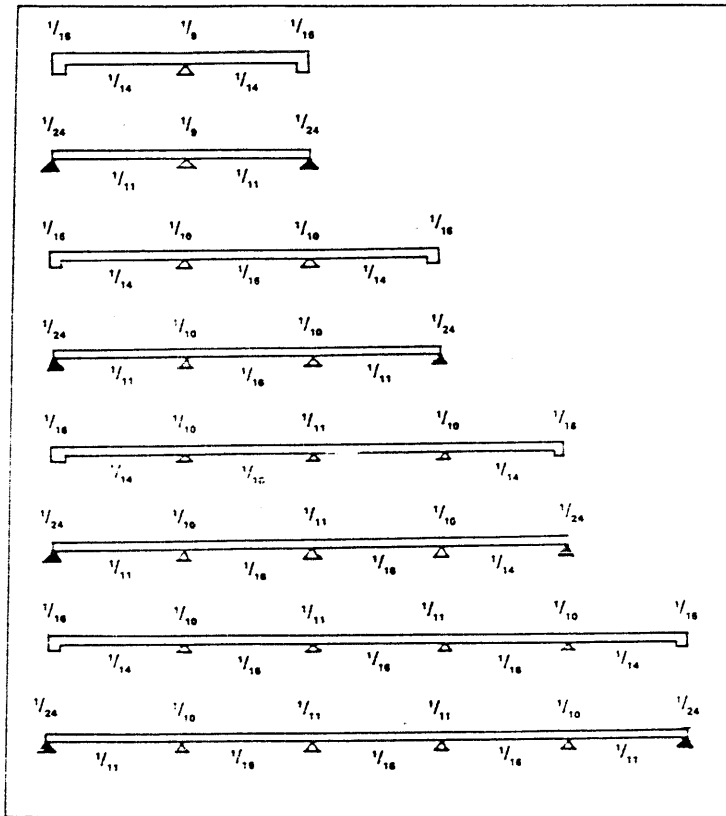
# BAB

# 4

Distribusi Gaya-gaya



#### 4.1 Koefisien momen dikalikan $w_u l_n^2$



Tabel 4.1.b menunjukkan momen lentur yang bekerja pada jalur selebar 1 meter, masing-masing pada arah-x dan pada arah-y

- $m_{lx}$  adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-x;
- $m_{ly}$  adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-y;
- $m_{sx}$  adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-x;
- $m_{sy}$  adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-y;
- $m_{ix}$  adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah-x;
- $m_{iy}$  adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah-y

Agar dapat pada pelat satu arah yang menerus, pemakaian tabel ini dibatasi dengan beberapa syarat:

- a) beban terbagi rata;
- b) membatasi perbedaan antara beban maksimum dan minimum pada bentang pelat (atau lekukan):  
 $w_{u, \max} \geq 0,4 w_{u, \min}$
- c) membatasi perbedaan antara beban-beban maksimum pada bentang yang berbeda-beda:  
 $w_{u, \max} \text{ terkecil} \geq 0,8 \text{ kali } w_{u, \max} \text{ terbesar};$
- d) membatasi perbedaan dari panjang bentang: yaitu, panjang bentang terpendek  $\geq 0,8 \times$  panjang bentang terpanjang.

Bila syarat-syarat batas ini dipenuhi, maka pemakaian Tabel 4.2.b akan menghasilkan nilai-nilai yang aman terhadap momen lentur maksimum. Dalam nilai-nilai ini telah diperhitungkan juga pengaruh dari bentang yang dibebani dan bentang tak dibebani terhadap momen tersebut. Momen jepit tak terduga di sini dianggap sama dengan setengah momen lapangan (bentang) pada panel yang berbatasan.

Kalau dalam arah-x:  $m_{ix} = \frac{1}{2} m_{lx}$ ; dalam arah-y:  $m_{iy} = \frac{1}{2} m_{ly}$

Untuk melengkapi penentuan penulangan di jalur tepi dan di sudut-sudut pada tepi yang ditumpu bebas.

## 4.2.b Pelat - Umum

Tabel Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali $w_u$ lantai 1 <sub>t</sub>	Momen per meter lebar	$\frac{l_y}{l_x}$							
			1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0
		$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	41	54	67	79	87	97	110	117
		$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 y$	41	35	31	28	26	25	24	23
		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$	25	34	42	49	53	58	62	65
		$m_{ly} = -0.001 w_u l_y^2 y$	25	22	18	15	15	14	14	14
		$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	51	63	72	78	81	82	83	83
		$m_{ly} = -0.001 w_u l_y^2 y$	51	54	55	54	54	53	51	49
		$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	30	41	52	61	67	72	80	83
		$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 y$	30	27	23	22	20	19	19	19
		$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	68	84	97	106	113	117	122	124
		$m_{ly} = -0.001 w_u l_y^2 y$	68	74	77	77	77	76	73	71
		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$	24	36	49	63	74	85	103	113
		$m_{ly} = -0.001 w_u l_y^2 y$	33	33	32	29	27	24	21	20
		$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
		$m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$	33	40	47	52	55	58	62	65
		$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	24	20	18	17	17	17	16	16
		$m_{ly} = -0.001 w_u l_y^2 y$	69	76	80	82	83	83	83	83
		$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	31	45	58	71	81	91	106	115
		$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 y$	39	37	34	30	27	25	24	23
		$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
		$m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$	39	47	57	64	70	75	81	84
		$m_{lx} = 0.001 w_u l_x^2 x$	31	25	23	21	20	19	19	19
		$m_{ly} = -0.001 w_u l_y^2 y$	91	98	107	113	118	120	124	124
		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$	25	36	47	57	64	70	79	83
		$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 y$	28	27	23	20	18	17	16	16
		$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	54	72	88	100	108	114	121	124
		$m_{ly} = -0.001 w_u l_y^2 y$	60	69	74	76	76	76	73	71
		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$	28	37	45	50	54	58	62	65
		$m_{ly} = 0.001 w_u l_y^2 y$	25	21	19	18	17	17	16	16
		$m_{lx} = -0.001 w_u l_x^2 x$	60	70	76	80	82	83	83	83
		$m_{ly} = -0.001 w_u l_y^2 y$	54	55	55	54	53	53	51	49

— = terletak bebas  
 === = menerus pada tumpuan

## 4.3.a

Tabel 4.3 menyatakan pelat persegi yang diberi beban terbagi rata dengan persyaratan ideal:

tumpuan bebas (sederhana) atau  
 tumpuan terjepit penuh atau  
 tidak bertumpu (tumpu bebas/tergantung)

momen momen yang menentukan pada jalur tepi dan jalur tengah dalam arah-x dan arah-y.

Adapun momen dihitung secara teori linear elastis dengan  $\nu = 0$ , harus diperhatikan pula pengaruh dari momen puntir. Momen puntir pada sudut-sudut tumpuan bebas diberikan dengan tanda  $\pm$ .

Tabel 4.3a dan 4.3b untuk titik momen nol, atau penganggapan momen bentang dan momen tumpuan diberikan pada gambar yang dikavaskan. Ketentuan tambahan yang diberikan dalam buku Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang dibutuhkan dalam pemakaian Tabel 4.2.b, akan tetapi tidak berlaku untuk Tabel 4.3.b

1.1.1

1.1.2

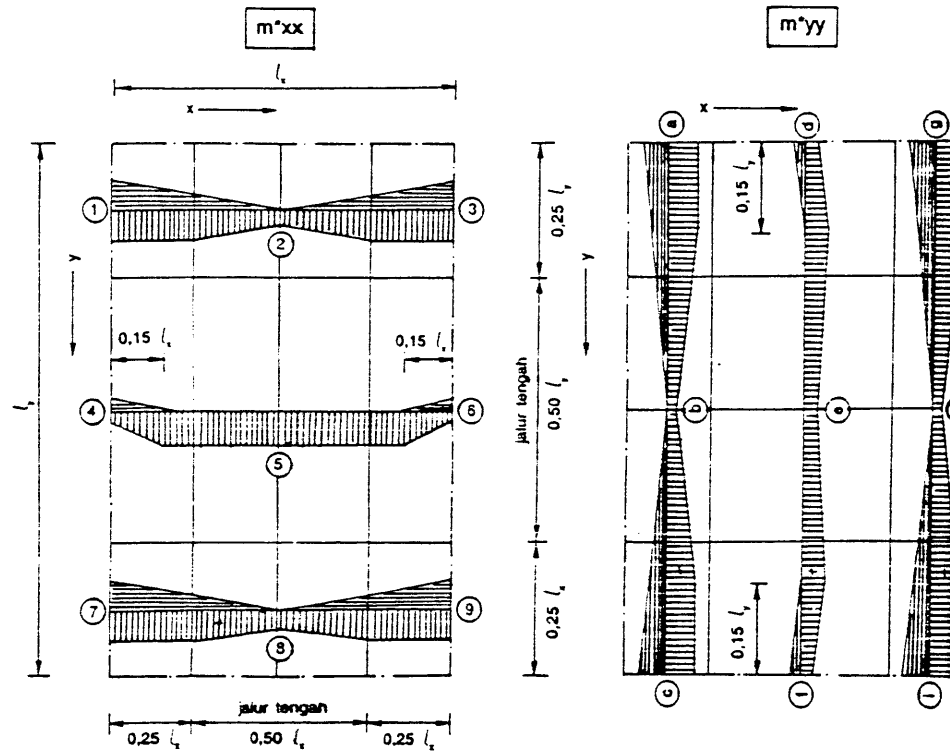
		I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9
		II-3	II-4	II-5				

## 4.3.b Pelat

pelat I - 1

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



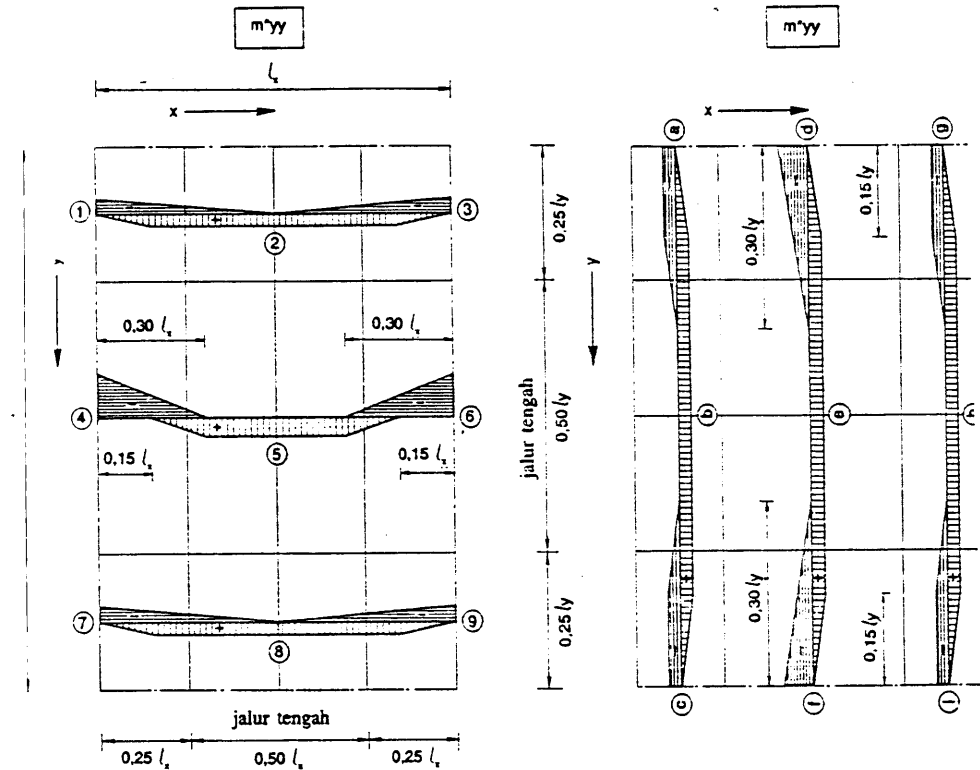
Koefisien untuk momen penulangan

$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0,001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0,001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	±43	+14	±43	±15	+39	±15	±43	+14	±43	±43	+14	±43	±15	+39	±15	±43	+14	±43
1,2	±51	+20	±51	±16	+51	±16	±51	+20	±51	±51	+13	±51	±17	+31	±17	±51	+13	±51
1,4	±57	+26	±57	±17	+63	±17	±57	+26	±57	±55	+11	±55	±19	+27	±19	±55	+11	±55
1,6	±62	+31	±62	±17	+74	±17	±62	+31	±62	±57	+10	±57	±21	+23	±21	±57	+10	±57
1,8	±65	+36	±65	±16	+83	±16	±65	+36	±65	±59	+8	±59	±22	+19	±22	±59	+8	±59
2,0	±67	+40	±67	±15	+90	±15	±67	+40	±67	±59	+6	±59	±22	+16	±22	±59	+6	±59
2,5	±70	+49	±70	±12	+103	±12	±70	+49	±70	±59	+4	±59	±24	+9	±24	±59	+4	±59
3,0	±73	+57	±73	±10	+111	±10	±73	+57	±73	±59	+2	±59	±25	+5	±25	±59	+2	±59

• pelat I - 2

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan

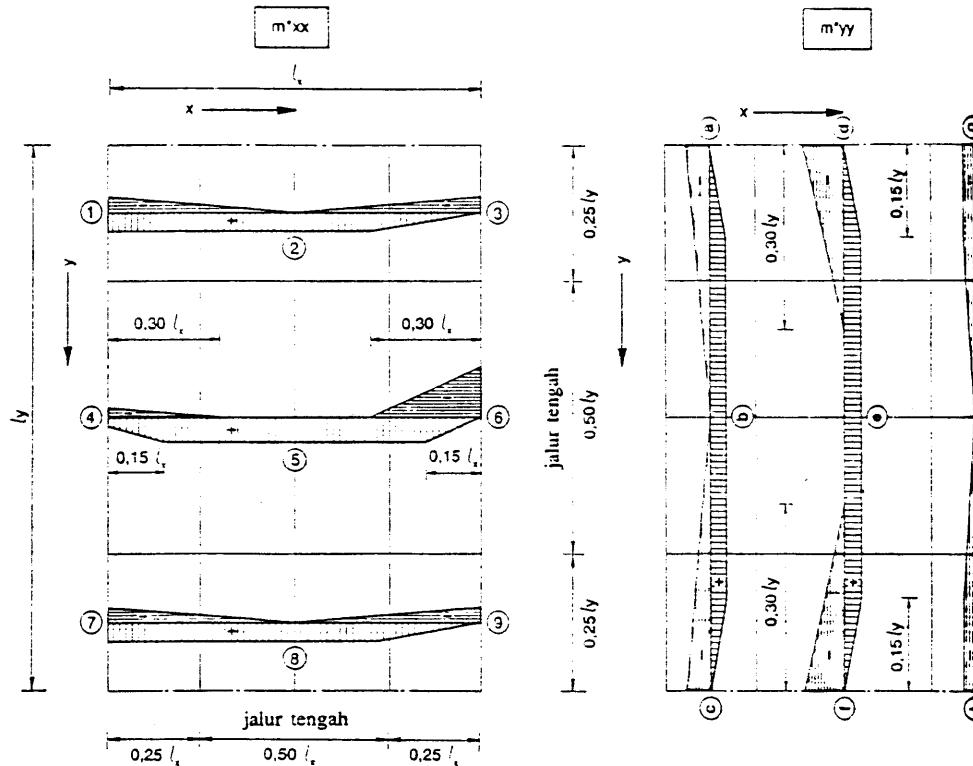
$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0,001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0,001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	-14	+11	-14	-44	+17	-44	-14	+11	-14	-14	+11	-14	-44	+17	-44	-14	+11	-14
1,2	-19	+13	-19	-56	+24	-56	-19	+13	-19	-15	+12	-15	-47	+17	-47	-15	+12	-15
1,4	-23	+15	-23	-65	+29	-65	-23	+15	-23	-15	+12	-15	-47	+16	-47	-15	+12	-15
1,6	-27	+17	-27	-71	+32	-71	-27	+17	-27	-15	+13	-15	-47	+15	-47	-15	+13	-15
1,8	-31	+18	-31	-75	+35	-75	-31	+18	-31	-15	+13	-15	-47	+15	-47	-15	+13	-15
2,0	-34	+19	-34	-78	+37	-78	-34	+19	-34	-15	+13	-15	-46	+15	-46	-15	+13	-15
2,5	-41	+20	-41	-81	+40	-81	-41	+20	-41	-15	+13	-15	-45	+15	-45	-15	+13	-15
3,0	-47	+23	-47	-83	+41	-83	-47	+23	-47	-15	+14	-15	-44	+15	-44	-15	+14	-15

## 4.3.d

• pelat I - 3

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan

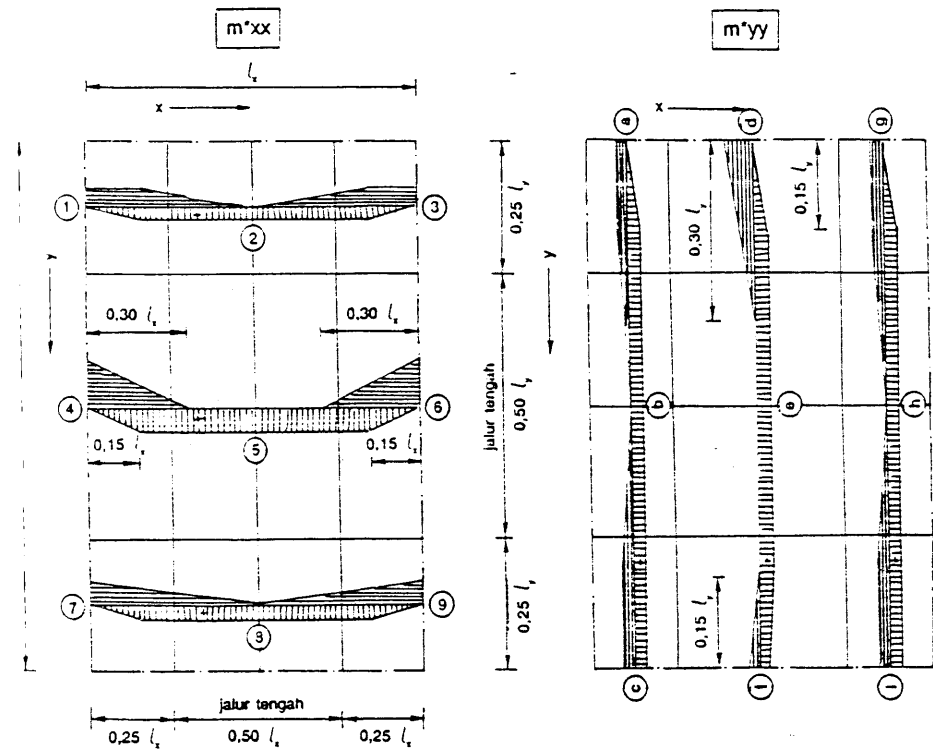


Koefisien untuk momen penulangan																		
$l_x/l_y$	$m_{xx} = 0,001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0,001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	±17	+17	-15	±10	+21	-47	±17	+17	-15	-30	+20	-30	-53	+22	-53	-15	+12	-15
1,2	±22	+22	-20	±12	+30	-63	±22	+22	-20	-34	+24	-34	-61	+23	-61	-16	+14	-16
1,4	±26	+26	-26	±13	+38	-77	±26	+26	-26	-36	+26	-36	-65	+23	-65	-17	+15	-17
1,6	±29	+29	-31	±13	+45	-89	±29	+29	-31	-38	+27	-38	-66	+22	-66	-17	+16	-17
1,8	±31	+31	-36	±12	+51	-98	±31	+31	-36	-38	+29	-38	-66	+22	-66	-18	+17	-18
2,0	±33	+33	-41	±11	+56	-104	±33	+33	-41	-38	+30	-38	-66	+22	-66	-17	+17	-17
2,5	±36	+36	-51	±8	+63	-115	±36	+36	-51	-38	+29	-38	-64	+22	-64	-17	+16	-17
3,0	±38	+38	-60	±5	+66	-120	±38	+38	-60	-38	+29	-38	-64	+22	-64	-17	+18	-17

• pelat I - 4

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan																		
$l_x/l_y$	$m_{xx} = 0,001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0,001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	-15	+12	-15	-53	+22	-53	-30	+20	-30	-15	+17	±17	-47	+21	±10	-15	+17	±17
1,2	-19	+14	-19	-63	+28	-63	-35	+22	-35	-15	+18	±18	-48	+21	±11	-15	+18	±18
1,4	-23	+15	-23	-70	+32	-70	-39	+24	-39	-15	+18	±18	-48	+20	±11	-15	+18	±18]
1,6	-27	+17	-27	-75	+35	-75	-43	+25	-43	-15	+18	±18	-47	+20	±11	-15	+18	±18
1,8	-31	+18	-31	-76	+37	-76	-46	+25	-46	-15	+17	±17	-47	+20	±11	-15	+17	±17
2,0	-34	+19	-34	-80	+39	-80	-48	+25	-48	-15	+17	±17	-46	+20	±11	-15	+17	±17
2,5	-41	+20	-41	-82	+41	-82	-54	+27	-54	-15	+16	±16	-45	+20	±12	-15	+16	±16
3,0	-47	+23	-47	-83	+42	-83	-58	+29	-58	-15	+16	±16	-44	+20	±13	-15	+16	±16

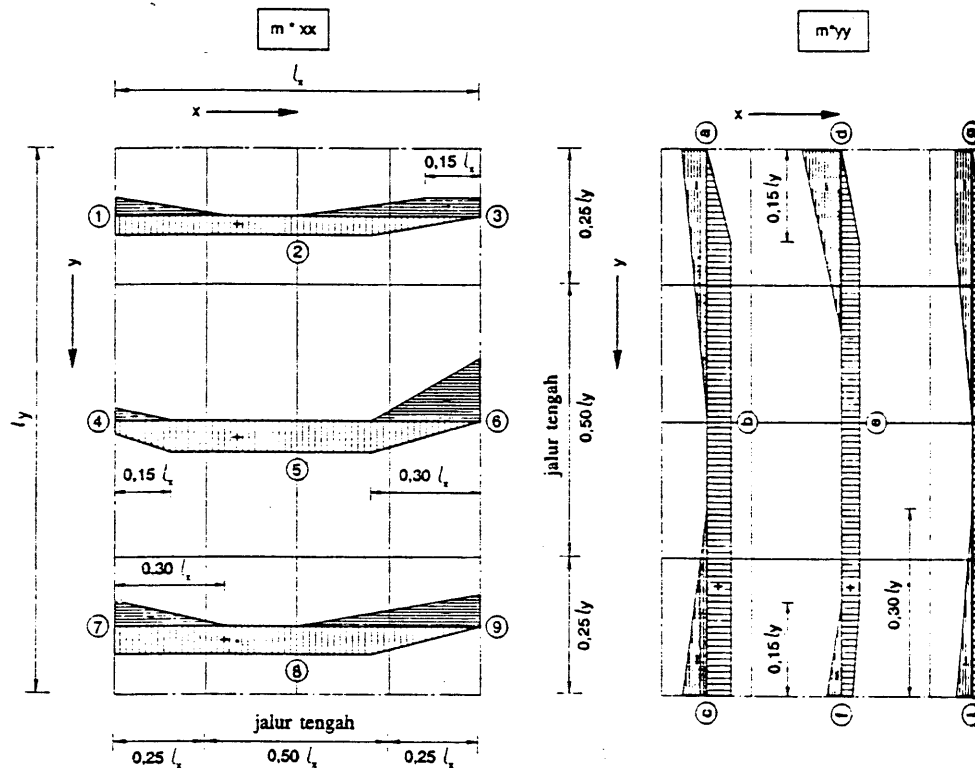
4.3.f

• pelat I - 5

1-5

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



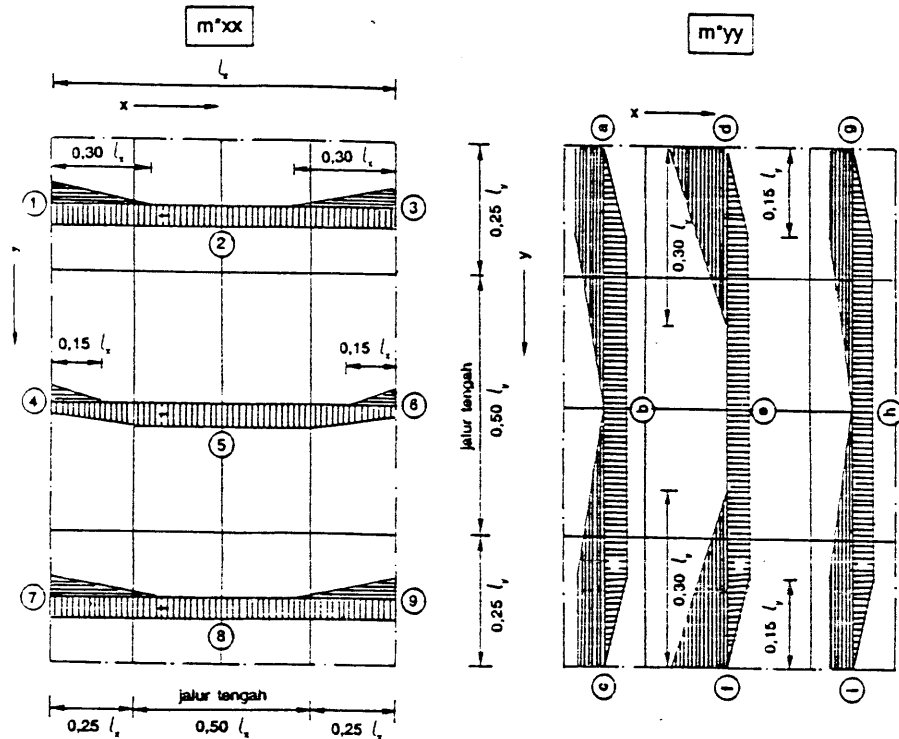
Koefisien untuk momen penulangan																		
$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0,001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0,001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	±20	+20	-16	±12	+27	-60	±31	+31	-33	-33	+31	±31	-60	+27	±12	-16	+20	±20
1,2	±24	+24	-21	±13	+37	-76	±36	+36	-41	-36	+35	±35	-65	+27	±14	-17	+22	±22
1,4	±28	+28	-26	±13	+44	-88	±40	+40	-48	-38	+38	±38	-67	+28	±15	-18	+23	±23
1,6	±30	+30	-32	±12	+50	-98	±43	+43	-54	-38	+39	±39	-67	+27	±16	-18	+23	±23
1,8	±32	+32	-36	±11	+55	-104	±45	+45	-59	-38	+39	±39	-67	+28	±16	-18	+23	±23
2,0	±33	+33	-41	±10	+59	-110	±45	+45	-63	-38	+38	±38	-66	+28	±16	-17	+23	±23
2,5	±36	+36	-51	±6	+64	-117	±46	+46	-71	-38	+37	±37	-64	+28	±17	-17	+22	±22
3,0	±38	+38	-60	±4	+67	-121	±48	+48	-78	-38	+37	±37	-63	+28	±18	-17	+22	±22

• pelat I - 6

1-6

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan																		
$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0,001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0,001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	±18	+18	±18	±11	+21	±11	±18	+18	±18	-31	+21	-31	-64	+27	-64	-31	+21	-31
1,2	±25	+25	±25	±14	+31	±14	±25	+25	±25	-37	+28	-37	-78	+31	-78	-37	+28	-37
1,4	±31	+31	±31	±17	+42	±17	±31	+31	±31	-42	+34	-42	-89	+32	-89	-42	+34	-42
1,6	±36	+36	±36	±18	+53	±18	±36	+36	±36	-45	+38	-45	-96	+32	-96	-45	+38	-45
1,8	±40	+40	±40	±19	+64	±19	±40	+40	±40	-48	+40	-48	-101	+32	-101	-48	+40	-48
2,0	±44	+44	±44	±18	+73	±18	±44	+44	±44	-49	+43	-49	-103	+32	-103	-49	+43	-49
2,5	±51	+51	±51	±16	+91	±16	±51	+51	±51	-50	+46	-50	-104	+32	-104	-50	+46	-50
3,0	±55	+55	±55	±12	+103	±12	±55	+55	±55	-51	+46	-51	-104	+32	-104	-51	+46	-51



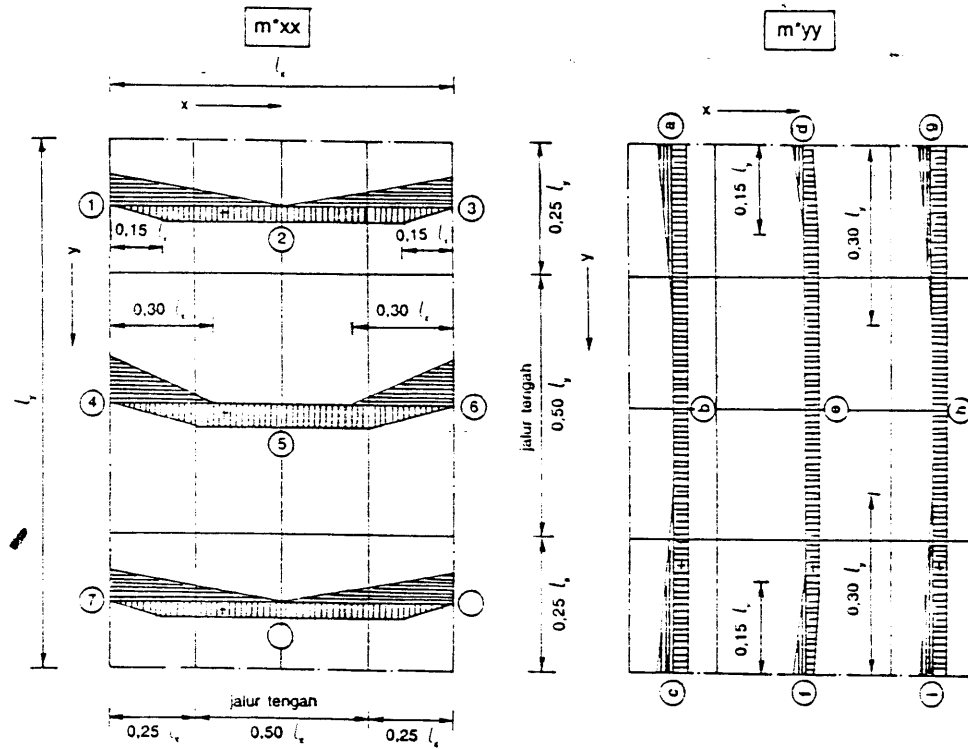
## 4.3.h

• pelat I - 7

I-7

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan

$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0,001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0,001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	-31	+21	-31	-64	+27	-64	-31	+21	-31	±18	±18	±18	±11	+21	±11	±18	±18	±18
1,2	-36	+23	-36	-71	+32	-71	-36	+23	-36	±18	±18	±18	±11	+21	±11	±18	±18	±18
1,4	-40	+24	-40	-76	+35	-76	-40	+24	-40	±18	±18	±18	±11	+20	±11	±18	±18	±18
1,6	-43	+25	-43	-79	+37	-79	-43	+25	-43	±18	±18	±18	±11	+20	±11	±18	±18	±18
1,8	-46	+25	-46	-80	+39	-80	-46	+25	-46	±17	±17	±17	±11	+20	±11	±17	±17	±17
2,0	-48	+25	-48	-82	+40	-82	-48	+25	-48	±17	±17	±17	±12	+20	±12	±17	±17	±17
2,5	-54	+27	-54	-83	+42	-83	-54	+27	-54	±16	±16	±16	±12	+20	±12	±16	±16	±16
3,0	-58	+29	-58	-83	+42	-83	-58	+29	-58	±16	±16	±16	±13	+20	±13	±16	±16	±16

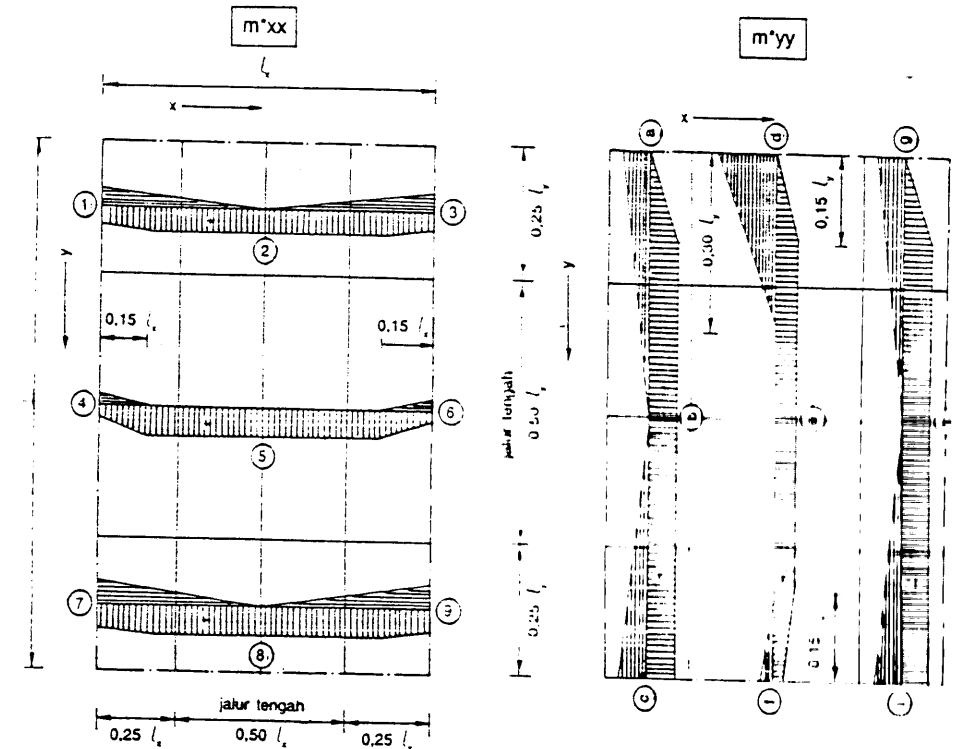
## 4.3.i

• pelat I - 8

I-8

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan

$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0,001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0,001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1,0	±22	+22	±22	±13	+28	±13	±35	+35	±35	-36	+36	±36	-76	+35	±12	-36	+36	±36
1,2	±27	+29	±27	±16	+40	±16	±38	+44	±38	-42	+45	±45	-88	+38	±15	-42	+45	±45
1,4	±32	+34	±32	±18	+52	±18	±43	+52	±43	-45	+51	±51	-97	+39	±18	-45	+51	±51
1,6	±36	+39	±36	±19	+63	±19	±47	+58	±47	-48	+55	±55	-101	+39	±20	-48	+55	±55
1,8	±39	+43	±39	±18	+73	±18	±48	+62	±48	-49	+57	±57	-104	+39	±21	-49	+57	±57
2,0	±42	+46	±42	±18	+82	±18	±49	+65	±49	-50	+57	±57	-105	+39	±22	-50	+58	±58
2,5	±45	+51	±45	±14	+97	±14	±47	+70	±47	-51	+58	±58	-104	+40	±23	-51	+58	±58
3,0	±46	+55	±46	±11	+107	±11	±44	+74	±44	-51	+57	±57	-102	+40	±24	-51	+57	±57

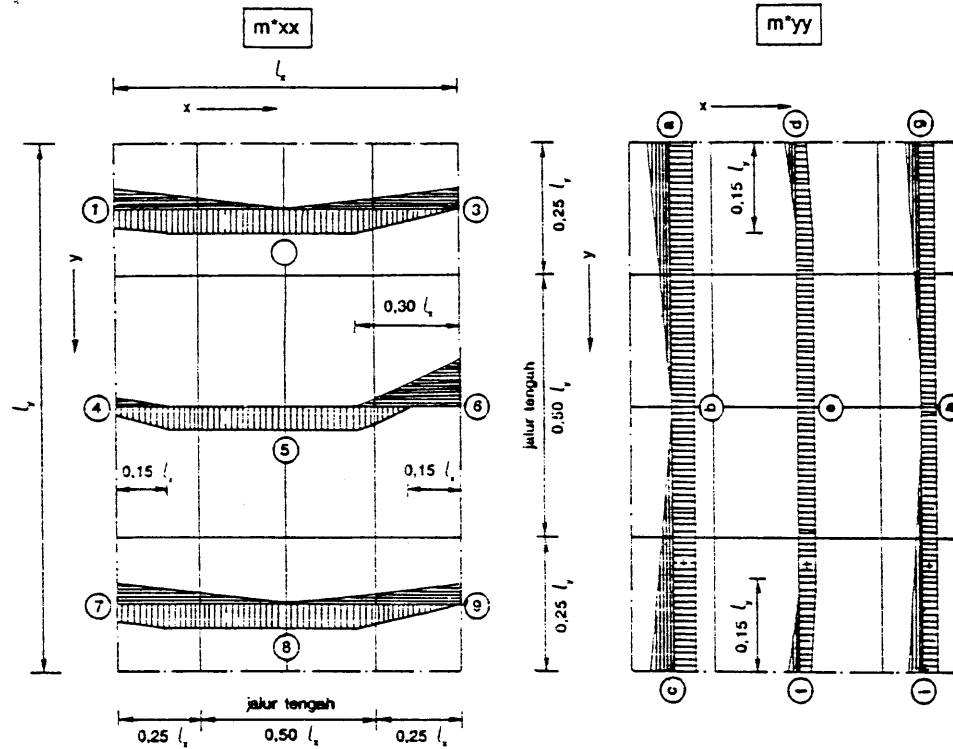
4.3.j

• pelat I - 9

I-9

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan

$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0.001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0.001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1.0	±36	+36	-36	±12	+35	-76	±36	+36	-36	±35	+35	±35	±13	+28	±13	+22	+22	±22
1.2	±35	+40	-43	±12	+43	-90	±35	+40	-43	±35	+35	±35	±15	+28	±15	+22	+22	±22
1.4	±35	+42	-50	±11	+49	-99	±35	+42	-50	±35	+35	±35	±16	+28	±16	+22	+22	±22
1.6	±34	+44	-55	±10	+55	-106	±34	+44	-55	±35	+35	±35	±16	+28	±16	+22	+22	±22
1.8	±32	+45	-59	±9	+59	-111	±32	+45	-59	±35	+35	±35	±16	+28	±16	+22	+22	±22
2.0	±31	+46	-63	±8	+62	-115	±31	+46	-63	±35	+35	±35	±17	+28	±17	+22	+22	±22
2.5	±28	+47	-71	±5	+66	-120	±28	+47	-71	±35	+35	±35	±17	+28	±17	+22	+22	±22
3.0	±25	+48	-78	±3	+68	-122	±25	+48	-78	±35	+35	±35	±18	+28	±18	+22	+22	±22

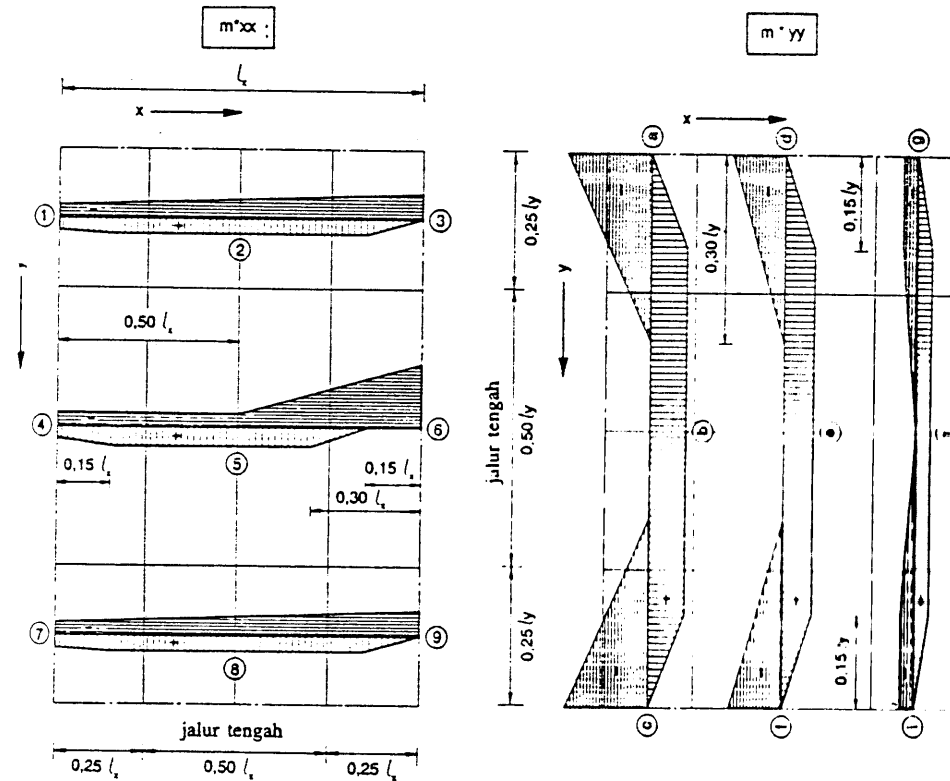
11.k

• pelat II - 3

II-3

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan

$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0.001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0.001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1.0	±3	+15	-15	±2	+14	-48	±3	+15	-15	-83	+40	-83	-63	+30	-63	-15	+13	-15
1.2	±5	+18	-21	±4	+21	-69	±5	+18	-21	-115	+54	-115	-79	+39	-79	-18	+17	-18
1.4	±11	+24	-28	±6	+27	-94	±11	+24	-28	-149	+66	-149	-94	+47	-94	-21	+20	-21
1.6	±18	+30	-36	±10	+34	-120	±18	+30	-36	-182	+78	-182	-106	+56	-106	-24	+24	-24
1.8	±26	+36	-45	±15	+40	-148	±26	+36	-45	-212	+88	-212	-116	+64	-116	-27	+27	-27
2.0	±34	+42	-53	±19	+44	-176	±34	+42	-53	-239	+94	-239	-124	+70	-124	-30	+29	-30
2.5	±54	+56	-77	±29	+52	-242	±54	+56	-77	-288	+110	-288	-137	+85	-137	-35	+33	-35
3.0	±70	+70	-102	±35	+53	-299	±70	+70	-102	-316	+119	-316	-143	+94	-143	-38	+36	-38

