

# MODUL - 7

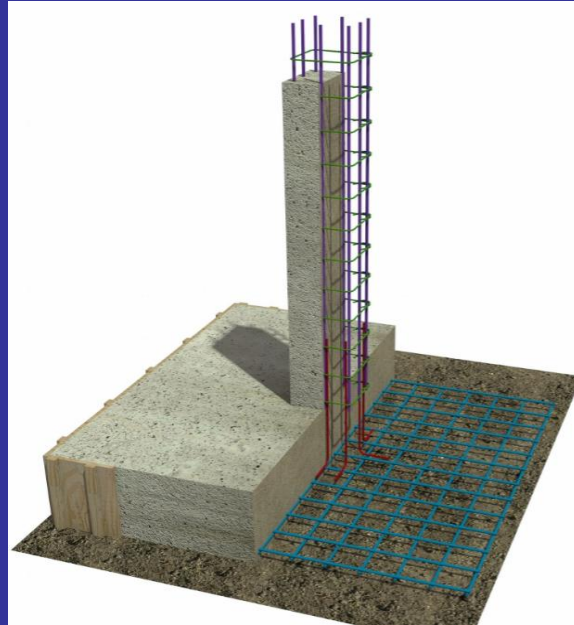
## KOMBINASI GAYA AKSIAL DAN LENTUR (BEBAN UNIAKSIAL)

Oleh

Ir. Darmansyah Tjitradi, ST., MT.

### Capaian Pembelajaran Matakuliah:

- Mahasiswa mampu memahami jenis-jenis dan perilaku kolom dan syarat-syarat kolom menurut SNI
- Mahasiswa mampu mendesain tulangan geser kolom uniaksial menurut SNI



## Pile materials



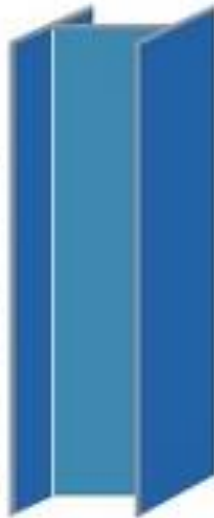
Timber

**Timber**



Steel Pipe

**Steel**



Steel H



Concrete



Pre-cast  
Concrete

**Concrete**



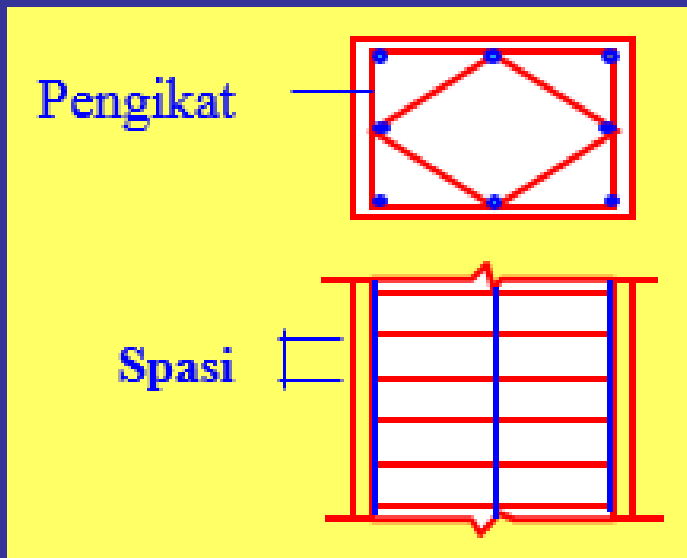
Composite

# JENIS KOLOM

## MENURUT WANG DAN FERGUSON (1986)

### Kolom Ikat (*tied column*)

Biasanya berbentuk bujursangkar persegi atau lingkaran, dimana tulangan utama memanjang kedudukannya dipegang oleh pengikat lateral terpisah yang umumnya ditempatkan pada jarak 12 sampai 24 inci (300 mm s/d 600 mm)

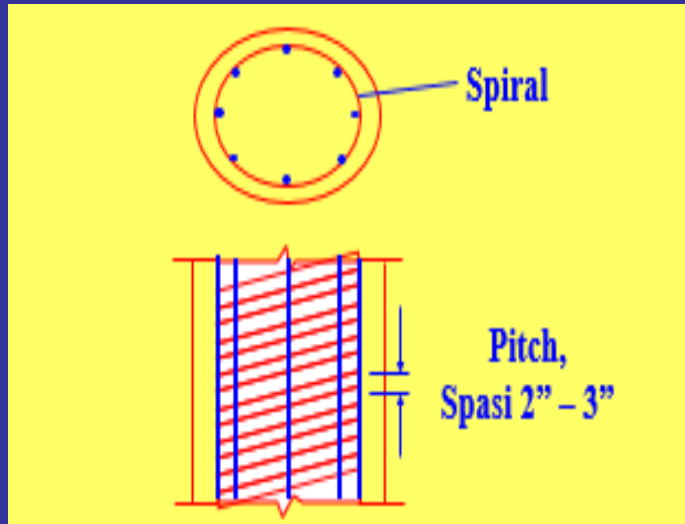


# JENIS KOLOM

MENURUT WANG (1986) DAN FERGUSON (1986)

## Kolom Spiral (*spiral column*)

Umumnya jenis kolom yang berbentuk bujur sangkar atau lingkaran, dimana tulangan memanjang disusun membentuk lingkaran dan diikat oleh spiral yang ditempatkan secara menerus dengan *pitch* sebesar 2 sampai 3 inci (50 s/d 70 mm)





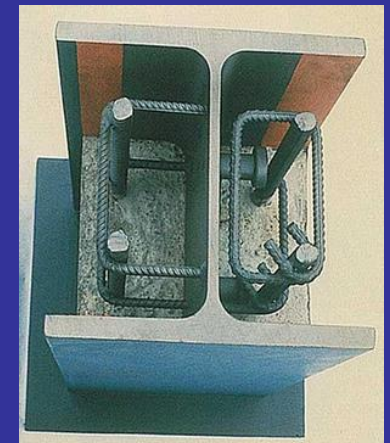
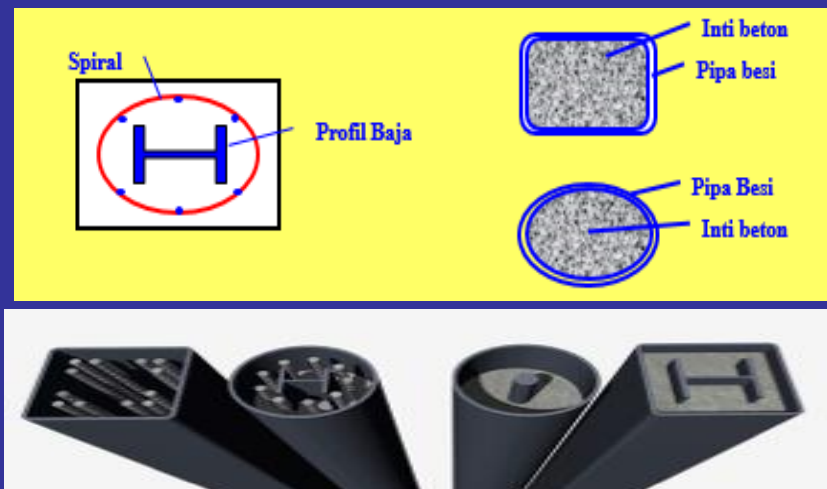
# JENIS KOLOM

MENURUT WANG (1986) DAN FERGUSON (1986)

## Kolom Komposit (*Composite column*)

Merupakan jenis yang memakai profil baja struktur, pipa, atau tube, tanpa atau dengan penulangan memanjang tambahan.

Kolom komposit biasanya mempunyai profil baja struktur yang sepenuhnya diliputi oleh beton yang selanjutnya diperkuat dengan penulangan memanjang dan melintang (spiral atau pengikat).

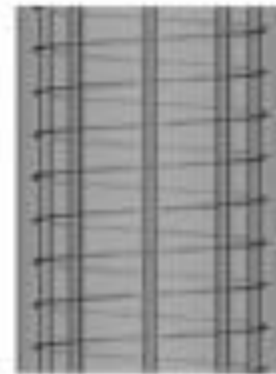
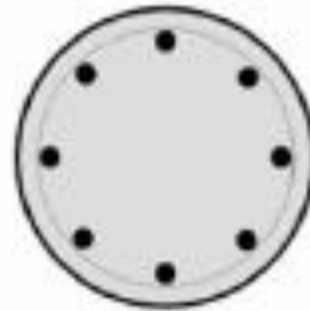


# JENIS KOLOM

MENURUT WANG (1986) DAN FERGUSON (1986)



(a) Rectangular tied Column



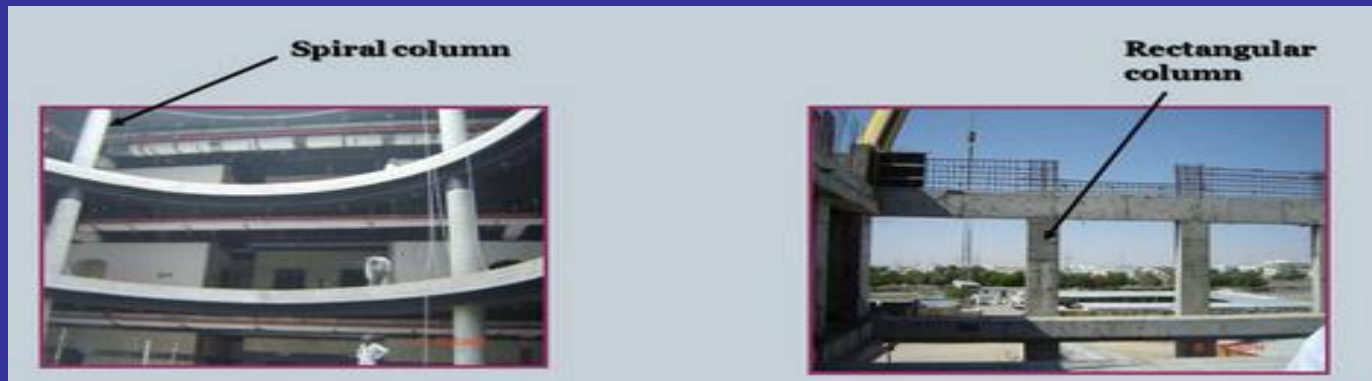
(b) Round spiral Column

# JENIS KOLOM

## MENURUT NAWY (1990)

### Kolom berdasarkan bentuk dan susunan tulangan:

1. Kolom Segiempat atau bujursangkar, dengan tulangan memanjang dan sengkang ikat,
2. Kolom Bundar, dengan tulangan memanjang serta tulangan lateral yang berupa spiral
3. Kolom Komposit, yang terdiri atas beton dan profil baja struktural di dalamnya.





# JENIS KOLOM

MENURUT NAWY (1990).

Berdasarkan posisi beban yang bekerja terhadap penampang melintang:

1. Kolom yang mengalami beban sentris berarti tidak mengalami momen lentur
2. Kolom dengan beban ekstentris selain mengalami beban aksial juga bekerja momen lentur.





**Berikan**  
**Komentar ????**

# **JENIS KOLOM**

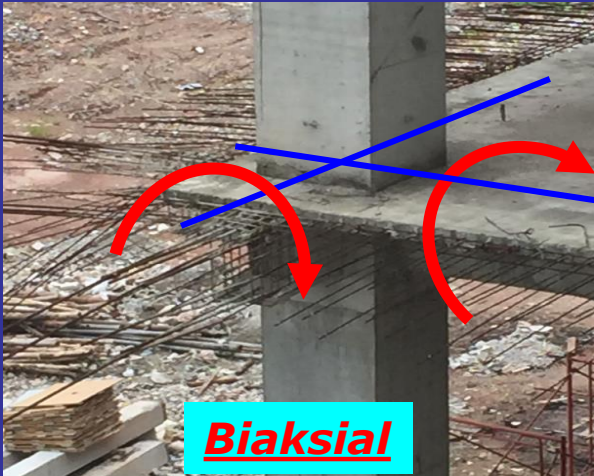
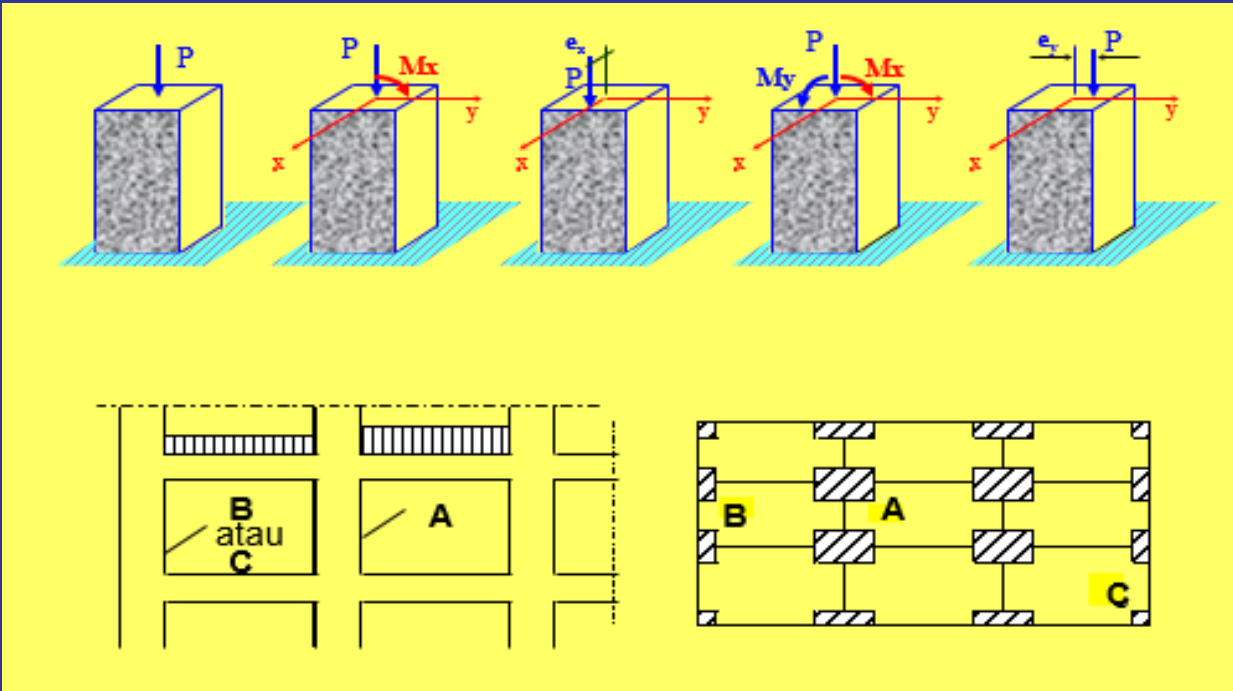
## **MENURUT NAWY (1990).**

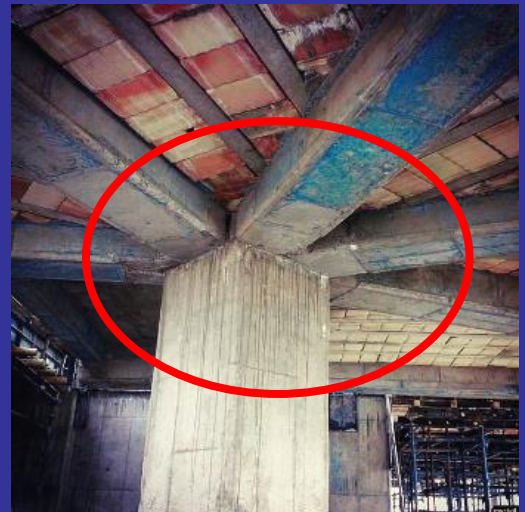
**Momen ini dapat dikonversikan menjadi satu beban  $P$  dengan eksentrisitas  $e$ .**

**Momen lentur ini dapat bersumbu tunggal (uniaksial) seperti dalam hal kolom interior dan eksterior bangunan, yaitu kolom A dan B, dimana beban panel yang bersebelahan tidak sama.**

**Kolom dianggap bersumbu rangkap (biaksial) apabila lenturnya terjadi terhadap sumbu  $x$  dan  $y$  seperti dalam hal kolom pojok (C).**







***Berikan Komenta r ????***



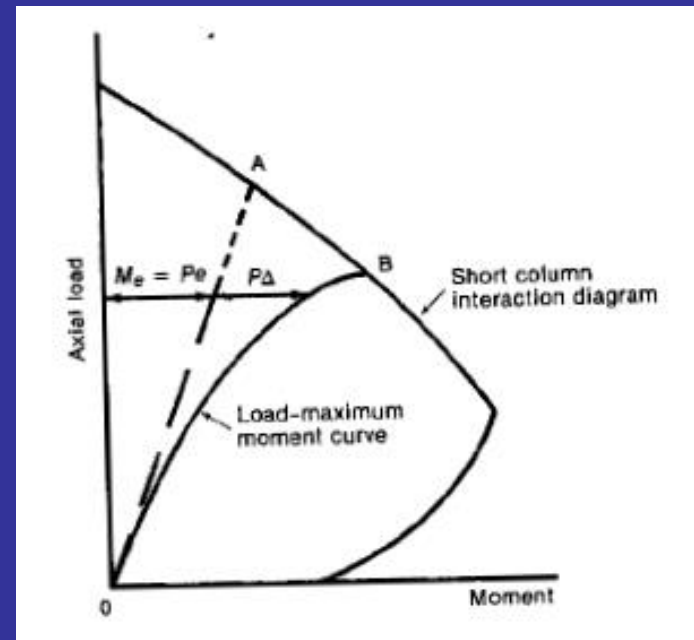
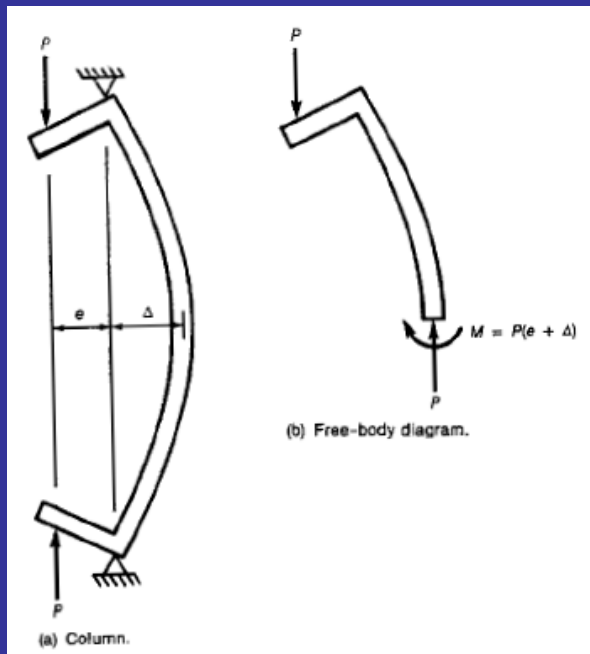
# Berdasarkan Panjang Kolom:

## 1. Kolom Pendek (*Short Column*)

Apabila kolom runtuh karena kegagalan materialnya (yaitu lelehnya baja atau hancurnya beton)

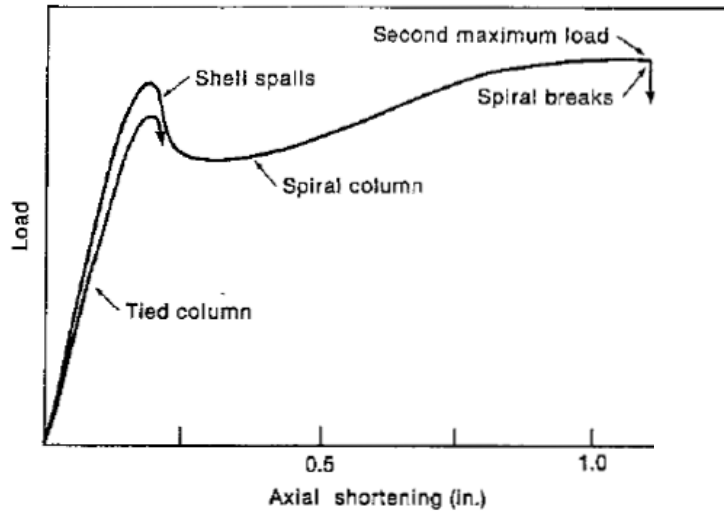
## 2. Kolom Panjang (*Long Column*)

Apabila panjang kolom bertambah kemungkinan kolom runtuh karena tekuk semakin besar

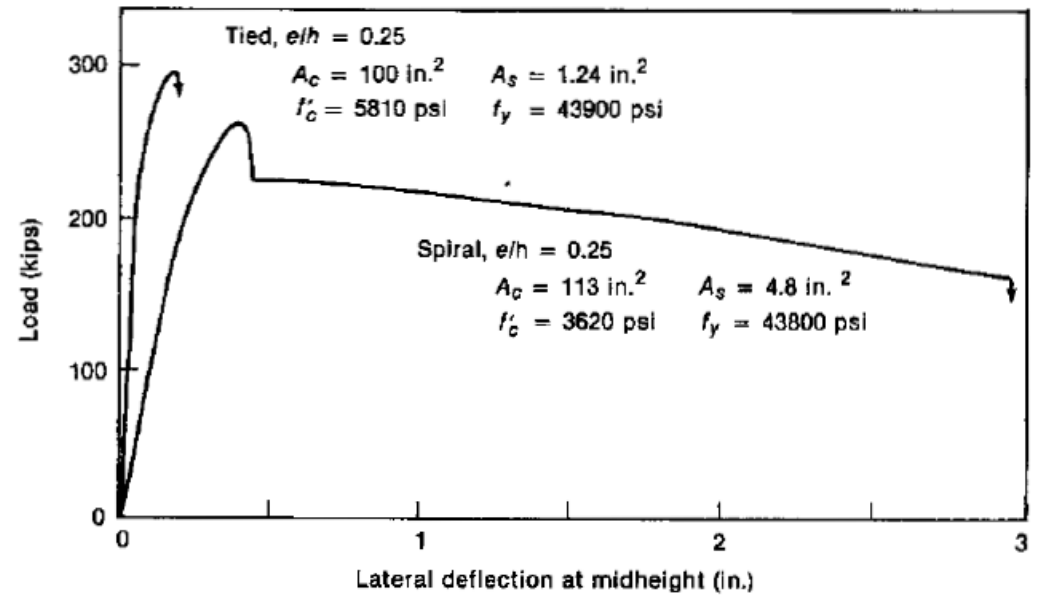




# PERILAKU KERUNTUHAN KOLOM AKIBAT TULANGAN GESER

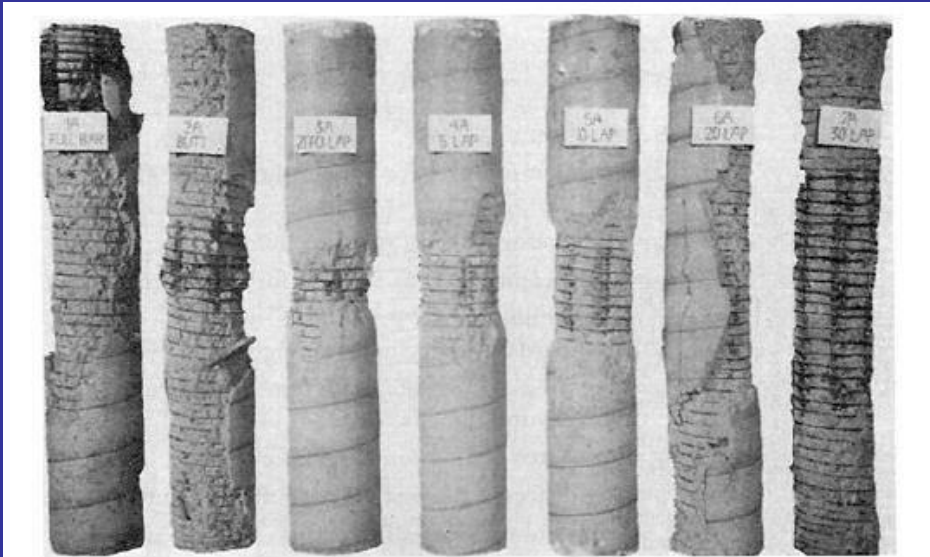


(a) Axially loaded columns.

