

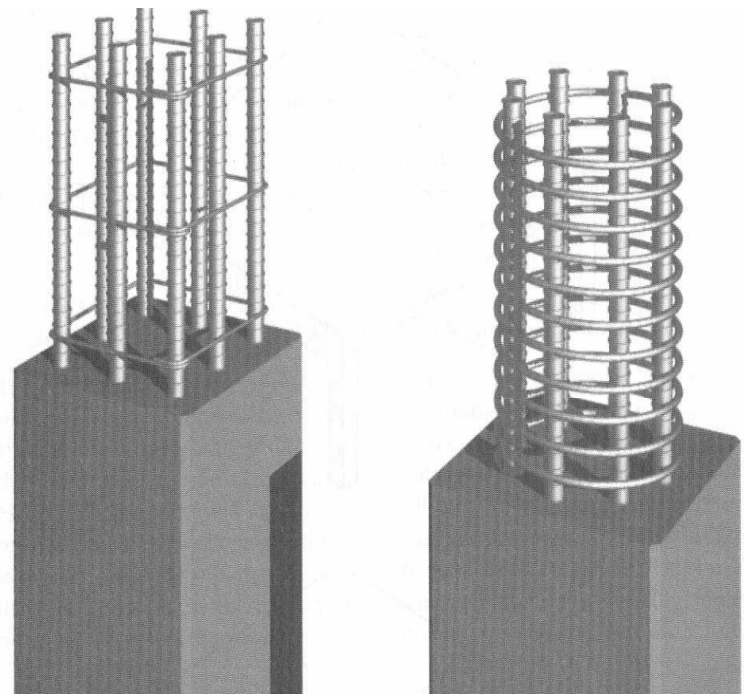
KOLOM BETON BERTULANG



Norman Ray
Surabaya Adhi Tama Technology of Institute

Aturan Yang Dipakai

- PBI 1971
- SKSNI 1993
- SNI 03-2847-2002 & S-2002



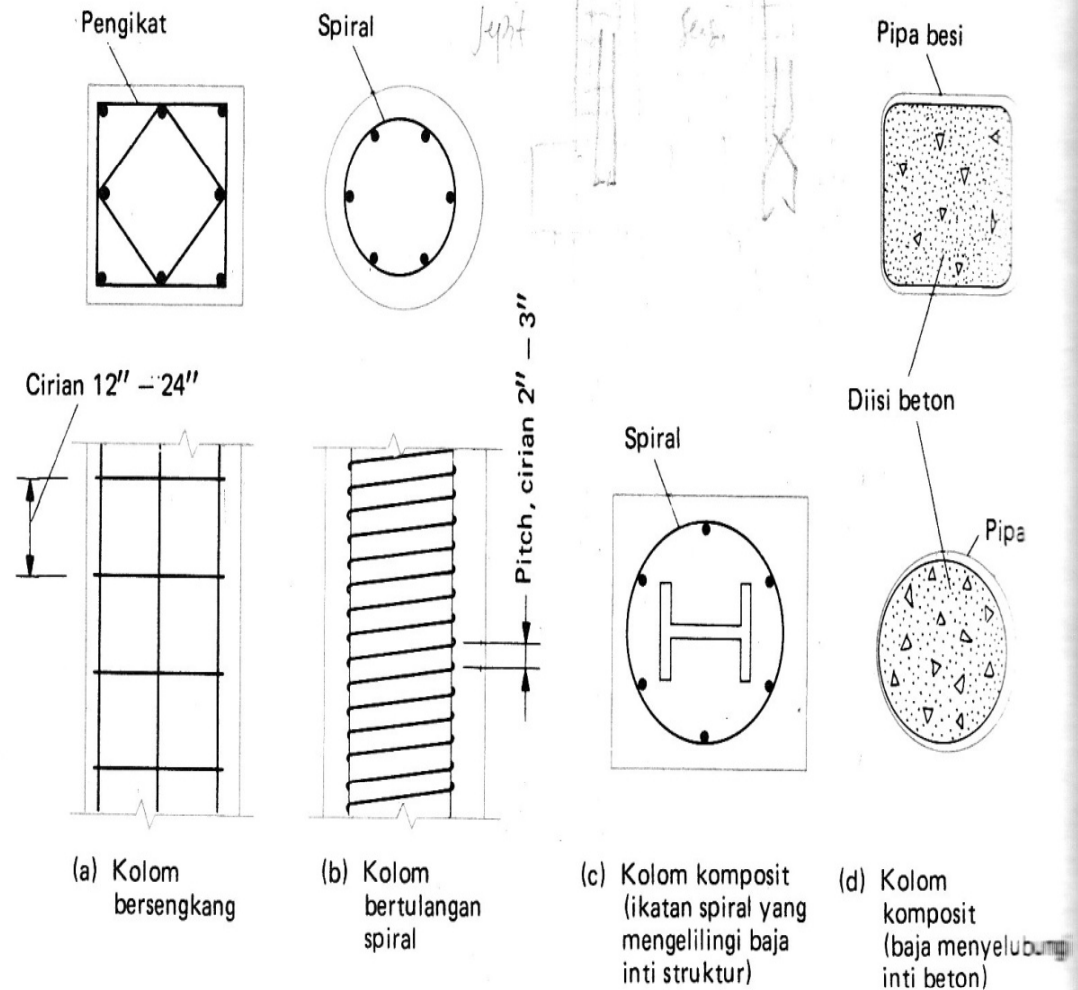
Referensi Yang Digunakan

- *ACI-318M-1999*
- *Chu-Kia Wang ,Charles G.Salmon ,”Reinforced Concrete Design” Six Editon,1998*
- *Edward G.Nawy , ”Reinforced Concrete a fundamental Approach ”1996*
- *Tata cara perencanaan struktur beton untuk Bangunan Gedung ,SNI 03-2847- 2002*
- *Tata cara Perencanaan Ketahanan gempa untuk Bangunan Gedung ,SNI 03-1726-2002*
- *UBC – 1994*
- *Paulay T.and Priesley M.J.N ,” Seismic Design of Reinforced concrete and Mansory Building “John Wiley & Sons ,INC,1991*
- *R.Park and T.Paulay .”Reinforced Concrete Structures”John Wiley & Sons ,INC.1985*
- *Rachmat Purwono “ Perencanaan Struktur Beton Tahan Gempa “Sesuai SNI – 1726 dan SNI -2847 ,ITS press , 2006*
- *J Thambah Sembiring Gurki, “Beton Bertulang”, Penerbit Rekayasa Sains*

KOLOM

Pasal 12 SNI 03-2847-2002 & S-2002

- Sebuah elemen yang menerima gaya aksial tekan dan gaya momen pada ujung2nya
- Jenis 2 kolom :
 - Kolom dengan sengkang atau spiral
 - Kolom Komposit

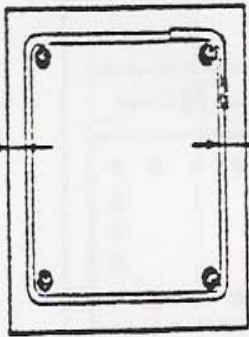


Gambar 13.2.1 Jenis-jenis kolom.

Beda KOLOM Pasal 12 SNI 03-2847-2002 & S-2002 dibanding Code sebelumnya

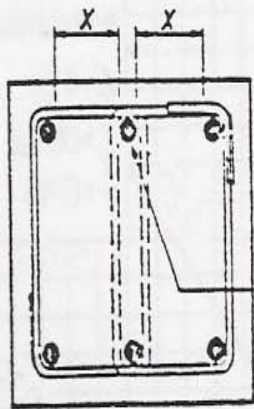
- *Perhitungan panjang tekuk lebih terperinci*
- *Dibedakan antara kolom panjang dan pendek*
- *Beda pengaruh antara momen single curvature dan double curvature*
- *Beda pengaruh sitem braced dan unbraced*
- *Eksentrisitas lebih untuk Ms*
- *Pengaruh rangkak diperhitungkan*

