

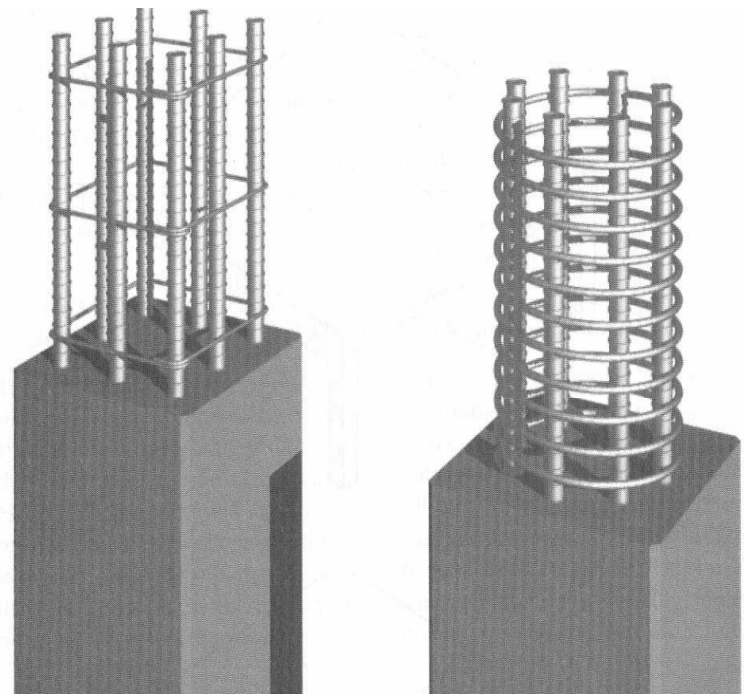
# KOLOM BETON BERTULANG



Norman Ray  
Surabaya Adhi Tama Technology of Institute

# Aturan Yang Dipakai

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



# Referensi Yang Digunakan

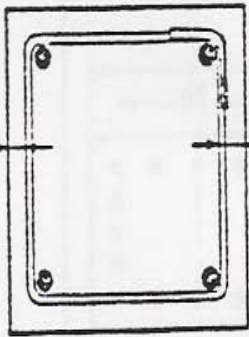
- *ACI-318M-1999*
- *Chu-Kia Wang ,Charles G.Salmon ,”Reinforced Concrete Design” Six Editon,1998*
- *Edward G.Nawy , ”Reinforced Concrete a fundamental Approach ”1996*
- *Tata cara perencanaan struktur beton untuk Bangunan Gedung ,SNI 03-2847- 2002*
- *Tata cara Perencanaan Ketahanan gempa untuk Bangunan 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

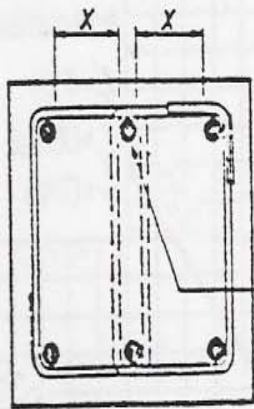
- *Perhitungan panjang tekuk lebih terperinci*
- *Dibedakan antara kolom panjang dan pendek*
- *Beda pengaruh antara momen single curvature dan double curvature*
- *Beda pengaruh sitem braced dan unbraced*
- *Eksentrisitas lebih untuk  $M_s$*
- *Pengaruh rangkai diperhitungkan*