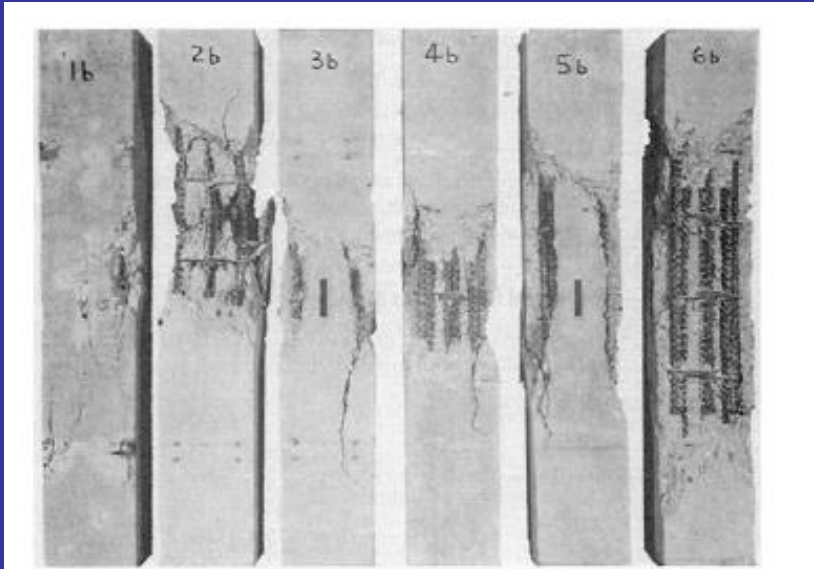


(b) Eccentrically loaded columns.

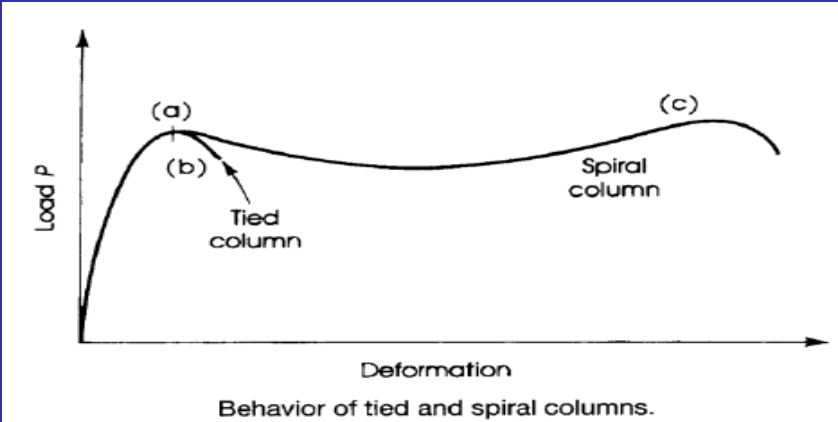
# TULANGAN TRANSVERSAL



Spirally reinforced column behavior.



Tied column behavior.





# PERILAKU KERUNTUHAN KOLOM AKIBAT TULANGAN GESER

## Investigation of stress–strain models for confined high strength concrete

*Sādhanā* Vol. 32, Part 3, June 2007, pp. 243–252. © Printed in India

METIN HUSEM\* and SELIM PUL





# PERILAKU KERUNTUHAN KOLOM AKIBAT TULANGAN GESER



Sumber : H. Y. Leung and C. J. Burgoyne 2000.  
<http://www.civ.eng.can.ac.ok/cjb/papers/cp53.pdf>.

# PERILAKU KERUNTUHAN KOLOM AKIBAT TULANGAN GESER



*Jarak 3 cm*



*Jarak 5 cm*



*Jarak 7.5 cm*

**Sumber: Penelitian Bambang W., 2011, Pengaruh Jarak Sengkang Spiral Terhadap Kuat Tekan Beton, Unnes.**



# PERILAKU KERUNTUHAN KOLOM AKIBAT TULANGAN GESER

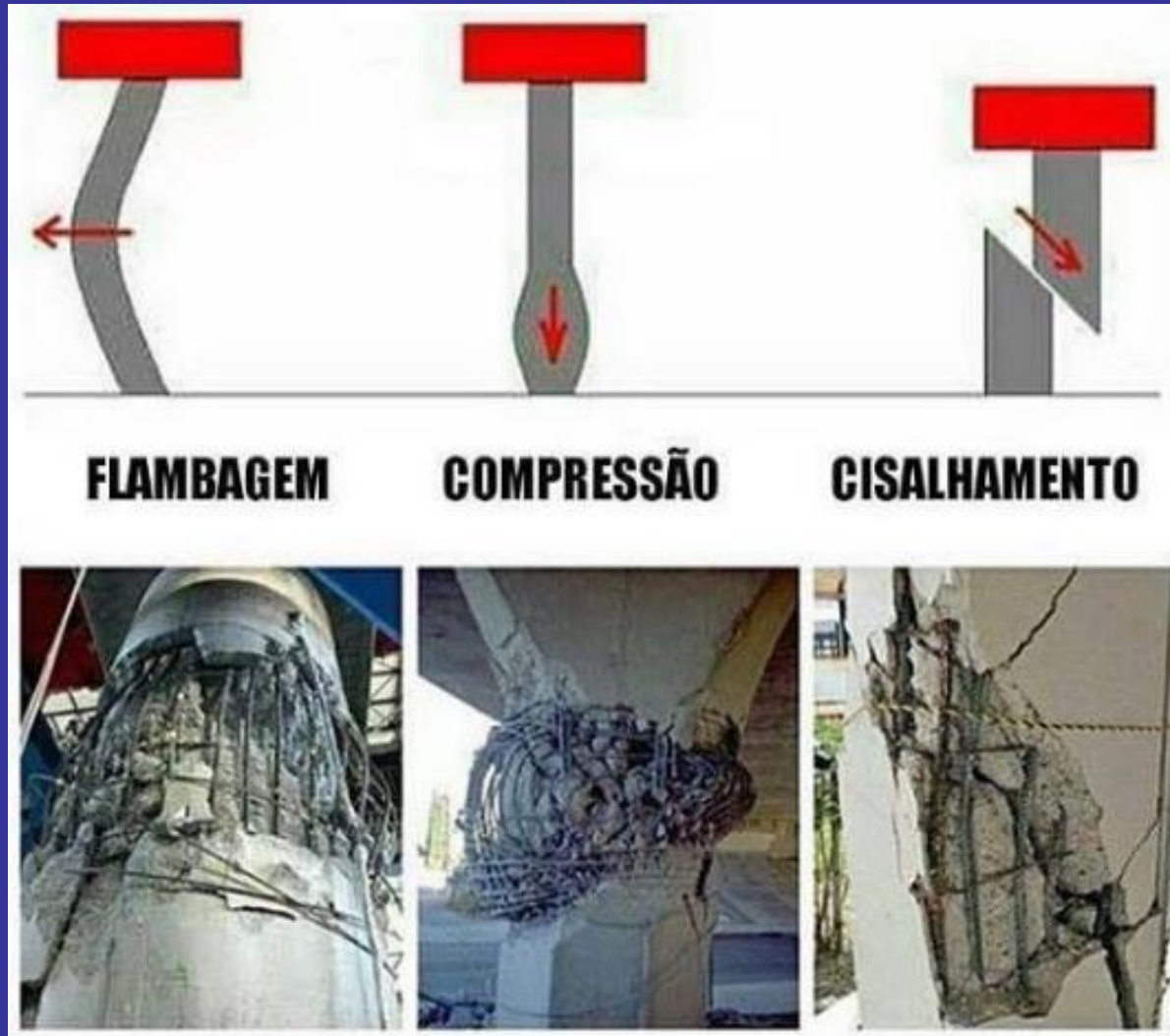


# PERILAKU KERUNTUHAN KOLOM AKIBAT TULANGAN GESER



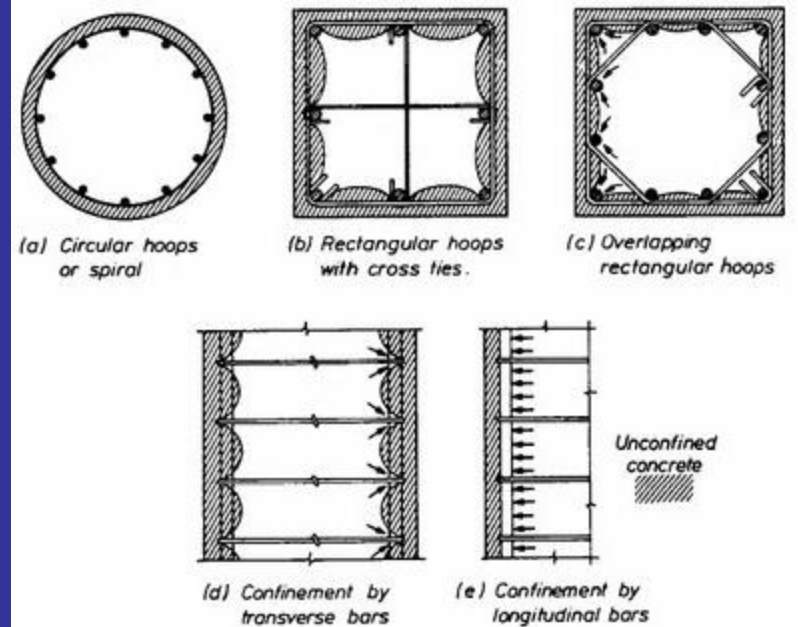
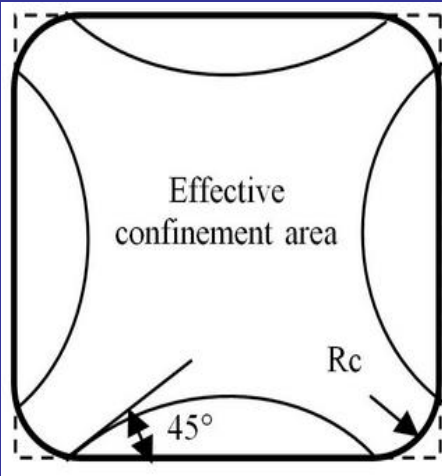
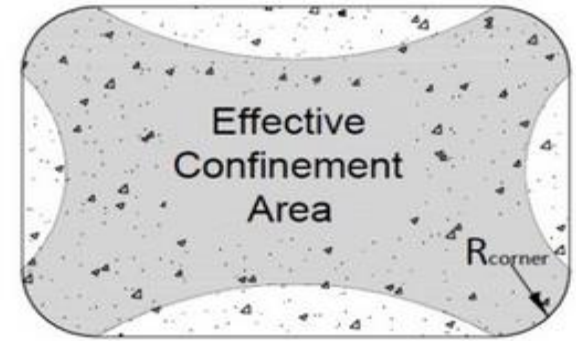
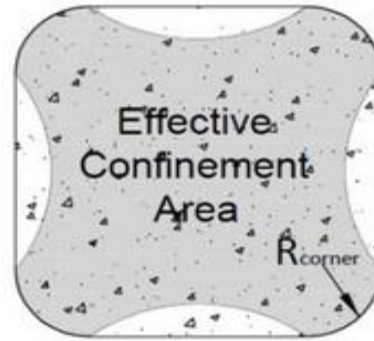
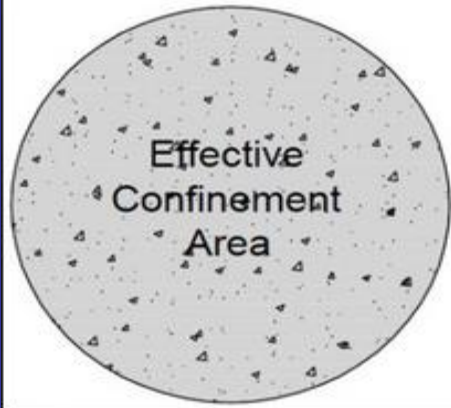


# PERILAKU KERUNTUHAN KOLOM AKIBAT TEKUK, TEKAN, DAN GESER

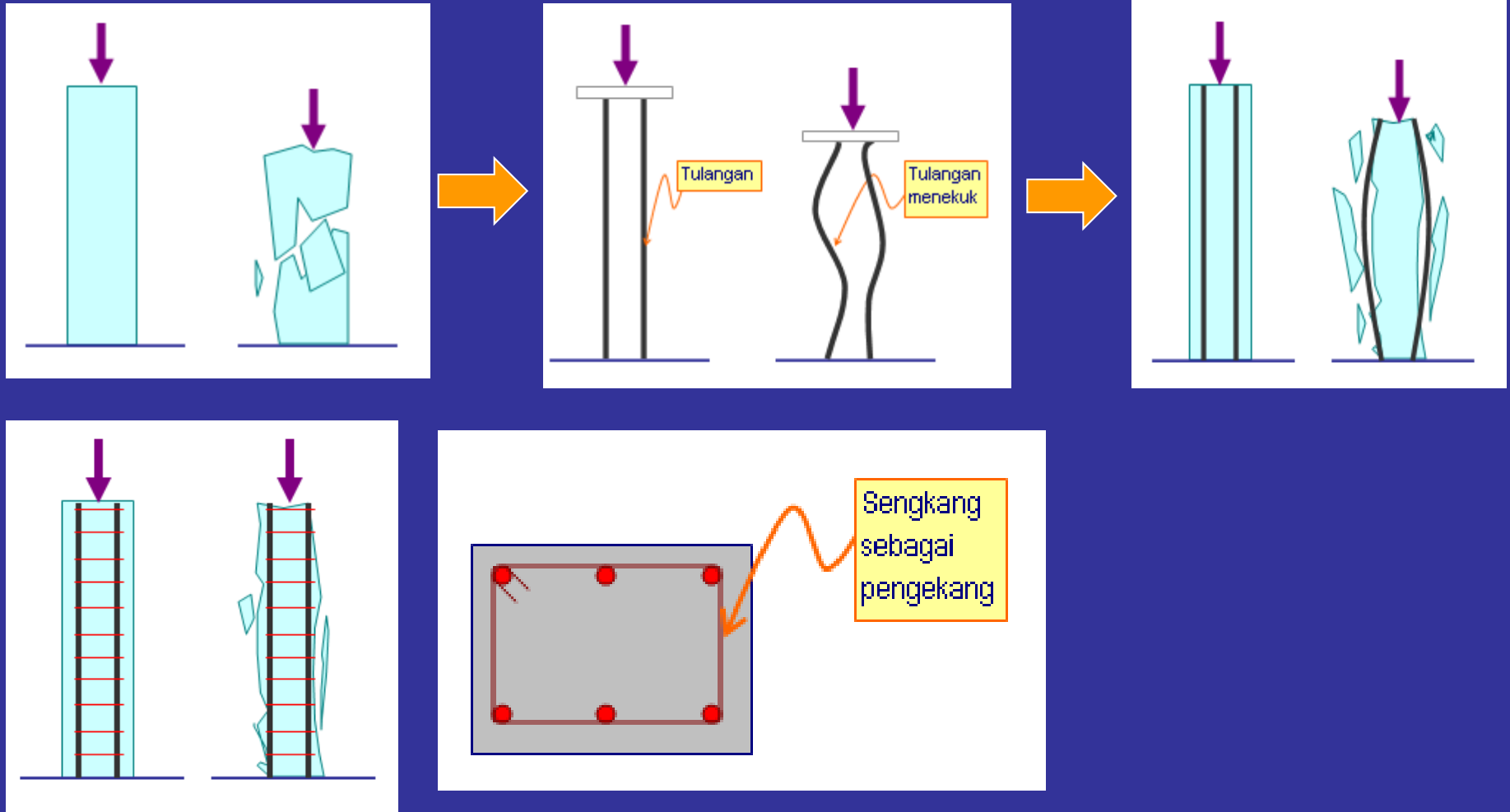




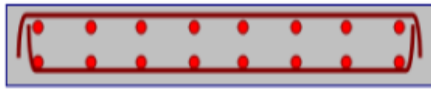
# PENGEKANGAN KOLOM



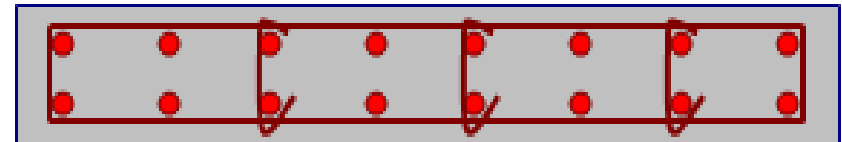
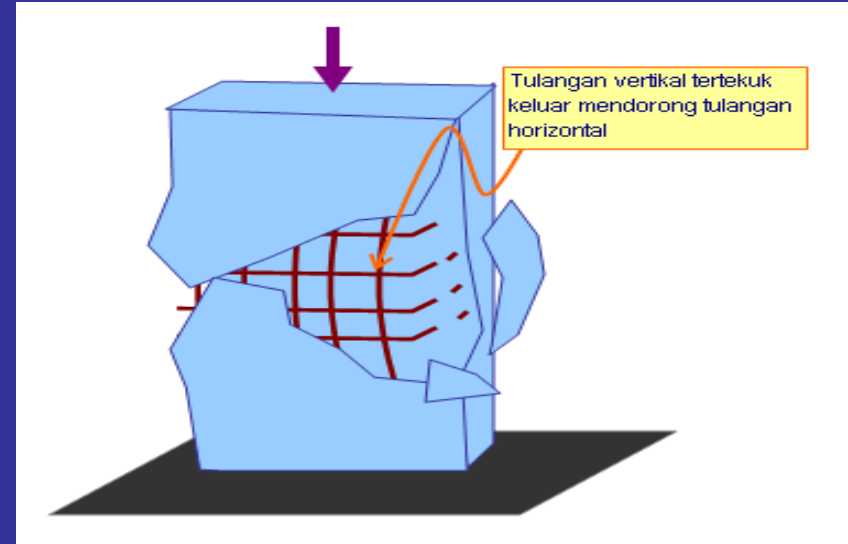
# KONSEP PENULANGAN KOLOM/DINDING BETON BERTULANG



# KONSEP PENULANGAN KOLOM/ DINDING BETON BERTULANG



Tipikal Penulangan Wall



Penulangan Sebagai Kolom

- Dinding punya dua tulangan, tulangan vertikal dan horizontal. Tulangan vertikal sama fungsinya dengan tulangan vertikal pada kolom.
- Tulangan horizontal pada dinding tidak bisa memberi efek kekangan pada tulangan vertikal.
- Ketika memikul beban aksial, tulangan vertikal akan cenderung mendorong/mendesak tulangan horizontal. Sementara kedua ujung tulangan horizontal tidak ada yang nahan.

# KONSEP PENULANGAN KOLOM/ DINDING BETON BERTULANG

- Kekangan pada tulangan vertikal yang membedakan antara kolom dengan dinding. Kolom mempunyai kekangan pada semua tulangan vertikalnya, sementara dinding tidak.
- Itulah sebabnya kapasitas aksial tekan kolom lebih besar daripada kapasitas aksial dinding dengan ukuran dan penulangan vertikal yang sama.
- ***Kolom minimalis atau di Australia menyebutnya Blade Wall, yaitu kolom tapi tidak mempunyai confinement alias perilakunya mirip dengan wall.***



# FAKTOR REDUKSI KEKUATAN

NO.	JENIS KEKUATAN	FAKTOR REDUKSI KEKUATAN ( $\phi$ )				
		SNI-92	SNI-02	ACI 318M-05	ACI 318R-08	Usul Mac.G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(5)	(6)
1	Lentur murni	0,80	0,80	0,90	0,90	0,85
2	Aksial tarik, aksial tarik dan lentur	0,80	0,80	0,90	0,90	0,70
3	Aksial tekan, aksial tekan dan lentur					
	a.dgn tulangan spiral	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
	b.dgn tulangan sengkang	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
4	Geser dan torsi	0,60	0,75	0,75	0,75	0,70
5	Tumpuan pada beton	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60



# FAKTOR REDUKSI KEKUATAN

## **SNI-03-2847-2002, Pasal 11.3.2:**

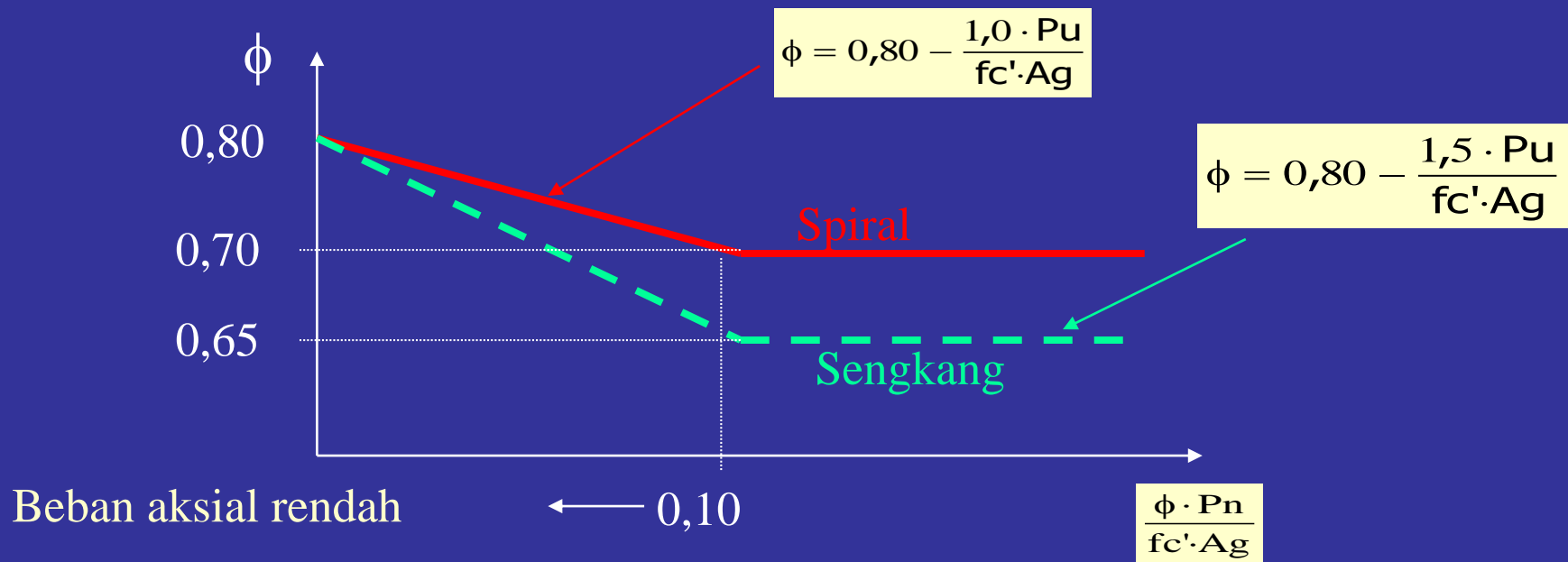
**Pada kolom untuk nilai aksial yang terendah nilai  $\phi$  boleh ditingkatkan berdasarkan aturan berikut:**

**Untuk komponen struktur dimana nilai:**

- $f_y \leq 400$  MPa,**
- tulangan simetris,**
- $(h-d'-d_s)/h \geq 0,70$**

**nilai  $\phi$  boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,80 untuk nilai  $\phi P_n$  yang berkurang dari  $0,10 \cdot f_c' \cdot A_g$  ke nol.**

**Untuk komponen struktur beton bertulang yang lain  $\phi$  boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,80 untuk keadaan dimana:  $\phi P_n$  berkurang dari nilai terkecil antara  $0,10 \cdot f_c' \cdot A_g$  dan  $\phi P_{nb}$  ke nol.**



**3.25**

**kolom**

komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melebihi 3 yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan

**3.44**

**sengkang ikat**

sengkang tertutup penuh yang dipakai pada komponen struktur tekan, kolom

## JUMLAH MINIMUM TULANGAN POKOK, (PASAL 12.9.2)

2) Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi empat atau lingkaran, 3 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi tiga, dan 6 untuk batang tulangan yang dilingkupi oleh spiral yang memenuhi 12.9(3).