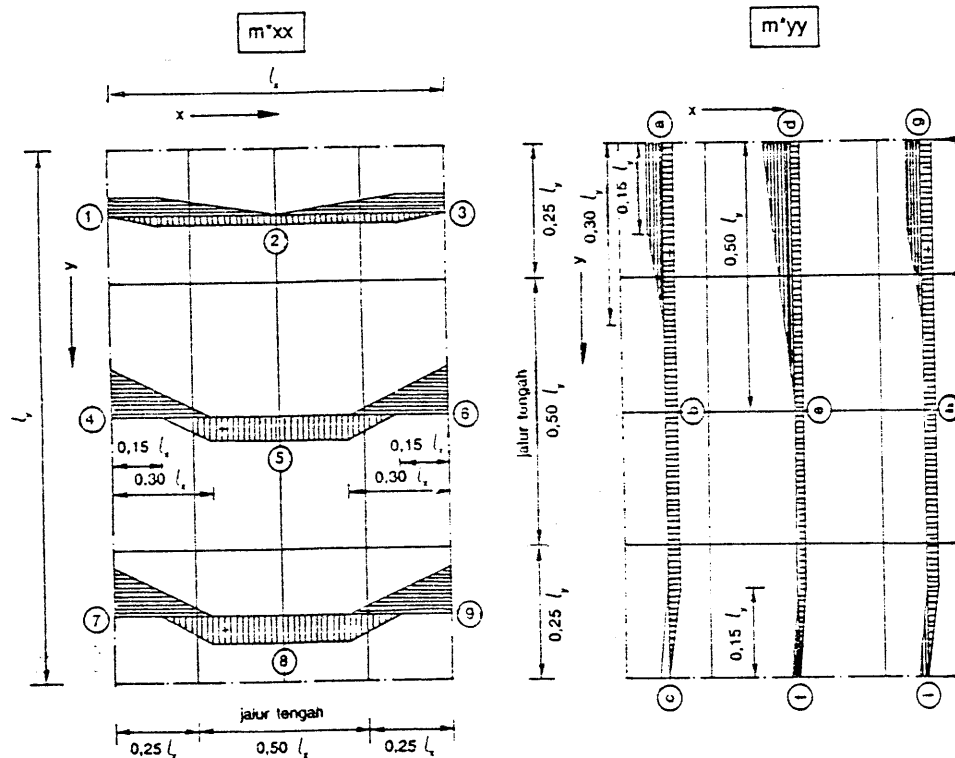
## 4.3.1

• pelat II - 4

II - 4

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan

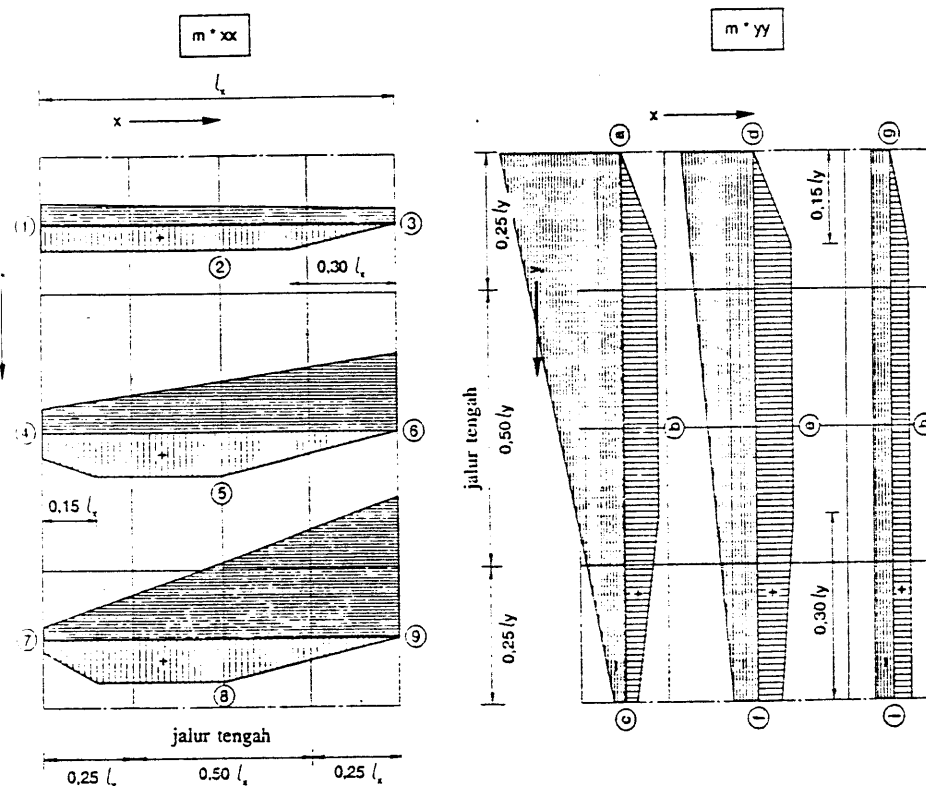
$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0.001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0.001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1.0	-15	+13	-15	-63	+30	-63	-83	+40	-83	±15	+15	-3	-18	+14	-2	±15	+15	-3
1.2	-19	+14	-19	-69	+33	-69	-84	+42	-84	±15	+15	-2	-18	+15	-2	±15	+15	-2
1.4	-23	+15	-23	-74	+35	-74	-84	+42	-84	±15	+15	-2	-17	+15	-2	±15	+15	-2
1.6	-27	+17	-27	-77	+37	-77	-84	+42	-84	±15	+15	-2	-17	+15	-2	±15	+15	-2
1.8	-31	+18	-31	-79	+39	-79	-84	+42	-84	±15	+15	-3	-17	+15	-2	±15	+15	-3
2.0	-34	+19	-34	-80	+40	-80	-84	+42	-84	±15	+15	-4	-16	+15	-3	±15	+15	-4
2.5	-41	+20	-41	-82	+41	-82	-84	+42	-84	±15	+15	-5	-15	+15	-4	±15	+15	-5
3.0	-47	+23	-47	-83	+42	-83	-84	+42	-84	±15	+15	-8	-11	+15	-6	±15	+15	-8

• pelat II - 5

II - 5

Momen penulangan per satuan panjang terhadap beban terbagi rata

Skema dari diagram momen penulangan



Koefisien untuk momen penulangan

$l_y/l_x$	$m_{xx} = 0.001 w l_x^2 x$									$m_{yy} = 0.001 w l_y^2 x$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1.0	±34	+34	-30	±39	+62	-121	±17	+66	-248	-248	-66	±17	-121	+62	±39	-34	+34	±34
1.2	±46	+46	-36	±51	+69	-159	±22	+64	-298	-287	-87	±18	-131	+76	±38	-33	+33	±33
1.4	±57	+57	-44	±60	+73	-196	±24	+59	-339	-315	-103	±17	-139	+87	±35	-36	+36	±36
1.6	±65	+65	-52	±65	+76	-231	±25	+51	-373	-334	-115	±16	-145	+94	±31	-37	+37	±37
1.8	±72	+72	-60	±68	+77	-263	±24	+43	-399	-347	-121	±14	-148	+99	±26	-39	+39	±39
2.0	±77	+77	-68	±69	+76	-293	±22	+36	-420	-355	-126	±12	-151	+102	±22	-40	+40	±40
2.5	±86	+86	-85	±64	+69	-350	±17	+22	-455	-361	-131	±9	-153	+105	±16	-41	+41	±41
3.0	±91	+91	-106	±56	+60	-390	±12	+13	-475	-361	-131	±9	-153	+108	±13	-41	+41	±41

# BAB

Lentur Tanpa  
Beban Aksial

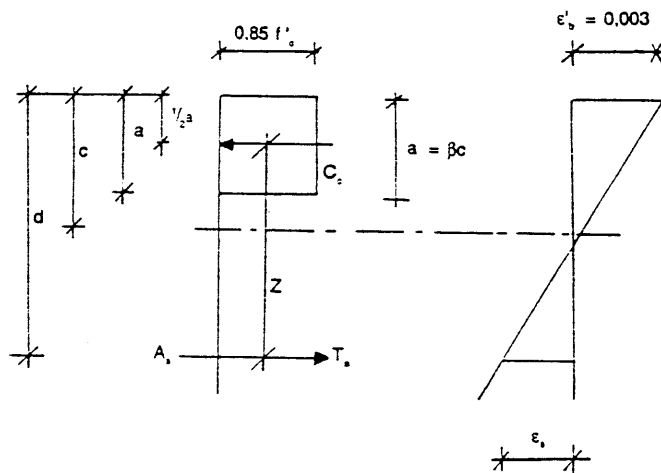
5

### 5.1 Lentur tanpa beban aksial pada penampang persegi

Penjelasan tabel

Koefisien yang diberikan pada tabel-tabel 5.1.a s/d 5.1.j akan diturunkan di bawah ini, atas dasar dimensi-dimensi berikut:

- b, d, c dan z dalam satuan m
- $M_u$  dalam satuan kNm
- $A_s$  dalam satuan  $\text{mm}^2$
- $f'_c$  dan  $f_y$  dalam satuan MPa
- $C_c$  dan  $T_s$  dalam satuan kN



$$C_c = 0,85 \phi f'_c b \cdot \beta_1 \cdot c \cdot 10^3$$

$$B = 0,85 \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$B = 0,81 \text{ untuk } f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$T_s = A_s \cdot \phi f_y \cdot 10^{-3}$$

$$M_u = C_c \cdot z = 0,7225 \phi f'_c b \cdot c \cdot z \cdot 10^3 \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$M_u = C_c \cdot z = 0,6885 \phi f'_c b \cdot c \cdot z \cdot 10^3 \text{ untuk } f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$M_u = T_s \cdot z = A_s \cdot f_y \cdot z \cdot 10^{-3}$$

$$z = (d - 0,425c) \text{ untuk } f'_c < 30 \text{ MPa}$$

$$z = (d - 0,405c) \text{ untuk } f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$A_s = \rho b \cdot d \cdot 10^6$$

$$C_c = T_s \text{ menghasilkan sebagai berikut}$$

$$\rho = \frac{\rho f_y}{0,85 \beta_1 f'_c} \text{ ataupun } \frac{c}{d} = 1,384 \rho \frac{f_y}{f'_c} \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\text{dan } \frac{c}{d} = 1,384 \rho \frac{f_y}{f'_c} \text{ untuk } f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Untuk seluruh mutu beton: } \frac{z}{d} = (1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f'_c})$$

$$\frac{M_u}{bd^2} = \rho \phi f_y (1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f'_c}) \cdot 10^3$$

Nilai kanan dari persamaan di atas hanya tergantung pada mutu beton dan baja maupun ratio penulangan  $\rho$ . Dalam memilih mutu beton dan baja, hubungan antara  $\frac{M_u}{bd^2}$  dan  $\rho$  dinyatakan dalam tabel-tabel 5.1.a s/d 5.1.j

$$\text{Dari } M_u = A_s \phi f_y \cdot z \cdot 10^{-3} \text{ didapatkan } A_s = \frac{M_u \cdot 10^3}{\phi f_y z}$$

$$\text{Jika ditulis sesuai dengan } A_s = \frac{M_u}{a_s d} \text{ maka nilai } a_s \text{ berupa: } a_s = \phi f_y \frac{z}{d} \cdot 10^{-3}$$

Pada tabel ternyata nilai dari  $a_s$  hanya sedikit bervariasi. Dengan demikian, penyimpangan akibat kesalahan menginterpolasikan hampir tidak ada.

5.1.a MUTU BETON  $f'_c$  15 $\phi = 0,8$ 

M <sub>u</sub> /kN	$f_c = 240 \text{ MPa}$		$f_c = 400 \text{ MPa}$		c/d	z/d
	$\rho$	$a_u$	$\rho$	$a_u$		
100	0,0005	0,191	0,0003	0,318	0,012	0,995
200	0,0011	0,190	0,0006	0,317	0,023	0,990
300	0,0016	0,189	0,0010	0,315	0,035	0,985
400	0,0021	0,188	0,0013	0,314	0,047	0,980
500	0,0027	0,187	0,0016	0,312	0,059	0,975
600	0,0032	0,186	0,0019	0,310	0,071	0,970
700	0,0038	0,185	0,0023	0,309	0,084	0,964
800	0,0043	0,184	0,0026	0,307	0,096	0,959
900	0,0049	0,183	0,0029	0,305	0,109	0,954
1000	0,0055	0,182	0,0033	0,303	0,122	0,948
1100	0,0061	0,181	0,0036	0,302	0,135	0,943
1200	0,0067	0,180	0,0040	0,300	0,148	0,937
1300	0,0073	0,179	0,0044	0,298	0,161	0,932
1400	0,0079	0,178	0,0047	0,296	0,174	0,926
1500	0,0085	0,177	0,0051	0,294	0,188	0,920
1600	0,0091	0,176	0,0055	0,293	0,202	0,914
1700	0,0097	0,174	0,0058	0,291	0,216	0,908
1800	0,0104	0,173	0,0062	0,289	0,230	0,902
1900	0,0110	0,172	0,0066	0,287	0,245	0,896
2000	0,0117	0,171	0,0070	0,285	0,259	0,890
2100	0,0124	0,170	0,0074	0,283	0,274	0,883
2200	0,0131	0,168	0,0078	0,281	0,289	0,877
2300	0,0138	0,167	0,0083	0,279	0,305	0,870
2400	0,0145	0,166	0,0087	0,276	0,320	0,864
2500	0,0152	0,165	0,0091	0,274	0,336	0,857
2600	0,0159	0,163	0,0096	0,272	0,353	0,850
2700	0,0167	0,162	0,0100	0,270	0,369	0,843
2800	0,0174	0,160	0,0105	0,267	0,386	0,836
2900	0,0182	0,159	0,0109	0,265	0,404	0,828
3000	0,0190	0,158	0,0114	0,263	0,422	0,821
3100	0,0199	0,156	0,0119	0,260	0,440	0,813
3200	0,0207	0,155	0,0124	0,258	0,458	0,805
3300	0,0216	0,153			0,478	0,797
3400	0,0225	0,151			0,497	0,789
3500	0,0234	0,150			0,518	0,780

5.1.b MUTU BETON  $f'_c$  20 $\phi = 0,8$ 

M <sub>u</sub> /kN	$f_c = 240 \text{ MPa}$		$f_c = 400 \text{ MPa}$		c/d	z/d
	$\rho$	$a_u$	$\rho$	$a_u$		
100	0,0005	0,191	0,0003	0,319	0,009	0,996
200	0,0010	0,191	0,0006	0,318	0,017	0,993
300	0,0016	0,190	0,0009	0,316	0,026	0,989
400	0,0021	0,189	0,0013	0,315	0,035	0,985
500	0,0027	0,188	0,0016	0,314	0,044	0,981
600	0,0032	0,188	0,0019	0,313	0,053	0,977
700	0,0037	0,187	0,0022	0,312	0,062	0,974
800	0,0043	0,186	0,0026	0,310	0,071	0,970
900	0,0049	0,185	0,0029	0,309	0,081	0,966
1000	0,0054	0,185	0,0032	0,308	0,090	0,962
1100	0,0060	0,184	0,0036	0,306	0,099	0,958
1200	0,0066	0,183	0,0039	0,305	0,109	0,954
1300	0,0071	0,182	0,0043	0,304	0,118	0,950
1400	0,0077	0,182	0,0046	0,303	0,128	0,946
1500	0,0083	0,181	0,0050	0,301	0,138	0,941
1600	0,0089	0,180	0,0053	0,300	0,148	0,937
1700	0,0095	0,179	0,0057	0,299	0,158	0,933
1800	0,0101	0,178	0,0061	0,297	0,168	0,929
1900	0,0107	0,177	0,0064	0,296	0,178	0,924
2000	0,0113	0,177	0,0068	0,294	0,188	0,920
2100	0,0119	0,176	0,0072	0,293	0,198	0,916
2200	0,0126	0,175	0,0075	0,292	0,209	0,911
2300	0,0132	0,174	0,0079	0,290	0,219	0,907
2400	0,0139	0,173	0,0083	0,289	0,230	0,902
2500	0,0145	0,172	0,0087	0,287	0,241	0,898
2600	0,0152	0,171	0,0091	0,286	0,252	0,893
2700	0,0158	0,171	0,0095	0,284	0,263	0,888
2800	0,0165	0,170	0,0099	0,283	0,274	0,883
2900	0,0172	0,169	0,0103	0,281	0,286	0,879
3000	0,0179	0,168	0,0107	0,280	0,297	0,874
3100	0,0186	0,167	0,0112	0,278	0,309	0,869
3200	0,0193	0,166	0,0116	0,276	0,320	0,864
3300	0,0200	0,165	0,0120	0,275	0,332	0,859
3400	0,0207	0,164	0,0124	0,273	0,345	0,854
3500	0,0215	0,163	0,0129	0,271	0,357	0,848
3600	0,0222	0,162	0,0133	0,270	0,369	0,843
3700	0,0230	0,161	0,0138	0,268	0,382	0,838
3800	0,0238	0,160	0,0143	0,266	0,395	0,832
3900	0,0246	0,159	0,0147	0,264	0,408	0,827
4000	0,0254	0,158	0,0152	0,263	0,422	0,821
4100	0,0262	0,156	0,0157	0,261	0,435	0,815
4200	0,0270	0,155	0,0162	0,259	0,449	0,809
4300	0,0279	0,154	0,0167	0,257	0,463	0,803
4400	0,0288	0,153			0,478	0,797
4500	0,0296	0,152			0,492	0,791
4600	0,0305	0,151			0,507	0,784
4700	0,0315	0,149			0,523	0,778
4800	0,0324	0,148			0,538	0,771

5.1.c MUTU BETON  $f'_c$  25 $\phi = 0,8$ 

M/Bt	$f_c = 240 \text{ MPa}$		$f_c = 400 \text{ MPa}$		c/d	z/d
	p	a	p	a		
100	0,0005	0,191	0,0003	0,319	0,007	0,997
200	0,0010	0,191	0,0006	0,318	0,014	0,994
300	0,0016	0,190	0,0009	0,317	0,021	0,991
400	0,0021	0,190	0,0013	0,316	0,028	0,988
500	0,0026	0,189	0,0016	0,315	0,035	0,985
600	0,0032	0,189	0,0019	0,314	0,042	0,982
700	0,0037	0,188	0,0022	0,313	0,049	0,979
800	0,0043	0,187	0,0026	0,312	0,057	0,976
900	0,0048	0,187	0,0029	0,311	0,064	0,973
1000	0,0054	0,186	0,0032	0,310	0,071	0,970
1100	0,0059	0,186	0,0036	0,309	0,079	0,967
1200	0,0065	0,185	0,0039	0,308	0,086	0,963
1300	0,0071	0,184	0,0042	0,307	0,094	0,960
1400	0,0076	0,184	0,0046	0,306	0,101	0,957
1500	0,0082	0,183	0,0049	0,305	0,109	0,954
1600	0,0088	0,182	0,0053	0,304	0,116	0,950
1700	0,0093	0,182	0,0056	0,303	0,124	0,947
1800	0,0099	0,181	0,0060	0,302	0,132	0,944
1900	0,0105	0,181	0,0063	0,301	0,140	0,941
2000	0,0111	0,180	0,0067	0,300	0,148	0,937
2200	0,0123	0,179	0,0074	0,298	0,164	0,930
2400	0,0135	0,177	0,0081	0,296	0,180	0,924
2600	0,0148	0,176	0,0089	0,293	0,196	0,917
2800	0,0160	0,175	0,0096	0,291	0,213	0,909
3000	0,0173	0,173	0,0104	0,289	0,230	0,902
3200	0,0186	0,172	0,0112	0,286	0,247	0,895
3400	0,0200	0,170	0,0120	0,284	0,265	0,887
3600	0,0213	0,169	0,0128	0,281	0,283	0,880
3800	0,0227	0,167	0,0136	0,279	0,302	0,872
4000	0,0241	0,166	0,0145	0,276	0,320	0,864
4200	0,0256	0,164	0,0153	0,274	0,340	0,856
4400	0,0270	0,163	0,0162	0,271	0,359	0,847
4600	0,0286	0,161	0,0171	0,268	0,380	0,839
4800	0,0301	0,159	0,0181	0,266	0,400	0,830
5000	0,0317	0,158	0,0190	0,263	0,422	0,821
5200	0,0334	0,156	0,0200	0,260	0,443	0,812
5400	0,0351	0,154	0,0210	0,257	0,466	0,802
5600	0,0368	0,152			0,489	0,792
5800	0,0386	0,150			0,513	0,782
6000	0,0405	0,148			0,538	0,771

5.1.d MUTU BETON  $f'_c$  30 $\phi = 0,8$ 

M/Bt	$f_c = 240 \text{ MPa}$		$f_c = 400 \text{ MPa}$		c/d	z/d
	p	a	p	a		
100	0,0005	0,192	0,0003	0,319	0,006	0,998
200	0,0010	0,191	0,0006	0,318	0,012	0,995
300	0,0016	0,191	0,0009	0,318	0,017	0,993
400	0,0021	0,190	0,0013	0,317	0,023	0,990
500	0,0026	0,190	0,0016	0,316	0,029	0,988
600	0,0032	0,189	0,0019	0,315	0,035	0,985
700	0,0037	0,189	0,0022	0,314	0,041	0,983
800	0,0043	0,188	0,0026	0,314	0,047	0,980
900	0,0048	0,188	0,0029	0,313	0,053	0,977
1000	0,0053	0,187	0,0032	0,312	0,059	0,975
1100	0,0059	0,187	0,0035	0,311	0,065	0,972
1200	0,0064	0,186	0,0039	0,310	0,071	0,970
1300	0,0070	0,186	0,0042	0,309	0,078	0,967
1400	0,0076	0,185	0,0045	0,309	0,084	0,964
1500	0,0081	0,185	0,0049	0,308	0,090	0,962
1600	0,0087	0,184	0,0052	0,307	0,096	0,959
1700	0,0093	0,184	0,0056	0,306	0,103	0,956
1800	0,0098	0,183	0,0059	0,305	0,109	0,954
1900	0,0104	0,183	0,0062	0,304	0,115	0,951
2000	0,0110	0,182	0,0066	0,303	0,122	0,948
2200	0,0122	0,181	0,0073	0,302	0,135	0,943
2400	0,0133	0,180	0,0080	0,300	0,148	0,937
2600	0,0145	0,179	0,0087	0,298	0,161	0,932
2800	0,0158	0,178	0,0095	0,296	0,174	0,926
3000	0,0170	0,177	0,0102	0,294	0,188	0,920
3200	0,0182	0,176	0,0109	0,293	0,202	0,914
3400	0,0195	0,174	0,0117	0,291	0,216	0,908
3600	0,0208	0,173	0,0125	0,289	0,230	0,902
3800	0,0221	0,172	0,0133	0,287	0,245	0,896
4000	0,0234	0,171	0,0140	0,285	0,259	0,890
4200	0,0248	0,170	0,0149	0,283	0,274	0,883
4400	0,0261	0,168	0,0157	0,281	0,289	0,877
4600	0,0275	0,167	0,0165	0,279	0,305	0,870
4800	0,0289	0,166	0,0174	0,276	0,320	0,864
5000	0,0304	0,165	0,0182	0,274	0,336	0,857
5200	0,0319	0,163	0,0191	0,272	0,353	0,850
5400	0,0334	0,162	0,0200	0,270	0,369	0,843
5600	0,0349	0,160	0,0209	0,267	0,386	0,836
5800	0,0365	0,159	0,0219	0,265	0,404	0,828
6000	0,0381	0,158	0,0228	0,263	0,422	0,821
6200	0,0397	0,156	0,0238	0,260	0,440	0,813
6400	0,0414	0,155	0,0248	0,258	0,458	0,805
6600	0,0431	0,153			0,478	0,797
6800	0,0449	0,151			0,497	0,789
7000	0,0467	0,150			0,518	0,780
7200	0,0486	0,148			0,538	0,771



5.1.e MUTU BETON  $f'_c$  35 $\rho = 0,8$ 

$M_u$ /bd	$f_c = 240$ MPa		$f_c = 400$ MPa		c/d	z/d
	$\rho$	$a_u$	$\rho$	$a_u$		
100	0,0005	0,192	0,0003	0,319	0,005	0,998
200	0,0010	0,191	0,0006	0,319	0,010	0,996
300	0,0016	0,191	0,0009	0,318	0,016	0,994
400	0,0021	0,190	0,0013	0,317	0,021	0,992
500	0,0026	0,190	0,0016	0,317	0,026	0,989
600	0,0032	0,190	0,0019	0,316	0,032	0,987
700	0,0037	0,189	0,0022	0,315	0,037	0,985
800	0,0042	0,189	0,0025	0,315	0,042	0,983
900	0,0048	0,188	0,0029	0,314	0,048	0,981
1000	0,0053	0,188	0,0032	0,313	0,053	0,979
1100	0,0059	0,187	0,0035	0,312	0,058	0,976
1200	0,0064	0,187	0,0038	0,312	0,064	0,974
1300	0,0070	0,187	0,0042	0,311	0,069	0,972
1400	0,0075	0,186	0,0045	0,310	0,075	0,970
1500	0,0081	0,186	0,0048	0,310	0,080	0,967
1600	0,0086	0,185	0,0052	0,309	0,086	0,965
1700	0,0092	0,185	0,0055	0,308	0,092	0,963
1800	0,0098	0,184	0,0059	0,307	0,097	0,961
1900	0,0103	0,184	0,0062	0,307	0,103	0,958
2000	0,0109	0,184	0,0065	0,306	0,109	0,956
2200	0,0120	0,183	0,0072	0,304	0,120	0,951
2400	0,0132	0,182	0,0079	0,303	0,131	0,947
2600	0,0144	0,181	0,0086	0,301	0,143	0,942
2800	0,0156	0,180	0,0093	0,300	0,155	0,937
3000	0,0168	0,179	0,0101	0,298	0,167	0,932
3200	0,0180	0,178	0,0108	0,297	0,179	0,928
3400	0,0192	0,177	0,0115	0,295	0,191	0,923
3600	0,0204	0,176	0,0123	0,294	0,204	0,918
3800	0,0217	0,175	0,0130	0,292	0,216	0,913
4000	0,0230	0,174	0,0138	0,290	0,229	0,907
4200	0,0242	0,173	0,0145	0,289	0,241	0,902
4400	0,0255	0,172	0,0153	0,287	0,254	0,897
4600	0,0269	0,171	0,0161	0,285	0,268	0,892
4800	0,0282	0,170	0,0169	0,284	0,281	0,886
5000	0,0296	0,169	0,0177	0,282	0,294	0,881
5200	0,0309	0,168	0,0186	0,280	0,308	0,875
5400	0,0323	0,167	0,0194	0,278	0,322	0,870
5600	0,0338	0,166	0,0203	0,276	0,336	0,864
5800	0,0352	0,165	0,0211	0,275	0,351	0,858
6000	0,0367	0,164	0,0220	0,273	0,365	0,852
6200	0,0382	0,162	0,0229	0,271	0,380	0,846
6400	0,0397	0,161	0,0238	0,269	0,395	0,840
6600	0,0412	0,160	0,0247	0,267	0,411	0,834
6800	0,0428	0,159	0,0257	0,265	0,426	0,827
7000	0,0444	0,158	0,0266	0,263	0,442	0,821
7200	0,0461	0,156	0,0276	0,261	0,459	0,814
7400	0,0477	0,155	0,0286	0,258	0,475	0,807
7600	0,0494	0,154	0,0297	0,256	0,492	0,801
7800	0,0512	0,152	0,0307	0,254	0,510	0,793
8000	0,0530	0,151	0,0318	0,252	0,528	0,786
8200	0,0548	0,150	0,0329	0,249	0,546	0,779

5.1.f MUTU BETON  $f'_c$  15 $\rho = 1$ 

$M_u$ /bd	$f_c = 240$ MPa		$f_c = 400$ MPa		c/d	z/d
	$\rho$	$a_u$	$\rho$	$a_u$		
100	0,0004	0,239	0,0003	0,398	0,009	0,996
200	0,0008	0,238	0,0005	0,397	0,019	0,992
300	0,0013	0,237	0,0008	0,395	0,028	0,988
400	0,0017	0,236	0,0010	0,394	0,038	0,984
500	0,0021	0,235	0,0013	0,392	0,047	0,980
600	0,0026	0,234	0,0015	0,390	0,057	0,976
700	0,0030	0,233	0,0018	0,389	0,066	0,972
800	0,0034	0,232	0,0021	0,387	0,076	0,968
900	0,0039	0,231	0,0023	0,385	0,086	0,963
1000	0,0043	0,230	0,0026	0,384	0,096	0,959
1100	0,0048	0,229	0,0029	0,382	0,106	0,955
1200	0,0053	0,228	0,0032	0,380	0,116	0,950
1300	0,0057	0,227	0,0034	0,378	0,127	0,946
1400	0,0062	0,226	0,0037	0,377	0,137	0,942
1500	0,0067	0,225	0,0040	0,375	0,148	0,937
1600	0,0071	0,224	0,0043	0,373	0,158	0,933
1700	0,0076	0,223	0,0046	0,371	0,169	0,928
1800	0,0081	0,222	0,0049	0,369	0,180	0,924
1900	0,0086	0,221	0,0052	0,368	0,191	0,919
2000	0,0091	0,219	0,0055	0,366	0,202	0,914
2100	0,0096	0,218	0,0058	0,364	0,213	0,909
2200	0,0101	0,217	0,0061	0,362	0,224	0,905
2300	0,0107	0,216	0,0064	0,360	0,236	0,900
2400	0,0112	0,215	0,0067	0,358	0,247	0,895
2500	0,0117	0,214	0,0070	0,356	0,259	0,890
2600	0,0122	0,212	0,0073	0,354	0,271	0,885
2700	0,0128	0,211	0,0077	0,352	0,283	0,880
2800	0,0133	0,210	0,0080	0,350	0,295	0,874
2900	0,0139	0,209	0,0083	0,348	0,308	0,869
3000	0,0145	0,207	0,0087	0,346	0,320	0,864
3100	0,0150	0,206	0,0090	0,343	0,333	0,858
3200	0,0156	0,205	0,0094	0,341	0,346	0,853
3300	0,0162	0,203	0,0097	0,339	0,359	0,847
3400	0,0168	0,202	0,0101	0,337	0,373	0,842
3500	0,0174	0,201	0,0105	0,334	0,386	0,836
3600	0,0181	0,199	0,0108	0,332	0,400	0,830
3700	0,0187	0,198	0,0112	0,330	0,414	0,824
3800	0,0194	0,196	0,0116	0,327	0,429	0,818
3900	0,0200	0,195	0,0120	0,325	0,443	0,812
4000	0,0207	0,193	0,0124	0,322	0,458	0,805
4100	0,0214	0,192			0,474	0,799
4200	0,0221	0,190			0,489	0,792
4300	0,0228	0,188			0,505	0,785
4400	0,0236	0,187			0,522	0,778
4500	0,0243	0,185			0,538	0,771

5.1.g MUTU BETON  $f'_c$  20 $\phi = 1$ 

$M_u/f'_c$	$f'_c = 240 \text{ MPa}$		$f'_c = 400 \text{ MPa}$		$c/d$	$z/d$
	$\rho$	$a_u$	$\rho$	$a_u$		
100	0,0004	0,239	0,0003	0,399	0,007	0,997
200	0,0008	0,239	0,0005	0,398	0,014	0,994
300	0,0013	0,238	0,0008	0,396	0,021	0,991
400	0,0017	0,237	0,0010	0,395	0,028	0,988
500	0,0021	0,236	0,0013	0,394	0,035	0,985
600	0,0025	0,236	0,0015	0,393	0,042	0,982
700	0,0030	0,235	0,0018	0,392	0,049	0,979
800	0,0034	0,234	0,0020	0,390	0,057	0,976
900	0,0039	0,233	0,0023	0,389	0,064	0,973
1000	0,0043	0,233	0,0026	0,388	0,071	0,970
1100	0,0047	0,232	0,0028	0,387	0,079	0,967
1200	0,0052	0,231	0,0031	0,385	0,086	0,963
1300	0,0056	0,230	0,0034	0,384	0,094	0,960
1400	0,0061	0,230	0,0037	0,383	0,101	0,957
1500	0,0066	0,229	0,0039	0,381	0,109	0,954
1600	0,0070	0,228	0,0042	0,380	0,116	0,950
1700	0,0075	0,227	0,0045	0,379	0,124	0,947
1800	0,0079	0,227	0,0048	0,378	0,132	0,944
1900	0,0084	0,226	0,0051	0,376	0,140	0,941
2000	0,0089	0,225	0,0053	0,375	0,148	0,937
2100	0,0094	0,224	0,0056	0,374	0,156	0,934
2200	0,0099	0,223	0,0059	0,372	0,164	0,930
2300	0,0103	0,222	0,0062	0,371	0,172	0,927
2400	0,0108	0,222	0,0065	0,369	0,180	0,924
2500	0,0113	0,221	0,0068	0,368	0,188	0,920
2600	0,0118	0,220	0,0071	0,367	0,196	0,917
2700	0,0123	0,219	0,0074	0,365	0,205	0,913
2800	0,0128	0,218	0,0077	0,364	0,213	0,909
2900	0,0133	0,217	0,0080	0,362	0,222	0,906
3000	0,0139	0,217	0,0083	0,361	0,230	0,902
3100	0,0144	0,216	0,0086	0,359	0,239	0,899
3200	0,0149	0,215	0,0089	0,358	0,247	0,895
3300	0,0154	0,214	0,0093	0,356	0,256	0,891
3400	0,0160	0,213	0,0096	0,355	0,265	0,887
3500	0,0165	0,212	0,0099	0,353	0,274	0,883
3600	0,0171	0,211	0,0102	0,352	0,283	0,880
3700	0,0176	0,210	0,0106	0,350	0,292	0,876
3800	0,0182	0,209	0,0109	0,349	0,302	0,872
3900	0,0187	0,208	0,0112	0,347	0,311	0,868
4000	0,0193	0,207	0,0116	0,346	0,320	0,864
4100	0,0199	0,206	0,0119	0,344	0,330	0,860
4200	0,0205	0,205	0,0123	0,342	0,340	0,856
4300	0,0210	0,204	0,0126	0,341	0,349	0,851
4400	0,0216	0,203	0,0130	0,339	0,359	0,847
4500	0,0222	0,202	0,0133	0,337	0,369	0,843
4600	0,0229	0,201	0,0137	0,335	0,380	0,839
4700	0,0235	0,200	0,0141	0,334	0,390	0,834
4800	0,0241	0,199	0,0145	0,332	0,400	0,830
4900	0,0247	0,198	0,0148	0,330	0,411	0,825
5000	0,0254	0,197	0,0152	0,328	0,422	0,821
5100	0,0260	0,196	0,0156	0,326	0,432	0,816
5200	0,0267	0,195	0,0160	0,325	0,443	0,812
5300	0,0274	0,194	0,0164	0,323	0,455	0,807
5400	0,0281	0,192			0,466	0,802
5500	0,0288	0,191			0,478	0,797
5600	0,0295	0,190			0,489	0,792
5700	0,0302	0,189			0,501	0,787
5800	0,0309	0,188			0,513	0,782
5900	0,0317	0,186			0,526	0,777
6000	0,0324	0,185				

5.1.h MUTU BETON  $f'_c$  25 $\phi = 1$ 

$M_u/f'_c$	$f'_c = 240 \text{ MPa}$		$f'_c = 400 \text{ MPa}$		$c/d$	$z/d$
	$\rho$	$a_u$	$\rho$	$a_u$		
100	0,0004	0,239	0,0003	0,399	0,006	0,998
200	0,0008	0,239	0,0005	0,398	0,011	0,995
300	0,0013	0,238	0,0008	0,397	0,017	0,993
400	0,0017	0,238	0,0010	0,396	0,022	0,990
500	0,0021	0,237	0,0013	0,395	0,028	0,988
600	0,0025	0,237	0,0015	0,394	0,034	0,986
700	0,0030	0,236	0,0018	0,393	0,039	0,983
800	0,0034	0,235	0,0020	0,392	0,045	0,981
900	0,0038	0,235	0,0023	0,391	0,051	0,978
1000	0,0043	0,234	0,0026	0,390	0,057	0,976
1100	0,0047	0,234	0,0028	0,389	0,063	0,973
1200	0,0051	0,233	0,0031	0,388	0,068	0,971
1300	0,0056	0,232	0,0034	0,387	0,074	0,968
1400	0,0060	0,232	0,0036	0,377	0,080	0,966
1500	0,0065	0,231	0,0039	0,385	0,086	0,963
1600	0,0069	0,231	0,0042	0,384	0,092	0,961
1700	0,0074	0,230	0,0044	0,383	0,098	0,958
1800	0,0078	0,229	0,0047	0,382	0,104	0,956
1900	0,0083	0,229	0,0050	0,381	0,110	0,953
2000	0,0088	0,228	0,0053	0,380	0,116	0,950
2200	0,0097	0,227	0,0058	0,378	0,129	0,945
2400	0,0106	0,226	0,0064	0,376	0,141	0,940
2600	0,0116	0,224	0,0070	0,374	0,154	0,935
2800	0,0126	0,223	0,0075	0,372	0,167	0,929
3000	0,0135	0,222	0,0081	0,369	0,180	0,924
3200	0,0145	0,220	0,0087	0,367	0,193	0,918
3400	0,0155	0,219	0,0093	0,365	0,206	0,912
3600	0,0165	0,218	0,0099	0,363	0,220	0,907
3800	0,0176	0,216	0,0105	0,360	0,234	0,901
4000	0,0186	0,215	0,0112	0,358	0,247	0,895
4200	0,0197	0,213	0,0118	0,356	0,262	0,889
4400	0,0208	0,212	0,0125	0,353	0,276	0,883
4600	0,0219	0,210	0,0131	0,351	0,291	0,877
4800	0,0230	0,209	0,0138	0,348	0,305	0,870
5000	0,0241	0,207	0,0145	0,346	0,320	0,864
5200	0,0253	0,206	0,0152	0,343	0,336	0,857
5400	0,0265	0,204	0,0159	0,340	0,351	0,851
5600	0,0277	0,203	0,0166	0,338	0,367	0,844
5800	0,0289	0,201	0,0173	0,335	0,384	0,837
6000	0,0301	0,199	0,0181	0,332	0,400	0,830
6200	0,0314	0,197	0,0188	0,329	0,417	0,823
6400	0,0327	0,196	0,0196	0,326	0,435	0,815
6600	0,0340	0,194	0,0204	0,323	0,452	0,808
6800	0,0354	0,192			0,471	0,800
7000	0,0368	0,190			0,489	0,792
7200	0,0383	0,188			0,509	0,784
7400	0,0398	0,186			0,528	0,775
7600	0,0413	0,184			0,549	0,767

5.1.i MUTU BETON  $f'_c$  30 $\phi = 1$ 

$M_u/bd^2$	$f'_c = 240 \text{ MPa}$		$f'_c = 400 \text{ MPa}$		c/d	z/d
	$\rho$	$a_u$	$\rho$	$a_u$		
100	0,0004	0,240	0,0003	0,399	0,005	0,998
200	0,0008	0,239	0,0005	0,398	0,009	0,996
300	0,0013	0,239	0,0008	0,398	0,014	0,994
400	0,0017	0,238	0,0010	0,397	0,019	0,992
500	0,0021	0,238	0,0013	0,396	0,023	0,990
600	0,0025	0,237	0,0015	0,395	0,028	0,988
700	0,0030	0,237	0,0018	0,394	0,033	0,986
800	0,0034	0,236	0,0020	0,394	0,038	0,984
900	0,0038	0,236	0,0023	0,393	0,042	0,982
1000	0,0043	0,235	0,0026	0,392	0,047	0,980
1100	0,0047	0,235	0,0028	0,391	0,052	0,978
1200	0,0051	0,234	0,0031	0,390	0,057	0,976
1300	0,0056	0,234	0,0033	0,390	0,062	0,974
1400	0,0060	0,233	0,0036	0,389	0,066	0,972
1500	0,0064	0,233	0,0039	0,388	0,071	0,970
1600	0,0069	0,232	0,0041	0,387	0,076	0,968
1700	0,0073	0,232	0,0044	0,386	0,081	0,965
1800	0,0078	0,231	0,0047	0,385	0,086	0,963
1900	0,0082	0,231	0,0049	0,384	0,091	0,961
2000	0,0087	0,230	0,0052	0,384	0,096	0,959
2200	0,0096	0,229	0,0058	0,382	0,106	0,955
2400	0,0105	0,228	0,0063	0,380	0,116	0,950
2600	0,0115	0,227	0,0069	0,378	0,127	0,946
2800	0,0124	0,226	0,0074	0,377	0,137	0,942
3000	0,0133	0,225	0,0080	0,375	0,148	0,937
3200	0,0143	0,224	0,0086	0,373	0,158	0,933
3400	0,0153	0,223	0,0092	0,371	0,169	0,928
3600	0,0162	0,222	0,0097	0,369	0,180	0,924
3800	0,0172	0,221	0,0103	0,368	0,191	0,919
4000	0,0182	0,219	0,0109	0,366	0,202	0,914
4200	0,0192	0,218	0,0115	0,364	0,213	0,909
4400	0,0203	0,217	0,0122	0,362	0,224	0,905
4600	0,0213	0,216	0,0128	0,360	0,236	0,900
4800	0,0224	0,215	0,0134	0,358	0,247	0,895
5000	0,0234	0,214	0,0140	0,356	0,259	0,890
5200	0,0245	0,212	0,0147	0,354	0,271	0,885
5400	0,0256	0,211	0,0153	0,352	0,283	0,880
5600	0,0267	0,210	0,0160	0,350	0,295	0,874
5800	0,0278	0,209	0,0167	0,348	0,308	0,869
6000	0,0289	0,207	0,0174	0,346	0,320	0,864
6200	0,0301	0,206	0,0181	0,343	0,333	0,858
6400	0,0313	0,205	0,0188	0,341	0,346	0,853
6600	0,0325	0,203	0,0195	0,339	0,359	0,847
6800	0,0337	0,202	0,0202	0,337	0,372	0,842
7000	0,0349	0,201	0,0209	0,334	0,386	0,836
7200	0,0361	0,199	0,0217	0,332	0,400	0,830
7400	0,0374	0,198	0,0225	0,330	0,414	0,824
7600	0,0387	0,196	0,0232	0,327	0,429	0,818
7800	0,0400	0,195	0,0240	0,325	0,443	0,812
8000	0,0414	0,193	0,0248	0,322	0,458	0,805
8200	0,0428	0,192			0,474	0,799
8400	0,0442	0,190			0,489	0,792
8600	0,0456	0,188			0,505	0,785
8800	0,0471	0,187			0,522	0,778
9000	0,0486	0,185			0,538	0,771