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



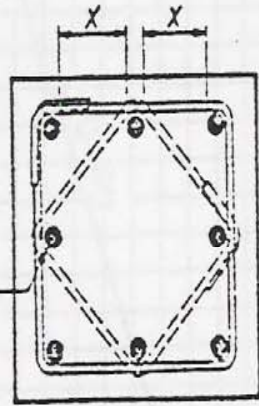
4-BARS

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

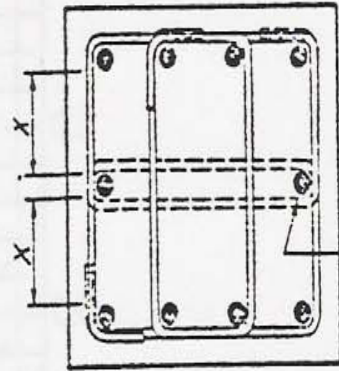


6-BARS

Note 1

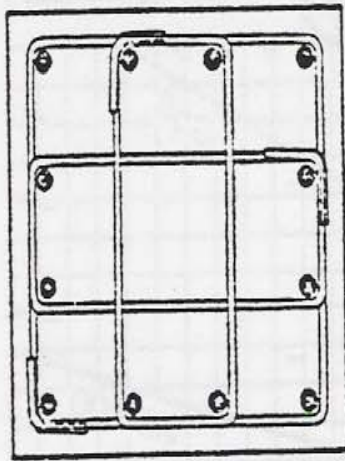


8-BARS

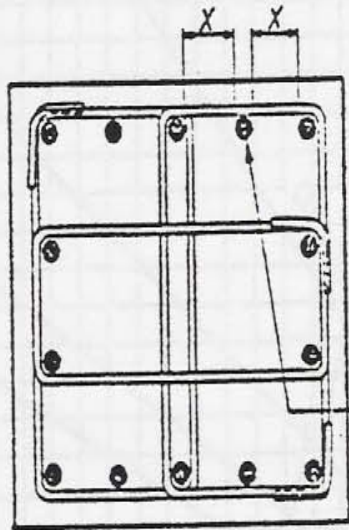


10-BARS

Note 1

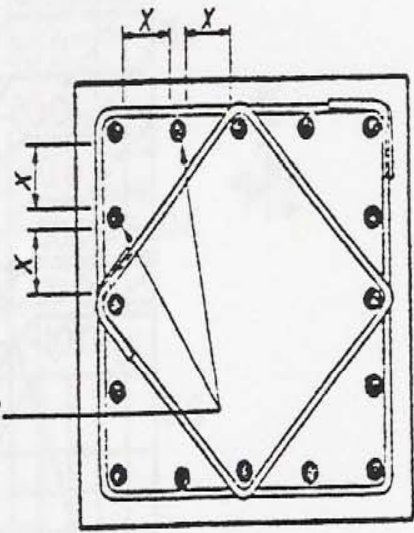


12-BARS



14-BARS

Note 2



16-BARS

# Format Keamanan LRFD (load resistance factor design) Ps 11.1

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

$$\phi R \geq U$$

Nilai  $\lambda$  untuk salah satu kondisi :