## RADIUS GIRASI KOLOM, (PASAL 12.11.2)

2) Radius girasi:

Radius girasi  $r$  boleh diambil sama dengan 0,3 kali dimensi total dalam arah stabilitas yang ditinjau, untuk komponen struktur tekan persegi, dan sama dengan 0,25 kali diameter untuk komponen struktur tekan bulat. Untuk bentuk penampang lainnya,  $r$  boleh dihitung dari penampang beton bruto.

## PENGARUH KELANGSINGAN, (PASAL 12.12.2)

2) Pengaruh kelangsingan pada komponen struktur tekan boleh diabaikan pada rangka tak bergoyang apabila dipenuhi :

$$\frac{Kl_u}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad \text{dimana } M_1/M_2 \text{ tidak boleh kurang dari } 0.5$$

dengan suku  $[34 - 12(M_1/M_2)]$  tidak boleh diambil lebih besar dari 40. Suku  $M_1/M_2$  bernilai positif bila kolom melentur dengan kelengkungan tunggal dan bernilai negatif bila kolom melentur dengan kelengkungan ganda.

## PENGARUH KELANGSINGAN, (PASAL 12.13.2)

2) Untuk komponen tekan yang tidak ditahan terhadap goyangan samping, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan apabila  $Kl_u/r$  lebih kecil dari 22.

$$\frac{K \cdot l_u}{r} < 22$$



## BEBAN AKSIAL MINIMUM, (PASAL 23.10.2)

$$P_u \geq 0,10 \cdot A_g \cdot f_c'$$

## DIMENSI MINIMUM KOLOM, (PASAL 23.4.1.1)

Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 300 mm.

## SPASI TULANGAN TRANSVERSAL, (PASAL 23.4.4.2)

Untuk mencegah terjadinya tulangan longitudinal yang menekuk maka spasi tulangan transversal tidak lebih dari:

- 1/4 dimensi bagian yang terkecil
- 6 kali diameter tulangan longitudinal
- 150 mm dan min 100 mm

$$s_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

## **GAYA AKSIAL NOMINAL MAKSIMUM, PASAL 12.3.5.1 dan 12.3.5.2**

**Beban yang sentris menyebabkan tegangan tekan merata diseluruh bagian penampang, sehingga kuat tekan nominal dari struktur tekan tidak boleh diambil lebih besar dari ketentuan berikut:**

- Untuk kolom berspiral**

$$P_n \text{maks} = 0,85 \cdot P_o$$

$$P_n \text{maks} = 0,85 \cdot [0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{s_{\text{tot}}}) + A_{s_{\text{tot}}} \cdot f_y]$$

- Untuk kolom bersengkang**

$$P_n \text{maks} = 0,80 \cdot P_o$$

$$P_n \text{maks} = 0,80 \cdot [0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{s_{\text{tot}}}) + A_{s_{\text{tot}}} \cdot f_y]$$

**Beban nominal ini masih harus direduksi lagi dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan  $\phi$**

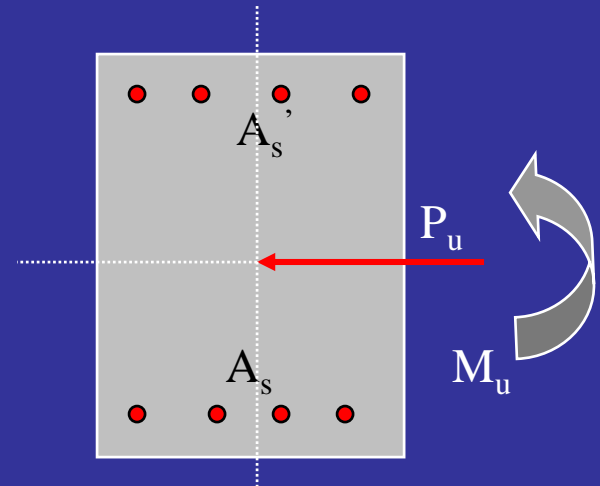
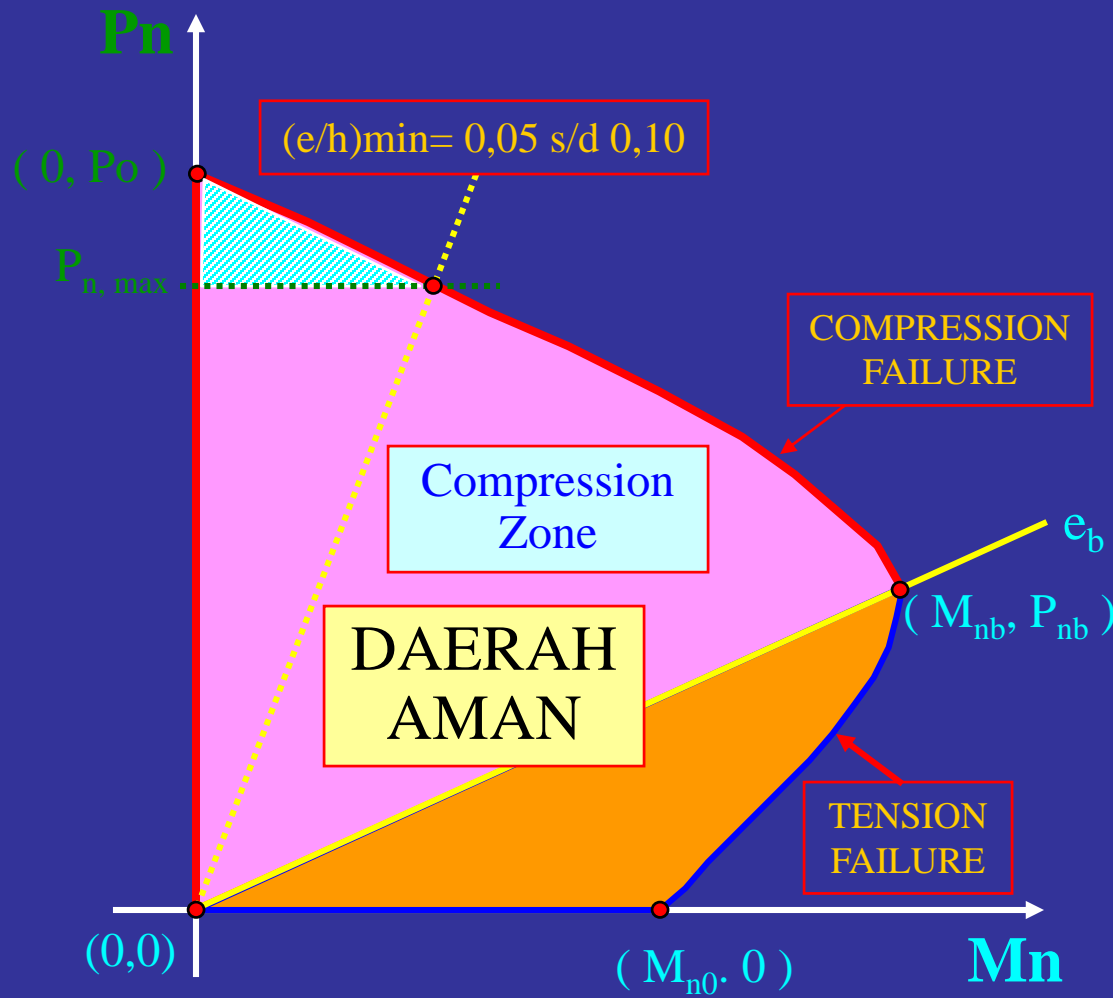
**Biasanya untuk desain besarnya  $(A_g - A_{st}) = A_g$  (luas beton yang ditempati tulangan diabaikan).**

### **RASIO TULANGAN MAXIMUM 8% (PASAL 12.9.1)**

Persyaratan ini ditetapkan atas dasar pertimbangan:

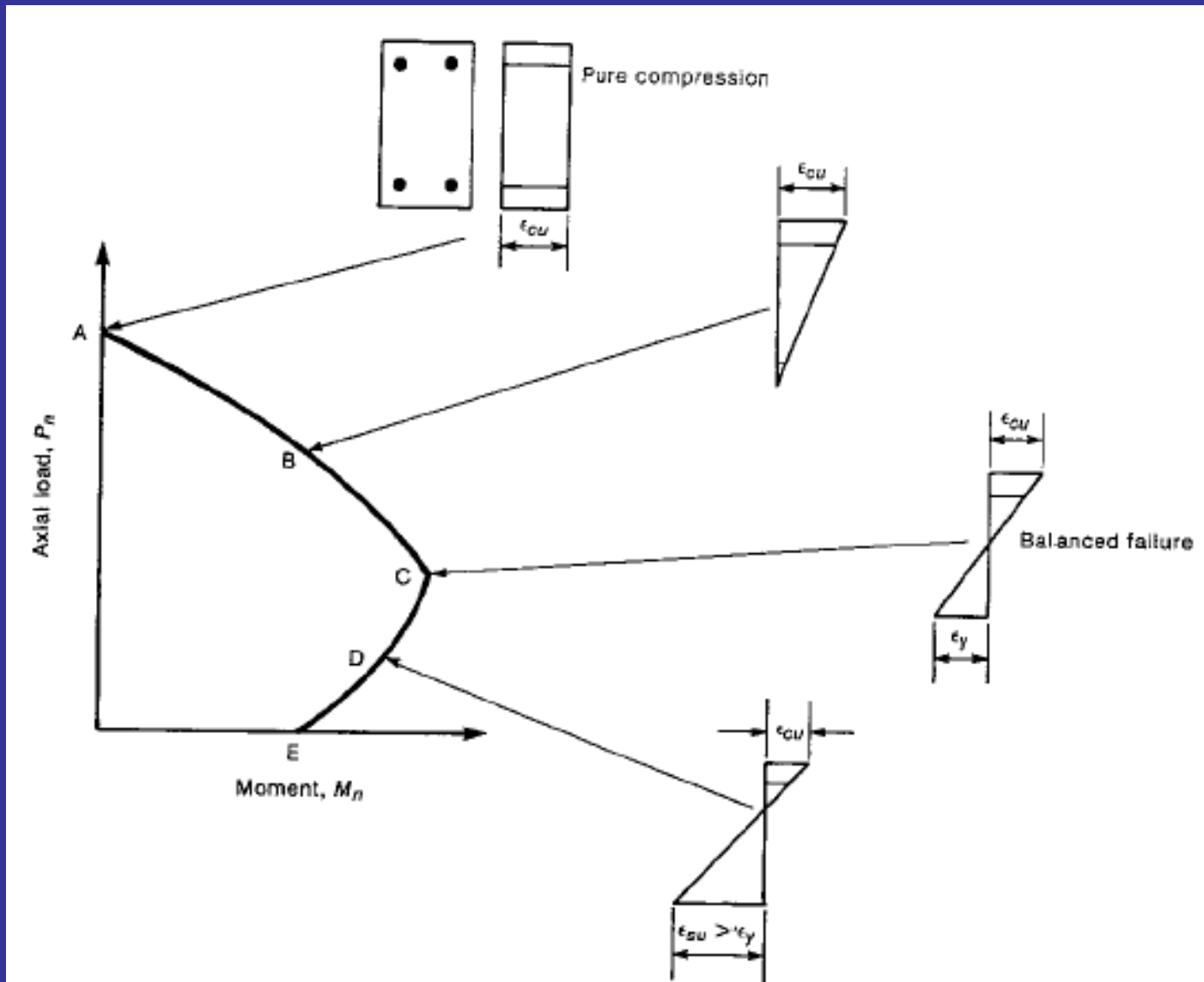
- ekonomis
- kemudahan pelaksanaan penulangan

# Diagram Interaksi Mn-Pn



- Failure surface merupakan batas di mana  $(M,P)$  yang berada di luar daerah aman berarti di luar kapasitas penampang;
- Nominal = Ultimit /  $\phi$
- Failure surface (FS) untuk ultimit =  $FS_{nominal} \times \phi$

# Diagram Interaksi Mn-Pn





## RASIO TULANGAN MINIMUM 1% (PASAL 12.9.1)

- Hasil eksperimen menunjukkan bahwa rangkak dan susut yang terjadi pada kolom cenderung mentransfer beban aksial yang mula-mula bekerja pada beton kepada tulangan baja.
- Agar tulangan baja tidak leleh terlalu dini akibat beban kerja maka perlu disyaratkan tulangan minimum
- Adanya tulangan minimum pada kolom sekaligus mengurangi rangkak dan susut serta menjamin kolom mampu menahan beban lentur yang tak terduga

# TULANGAN PENGIKAT LATERAL

(a) 4 Batang

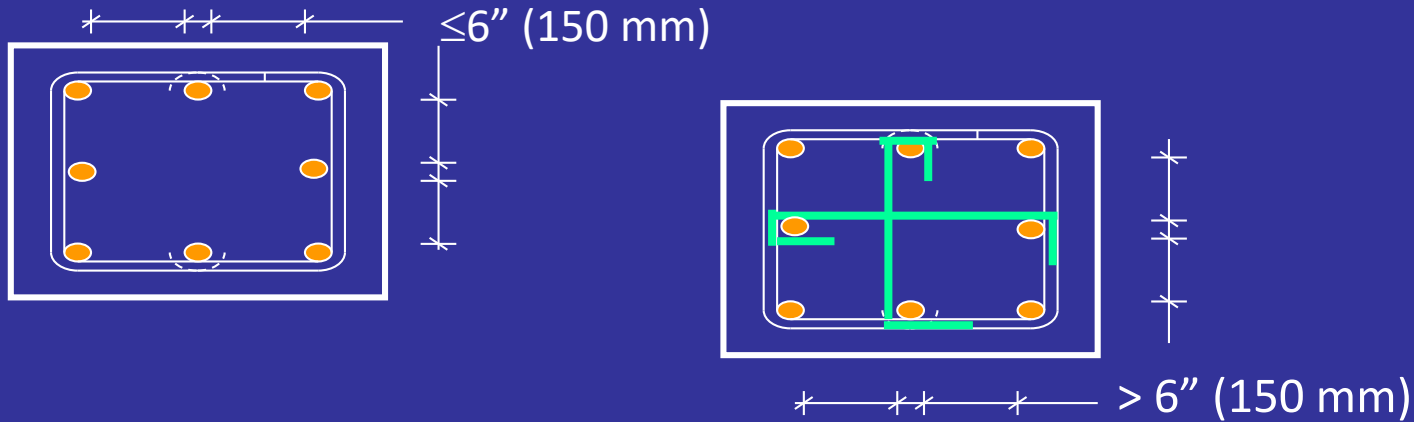


(b) 6 Batang

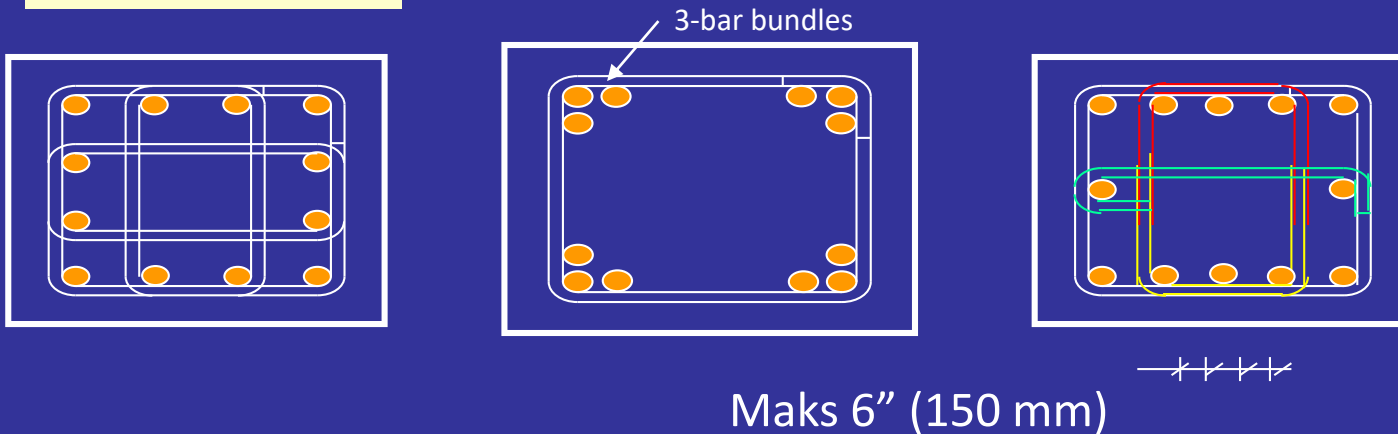


# TULANGAN PENGIKAT LATERAL

## (c) 8 Batang



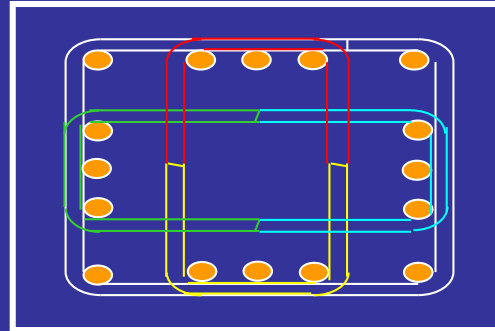
## (d) 12 Batang



# TULANGAN PENGIKAT LATERAL

(e) 16 Batang

Maks 6" (150 mm)



Maks 6" (150 mm)



- Tulangan sengkang minimum:

$\phi_{\text{seng}}$  min #3 (9,5 mm) utk  $\phi_{\text{ut}} \leq \#10$  (32,3 mm)

$\phi_{\text{seng}}$  min #4 (12,7 mm) utk  $\phi_{\text{ut}} \geq \#10$  (32,3 mm)

- Spasi sengkang (ambil yg terkecil):

$$S1 = 48 \times \phi_{\text{seng}}$$

$$S2 = 16 \times \phi_{\text{ut}}$$

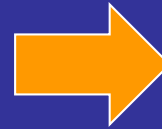
$$S3 = b$$



## DESAIN AWAL PENAMPANG KOLOM

Ukuran kolom dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan:  $A_g = b \cdot h$

$$A_g = \frac{P}{(0,30 \cdot f_c' \text{ sd. } 0,45 \cdot f_c')}$$

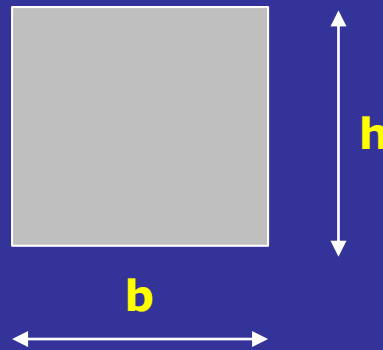


$$A_g = \frac{3 \cdot P}{f_c'}$$

**Dimana:**

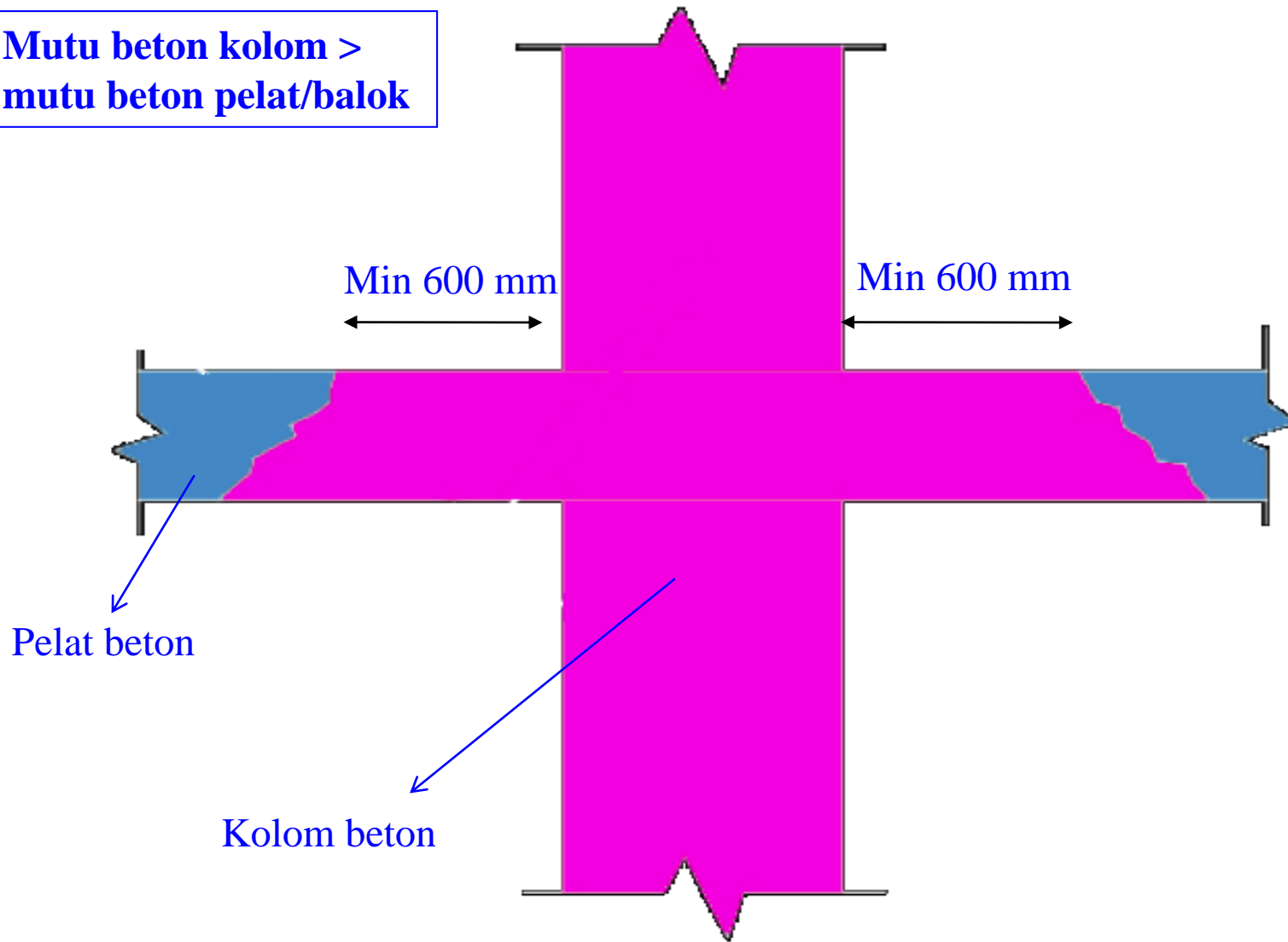
**P** = beban aksial tidak berfaktor yang bekerja pada kolom pada daerah tributary area (N)

**f<sub>c</sub>'** = kuat tekan beton karakteristik benda uji silinder (N/mm<sup>2</sup>)



# DESAIN AWAL PENAMPANG KOLOM

Mutu beton kolom >  
mutu beton pelat/balok



### Contoh Soal 1:

Diketahui suatu apartemen dengan denah seperti tergambar dibawah.

Beban hidup untuk apartemen =  $200 \text{ kg/m}^2$  ( $2,00 \text{ kN/m}^2$  ),

Beban tembok =  $250 \text{ kg/m}^2$  ( $2,50 \text{ kN/m}^2$  ),

Beban finishing lantai =  $100 \text{ kg/m}^2$  ( $1,00 \text{ kN/m}^2$  ),

Beban untuk ducting AC, electrical dan plafon =  $25 \text{ kg/m}^2$  ( $0,25 \text{ kN/m}^2$  ).