5.1.j MUTU BETON  $f'_c$  35 $\phi = 1$ 

$M_u/bd^2$	$f'_c = 240 \text{ MPa}$		$f'_c = 400 \text{ MPa}$		c/d	z/d
	$\rho$	$a_u$	$\rho$	$a_u$		
100	0,0004	0,240	0,0003	0,399	0,004	0,998
200	0,0008	0,239	0,0005	0,399	0,008	0,997
300	0,0013	0,239	0,0008	0,398	0,013	0,995
400	0,0017	0,238	0,0010	0,397	0,017	0,993
500	0,0021	0,238	0,0013	0,397	0,021	0,992
600	0,0025	0,238	0,0015	0,396	0,025	0,990
700	0,0030	0,237	0,0018	0,395	0,029	0,988
800	0,0034	0,237	0,0020	0,395	0,034	0,986
900	0,0038	0,236	0,0023	0,394	0,038	0,985
1000	0,0042	0,236	0,0025	0,393	0,042	0,983
1100	0,0047	0,235	0,0028	0,392	0,047	0,981
1200	0,0051	0,235	0,0031	0,392	0,051	0,979
1300	0,0055	0,235	0,0033	0,391	0,055	0,978
1400	0,0060	0,234	0,0036	0,390	0,060	0,976
1500	0,0064	0,234	0,0038	0,390	0,064	0,974
1600	0,0069	0,233	0,0041	0,389	0,068	0,972
1700	0,0073	0,233	0,0044	0,388	0,073	0,971
1800	0,0077	0,233	0,0046	0,388	0,077	0,969
1900	0,0082	0,232	0,0049	0,387	0,082	0,967
2000	0,0086	0,232	0,0052	0,386	0,086	0,965
2200	0,0095	0,231	0,0057	0,385	0,095	0,962
2400	0,0104	0,230	0,0063	0,383	0,104	0,958
2600	0,0114	0,229	0,0068	0,382	0,113	0,954
2800	0,0123	0,228	0,0074	0,380	0,122	0,950
3000	0,0132	0,227	0,0079	0,379	0,131	0,947
3200	0,0141	0,226	0,0085	0,377	0,141	0,943
3400	0,0151	0,225	0,0091	0,376	0,150	0,939
3600	0,0160	0,224	0,0096	0,374	0,160	0,935
3800	0,0170	0,224	0,0102	0,373	0,169	0,931
4000	0,0180	0,223	0,0108	0,371	0,179	0,928
4200	0,0189	0,222	0,0114	0,369	0,189	0,924
4400	0,0199	0,221	0,0120	0,368	0,199	0,920
4600	0,0209	0,220	0,0126	0,366	0,208	0,916
4800	0,0219	0,219	0,0132	0,365	0,219	0,911
5000	0,0230	0,218	0,0138	0,363	0,229	0,907
5200	0,0240	0,217	0,0144	0,361	0,239	0,903
5400	0,0250	0,216	0,0150	0,360	0,249	0,899
5600	0,0261	0,215	0,0156	0,358	0,260	0,895
5800	0,0271	0,214	0,0163	0,356	0,270	0,891
6000	0,0282	0,213	0,0169	0,354	0,281	0,886
6200	0,0293	0,212	0,0176	0,353	0,292	0,882
6400	0,0304	0,211	0,0182	0,351	0,303	0,877
6600	0,0315	0,210	0,0189	0,349	0,314	0,873
6800	0,0326	0,208	0,0196	0,347	0,325	0,868
7000	0,0338	0,207	0,0203	0,346	0,336	0,864
7200	0,0349	0,206	0,0210	0,344	0,348	0,859
7400	0,0361	0,205	0,0217	0,342	0,359	0,854
7600	0,0373	0,204	0,0224	0,340	0,371	0,850
7800	0,0385	0,203	0,0231	0,338	0,383	0,845
8000	0,0397	0,202	0,0238	0,336	0,395	0,840
8200	0,0409	0,200	0,0246	0,334	0,408	0,835
8400	0,0422	0,199	0,0253	0,332	0,420	0,830
8600	0,0434	0,198	0,0261	0,330	0,433	0,825
8800	0,0447	0,197	0,0268	0,328	0,446	0,820
9000	0,0461	0,195	0,0276	0,326	0,459	0,814
9200	0,0474	0,194			0,472	0,809
9400	0,0488	0,193			0,486	0,803
9600	0,0501	0,191			0,499	0,798
9800	0,0516	0,190			0,513	0,792
10000	0,0530	0,189			0,528	0,786
10200	0,0545	0,187			0,542	0,780

## 5.2 Lentur tanpa beban aksial pada penampang persegi dengan penulangan tarik maupun tekan.

Penjelasan grafik dalam menentukan  $A'_s$

$$M_{u1} = A_{s, \text{maks}} \phi f_y z$$

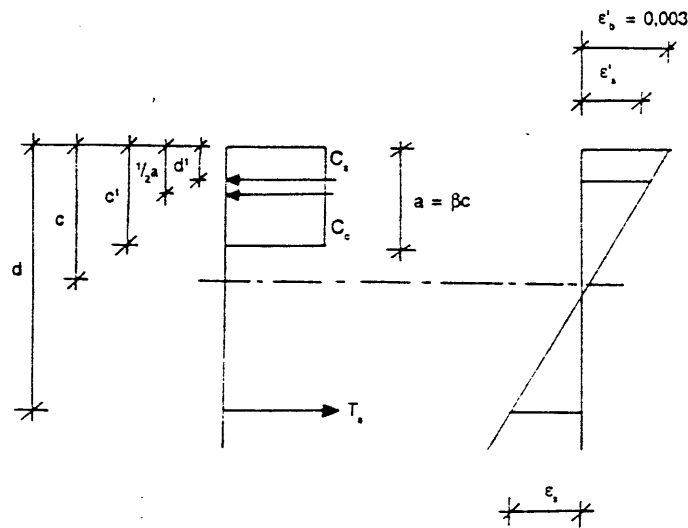
$$A_{s, \text{maks}} = \rho_{\text{maks}} bd \quad \rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b$$

$$z = (d - 0,425 c_{\text{maks}}) \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

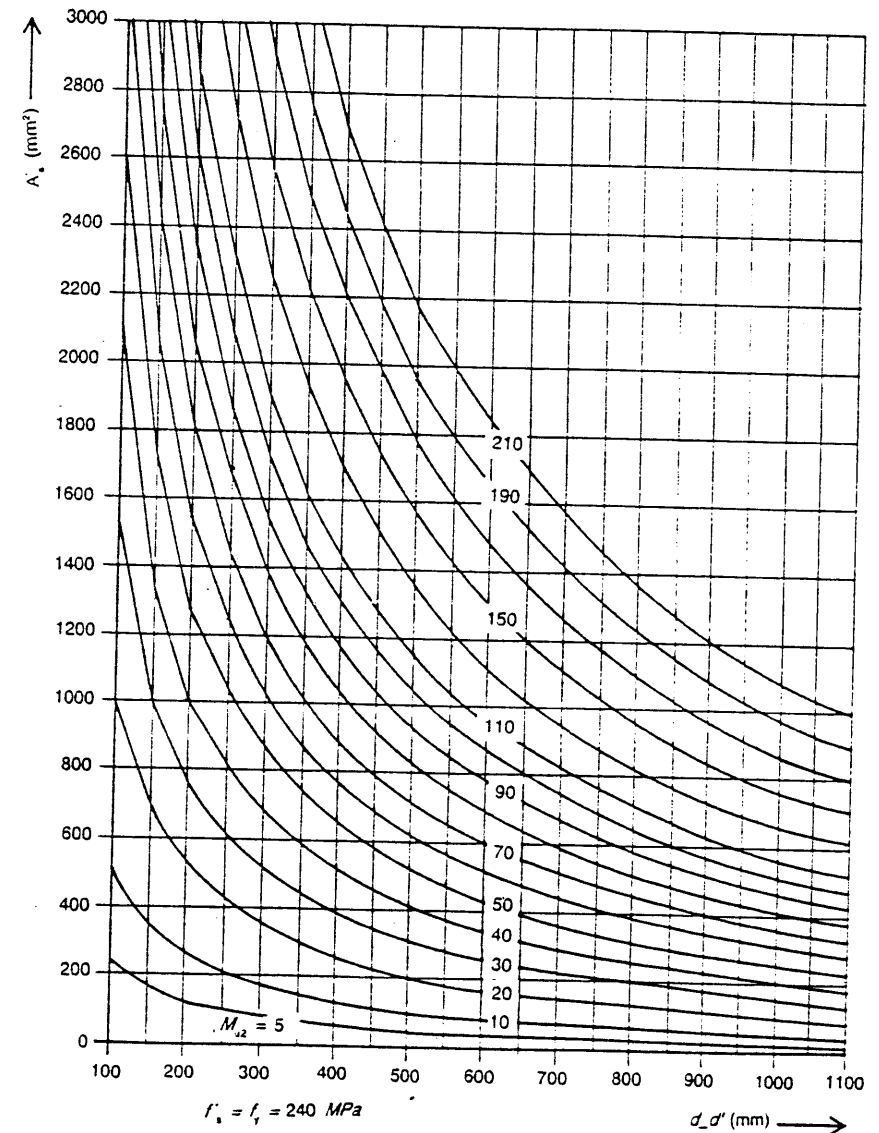
$$z = (d - 0,405 c_{\text{maks}}) \text{ untuk } f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$M_{u2} = M_u - M_{u1}$$

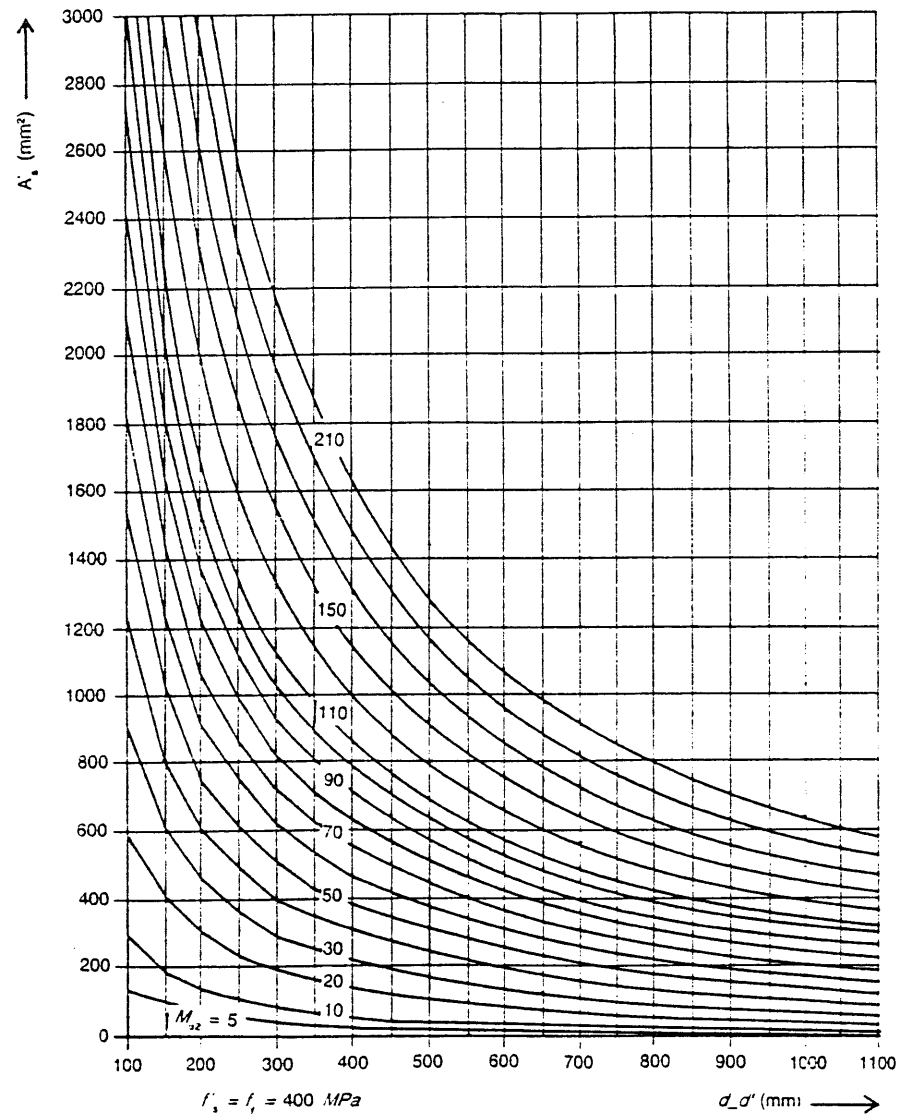
$$A'_s = \frac{M_{u2}}{\phi f_y (d - d')}$$



Pada Grafik 5.2.a dan 5.2.b, sumbu horizontal dinyatakan sebagai tinggi manfaat  $(d-d')$  dalam satuan mm. Melalui garis-garis  $M_{u2}$ , nilai-nilai  $A'_s$  dapat dibaca pada sumbu vertikal.



Gambar 5.2.a



Gambar 5.2.5

1. Lentur tanpa beban aksial pada penampang persegi dengan  $\rho' = 0,50 \rho$

Penjelasan tabel-tabel.

Koefisien-koefisien dalam tabel 5.3.a sampai dengan 5.3.j diturunkan menurut dimensi yang sama pada tabel 5.1.a sampai dengan 5.1.j.

$\rho$ ,  $\rho'$ ,  $e$  dan  $z$  dalam satuan m;

$M_u$  dalam kNm;  $A_s$  dalam satuan mm²

$f'_c$  dan  $f_y$  dalam satuan MPa;  $C_c$ ,  $C_s$  dan  $T_s$  dalam satuan kN

$$= 0,85 \phi f'_c b \beta_1 \cdot 10^{-3}$$

$$B = 0,85 \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$B = 0,81 \text{ untuk } f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$= 0,5 \rho b d \phi f_y \cdot 10^{-3}$$

$$= \rho b d \phi f_y \cdot 10^{-3}$$

untuk  $f'_c \leq 30 \text{ MPa}$

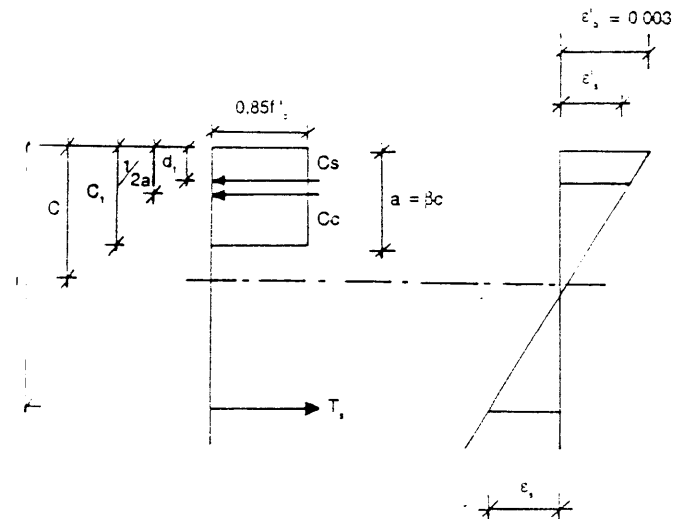
$$= 0,225 \phi f'_c b c \cdot 10^{-3} + 0,5 \rho b d \phi f_y \cdot 10^{-3} = \rho b d \phi f_y \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,692 \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

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

$$= 0,6885 \phi f'_c b c \cdot 10^{-3} + 0,5 \rho b d \phi f_y \cdot 10^{-3} = \rho b d \phi f_y \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,726 \rho \frac{f_y}{f'_c}$$



$z = (d - 0,425c)$  untuk  $f'_c \leq 30$  MPa

$z = (d - 0,405c)$  untuk  $f'_c = 35$  MPa

$$M_u = \frac{1}{2} T_r (d - d')$$

Untuk  $f'_c \leq 30$  MPa :

$$\frac{M_u}{bd^2} = \frac{1}{2} \rho f_y \left[ \left( 1 - 0,425 \frac{c}{d} \right) + \left( 1 - \frac{d'}{d} \right) \right]$$

Untuk  $f'_c = 35$  MPa

$$\frac{M_u}{bd^2} = \frac{1}{2} \rho f_y \left[ \left( 1 - 0,405 \frac{c}{d} \right) + \left( 1 - \frac{d'}{d} \right) \right]$$

Suku kanan dari persamaan di atas hanya tergantung pada mutu beton dan baja maupun ratio penulangan  $\rho$  dan  $d'$ .

Pada tabel-tabel untuk  $\phi = 0,8$  dan  $\phi = 1,0$  nilai-nilai dari  $\frac{d'}{d} = 0,10, 0,15$  dan  $0,20$ .

3.1.1 MUTU BETON  $f'_c$  15 dengan tulangan tekan

$\phi = 0,8$

Diketahui $\rho$ tulangan tarik, $\rho$ tulangan tekan = 0,5 $\rho$ tulangan tarik						
$M_u/bd^2$	$f_y = 240$ MPa $d'/d =$			$f_y = 400$ MPa $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0011	0,0011	0,0012	0,0007	0,0007	0,0007
400	0,0022	0,0023	0,0023	0,0013	0,0014	0,0014
600	0,0033	0,0034	0,0035	0,0020	0,0020	0,0021
800	0,0044	0,0046	0,0047	0,0027	0,0027	0,0028
1000	0,0056	0,0057	0,0059	0,0033	0,0034	0,0035
1200	0,0067	0,0069	0,0071	0,0040	0,0041	0,0042
1400	0,0078	0,0080	0,0083	0,0047	0,0048	0,0050
1600	0,0090	0,0092	0,0095	0,0054	0,0055	0,0057
1800	0,0101	0,0104	0,0107	0,0061	0,0062	0,0072
2000	0,0113	0,0116	0,0119	0,0068	0,0070	0,0064
2200	0,0124	0,0128	0,0132	0,0075	0,0077	0,0079
2400	0,0136	0,0140	0,0144	0,0082	0,0084	0,0087
2600	0,0148	0,0152	0,0157	0,0089	0,0091	0,0094
2800	0,0160	0,0165	0,0170	0,0096	0,0099	0,0102
3000	0,0172	0,0177	0,0182	0,0103	0,0106	0,0109
3200	0,0184	0,0189	0,0195	0,0110	0,0114	0,0117
3400	0,0196	0,0202	0,0208	0,0118	0,0121	0,0125
3600	0,0208	0,0214	0,0221	0,0125	0,0129	0,0133
3800	0,0220	0,0227	0,0234	0,0132	0,0136	0,0141
4000	0,0233	0,0240	0,0247	0,0140	0,0144	0,0148

5.3.b MUTU BETON  $f'_c$  20 dengan tulangan tekan $\phi = 0,8$ 

Diketahui $\rho$ tulangan tarik, $\rho$ tulangan-tekan = $0,5 \cdot \rho$ tulangan tarik						
$M_u/bd^2$	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d'/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0011	0,0011	0,0012	0,0007	0,0007	0,0007
400	0,0022	0,0023	0,0023	0,0013	0,0014	0,0014
600	0,0033	0,0034	0,0035	0,0020	0,0020	0,0021
800	0,0044	0,0045	0,0047	0,0027	0,0027	0,0028
1000	0,0055	0,0057	0,0059	0,0033	0,0034	0,0035
1200	0,0067	0,0068	0,0070	0,0040	0,0041	0,0042
1400	0,0078	0,0080	0,0082	0,0047	0,0048	0,0049
1600	0,0089	0,0092	0,0094	0,0054	0,0055	0,0057
1800	0,0101	0,0103	0,0106	0,0060	0,0062	0,0064
2000	0,0112	0,0115	0,0118	0,0067	0,0069	0,0071
2200	0,0123	0,0127	0,0131	0,0074	0,0076	0,0078
2400	0,0135	0,0139	0,0143	0,0081	0,0083	0,0086
2600	0,0147	0,0151	0,0155	0,0088	0,0090	0,0093
2800	0,0158	0,0163	0,0168	0,0095	0,0098	0,0101
3000	0,0170	0,0175	0,0180	0,0102	0,0105	0,0108
3200	0,0182	0,0187	0,0192	0,0109	0,0112	0,0115
3400	0,0193	0,0199	0,0205	0,0116	0,0119	0,0123
3600	0,0205	0,0211	0,0218	0,0123	0,0127	0,0131
3800	0,0217	0,0223	0,0230	0,0130	0,0134	0,0138
4000	0,0229	0,0236	0,0243	0,0137	0,0142	0,0146
4200	0,0241	0,0248	0,0256	0,0145	0,0149	0,0154
4400	0,0253	0,0261	0,0269	0,0152	0,0156	0,0161
4600	0,0265	0,0273	0,0282	0,0159	0,0164	0,0169
4800	0,0277	0,0286	0,0295	0,0166	0,0172	0,0177
5000	0,0290	0,0299	0,0308	0,0174	0,0179	0,0185
5200	0,0302	0,0311	0,0321	0,0181	0,0187	0,0193
5400	0,0314	0,0324	0,0334	0,0189	0,0194	0,0201
5600	0,0327	0,0337	0,0348	0,0196	0,0202	0,0209

5.3.c MUTU BETON  $f'_c$  25 dengan tulangan tekan $\phi = 0,8$ 

Diketahui $\rho$ tulangan tarik, $\rho$ tulangan tekan = $0,5 \cdot \rho$ tulangan tarik						
$M_u/bd^2$	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d'/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0011	0,0011	0,0012	0,0007	0,0007	0,0007
400	0,0022	0,0023	0,0023	0,0013	0,0014	0,0014
600	0,0033	0,0034	0,0035	0,0020	0,0020	0,0021
800	0,0044	0,0045	0,0047	0,0026	0,0027	0,0028
1000	0,0055	0,0057	0,0058	0,0033	0,0034	0,0035
1200	0,0066	0,0068	0,0070	0,0040	0,0041	0,0042
1400	0,0078	0,0080	0,0082	0,0047	0,0048	0,0049
1600	0,0089	0,0091	0,0094	0,0053	0,0055	0,0056
1800	0,0100	0,0103	0,0106	0,0060	0,0062	0,0064
2000	0,0111	0,0115	0,0118	0,0067	0,0069	0,0071
2200	0,0123	0,0126	0,0130	0,0074	0,0076	0,0078
2400	0,0134	0,0138	0,0142	0,0081	0,0083	0,0085
2600	0,0146	0,0150	0,0154	0,0087	0,0090	0,0093
2800	0,0157	0,0162	0,0166	0,0094	0,0097	0,0100
3000	0,0169	0,0174	0,0179	0,0101	0,0104	0,0107
3200	0,0180	0,0185	0,0191	0,0108	0,0111	0,0115
3400	0,0192	0,0197	0,0203	0,0115	0,0118	0,0122
3600	0,0204	0,0209	0,0216	0,0122	0,0126	0,0129
3800	0,0215	0,0221	0,0228	0,0129	0,0133	0,0137
4000	0,0227	0,0234	0,0241	0,0136	0,0140	0,0144
4200	0,0239	0,0246	0,0253	0,0143	0,0147	0,0152
4400	0,0251	0,0258	0,0266	0,0150	0,0155	0,0159
4600	0,0262	0,0270	0,0278	0,0157	0,0162	0,0167
4800	0,0274	0,0282	0,0291	0,0165	0,0169	0,0175
5000	0,0286	0,0295	0,0304	0,0172	0,0177	0,0182
5200	0,0298	0,0307	0,0317	0,0179	0,0184	0,0190
5400	0,0310	0,0320	0,0330	0,0186	0,0192	0,0198
5600	0,0322	0,0332	0,0342	0,0193	0,0199	0,0205
5800	0,0335	0,0345	0,0355	0,0201	0,0207	0,0213
6000	0,0347	0,0357	0,0369	0,0208	0,0214	0,0221
6200	0,0359	0,0370	0,0382	0,0215	0,0222	0,0229
6400	0,0371	0,0383	0,0395	0,0223	0,0230	0,0237
6600	0,0384	0,0395	0,0408	0,0230	0,0237	0,0245
6800	0,0396	0,0408	0,0421	0,0238	0,0245	0,0253



5.3.d MUTU BETON  $f'_c$  30 dengan tulangan tekan $\phi = 0,8$ 

$M_u/bd^2$	Diketahui $\rho$ tulangan tarik, $\rho$ tulangan tekan = 0,5 $\cdot$ $\rho$ tulangan tarik					
	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d'/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0011	0,0011	0,0012	0,0007	0,0007	0,0007
400	0,0022	0,0023	0,0023	0,0013	0,0014	0,0014
600	0,0033	0,0034	0,0035	0,0020	0,0020	0,0021
800	0,0044	0,0045	0,0047	0,0026	0,0027	0,0028
1000	0,0055	0,0057	0,0058	0,0033	0,0034	0,0035
1200	0,0066	0,0068	0,0070	0,0040	0,0041	0,0042
1400	0,0078	0,0080	0,0082	0,0046	0,0048	0,0049
1600	0,0089	0,0091	0,0094	0,0053	0,0055	0,0056
1800	0,0100	0,0103	0,0106	0,0060	0,0062	0,0063
2000	0,0111	0,0114	0,0118	0,0067	0,0069	0,0071
2200	0,0122	0,0126	0,0130	0,0073	0,0076	0,0078
2400	0,0134	0,0138	0,0142	0,0080	0,0083	0,0085
2600	0,0145	0,0149	0,0154	0,0087	0,0090	0,0092
2800	0,0157	0,0161	0,0166	0,0094	0,0097	0,0099
3000	0,0168	0,0173	0,0178	0,0101	0,0104	0,0107
3200	0,0179	0,0185	0,0190	0,0108	0,0111	0,0114
3400	0,0191	0,0196	0,0202	0,0115	0,0118	0,0121
3600	0,0202	0,0208	0,0214	0,0121	0,0125	0,0129
3800	0,0214	0,0220	0,0227	0,0128	0,0132	0,0136
4000	0,0226	0,0232	0,0239	0,0135	0,0139	0,0143
4200	0,0237	0,0244	0,0251	0,0142	0,0146	0,0151
4400	0,0249	0,0256	0,0264	0,0149	0,0154	0,0158
4600	0,0261	0,0268	0,0276	0,0156	0,0161	0,0166
4800	0,0272	0,0280	0,0289	0,0163	0,0168	0,0173
5000	0,0284	0,0292	0,0301	0,0170	0,0175	0,0181
5200	0,0296	0,0305	0,0314	0,0178	0,0183	0,0188
5400	0,0308	0,0317	0,0326	0,0185	0,0190	0,0196
5600	0,0320	0,0329	0,0339	0,0192	0,0197	0,0203
5800	0,0332	0,0341	0,0352	0,0199	0,0205	0,0211
6000	0,0344	0,0354	0,0365	0,0206	0,0212	0,0219
6200	0,0356	0,0366	0,0377	0,0213	0,0220	0,0226
6400	0,0368	0,0379	0,0390	0,0221	0,0227	0,0234
6600	0,0380	0,0391	0,0403	0,0228	0,0235	0,0242
6800	0,0392	0,0404	0,0416	0,0235	0,0242	0,0250
7000	0,0404	0,0416	0,0429	0,0242	0,0250	0,0258
7200	0,0416	0,0429	0,0442	0,0250	0,0257	0,0265
7400	0,0428	0,0441	0,0455	0,0257	0,0265	0,0273
7600	0,0441	0,0454	0,0469	0,0264	0,0272	0,0281
7800	0,0453	0,0467	0,0482	0,0272	0,0280	0,0289
8000	0,0465	0,0480	0,0495	0,0279	0,0288	0,0297
8200	0,0478	0,0493	0,0508	0,0287	0,0296	0,0305

5.3.e MUTU BETON  $f'_c$  35 dengan tulangan tekan $\phi = 0,8$ 

$M_u/bd^2$	Diketahui $\rho$ tulangan tarik, $\rho$ tulangan tekan = 0,5 $\cdot$ $\rho$ tulangan tarik					
	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d'/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0011	0,0011	0,0012	0,0007	0,0007	0,0007
400	0,0022	0,0023	0,0023	0,0013	0,0014	0,0014
600	0,0033	0,0034	0,0035	0,0020	0,0020	0,0021
800	0,0044	0,0045	0,0047	0,0026	0,0027	0,0028
1000	0,0055	0,0057	0,0058	0,0033	0,0034	0,0035
1200	0,0066	0,0068	0,0070	0,0040	0,0041	0,0042
1400	0,0078	0,0080	0,0082	0,0046	0,0048	0,0049
1600	0,0089	0,0091	0,0094	0,0053	0,0055	0,0056
1800	0,0100	0,0103	0,0106	0,0060	0,0062	0,0063
2000	0,0111	0,0114	0,0118	0,0067	0,0069	0,0071
2200	0,0122	0,0126	0,0129	0,0073	0,0076	0,0078
2400	0,0133	0,0137	0,0141	0,0080	0,0083	0,0085
2600	0,0145	0,0149	0,0153	0,0087	0,0090	0,0092
2800	0,0156	0,0160	0,0165	0,0094	0,0097	0,0099
3000	0,0167	0,0172	0,0177	0,0101	0,0104	0,0107
3200	0,0179	0,0184	0,0189	0,0108	0,0111	0,0114
3400	0,0190	0,0196	0,0201	0,0115	0,0118	0,0121
3600	0,0202	0,0207	0,0213	0,0121	0,0125	0,0129
3800	0,0213	0,0219	0,0226	0,0128	0,0132	0,0136
4000	0,0225	0,0231	0,0238	0,0135	0,0139	0,0143
4200	0,0236	0,0243	0,0250	0,0142	0,0146	0,0151
4400	0,0248	0,0255	0,0262	0,0149	0,0153	0,0158
4600	0,0259	0,0267	0,0275	0,0156	0,0160	0,0165
4800	0,0271	0,0279	0,0287	0,0163	0,0167	0,0172
5000	0,0283	0,0291	0,0299	0,0170	0,0174	0,0178
5200	0,0294	0,0303	0,0312	0,0177	0,0182	0,0187
5400	0,0306	0,0315	0,0324	0,0184	0,0189	0,0195
5600	0,0318	0,0327	0,0337	0,0191	0,0196	0,0202
5800	0,0330	0,0339	0,0349	0,0198	0,0203	0,0210
6000	0,0341	0,0351	0,0362	0,0205	0,0211	0,0217
6200	0,0353	0,0364	0,0375	0,0212	0,0218	0,0225
6400	0,0365	0,0376	0,0387	0,0219	0,0225	0,0232
6600	0,0377	0,0388	0,0400	0,0226	0,0233	0,0240
6800	0,0389	0,0400	0,0413	0,0233	0,0240	0,0248
7000	0,0401	0,0413	0,0425	0,0240	0,0248	0,0255
7200	0,0413	0,0425	0,0438	0,0248	0,0255	0,0263
7400	0,0425	0,0438	0,0451	0,0255	0,0263	0,0271
7600	0,0437	0,0450	0,0464	0,0262	0,0270	0,0278
7800	0,0449	0,0463	0,0477	0,0269	0,0278	0,0286
8000	0,0461	0,0475	0,0490	0,0277	0,0285	0,0294
8200	0,0473	0,0488	0,0503	0,0284	0,0293	0,0302
8400	0,486	0,0500	0,0516	0,0291	0,0300	0,0310
8600	0,498	0,0513	0,0529	0,0299	0,0308	0,0317
8800	0,510	0,0526	0,0542	0,0306	0,0315	0,0325
9000	0,0522	0,0538	0,0555	0,0313	0,0323	0,0333
9200	0,0535	0,0551	0,0569	0,0321	0,0331	0,0341

5.3.f MUTU BETON  $f'_c$  15 dengan tulangan tekan $\phi = 1$ 

Diketahui $p$ tulangan tarik, $p$ tulangan tekan = 0.5 . $p$ tulangan tarik						
$M_u/hd^2$	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d'/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0009	0,0009	0,0009	0,0005	0,0005	0,0006
400	0,0018	0,0018	0,0019	0,0011	0,0011	0,0011
600	0,0026	0,0027	0,0028	0,0016	0,0016	0,0017
800	0,0035	0,0036	0,0037	0,0021	0,0022	0,0022
1000	0,0044	0,0046	0,0047	0,0027	0,0027	0,0028
1200	0,0053	0,0055	0,0056	0,0032	0,0033	0,0034
1400	0,0062	0,0064	0,0066	0,0037	0,0038	0,0040
1600	0,0071	0,0073	0,0076	0,0043	0,0044	0,0045
1800	0,0081	0,0083	0,0085	0,0048	0,0050	0,0051
2000	0,0090	0,0092	0,0095	0,0054	0,0055	0,0057
2200	0,0099	0,0102	0,0105	0,0059	0,0061	0,0063
2400	0,0108	0,0111	0,0115	0,0065	0,0067	0,0069
2600	0,0117	0,0121	0,0124	0,0070	0,0072	0,0075
2800	0,0127	0,0130	0,0134	0,0076	0,0078	0,0081
3000	0,0136	0,0140	0,0144	0,0082	0,0084	0,0087
3200	0,0146	0,0150	0,0154	0,0087	0,0090	0,0093
3400	0,0155	0,0160	0,0164	0,0093	0,0096	0,0099
3600	0,0165	0,0169	0,0175	0,0099	0,0102	0,0105
3800	0,0174	0,0179	0,0185	0,0105	0,0108	0,0111
4000	0,0184	0,0189	0,0195	0,0110	0,0114	0,0117
4200	0,0193	0,0199	0,0205	0,0116	0,0120	0,0123
4400	0,0203	0,0209	0,0216	0,0122	0,0126	0,0130
4600	0,0213	0,0219	0,0226	0,0128	0,0132	0,0136
4800	0,0223	0,0230	0,0237	0,0134	0,0138	0,0142
5000	0,0233	0,0240	0,0247	0,0140	0,0144	0,0148
5200	0,0243	0,0250	0,0258	0,0146	0,0150	0,0155

5.3.g MUTU BETON  $f'_c$  20 dengan tulangan tekan $\phi = 1$ 

Diketahui $p$ tulangan tarik, $p$ tulangan tekan = 0.5 . $p$ tulangan tarik						
$M_u/hd^2$	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d'/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0009	0,0009	0,0009	0,0005	0,0005	0,0006
400	0,0018	0,0018	0,0019	0,0011	0,0011	0,0011
600	0,0026	0,0027	0,0028	0,0016	0,0016	0,0017
800	0,0035	0,0036	0,0037	0,0021	0,0022	0,0022
1000	0,0044	0,0045	0,0047	0,0027	0,0027	0,0028
1200	0,0053	0,0055	0,0056	0,0032	0,0033	0,0034
1400	0,0062	0,0064	0,0066	0,0037	0,0038	0,0039
1600	0,0071	0,0073	0,0075	0,0043	0,0044	0,0045
1800	0,0080	0,0082	0,0085	0,0048	0,0049	0,0051
2000	0,0089	0,0092	0,0094	0,0054	0,0055	0,0057
2200	0,0098	0,0101	0,0104	0,0059	0,0061	0,0062
2400	0,0107	0,0110	0,0114	0,0064	0,0066	0,0068
2600	0,0117	0,0120	0,0123	0,0070	0,0072	0,0074
2800	0,0126	0,0129	0,0133	0,0075	0,0078	0,0080
3000	0,0135	0,0139	0,0143	0,0081	0,0083	0,0086
3200	0,0144	0,0148	0,0153	0,0087	0,0089	0,0092
3400	0,0154	0,0158	0,0163	0,0092	0,0095	0,0098
3600	0,0163	0,0168	0,0173	0,0098	0,0101	0,0104
3800	0,0172	0,0177	0,0182	0,0103	0,0106	0,0109
4000	0,0182	0,0187	0,0192	0,0109	0,0112	0,0115
4200	0,0191	0,0197	0,0202	0,0115	0,0118	0,0121
4400	0,0200	0,0206	0,0213	0,0120	0,0124	0,0128
4600	0,0210	0,0216	0,0223	0,0126	0,0130	0,0134
4800	0,0219	0,0226	0,0233	0,0132	0,0136	0,0140
5000	0,0229	0,0236	0,0243	0,0137	0,0142	0,0146
5200	0,0239	0,0246	0,0253	0,0143	0,0147	0,0152
5400	0,0248	0,0256	0,0264	0,0149	0,0153	0,0158
5600	0,0258	0,0266	0,0274	0,0155	0,0159	0,0164
5800	0,0268	0,0276	0,0284	0,0161	0,0165	0,0171
6000	0,0277	0,0286	0,0295	0,0166	0,0172	0,0177
6200	0,0287	0,0296	0,0305	0,0172	0,0178	0,0183
6400	0,0297	0,0306	0,0316	0,0178	0,0184	0,0190
6600	0,0307	0,0316	0,0326	0,0184	0,0190	0,0196
6800	0,0317	0,0327	0,0337	0,0190	0,0196	0,0202

5.3.h MUTU BETON  $f'_c$  25 dengan tulangan tekan $\phi = 1$ 

Diketahui $\rho$ tulangan tarik, $\rho$ tulangan tekan = 0,5 $\rho$ tulangan tarik						
$M_u/bd^2$	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d'/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0009	0,0009	0,0009	0,0005	0,0005	0,0006
400	0,0018	0,0018	0,0019	0,0011	0,0011	0,0011
600	0,0026	0,0027	0,0028	0,0016	0,0016	0,0017
800	0,0035	0,0036	0,0037	0,0021	0,0022	0,0022
1000	0,0044	0,0045	0,0047	0,0026	0,0027	0,0028
1200	0,0053	0,0055	0,0056	0,0032	0,0033	0,0034
1400	0,0062	0,0064	0,0065	0,0037	0,0038	0,0039
1600	0,0071	0,0073	0,0075	0,0043	0,0044	0,0045
1800	0,0080	0,0082	0,0084	0,0048	0,0049	0,0051
2000	0,0089	0,0091	0,0094	0,0053	0,0055	0,0056
2200	0,0098	0,0101	0,0104	0,0059	0,0060	0,0062
2400	0,0107	0,0110	0,0113	0,0064	0,0066	0,0068
2600	0,0116	0,0119	0,0123	0,0070	0,0072	0,0074
2800	0,0125	0,0129	0,0132	0,0075	0,0077	0,0079
3000	0,0134	0,0138	0,0142	0,0081	0,0083	0,0085
3200	0,0143	0,0147	0,0152	0,0086	0,0088	0,0091
3400	0,0153	0,0157	0,0162	0,0092	0,0094	0,0097
3600	0,0162	0,0166	0,0171	0,0097	0,0100	0,0103
3800	0,0171	0,0176	0,0181	0,0103	0,0106	0,0109
4000	0,0180	0,0185	0,0191	0,0108	0,0111	0,0115
4200	0,0190	0,0195	0,0201	0,0114	0,0117	0,0120
4400	0,0199	0,0205	0,0211	0,0119	0,0123	0,0126
4600	0,0208	0,0214	0,0221	0,0125	0,0129	0,0132
4800	0,0218	0,0224	0,0231	0,0131	0,0134	0,0138
5000	0,0227	0,0234	0,0241	0,0136	0,0140	0,0144
5200	0,0236	0,0243	0,0251	0,0142	0,0146	0,0150
5400	0,0246	0,0253	0,0261	0,0147	0,0152	0,0156
5600	0,0255	0,0263	0,0271	0,0153	0,0158	0,0162
5800	0,0265	0,0273	0,0281	0,0159	0,0164	0,0169
6000	0,0274	0,0282	0,0291	0,0165	0,0169	0,0175
6200	0,0284	0,0292	0,0301	0,0170	0,0175	0,0181
6400	0,0294	0,0302	0,0312	0,0176	0,0181	0,0187
6600	0,0303	0,0312	0,0322	0,0182	0,0187	0,0193
6800	0,0313	0,0322	0,0332	0,0188	0,0193	0,0199
7000	0,0322	0,0332	0,0342	0,0193	0,0199	0,0205
7200	0,0332	0,0342	0,0353	0,0199	0,0205	0,0212
7400	0,0342	0,0352	0,0363	0,0205	0,0211	0,0218
7600	0,0352	0,0362	0,0374	0,0211	0,0217	0,0224
7800	0,0362	0,0373	0,0384	0,0217	0,0224	0,0231
8000	0,0371	0,0383	0,0395	0,0223	0,0230	0,0237
8200	0,0381	0,0393	0,0405	0,0229	0,0236	0,0243
8400	0,0391	0,0403	0,0416	0,0235	0,0242	0,0250
8600	0,0401	0,0413	0,0427	0,0241	0,0248	0,0256