$1\frac{1}{2}$ Min.
Note 3



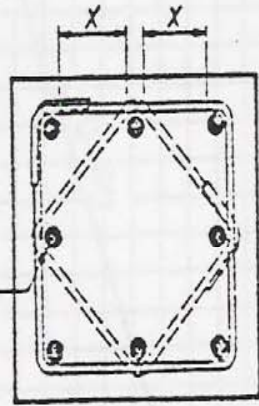
4-BARS

Vert. Bars
Min. Cover
= 1 Bar Dia.
Note 3

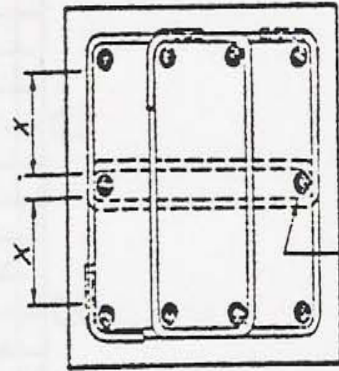


6-BARS

Note 1

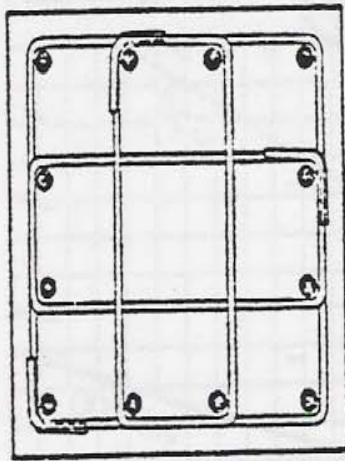


8-BARS

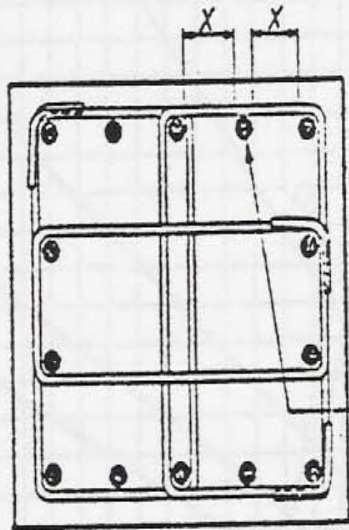


10-BARS

Note 1

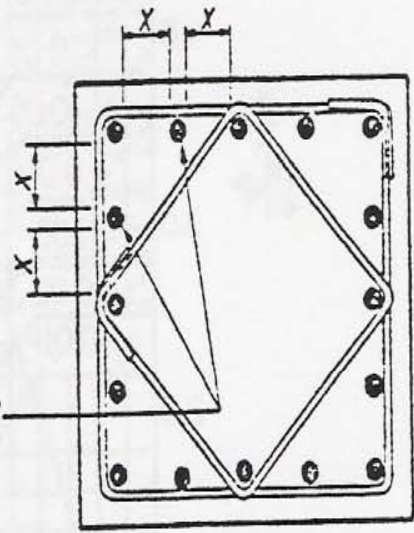


12-BARS



14-BARS

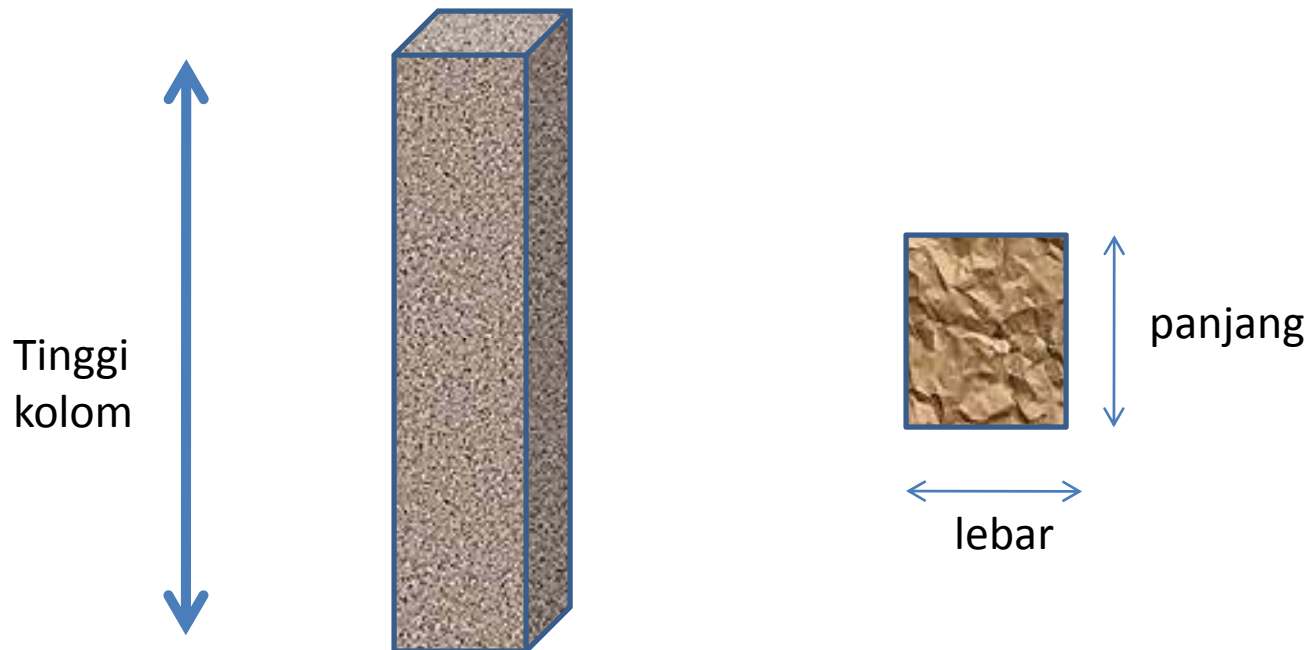
Note 2



16-BARS

Dalam SKSNI 2002 kolom dibedakan menjadi 2 :

- *Kolom pendek → tidak ada bahaya tekuk*
 - *Tinggi Kolom < 3x dimensi kolom (lebar/panjang)*
- *Kolom panjang → ada bahaya tekuk*
Tinggi Kolom > 3x dimensi kolom (lebar/panjang)



Pn maks

- $Pn \text{ maks} = 0,85.Po$ (kolom spiral)
- $Pn \text{ maks} = 0,80.Po$ (kolom bersengkang)
- Krn kolom menerima 2 beban sekaligus yaitu M (momen) dan P (aksial)shg muncul e (eksentrisitas)= M/P maka dlm praktek $e=0$ tidak ada (aksial murni $M=0$ dihindari), harus diperhitungkan adanya emin dimana SNI S12.3.5 &S12.3.6:
 - $e \text{ min} = 0,05 h$ (kolom spiral)
 - $e \text{ min} = 0,1 h$ (kolom bersengkang)

Kekuatan Nominal Kolom Pendek (Beban Konsentris $e=0$)

- *Kolom beugel* \rightarrow *Ps12.3.5.2*

$$\phi P_n = 0,8 \cdot \phi [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$
$$< 0,10 f_c' \cdot A_g$$
$$< \phi P_{nb}$$

- *Kolom Spiral* \rightarrow *Ps12.3.5.1*

$$\phi P_n = 0,85 \cdot \phi [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$



Kolom dg Sengkang

$$P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

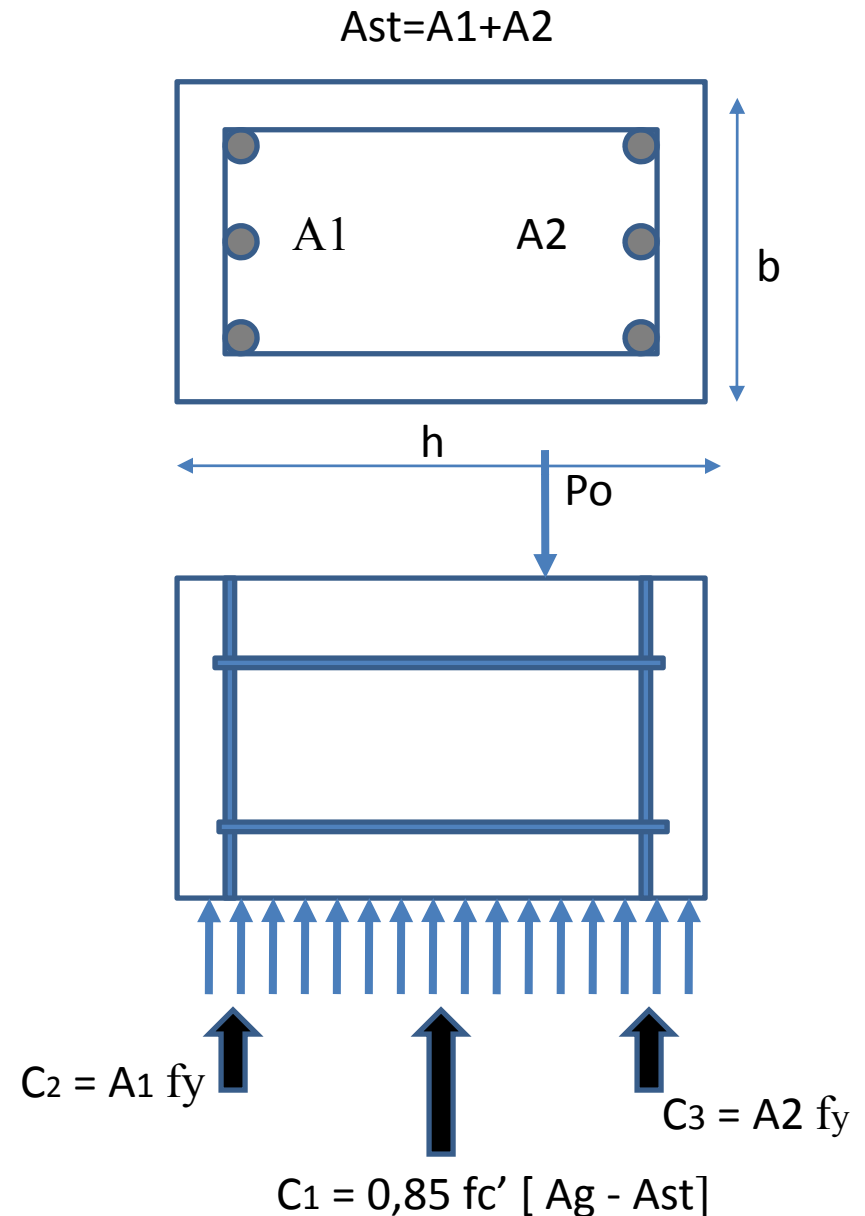
→ Kolom sengkang persegi

SNI 03-2847-2002 Ps 12.3.5

atau

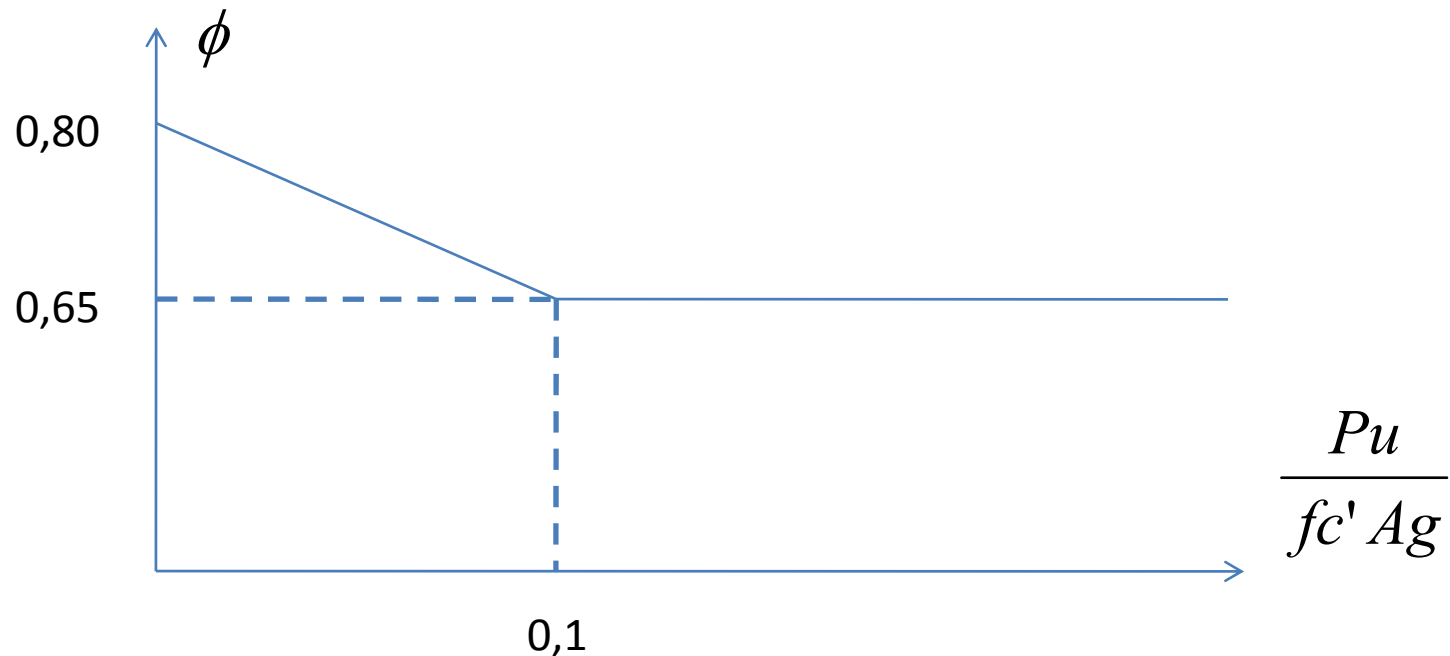
$$P_o = A_g [0,85 f_c' (1 - \rho_g) + f_y \rho_g]$$