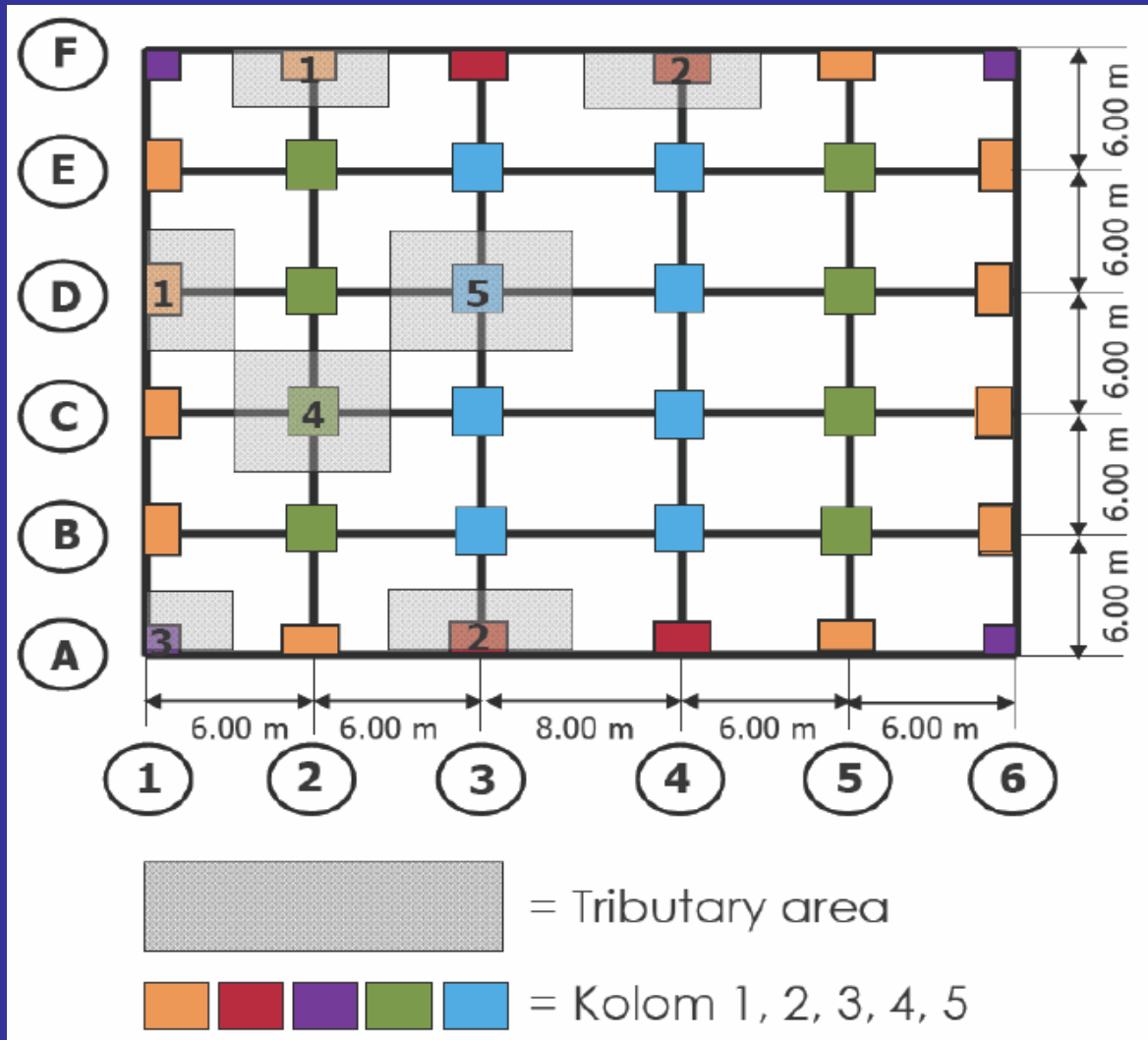
Jumlah lantai 6 termasuk pelat atap.

Tebal pelat lantai 170 mm, dan ukuran balok 30/60

### Ditanyakan:

Preliminary dimensi dari ukuran kolom-1.

# DESAIN AWAL PENAMPANG KOLOM

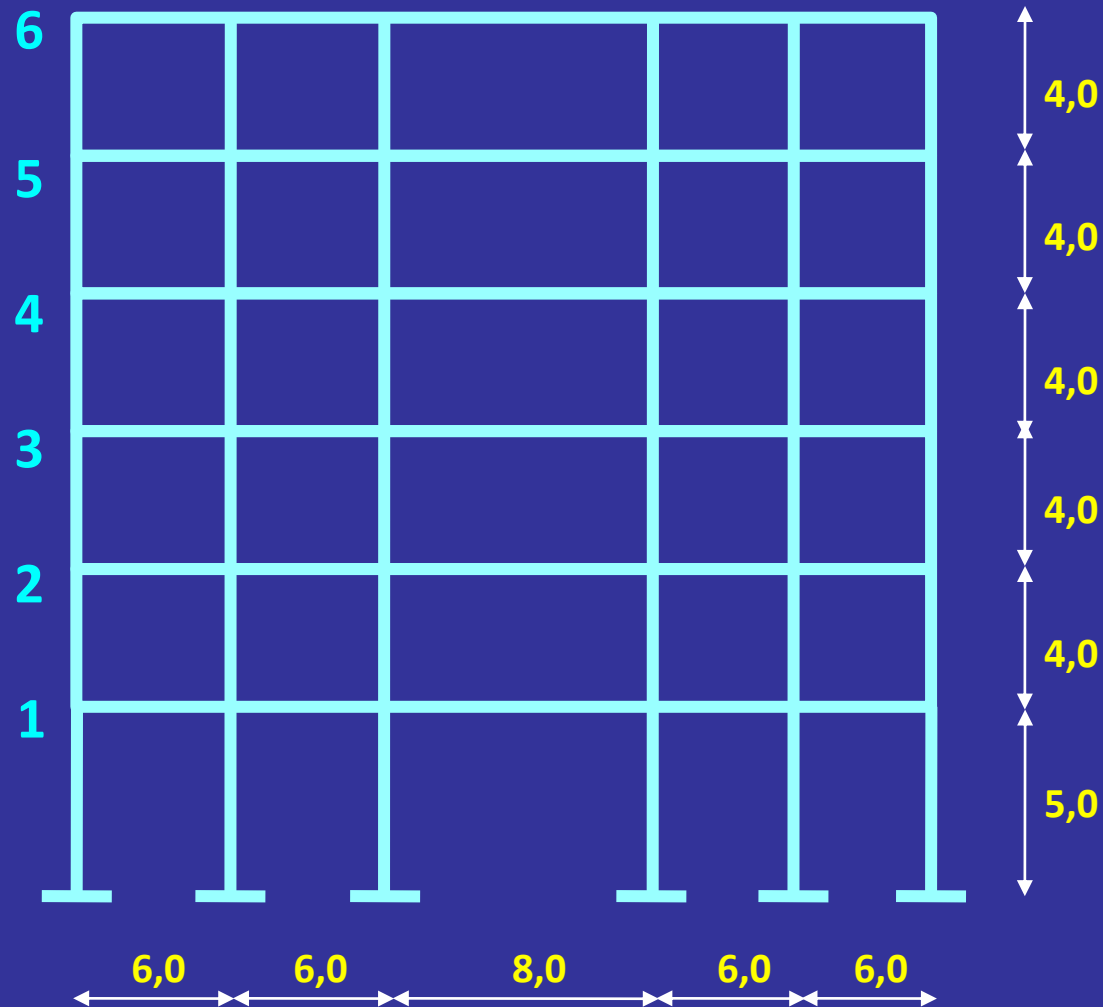


Denah Kolom

Modul - 7



# DESAIN AWAL PENAMPANG KOLOM



Portal - D

Modul - 7

# DESAIN AWAL PENAMPANG KOLOM

## Ukuran Kolom-1:

## Beban Aksial pada kolom-1:

Tributary area untuk kolom-1 adalah :  $6,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 18,00 \text{ m}^2$

### Untuk pelat lantai:

- Berat sendiri pelat 170 mm	$= (4,08 \text{ kN/m}^2) \times (18,00 \text{ m}^2)$	$= 73,44 \text{ kN}$
- Berat sendiri tembok	$= (2,50 \text{ kN/m}^2) \times (30,60 \text{ m}^2)$	$= 76,50 \text{ kN}$
- Berat sendiri finishing lantai	$= (1,00 \text{ kN/m}^2) \times (18,00 \text{ m}^2)$	$= 18,00 \text{ kN}$
- Berat duct. AC, elect, plafon	$= (0,25 \text{ kN/m}^2) \times (18,00 \text{ m}^2)$	$= 4,50 \text{ kN}$
- Berat sendiri balok 300/600	$= (4,32 \text{ kN/m}') \times (3+3+3 \text{ m}')$	$= 38,88 \text{ kN}$
- Beban hidup apartemen	$= (2,00 \text{ kN/m}^2) \times (18,00 \text{ m}^2)$	$= 36,00 \text{ kN}$

**Berat total per-lantai untuk tributary area-1 = 247,32 kN**

# DESAIN AWAL PENAMPANG KOLOM

## Beban Aksial pada kolom-1:

Tributary area untuk kolom-1 adalah :  $6,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 18,00 \text{ m}^2$

### Untuk pelat atap:

- Berat sendiri pelat 170 mm	$= (4,08 \text{ kN/m}^2) \times (18,00 \text{ m}^2)$	$= 73,44 \text{ kN}$
- Berat sendiri finishing lantai	$= (1,00 \text{ kN/m}^2) \times (18,00 \text{ m}^2)$	$= 18,00 \text{ kN}$
- Berat duct. AC, elect, plafon	$= (0,25 \text{ kN/m}^2) \times (18,00 \text{ m}^2)$	$= 4,50 \text{ kN}$
- Berat sendiri balok 300/600	$= (4,32 \text{ kN/m}') \times (3+3+3 \text{ m}')$	$= 38,88 \text{ kN}$
- Beban air hujan ( $t = 5 \text{ cm}$ )	$= (0,50 \text{ kN/m}^2) \times (18,00 \text{ m}^2)$	$= 9,00 \text{ kN}$

**Berat total pelat atap untuk tributary area-1 = 143,82 kN**

Selanjutnya dihitung beban total aksial untuk kolom paling bawah yang memikul 5 lantai typical dan 1 lantai atap.

$$P = 5 \cdot 247,32 + 1 \cdot 143,82 = 1.380,42 \text{ kN}$$

## DESAIN AWAL PENAMPANG KOLOM

Jika untuk kolom dipakai mutu beton 25 MPa,

Maka luas penampang kolom perlu untuk lantai dasar:

$$A_g = \frac{3 \cdot P}{f_c'} = \frac{3 \cdot 1.380,42 \cdot (10^3)}{25} = 165.650,4 \text{ mm}^2$$

**Jadi ukuran kolom-1 pada lantai dasar adalah:**

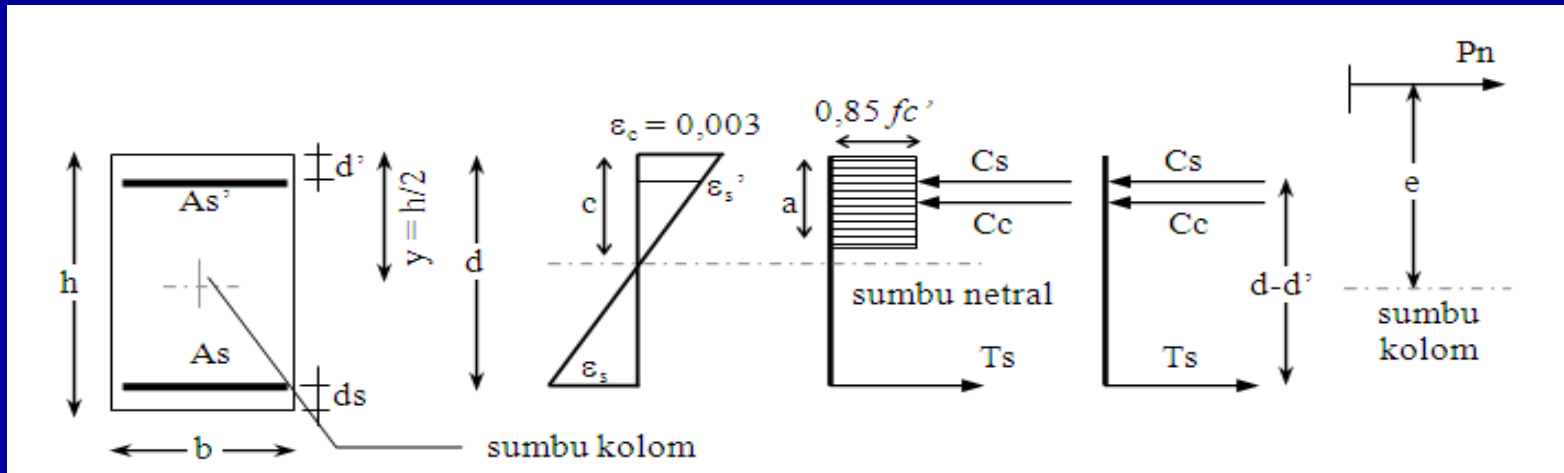
$$400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 160.000 \text{ mm}^2 \approx 165.650,4 \text{ mm}^2$$

**Catatan :**

1. Pada contoh tersebut diatas tidak dilakukan reduksi beban hidup dan juga berat sendiri kolom diabaikan. Hal ini tidak masalah karena ukuran yang dipilih lebih besar dari yang diperlukan.
2. Ukuran kolom diatas dipilih bujur sangkar, tetapi ukuran kolom dapat juga dibuat menjadi persegi panjang.



# Analisis Kekuatan Kolom Pendek Akibat Beban Uniaksial



Persamaan gaya aksial dan momen pada kolom pendek :

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$M_n = P_n \cdot e = C_c \cdot (y - \frac{1}{2} a) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y)$$

karena:  $C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$ ,  $C_s = A_s' \cdot f_s'$ , dan  $T_s = A_s \cdot f_s$ , maka :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_s$$

$$M_n = P_n \cdot e = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \cdot (y - \frac{1}{2} a) + A_s' \cdot f_s' \cdot (y - d') + A_s \cdot f_s \cdot (d - y)$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \cdot (0,5 \cdot h - \frac{1}{2} a) + A_s' \cdot f_s' \cdot (0,5 \cdot h - d') + A_s \cdot f_s \cdot (d - 0,5 \cdot h)$$

# Kekuatan Kolom Pendek Akibat Beban Uniaksial

Dalam persamaan  $P_n$  dan  $M_n$  tinggi sumbu netral dianggap kurang daripada tinggi efektif  $d$  penampang dan juga baja pada sisi yang tertarik memang mengalami tarik.

Perlu ditekankan disini bahwa gaya aksial  $P_n$  tidak boleh melebihi kuat tekan aksial maksimum  $P_{n_{maks}}$ .

Tegangan  $f_s'$  pada baja dapat mencapai  $f_y$  apabila keruntuhan yang terjadi berupa hancurnya beton. Apabila keruntuhannya berupa lelehnya tulangan baja, besaran  $f_s$  harus didistribusikan dengan  $f_y$ . Apabila  $f_s'$  atau  $f_s$  lebih kecil daripada  $f_y$ , maka yang disubstitusikan adalah tegangan aktualnya, yang dapat dihitung dengan :

$$f_s' = \varepsilon_s' \cdot E_s = \varepsilon_{cu} \cdot \left( \frac{c - d'}{c} \right) \cdot E_s \leq f_y$$

$$f_s = \varepsilon_s \cdot E_s = \varepsilon_{cu} \cdot \left( \frac{d - c}{c} \right) \cdot E_s \leq f_y$$

## Kekuatan Kolom Pendek Akibat Beban Uniaksial

Apabila  $P_n$  adalah beban aksial dan  $P_{nb}$  adalah beban aksial pada kondisi *balanced*, maka:

$P_n < P_{nb}$  atau  $e > e_b$  ; terjadi keruntuhan tarik

$P_n = P_{nb}$  atau  $e = e_b$  ; terjadi keruntuhan *balanced*

$P_n > P_{nb}$  atau  $e < e_b$  ; terjadi keruntuhan tekan

# Kekuatan Kolom Pendek Akibat Beban Uniaksial

## (KONDISI KERUNTUHAN BALANCED)

Jika eksentrisitas semakin kecil maka ada suatu transisi dari keruntuhan tarik kekeruntuhan tekan. Kondisi keruntuhan *balanced* tercapai apabila tulangan tarik mengalami regangan leleh dan saat itu pula beton mengalami regangan batasnya.

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$Pn_b = C_c + C_s - T_s$$

$$Pn_b = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y$$

$$Mn_b = Pn_b \cdot e_b = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b \cdot (y - \frac{1}{2} \cdot a_b) + A_s' \cdot f_s' \cdot (y - d') + A_s \cdot f_y \cdot (d - y)$$

# Kekuatan Kolom Pendek Akibat Beban Uniaksial

## (KONDISI KERUNTUHAN TARIK)

Awal keadaan runtuh dalam hal eksentrisitas yang besar dapat terjadi dengan lelehnya tulangan baja yang tertarik. Peralihan dari keruntuhan tarik terjadi pada eksentrisitas sama dengan  $e_b$ . Jika  $e > e_b$  atau  $P_n < P_{nb}$  maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang diawali dengan lelehnya tulangan tarik.

Dalam praktek biasanya digunakan penulangan yang simetris, yaitu  $A_s' = A_s$  dengan pelaksanaan di lapangan. Penulangan yang simetris juga diperlukan apabila ada kemungkinan tegangan terbalik tanda misalnya karena arah angin atau gempa yang berbalik .



# Kekuatan Kolom Pendek Akibat Beban Uniaksial

## (KONDISI KERUNTUHAN TARIK)

$$\alpha = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \cdot \left[ \left( \frac{h - 2e}{2d} \right) + \sqrt{\left( \frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \alpha \cdot \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

Untuk suatu geometri penampang dan eksentrisitas  $e$  yang diberikan asumsikan besarnya jarak sumbu netral  $c$ , dengan harga  $c$  ini dapat dihitung besarnya beban aksial nominal  $P_n$  &  $M_n$  dengan menggunakan  $a = \beta_1 \cdot c$ .

Hitungan dihentikan bila sudah tercapai syarat konvergensi, yaitu eksentrisitas hasil hitungan kira-kira sama dengan eksentrisitas yang diberikan.

# Kekuatan Kolom Pendek Akibat Beban Uniaksial

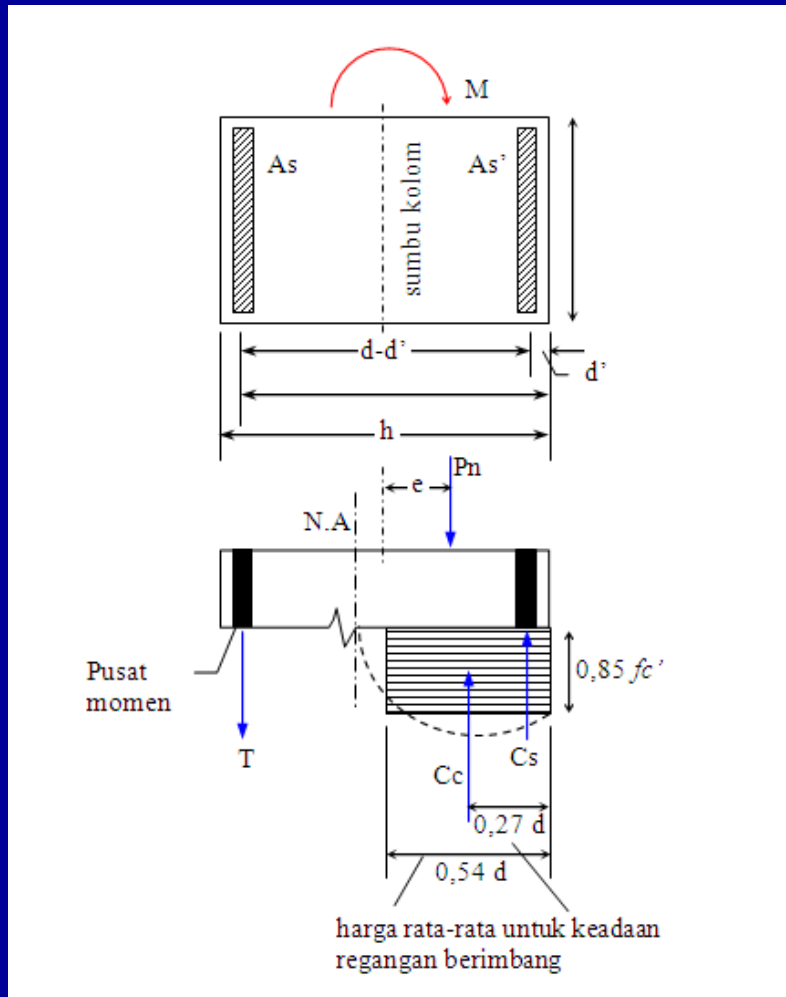
## (KONDISI KERUNTUHAN TEKAN)

Terjadinya keruntuhan tekan diawali dengan hancurnya beton. Eksentrisitas gaya normal yang terjadi lebih kecil daripada eksentrisitas *balanced*  $e_b$  ( $e < e_b$ ) dan beban tekan  $P_n$  melampaui kekuatan berimbang  $P_{nb}$  ( $P_n > P_{nb}$ ).

Dalam kondisi ini dicoba menggunakan prosedur pendekatan dari Whitney (Wang,1986). Salah satu metoda yang berlaku untuk hal dimana penulangan ditempatkan simetris dalam lapis tunggal yang sejajar dengan sumbu lentur adalah prosedur yang diusulkan oleh Whitney.

# Kekuatan Kolom Pendek Akibat Beban Uniaksial

## (KONDISI KERUNTUHAN TEKAN)



$$P_n = \left[ \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3h \cdot e}{d^2} + 1,18} \right] + \left[ \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{d - d'} + 0,5} \right]$$

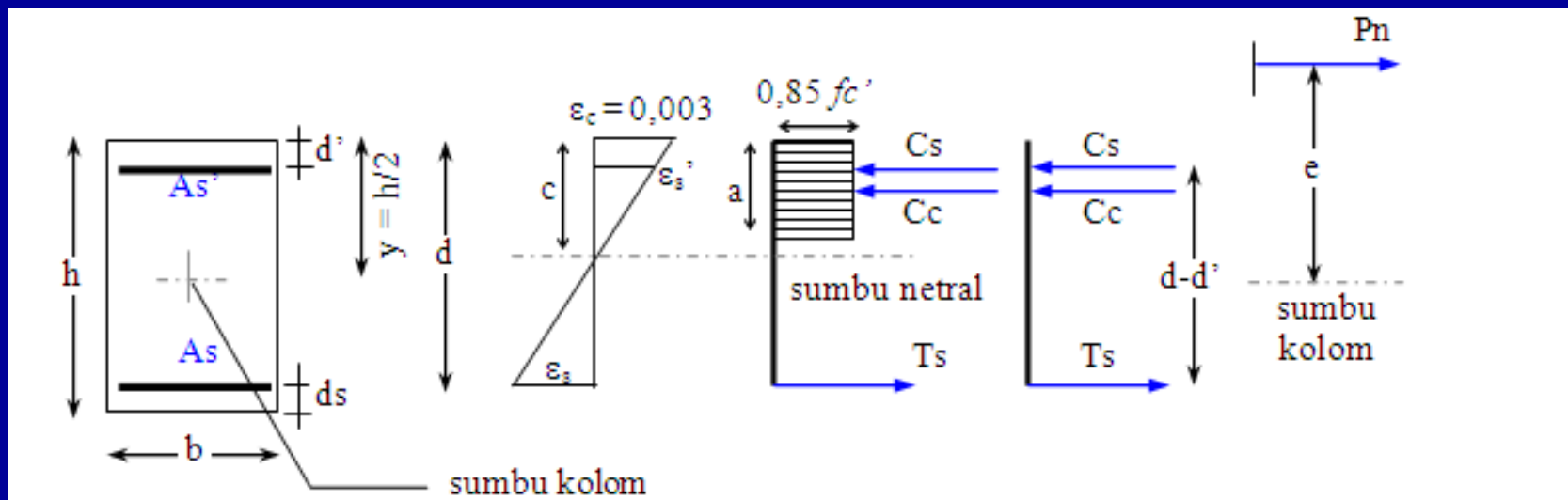
# DESAIN & ANALISIS KOLOM PENDEK

1. Hitunglah beban aksial luar rencana  $P_u$  dan momen rencana  $M_u$ . Serta hitung juga eksentrisitas  $e = M_u/P_u$ .
2. Asumsikan ukuran penampang kolom. Dimensi kolom yang berupa pecahan (bukan bilangan bulat) sebaiknya dihindari.
3. Asumsikan rasio penulangan total  $\rho$  antara 1,0% s/d 8,0%, dan diperoleh luas tulangnya.
4. Hitung  $e_b$  untuk penampang yang diasumsikan ini dan tentukan jenis keruntuhannya, apakah diawali dengan lelehnya tulangan tarik atautkah dengan hancurnya beton tertekan.
5. Periksa/analisa apakah penampang tersebut sudah memenuhi atau belum. Apabila penampang tersebut tidak dapat memikul beban rencana atau terlalu besar maka ubahlah ukuran kolomnya dan atau tulangnya kemudian ulangi langkah 4 dan 5.