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

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

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

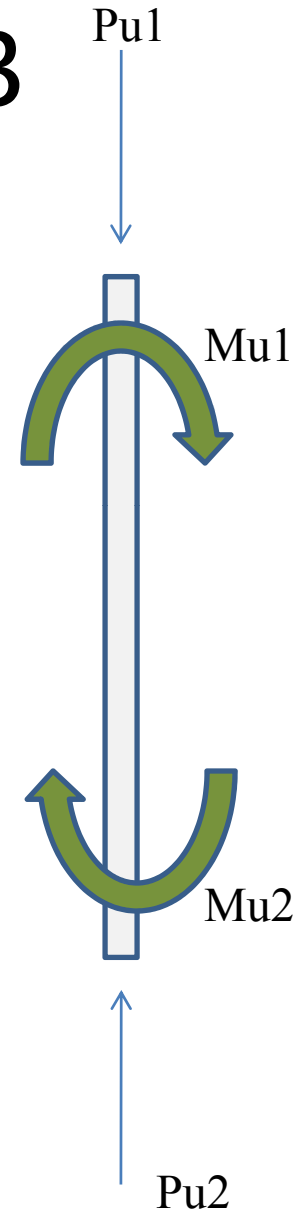
# Kuat Rencana ( $\phi$ ) Ps 11.3

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

*Beban  $Pu2$  dan  $Mu2$*

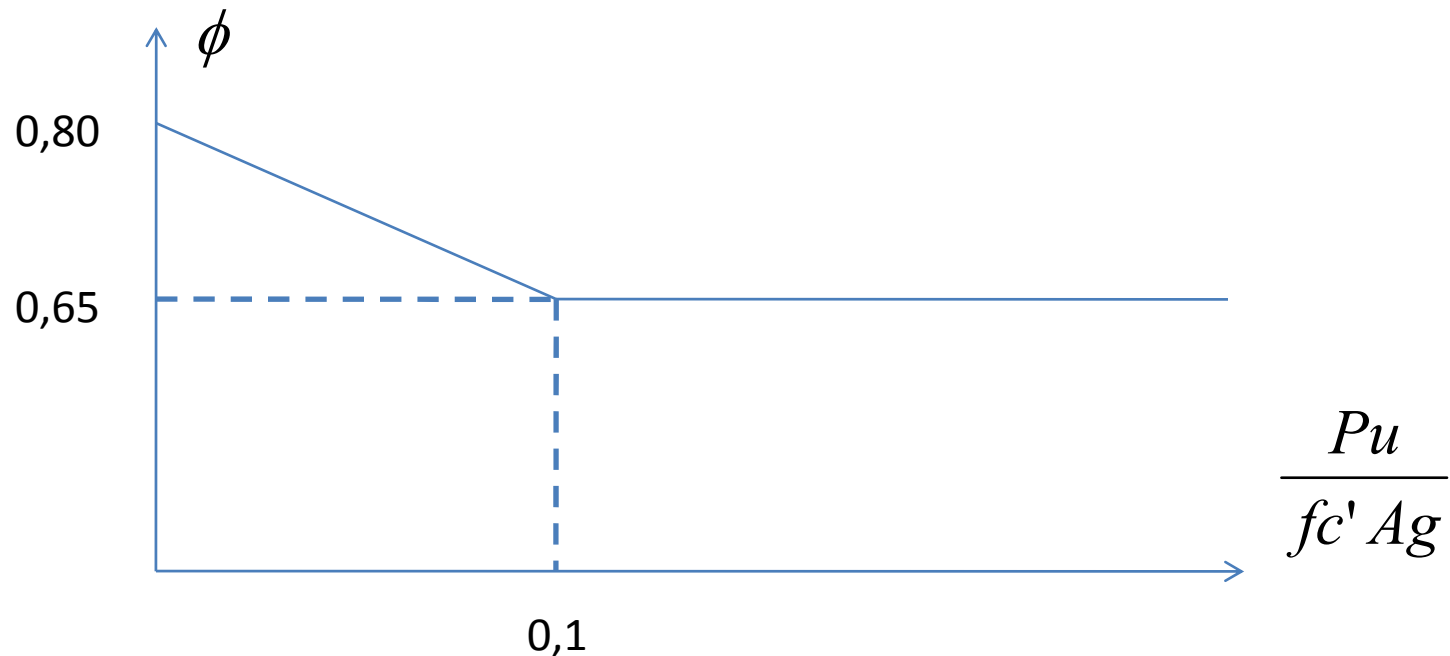
*Kekuatan nominal*

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



# Factor reduksi ( $\phi$ )

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





*Dalam SKSNI 2002 kolom dibedakan menjadi 2 :*

- Kolom pendek → tidak ada bahaya tekuk*
- Kolom panjang → ada bahaya tekuk*

*Batasan kolom pendek-panjang :*

*Ukuran kelangsingan kolom*

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

## Jenis Sistem pd Kolom Pendek

- *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)