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$$

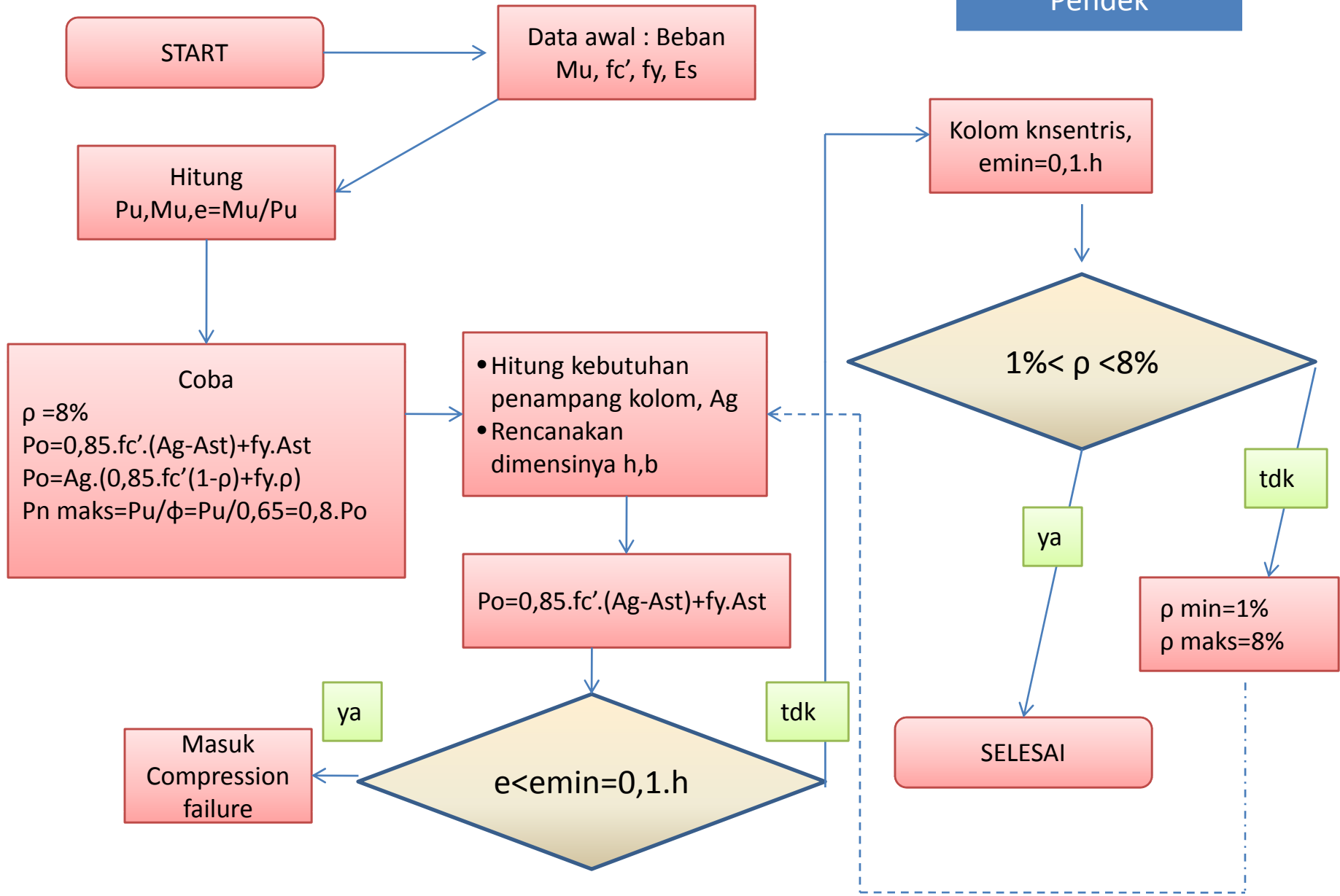


Factor reduksi (ϕ)

- Lentur : $\phi = 0,80$
- Aksial konsentris : $\phi = 0,65$
- Aksial konsentris + Lentur : $\phi = 0,65 - 0,80 \rightarrow$
lihat grafik



Desain Kolom Pendek



Contoh Soal

Rencanakan kolom pendek dengan beugel

Beban mati = 1300 KN

Beban hidup = 1100 KN

Momen = 56 KN.m

$f_c = 30$ Mpa

$f_y = 400$ MPa

Jawab : Coba dengan $\rho = 3\%$

$$P_u = 1,2D + 1,6L = 1,2.1300 + 1,6.1100 = 3320 \text{ KN}$$

$$M_u = 1,6.ML = 1,6.56 = 89,6 \text{ KN.m}$$

$$e = M_u/P_u = 89,6/3320 = 0,02698 \text{ m}$$

$$P_o = 0,85.f_c'.(A_g - A_{st}) + f_y.A_{st}$$

$$P_o = A_g.(0,85.f_c'(1 - \rho) + f_y.\rho) = A_g.(0,85.30.(1 - 3\%) + 400.3\%)$$

$P_n \text{ maks} = 0,8 P_o \rightarrow$ kolom beugel

$$P_u/\phi = 0,8.A_g.(0,85.30 (1 - 0,03) + 400.0,03)$$

$$P_u = \phi. 0,8.A_g.(0,85.30 (1 - 0,03) + 400.0,03)$$

$$3.320 = 0,65.0,8.A_g.(0,85.30 (1 - 0,03) + 400.0,03)$$

$$A_g = \frac{3320}{0,65 \cdot 0,80 \cdot (0,85 \cdot 2,91 + 12)} = 0,1738 m^2$$

Jika kolom berbentuk bujur sangkar maka diperlukan $h = \sqrt{0,1738} = 0,42 \text{ m} = 42 \text{ cm}$

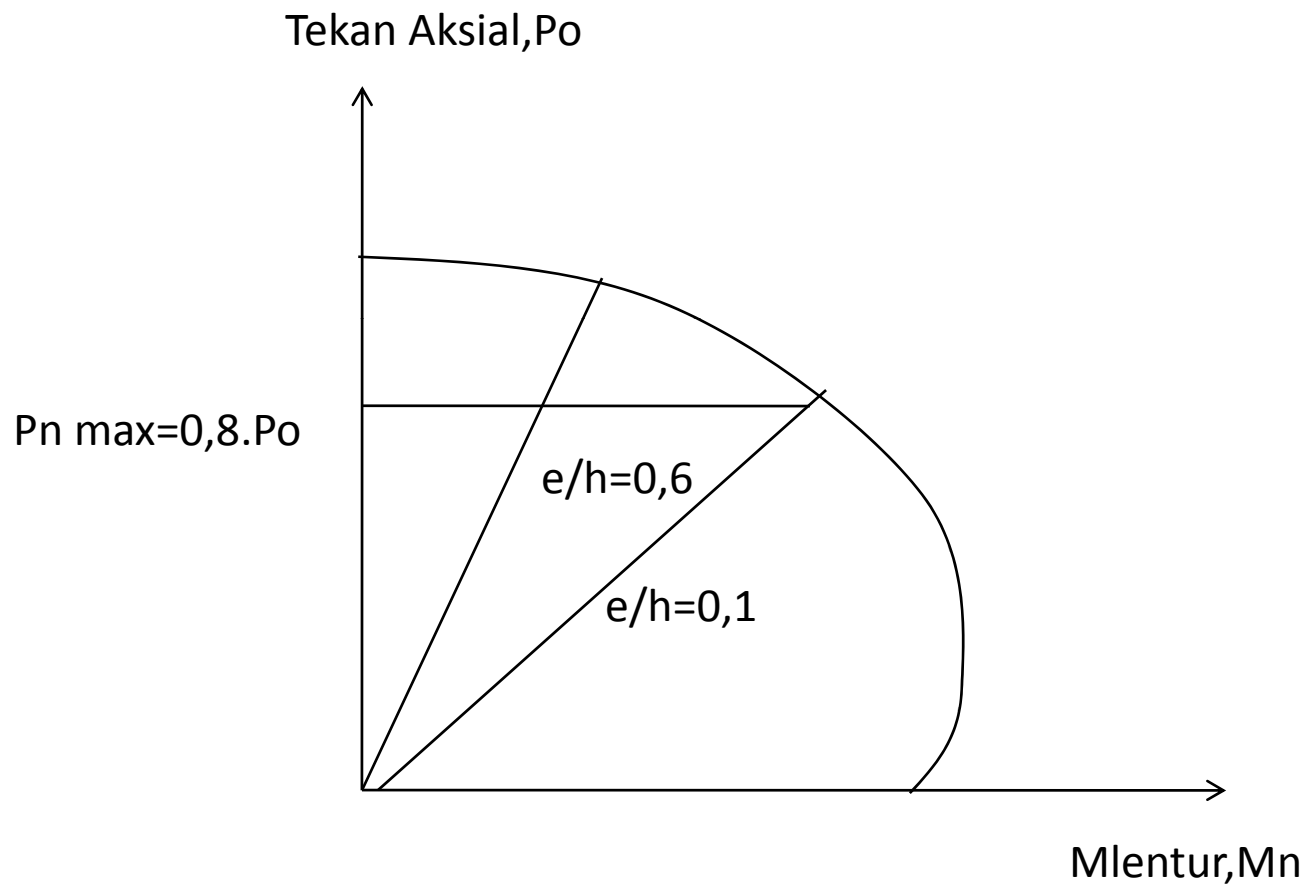
Dicoba ukuran kolom $45 \times 45 \text{ cm}^2 \rightarrow A_g = 0,2025 \text{ m}^2$

$P_n \text{ maks} = P_o / \phi = 5,108 / 0,8 = 6,348 \text{ MN} = 6348 \text{ KN}$

$e = 26,98 \text{ mm} = 2,698 \text{ cm}$

$e/h = 2,698 / 45 = 0,06 < 0,1 \rightarrow$ kolom konsentris

e/h dianggap $0,1$ dan $P_n \text{ maks} = 0,8 P_o$



Format Keamanan LRFD (load resistance factor design) Ps 11.1

$$\phi R \geq \lambda Q$$

$$\phi R \geq U$$

Nilai λ untuk salah satu kondisi :

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L$$

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

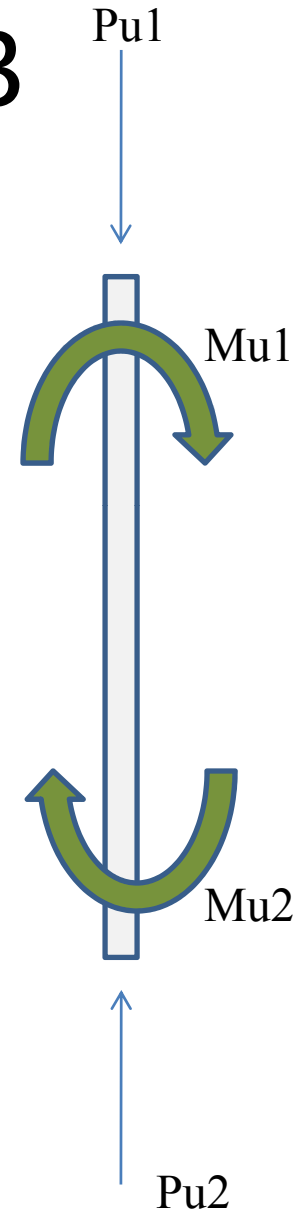
Kuat Rencana (ϕ) Ps 11.3

- *Aksial Tarik dan Momen* $\rightarrow \phi = 0,80$
- *Aksial Tekan dan Momen* $\rightarrow \phi = 0,65$
- *Desain kolom :*

Beban $Pu2$ dan $Mu2$

Kekuatan nominal

$$P_n \geq \frac{P_u2}{\phi} \quad ; \quad M_n \geq \frac{M_u2}{\phi}$$



Kolom Panjang

Ukuran kelangsingan kolom Panjang ditentukan oleh : $\frac{k Ln}{r}$

- *Sistem Braced frame (Tidak Bergoyang Ps 12.12.2)*

$$\frac{k Ln}{r} \leq 34 - 12 \frac{M1b}{M2b}$$

- *Sistem unbraced frame (Bergoyang Ps 12.13.2)*

$$\frac{k Ln}{r} \leq 22$$

Dimana :