5.3.i MUTU BETON  $f'_c$  30 dengan tulangan tekan $\phi = 1$ 

Diketahui $\rho$ tulangan tarik, $\rho$ tulangan tekan = 0,5 $\rho$ tulangan tarik						
$M_u/bd^2$	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d'/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d'/d =$		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
200	0,0009	0,0009	0,0009	0,0005	0,0005	0,0006
400	0,0018	0,0018	0,0019	0,0011	0,0011	0,0011
600	0,0026	0,0027	0,0028	0,0016	0,0016	0,0017
800	0,0035	0,0036	0,0037	0,0021	0,0022	0,0022
1000	0,0044	0,0045	0,0047	0,0026	0,0027	0,0028
1200	0,0053	0,0054	0,0056	0,0032	0,0033	0,0034
1400	0,0062	0,0064	0,0065	0,0037	0,0038	0,0039
1600	0,0071	0,0073	0,0075	0,0043	0,0044	0,0045
1800	0,0080	0,0082	0,0084	0,0048	0,0049	0,0051
2000	0,0089	0,0091	0,0094	0,0053	0,0055	0,0056
2200	0,0098	0,0100	0,0103	0,0059	0,0060	0,0062
2400	0,0107	0,0110	0,0113	0,0064	0,0066	0,0068
2600	0,0116	0,0119	0,0123	0,0069	0,0071	0,0073
2800	0,0125	0,0128	0,0132	0,0075	0,0077	0,0079
3000	0,0134	0,0138	0,0142	0,0080	0,0083	0,0085
3200	0,0143	0,0147	0,0152	0,0086	0,0088	0,0091
3400	0,0153	0,0157	0,0162	0,0092	0,0094	0,0097
3600	0,0162	0,0166	0,0171	0,0097	0,0100	0,0103
3800	0,0171	0,0176	0,0181	0,0103	0,0106	0,0109
4000	0,0180	0,0185	0,0191	0,0108	0,0111	0,0115
4200	0,0190	0,0195	0,0201	0,0114	0,0117	0,0120
4400	0,0199	0,0205	0,0211	0,0119	0,0123	0,0126
4600	0,0208	0,0214	0,0221	0,0125	0,0129	0,0132
4800	0,0218	0,0224	0,0231	0,0131	0,0134	0,0138
5000	0,0227	0,0234	0,0241	0,0136	0,0140	0,0144
5200	0,0236	0,0243	0,0251	0,0142	0,0146	0,0150
5400	0,0246	0,0253	0,0261	0,0147	0,0152	0,0156
5600	0,0255	0,0263	0,0271	0,0153	0,0158	0,0162
5800	0,0265	0,0273	0,0281	0,0159	0,0164	0,0169
6000	0,0274	0,0282	0,0291	0,0165	0,0169	0,0175
6200	0,0284	0,0292	0,0301	0,0170	0,0175	0,0181
6400	0,0294	0,0302	0,0312	0,0176	0,0181	0,0187
6600	0,0303	0,0312	0,0322	0,0182	0,0187	0,0193
6800	0,0313	0,0322	0,0332	0,0188	0,0193	0,0199
7000	0,0322	0,0332	0,0342	0,0193	0,0199	0,0205
7200	0,0332	0,0342	0,0353	0,0199	0,0205	0,0212
7400	0,0342	0,0352	0,0363	0,0205	0,0211	0,0218
7600	0,0352	0,0362	0,0374	0,0211	0,0217	0,0224
7800	0,0362	0,0373	0,0384	0,0217	0,0224	0,0231
8000	0,0371	0,0383	0,0395	0,0223	0,0230	0,0237
8200	0,0381	0,0393	0,0405	0,0229	0,0236	0,0243
8400	0,0391	0,0403	0,0416	0,0235	0,0242	0,0250
8600	0,0401	0,0413	0,0427	0,0241	0,0248	0,0256

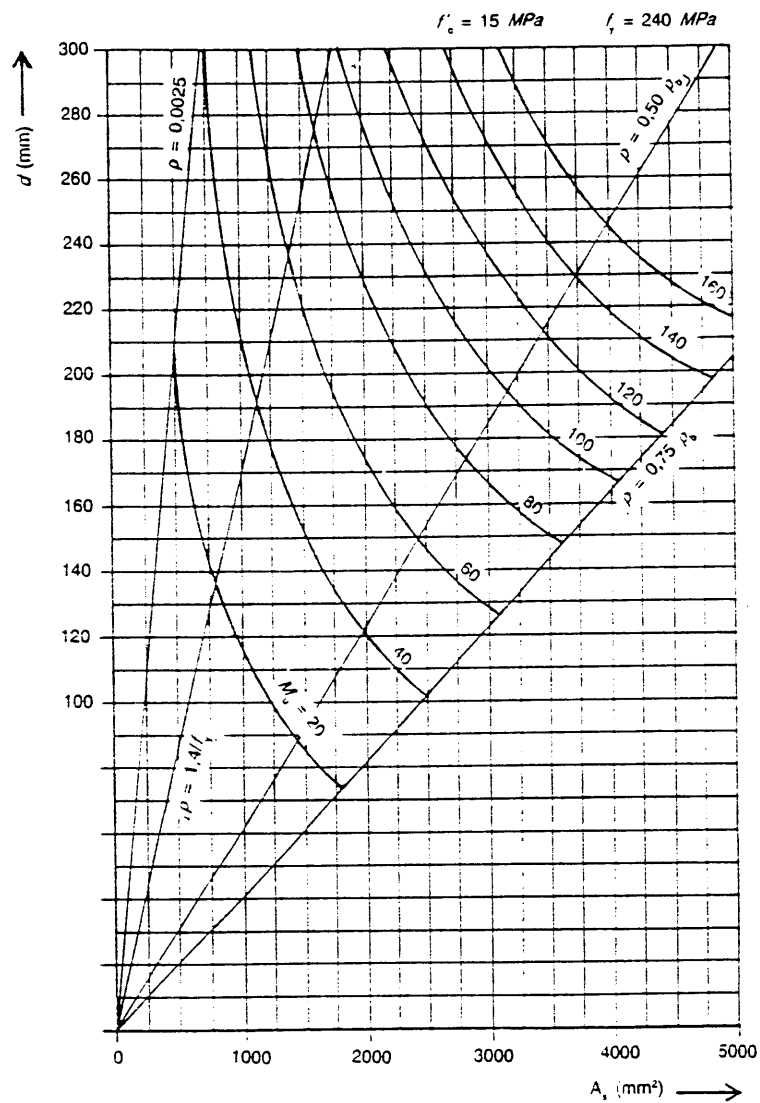
5.3.j MUTU BETON  $f'_c$  35 dengan tulangan tekan $\alpha = 1$ 

Diketahui $p$ tulangan tarik, $p$ tulangan tekan = 0.5 $\cdot$ $p$ tulangan tarik						
$M_u / b d^2$	$f_y = 240 \text{ MPa}$ $d/d =$			$f_y = 400 \text{ MPa}$ $d/d =$		
	0.10	0.15	0.20	0.10	0.15	0.20
200	0,0009	0,0009	0,0009	0,0005	0,0005	0,0006
400	0,0018	0,0018	0,0019	0,0011	0,0011	0,0011
600	0,0026	0,0027	0,0028	0,0016	0,0016	0,0017
800	0,0035	0,0036	0,0037	0,0021	0,0022	0,0022
1000	0,0044	0,0045	0,0047	0,0026	0,0027	0,0028
1200	0,0053	0,0054	0,0056	0,0032	0,0033	0,0034
1400	0,0062	0,0064	0,0065	0,0037	0,0038	0,0039
1600	0,0071	0,0073	0,0075	0,0042	0,0044	0,0045
1800	0,0080	0,0082	0,0084	0,0048	0,0049	0,0050
2000	0,0089	0,0091	0,0094	0,0053	0,0055	0,0056
2200	0,0098	0,0100	0,0103	0,0059	0,0060	0,0062
2400	0,0106	0,0109	0,0113	0,0064	0,0066	0,0068
2600	0,0115	0,0119	0,0122	0,0069	0,0071	0,0073
2800	0,0124	0,0128	0,0132	0,0075	0,0077	0,0079
3000	0,0133	0,0137	0,0141	0,0080	0,0082	0,0085
3200	0,0143	0,0146	0,0151	0,0086	0,0088	0,0090
3400	0,0152	0,0156	0,0160	0,0091	0,0093	0,0096
3600	0,0161	0,0165	0,0170	0,0096	0,0099	0,0102
3800	0,0170	0,0174	0,0180	0,0102	0,0105	0,0108
4000	0,0179	0,0184	0,0189	0,0107	0,0110	0,0114
4200	0,0188	0,0193	0,0199	0,0113	0,0116	0,0119
4400	0,0197	0,0203	0,0209	0,0118	0,0122	0,0125
4600	0,0206	0,0212	0,0218	0,0124	0,0127	0,0131
4800	0,0215	0,0222	0,0228	0,0129	0,0133	0,0137
5000	0,0225	0,0231	0,0238	0,0135	0,0139	0,0143
5200	0,0234	0,0241	0,0248	0,0140	0,0144	0,0149
5400	0,0243	0,0250	0,0257	0,0146	0,0150	0,0154
5600	0,0252	0,0260	0,0267	0,0151	0,0156	0,0160
5800	0,0262	0,0269	0,0277	0,0157	0,0161	0,0166
6000	0,0271	0,0279	0,0287	0,0163	0,0167	0,0172
6200	0,0280	0,0288	0,0297	0,0168	0,0173	0,0178
6400	0,0290	0,0298	0,0307	0,0174	0,0179	0,0184
6600	0,0299	0,0308	0,0317	0,0179	0,0185	0,0190
6800	0,0308	0,0317	0,0327	0,0185	0,0190	0,0196
7000	0,0318	0,0327	0,0337	0,0191	0,0196	0,0202
7200	0,0327	0,0337	0,0347	0,0196	0,0202	0,0208
7400	0,0337	0,0346	0,0357	0,0202	0,0208	0,0214
7600	0,0346	0,0356	0,0367	0,0208	0,0214	0,0220
7800	0,0356	0,0366	0,0377	0,0213	0,0220	0,0226
8000	0,0365	0,0376	0,0387	0,0219	0,0225	0,0232
8200	0,0375	0,0386	0,0397	0,0225	0,0231	0,0238
8400	0,0384	0,0395	0,0407	0,0230	0,0237	0,0244
8600	0,0394	0,0405	0,0418	0,0236	0,0243	0,0251
8800	0,0403	0,0415	0,0428	0,0242	0,0249	0,0257
9000	0,0413	0,0425	0,0438	0,0248	0,0255	0,0263
9200	0,0422	0,0435	0,0448	0,0253	0,0261	0,0269
9400	0,0432	0,0445	0,0459	0,0259	0,0267	0,0275
9600	0,0442	0,0455	0,0469	0,0265	0,0273	0,0281
9800	0,0451	0,0465	0,0479	0,0271	0,0279	0,0288
10000	0,0461	0,0475	0,0490	0,0277	0,0285	0,0294
10200	0,0471	0,0485	0,0500	0,0283	0,0291	0,0300
10400	0,0481	0,0495	0,0511	0,0288	0,0297	0,0306
10600	0,0490	0,0505	0,0521	0,0294	0,0303	0,0313
10800	0,0500	0,0515	0,0532	0,0300	0,0309	0,0319
11000	0,0510	0,0526	0,0542	0,0306	0,0315	0,0325
11200	0,0520	0,0536	0,0553	0,0312	0,0321	0,0332
11400	0,0530	0,0546	0,0563	0,0318	0,0328	0,0338

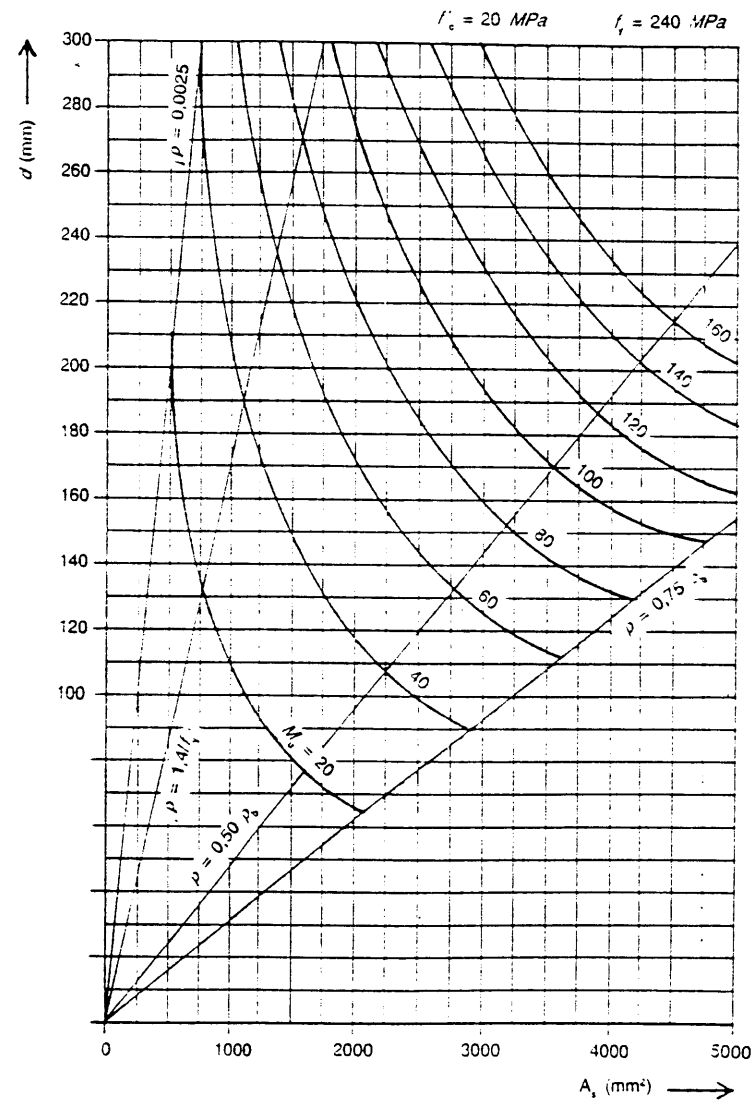
## 5.4 Penulangan pelat

Grafik-grafik 5.4.a s/d 5.4.c memberikan besar momen  $M_u$  pada tinggi manfaat  $d$  dan jumlah tulangan  $A_s$ . Pada grafik tersebut, batas-batas dari penulangan maksimum diberikan sebesar  $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$ . Demikian pula nilai-nilai untuk  $\rho = 0,5 \rho_b$  dan  $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$  atau berurut-urut  $\rho_{\min} = 0,025$  kemudian 0,018. Bila tebal diketahui maka momen  $M_u$  pada ketebalan ini dapat ditentukan. Melalui garis-garis  $M_u$ , nilai-nilai  $A_s$  dapat dibaca pada sumbu horisontal.

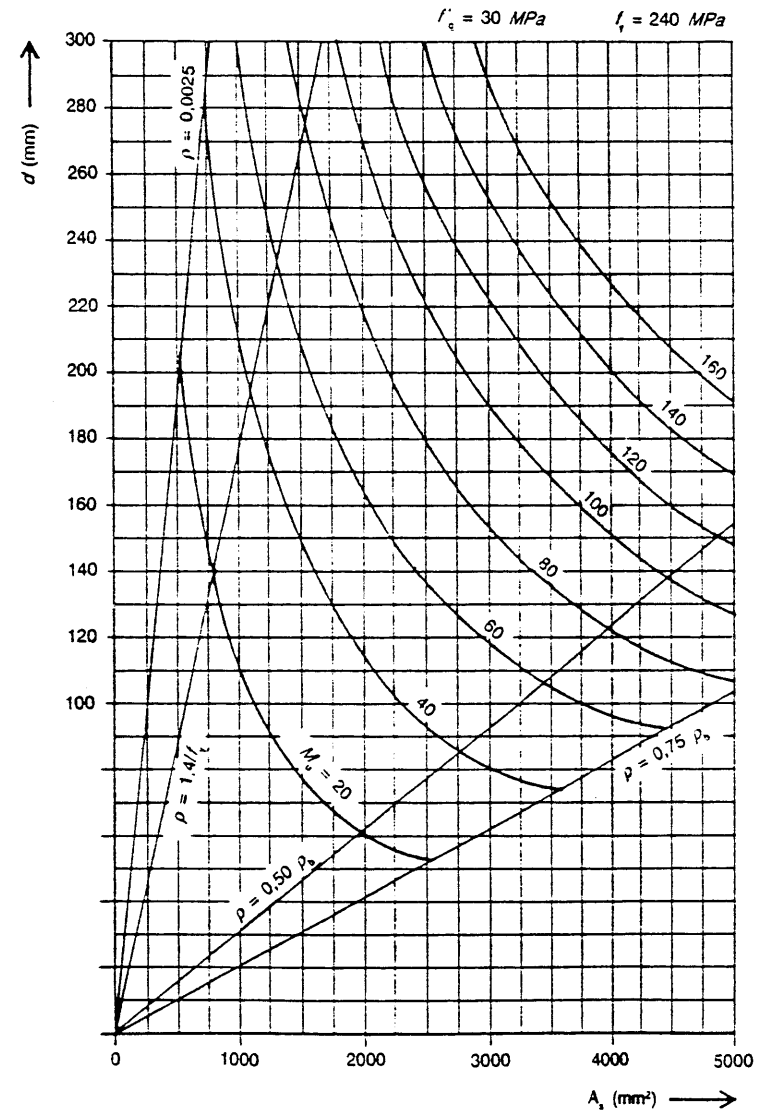
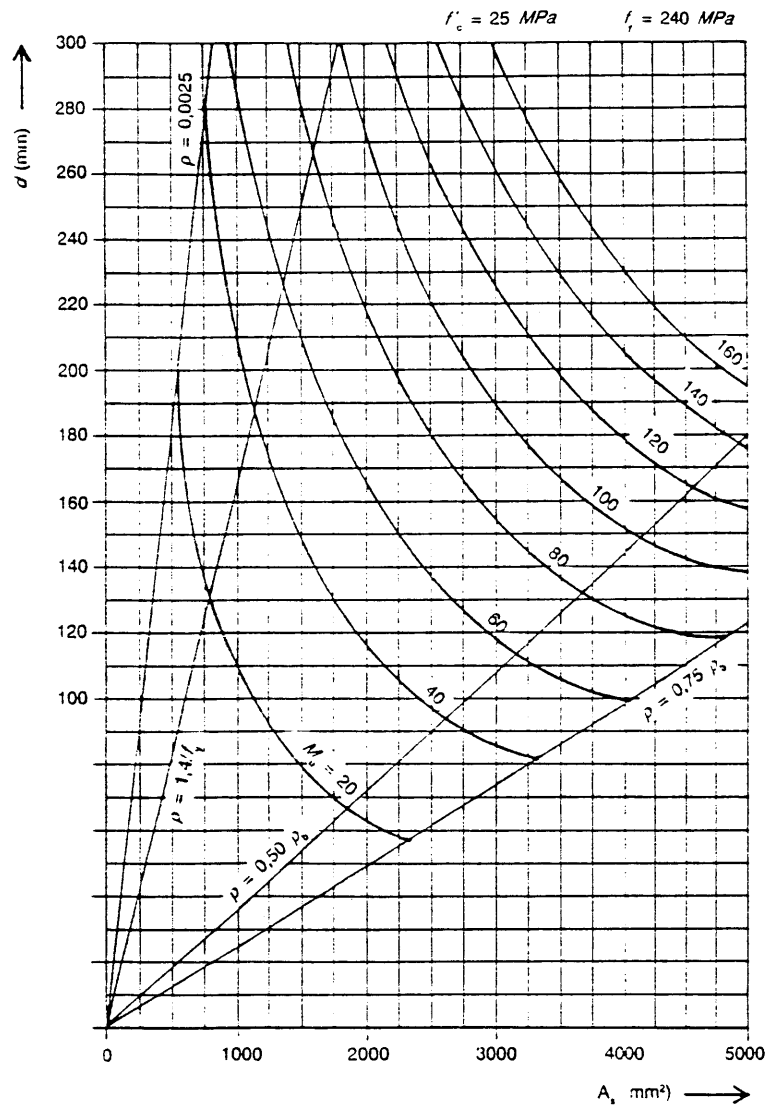
Catatan : Perlu diperingatkan bahwa perubahan ketebalan akan mengakibatkan perubahan  $M_u$  pula.



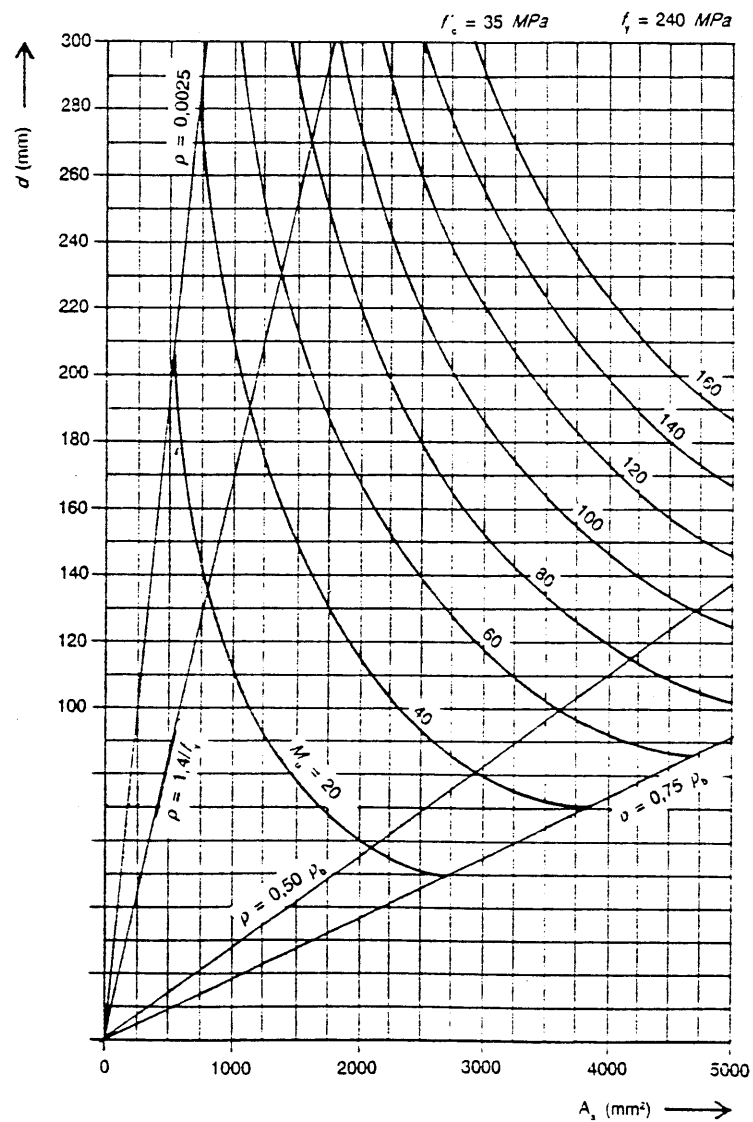
Gambar 5.4.a



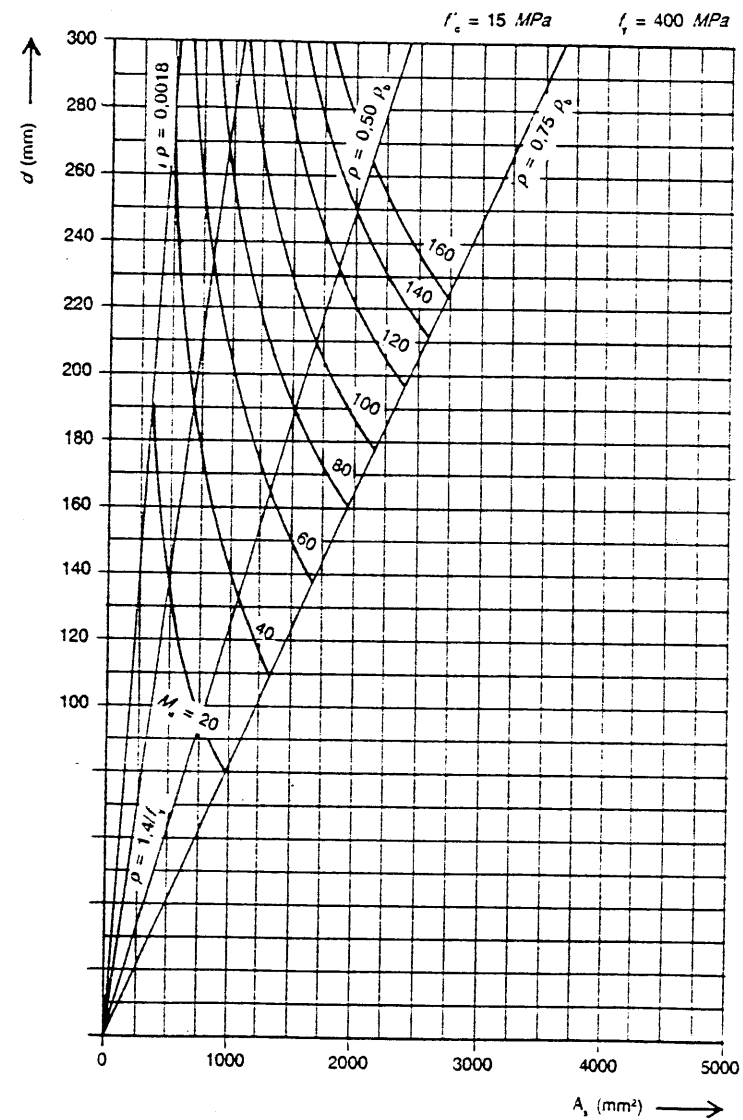
Gambar 5.4.b



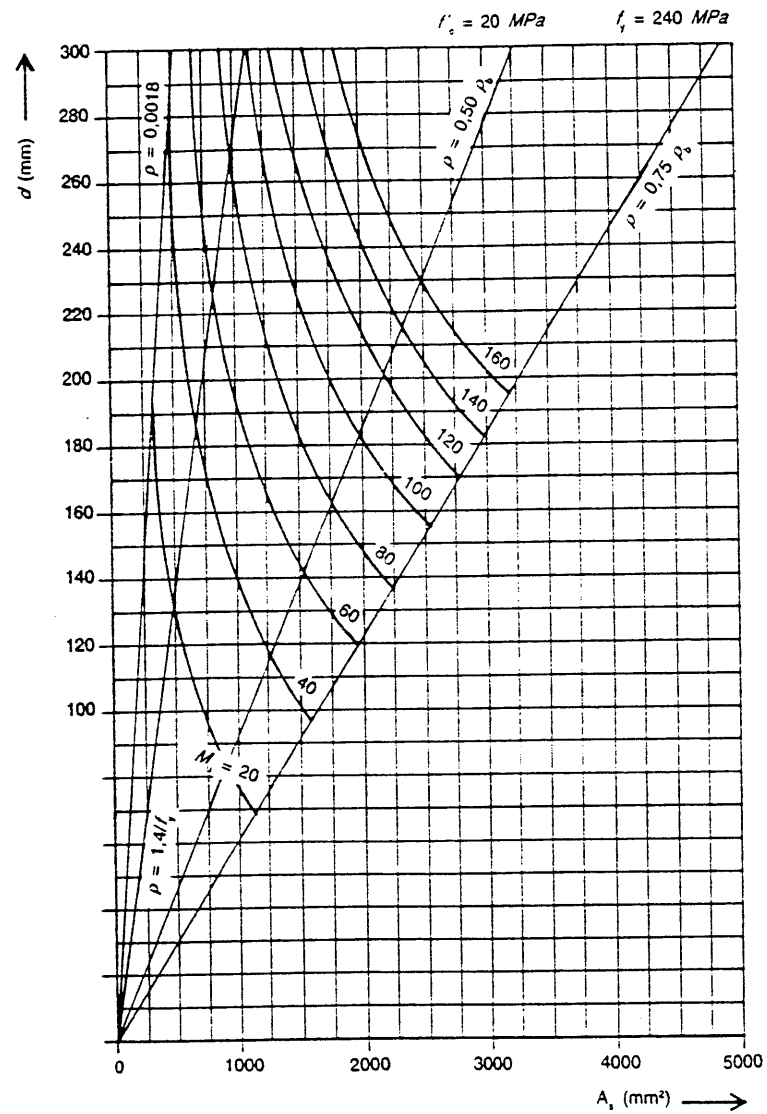
Gambar 5.4.d



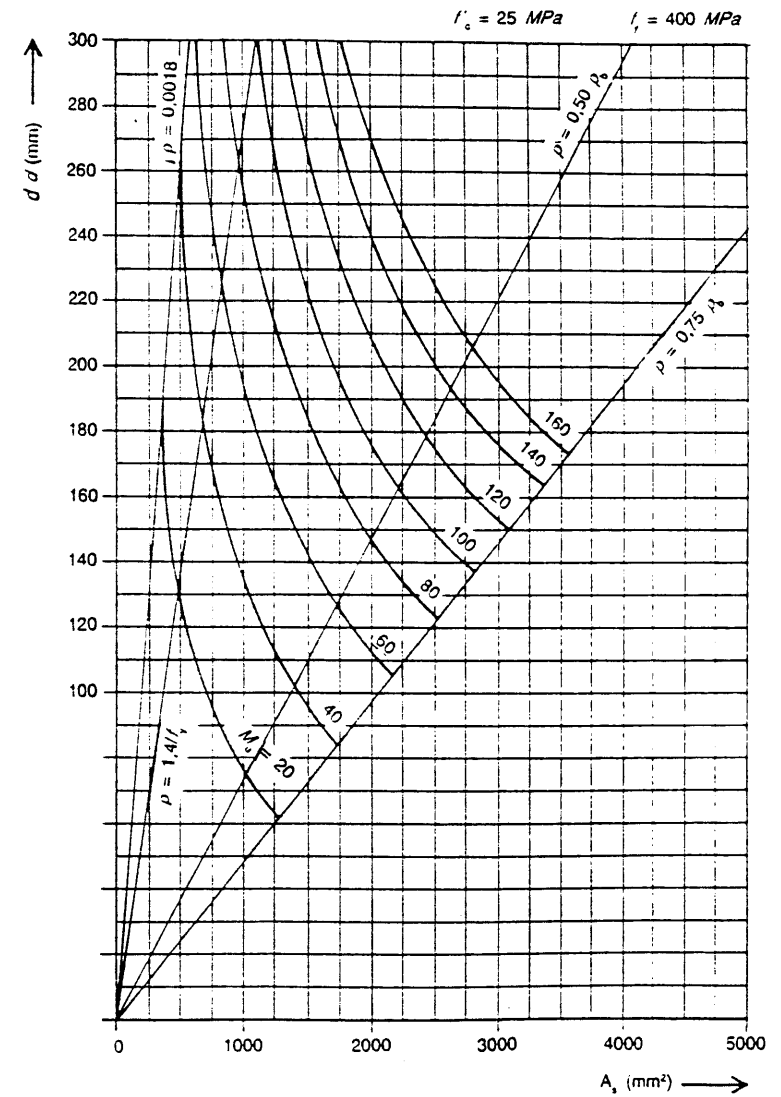
Gambar 5.4.e



Gambar 5.4.f

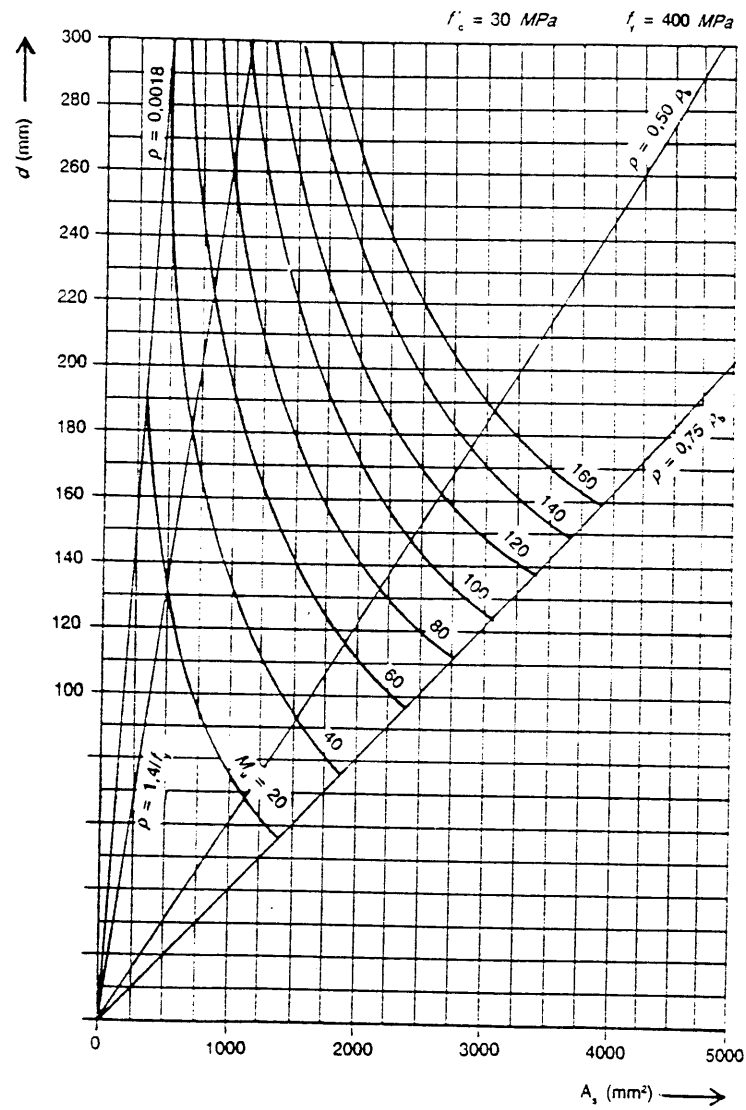


Gambar 5.4.g

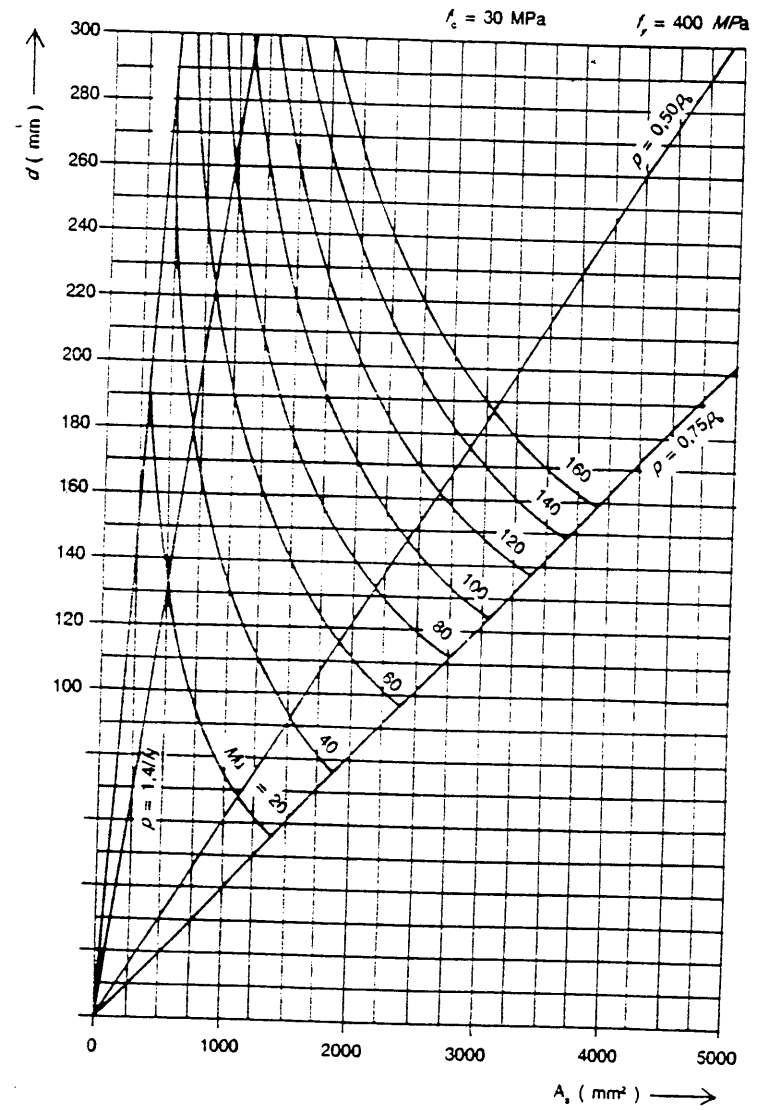


Gambar 5.4.h

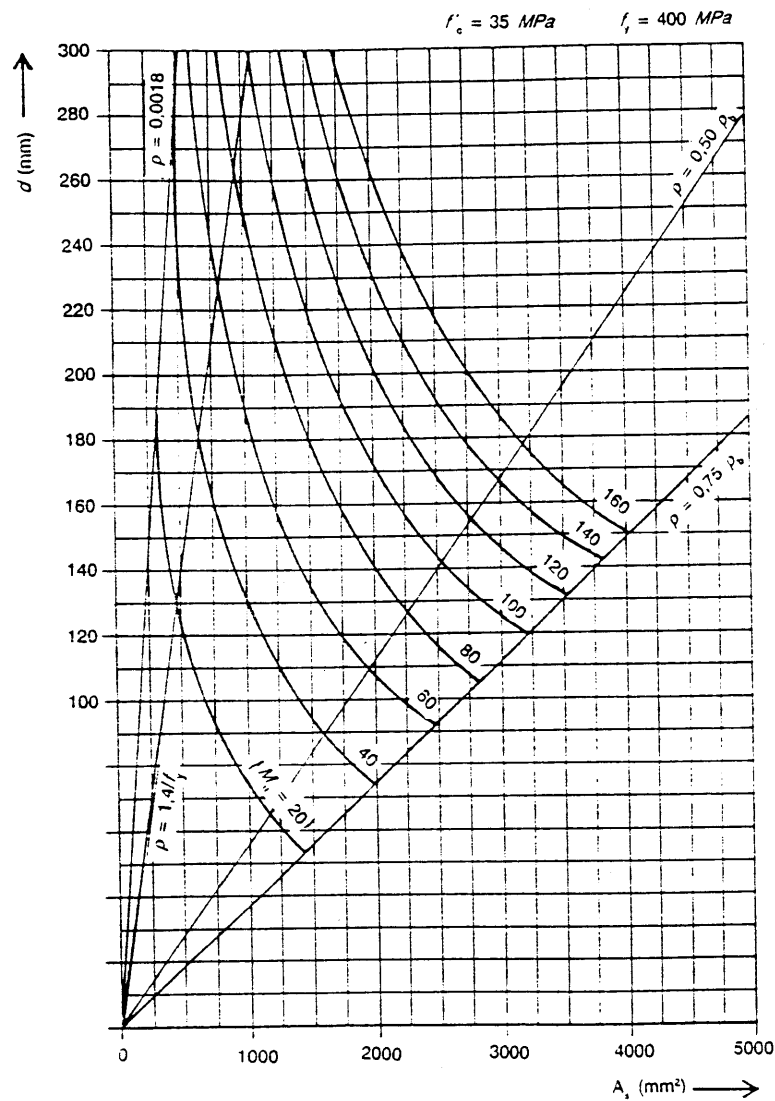




Gambar 5.4.i



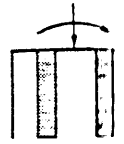
Gambar 5.4.j



Gambar 2.4 k

# BAB 6

## Lentur Dengan Beban Aksial



### 6.1 Beban lentur dengan beban aksial

#### Kolom penampang persegi dan penampang bulat

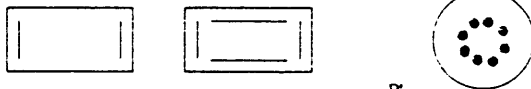
##### Pemakaian Grafik-grafik

Untuk mutu beton  $f'_c = 15, 20, 25, 30$  dan  $35$  MPa

mutu baja  $f_y = 240$  dan  $400$  MPa

harga-harga  $\frac{d'}{h} = 0,10, 0,15$  dan  $0,20$

untuk kolom di bawah ini diberikan grafik-grafik penulangan



Pada sumbu vertikal dicantumkan nilai  $\frac{P_u}{\phi A_g 0,85 f'_c}$

Untuk mutu beton  $f'_c = 35$  maka faktor  $0,85$  harus digantikan dengan faktor  $0,81$ .

Faktor ini tanpa dimensi dan ditentukan oleh faktor beban tertentu dikalikan dengan beban aksial, kemudian ditentukan pula oleh mutu beton dan ukuran penampang.

Pada sumbu horizontal dicantumkan nilai  $\frac{P_u}{\phi A_g 0,35 f'_c} \cdot \left(\frac{e_i}{h}\right)$

Faktor-faktor ini pun tidak berdimensi.

Dalam  $e_i$  telah diperhitungkan harga eksentrisitas  $e = \frac{M_u}{P}$ , demikian pula dengan faktor pembesar yang berkaitan dengan gejala tekuk.

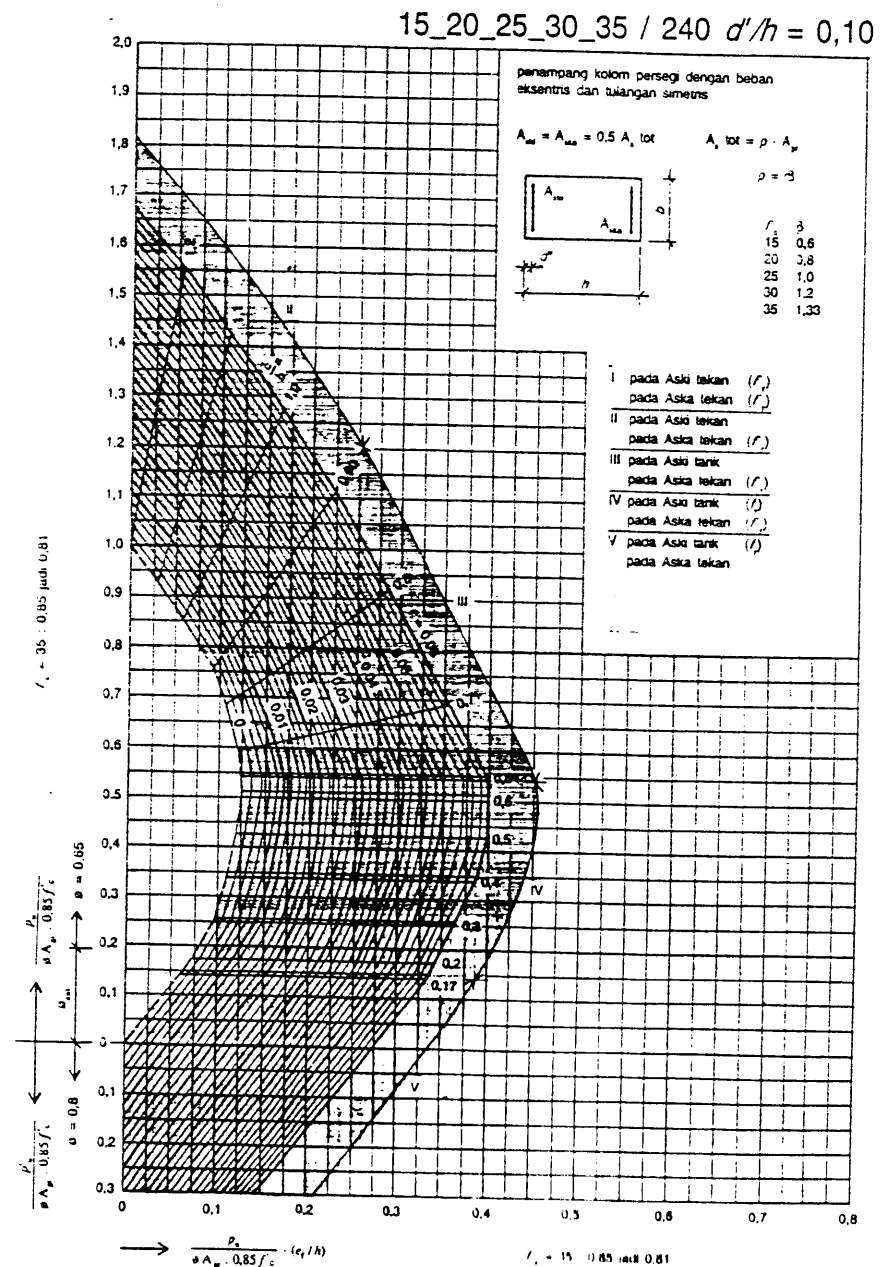
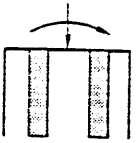
Untuk mutu beton  $f'_c = 35$  MPa maka faktor  $0,85$  digantikan dengan faktor  $0,81$

Besaran pada kedua sumbu dapat dihitung dan dipetakan dalam bentuk grafik-grafik. Kemudian yang dibaca adalah nilai  $r$ . Tulangan yang diperlukan  $A_{s, \text{tot}}$  ditentukan dengan  $B \cdot r$ , di mana  $B$  tergantung pada mutu beton. Nilai dari  $B$  ditunjukkan dalam grafik-grafik.