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

- *Kolom beugel*

$$\phi P_n = 0,8. \phi[0,85.fc'(A_g - A_{st}) + f_y.A_{st}]$$

→ *Ps12.3.5.2*

- *Kolom Spiral*

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

→ *Ps12.3.5.1*

Po



# Kolom Beugel

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

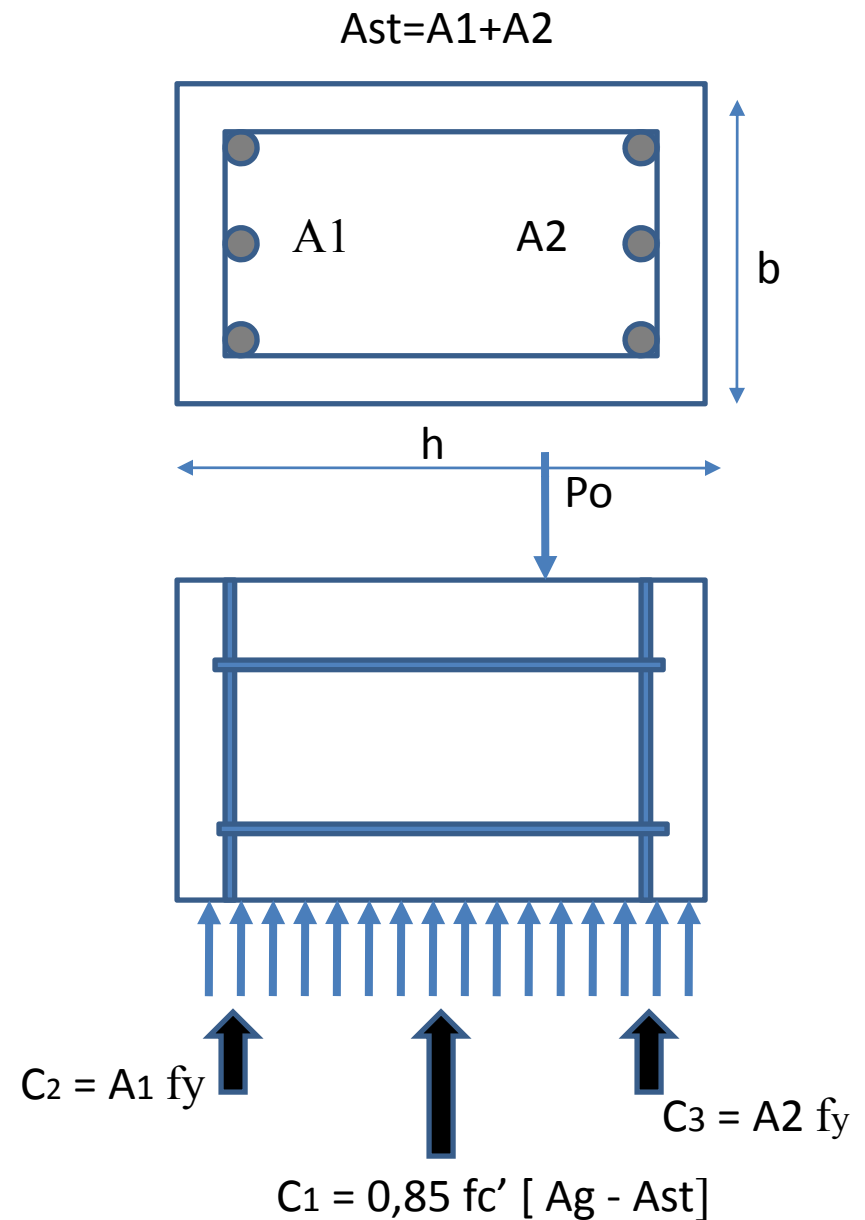
→ Kolom sengkang persegi

SNI 03-2847-2002 Ps 12.3.5

atau

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

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



## Pn maks

- *Dalam praktek eksentrisitas (e)=0 tidak ada, harus diperhitungkan adanya e, sehingga :*
- *$Pn maks = 0,85.Po$  ( kolom spiral )*
- *$Pn maks = 0,80.Po$  ( kolom bersengkang )*
- *$e min = 0,05 h$  ( kolom spiral )*
- *$e min = 0,1 h$  ( kolom bersengkang )*

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

- *Tergantung pada faktor jepitan ( $\psi$ )*
- *$\psi_A$  = faktor jepitan kolom atas*
- *$\psi_B$  = faktor jepitan kolom bawah*
- *Dimana persamaan untuk  $\psi$*

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

# Sistem Braced & Unbraced

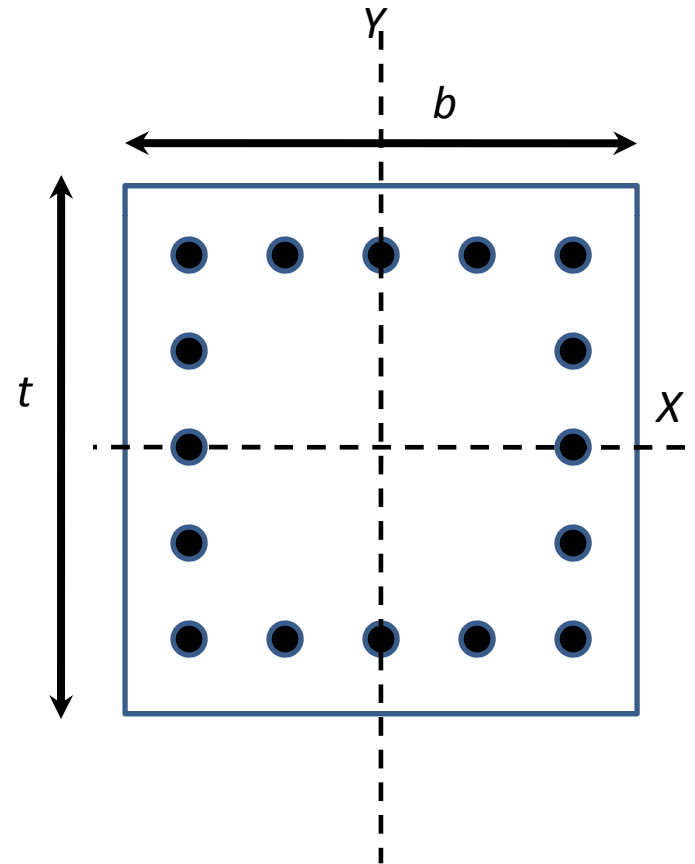
- Sistem Braced
  - Tidak ada pergoyangan
  - $k$  (faktor pengaruh jepitan)  $\leq 1$
- Sistem Unbraced
  - Ada Pergoyangan ( bahaya tekuk lebih besar )
  - $k$  (faktor pengaruh jepitan)  $> 1$