# DESAIN & ANALISIS KOLOM PENDEK

## Contoh:

Kolom beton bertulang berpenampang persegi mengalami gaya aksial kerja akibat beban mati 200 kN, dan akibat beban hidup 450 kN. Serta mengalami momen lentur kerja akibat beban mati 135 MN.mm, dan akibat beban hidup 157 MN.mm. Bila diberikan  $f_c' = 30$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa maka desainlah dimensi dan tulangan kolom tersebut serta periksa beban yang boleh bekerja pada penampang tersebut.





# DESAIN & ANALISIS KOLOM PENDEK

## Penyelesaian:

Hitung gaya aksial dan momen rencana yang bekerja:

$$P_u = 1,2 \cdot P_D + 1,6 \cdot P_L = 1,2 \cdot 200 + 1,6 \cdot 450 = 960 \text{ kN}$$

$$M_u = 1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L = 1,2 \cdot 135 \cdot 10^3 + 1,6 \cdot 157 \cdot 10^3 = 4,132 \cdot 10^5 \text{ kN.mm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{4,132 \cdot 10^5}{960} = 430,420 \text{ mm}$$

Asumsikan ukuran penampang **350 mm x 500 mm**,

dengan jarak  $d' = 50 \text{ mm}$ ,  $d = 500 - 50 = 450 \text{ mm}$ , dan rasio penulangan total 2,5%.

Tulangan kolom dianggap simetris sehingga:

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot h} = \frac{1}{2} \cdot 0,025 = 0,0125$$

$$A_s = A_s' = 0,0125 \cdot 350 \cdot 500 = 2187,50 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan pokok 6D-22 masing-masing pada dua sisi berhadapan ( $A_s = A_s' = 2279,64 \text{ mm}^2$ )

# DESAIN & ANALISIS KOLOM PENDEK

Check apakah eksentrisitas rencana yang diberikan  $e$  lebih besar atau lebih kecil dengan eksentrisitas *balanced*  $e_b$ .

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 450}{600 + 400} = 270 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0,85 \cdot 270 = 229,50 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \cdot \left( \frac{c_b - d'}{c_b} \right) = 600 \cdot \left( \frac{270 - 50}{270} \right) = 488,90 \text{ MPa} > f_y = 400 \text{ MPa}$$

Dengan demikian gunakan  $f_s' = f_y = 400 \text{ MPa}$ .

# DESAIN & ANALISIS KOLOM PENDEK

$$Pn_b = 0,85 f_c' b a_b + A_s' f_s' - A_s f_y$$

$$Pn_b = 0,85 \cdot 30 \cdot 350 \cdot 229,50 + 2187,50 \cdot 400 - 2187,50 \cdot 400 = 2048287,50 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Mn_b &= 0,85 f_c' b a_b \left(\frac{1}{2} h - \frac{1}{2} a_b\right) + A_s' f_s' \left(\frac{1}{2} h - d'\right) + A_s f_y (d - \frac{1}{2} h) \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 350 \cdot 229,50 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 500 - \frac{1}{2} \cdot 229,5\right) + 2279,64 \cdot 400 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 500 - 50\right) \\ &\quad + 2279,64 \cdot 400 \cdot (450 - \frac{1}{2} \cdot 500) \\ &= 641,773 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$e_b = Mn_b / Pn_b = 313,32 \text{ mm} < e = 430,42 \text{ mm}$$

Karena eksentrisitas yang diberikan  $e = 430,42 \text{ mm} > e_b = 313,32 \text{ mm}$ , maka keruntuhan kolom tersebut berupa **keruntuhan tarik**.

Selanjutnya analisa penampang tersebut terhadap beban yang bekerja. Gunakan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0,7$ .

# DESAIN & ANALISIS KOLOM PENDEK

$$\alpha = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{2279,64}{350 \cdot 450} = 0,014$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$\left( \frac{h - 2 \cdot e}{2 \cdot d} \right) = \frac{500 - 2 \cdot 430,42}{2 \cdot 450} = -0,4$$

$$\left( 1 - \frac{d'}{d} \right) = 1 - \frac{50}{450} = 0,89$$

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \cdot \left[ \left( \frac{h - 2e}{2d} \right) + \sqrt{\left( \frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \alpha \cdot \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

$$P_n = 0,85 \cdot 30 \cdot 350 \cdot 450 \cdot \left[ -0,4 + \sqrt{(-0,4)^2 + 2 \cdot 15,69 \cdot 0,014 \cdot (0,89)} \right] = 1374,7232 \text{ kN}$$

$$P_u \geq 0,10 \cdot A_g \cdot f_c'$$

$$P_u \geq 0,10 \cdot (350 \cdot 500) \cdot 30$$

# DESAIN & ANALISIS KOLOM PENDEK

$P_u \geq 525 \text{ kN}$ , maka tetap dipakai  $\phi = 0,7$  ....ok!

$P_r = \phi P_n = 0,70 \cdot 1374,7232 = 962,31 \text{ kN} > P_u = 960 \text{ kN}$  ....ok!

Check apakah benar tegangan pada tulangan tekan  $f_s' > f_y$

$$a = \frac{P_n}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{13747232}{0,85 \cdot 30 \cdot 350} = 154,03 \text{ mm}$$

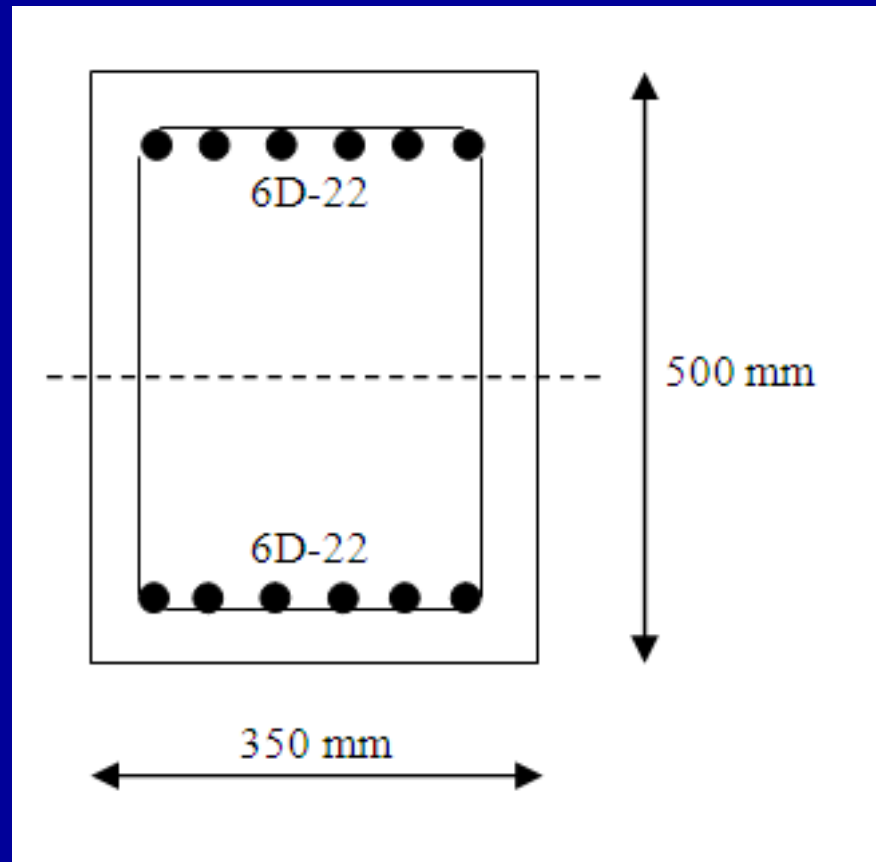
$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{154,03}{0,85} = 181,21 \text{ mm}$$

$$f_s' = 600 \cdot \left( \frac{c - d'}{c} \right) = 600 \cdot \left( \frac{181,21 - 50}{181,21} \right) = 434,45 \text{ MPa} > f_y \text{ ....ok!}$$

Dengan demikian dimensi dan penulangan kolom hasil perancangan dapat dipakai karena dari hasil analisa yang dilakukan, beban rencana yang bekerja ( $P_u = 960 \text{ kN}$ ) lebih kecil dari kapasitas penampang ( $P_r = 962,31 \text{ kN}$ ).



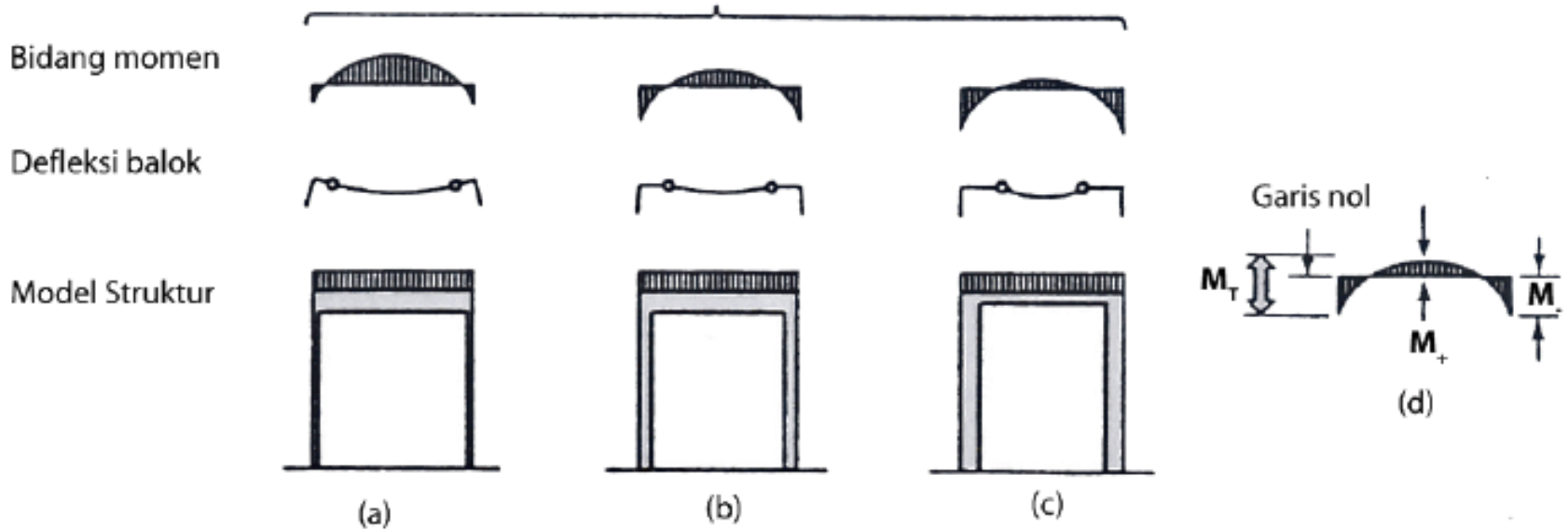
# DESAIN & ANALISIS KOLOM PENDEK



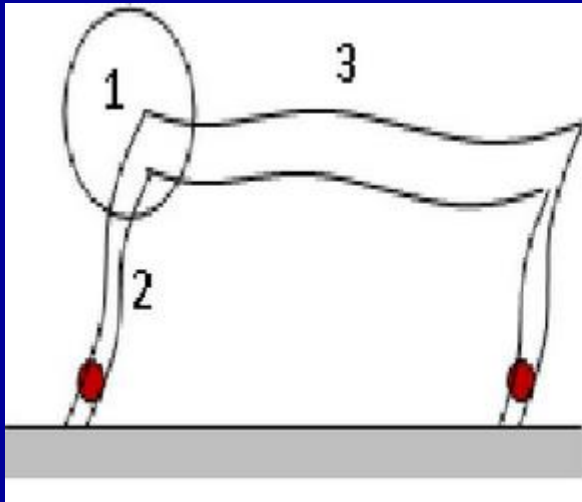
**Sketsa penulangan kolom pendek**

# PENGARUH KEKAKUAN PADA STRUKTUR

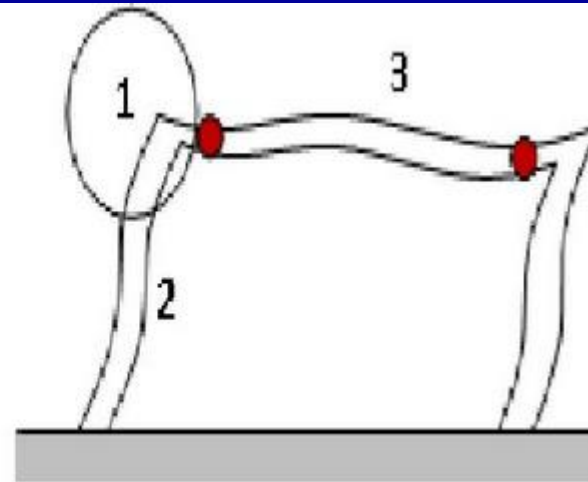
Struktur frame dengan variasi kekakuan balok dan kolom



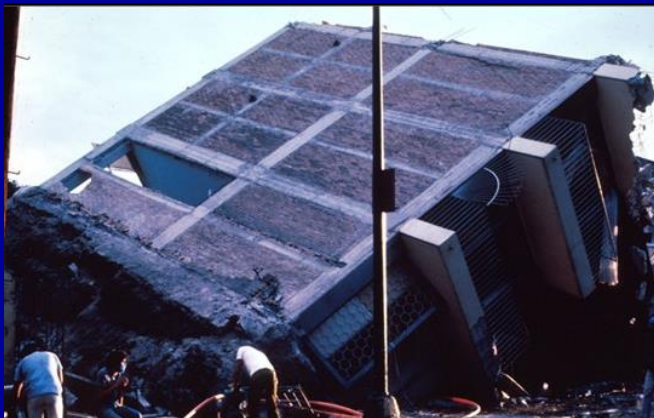
# Mekanisme Keruntuhan Bangunan



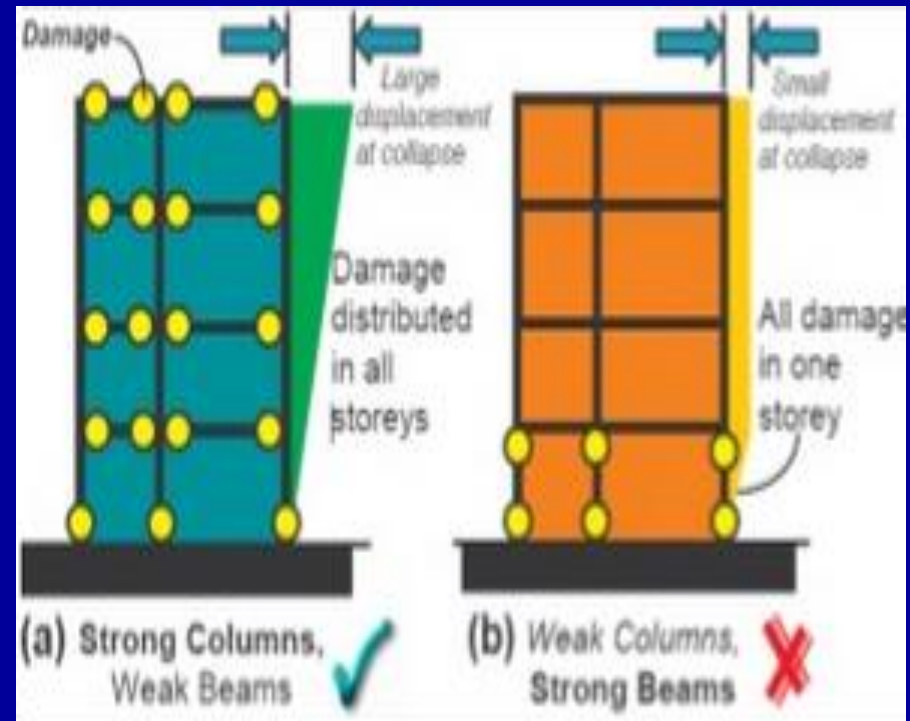
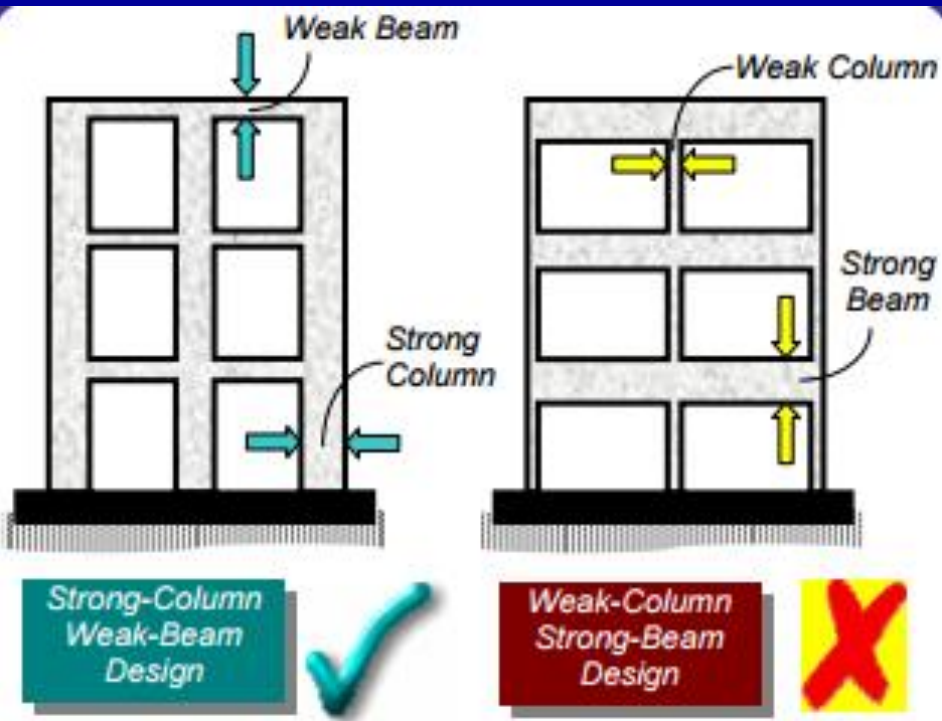
**Keruntuhan dimulai  
dari elemen Kolom  
GETAS**



**Kerusakan dimulai  
dari elemen Balok  
DAKTAIL**

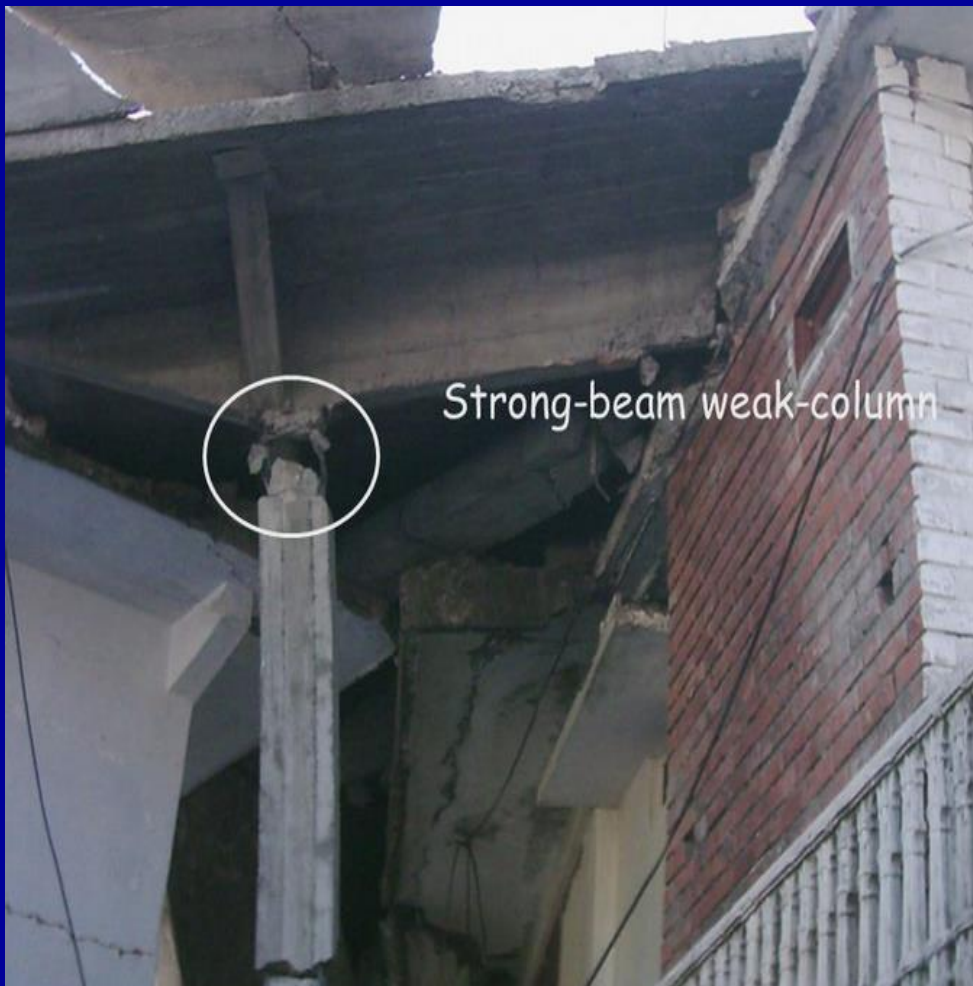


# Mekanisme Keruntuhan Bangunan



# Mekanisme Keruntuhan Bangunan

## Strong Beam-Weak Column Design





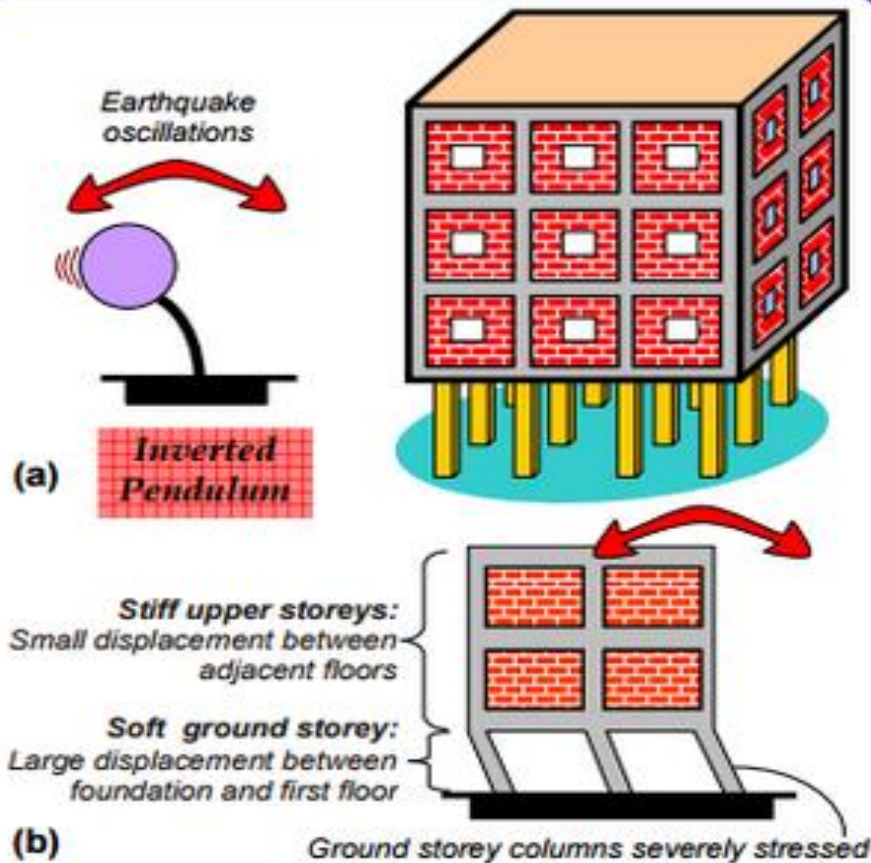
# Mekanisme Keruntuhan Bangunan

## Strong Beam-Weak Column Design





# KEKAKUAN ANTAR TINGKAT BERBEDA



Lantai atas bergerak sebagai satu blok utuh sementara lantai dasar lebih fleksibel.