- kL_n = Panjang tekuk kolom
- k = faktor panjang efektif (Pasal 12.12 SNI 03-2847-2002 & S-2002)
- L_n = Panjang bersih kolom
- r = jari jari girasi penampang kolom (Pasal 12.11 SNI 03-2847-2002 & S-2002)
- M_{1b} = momen ujung kolom yg lebih kecil (ak beban tetap)
- M_{2b} = momen ujung kolom yg lebih besar (ak beban tetap)

Faktor Pengaruh jepitan (k) → menentukan sistem braced/ unbraced

- *Tergantung pada faktor jepitan (ψ)*
- *ψ_A = faktor jepitan kolom atas*
- *ψ_B = faktor jepitan kolom bawah*
- *Dimana persamaan untuk ψ*

$$\Psi = \frac{\sum EI / L (\text{kolom})}{\sum EI / L (\text{balok})}$$

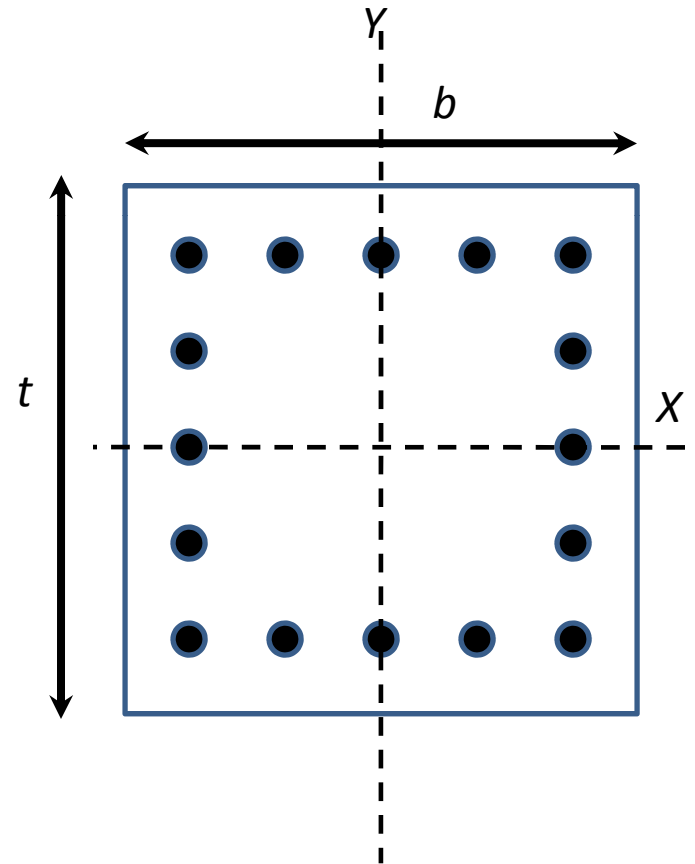
Sistem Braced & Unbraced

- Sistem Braced
 - Tidak ada pergoyangan
 - k (faktor pengaruh jepitan) ≤ 1
- Sistem Unbraced
 - Ada Pergoyangan (bahaya tekuk lebih besar)
 - k (faktor pengaruh jepitan) > 1

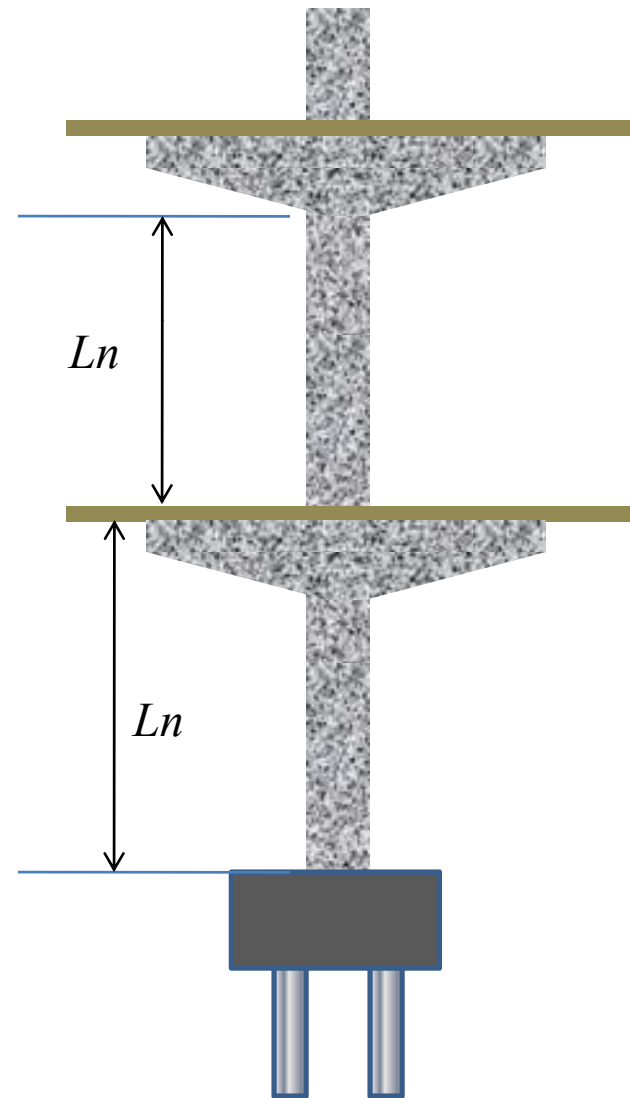
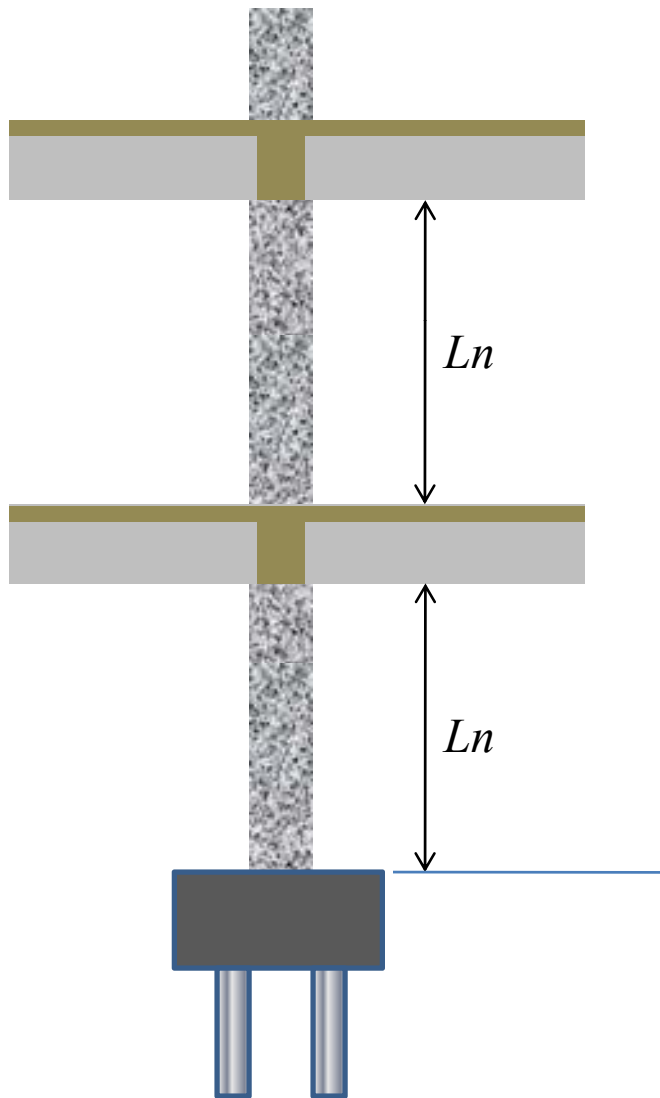
Jari – Jari Girasi Penampang Kolom (r)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

- Harga pendekatan r (penampang persegi)
- M arah x $\rightarrow r = 0,3 b$
- M arah y $\rightarrow r = 0,3 t$



Panjang Kolom (L_n) SNI 12.11.3



Batas % Tulangan Longitudinal (SNI 2002 Ps 12.9)

$$\rho_s \text{ maksimum} = 8\%$$

$$\rho_s \text{ minimum} = 1\%$$

$$\rho_s = \frac{A_s}{A_g}$$

Momen ujung kolom bergoyang (SNI Ps 12.13) →
momen yg dihitung dlm mendesain kolom

- $[M_{1b}] < [M_{2b}]$ (akibat beban tetap)
- $[M_{1s}] < [M_{2s}]$ (akibat pergoyangan)