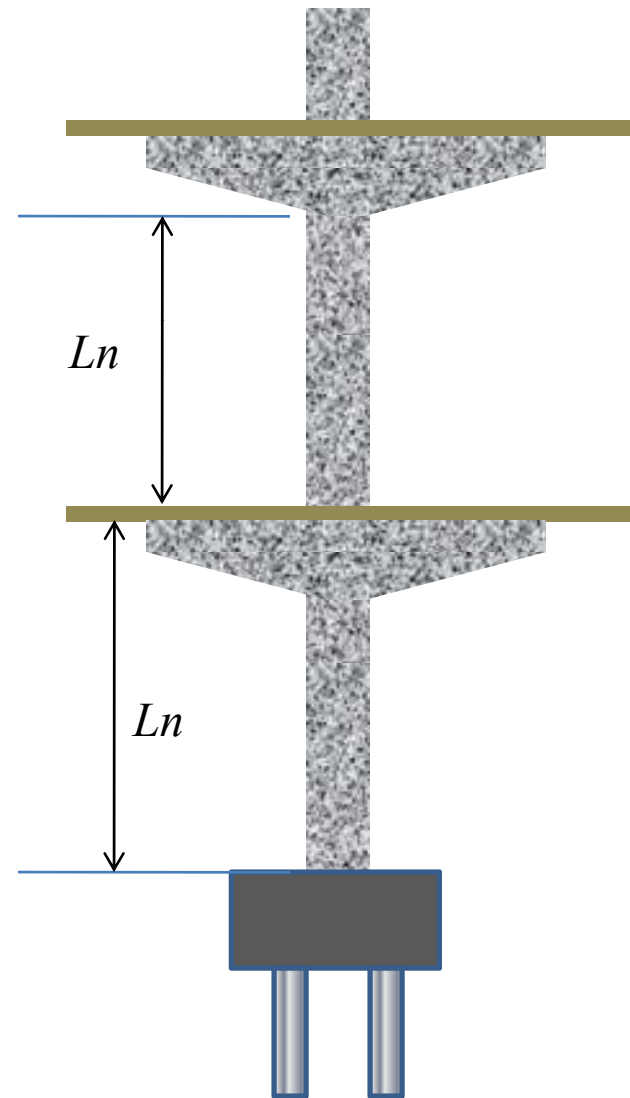
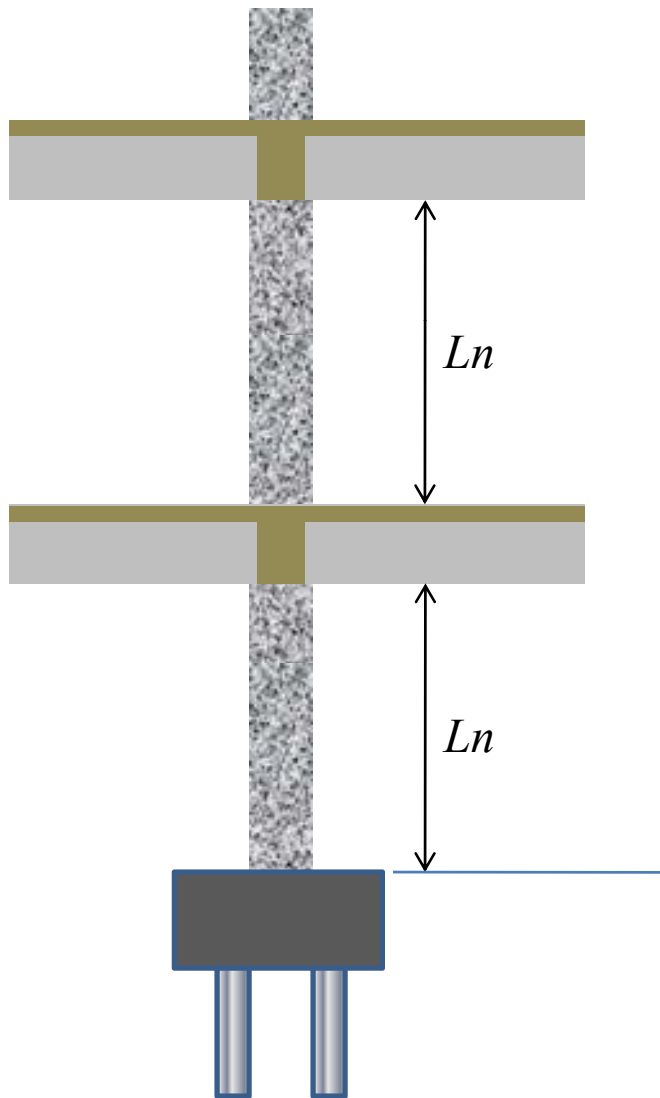
# Jari – Jari Girasi Penampang Kolom (r)