Peralihan tegangan baja dalam tulangan dinyatakan pada daerah-daerah I s/d V.

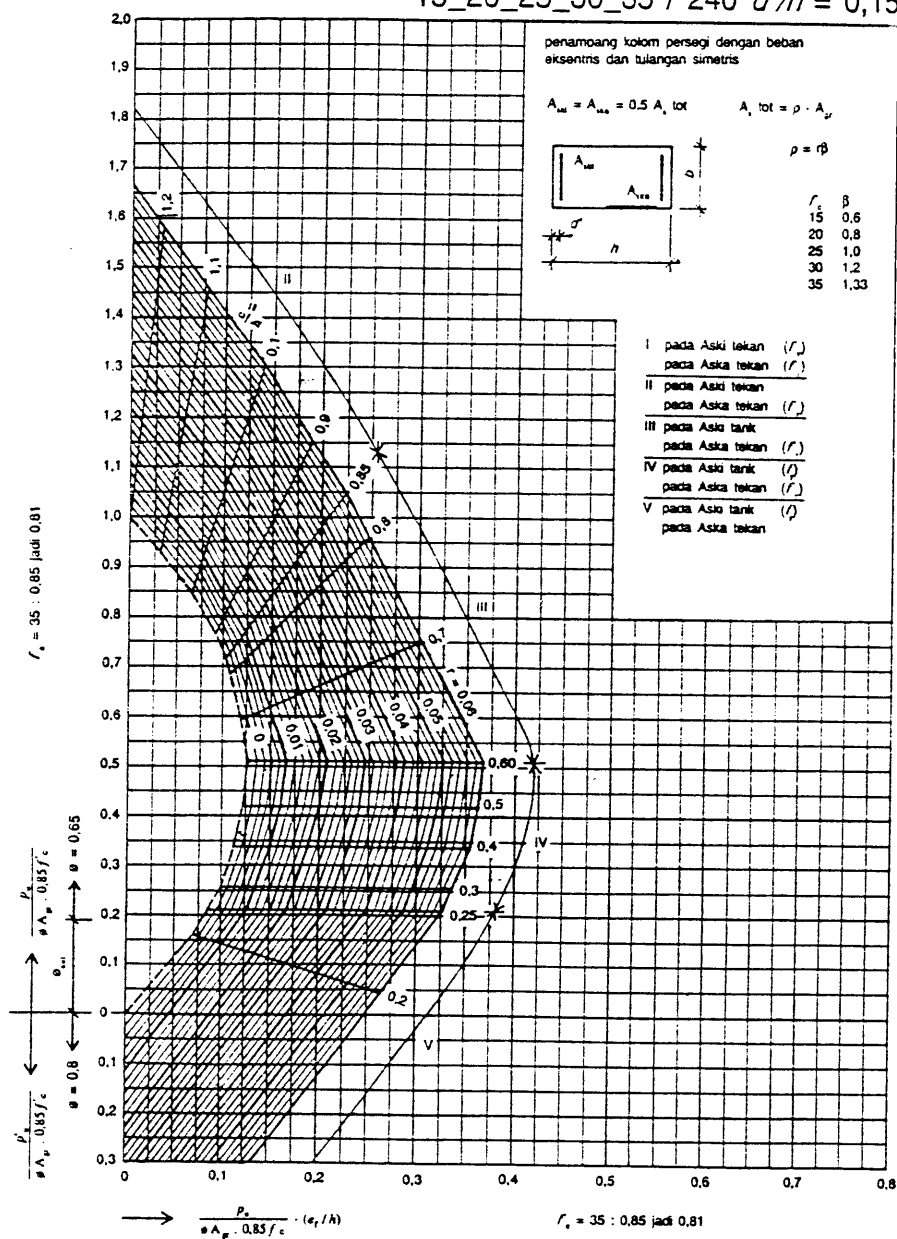
Nilai-nilai  $\frac{c}{h}$  dicantumkan dalam grafik-grafik, begitu pula pada peralihan tegangan baja.

Untuk nilai-nilai  $\phi$  di antara  $P_u = 0,1 f'_c A_g$  dan  $P_u = 0$ , boleh ditingkatkan dari  $\phi = 0,65$  sampai  $\phi = 0,80$ . Untuk kolom yang dibebani tarik berlaku  $\phi = 0,8$



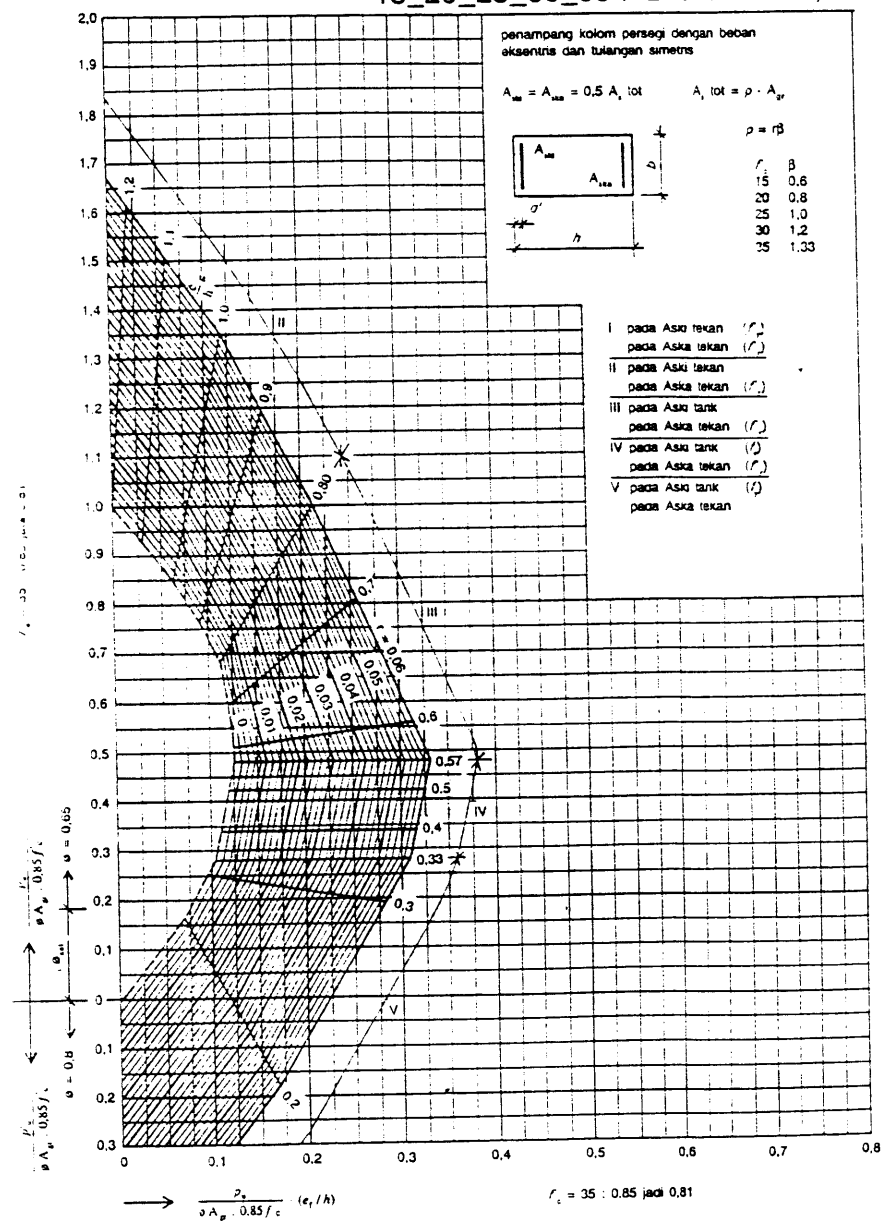
Gambar 6.1.a

15\_20\_25\_30\_35 / 240  $d'/h = 0,15$



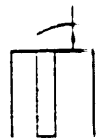
Gambar 5.1.b

15\_20\_25\_30\_35 / 240  $d'/h = 0,20$

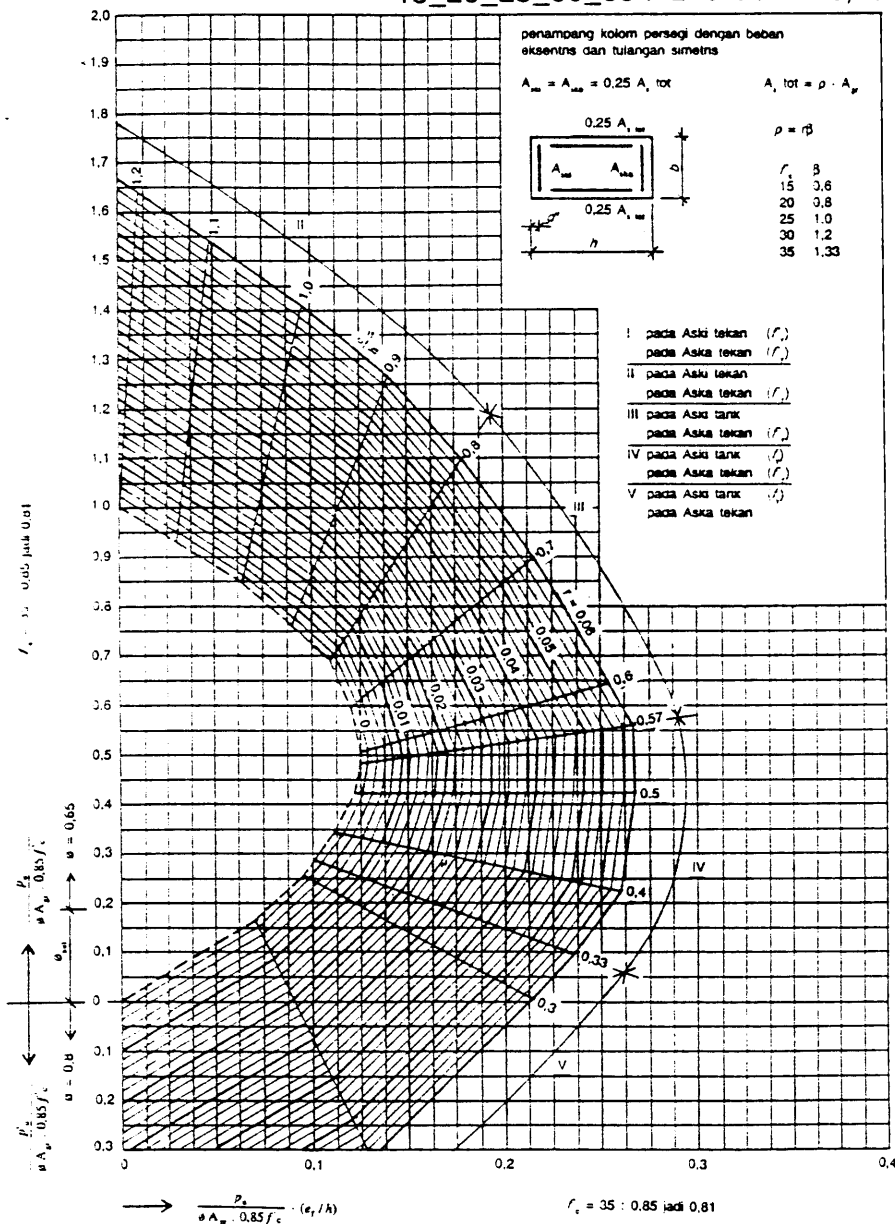


Gambar 5.1.c

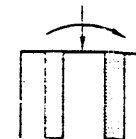




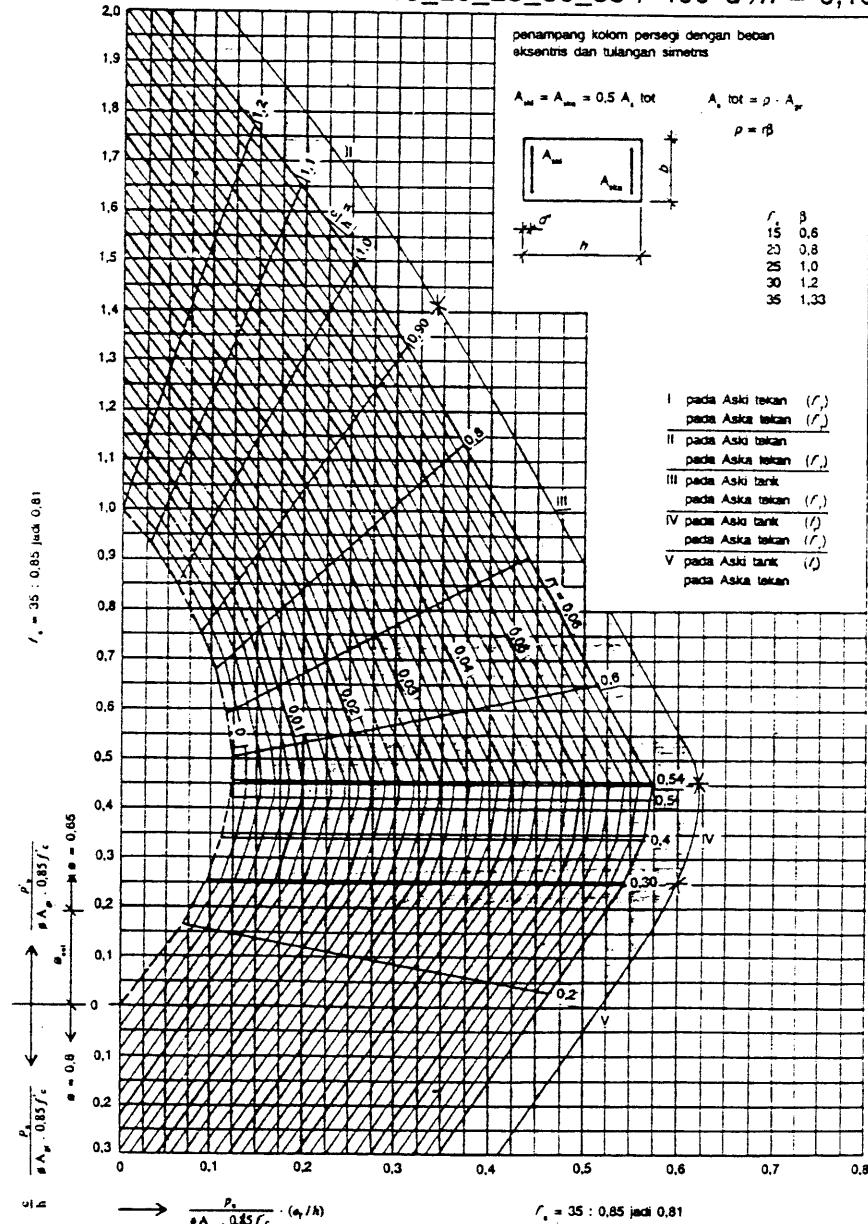
15\_20\_25\_30\_35 / 240  $d'/h = 0,20$



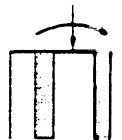
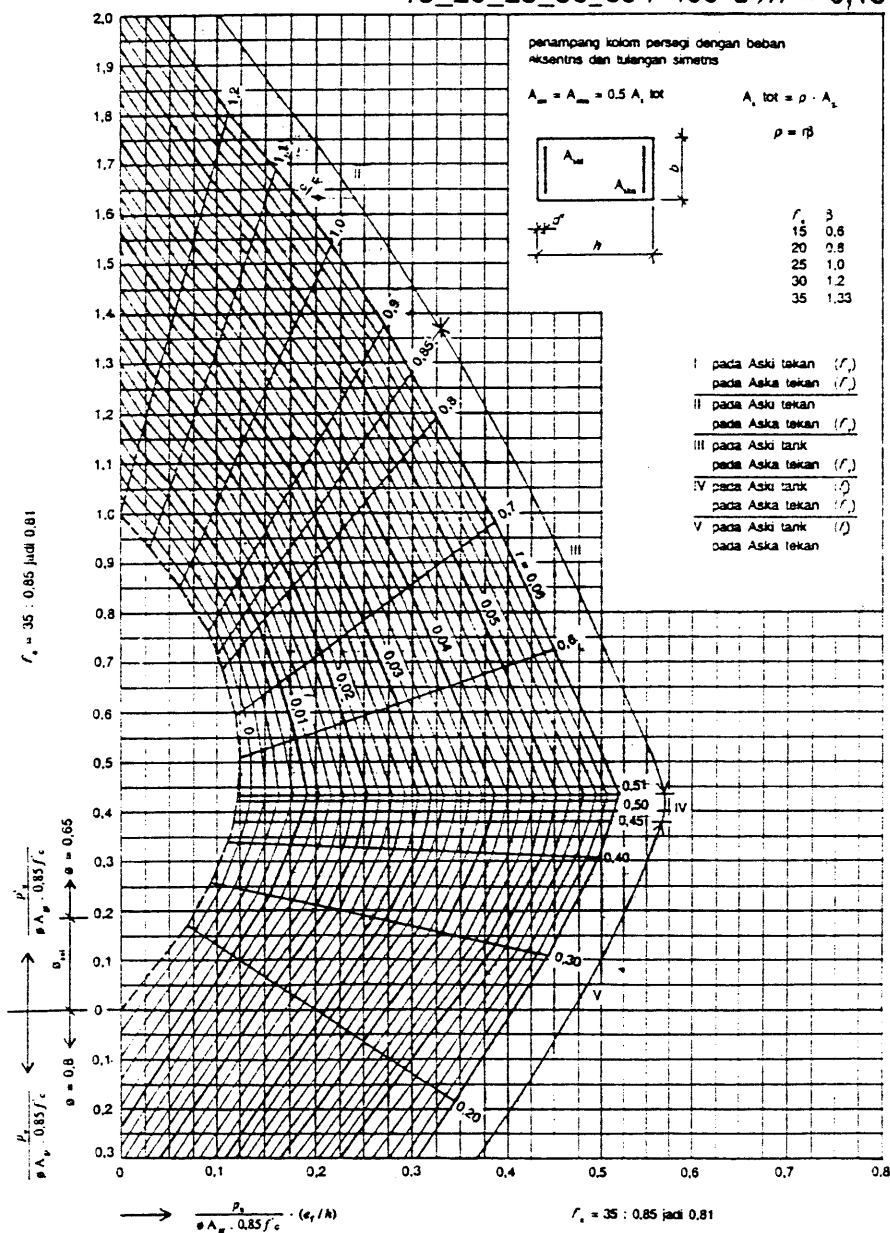
Gambar 6.1.f



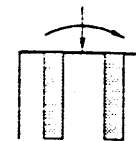
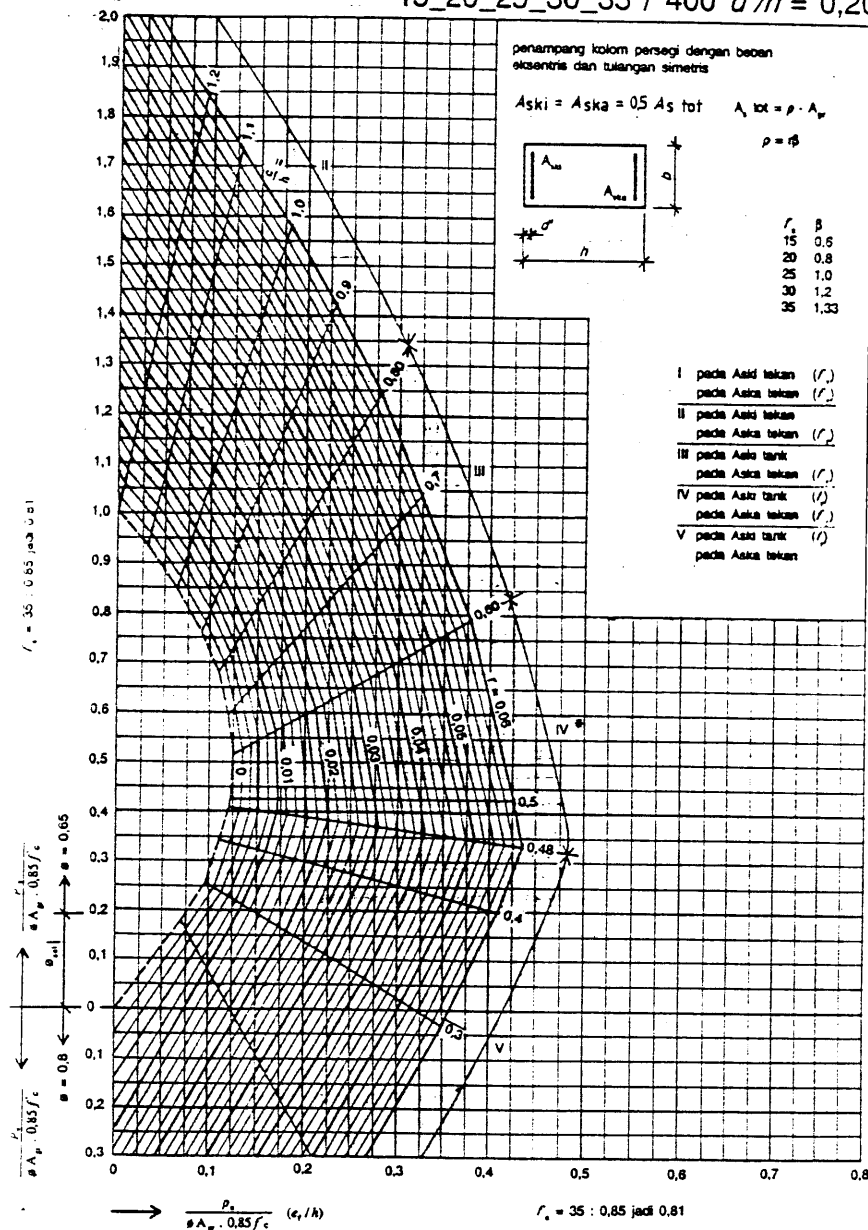
15\_20\_25\_30\_35 / 400  $d'/h = 0,10$