$$M_{u1} = M_{1b} + M_{1s}$$

$$M_{u2} = M_{2b} + M_{2s}$$

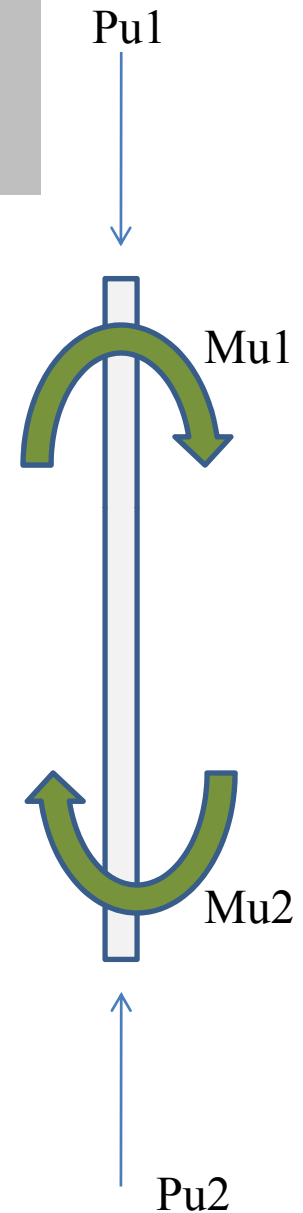
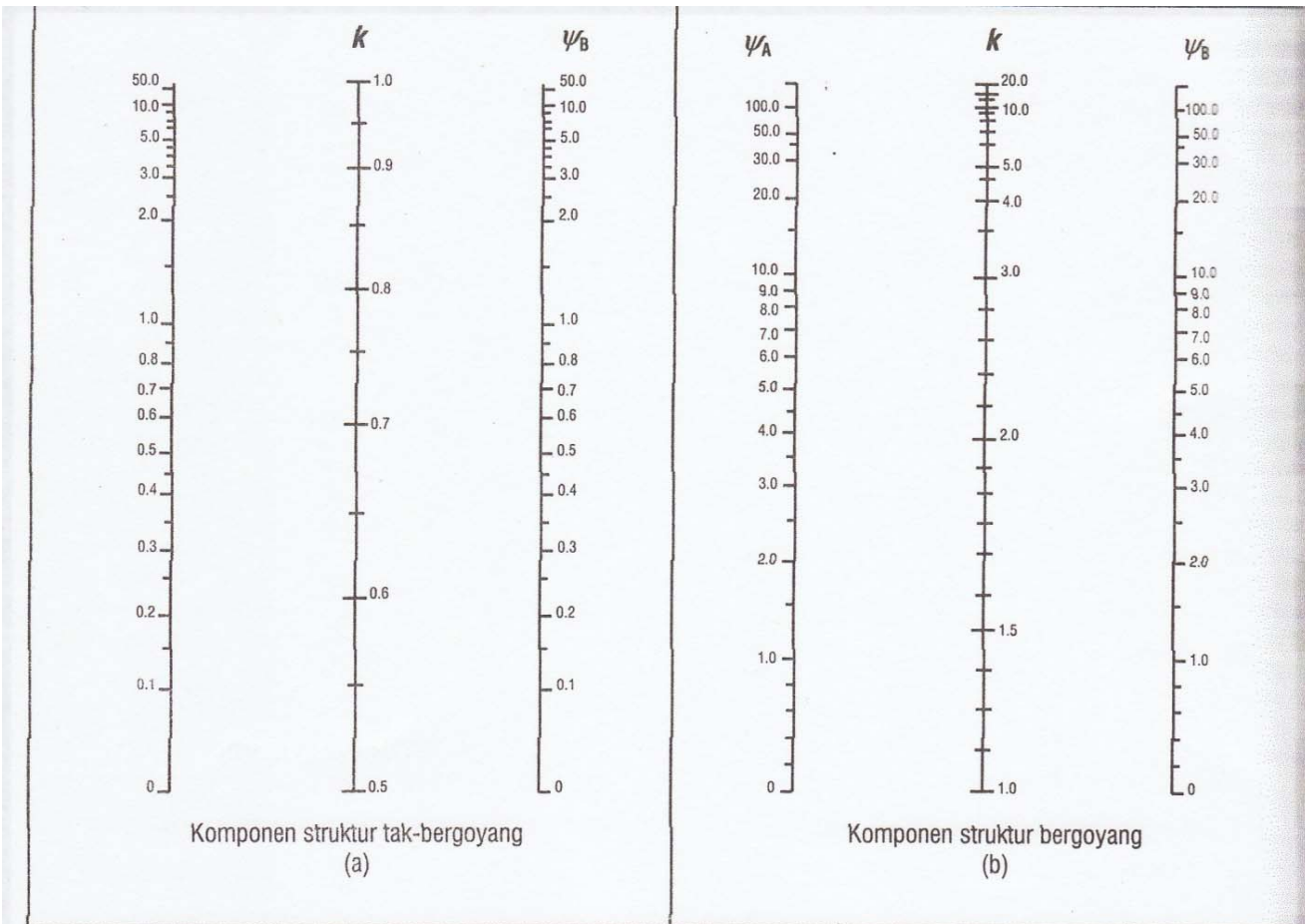


Diagram Bantu Penentu Nilai k



CATATAN:

ψ rasio $\Sigma(EI/\ell_c)$ dari komponen struktur tekan terhadap $\Sigma(EI/\ell)$ dari komponen struktur lentur pada salah satu ujung komponen struktur tekan yang dihitung dalam bidang rangka yang ditinjau.
 ℓ panjang bentang dari komponen struktur lentur yang diukur dari pusat ke pusat *joint*.
 ψ_A dan ψ_B nilai-nilai ψ pada kedua ujung kolom.

Gambar 5—Faktor panjang efektif, k

Harga k diperoleh dengan memasukkan harga ψ_a dan ψ_b pada diagram ini

Kolom Bergoyang

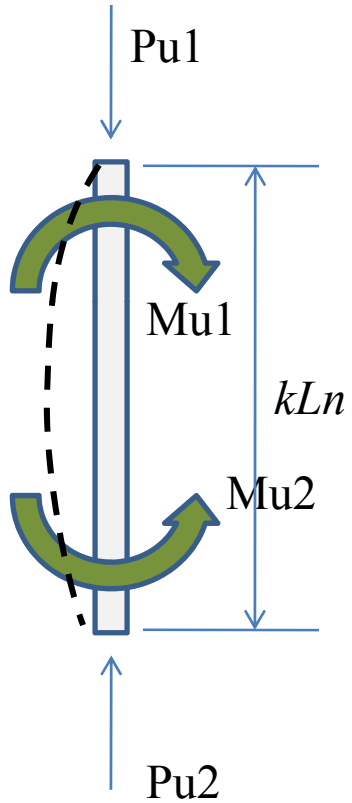
$$M_{u2} = M_{2b} + M_{2s}$$

- Ada bahaya tekuk
- Pengamanan dg Magnification Method
- Sistem Unbraced : $M_c = \delta_b.M_{2b} + \delta_s.M_{2s}$
- Sistem Braced : $M_c = \delta_b.M_{u2}$

e min untuk kolom Bergoyang

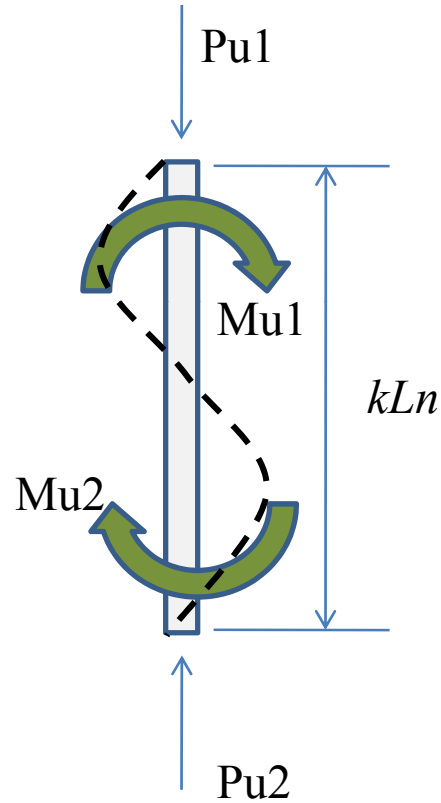
- $e_{\min} = (15 + 0,03 h)$ mm sebagai dasar eksentrisitas untuk magnification

Curvature



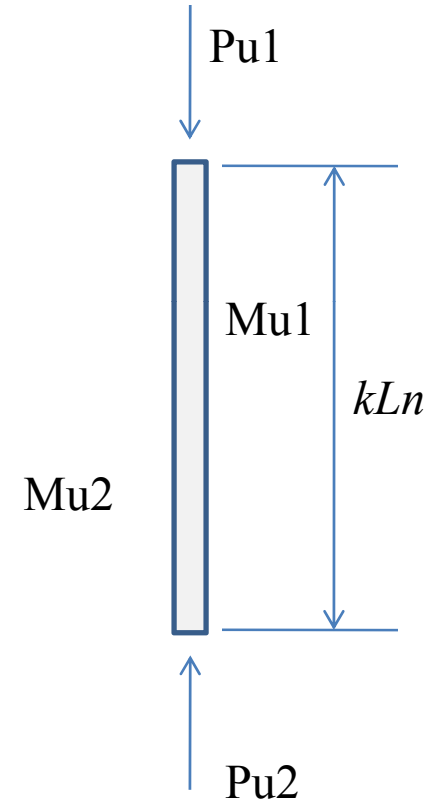
Single Curvature

$$\frac{Mu1}{Mu2} > 0$$



Double Curvature

$$\frac{Mu1}{Mu2} < 0$$



$$\frac{Mu1}{Mu2} = 0$$

Pada kolom bergoyang , momen kolom hrs dikalikan dg Magnification Factor

δ_b dan δ_s = Pembesar eksentrisitas awal untuk mengamankan bahaya tekuk

δ_b = Untuk Sistem Braced atau beban yg tdk menimbulkan pergeseran sumbu kolom

δ_s = Untuk beban yg menimbulkan pergeseran sumbu kolom (angin, gempa)

$$\delta b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1,0$$

$$\delta s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1,0$$

$$P_c = P_{tekuk} = \frac{\pi^2 EI}{kLn}$$

$$EI = \frac{(E_c I_g / 5) + E_s . I_s}{1 + \beta d}$$

$$EI = \frac{(E_c I_g / 3,5)}{1 + \beta d}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

SNI Ps 12.12.3
Kolom hrs
menggunakan
Beban aksial &
momen berfaktor

Contoh Soal kolom bergoyang

[Lihat file D:\BAHAN KULIAH\BETON 2\flow chart kolom bergoyang](#)

[Lihat file D:\BAHAN KULIAH\BETON 2\contoh desain kolom dan pondasi](#)

Perhitungan Analitis Kekuatan Batas Penampang Kolom

Kondisi yg mungkin terjadi :

- Maksimum Aksial Compression Control → tdk terjadi eksentrisitas
- Compression Control → beton mencapai ϵ_{cu} dan $\epsilon_s < \epsilon_y$
- Balanced Control → ϵ_{cu} dan ϵ_y tercapai bersamaan
- Tension Control → ϵ_y tercapai lebih dahulu

Tergantung pada regangan dan tegangan yang terjadi

Contoh soal lihat Salmon hal

Baca contoh soal CK Wang & Salmon section 13 hal 415-448

- Dalam kondisi regangan berimbang (balanced control → section 13.12



- Dalam kondisi kekuatan di daerah tekan (compressive control → section 13.13



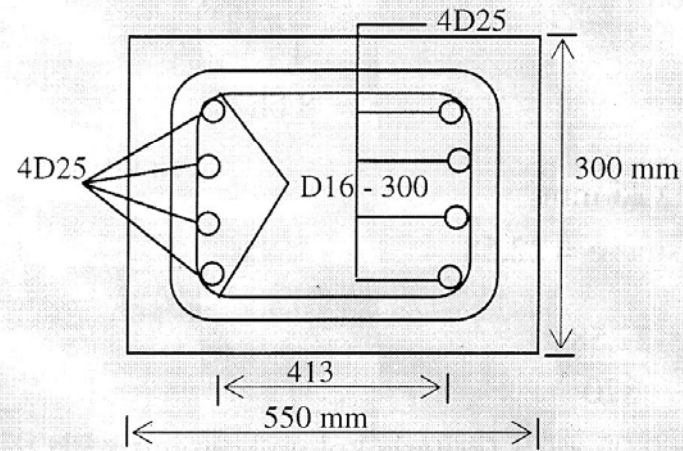
- Dalam kondisi kekuatan di daerah tarik (tension control → section 13.14



Contoh Soal no 2 “ J Thambah “

Contoh Soal – 2

Penampang kolom seperti gambar di bawah ini:



Ref / Standard:

1. Code SK:
SNI T-15-1991-03
2. SNI 1727 – 1984 F

spec material:

$$\text{beton } f'_c = 21 \text{ Mpa.}$$

Baja tulangan,

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Standar / codes:

PB '89 / ACI Code 318 – 83

(dapat anda pilih sendiri)

Pertanyaan:

Hitung besar beban tekan P_b dan hitung juga ekstensitas “balance” e_b untuk suatu kondisi regangan “balance”

Hitung kuat tekan minimal P_n kolom diatas jika diberikan ekstensitas $e = 1$ meter.

Catatan:

Perhitungan harus memakai metode statis – analitis dengan prinsip metode kekuatan (strenght method).