- Lantai atas yang kokoh dan kaku: sedikit pergeseran diantara tingkat-tingkat yang bersambungan.
- Lantai dasar yang lemah: pergeseran besar antara fondasi dan lantai dasar.
- Tiang lantai dasar sangat dibebani

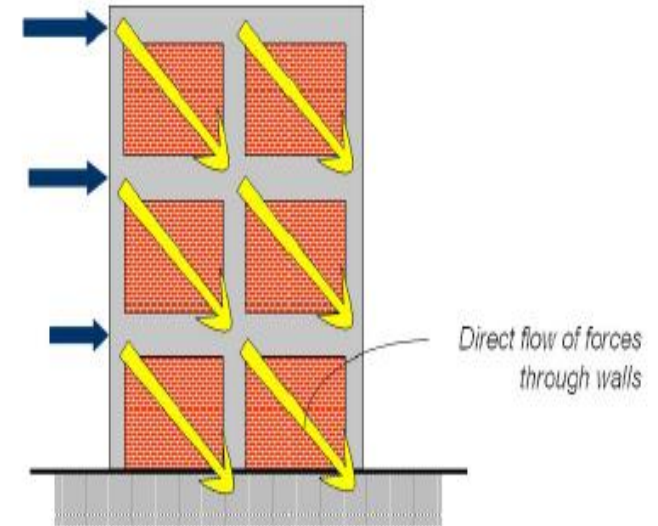


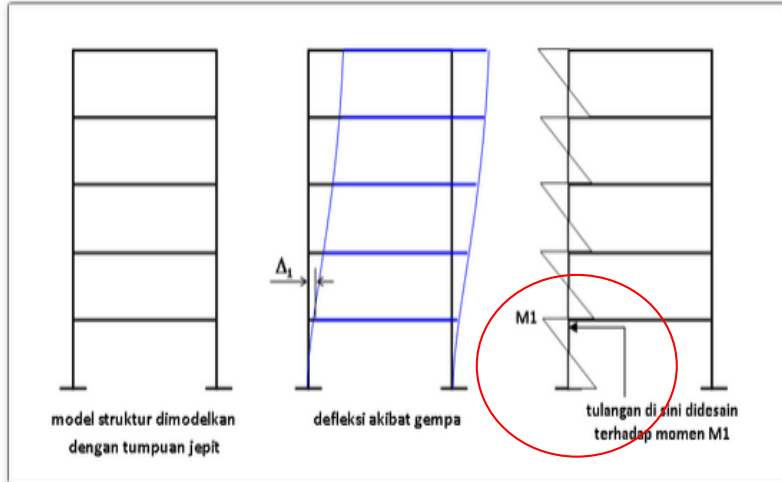
Figure 9

**Avoid Open Ground Storey – Continue Walls in Ground Storey**

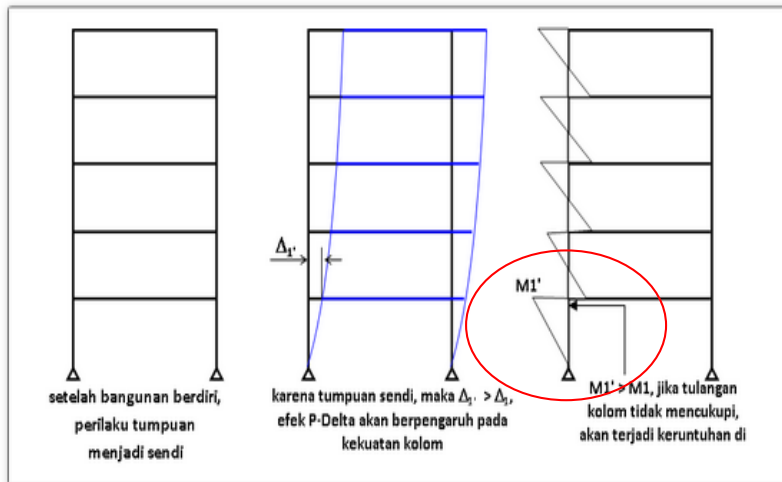
Hindari lantai dasar yang terbuka, lanjutkan tembok hingga lantai dasar.

- aliran tekanan melalui tembok

# KEKAKUAN ANTAR TINGKAT BERBEDA



*Tumpuan didesain sebagai jepit*



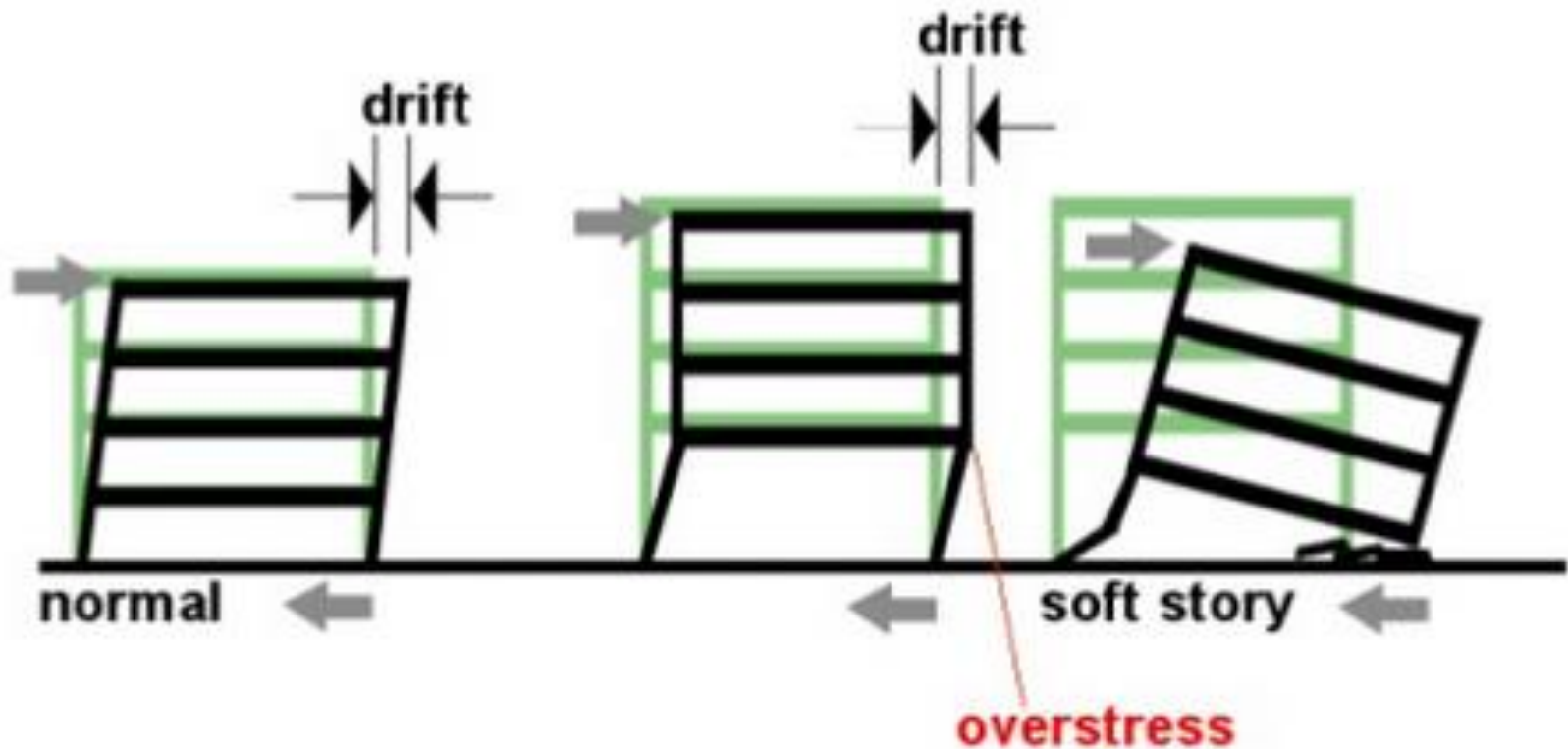
*Kenyataannya, tumpuan berperilaku sendi*



# KEKAKUAN ANTAR TINGKAT BERBEDA

## STRESS CONCENTRATIONS

the soft story collapse mechanism





# KEKAKUAN ANTAR TINGKAT BERBEDA



**Keruntuhan  
Soft Storey**

Sumber: <http://duniatekniksipil.web.id>

# KEKAKUAN ANTAR TINGKAT BERBEDA



Gempa Aceh Pidie 07 Desember 2016—6,4 SR



# KEKAKUAN ANTAR TINGKAT BERBEDA



Gempa Aceh Pidie 07 Desember 2016—6,4 SR



# GEMPA BUMI TIDAK MEMBUNUH MANUSIA

## SAMBUNGAN YANG BAGUS DAPAT MENYELAMATKAN MANUSIA



**Bagus**

Sambungan pembesian yang kuat akan menyelamatkan nyawa dan keluarga kita



Genggaman yang kuat akan menahan guncangan atau tarikan dan tidak mudah terlepas



**Buruk**

Sambungan pembesian yang tidak kuat akan membahayakan nyawa dan keluarga kita



Genggaman yang lemah tidak akan menahan guncangan atau tarikan dan mudah terlepas



## KONSTRUKSI YANG BURUK DAPAT MEMBUNUH MANUSIA

© 2018 Build Change. Foto: Keville/Steve Gage/ISTOCK, Susanto/Betta BSC, Ansham/Alamy



Untuk informasi lebih lanjut silahkan menghubungi:

Build Change

- Jl. Ahmad Yani No.28, Ngakou, Padang Panjang
- Jl. Beringin IWB No.4, Lukung, Padang, Telp: 0751-7054538

DRAPER RICHARDS  
FOUNDATION



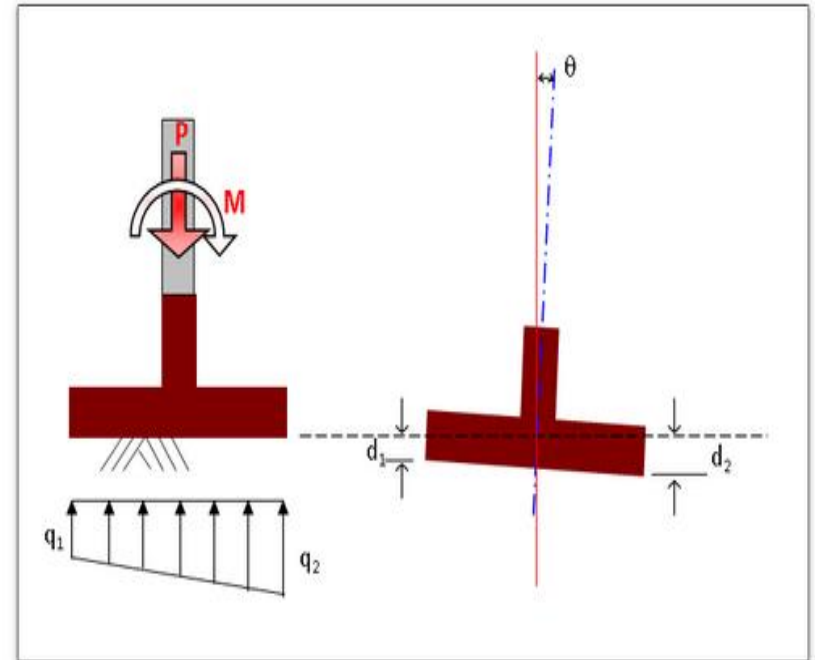
# PONDASI JEPIT MENJADI SENDI

1. Tidak ada yang mentransfer momen dari kolom ke pondasi.

Ketika menentukan sebuah tumpuan itu adalah jepit, maka perlu diperhatikan bahwa akan ada momen lentur di kaki kolom (tumpuan), dan.. harus ada yang bisa mentransfer momen tersebut ke pondasi dan terus ke tanah. Jika pondasinya tipe tiang (pile) baik itu pancang atau bor, setidaknya harus ada *pilecap* yang cukup kuat untuk menahan momen dari kolom tersebut. Jika pondasinya pondasi tapak, sebaiknya kolom tidak didesain sebagai jepit. Pondasi tapak tidak efektif dalam menahan momen lentur akibat reaksi tumpuan jepit.

2. Pondasi tidak didesain untuk menahan momen.

Kadang pondasi tapak sudah didesain untuk menahan momen, tetapi pada kenyataannya, jika ada momen yang terjadi pada pondasi, akan ada perbedaan tekanan pada tanah di daerah ujung-ujung pondasi. Akibatnya bisa terjadi perbedaan settlement. Jika ada perbedaan settlement di ujung-ujung pondasi tapak, maka akan timbul rotasi. Adanya rotasi menyebabkan perilaku jepit menjadi tidak sempurna lagi.

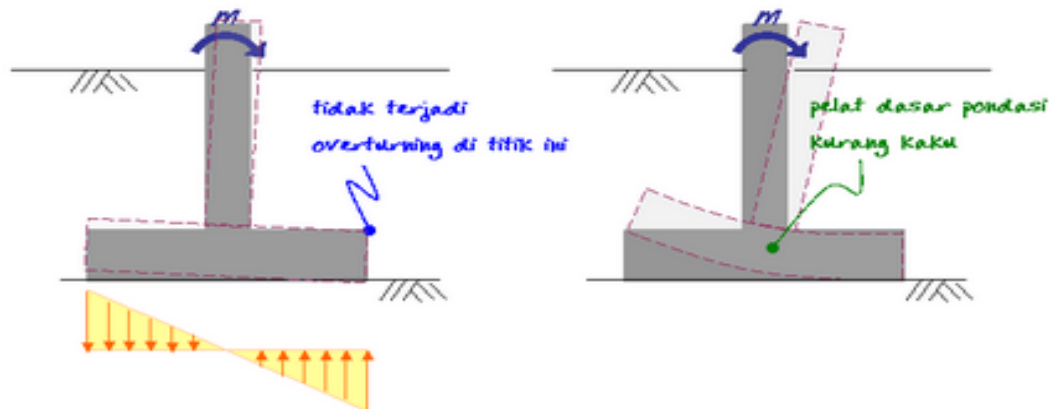


Rotasi pada pondasi tapak mengurangi kekuatan penjepitan

# PONDASI JEPIT MENJADI SENDI

Untuk pondasi dangkal, misalnya pondasi tapak (setempat). Butuh sedikit feeling atau engiment alias engineering judgement.. 😊 Misalnya kita “berani” menjepit suatu tumpuan jika:

1. tanahnya sedang atau keras
  2. dasar pondasi cukup dalam (misalnya lebih dari 1.5 m)
  3. pondasi cukup stabil (tidak mengalami overturning, sliding, dll) dengan angka keamanan yang dirasa sudah cukup (misalnya 3)
  4. tebal dasar pondasi cukup besar agar lebih rigid (kaku)
  5. detail penulangan pondasi kuat untuk menyalurkan momen lentur dari kolom.
- Artinya pondasi tersebut tidak gagal.



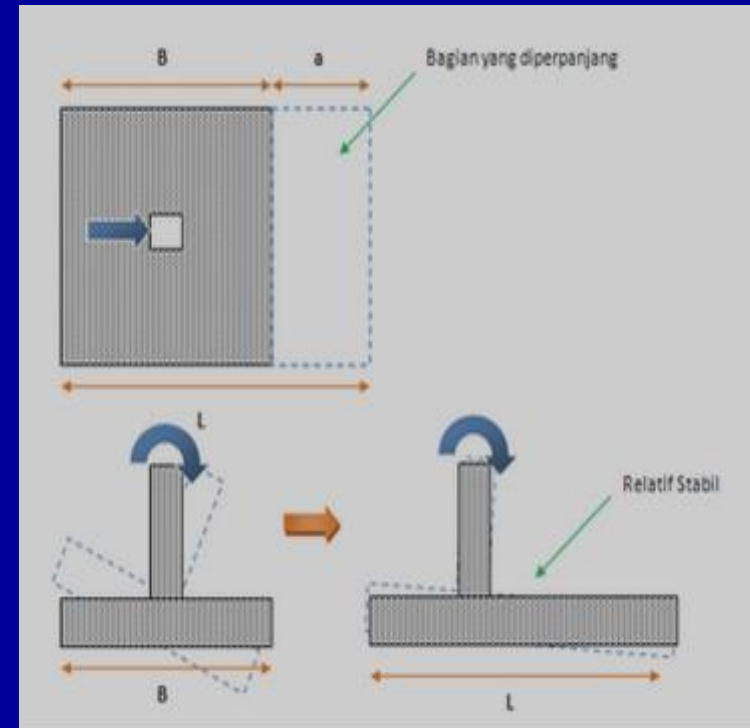
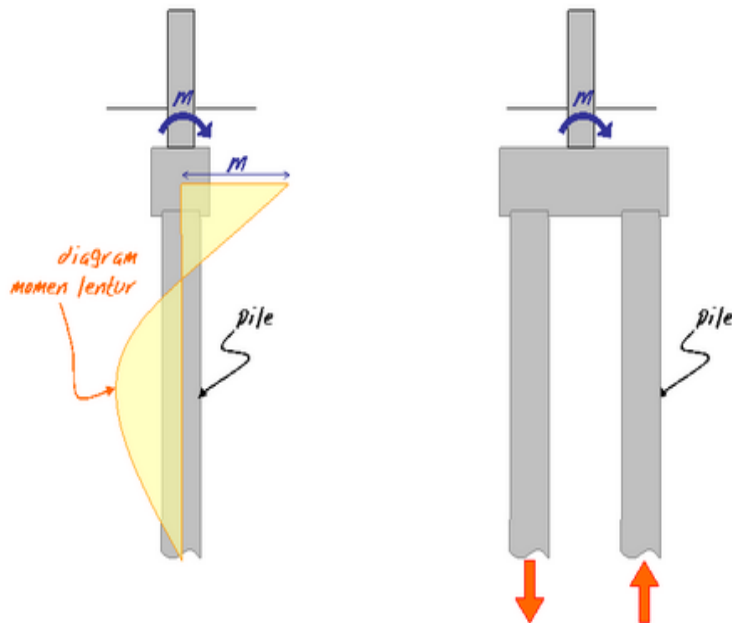


# PONDASI PENAHAN MOMEN

Pondasi tipe tiang (pile) pada umumnya bisa menahan momen.

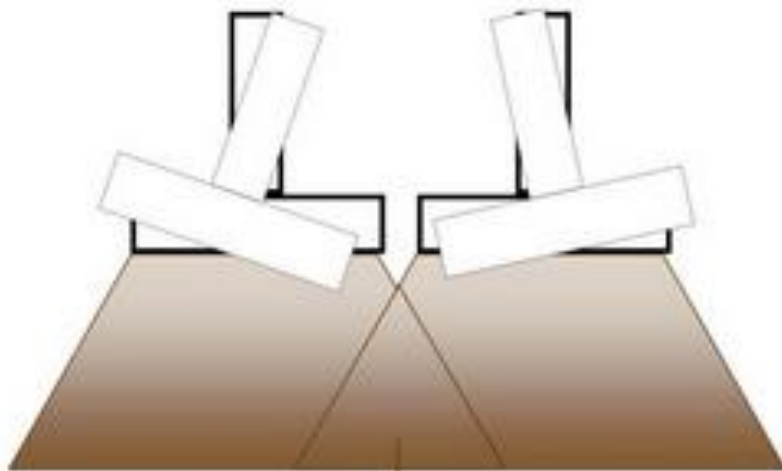
Pondasi tiang tunggal (1 pile), bisa menyalurkan momen di seluruh atau sebagian panjang tiang. Tentu saja kapasitas momen retak tiang harus lebih besar daripada kapasitas momen lentur kolom di atasnya. Kenapa harus momen retak? Karena ketika pondasi tiang retak, dia akan mengalami penurunan kekuatan yang cukup signifikan.

Pondasi tiang lebih dari 1, menyalurkan momen melalui pasangan (kopel) gaya tarik dan tekan. Sehingga kita tidak perlu khawatir dengan adanya momen pada tiang.



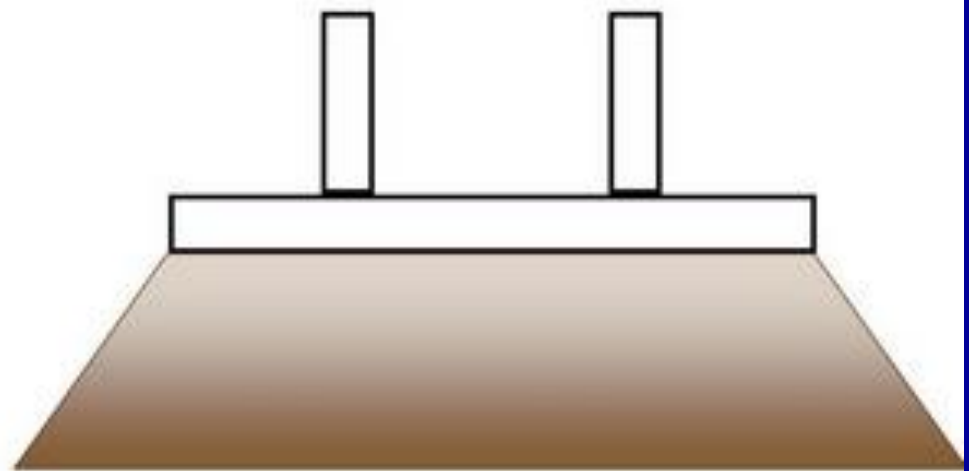
# PONDASI PENAHAN MOMEN

**KURANG BENAR**



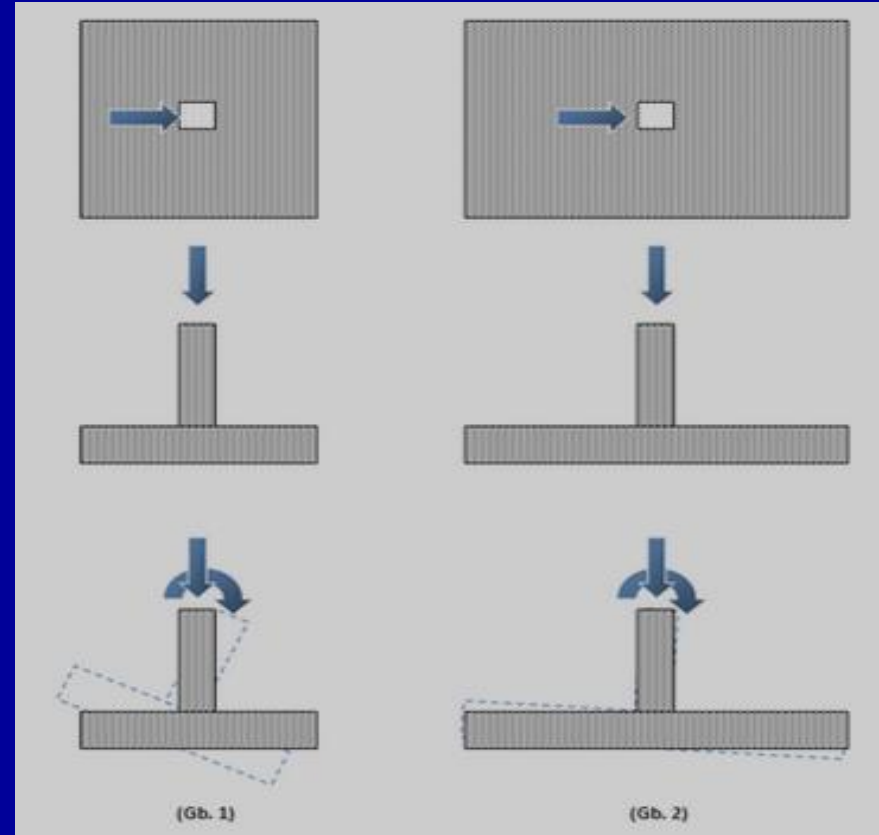
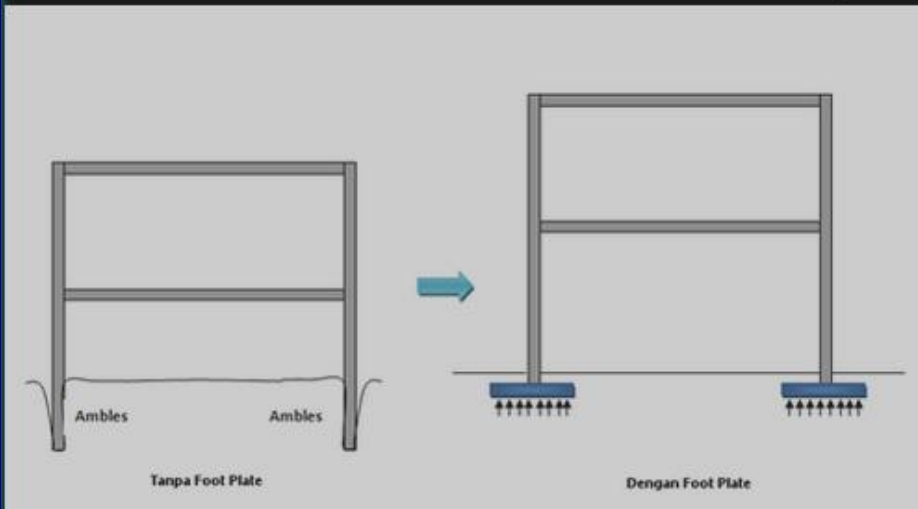
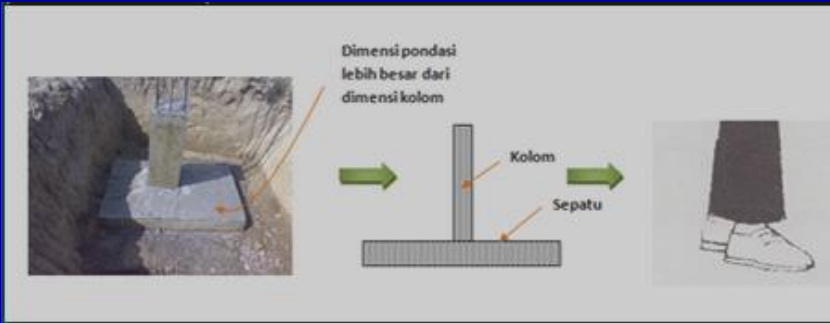
**Keruntuhan local (Local Shear)**