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

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



# Panjang Kolom ( $L_n$ )



## Batas % Tulangan Longitudinal (SNI 2002 Ps 12.9)

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

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

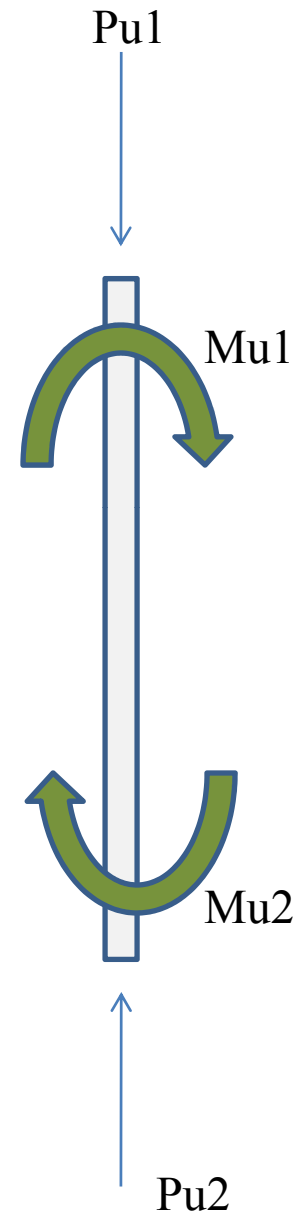
$$\rho_s = \frac{A_s}{A_g}$$

## Momen ujung kolom bergoyang (SNI Ps 12.13)

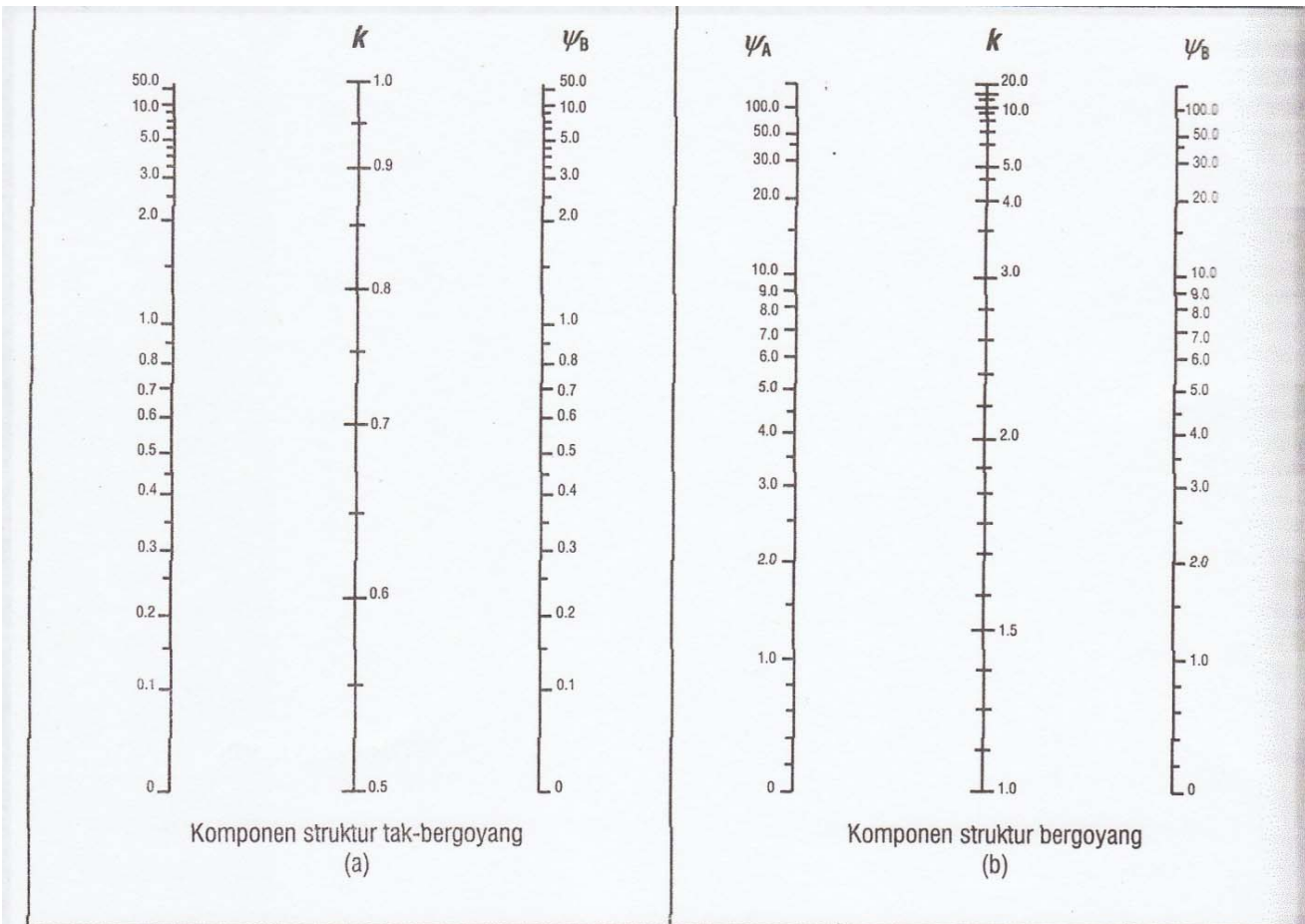
- $[ M_{1b} ] < [ M_{2b} ]$  ( akibat beban tetap )
- $[ M_{1s} ] < [ M_{2s} ]$  ( akibat pergoyangan)

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

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



# Diagram Bantu Penentu Nilai k



**CATATAN:**

$\psi$  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.