Reganga batas beton , $\epsilon_{cu} = 0,003$

Modulus elastisitas baja tulangan $E_s = 210000 \text{ Mpa}$

$a = 0,80X$, dimana X jarak garis netral dari serat tepi beton yang tertekan dan a adalah panjang “ stress block”

asumsi dari dalam perhitungan dapat ditentukan sendiri.

Solusi 1 Menghitung Besar Beban Tekan P_b

Step 1: Menentukan letak sumbu netral, X_b

$$\begin{aligned} A_s &= A_s' = 4 * \pi/4 (25)^2 \\ &= 1963 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\epsilon_s' = \frac{Xb}{Xb + 68,5} 0,003$$

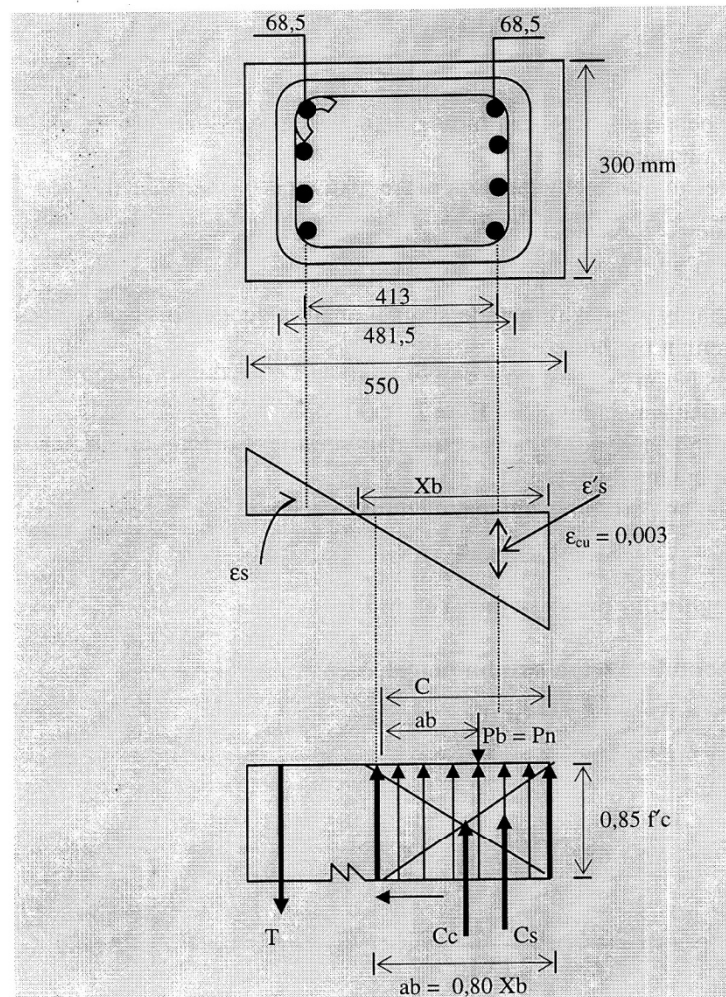
$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \epsilon_{sb} = \frac{f_y}{E_s} = \frac{40000}{2,1 \times 10^8} \\ &= 0,00019 \end{aligned}$$

$$\frac{Xb}{481,5} = \frac{0,003}{0,003 + 0,00019}$$

$$Xb = \frac{0,003}{0,00319} * 481,5 = 452,8 \text{ mm}$$

$$Ab = 0,8 * 452,8$$

$$= 362,3 \text{ mm}$$



Step 2: Menghitung gaya Cc , Cs dan T

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 * 2100 * 0,30 * 0,3623 \\ &= 194 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= 1963 * 10^{-6} * 40000 \\ &= 78,52 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s' &= \frac{452,8}{452,8 + 68,5} * 0,003 = 0,00026 > \epsilon_y \\ &= 0,00019 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$C_s = 1963 * 10^{-6} * 40000 - 0,25 * 2100 * 1963 = 75 \text{ KN}$$

Step 3: Menghitung Pb dan eb

$$\Sigma H = 0 ; P_b + T - C_c - C_s = 0$$

$$\begin{aligned} P_b &= C_c + C_s - T = 194 + 75 - 78,52 \\ &= 190,48 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\Sigma M = 0 \text{ di } S_b \text{ penampang kolom}$$

$$P_b \cdot e_b =$$

$$P_b \cdot e_b = 78,5 * (275 - 68,5) + 194 * (275 - 117,9) + 75(275 - 68,5)$$

$$e_b = 16210,25 + 30477,4 + 15487,5 = 62175 \text{ KN - MM}$$

$$e_b = 326 \text{ mm} , M_b \approx 62 \text{ KN - M}$$

Solusi 2 Menghitung Pn jika e = 1000 mm

Berarti penampang berada dalam kondisi "kontrol " tarik. (dalam keruntuhan tarik).

$$\epsilon_s > \epsilon_y$$

menghitung gaya – gaya dalam Cc, Cs dan T

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot F_y \\ &= 1963 * 40000 * 10^{-6} \\ &= 78,5 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' (f_y - 0,85 f'_c) \\ &= 75 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 2100 \cdot 0,30 \cdot X = 535,5 X; \quad X? \\ \Sigma H &= 0 \text{ (pada penampang kolom)} \end{aligned}$$

$$P_n + T - C_c - C_s = 0$$

$$\begin{aligned} *) P_n &= C_c + C_s - T \\ &= 535,5X + 75 - 78,52 = 535X - 3,52 \end{aligned}$$

(pengaruh tulangan pada beton yang tertekan diperhitungkan)

**) $\Sigma M = 0$; di sumbu tulangan tarik T

$$P_n(1 + 0,2065) - 535,5X(0,4815 - 0,4X) - 75(0,4815 - 0,0685) = 0$$

$$1,2065P_n - 257,84X + 214,2 X^2 - 30,975 = 0$$

$$1,2065(535,5X - 3,52) - 257,84X + 214,2X^2 - 30,975 = 0$$

$$645,48X - 4,25 - 257,84X + 214,2X^2 - 30,475 = 0$$

$$214,2X^2 + 387,64 - 35,22 = 0$$

$$X_{1,2} = \frac{1}{428,4} \left(-387,64 \pm \sqrt{(387,64)^2 + 4 \cdot 214,2 \cdot 35,22} \right)$$

$$X_{1,2} = \frac{1}{428,4} (-387,64 \pm 424,78)$$

$$X_1 = 0,087 \text{ meter}$$

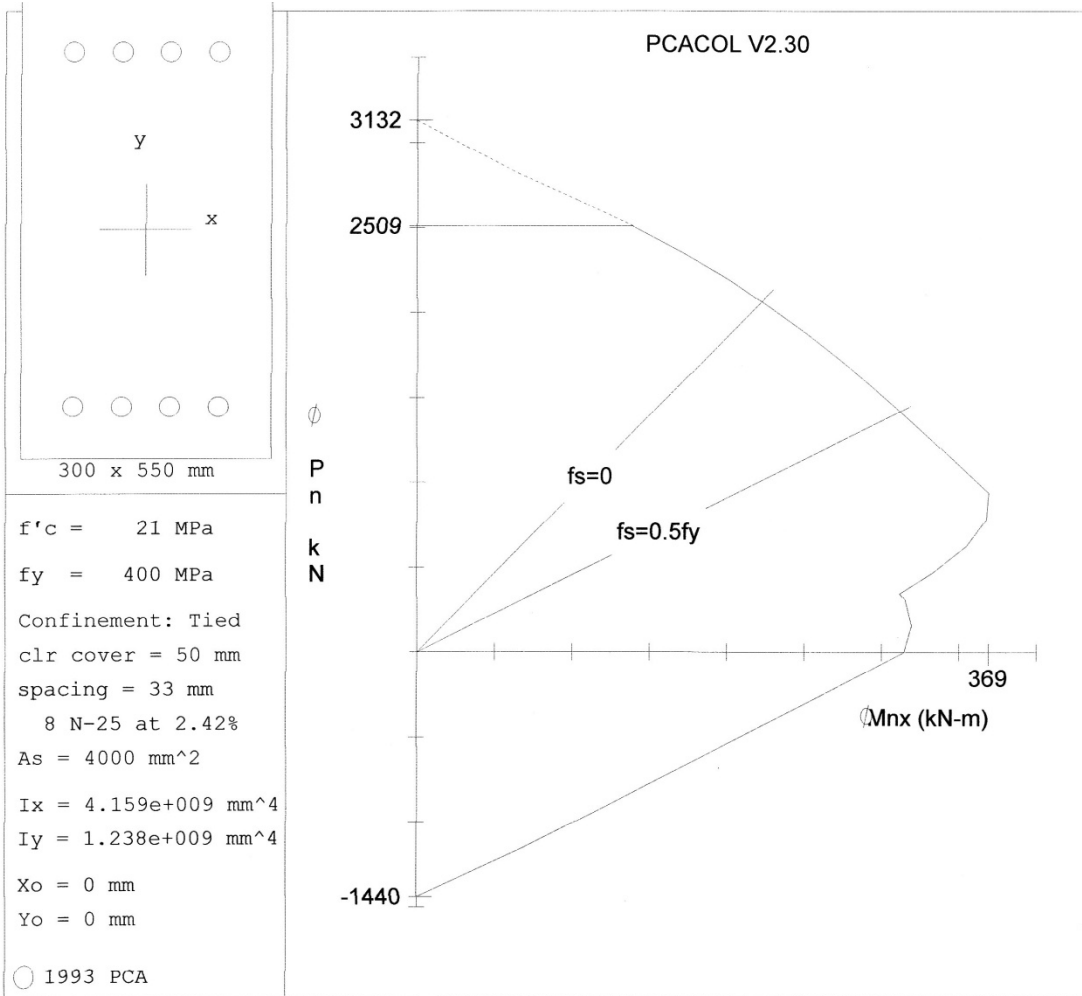
$$\begin{aligned} \text{Jadi } C_c &= 535,5 \cdot 0,087 \\ &= 46,54 \text{ KN} \end{aligned}$$

Kuat rencana adalah:

$$\begin{aligned} P_n &= 535,5 \cdot 0,087 - 3,52 \\ &= 43 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 1,2065 \cdot 43 \\ &= 51,88 \text{ KN - meter,} \end{aligned}$$

$$e = 1000 \text{ mm}$$



Licensed To: Licensee name not yet specified.