**BENAR**

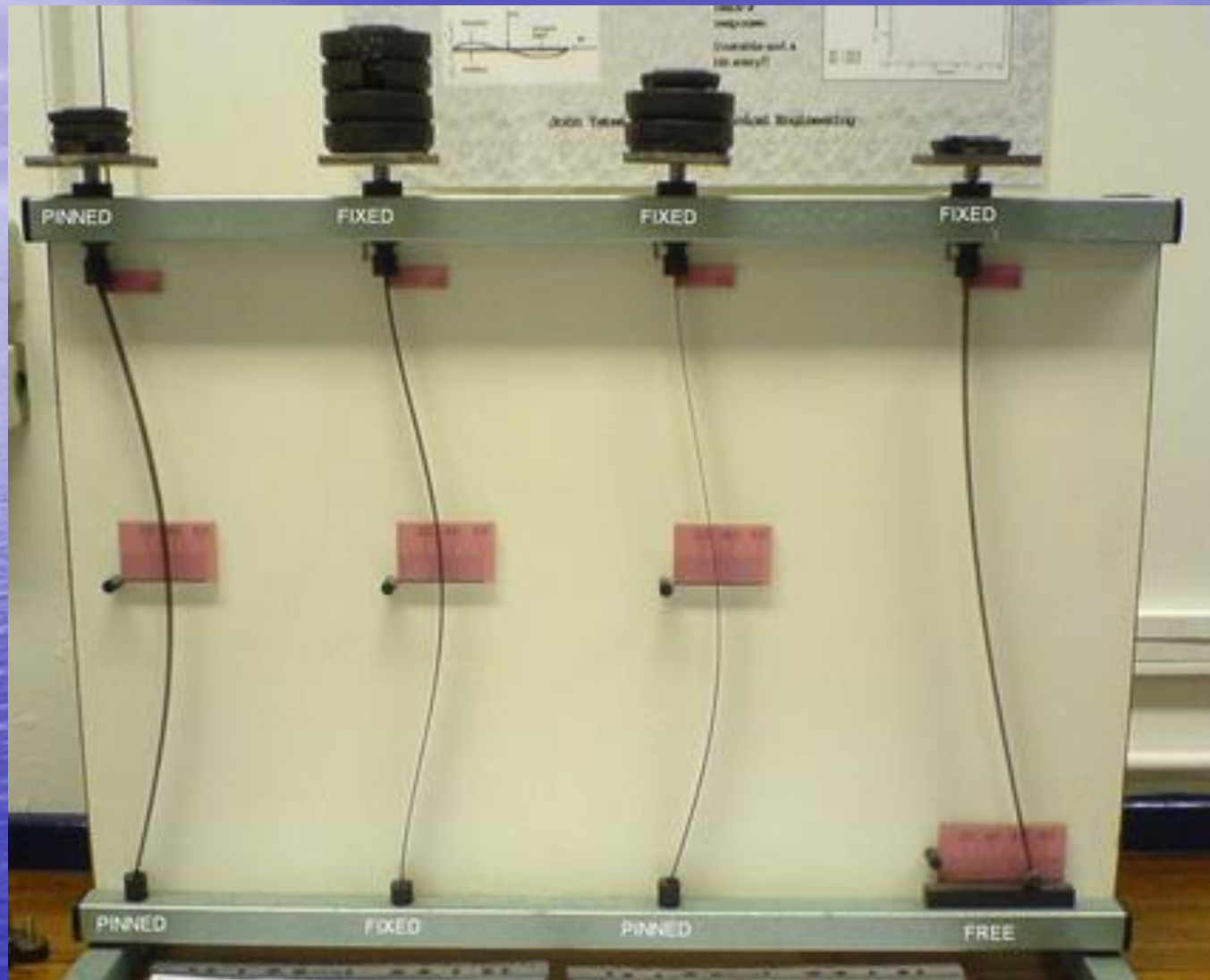




# PONDASI PENAHAN MOMEN

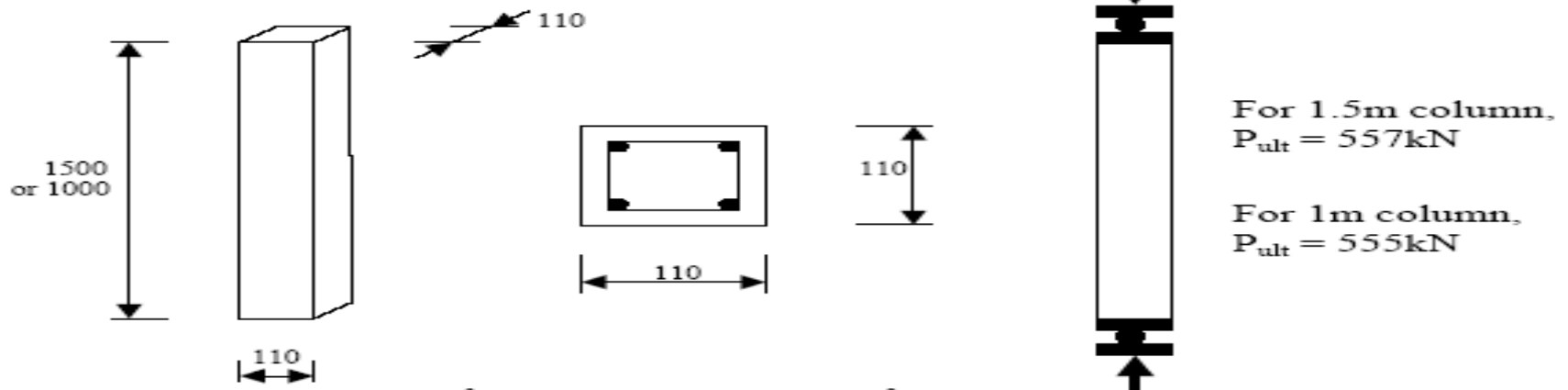


# PENGUJIAN PENGARUH TIPE TUMPUAN KOLOM



# PENGUJIAN KOLOM

Column designs, dimensions and loading



Concrete cube strength  $f_{cu} = 51.0\text{N/mm}^2$ , tensile strength  $f_t = 5.49\text{N/mm}^2$ . Longitudinal reinforcement 4T12 bars, with cover 15mm. Closed links 3mm  $\phi$  spaced 100mm c/c. Two column lengths are 1500 or 1000mm, both concentrically loaded.  $E_{conc} = 30,000\text{ N/mm}^2$  and  $E_{steel} = 200,000\text{ N/mm}^2$ .



# PENGUJIAN KOLOM



**Kolom  
Tinggi 1,0 meter**



**Beban Puncak**



**Kondisi Final Failure**

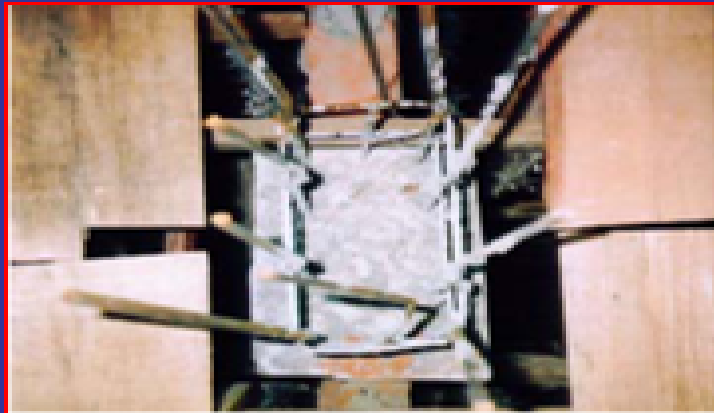


# PENGUJIAN KOLOM

Kolom  
Tinggi 1,5 meter

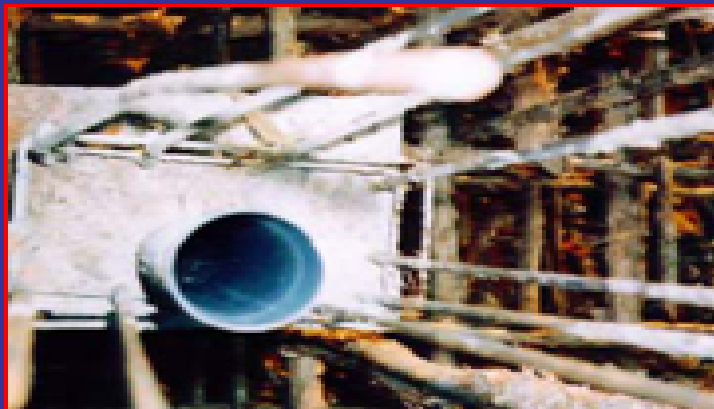


# PENGARUH LUBANG PADA KOLOM



Sumber: Tesis Darmansyah Tjitradi, 2000.

- Melihat banyaknya kasus pemasangan instalasi pipa (air hujan, sanitasi, listrik, dll) yang tertanam pada kolom, sering dijadikan alasan tujuan estetika, tanpa memperhatikan pengaruh pengurangan kekuatan kolom.
- Meskipun dalam ACI 318-95 pasal 6.3.4 dinyatakan asal **LUAS LUBANG TIDAK LEBIH DARI 4 PERSEN** dari penampang melintang yang dipergunakan dalam perhitungan kekuatan maka pengaruh lubang tidak perlu diperhitungkan. **(utk Beton Mutu Normal)**



SNI-03-2847-2002 Pasal 8.3.4:

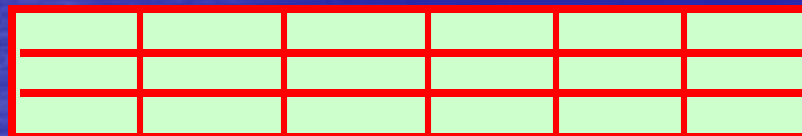
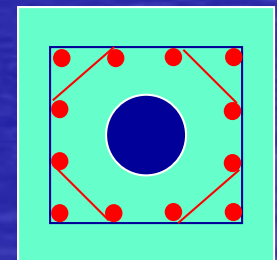
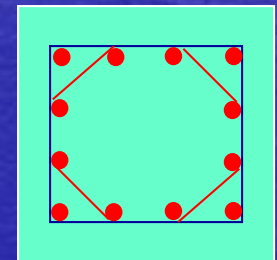
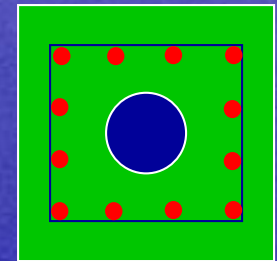
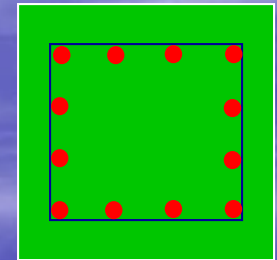
- 4) Saluran dan pipa, bersama kaitnya, yang ditanam pada kolom tidak boleh menempati lebih dari 4 persen luas penampang yang diperlukan untuk kekuatan atau untuk perlindungan terhadap kebakaran.



# PENGARUH LUBANG PADA KOLOM

Model Benda Uji Kolom (200x200x1120 mm)

Kode Benda Uji	$\phi_{lub}$ (mm)	Rasio Lubang (%)	$\rho_t$	$\rho_s$	S (mm)
KST.1.0	0	0	0,0455	0,0184	50
KST.1.1	48	4,52	0,0455	0,0184	50
KST.1.2	60	7,07	0,0455	0,0184	50
KST.1.3	75	11,04	0,0455	0,0184	50
KSR.2.0	0	0	0,0455	0,0220	75
KSR.2.2	60	7,07	0,0455	0,0220	75
KSR.2.3	75	11,04	0,0455	0,0220	75



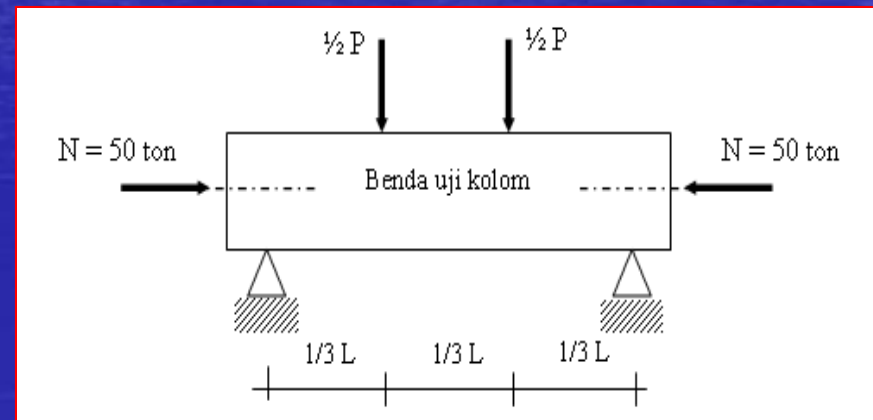
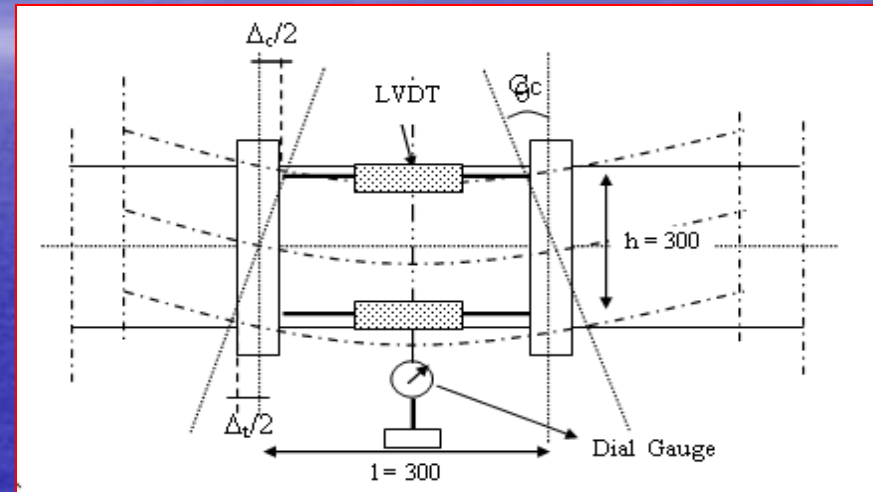
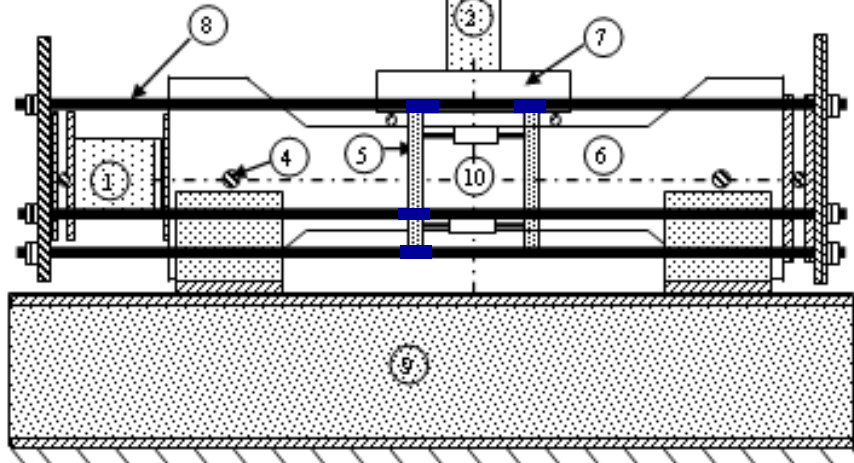
$S$

# PENGARUH LUBANG PADA KOLOM

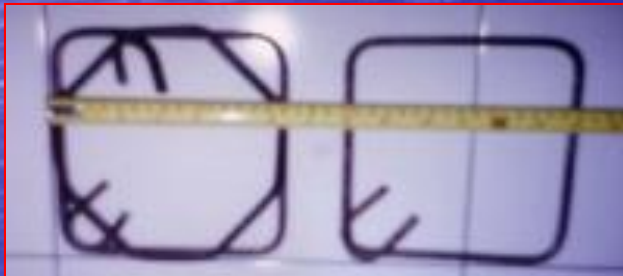
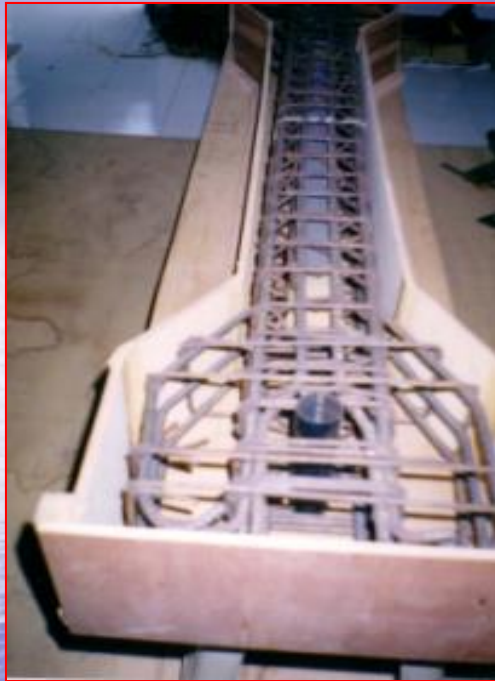
## Setup Pengujian & Pembebanan Kolom

### Keterangan :

1. Hydraulic Jack 200 ton
2. Hydraulic Jack 50 ton
3. Load Cell 60 ton
4. Besi as  $\phi 40$  mm
5. Besi Yokes
6. Benda uji kolom
7. Balok penyebar beban transversal
8. 6 bh Besi as  $\phi 25$  mm
9. Baja Profil I
10. LVDT 100 mm