Gambar 6.2.a

15\_20\_25\_30\_35 / 400  $d'/h = 0,15$ 

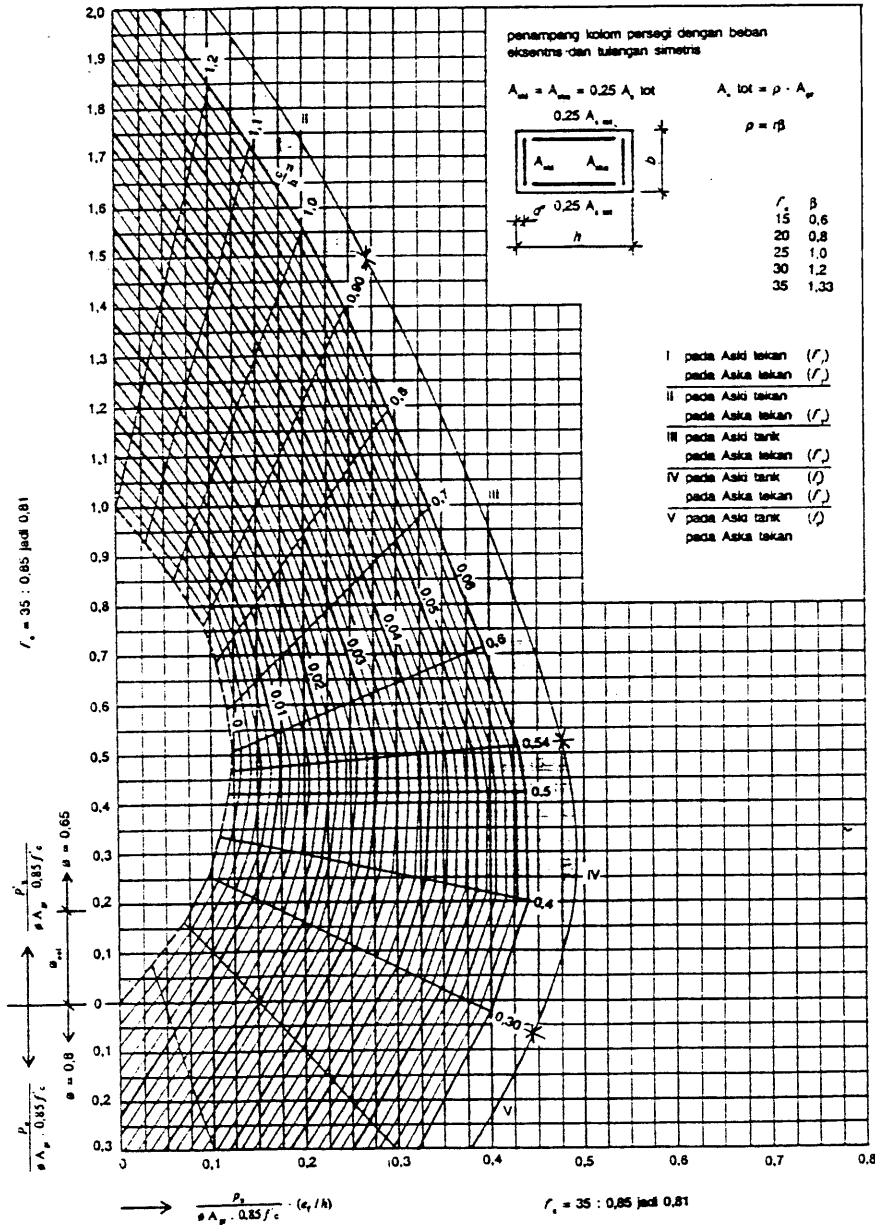
Gambar 6.2.b

15\_20\_25\_30\_35 / 400  $d'/h = 0,20$ 

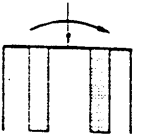
Gambar 6.2.c



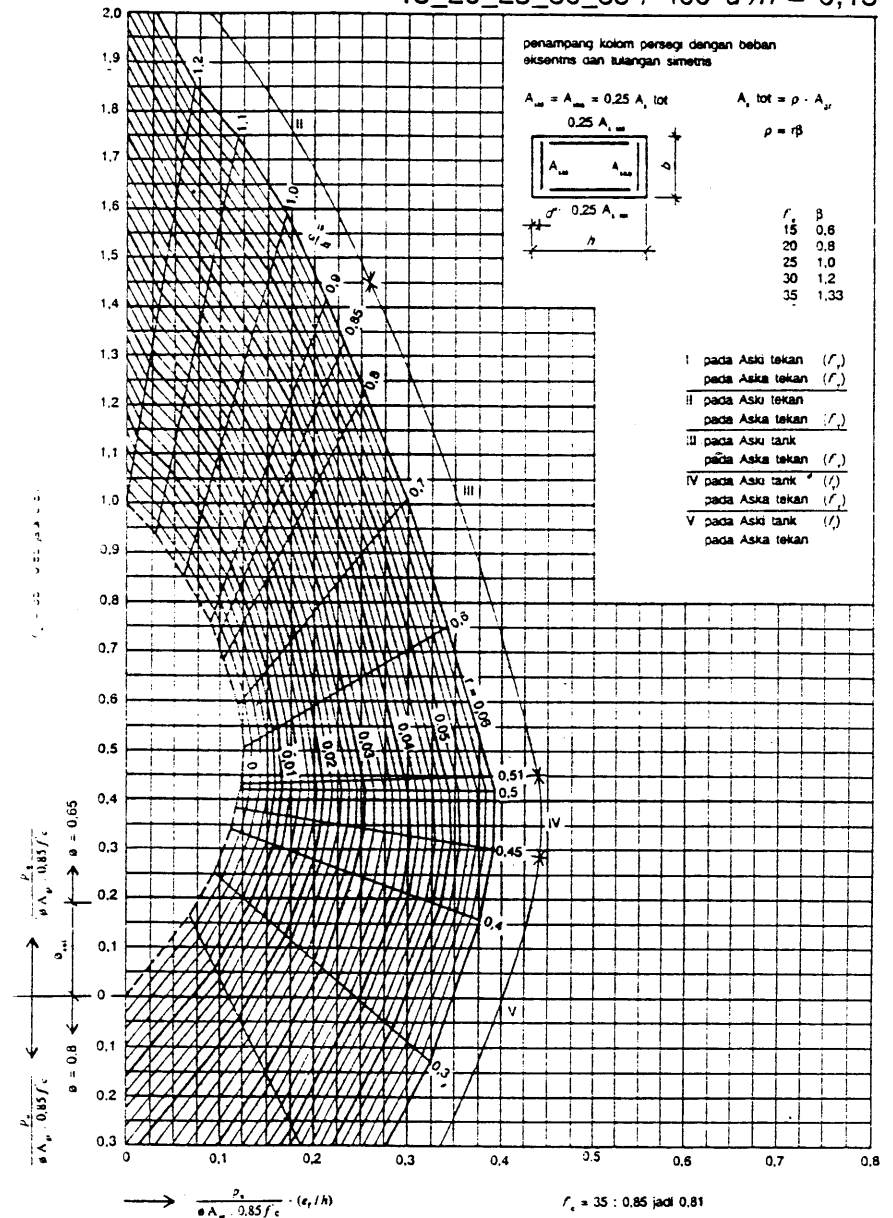
15\_20\_25\_30\_35 / 400  $d'/h = 0,10$



Gambar 6.2.d

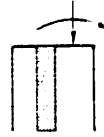


15\_20\_25\_30\_35 / 400  $d'/h = 0,15$

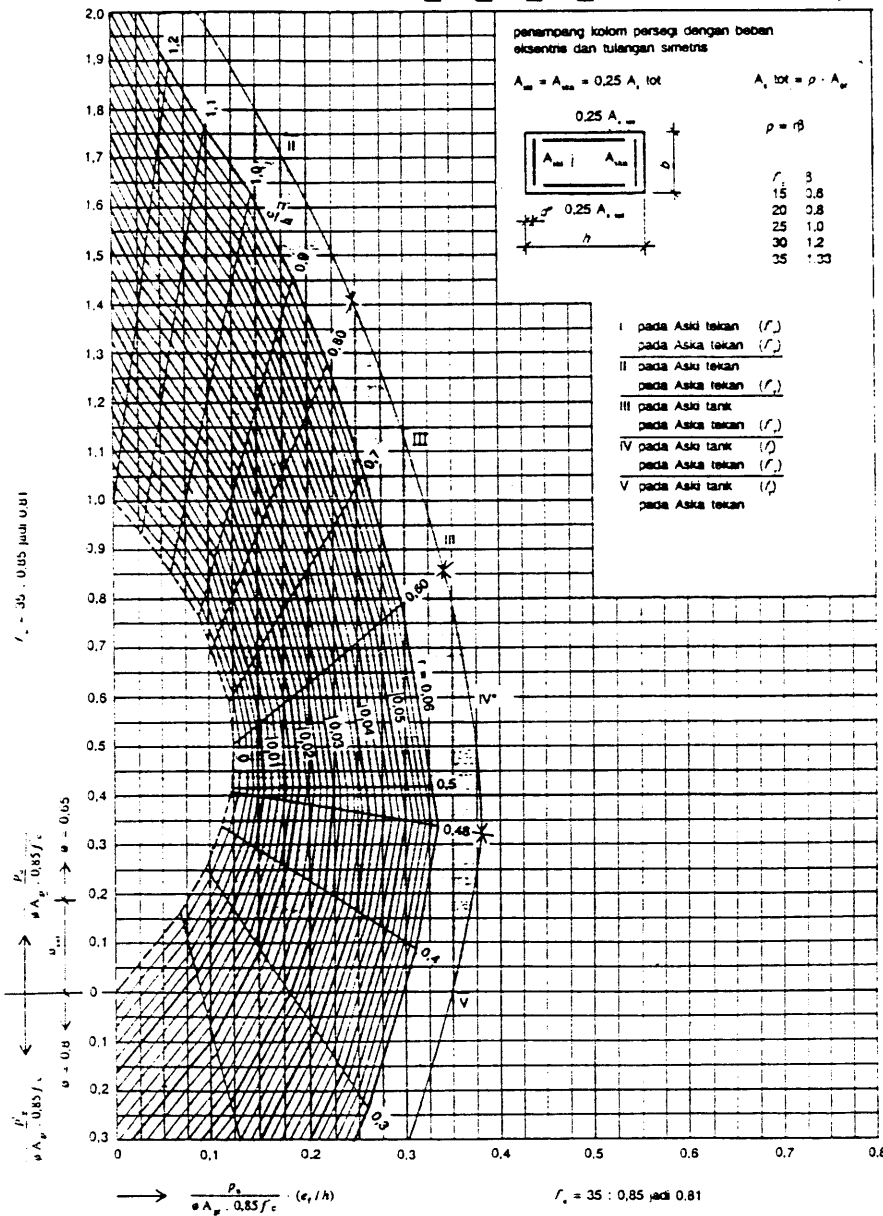


Gambar 6.2.e

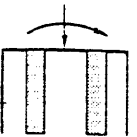




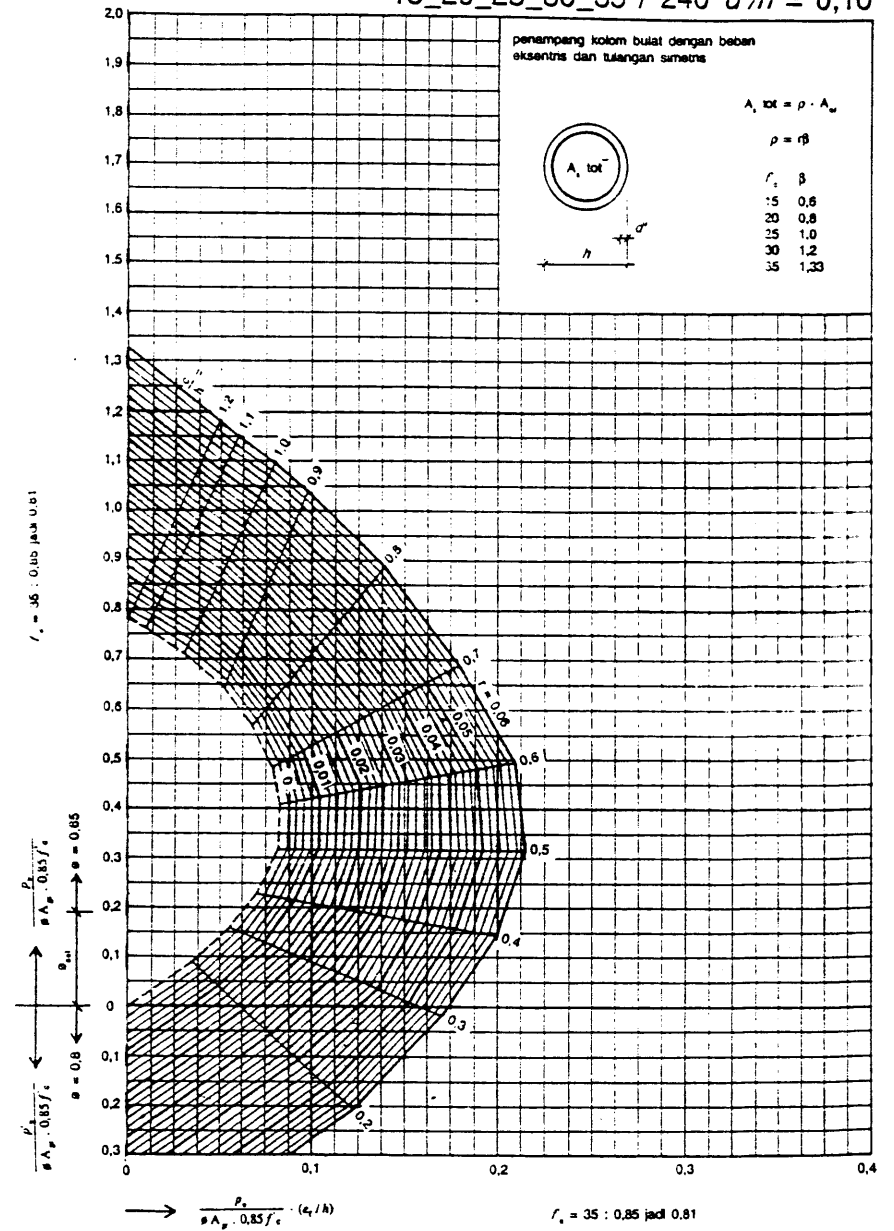
15\_20\_25\_30\_35 / 400  $d'/h = 0,20$



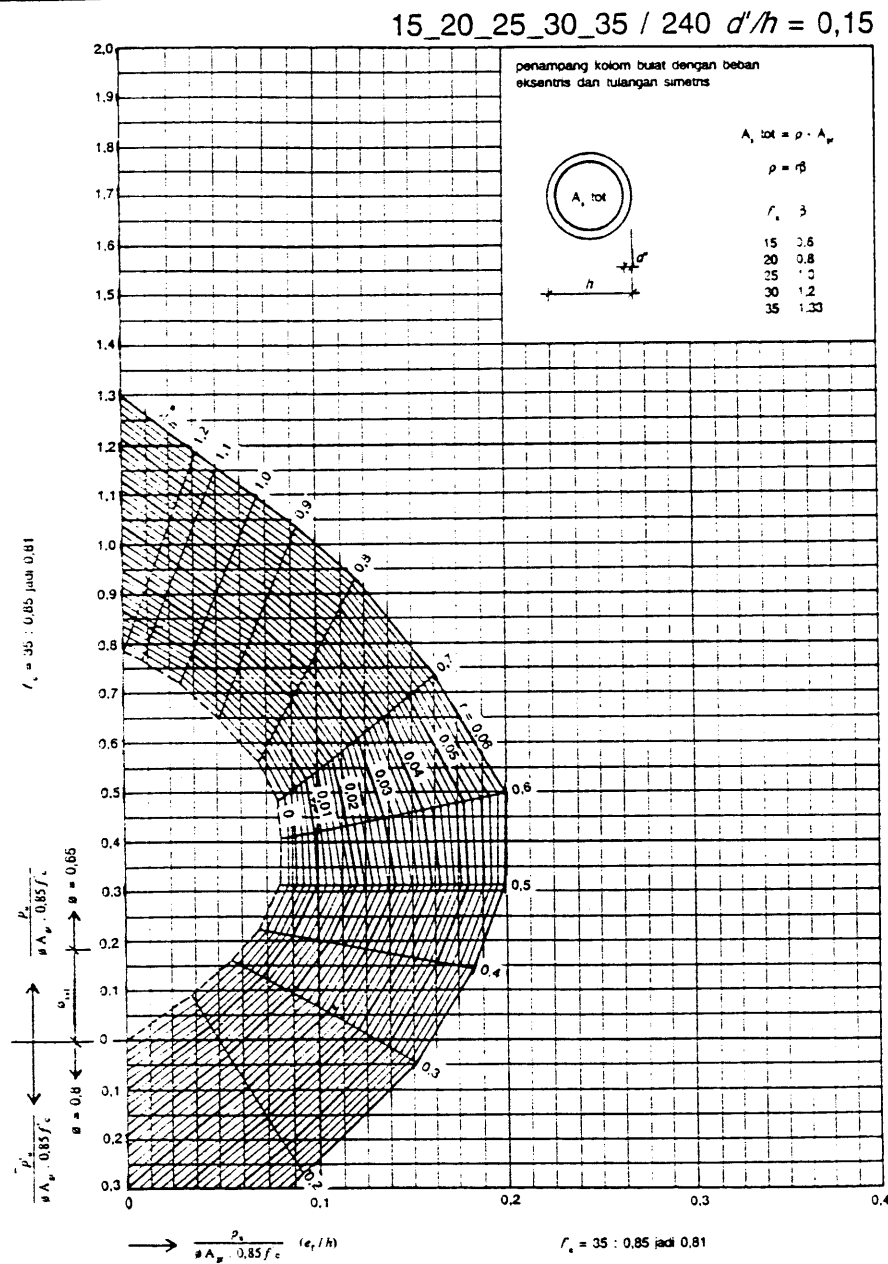
Gambar 6.2.f



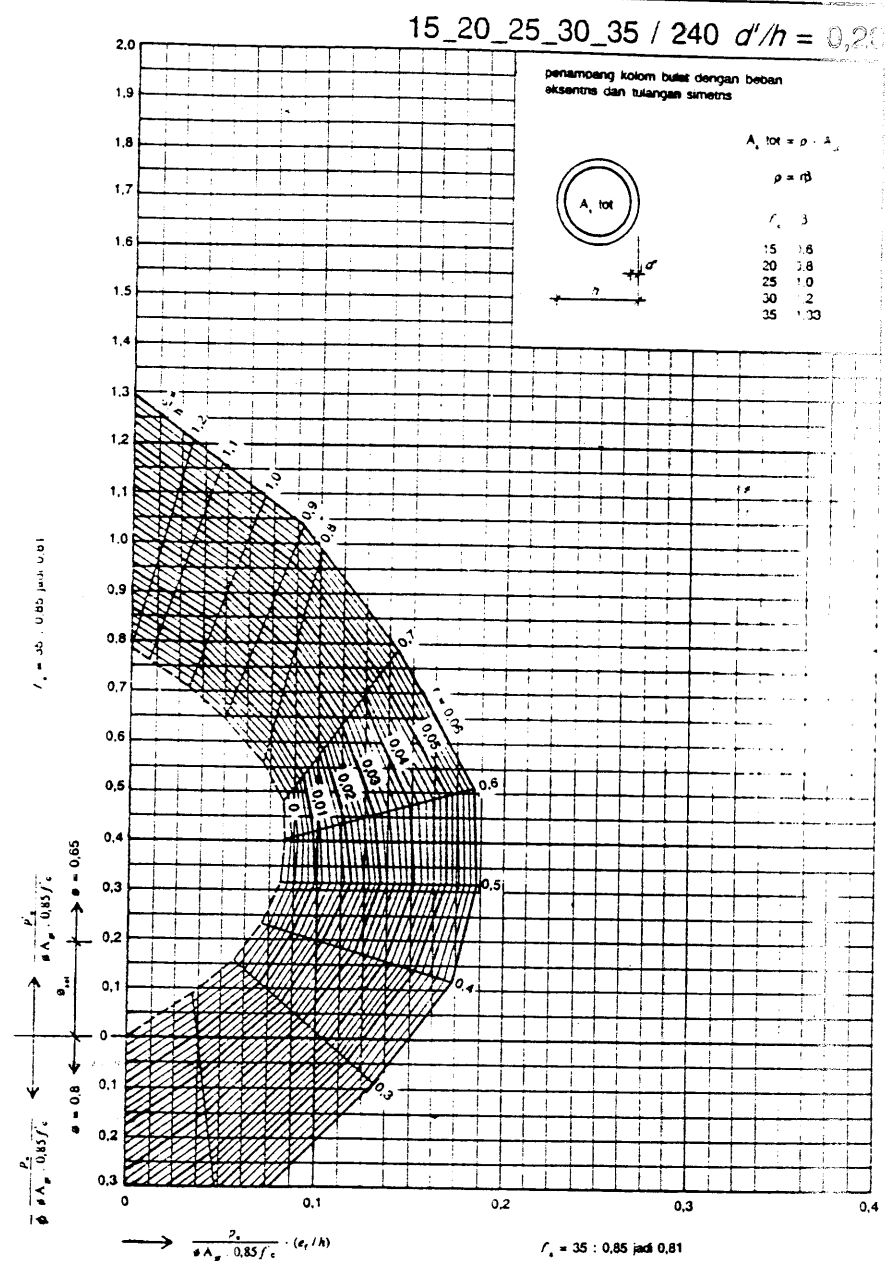
15\_20\_25\_30\_35 / 240  $d'/h = 0,10$



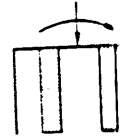
Gambar 6.3.a



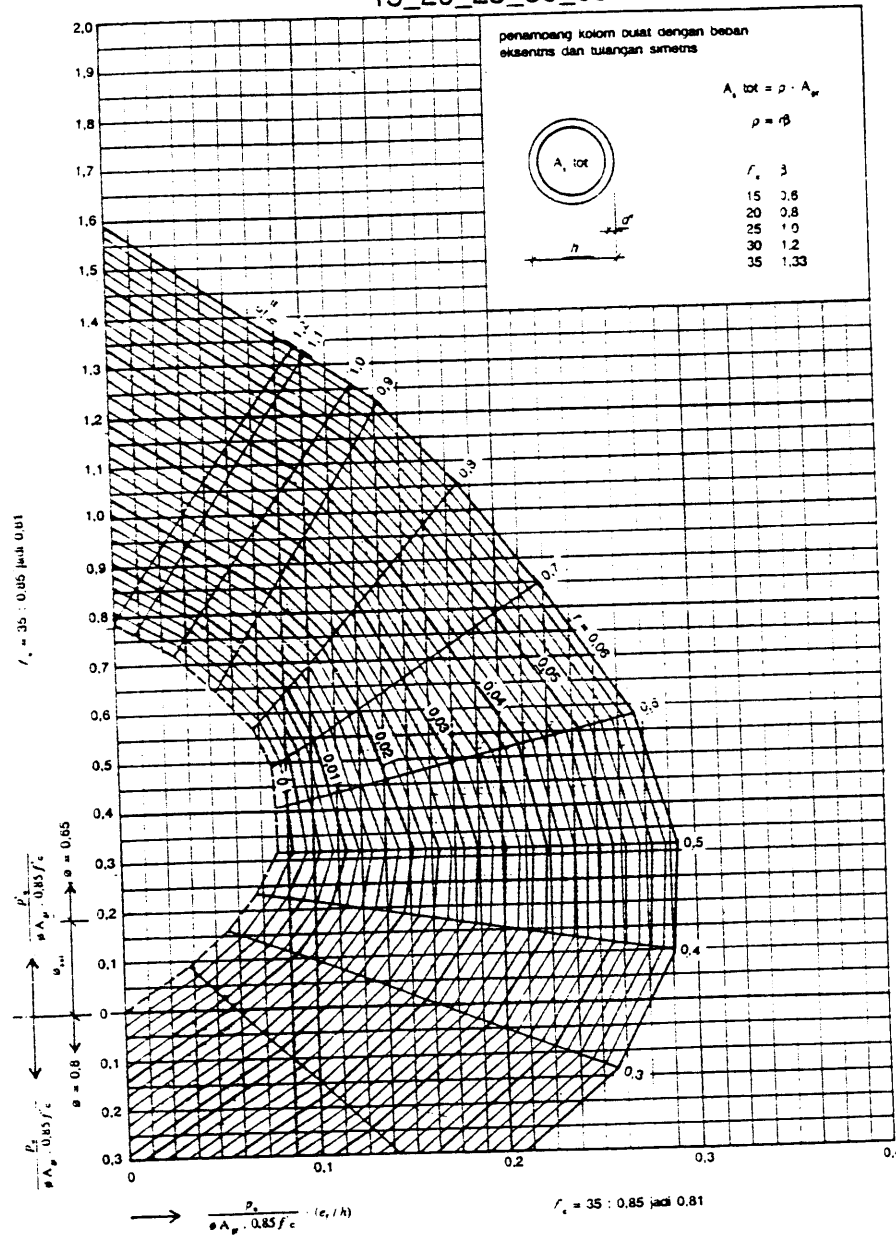
Gambar 6.3.b



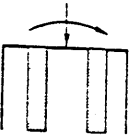
Gambar 6.3.c



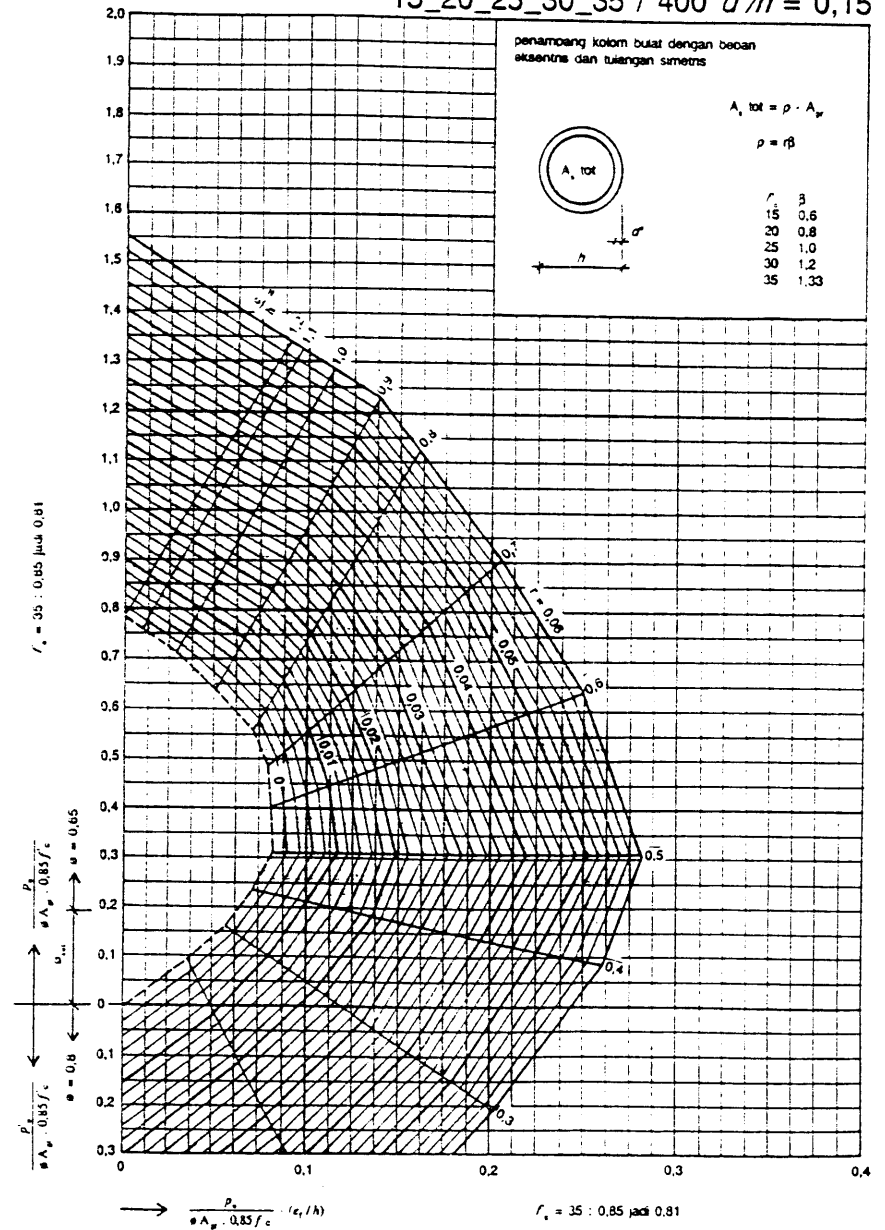
15\_20\_25\_30\_35 / 400  $d'/h = 0,10$



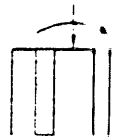
Gambar 6.3.d



15\_20\_25\_30\_35 / 400  $d'/h = 0,15$



Gambar 6.3.e



**Gambar 6.3.f**

# BAB 7

## Perencanaan Kolom



### 7.1.a Perencanaan kolom pada struktur dengan penahan pengaku

Kolom-kolom pada struktur dengan pengaku harus direncanakan terhadap beban aksial  $P_u$  yang diperhitungkan secara elastisitas linier dan dengan suatu faktor pembesar agar momen  $M_c = \delta_s M_2$  meningkat, di mana  $M_2$  adalah momen terbesar  $M_u$  pada ujung-ujung kolom yang dihitung dengan perhitungan elastis linier.

Untuk  $\delta_s$  harus ditetapkan sebagai:

$$\delta_s = \frac{C_m}{\left(1 - \frac{P_u}{P_c}\right)} \geq 1,0$$

$$\text{dengan: } P_c = \frac{\pi^2 EI_c}{(kl_u)^2}$$

Untuk  $EI_c$  boleh ditetapkan sebagai:

$$EI_c = \frac{\left(\frac{E_c I_g}{2,5}\right)}{1 + \beta_d} \text{ dan untuk } EI_b = \frac{\left(\frac{E_c I_g}{5}\right)}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{1,2 D}{(1,2 D + 1,6 L)}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}}\right) \geq 0,4$$

Dalam persamaan ini  $M_{1b}$  adalah momen minimum  $M_u$  sedangkan  $M_{2b}$  momen maksimum  $M_u$  pada kolom yang dihitung dengan perhitungan elastis linier.

$M_{2b}$  selalu positif, bila momen terhadap  $M_{2b}$  berubah tanda maka  $M_{1b}$  akan negatif.

Sebagai perhitungan dapat digunakan grafik-grafik dan/atau tabel-tabel berikut:

Untuk menentukan distribusi gaya orde-satu grafik  $E_r$  Nilai  $\beta_d$  didapat dari perhitungan berat.

Untuk  $k$  ditentukan dengan menggunakan diagram nomogram

Untuk menentukan  $y$  dalam diagram nomogram harus menggunakan rumus berikut:

$$y = \frac{\sum \left(\frac{EI_c}{l_c}\right)}{\sum \left(\frac{EI_b}{l_b}\right)}$$

Untuk  $(EI_c)$  dan  $(EI_b)$  diijinkan memakai rumus  $E_r$   $E_r$  didapatkan dalam MPa. Bila  $I_u$  ditentukan dalam satuan  $\text{mm}^4$ , maka  $EI_c$  dan  $EI_b$  didapat dalam satuan  $\text{Nmm}^2$ . Dikalikan dengan  $10^{-9}$  maka  $EI_c$  dan  $EI_b$  diperoleh dalam satuan  $\text{kNm}^2$ .

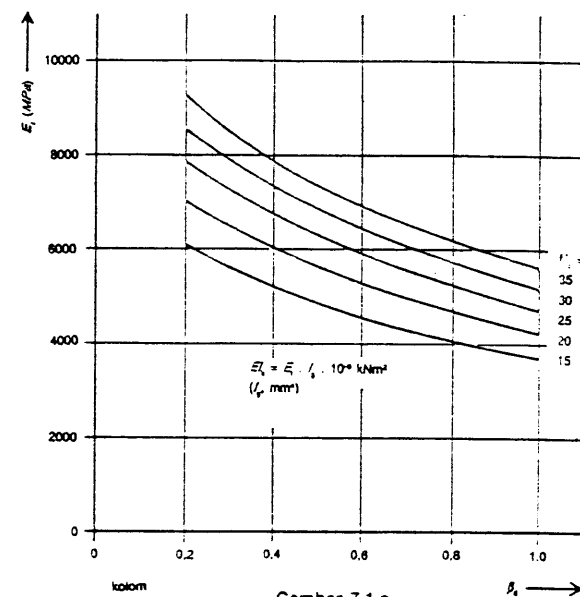
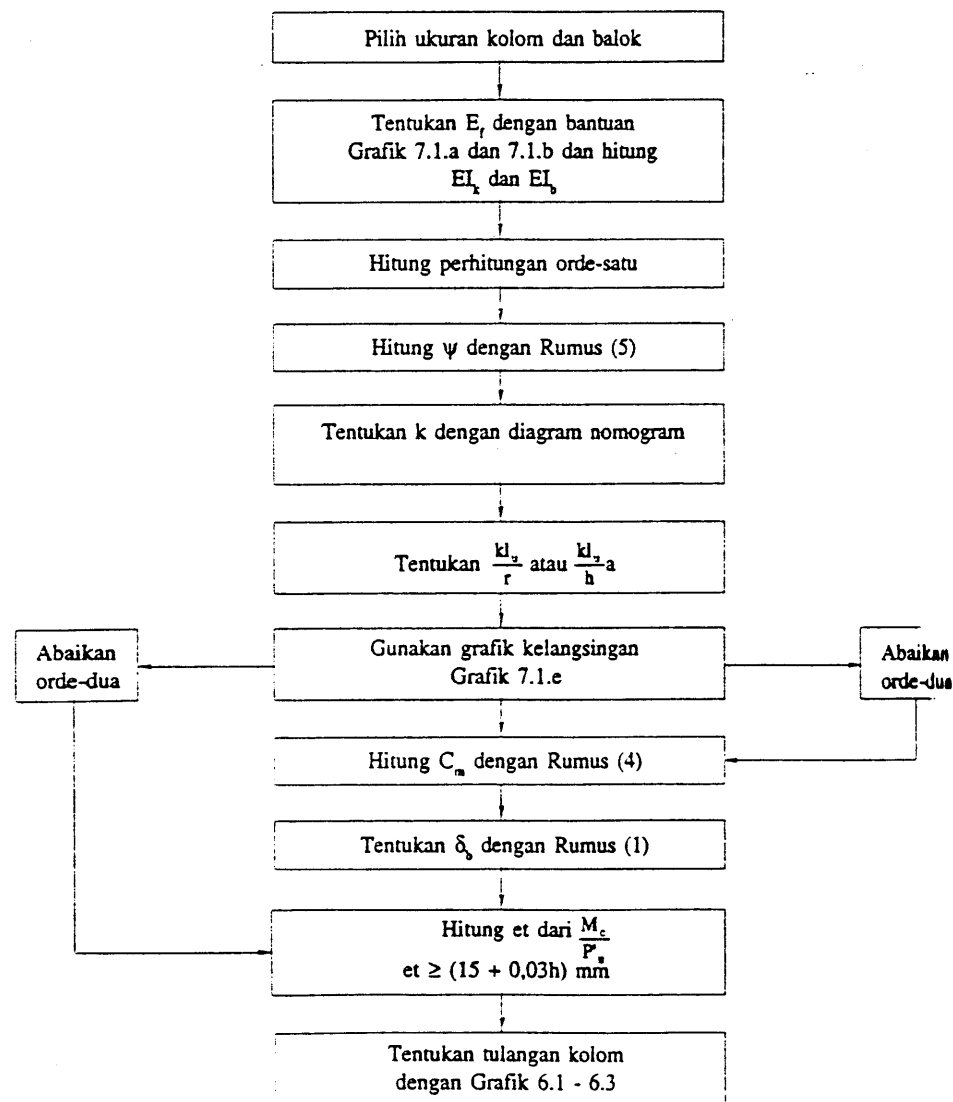
Apabila syarat  $\frac{kl_u}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}}\right)$  memadai, maka perhitungan orde-dua tidak perlu dilaksanakan.

Untuk kolom penampang persegi,  $r$  boleh digantikan dengan  $r = 0,3 h$ .

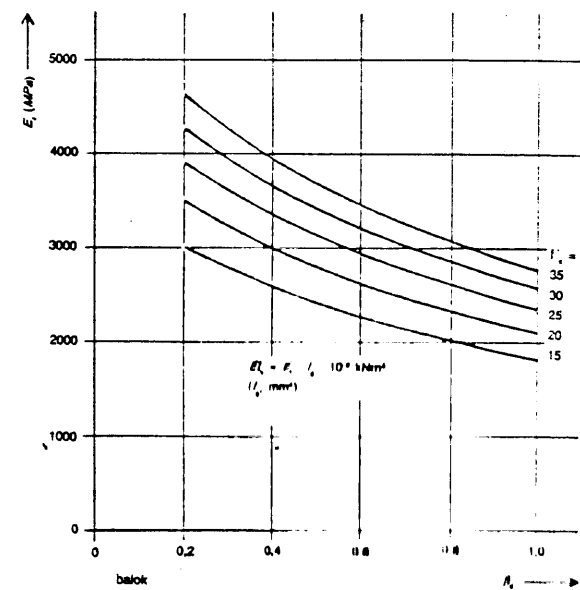
Nilai dari  $\frac{kl_u}{r}$  atau  $\frac{kl_u}{h}$  yang tidak perlu diperhitungkan dengan orde-dua, dapat ditentukan dengan bantuan grafik pada halaman 88.

Jika nilai  $\frac{M_2}{P_u}$  yang didapatkan, lebih kecil dari pada  $(15 + 0,03 h)$  mm maka M2 paling sedikit harus diperhitungkan dengan eksentrisitas  $e_{\text{min}} = (15 + 0,03 h)$  mm.

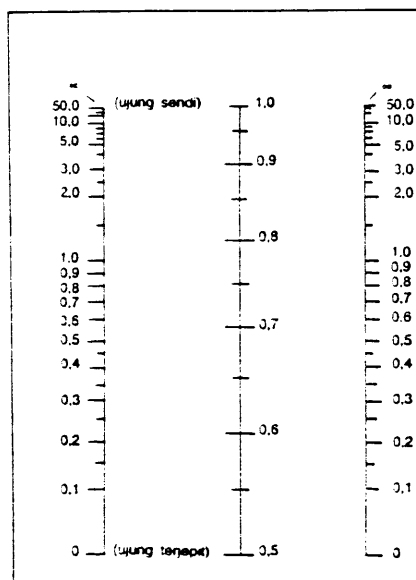
Diagram alir perencanaan kolom pada struktur dengan pengaku



Gambar 7.1.a



Gambar 7.1.b



$$K_u = \frac{\sum EI_c / f_c \text{ kolom}}{\sum EI_b / f_b \text{ balok}} \text{ Pada ujung kolom } i$$

Gambar 7.1.c

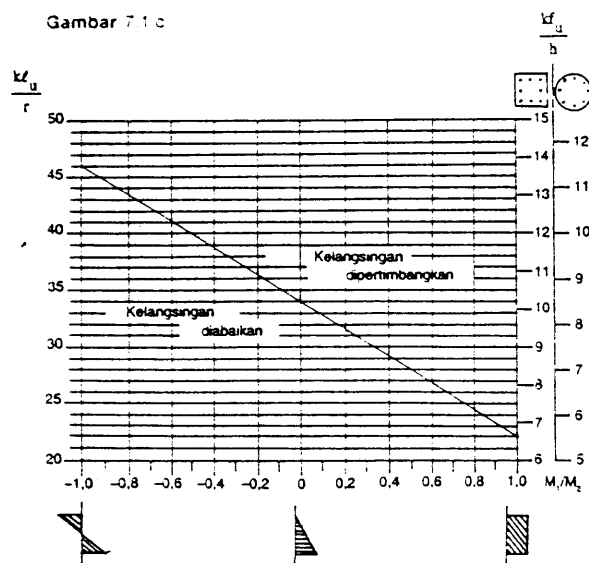


Diagram momen lentur

Gambar 7.1.e

$\delta$	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0
$\delta$	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0

Gambar 7.1.d

## 7.2. Merencanakan kolom pada struktur tanpa penahan

Kolom-kolom pada struktur tanpa pengaku harus direncanakan terhadap beban aksial  $P_u$  yang diperhitungkan secara elastisitas linier dan dengan suatu faktor pembesar yang meningkatkan momen  $M_u = \delta_u M_{u2} + \delta_u M_{u1}$  dengan:

$M_{u2}$  adalah momen kolom terbesar yang dapat terjadi, bila struktur dengan pengaku;

$M_{u1}$  adalah momen kolom terbesar yang timbul akibat struktur tergoyang horisontal.

Untuk  $\delta_u$  harus ditetapkan sebagai:

$$\delta_u = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1.0 \quad (1)$$

$$\delta_u = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum \phi P_c}} \geq 1.0 \quad (6)$$

$$\text{dengan } P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

$\sum P_u$  adalah jumlah beban kolom  $P_u$  pada tingkat (lantai) yang berkaitan

$\sum \phi P_c$  adalah jumlah beban tekuk  $\phi P_c$  pada tingkat (lantai) yang berkaitan.

Untuk  $EI_k$  boleh digunakan rumus berikut:

$$EI_k = \frac{\left( \frac{E_c I_g}{5} \right) + E_s I_{se}}{1 + \beta_1} \quad (7)$$

atau dengan rumus yang disederhanakan berupa:

$$EI_k = \frac{\left( \frac{E_c I_g}{2.5} \right)}{1 + \beta_1} \text{ dikombinasikan dengan } EI_s = \frac{\left( \frac{E_s I_{se}}{5} \right)}{1 + \beta_1} \quad (2)$$

$$\beta_1 = \frac{1.2 D}{(1.2 D + 1.6 L)} \quad (3)$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \left( \frac{M_{u1}}{M_{u2}} \right) \geq 0.4 \quad (4)$$

Dalam persamaan ini  $M_{u1}$  adalah momen minimum  $M_u$  sedangkan  $M_{u2}$  momen maksimum  $M_u$  pada kolom yang dihitung bila struktur diberi pengaku dan dengan perhitungan elastis linier.  $M_{u1}$  selalu positif,  $M_{u2}$  akan negatif bila momen terhadap  $M_{u2}$  berubah tandanya.



Sebagai perhitungan dapat digunakan grafik-grafik dan tabel-tabel berikut.

Untuk menentukan distribusi gaya orde-satu: grafik untuk  $E_r$  menurut Grafik 7.1.

Nilai  $\beta_d$  didapat dari perhitungan berat.

Penentuan  $k$  (panjang tekuk) dapat memakai diagram nomogram untuk struktur tanpa pengaku menurut Tabel 7.2.c. Untuk menentukan  $\psi$  dalam diagram nomogram harus menggunakan rumus berikut:

$$\psi = \frac{\sum \left( \frac{EI_k}{l_k} \right)}{\sum \left( \frac{EI_b}{l_b} \right)}$$

Untuk  $EI_k$  dan  $EI_b$  boleh memakai rumus  $E_r$  menurut halaman 104.

Bila tulangan diketahui maka untuk  $EI_k$  dapat digunakan rumus (7), yaitu:

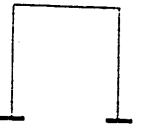
$$EI_k = \frac{\left( \frac{E_c I_g}{5} \right) + E_s I_{sc}}{1 + \beta_d}$$

Untuk menentukan  $I_{sc}$  dapat digunakan rumus sesuai dengan tabel pada halaman 112.

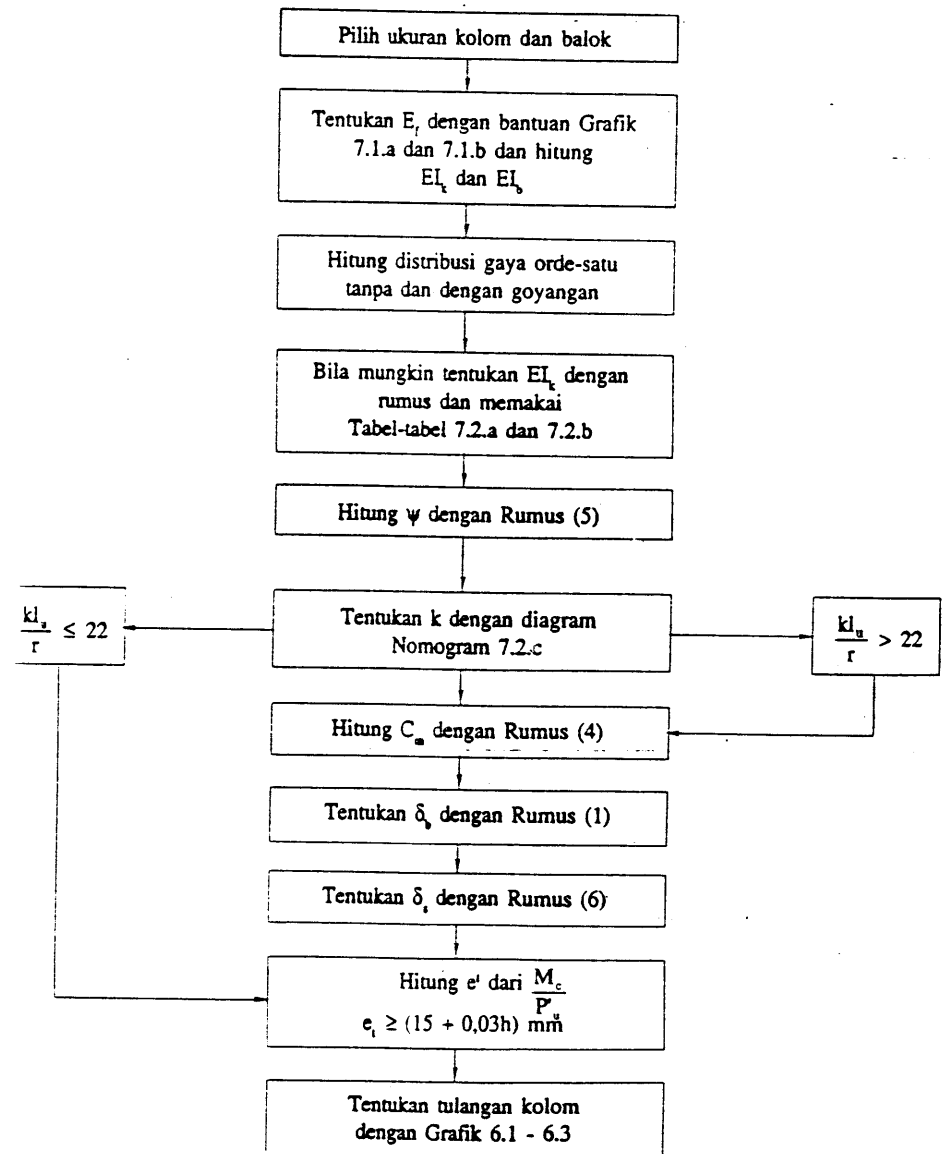
$$\frac{I_{sc}}{I_g} = c \rho \gamma^2$$

Untuk menentukan  $\gamma$  pada ketinggian balok dan penutup beton yang bervariasi dapat digunakan tabel halaman 113

Bila memenuhi persyaratan  $\frac{kl_u}{r} \leq 22$ , maka perhitungan orde-dua tidak perlu dilaksanakan. Untuk  $e_{min}$  harus diperhitungkan dengan  $(15 + 0,03h)$  mm



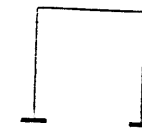
## 7.2.b Diagram alir perencanaan kolom pada struktur tanpa penahan





7.2.a Tabel untuk menentukan  $I_{xx}$  dan  $I_{yy}/I_x$ 

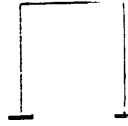
tipe kolom	jumlah batang	$I_{xx}$	$I_{yy}/I_x$
	-	$0,25A_{st} \gamma^2 h^2$	$3 \rho_t \gamma^2$
	3 per sisi 6 per sisi	$0,167A_{st} \gamma^2 h^2$ $0,117A_{st} \gamma^2 h^2$	$2 \rho_t \gamma^2$ $1,4 \rho_t \gamma^2$
	3 per sisi (8) 4 per sisi (12) 5 per sisi (16)	$0,187A_{st} \gamma^2 h^2$ $0,187A_{st} \gamma^2 h^2$ $0,172A_{st} \gamma^2 h^2$	$2,24 \rho_t \gamma^2$ $2,24 \rho_t \gamma^2$ $2,06 \rho_t \gamma^2$
	$h = 2b$ 16 batang pada sumbu terkuat	$0,128A_{st} \gamma^2 h^2$	$1,54 \rho_t \gamma^2$
	$b = 2h$ 16 batang pada sumbu terlemah	$0,219A_{st} \gamma^2 h^2$	$2,63 \rho_t \gamma^2$
	-	$0,125A_{st} \gamma^2 h^2$	$2 \rho_t \gamma^2$
	-	$0,125A_{st} \gamma^2 h^2$	$1,5 \rho_t \gamma^2$

7.2.b Nilai  $\gamma$  untuk kolom

h dalam mm	nilai $\gamma$ untuk penutup beton 40 mm, sengkang $\phi 10$							
	12	14	16	19	22	25	28	32
200	0,44	0,43	0,42	0,41	0,39	0,38	0,36	0,34
250	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,47
300	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56
350	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62
400	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68	0,67
450	0,75	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70
500	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74	0,74
550	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76
600	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78
650	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,80	0,80
700	0,84	0,84	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81
$\geq 750$	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82

h dalam mm	nilai $\gamma$ untuk penutup beton 50 mm, sengkang $\phi 10$							
	12	14	16	19	22	25	28	32
250	0,47	0,46	0,46	0,44	0,43	0,42	0,41	0,39
300	0,56	0,55	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,49
350	0,62	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,57
400	0,67	0,67	0,66	0,65	0,65	0,64	0,63	0,62
450	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68	0,68	0,67	0,66
500	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70
550	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
600	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,75
650	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77
700	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78
$\geq 750$	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80



Tabel 7.2.c

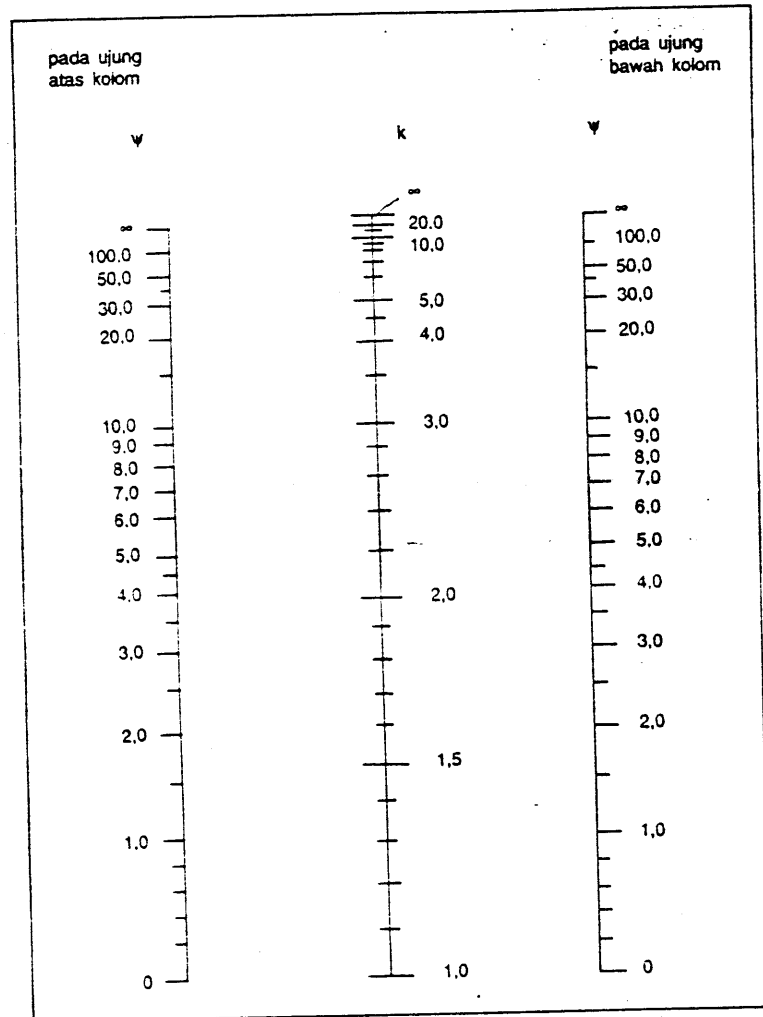
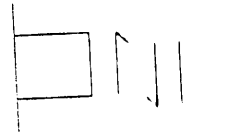


Diagram nomogram untuk menentukan panjang tekuk dari kolom pada portal dengan penahan.

BAB

8

Geser



### 8.1 Gaya lintang

#### Balok persegi

Pemakaian grafik dan tabel-tabel

Untuk mutu beton  $f'_c = 15, 20, 25, 30$  dan  $35$  MPa, pada Tabel 8.2 diberikan tabel-tabel untuk nilai maksimum  $\phi v_c$

- penggunaan rumus  $V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b d$

kemudian diturunkan dalam bentuk  $\phi v_c = 0.6 \frac{1}{6} \sqrt{f'_c}$

- penggunaan rumus

$$V_c = \frac{1}{7} \left[ \sqrt{f'_c} + 120 \rho \frac{V_u d}{M_u} \right] b d$$

kemudian diturunkan dalam bentuk

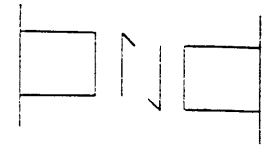
$$\phi v_c = 0.6 \frac{1}{7} \left[ \sqrt{f'_c} + 120 \rho \frac{V_u d}{M_u} \right]$$

Di samping itu, pada diberikan grafik-grafik 8.3.a s/d 8.3.c petunjuk untuk mutu beton  $f'_c = 15, 20, 25, 30$  dan  $35$  MPa di mana nilai maksimum  $\phi v_c$  dinyatakan pada sumbu vertikal yang bergantung pada nilai penulangan  $\rho$  (sumbu horisontal) dan perbandingan

$\frac{V_u d}{M_u}$  (dalam grafik, berupa garis seperti jari-jari)

Untuk mutu baja  $f_y = 240, 400$  diberikan tabel pada 8.4.a dan 8.4.b untuk nilai  $\phi v_s = (v_u - \phi v_c)$ , kemudian yang variabelnya berupa diameter sengkang, kelebaran jaringan dan kelebaran balok.

Untuk menentukan jumlah minimum sengkang harga  $S_v = \frac{bs}{3f}$  (3.4-14) dapat dicari menggunakan tabel petunjuk pada grafik gambar 8.5.a dan gambar 8.5.b di mana hubungan antara  $b$  dan  $s$  ditetapkan dengan  $\phi 8, \phi 10, \phi 12$  dan  $\phi 14$ . Bila lebar balok diketahui maka dari lengkungan setiap diameter didapatkan nilai  $s$  maksimum. Nilai-nilai maksimum  $\phi V_{maks}$  menurut  $\phi V_{maks} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b d$  berlaku untuk mutu beton  $f'_c = 15, 20, 25, 30$  dan  $35$  pada balok berukuran variabel.



### 8.2.a TABEL GESER

- Nilai  $\phi v_c$  (3.4-3)

$f'_c = 15$ MPa	$f'_c = 20$ MPa	$f'_c = 25$ MPa	$f'_c = 30$ MPa	$f'_c = 35$ MPa
0,387	0,448	0,500	0,548	0,592

Catatan : - Tegangan geser beton  $\phi v_c$  dalam satuan MPa

- Faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0,60$  sudah termasuk dalam tabel ini

- Nilai  $\phi v_c = \phi \sqrt{f'_c} / 6$  SKSNI T15-1991-03 Persamaan 3.4-3

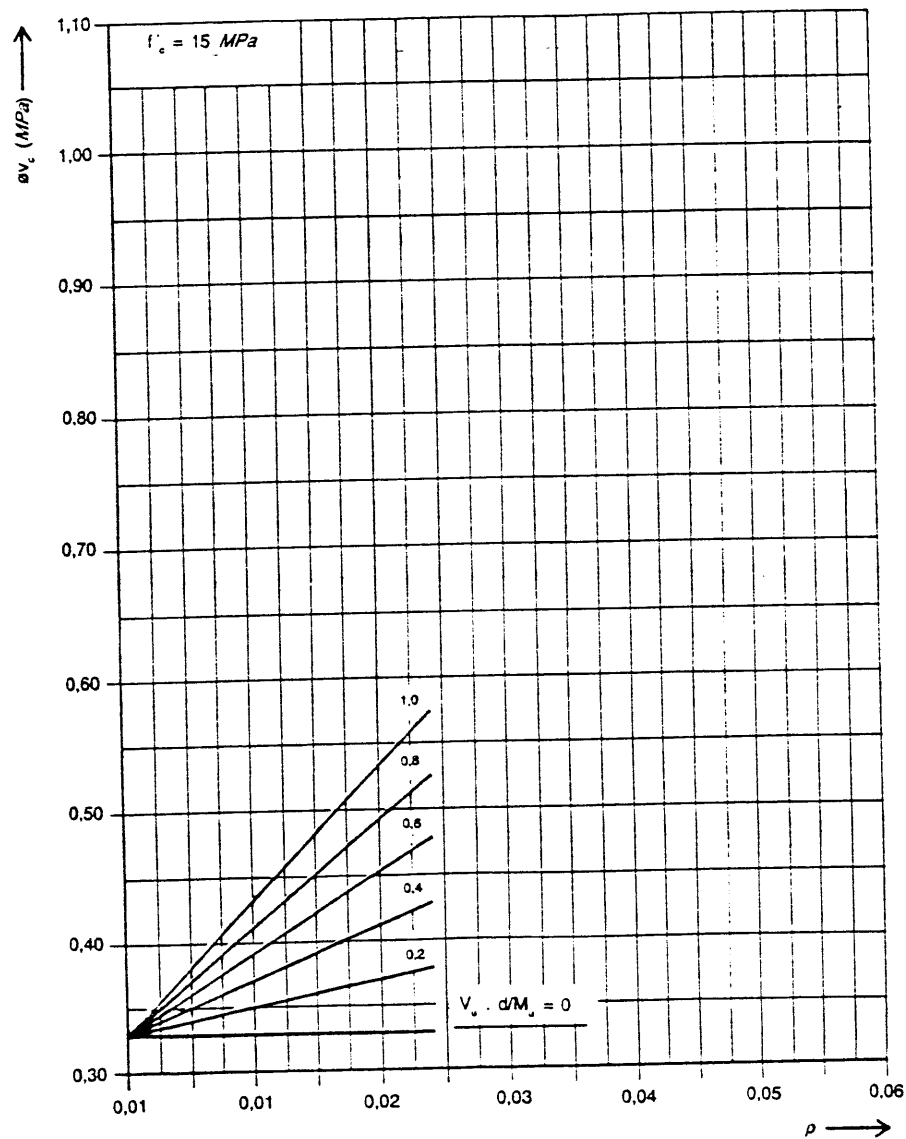
### 8.2.b TABEL GESER - Nilai $\phi v_c$ (SKSNI T15-1991-03 Persamaan 3.4-6)

$\rho w \cdot V_u \cdot d / M_u$	$f'_c = 15$ MPa	$f'_c = 20$ MPa	$f'_c = 25$ MPa	$f'_c = 30$ MPa	$f'_c = 35$ MPa
0.000	0.332	0.343	0.429	0.469	0.507
0.001	0.342	0.394	0.439	0.480	0.517
0.002	0.353	0.404	0.449	0.490	0.528
0.003	0.363	0.414	0.459	0.500	0.538
0.004	0.373	0.424	0.470	0.511	0.548
0.005	0.383	0.435	0.480	0.521	0.559
0.006	0.394	0.445	0.490	0.531	0.569
0.007	0.404	0.455	0.501	0.541	0.579
0.008	0.414	0.466	0.511	0.552	0.589
0.009	0.425	0.476	0.521	0.562	0.600
0.010	0.435	0.486	0.531	0.572	0.610
0.011	0.445	0.496	0.542	0.583	0.620
0.012	0.455	0.507	0.552	0.593	0.631
0.013	0.466	0.517	0.562	0.603	0.641
0.014	0.478	0.527	0.573	0.613	0.651
0.015	0.486	0.538	0.583	0.624	0.661
0.016	0.497	0.548	0.593	0.634	0.672
0.017	0.507	0.558	0.603	0.644	0.682
0.018	0.517	0.568	0.614	0.655	0.692
0.019	0.527	0.579	0.624	0.665	0.703
0.020	0.538	0.589	0.634	0.675	0.713
0.021	0.548	0.599	0.645	0.685	0.723
0.022	0.558	0.610	0.655	0.696	0.733
0.023	0.569	0.620	0.665	0.706	0.744
0.024	0.579	0.630	0.675	0.716	0.754
0.025	0.589	0.640	0.686	0.727	0.764
0.026	0.599	0.651	0.696	0.737	0.775
0.027	0.610	0.661	0.706	0.747	0.785
0.028	0.620	0.671	0.717	0.757	0.795
0.029	0.630	0.682	0.727	0.768	0.805
0.030	0.641	0.692	0.737	0.778	0.816
0.031	0.651	0.702	0.747	0.788	0.826
0.032	0.661	0.712	0.758	0.799	0.836
0.033	0.671	0.723	0.768	0.809	0.847
0.034	0.682	0.733	0.778	0.819	0.857
0.035	0.692	0.743	0.789	0.829	0.867
0.036		0.754	0.799	0.840	0.877
0.037		0.764	0.809	0.850	0.888
0.038		0.774	0.819	0.860	0.898
0.039		0.784	0.830	0.871	0.908
0.040		0.795	0.840	0.881	0.919
0.041		0.805	0.850	0.891	0.929
0.042			0.861	0.901	0.939
0.043			0.871	0.912	0.949
0.044			0.881	0.922	0.960
0.045				0.932	0.970
0.046				0.943	0.980
0.047				0.953	0.991
0.048				0.963	1.001
0.049				0.973	1.011
0.050				0.984	1.021
0.051					1.032
0.052					1.042
0.053					1.052

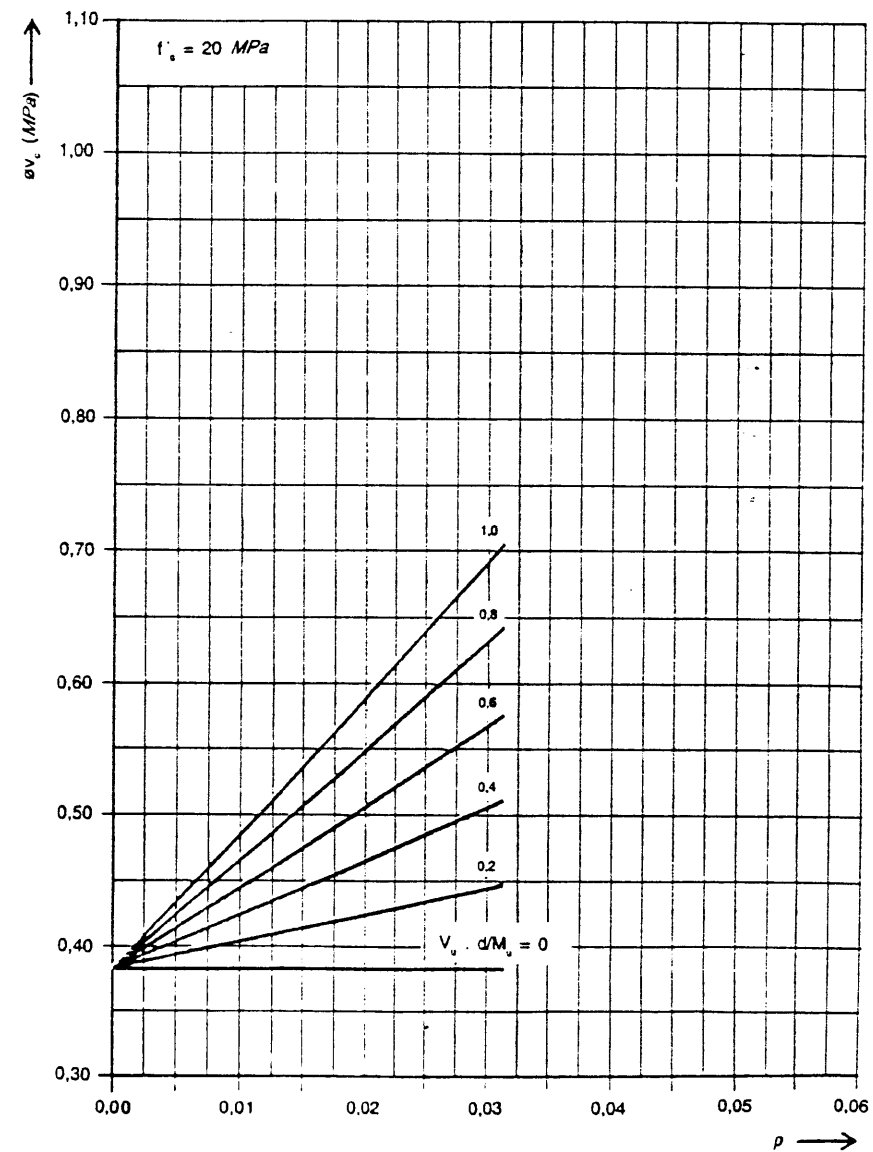
1.  $\phi v_c$  dalam satuan MPa.

2. Faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0,60$  sudah termasuk dalam tabel ini.

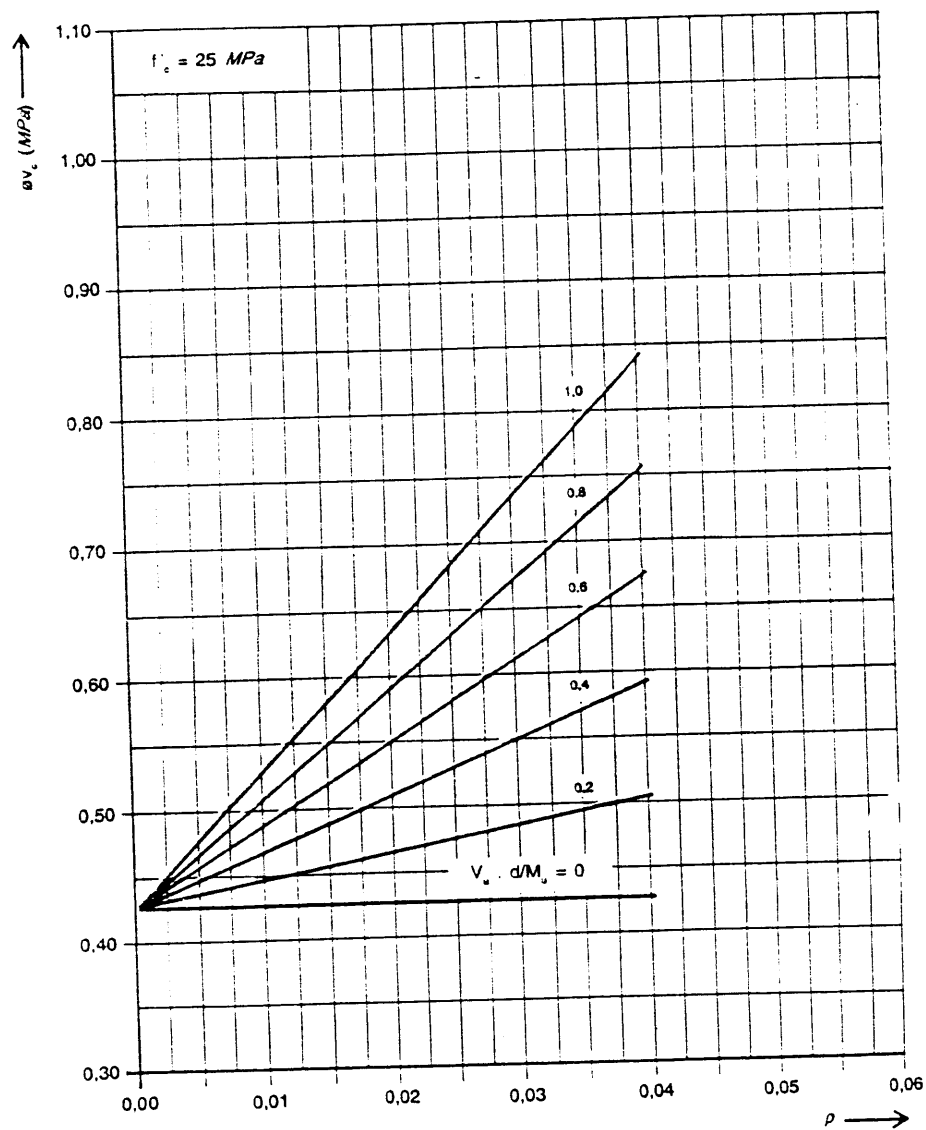
3. Nilai  $\phi v_c$  yang tidak tercatat lebih besar dari  $\phi v_{maks} = 0,3 \sqrt{f'_c} b d$  draft SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.4.3.2.1



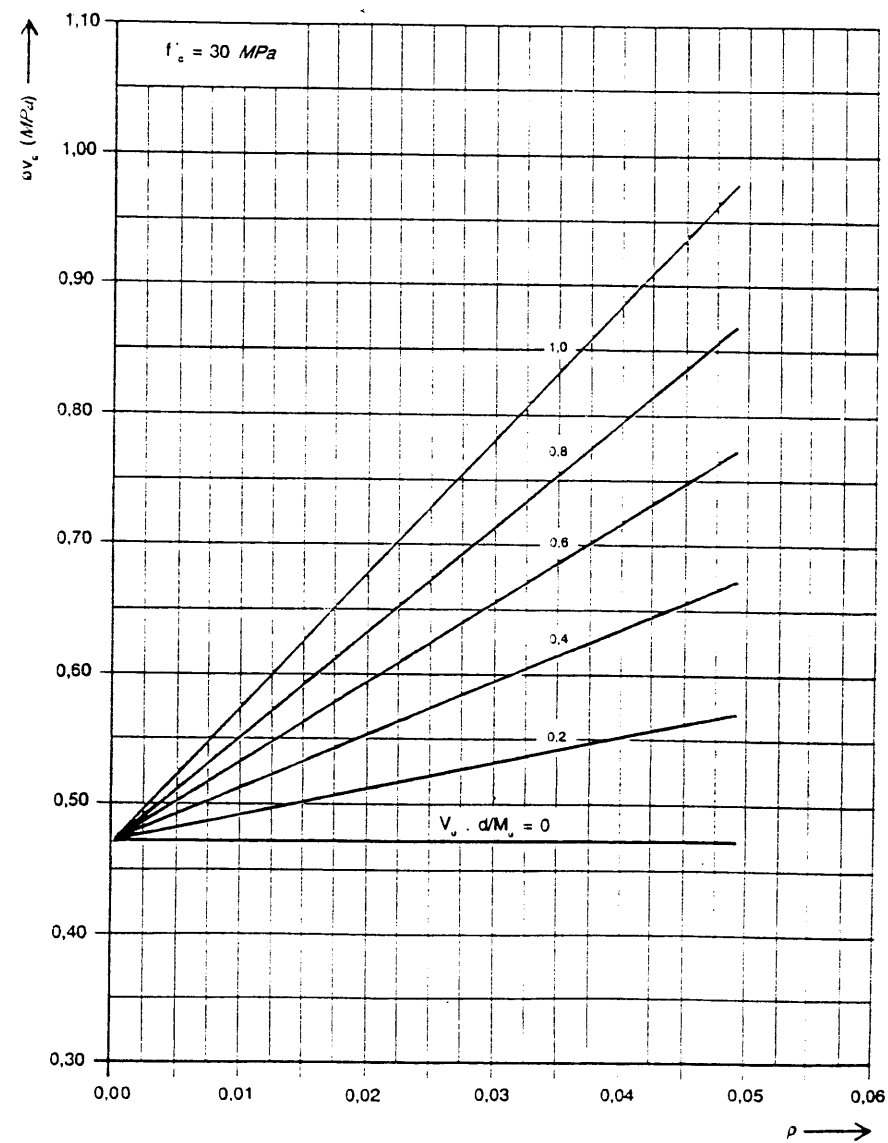
Gambar 8.3.a



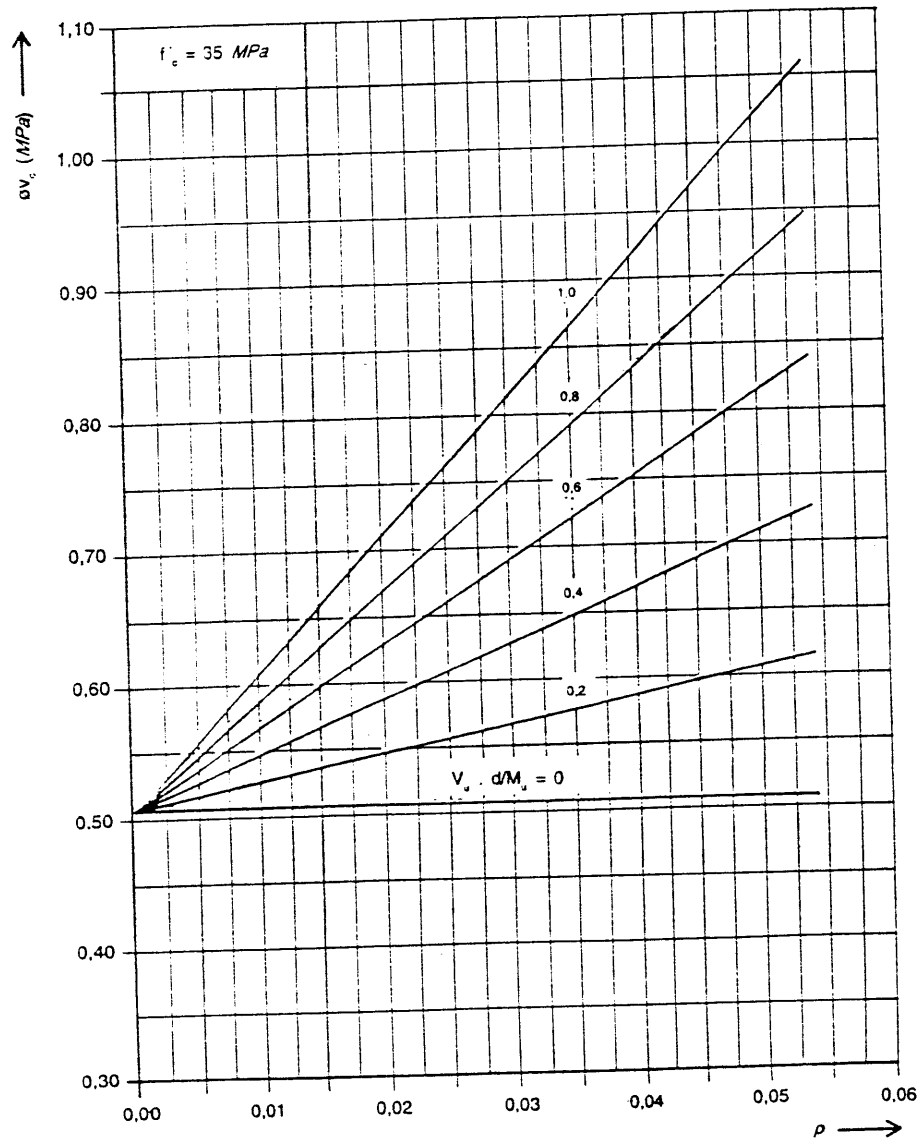
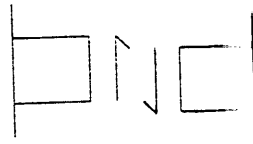
Gambar 8.3.b



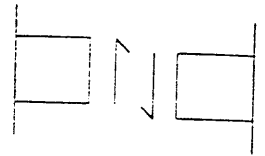
Gambar 8.3.c



Gambar 8.3.d



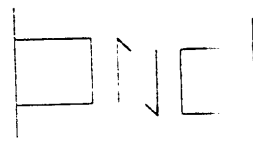
Gambar 8.3.e



Tabel 8.4.a

$\sigma v_s$  dalam MPa untuk  $\phi = 0,6$

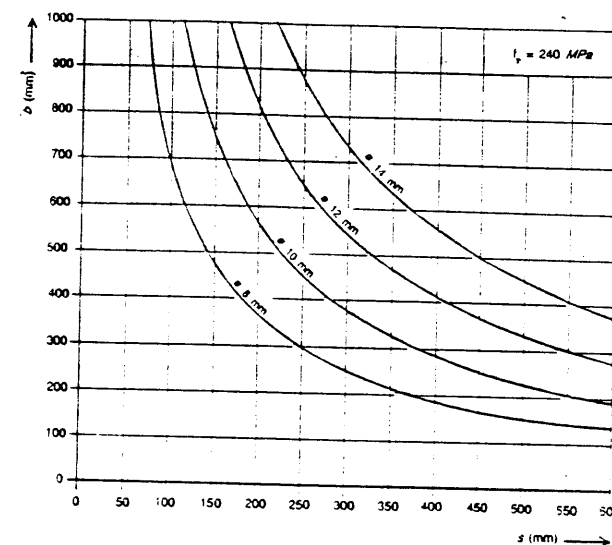
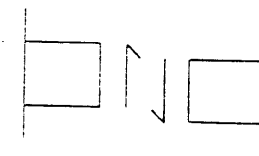
tulangan sejangkang	$A_{sejangkang}$ mm <sup>2</sup>	$f'_c = 240$ MPa					$f'_c = 400$ MPa				
		$(v_u - \sigma v_s)_{tulangan + sengkang} = \sigma v_s$ (MPa)					$(v_u - \sigma v_s)_{tulangan + sengkang} = \sigma v_s$ (MPa)				
		b dalam mm					b dalam mm				
		250	300	350	400	500	250	300	350	400	500
ø8 - 50	2010	1,16	0,96	0,82	0,72	0,58	1,92	1,60	1,38	1,20	0,96
ø8 - 75	1340	0,78	0,64	0,56	0,48	0,38	1,28	1,08	0,92	0,80	0,64
ø8 - 100	1005	0,58	0,48	0,41	0,36	0,29	0,96	0,80	0,69	0,60	0,48
ø8 - 125	804	0,46	0,38	0,34	0,28	0,24	0,78	0,64	0,56	0,48	0,38
ø8 - 150	670	0,39	0,32	0,28	0,24	0,19	0,64	0,54	0,46	0,40	0,32
ø8 - 200	503	0,29	0,24	0,21	0,18	0,14	0,48	0,40	0,34	0,30	0,24
ø8 - 250	402	0,23	0,19	0,17	0,14	0,12	0,39	0,32	0,28	0,24	0,19
ø8 - 300	335	0,19	0,16	0,14	0,12	0,10	0,32	0,27	0,13	0,20	0,16
ø8 - 400	251	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	0,24	0,20	0,17	0,15	0,12
ø8 - 500	201	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,19	0,16	0,14	0,12	0,10
ø10 - 50	3130	1,80	1,50	1,30	1,14	0,90	-	-	2,16	1,88	1,50
ø10 - 75	2090	1,20	1,00	0,86	0,76	0,60	2,02	1,68	1,42	1,26	1,00
ø10 - 100	1570	0,90	0,75	0,65	0,57	0,45	1,51	1,26	1,08	0,94	0,75
ø10 - 125	1256	0,72	0,60	0,52	0,46	0,36	1,20	1,00	0,86	0,76	0,60
ø10 - 150	1047	0,60	0,50	0,43	0,38	0,30	1,01	0,84	0,71	0,63	0,50
ø10 - 200	785	0,45	0,38	0,32	0,28	0,23	0,75	0,63	0,54	0,47	0,38
ø10 - 250	628	0,36	0,30	0,26	0,23	0,18	0,60	0,50	0,43	0,38	0,30
ø10 - 300	524	0,30	0,25	0,22	0,19	0,15	0,50	0,42	0,36	0,31	0,25
ø10 - 400	393	0,23	0,19	0,16	0,14	0,11	0,38	0,31	0,27	0,24	0,19
ø10 - 500	314	0,18	0,15	0,13	0,11	0,09	0,30	0,25	0,22	0,19	0,15



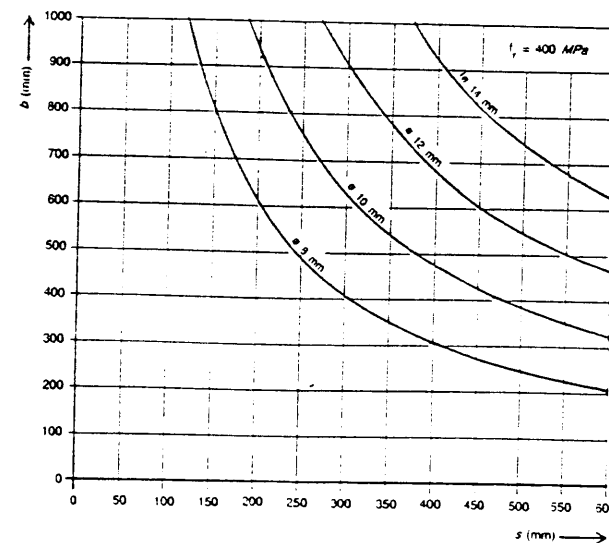
Tabel 8.4.b

 $\phi v_s$  dalam MPa untuk  $\phi = 0.6$ 

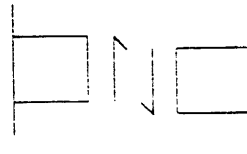
tulangan sejangkang	$A_{sejangkang}$ mm <sup>2</sup>	$f_c = 240$ MPa					$f_c = 400$ MPa				
		$(v_u - \phi v_c)_{tulangan} = \phi v_s$ (MPa)					$(v_u - \phi v_c)_{tulangan} = \phi v_s$ (MPa)				
		b dalam mm					b dalam mm				
		250	300	350	400	500	250	300	350	400	500
ø12 - 50	4524	-	2.18	1.86	1.62	1.30	-	-	-	2.70	2.18
ø12 - 75	3016	1.74	1.44	1.24	1.08	0.86	-	-	2.06	1.80	1.44
ø12 - 100	2262	1.30	1.09	0.93	0.81	0.65	2.17	1.81	1.55	1.35	1.09
ø12 - 125	1810	1.04	0.86	0.74	0.66	0.52	1.74	1.50	1.24	0.98	0.86
ø12 - 150	1508	0.87	0.72	0.62	0.54	0.43	1.45	1.21	1.03	0.90	0.72
ø12 - 200	1131	0.65	0.54	0.47	0.41	0.33	1.09	0.90	0.78	0.68	0.54
ø12 - 250	905	0.52	0.43	0.37	0.33	0.26	0.87	0.75	0.62	0.54	0.41
ø12 - 300	754	0.43	0.36	0.31	0.27	0.22	0.72	0.60	0.52	0.45	0.36
ø12 - 400	565	0.32	0.27	0.23	0.20	0.16	0.54	0.45	0.39	0.34	0.27
ø12 - 500	452	0.26	0.22	0.19	0.16	0.13	0.43	0.36	0.31	0.27	0.22
ø14 - 50	5156	-	-	-	2.22	1.77	-	-	-	-	-
ø14 - 75	4104	2.36	1.97	1.69	1.48	1.18	-	-	-	-	1.97
ø14 - 100	3078	1.77	1.48	1.27	1.11	0.89	-	-	2.11	1.85	1.48
ø14 - 125	2462	1.42	1.18	1.01	0.89	0.71	2.36	1.97	1.69	1.48	1.18
ø14 - 150	2052	1.18	0.98	0.84	0.74	0.59	1.97	1.64	1.41	1.23	0.98
ø14 - 200	1539	0.89	0.74	0.63	0.55	0.44	1.48	1.23	1.06	0.92	0.74
ø14 - 250	1232	0.71	0.59	0.51	0.44	0.35	1.23	1.02	0.88	0.77	0.62
ø14 - 300	1026	0.59	0.49	0.42	0.37	0.30	0.98	0.82	0.70	0.62	0.49
ø14 - 400	770	0.44	0.37	0.32	0.28	0.22	0.74	0.62	0.53	0.46	0.37
ø14 - 500	616	0.35	0.30	0.25	0.22	0.18	0.59	0.49	0.42	0.37	0.30



Gambar 8.5.a



Gambar 8.5.b



Tabel 8.6.a

- Nilai kapasitas geser sengkang maksimum  $\phi V_s$  maks dalam kN

		$f'_c = 15 \text{ MPa}$													
$a/b$	$b$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
75	11.62	17.43	23.24	29.05	34.86	40.67	46.48	52.29	58.09	69.71	81.33	92.95	104.57	116.19	
100	15.49	23.24	30.98	38.73	46.48	54.22	61.97	69.71	77.46	92.95	106.44	123.94	139.43	154.92	
125	19.36	29.05	38.73	48.41	58.09	67.78	77.46	87.14	96.82	116.19	135.55	154.92	174.28	193.63	
150	23.24	34.86	46.48	58.09	69.71	81.33	92.95	104.57	116.19	139.43	162.67	185.90	209.14	232.38	
175	27.11	40.67	54.22	67.78	81.33	94.89	108.44	122.00	135.55	162.67	189.78	216.89	244.00	271.11	
200	30.98	46.48	61.97	77.46	92.95	108.44	123.94	139.43	154.92	185.90	216.89	247.87	278.85	309.84	
225	34.86	52.29	69.71	87.14	104.57	122.00	139.43	156.86	174.28	209.14	244.00	278.85	313.71	348.57	
250	38.73	58.09	77.46	96.82	116.19	135.55	154.92	174.28	193.63	232.38	271.11	309.84	348.57	387.30	
275	42.60	63.90	85.21	106.51	127.81	149.11	170.41	191.71	213.01	255.62	298.22	340.82	383.43	426.03	
300	46.48	69.71	92.95	116.19	139.43	162.67	185.90	209.14	232.38	278.85	325.33	371.81	418.28	464.76	
325	50.35	75.52	100.70	125.87	151.05	176.22	201.39	226.57	251.74	302.09	352.44	402.79	453.14	503.49	
350	54.22	81.33	108.44	135.55	162.67	189.78	216.89	244.00	271.11	325.33	379.55	433.77	488.00	542.22	
375	58.09	87.14	116.19	145.24	174.28	203.33	232.38	261.43	290.47	348.57	406.66	464.76	522.85	580.95	
400	61.97	92.95	123.94	154.92	185.90	216.89	247.87	278.85	309.84	371.81	433.77	495.74	557.71	619.68	
425	65.84	98.76	131.68	164.60	197.52	230.44	263.36	296.28	329.20	395.04	460.88	526.73	592.57	658.41	
450	69.71	104.57	139.43	174.28	209.14	244.00	278.85	313.71	348.57	418.28	488.00	557.71	627.42	697.14	
475	73.59	110.38	147.17	183.97	220.76	257.55	294.35	331.14	367.93	441.52	515.11	588.69	662.28	735.87	
500	77.46	116.19	154.92	193.63	232.38	271.11	309.84	348.57	387.30	464.76	542.22	619.68	697.14	774.60	
525	81.33	122.00	162.67	203.33	244.00	284.66	325.33	366.00	406.66	488.00	569.33	650.66	731.99	813.33	
550	85.21	127.81	170.41	213.01	255.62	298.22	340.82	383.43	426.03	511.23	596.44	681.64	766.35	852.06	
575	89.08	133.62	178.16	222.70	267.24	311.77	356.31	400.85	445.39	534.47	623.55	712.63	801.71	890.79	
600	92.95	139.43	185.90	232.38	278.85	325.33	371.81	418.28	464.76	557.71	650.66	743.61	836.56	929.52	
625	96.82	145.24	193.63	242.06	290.47	338.89	387.30	435.71	484.12	580.95	677.77	774.60	871.42	968.25	
650	100.70	151.05	201.39	251.74	302.09	352.44	402.79	453.14	503.49	604.18	704.88	805.58	906.28	1006.97	
675	104.57	156.86	209.14	261.43	313.71	366.00	418.28	470.57	522.85	627.42	731.99	836.56	941.13	1045.70	
700	108.44	162.67	216.89	271.11	325.33	379.55	433.77	488.00	542.22	650.66	759.10	867.55	975.99	1084.43	
725	112.32	168.47	224.63	280.79	336.95	393.11	449.27	505.42	561.58	673.90	786.21	898.53	1010.85	1123.16	
750	116.19	174.28	232.38	290.47	348.57	406.66	464.76	522.85	580.95	697.14	813.33	929.52	1045.70	1161.89	
775	120.06	180.09	240.12	300.16	360.19	420.22	480.25	540.28	600.31	720.37	840.44	960.50	1080.56	1200.62	
800	123.94	185.90	247.87	309.84	371.81	433.77	495.74	557.71	619.68	743.61	867.55	991.48	1115.42	1239.33	
825	127.81	191.71	255.62	319.52	383.43	447.33	511.23	575.14	639.04	766.85	894.66	1022.47	1150.28	1278.08	
850	131.68	197.52	263.36	329.20	395.04	460.88	526.73	592.57	658.41	790.09	921.77	1053.45	1185.13	1316.81	
875	135.55	203.33	271.11	338.89	406.66	474.44	542.22	609.99	677.77	813.33	948.88	1084.43	1219.99	1355.54	
900	139.43	209.14	278.85	348.57	418.28	488.00	557.71	627.42	697.14	836.56	975.99	1115.42	1254.35	1394.27	
925	143.30	214.95	286.60	358.25	429.90	501.55	573.20	644.85	716.50	859.80	1003.10	1146.40	1289.70	1433.00	
950	147.17	220.76	294.35	367.93	441.52	515.11	588.69	662.28	735.87	883.04	1030.21	1177.39	1324.56	1471.73	
975	151.05	226.57	302.09	377.62	453.14	528.66	604.18	679.71	755.23	906.28	1057.32	1208.37	1359.42	1510.46	
1000	154.92	232.38	309.84	387.30	464.76	542.22	619.68	697.14	774.60	929.52	1084.43	1239.35	1394.27	1549.19	
1025	158.79	238.19	317.58	396.98	476.38	555.77	635.17	714.56	793.96	952.75	1111.55	1270.34	1429.13	1587.92	
1050	162.67	244.00	325.33	406.66	488.00	569.33	650.66	731.99	813.33	975.99	1138.66	1301.32	1463.99	1626.65	
1075	166.54	249.81	333.08	416.35	499.61	582.88	666.15	749.42	832.33	999.23	1165.77	1332.31	1498.84	1665.38	
1100	170.41	255.62	340.82	426.03	511.23	596.44	681.64	766.85	852.06	1022.47	1192.88	1363.29	1533.70	1704.11	

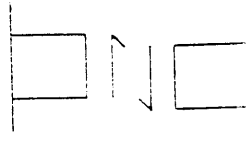
Catatan : lebar balok b dan tinggi efektif balok d dalam satuan m

Tabel 8.6.b

- Nilai kapasitas geser sengkang maksimum  $\phi V_s$  maks dalam kN

$f'_c = 20 \text{ MPa}$															
$a/b$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	
75	13.42	20.12	26.83	33.54	40.25	46.96	53.67	60.37	67.08	80.50	93.91	107.33	120.75	134.16	
100	17.89	26.83	35.78	44.72	53.67	62.61	71.55	80.50	89.44	107.33	125.22	143.11	161.00	178.89	
125	22.36	33.54	44.72	55.90	67.08	78.26	89.44	100.62	111.80	134.16	156.52	178.89	201.25	223.61	
150	26.83	40.25	53.67	67.08	80.50	93.91	107.33	120.75	134.16	161.00	187.83	214.66	241.50	268.33	
175	31.30	46.96	62.61	78.26	93.91	109.57	125.22	143.11	161.00	178.89	214.66	250.44	281.74	313.05	
200	35.78	53.67	71.55	89.44	107.33	125.22	143.11	161.00	181.12	201.25	241.50	281.74	321.99	362.24	
225	40.25	60.37	80.50	100.62	120.75	140.87	161.00	181.12	201.25	223.61	268.33	313.05	357.77	402.49	
250	44.72	67.08	89.44	111.80	134.16	156.52	178.89	201.25	223.61	268.33	313.05	357.77	402.49	447.21	
275	49.19	73.79	98.39	122.98	147.58	172.18	196.77	221.37	245.97	295.16	344.35	393.55	442.74	491.94	
300	53.67	80.50	107.33	134.16	161.00	187.83	214.66	241.50	268.33	321.99	375.66	429.33	482.99	536.66	
325	58.14	87.21	116.28	145.34	174.41	203.48	232.55	261.62	290.69	348.83	406.96	465.10	523.24	581.38	
350	62.61	93.91	125.22	156.52	187.83	219.13	250.44	281.74	313.05	375.66	438.27	500.88	563.49	626.10	
375	67.08	100.62	134.16	167.71	201.25	234.79	268.33	301.87	335.41	402.29	469.57	536.66	603.74	670.82	
400	71.55	107.33	143.11	178.89	214.66	250.44	286.22	321.99	357.77	429.33	500.88	572.43	643.99	715.54	
425	76.03	114.04	152.05	190.07	228.08	266.09	304.11	342.12	380.13	456.16	532.18	608.21	684.24	760.22	
450	80.50	120.75	161.00	201.25	241.50	281.74	321.99	362.24	402.49	482.99	563.49	643.99	724.49	804.99	
475	84.97	127.46	169.94	212.46	254.91	297.40	339.88	382.37	424.85	509.82	594.79	679.77	764.74	849.71	
500	89.44	134.16	178.89	223.61	268.33	313.05	357.77	402.49	447.21	536.66	626.10	715.54	804.99	894.43	
525	93.91	140.87	187.83	234.79	281.74	328.70	375.66	422.62	469.57	563.49	657.40	751.32	845.23	929.15	
550	98.39	147.58	196.77	245.97	295.16	344.35	393.55	442.74	491.94	590.32	688.71	787.10	885.48	983.87	
575	102.86	154.29	205.72	257.15	308.58	360.01	411.44	462.87	514.30	617.16	720.01	822.87	925.73	1028.59	
600	107.33	161.00	214.66	268.33	321.99	375.66	429.33	482.99	536.66	643.99	751.32	858.65	965.98	1073.31	
625	111.80	167.71	223.61	279.51	335.41	391.31	447.21	503.12	559.02	670.82	782.62	894.43	1006.23	1118.03	
650	116.28	174.41	232.55	290.69	348.83	406.96	465.10	523.24	581.38	697.65	813.93	930.21	1046.48	1162.76	
675	120.75	181.12	241.50	301.87	362.24	422.62	482.99	543.37	603.74	724.49	845.23	965.98	1086.73	1207.48	
700	125.22	187.83	250.44	313.05	375.66	438.27	500.88	563.49	626.10	751.32	876.54	1001.76	1126.98	1252.20	
725	129.69	194.54	259.38	324.23	389.08	453.92	518.77	583.61	648.46	778.15	907.84	1037.54	1167.23	1296.92	
750	134.16	201.25	268.33	335.41	402.49	469.57	536.66	603.74	670.82	804.99	939.15	1073.31	1207.48	1341.64	
775	138.64	207.95	277.27	346.59	415.91	485.23	554.55	623.86	693.18	831.82	970.45	1109.09	1247.73	1386.36	
800	143.11	214.66	286.22	357.77	429.33	500.88	572.43	643.99	715.54	858.65	1001.76	1144.87	1287.98	1431.08	
825	147.58	221.37	295.16	368.95	442.74	516.53	590.32	664.11	737.90	885.48	1033.06	1180.64	1328.23	1475.81	
850	152.05	228.08	304.11	380.13	456.16	532.18	608.21	684.24	760.26	912.32	1064.37	1216.42	1368.47	1520.53	
875	156.52	234.79	313.05	391.05	469.57	547.84	626.10	704.36	782.62	939.15	1095.67	1252.20	1408.72	1565.25	
900	161.00	241.50	321.99	402.49	482.99	563.49	643.99	724.49	804.99	965.98	1126.98	1287.97	1448.97	1609.97	
925	165.47	248.20	330.94	413.67	496.41	579.14	661.88	744.61	827.35	992.82	1158.28	1323.75	1489.22	1654.69	
950	169.94	254.91	339.88	424.85	509.82	594.79	679.77	764.74	849.71	1019.65	1189.59	1359.53	1529.47	1699.41	
975	174.41	261.62	348.83	436.03	523.24	610.45	697.65	784.86	872.07	1046.48	1220.89	1395.31	1569.72	1744.13	
1000	178.89	268.33	357.77	447.21	536.66	626.10	715.54	804.99	894.43	1073.31	1252.20	1431.08	1609.97	1788.86	
1025	183.36	275.04	366.72	458.39	550.07	641.75	731.43	825.11	916.79	1100.15	1283.50	1466.86	1650.22	1833.58	
1050	187.83	281.74	375.66	469.57	563.49	657.40	751.32	845.23	939.15	1126.98	1314.81	1502.64	1690.47	1878.30	
1075	192.30	288.45	384.60	480.76	576.91	673.06	769.21	865.36	961.51	1153.81	1346.11	1538.42	1730.72	1923.02	
1100	196.77	295.16	393.55	491.94	590.32	688.71	787.10	885.48	983.87	1180.64	1377.42	1574.19	1770.97	1967.74	





Tabel 8.6.c

– Nilai kapasitas geser sengkang maksimum  $\phi V_s$  maks dalam kN

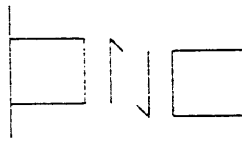
$f'_c = 25 \text{ MPa}$														
b	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
75	15,00	22,50	30,00	37,50	45,00	52,50	60,00	67,50	75,00	90,00	105,00	120,00	135,00	150,00
100	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	120,00	140,00	160,00	180,00	200,00
125	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00	112,50	125,00	150,00	175,00	200,00	225,00	250,00
150	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00	135,00	150,00	180,00	210,00	240,00	270,00	300,00
175	35,00	52,50	70,00	87,50	105,00	122,50	140,00	157,50	175,00	210,00	245,00	280,00	315,00	350,00
200	40,00	60,00	80,00	100,00	120,00	140,00	160,00	180,00	200,00	240,00	280,00	320,00	360,00	400,00
225	45,00	67,50	90,00	112,50	135,00	157,50	180,00	202,50	225,00	270,00	315,00	360,00	405,00	450,00
250	50,00	75,00	100,00	125,00	150,00	175,00	200,00	225,00	250,00	300,00	350,00	400,00	450,00	500,00
275	55,00	82,50	110,00	137,50	165,00	192,50	220,00	247,50	275,00	330,00	385,00	440,00	495,00	550,00
300	60,00	90,00	120,00	150,00	180,00	210,00	240,00	270,00	300,00	360,00	420,00	480,00	540,00	600,00
325	65,00	97,50	130,00	162,50	195,00	227,50	260,00	292,50	325,00	390,00	455,00	520,00	585,00	650,00
350	70,00	105,00	140,00	175,00	210,00	245,00	280,00	315,00	350,00	420,00	490,00	560,00	630,00	700,00
375	75,00	112,50	150,00	187,50	225,00	262,50	300,00	337,50	375,00	450,00	525,00	600,00	675,00	750,00
400	80,00	120,00	160,00	200,00	240,00	280,00	320,00	360,00	400,00	480,00	560,00	640,00	720,00	800,00
425	85,00	127,50	170,00	212,50	255,00	297,50	340,00	382,50	425,00	510,00	595,00	680,00	765,00	850,00
450	90,00	135,00	180,00	225,00	270,00	315,00	360,00	405,00	450,00	540,00	630,00	720,00	810,00	900,00
475	95,00	142,50	190,00	237,50	285,00	332,50	380,00	427,50	475,00	570,00	665,00	760,00	855,00	950,00
500	100,00	150,00	200,00	250,00	300,00	350,00	400,00	450,00	500,00	600,00	700,00	800,00	900,00	1000,00
525	105,00	157,50	210,00	262,50	315,00	367,50	420,00	472,50	525,00	630,00	735,00	840,00	945,00	1050,00
550	110,00	165,00	220,00	275,00	330,00	385,00	440,00	495,00	550,00	660,00	770,00	880,00	990,00	1100,00
575	115,00	172,50	230,00	287,50	345,00	402,50	460,00	517,50	575,00	690,00	805,00	920,00	1035,00	1150,00
600	120,00	180,00	240,00	300,00	360,00	420,00	480,00	540,00	600,00	720,00	840,00	960,00	1080,00	1200,00
625	125,00	187,50	250,00	312,50	375,00	437,50	500,00	562,50	625,00	750,00	875,00	1000,00	1125,00	1250,00
650	130,00	195,00	260,00	325,00	390,00	455,00	520,00	585,00	650,00	780,00	910,00	1040,00	1170,00	1300,00
675	135,00	202,50	270,00	337,50	405,00	472,50	540,00	607,50	675,00	810,00	945,00	1080,00	1215,00	1350,00
700	140,00	210,00	280,00	350,00	420,00	490,00	560,00	630,00	700,00	840,00	980,00	1120,00	1260,00	1400,00
725	145,00	217,50	290,00	362,50	435,00	507,50	580,00	652,50	725,00	870,00	1015,00	1160,00	1305,00	1450,00
750	150,00	225,00	300,00	375,00	450,00	525,00	600,00	675,00	750,00	900,00	1050,00	1200,00	1350,00	1500,00
775	155,00	232,50	310,00	387,50	465,00	542,50	620,00	697,50	775,00	930,00	1085,00	1240,00	1395,00	1550,00
800	160,00	240,00	320,00	400,00	480,00	560,00	640,00	720,00	800,00	960,00	1120,00	1280,00	1440,00	1600,00
825	165,00	247,50	330,00	412,50	495,00	577,50	660,00	742,50	825,00	990,00	1155,00	1320,00	1485,00	1650,00
850	170,00	255,00	340,00	425,00	510,00	595,00	680,00	765,00	850,00	1020,00	1190,00	1360,00	1530,00	1700,00
875	175,00	262,50	350,00	437,50	525,00	612,50	700,00	787,50	875,00	1050,00	1225,00	1400,00	1575,00	1750,00
900	180,00	270,00	360,00	450,00	540,00	630,00	720,00	810,00	900,00	1080,00	1260,00	1440,00	1620,00	1800,00
925	185,00	277,50	370,00	462,50	555,00	647,50	740,00	832,50	925,00	1110,00	1295,00	1480,00	1665,00	1850,00
950	190,00	285,00	380,00	475,00	570,00	665,00	760,00	855,00	950,00	1140,00	1330,00	1520,00	1710,00	1900,00
975	195,00	292,50	390,00	487,50	585,00	682,50	780,00	877,50	975,00	1170,00	1365,00	1560,00	1755,00	1950,00
1000	200,00	300,00	400,00	500,00	600,00	700,00	800,00	900,00	1000,00	1200,00	1400,00	1600,00	1800,00	2000,00
1025	205,00	307,50	410,00	512,50	615,00	717,50	820,00	922,50	1025,00	1230,00	1435,00	1640,00	1845,00	2050,00
1050	210,00	315,00	420,00	525,00	630,00	735,00	840,00	945,00	1050,00	1260,00	1470,00	1680,00	1890,00	2100,00
1075	215,00	322,50	430,00	537,50	645,00	752,50	860,00	967,50	1075,00	1290,00	1505,00	1720,00	1935,00	2150,00
1100	220,00	330,00	440,00	550,00	660,00	770,00	880,00	990,00	1100,00	1320,00	1540,00	1760,00	1980,00	2200,00