File name: UNTITLED.COL

Project: Contoh soa; 2 Thambah

Material Properties:

Column Id:

$E_c = 23168 \text{ MPa}$ $e_u = 0.003 \text{ mm/mm}$

Engineer:

$f_c = 17.85 \text{ MPa}$ $E_s = 199955 \text{ MPa}$

Date: 04/19/10 Time: 16:55:44

$\beta_{t1} = 0.85$

Code: ACI 318-89

Stress Profile: Block

Units: Metric

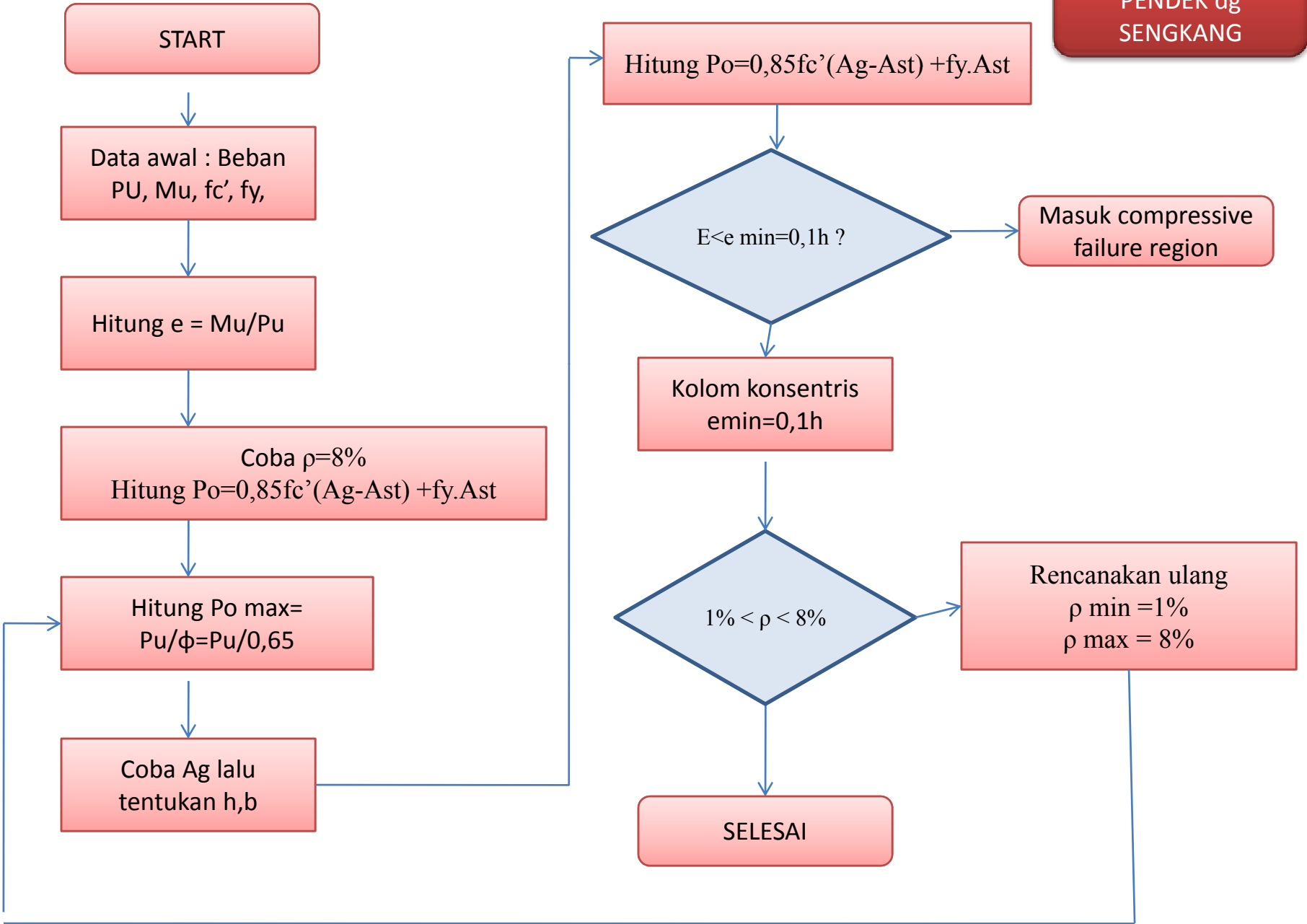
$\phi(c) = 0.70$, $\phi(b) = 0.90$

X-axis slenderness is not considered.

Bandingkan
dengan hasil
pemakaian
Software
PCACOL

- Cara analitis : Memakan waktu lama
 - Untuk pemakaian tertentu
 - Typical diagram interaksi
- Tersedia desain aid :
 1. Buku Bantuan Diagram Interaksi
 - Untuk pemakaian umum
 - Variasi diagram interaksi
 2. Dibantu dengan software “ PCACOL”

**KONTROL KOLOM
PENDEK dg
SENGKANG**



Contoh Soal Ferguson Bab 18.5 / ITS kolom VI-6

Contoh

Rencanakanlah kolom ikat yang pendek jika beban mati total 1300 kN dan beban hidup 1100 kN, momen 56 kN.m (dari beban hidup), $f_c' = 30$ MPa, $f_y = 400$ MPa. Cobalah untuk ρ_t kira-kira 0.03.

Penyelesaian

$$P_u = 1.4 \times 1300 + 1.7 \times 1100 = 3690 \text{ kN} \quad M_u = 1.7 \times 56 = 95.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e = M_u/P_u = 95.2/3690 = 0.0258 \text{ m} = 25.8 \text{ mm}$$

Nampaknya pembebanan menghendaki suatu kolom h jauh lebih besar daripada 250 mm, yang berarti $e/h < 0.10$. Cobalah persamaan di atas dalam bentuk yang pendek :

$$P_{n(\max)} - 0.80 P_{n0} = P_u/\phi = 3690/0.70 = 5271 \text{ kN}$$

$$\text{Diperlukan } P_{n0} = 5271/0.80 = 6589 \text{ kN} = 6.59 \text{ MN}$$

$$P_{n0} = 0.85 f_c' A_g + (f_y - 0.85 f_c') A_{st}$$

$$= 0.85 \times 30 A_g + (400 - 0.85 \times 30) 0.03 A_g = 36.7 A_g = 6.59$$

$$A_g = 0.180 \text{ m}^2 \quad h = \sqrt{0.18} = 0.424 \text{ m} = 424 \text{ mm}$$

$$e/h = 25.8/424 = 0.061 < 0.10 \text{ Persamaan yang dipakai menentukan.}$$

$$\text{PAKAI kolom } 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \quad A_g = 202.5 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 0.2025 \text{ m}^2$$

Kembali ke persamaan P_{n0}

$$0.85 \times 30 \times 0.2025 + (400 - 0.85 \times 30) A_{st} = 6.59, \quad A_{st} = 3.808 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 3808 \text{ mm}^2$$

$$\text{PAKAI } 6\text{-}\#30 = 4200 \text{ mm}^2$$

PAKAI 3 tulangan pada muka-muka yang berlawanan

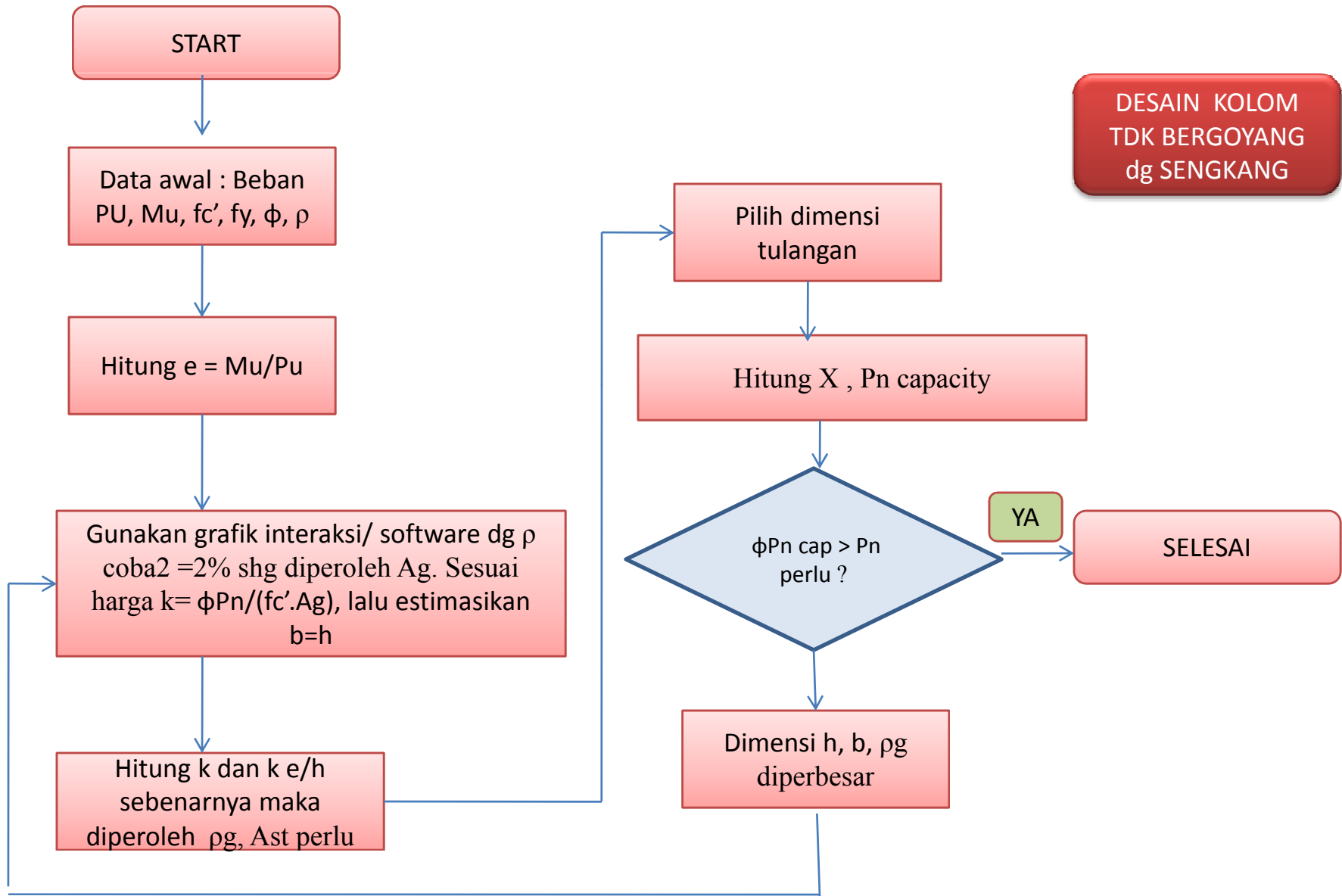
$$\begin{aligned} \text{Untuk sengkang } \neq 10, \text{ jarak bersih tulangan} &= \frac{1}{2}(450 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 3 \times 30) \\ &= 130 \text{ mm} < 150 \text{ mm max.}) \end{aligned}$$

Satu sengkang sekeliling tulangan cukup

$$\text{Jarak } h = 450 \text{ mm} \quad 48 \text{ sengkang } d_b = 450 \text{ mm} \quad 16 d_b \text{ tulangan} = 480 \text{ mm}$$

PAKAI sengkang $\neq 10$ pada jarak 450 mm dari pusat ke pusat.

Perhitungan-perhitungan ini jelas lebih pendek daripada penyelesaian secara umum pada Bab 18-10, bahkan walaupun di situ digunakan grafik-grafik interaksi.



Contoh Soal Salmon 13.16.3 Bab 18.5 / ITS kolom VI-6

CONTOH SOAL 13.16.3 Rencanakanlah suatu kolom bujur sangkar dengan pengikat yang mengandung penulangan sebesar 2% di dalam memikul beban tekan aksial 710 kN dan momen lentur 63 kN·m akibat beban mati, ditambah tekan aksial 510 kN dan momen lentur 33 kN·m akibat beban hidup. Gunakan $f'_c = 30$ MPa, $f_y = 400$ MPa, dan Peraturan ACI.