$\ell$  panjang bentang dari komponen struktur lentur yang diukur dari pusat ke pusat *joint*.

$\psi_A$  dan  $\psi_B$  nilai-nilai  $\psi$  pada kedua ujung kolom.

**Gambar 5—Faktor panjang efektif, k**

Harga k diperoleh dengan memasukkan harga  $\psi_a$  dan  $\psi_b$  pada diagram ini

# Perhitungan Analitis Kekuatan Batas Penampang Kolom

Kondisi yg mungkin terjadi :

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



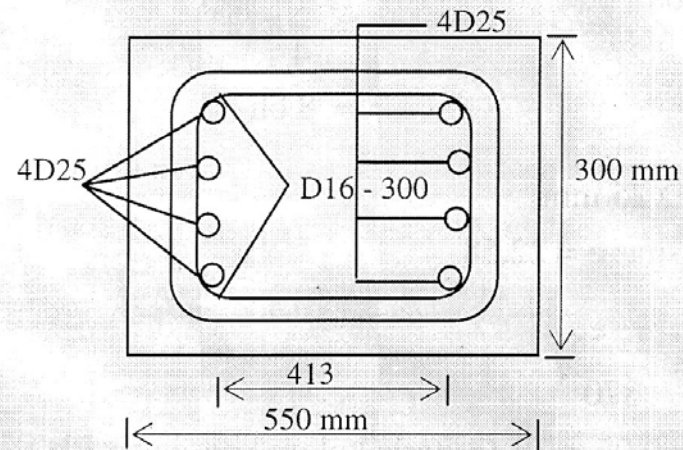
- Dalam kondisi kekuatan di daerah tarik (tension control → section 13.14



# 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,  $X_b$**

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

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

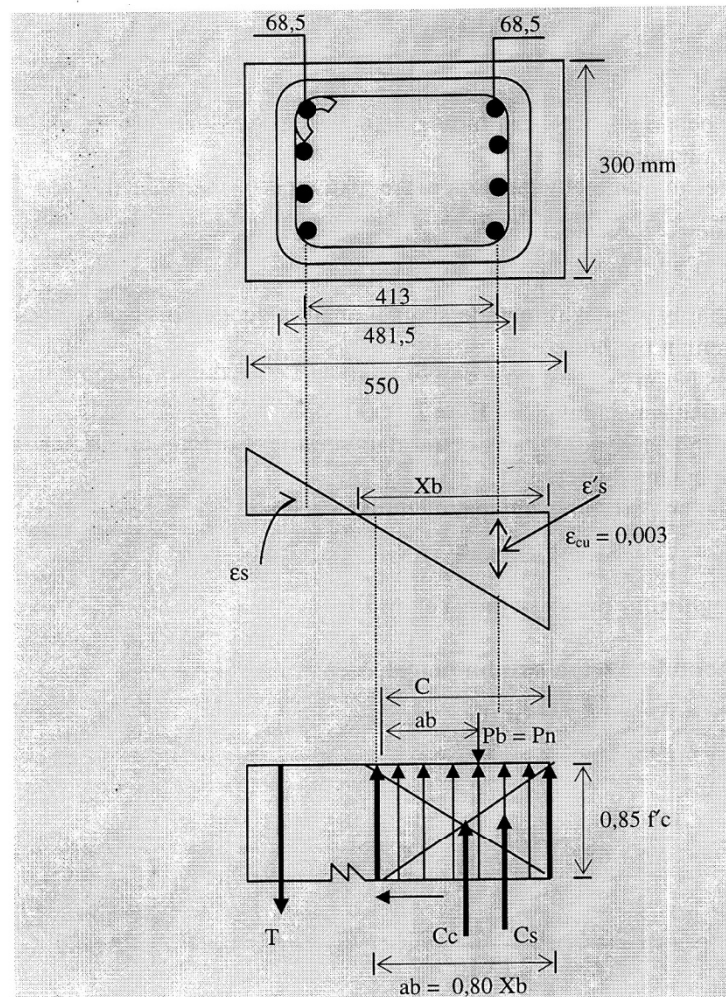
$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \epsilon_{sb} = \frac{f_y}{E_s} = \frac{40000}{2,1 \times 10^8} \\ &= 0,00019 \end{aligned}$$