Catatan : lebar balok b dan tinggi efektif balok d dalam satuan m

Tabel 8.6.d

– Nilai kapasitas geser sengkang maksimum  $\phi V_s$  maks dalam kN

$f'_c = 30 \text{ MPa}$														
d/b	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
75	16.43	24.65	32.86	41.08	49.30	57.51	65.73	73.94	82.16	98.59	115.02	131.45	147.89	164.32
100	21.91	32.86	43.82	54.77	65.73	76.68	87.64	98.59	109.54	131.45	153.36	175.27	197.18	219.09
125	27.39	41.08	54.77	68.47	82.16	95.85	109.54	123.24	136.93	164.32	191.70	219.09	246.48	273.86
150	32.86	49.30	65.73	82.16	98.59	115.02	131.45	147.89	164.32	197.18	230.04	262.91	295.77	328.63
175	38.34	57.51	76.68	95.85	115.02	134.19	153.36	172.53	191.70	230.04	268.38	306.72	345.07	383.41
200	43.82	65.73	87.64	109.54	131.45	153.36	175.27	197.18	219.09	262.91	306.72	350.54	394.36	438.18
225	49.30	73.94	98.59	123.24	147.89	172.53	197.18	221.83	246.48	295.77	345.07	394.36	443.66	492.95
250	54.77	82.16	109.54	136.93	164.32	191.70	219.09	246.48	273.86	328.63	383.41	438.18	492.95	547.72
275	60.25	90.37	120.50	150.62	180.75	210.87	241.00	271.12	301.25	361.50	421.75	482.00	542.25	602.50
300	65.73	98.59	131.45	164.32	197.18	230.04	262.91	295.77	328.63	394.36	460.09	525.81	591.54	657.27
325	71.20	106.81	142.41	178.01	213.61	249.21	284.82	320.42	356.02	427.22	498.43	569.63	640.84	712.04
350	76.68	115.02	153.36	191.70	230.04	268.38	306.72	345.07	383.41	460.09	536.77	613.45	690.13	766.81
375	82.16	123.24	164.32	205.40	246.48	287.55	328.63	369.71	410.79	492.95	575.11	657.27	738.43	821.58
400	87.64	131.45	175.27	219.09	262.91	306.72	350.54	394.36	438.18	525.81	613.45	701.09	788.72	876.36
425	93.11	139.67	186.23	232.78	279.34	325.90	372.45	419.01	465.56	558.68	651.79	744.90	838.02	931.13
450	98.59	147.89	197.18	246.48	295.77	345.07	394.36	443.66	492.95	591.54	690.13	788.72	887.31	985.90
475	104.07	156.11	208.13	260.17	312.20	364.24	416.27	468.30	520.34	624.40	728.47	832.54	936.61	1040.67
500	109.54	164.32	219.09	273.86	328.63	383.41	438.18	492.95	547.72	657.27	766.81	876.36	985.90	1095.45
525	115.02	172.53	230.04	287.55	345.07	402.58	460.09	517.60	575.11	690.13	805.15	920.17	1035.20	1150.22
550	120.50	180.75	241.00	301.25	361.50	421.75	482.00	542.25	602.50	722.99	843.49	963.99	1084.49	1204.99
575	125.98	188.96	251.95	314.94	377.93	440.92	503.91	566.89	629.88	755.86	881.83	1007.81	1133.79	1259.76
600	131.45	197.18	262.91	328.63	394.36	460.09	525.81	591.54	657.27	788.72	920.17	1051.63	1183.08	1314.54
625	136.93	205.40	273.86	342.33	410.79	479.26	547.72	616.19	684.65	821.58	958.52	1095.45	1232.38	1369.31
650	142.41	213.61	284.82	356.02	427.22	498.43	569.63	640.84	712.04	854.45	996.86	1139.26	1281.67	1424.08
675	147.89	221.83	295.77	369.71	443.66	517.60	591.54	665.48	739.43	887.31	1035.20	1183.08	1330.97	1478.85
700	153.36	230.04	306.72	383.41	460.09	536.77	613.45	690.13	766.81	920.17	1073.54	1226.90	1380.26	1533.62
725	158.84	238.26	317.68	397.10	476.52	555.94	635.36	714.78	794.20	953.04	1111.88	1270.72	1429.56	1588.40
750	164.32	246.48	328.63	410.79	492.95	575.11	657.27	739.43	821.58	985.90	1150.22	1314.54	1478.85	1643.17
775	169.79	254.69	339.59	424.49	509.38	594.28	679.18	764.07	848.97	1018.76	1188.56	1358.35	1528.15	1697.94
800	175.27	262.91	350.54	438.18	525.81	613.45	701.09	788.72	876.36	1051.63	1226.90	1402.17	1577.44	1752.71
825	180.75	271.12	361.50	451.87	542.25	632.62	722.99	813.37	903.74	1084.49	1265.24	1445.99	1626.74	1807.49
850	186.23	279.34	372.45	465.56	558.68	651.79	744.90	838.02	931.13	1117.35	1303.58	1489.81	1676.03	1862.26
875	191.70	287.55	383.41	479.26	575.11	670.96	766.81	862.66	958.52	1150.22	1341.92	1533.62	1725.33	1917.03
900	197.18	295.77	394.36	492.95	591.54	690.13	788.72	887.31	985.90	1183.08	1380.26	1577.44	1774.62	1971.80
925	202.66	303.99	405.32	506.64	607.97	709.10	810.63	911.96	1013.29	1215.95	1418.60	1621.26	1823.92	2026.58
950	208.13	312.20	416.27	520.34	624.40	728.47	832.54	936.61	1040.67	1248.81	1456.94	1665.08	1873.21	2081.35
975	213.61	320.42	427.22	534.03	640.84	747.64	854.45	961.25	1068.06	1281.67	1495.28	1708.90	1922.51	2136.12
1000	219.09	328.63	438.18	547.72	657.27	766.81	876.36	985.90	1095.45	1314.54	1533.62	1752.71	1971.80	2190.89
1025	224.57	336.85	449.13	561.42	673.70	785.98	898.27	1010.55	1122.83	1347.40	1571.97	1796.53	2021.10	2245.66
1050	230.04	345.07	460.09	575.11	690.13	805.15	920.17	1035.20	1150.22	1380.26	1610.31	1840.35	2070.39	2300.44
1075	235.52	353.28	471.04	588.80	706.56	824.32	942.08	1059.84	1177.60	1413.13	1648.65	1884.17	2119.69	2355.21
1100	241.00	361.50	482.00	602.50	722.99	843.49	963.99	1084.49	1204.99	1445.99	1686.99	1927.98	2168.98	2409.98



Tabel 8.6.e

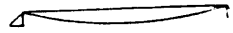
Nilai kapasitas geser sengkang maksimum  $\phi V_s$  maks dalam kN

$f'_c = 35 \text{ MPa}$														
b	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
75	17,75	26,62	35,50	44,37	53,24	62,12	70,99	79,87	88,74	106,49	124,24	141,99	159,73	177,48
100	23,66	35,50	47,33	59,16	70,99	82,83	94,66	106,49	118,32	141,99	165,65	189,31	212,98	236,64
125	29,58	44,37	59,16	73,95	88,74	103,53	118,32	133,11	147,90	177,48	207,06	236,64	266,22	295,80
150	35,50	53,24	70,99	88,74	106,49	124,24	141,99	159,73	177,48	212,98	248,48	283,97	319,47	354,96
175	41,41	62,12	82,83	103,53	124,24	144,94	165,65	186,36	207,06	248,48	289,89	331,30	372,71	414,13
200	47,33	70,99	94,66	118,32	141,99	165,65	189,31	212,98	236,64	283,97	331,30	378,63	425,96	473,29
225	53,24	79,87	106,49	133,11	159,73	186,36	212,98	239,60	266,22	319,47	372,71	425,96	479,20	532,45
250	59,16	88,74	118,32	147,90	177,48	207,06	236,64	266,22	295,80	354,96	414,13	473,29	532,45	591,61
275	65,08	97,62	130,15	162,69	195,23	227,77	260,31	292,85	325,38	390,46	455,54	520,62	585,69	650,77
300	70,99	106,49	141,99	177,48	212,98	248,48	283,97	319,47	354,96	425,96	496,95	567,94	638,94	709,93
325	76,91	115,36	153,82	192,27	230,73	269,18	307,64	346,09	384,55	461,45	538,36	615,27	692,18	769,09
350	82,83	124,24	165,65	207,06	248,48	289,89	331,30	372,71	414,13	496,95	579,78	662,60	745,43	828,25
375	88,74	133,11	177,48	221,85	266,22	310,59	354,96	399,34	443,71	532,45	621,19	709,93	798,67	887,41
400	94,66	141,99	189,31	236,64	283,97	331,30	378,63	425,96	473,29	567,94	662,60	757,26	851,92	946,57
425	100,57	150,36	201,15	251,43	301,72	352,01	402,29	452,58	502,87	603,44	704,01	804,59	905,16	1005,73
450	106,49	159,73	212,98	266,22	319,47	372,71	425,96	479,20	532,45	638,94	745,43	851,92	958,40	1064,89
475	112,41	168,61	224,31	281,01	337,22	393,42	449,62	505,82	562,03	674,43	786,84	899,24	1011,65	1124,06
500	118,32	177,48	236,64	295,80	354,96	414,13	473,29	532,45	591,61	709,93	828,25	946,57	1064,89	1183,22
525	124,24	186,36	248,48	310,59	372,71	434,83	496,95	559,07	621,19	745,43	869,66	993,90	1118,14	1242,38
550	130,15	195,23	260,31	325,38	390,46	455,54	520,62	585,69	650,77	780,92	911,08	1041,23	1171,38	1301,54
575	136,07	204,10	272,14	340,17	408,21	476,24	544,28	612,31	680,35	816,42	952,49	1088,56	1224,63	1360,70
600	141,99	212,98	283,97	354,96	425,96	496,95	567,94	638,94	709,93	851,92	993,90	1135,89	1277,87	1419,86
625	147,90	221,85	295,80	369,75	443,71	517,66	591,61	665,56	739,51	887,41	1035,31	1183,22	1331,12	1479,02
650	153,82	230,73	307,64	384,55	461,45	538,36	615,27	692,18	769,09	922,91	1076,73	1230,54	1384,36	1538,18
675	159,73	239,60	319,47	399,34	479,20	559,07	638,94	718,80	798,67	958,40	1118,14	1277,87	1437,61	1597,34
700	165,65	248,48	331,30	414,13	496,95	579,78	662,60	745,43	828,25	993,90	1159,55	1325,20	1490,85	1656,50
725	171,57	257,35	343,13	428,92	514,70	600,48	686,27	772,05	857,83	1029,40	1200,96	1372,53	1544,10	1715,66
750	177,48	266,22	354,96	443,71	532,45	621,19	709,93	798,67	887,41	1064,89	1242,38	1419,86	1597,34	1774,82
775	183,40	275,10	366,30	458,50	550,20	641,89	733,59	825,29	916,99	1100,39	1283,79	1467,19	1650,59	1833,98
800	189,31	283,97	378,63	473,29	567,94	662,60	757,26	851,92	946,57	1135,89	1325,20	1514,52	1703,83	1893,15
825	195,23	292,85	390,46	488,08	585,69	683,31	780,92	878,54	976,15	1171,38	1366,61	1561,35	1757,08	1952,31
850	201,15	301,72	402,29	502,87	603,44	704,01	804,59	905,16	1005,73	1206,38	1408,03	1609,17	1810,32	2011,47
875	207,06	310,59	414,13	517,66	621,19	724,72	828,25	931,78	1035,31	1242,38	1449,44	1656,50	1863,57	2070,63
900	212,98	319,47	425,96	532,45	638,94	745,43	851,92	958,40	1064,89	1277,37	1490,85	1703,33	1916,81	2129,79
925	218,89	328,34	437,79	547,24	656,68	766,13	875,58	985,03	1094,47	1313,37	1532,25	1751,15	1970,05	2188,95
950	224,81	337,22	449,62	562,03	674,43	786,84	899,24	1011,65	1124,06	1348,37	1573,68	1798,49	2023,30	2248,11
975	230,73	346,09	461,45	576,82	692,18	807,54	922,91	1038,27	1153,64	1384,36	1615,09	1845,32	2076,54	2307,27
1000	236,64	354,96	473,29	591,61	709,93	828,25	946,57	1064,89	1183,22	1419,86	1656,50	1893,15	2129,79	2366,43
1025	242,56	363,84	485,12	606,40	727,68	848,96	970,24	1091,52	1212,80	1455,36	1697,91	1940,47	2183,03	2425,59
1050	248,48	372,71	496,95	621,19	745,43	869,66	993,90	1118,14	1242,38	1490,85	1739,33	1987,80	2236,28	2484,75
1075	254,39	381,59	508,78	635,98	763,17	890,37	1017,57	1144,76	1271,96	1526,35	1780,74	2035,13	2289,52	2543,91
1100	260,31	390,46	520,62	650,77	780,92	911,08	1041,23	1171,38	1301,54	1561,85	1822,15	2082,46	2342,77	2603,08

Catatan : lebar balok b dan tinggi efektif balok d dalam satuan m

# BAB 9

## Lendutan



## 9.1 LENDUTAN

Syarat-syarat kelangsingan

## 9.1.a Tebal minimum h

Komponen								
	$f_y$		$f_y$		$f_y$		$f_y$	
	400	240	400	240	400	240	400	240
pelat mendukung dalam satu arah	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{27}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{37}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{13}$
Balok atau lantai berusuk mendukung dalam satu arah	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{18.5}$	$\frac{1}{24.5}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{11}$

Tebal minimal yang diberikan pada tabel di atas dapat pula diterapkan untuk lantai yang keempat sisinya didukung dinding atau balok yang kaku. Sebagai bentang l dapat ditetapkan bentang yang paling pendek.

Bila syarat-syarat dalam tabel di atas memadai, maka dapat dianggap memenuhi ketentuan lendutan maksimum tabel berikut.

## 9.1.b Lendutan Ijin Maksimum

Tipe komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap datar tidak menahan atau berhubungan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar	Lendutan akibat beban hidup L	$\frac{1}{180}$
Lantai tidak menahan atau berhubungan dengan komponen nonstruktural yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar	Lendutan akibat beban hidup L	$\frac{1}{360}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau berhubungan dengan komponen nonstruktural yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang akibat semua beban yang bekerja dan lendutan seketika yang terjadi akibat penambahan sembarang beban hidup)	$\frac{1}{480}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau berhubungan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak rusak akibat lendutan yang besar		$\frac{1}{240}$

## 9.2 PENJELASAN

Menghitung lendutan dari pelat masif persegi yang dibebani dengan beban terbagi rata (distribusi) tabel-tabel dan grafik.

Lendutan dihitung dengan:

$$\delta = C \frac{Ml^2}{EI} \text{ atau } \delta = C \frac{wl^4}{EI}$$

Dalam persamaan ini C adalah suatu faktor yang tergantung pada pola pembebanan dan syarat-syarat batas dari pelat (lihat Tabel 1.1.a - 1.1.d)

Untuk EI dapat dianggap sebagai:  $EI = E'_b I_{sav}$

Untuk lendutan yang seketika terjadi:  $E'_b = E'_{bo} = 4700 \sqrt{f'_c}$

Tabel untuk  $E'_{bo}$  dapat dilihat pada

Untuk lendutan yang terjadi setelah 2 tahun atau lebih:

$$E'_b = E'_{bo} \frac{1 + 50 \rho'}{2} E'_{bo}$$

dengan  $\rho'$  adalah rasio tulangan dari tulangan tekan.

$I_{sav}$  adalah momen enersia rata-rata pelat dalam arah memanjang.

Dengan demikian boleh ditetapkan

$$I_{sav} = I_{cl}$$

$$I_{sav} = \frac{1}{4} I_{cl} + \frac{1}{4} I_{cs}$$

$$I_{sav} = \frac{1}{2} I_{cl} + \frac{1}{4} (I_{cs1} + I_{cs2})$$

$$I_s = \left( \frac{M_{cr}}{M_s} \right)^3 I_s + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_s} \right)^3 \right] I_{cr}$$

Dengan:

$$I_s = \frac{1}{12} bh^3$$

$$M_{cr} = \frac{1}{6} bh^2 \cdot f_r; f_r = 0.7 \sqrt{f'_c}$$

Tabel untuk  $f_r$  lihat Tabel 9.2

$$I_{cl} = C_4 \frac{1}{12} bh^3 \quad \text{untuk pelat dengan } d' = d''$$

$$C_4 = \left( \frac{1}{1 + \frac{d'}{d}} \right)^3 \left[ 12 n \rho \left\{ (1 - k)^2 + r \left( k - \frac{d'}{d} \right)^2 \right\} + 4k^3 \right]$$

$$k = \sqrt{\left\{ n \rho (1 + r) \right\}^2 + 2 n \rho (1 + r \frac{d'}{d}) - n \rho (1 + r)}$$

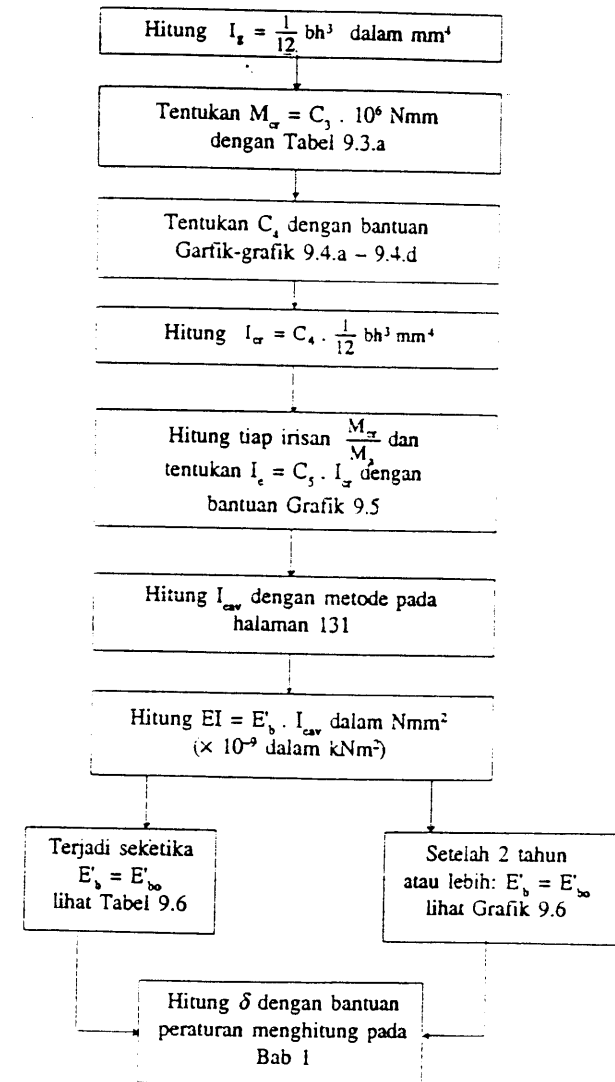
$$r = \frac{\rho'}{\rho}$$

$M_r$  adalah perbandingan antara momen retak dan momen yang terjadi pada pembebanan dimana lendutan  $M_{cr}$  ditentukan, pada penampang yang ditinjau.

## 9.2 Tabel untuk $E'_{bo}$ dan $f_r$

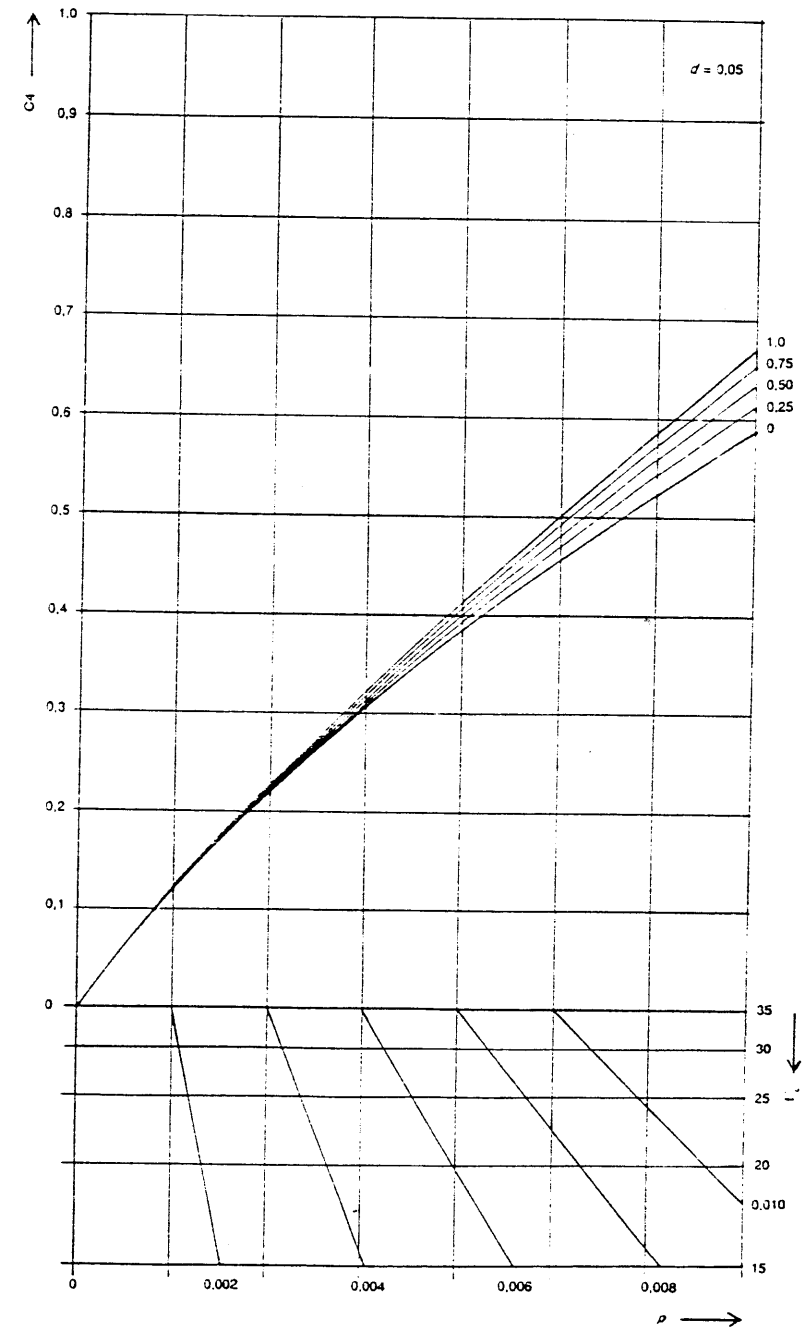
Mutu beton MPa	$E'_{bo}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_r$ N/mm <sup>2</sup>
15	18200	2,7
20	21020	3,1
25	23500	3,5
30	25740	3,8
35	27810	4,1

Diagram alir untuk menghitung lendutan dari pelat masif

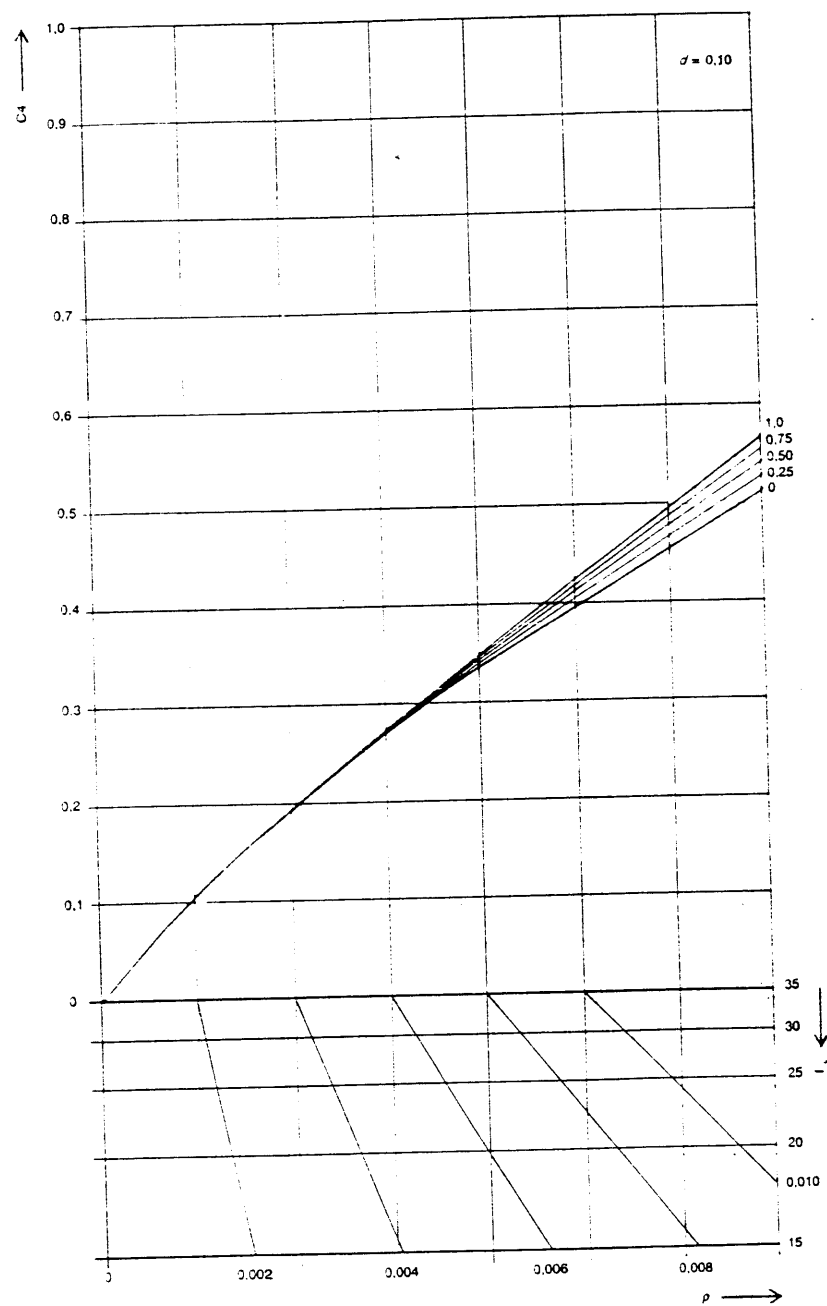


9.a Tabel untuk menentukan  $M_{cr} = C_j \cdot 10^6 \text{ Nmm}$

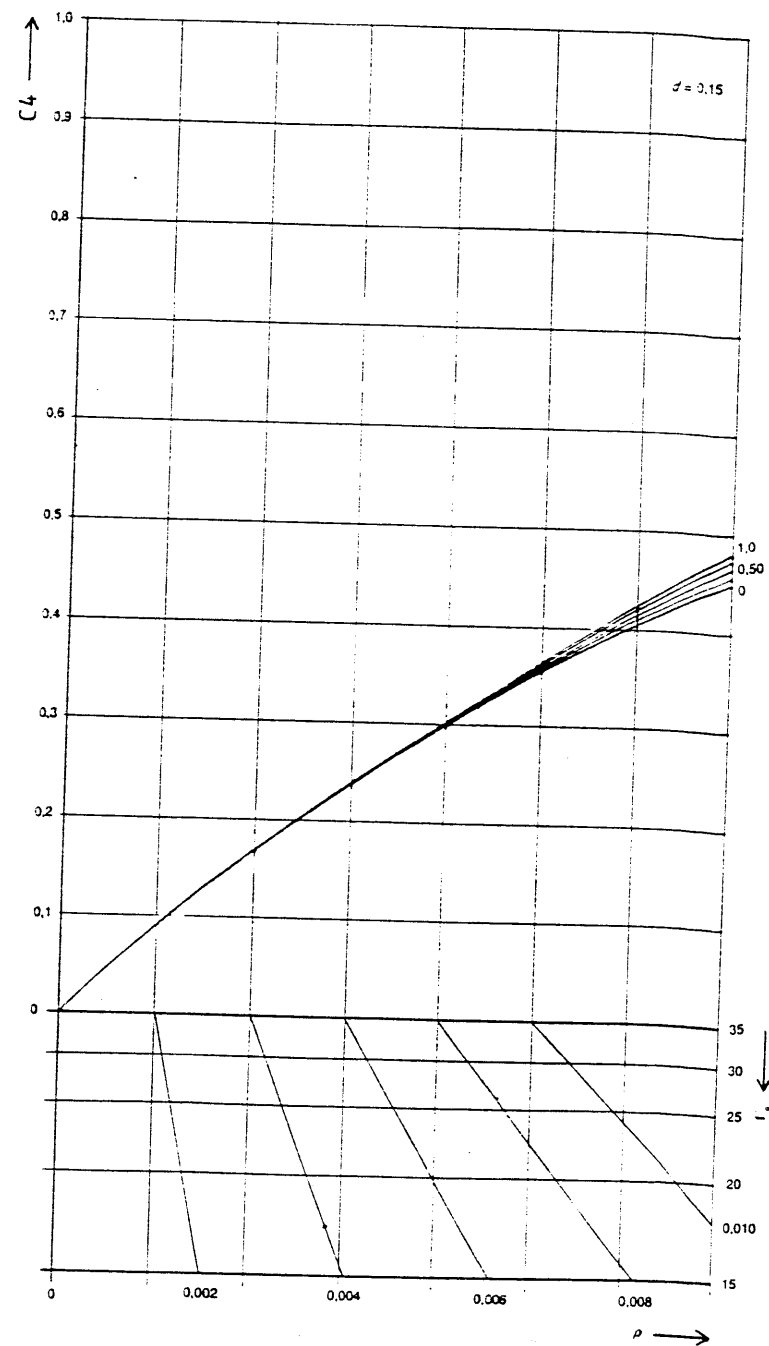
h dalam mm	f' dalam MPa				
	15	20	25	30	35
100	4,52	5,22	5,83	6,39	6,90
120	6,51	7,51	8,40	9,20	9,94
140	8,86	10,23	11,43	12,52	13,53
150	10,17	11,74	13,12	14,38	15,53
160	11,57	13,36	14,93	16,36	17,67
170	14,64	16,91	18,90	20,70	22,36
200	18,07	20,87	23,33	30,93	33,41
220	26,03	30,05	33,60	36,01	39,76
240	26,03	30,05	33,60	36,01	39,76
250	28,24	32,61	35,46	39,94	43,14
260	30,54	35,27	39,43	43,20	46,66
280	35,42	40,91	45,73	50,10	54,11
300	40,67	46,96	52,50	57,51	62,12
350	55,35	63,91	71,46	78,28	84,55
400	72,30	83,48	93,33	102,24	110,43
450	91,50	105,65	118,12	129,40	139,77
500	112,96	130,44	145,83	159,75	172,55



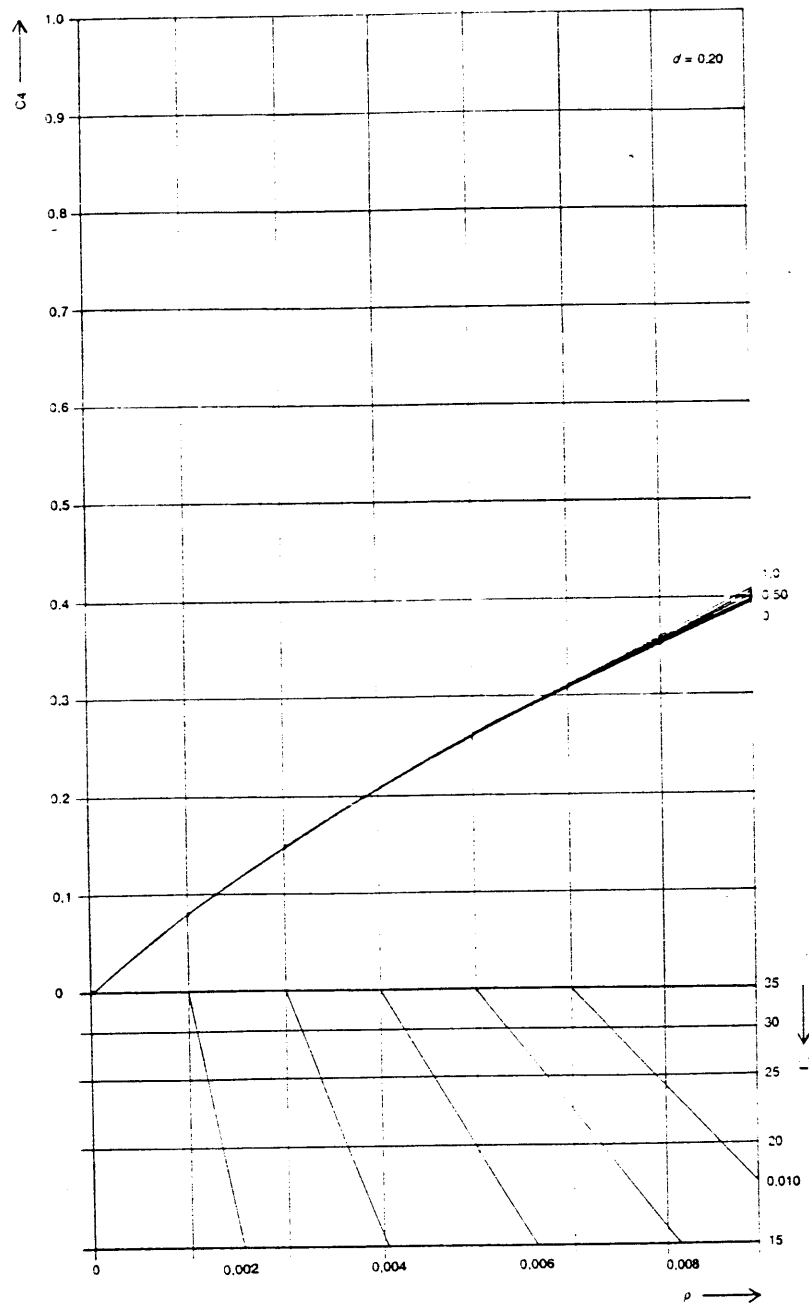
Gambar 9.4.a



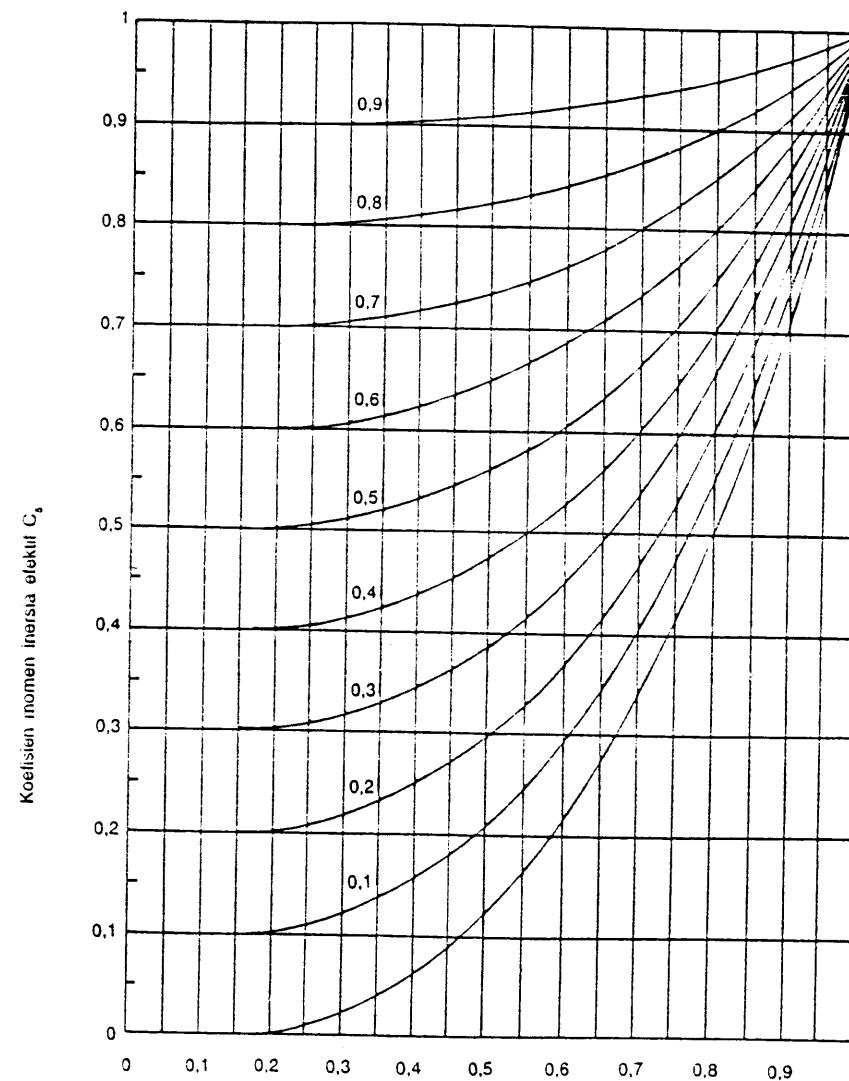
Gambar 9.4.b



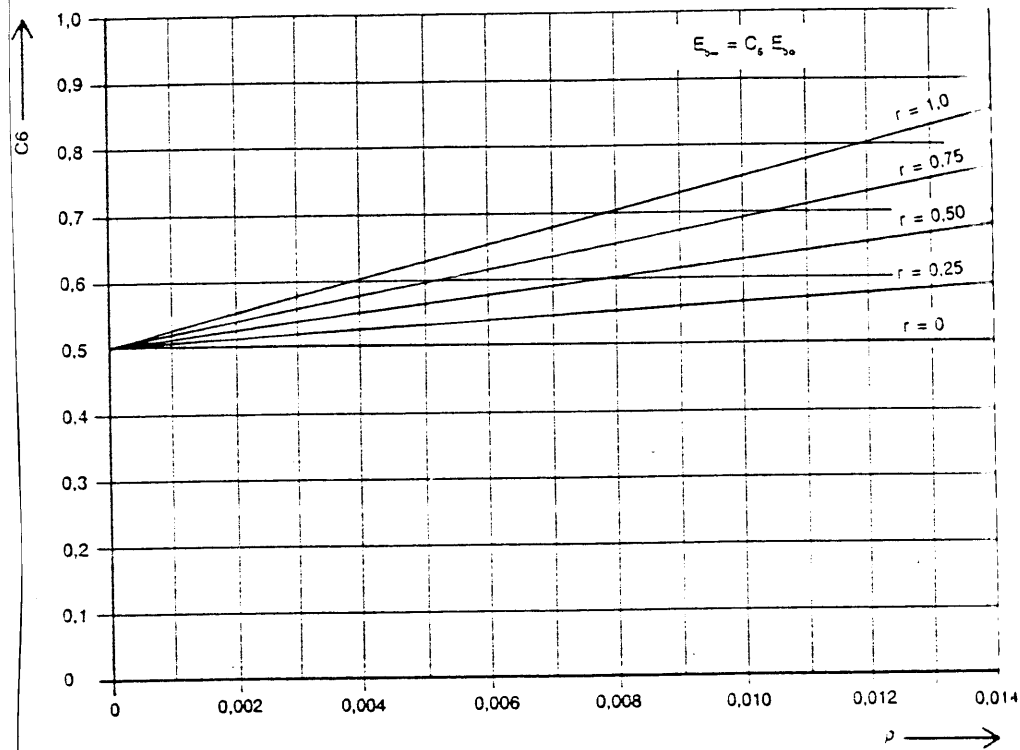
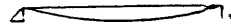
Gambar 9.4.c



Gambar 9.4 d

Koefisien momen inersia efektif  $C_s$ 

Gambar 9.5

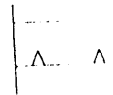


Gambar 9.6

# BAB 10

## Retak





10 Tabel untuk jarak maksimum tulangan  $s_{max}$  dalam satuan mm bila retakan tidak diperhitungkan

Komponen-struktur	Persyaratan	$f_y = 400$
Lantai	dalam ruangan $\phi_D \leq 36$ mm	1085 *)
	di luar ruangan $\phi_D \leq 16$ mm	225
	dalam ruangan $\phi_D > 16$ mm	155
Balok	dalam ruangan	230
	di luar $\phi_D < 16$ mm	135
	di luar $\phi_D > 36$ mm	100

\*) Lebar maksimum jaringan menurut SKSNI T15-1991-03 : 2 h  
Lebar maksimal jaringan menurut SKSNI T15-1991-03 : 500 mm

$s_{max}$  didasarkan pada:

Untuk lantai dalam ruangan  $d_c = 30$  mm

Untuk lantai di luar ruangan  $\phi_D < 16$ :  $d_c = 50$  mm

Untuk lantai di luar ruangan  $\phi_D > 16$ :  $d_c = 60$  mm

Untuk balok dalam ruangan  $d_c = 65$  mm

Untuk balok di luar ruangan  $\phi_D < 16$ :  $d_c = 65$  mm

Untuk balok di luar ruangan  $\phi_D > 16$ :  $d_c = 75$  mm

$w = 0,40$  mm

$w = 0,30$  mm

$w = 0,30$  mm

$w = 0,40$  mm

$w = 0,30$  mm

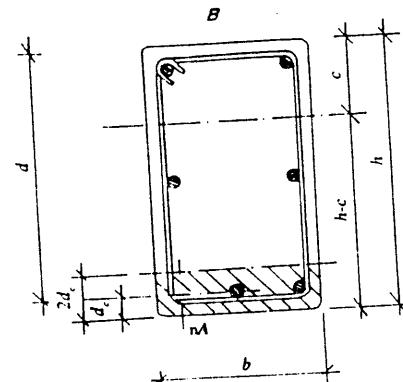
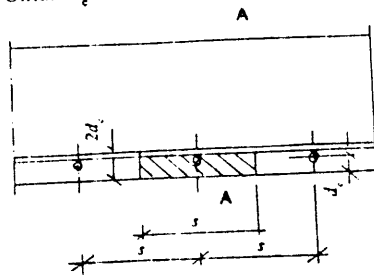
$w = 0,30$  mm

$z = 0,6 f_y \sqrt{d^2 c} \cdot s < 30$  MN/m dalam ruangan

$< 25$  MN/m di luar ruangan

Untuk balok  $s = \frac{b}{h}$  dengan n adalah jumlah batang tulangan

Untuk  $d_c$ : lihat Gambar 10.



Gambar 10. Menentukan harga  $d_c$