Jawab: (a) Terapkan faktor beban lebih dan hitung eksentrisitas.

$$P_u = 1,4(710) + 1,7(510) = 1861 \text{ kN}$$

$$M_u = 1,4(63) + 1,7(33) = 144 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$e = \frac{144(1000)}{1861} = 77,4 \text{ mm}$$

(b) Taksir e/h dan gunakan grafik interaksi kekuatan, Gambar 13.16.4. Grafik mencakup $P_u = \phi P_n = 0,70P_n$. Perhatikan bahwa harga-harga grafik untuk $f'_c = 4000 \text{ lb/inci}^2$ dan $f_y = 60.000 \text{ lb/inci}^2$ mendekati harga-harga yang diberikan dalam data metrik, atau *Canadian Metric Design Handbook* [18] dapat digunakan. Grafik ini adalah untuk $\gamma = 0,75$. Coba $e/h = 0,2$ dengan $\rho_g = 0,02$. Dari grafik, dapatkanlah

$$K = \frac{\phi P_n}{f'_c A_g} = 0,52$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{1861(1000)}{30(0,52)} = 119.300 \text{ mm}^2$$

Coba penampang bujur sangkar dengan sisi 360 mm ($A_g = 129.600 \text{ mm}^2$).

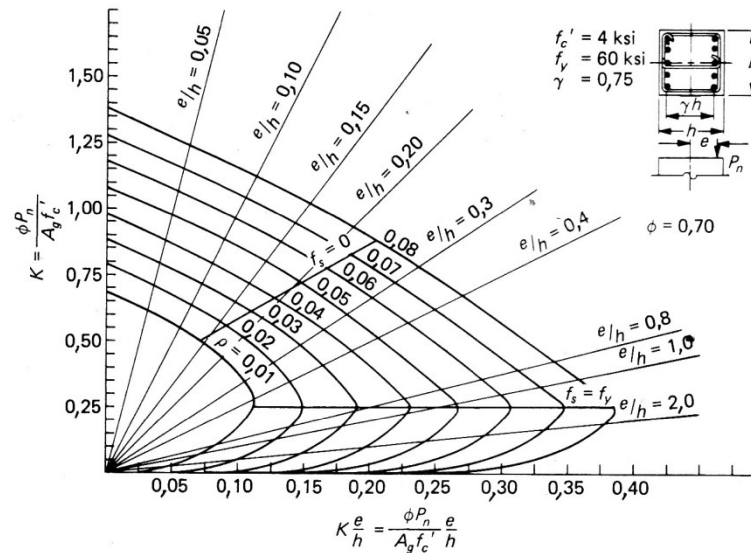
$$\frac{e}{h} = \frac{77,4}{360} = 0,215$$

$$\gamma = \frac{360 - \approx 2(65)}{360} = 0,64 < 0,75$$

Hasil yang diperoleh sebegitu jauh sedikit berada di dalam pihak yang tidak konservatif sebab diperoleh dengan berdasarkan grafik untuk mana batang tulangan ditempatkan pada sisi dengan jarak yang lebih besar dibandingkan dengan yang sebetulnya.

$$K \text{ sebenarnya} = \frac{P_u}{f'_c b h} = \frac{1861}{30(129,6)} = 0,48$$

$$K \frac{e}{h} \text{ sebenarnya} = 0,48(0,215) = 0,103$$



Gambar 13.16.4 Diagram interaksi kekuatan cirian yang tak berdimensi (diambil dari Referensi 26).

Dengan dua koordinat ini, dari Gambar 13.16.4 diperoleh $\rho_g = 0,02$.

$$A_{st} \text{ perlu} = 0,02(129.600) = 2592 \text{ mm}^2$$

Pilih tulangan 6-#25M dari Tabel 1.12.2, $A_{st} = 3000 \text{ mm}^2$.

(c) Periksa dengan statika. Berdasarkan perbandingan e/h dan kurva dalam Gambar 13.16.4, jawaban diharapkan di dalam daerah tekan menentukan. Dari Gambar 13.16.5,

$$C_c \doteq 0,85f'_c b a = 0,85(30)(360)a_{1000} = 9,18a$$

$$a = \beta_1 x = 0,85x \text{ (lihat catatan kaki, Pasal 3.3)}$$

$$C_c = 7,80x$$

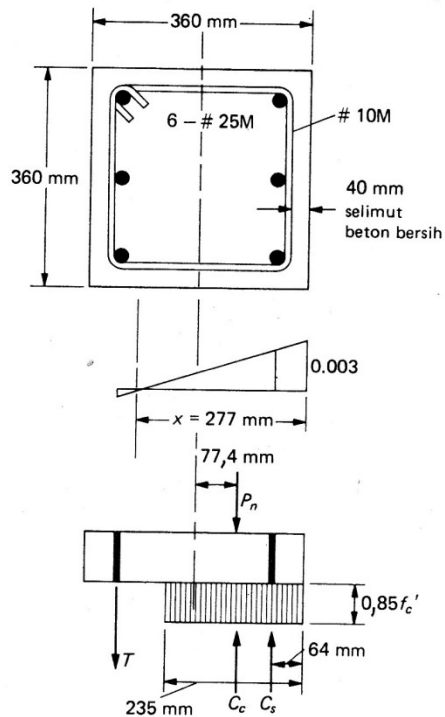
Misalkan tulangan tekan meleleh,

$$C_s = 3(500) [400 - 0,85(30)] \frac{1}{1000} = 562 \text{ kN}$$

Dengan mengambil $E_s = 200.000 \text{ MPa}$,

$$T = 3(500) \left(\frac{296 - x}{x} \right) (0,003) (200.000) \frac{1}{1000}$$

$$T = \frac{266.400 - 900x}{x}$$



Gambar 13.16.5 Penampang untuk Contoh Soal 13.16.3.

Pengambilan momen terhadap P_n memberikan

$$T(296 - 102,6) + C_s(102,6 - 64) + C_c(102,6 - 0,425x) = 0$$

$$\frac{266.400 - 900x}{x}(193,4) + 562(38,6) + 7,80x(102,6 - 0,425x) = 0$$

$$x^3 - 241x^2 + 45.960x - 15.542.000 = 0$$

$$x = 277 \text{ mm}$$

Periksa regangan.

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200.000} = 0,00200$$

Pada C_s ,

$$\epsilon'_s = 0,003 \left(\frac{277 - 64}{277} \right) = 0,00231 > \epsilon_y \text{ (tulangan tekan meleleh)}$$

Pada T ,

$$\epsilon_s = 0,003 \left(\frac{296 - 277}{277} \right) = 0,00021 < \epsilon_y$$

Tulangan ini berada dalam keadaan tarik, namun tidak meleleh; kekuatan penampang berada di dalam daerah tekan menentukan.

Hitung gaya-gaya:

$$C_c = 7,80x = 7,80(277) = 2161$$

$$C_s = 562$$

$$T = 3(500)(0,00021)(200) = -63$$

$$P_n = 2660 \text{ kN}$$

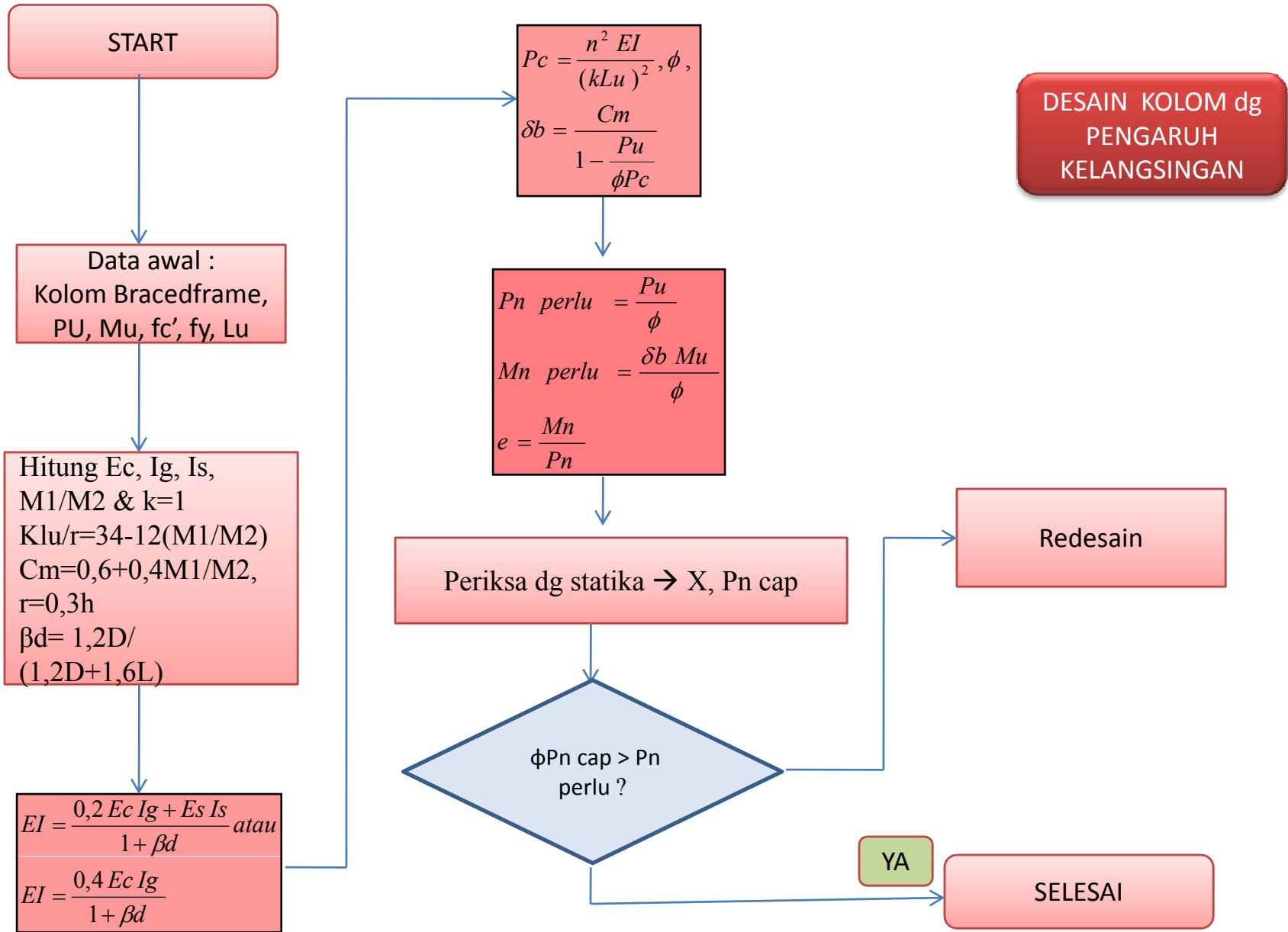
$$\phi P_n = 0,70(2660) = 1862 \text{ kN} \approx P_u = 1861 \text{ kN} \text{ disyaratkan} \quad \text{OK}$$

Periksa dengan mengambil momen terhadap titik pusat plastis:

$$2660(77,4) = 2161[180 - 0,5(235)] + 562(116) + 63(116)$$

$$205.900 \approx 207.500 \quad \text{OK}$$

Gunakan kolom bujur sangkar dengan sisi 360 mm dan tulangan 6-#25 M, seperti terlihat dalam Gambar 13.16.5.



Contoh Soal ITS kolom VI-14