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

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

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

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



**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**

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

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

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

$$P_b \cdot e_b =$$

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

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

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

**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:

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

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

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

- 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”

# Kolom Panjang

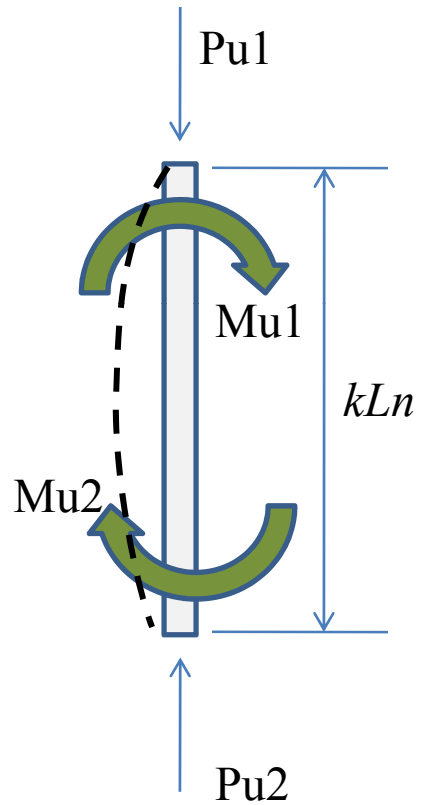
$$M_{u2} = M_{2b} + M_{2s}$$

- 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 panjang

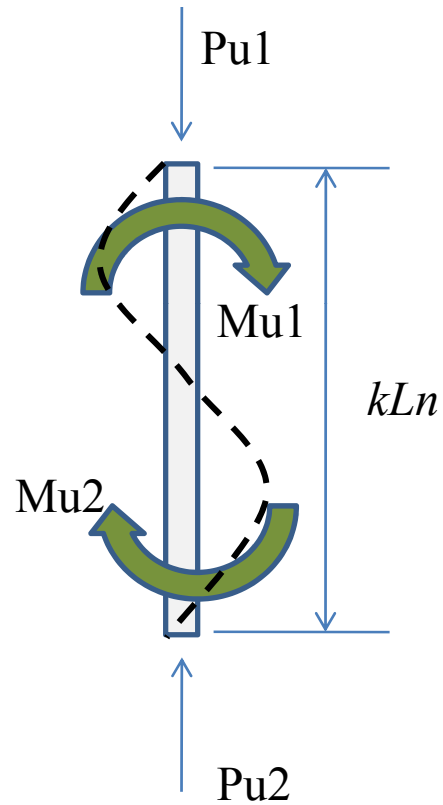
- $e_{\min} = ( 15 + 0,03 h )$  mm sebagai dasar eksentrisitas untuk magnification

# Curvature



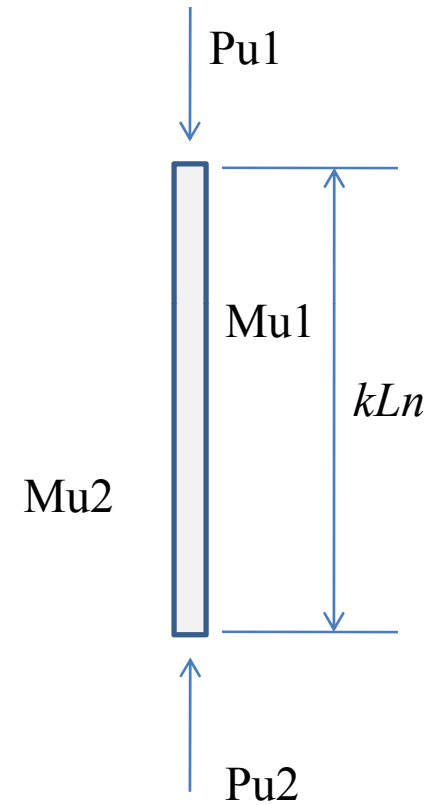
Single Curvature

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



Double Curvature

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



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



# Magnification Factor

$\delta_b$  dan  $\delta_s$  = Pembesar eksentrisitas awal untuk mengamankan bahaya tekuk

$\delta_b$  = Untuk Sistem Braced atau beban yg tdk menimbulkan pergeseran sumbu kolom

$\delta_s$  = Untuk beban yg menimbulkan pergeseran sumbu kolom ( angin, gempa )

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

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

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

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

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

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

**KONTROL KOLOM  
PENDEK dg  
SENGKANG**