# PENGARUH LUBANG PADA KOLOM

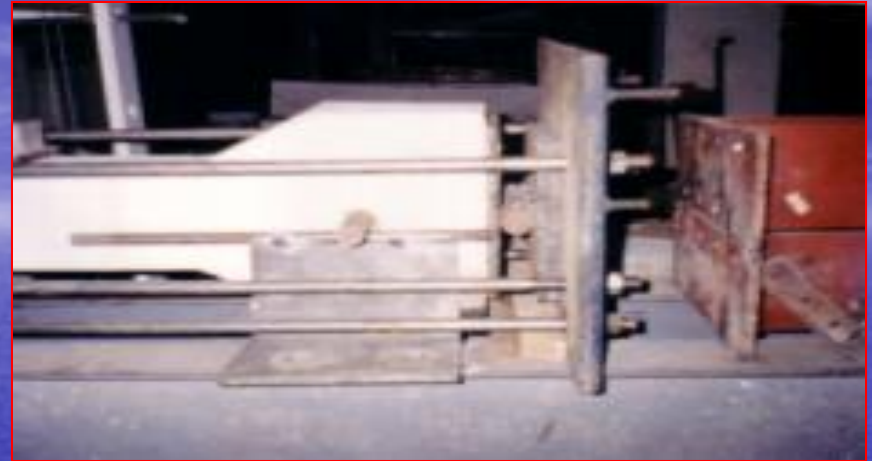


**Model Sengkang Rangkap dan Sengkang Tunggal**

**Penulangan benda uji kolom**

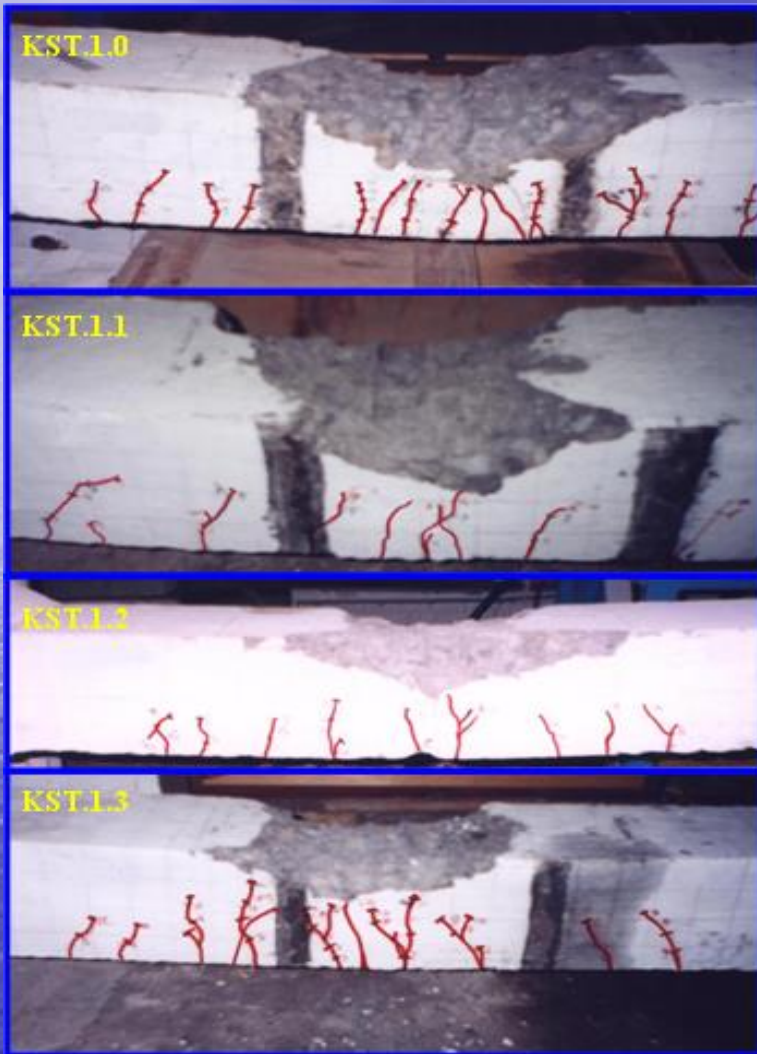


# PENGARUH LUBANG PADA KOLOM

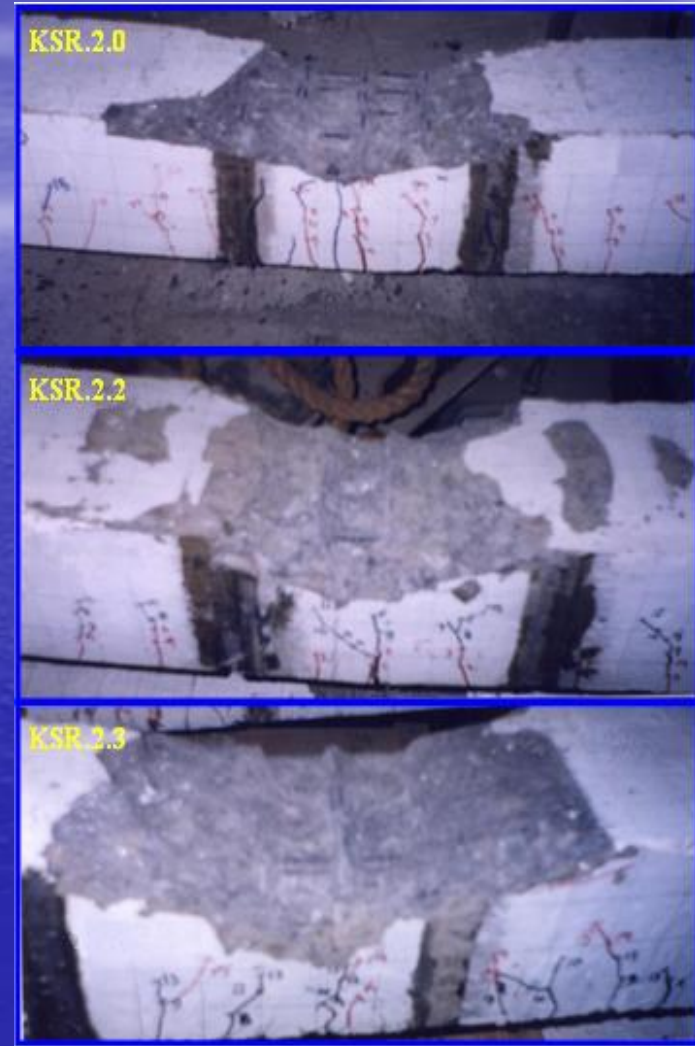


**Setup pengujian kolom**

# PENGARUH LUBANG PADA KOLOM



**Sengkang Tunggal**

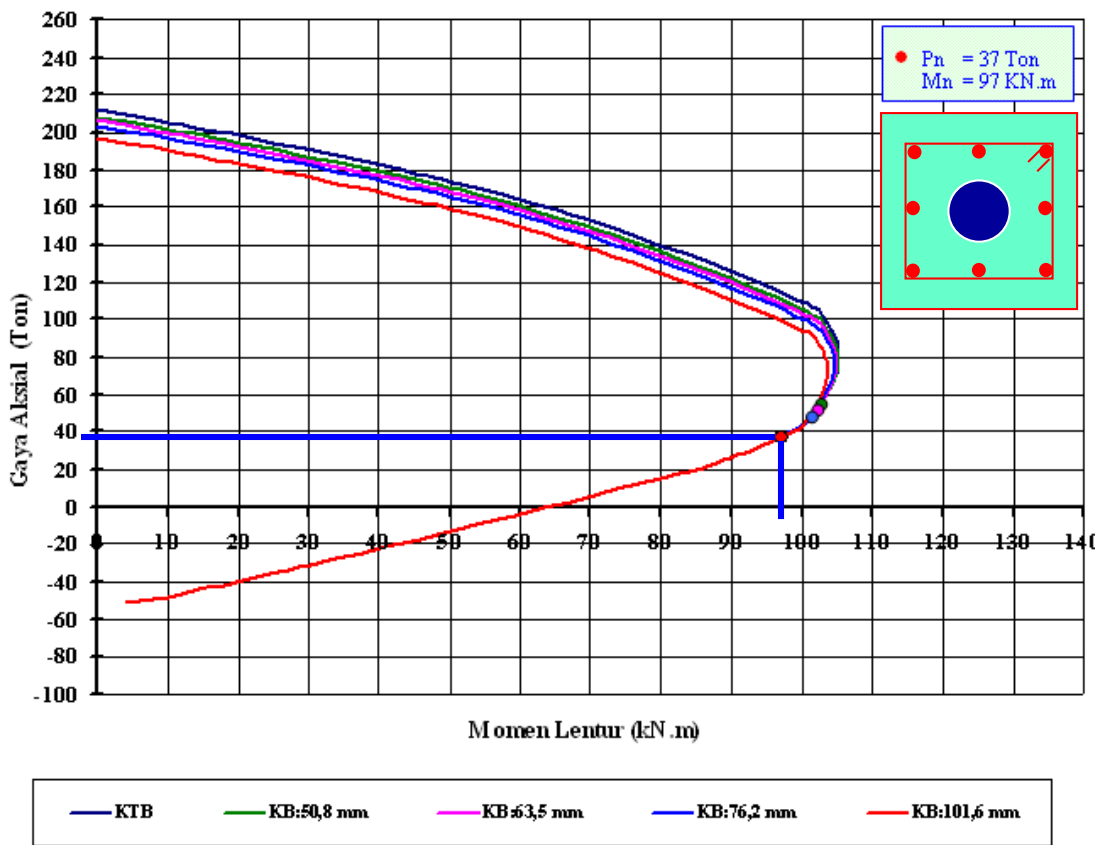


**Sengkang Rangkap**



# Diagram Interaksi

## Kolom Berlubang Beton Mutu Normal



### Data:

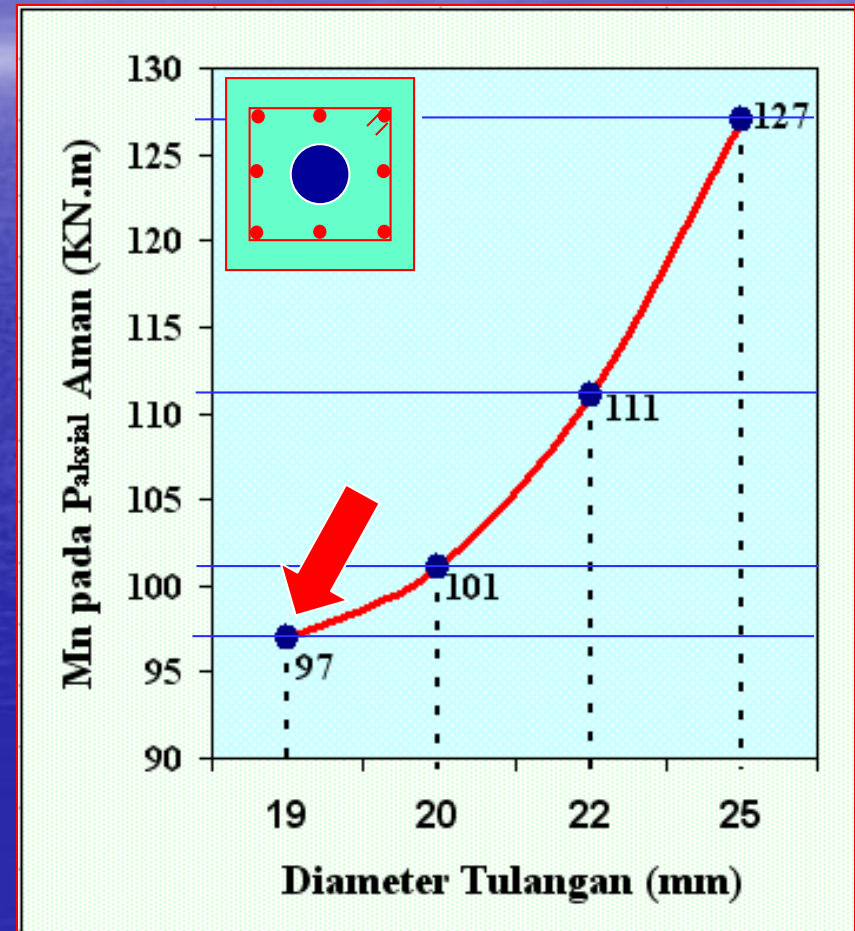
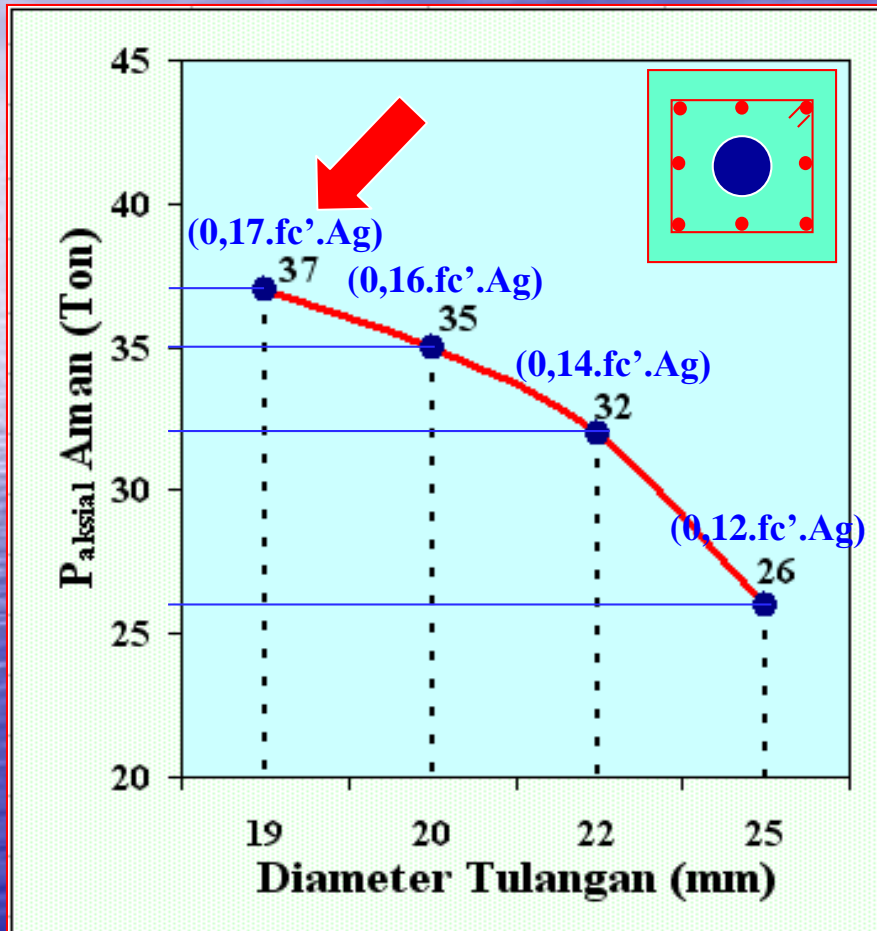
Dimensi kolom 300 x 300 mm  
Mutu Beton  $f_c' = 25 \text{ MPa}$   
Mutu Baja  $f_y = 240 \text{ MPa}$   
Diameter Tul. Utama = 19 mm  
Rasio Lubang:  
2,25%; 3,51%; 5,06%; 9,01%

### Analisis Lentur:

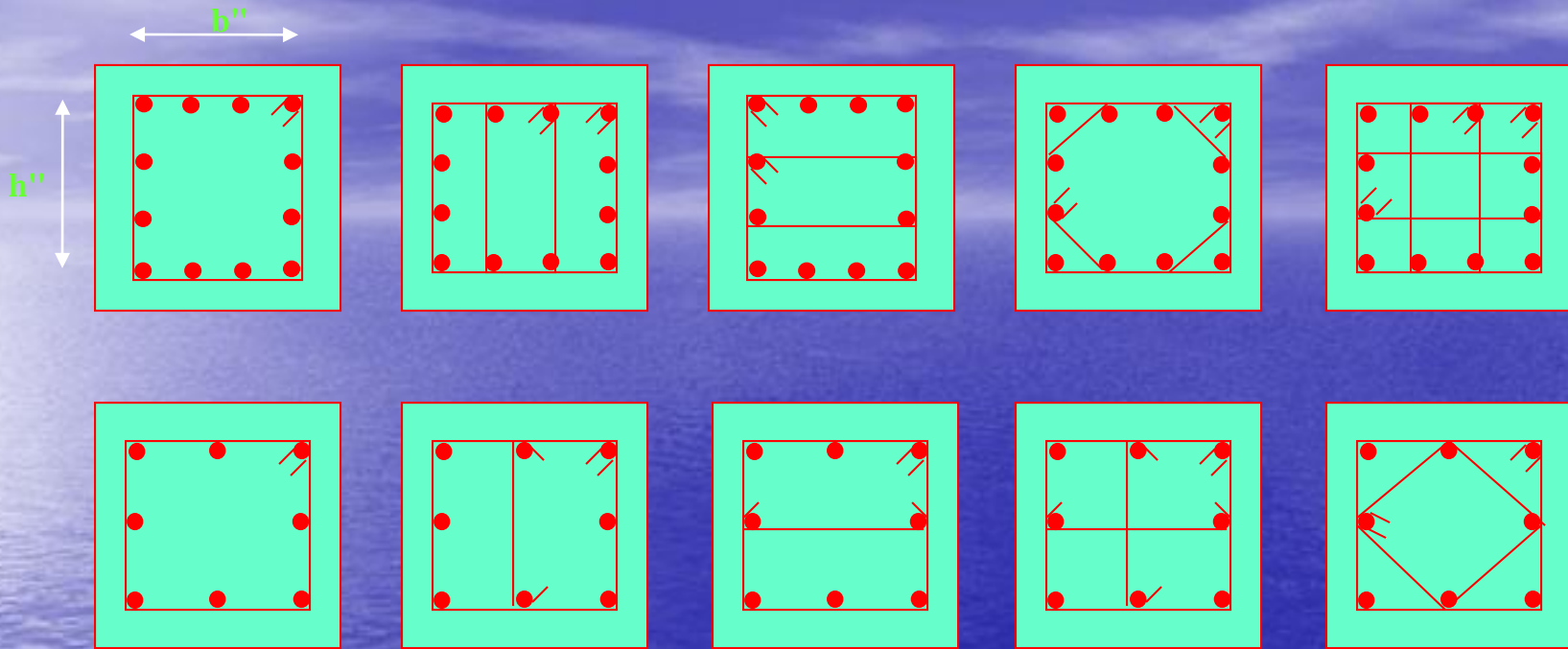
- Stress-strain beton Kent-Park (1974) Kondisi *Unconfined*
- Stress-strain baja R. Park, T. Paulay (1974)

**Taraf beban aksial:  $P \leq 0,17 \cdot f_c' \cdot A_g$  atau  $P \leq 37 \text{ ton}$**   
**(lubang tidak berpengaruh)**

# Taraf Beban Aksial yang diijinkan Pada Kolom Berlubang Beton Mutu Normal

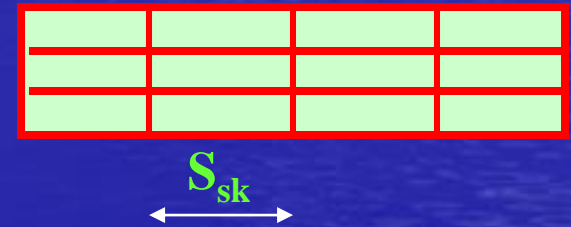


# MODEL PENGEKANGAN KOLOM



$$\rho_s = \frac{\text{Volume Tulangan Geser}}{\text{Volume Beton yang Terkekang}}$$

$$\rho_s = \frac{A_{sk} \cdot L_s}{b'' \cdot h'' \cdot S_{sk}}$$





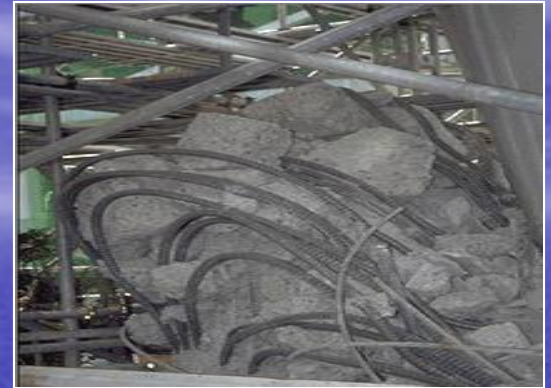
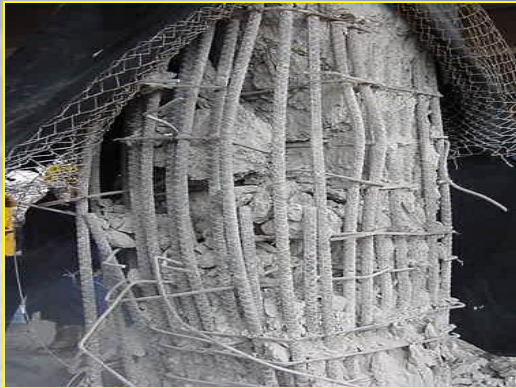
# KASUS KEGAGALAN KOLOM

## Shear Deficient Columns





# KASUS KEGAGALAN KOLOM





# KASUS KEGAGALAN KOLOM



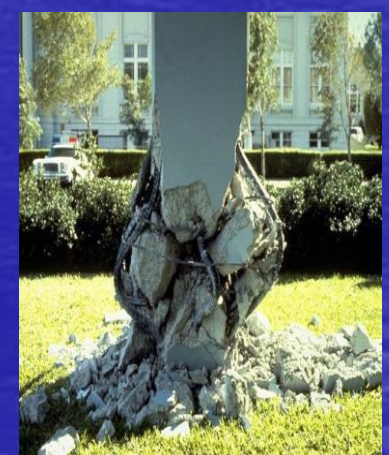
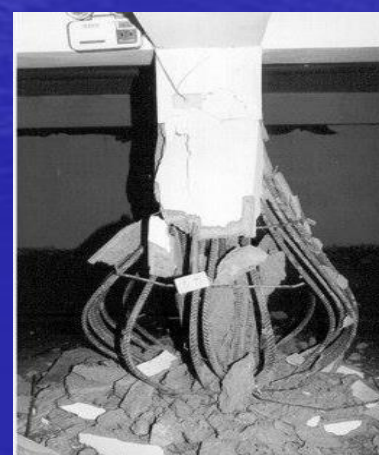
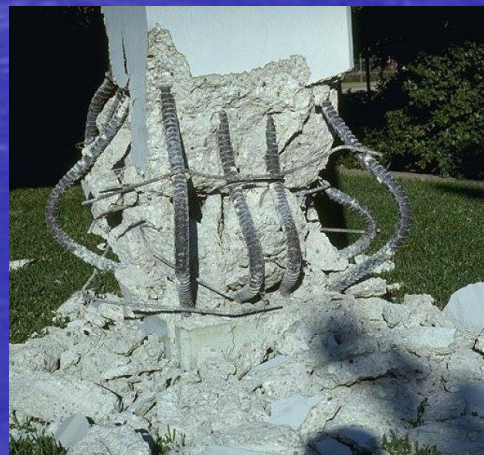


# KASUS KEGAGALAN KOLOM





# KASUS KEGAGALAN KOLOM





# KASUS KEGAGALAN KOLOM



# KASUS KEGAGALAN KOLOM



(a)



(b)



(c)



# KASUS KEGAGALAN KOLOM



# KASUS KEGAGALAN KOLOM

## Beam-Column Joints





# KASUS KEGAGALAN KOLOM

## Beam-Column Joints



# KASUS KEGAGALAN KOLOM

## Poor Joint Performance





# KASUS KEGAGALAN KOLOM



*Detailed view of column with spiral confinement steel. The spiral confinement steel helped keep the concrete core intact. The longitudinal reinforcement is tied on the exterior of the spiral; this detail leaves the longitudinal steel vulnerable.*



*Example of damage to the corner columns at Olive View Hospital which was the result of poor seismic detailing. [9]*



# KASUS KEGAGALAN KOLOM



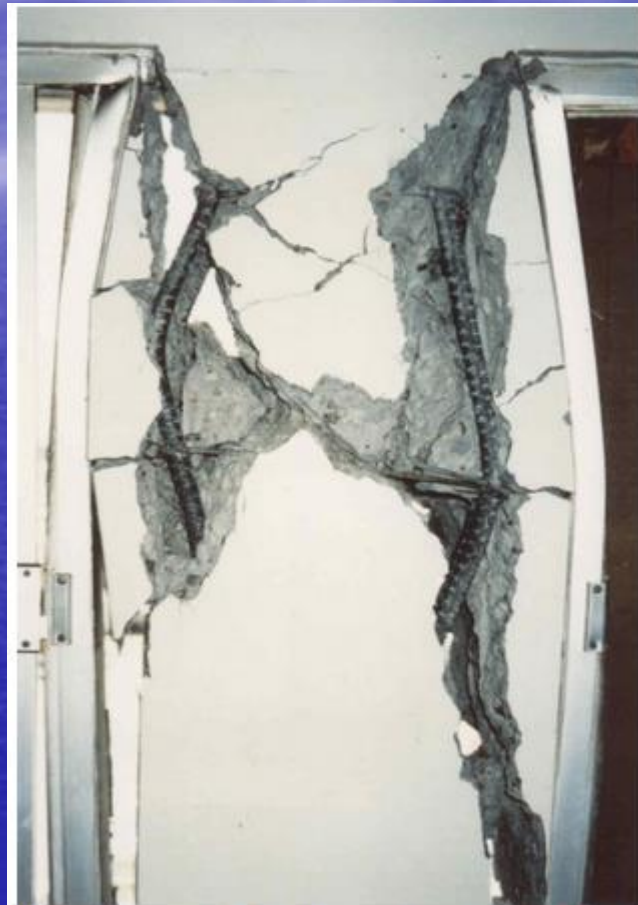
*During the 1979 Imperial Valley earthquake, the 6 story reinforced concrete Imperial County Services Building developed significant inertia forces simultaneously in the two main directions (illustrated in red).*



*View of the 1979 Imperial Valley earthquake damage in the first story columns located in the east end of the Imperial County Services building. Note the explosive type of failure just above the ground.*



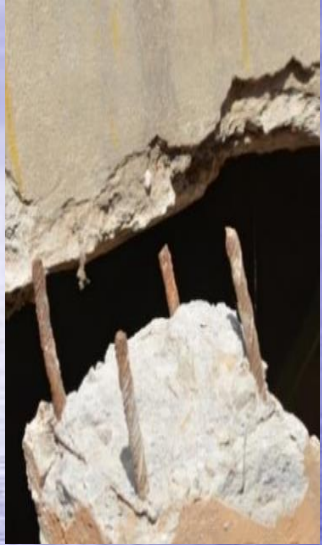
# KASUS KEGAGALAN KOLOM



*Damage to the Holiday Inn, Van Nuys primarily consisted of shear failure of the columns and subsequent buckling of column vertical reinforcing between the ties where added confinement provided by the concrete cover was no longer available.*



# KASUS KEGAGALAN KOLOM





# KETIDAKSEMPURNAAN PELAKSANAAN KOLOM



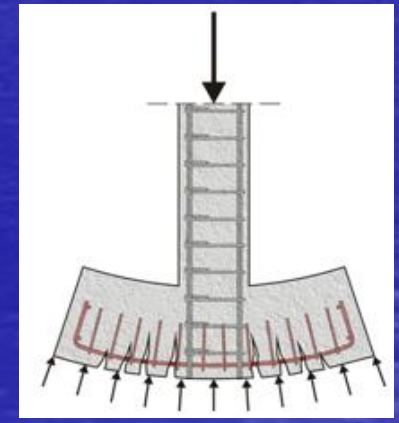


# KASUS KEGAGALAN GESER PONS



*Piper's Row Car Park, Wolverhampton, UK, 1997 (built in 1965).*

Punching Shear Failures





# TULANGAN GESER PONS



# Umpan Balik Modul 7

## Soal 1:

Jelaskan mengapa faktor reduksi kekuatan kolom lebih rendah daripada balok!

## Soal 2:

Lihat Soal Latihan1.

Rencanakan dimensi Kolom 2, 4 untuk Nim Ganjil, dan Kolom 3, 5 untuk Nim Genap.

## Soal 3:

Kolom pendek beton bertulang berpenampang persegi memiliki ukuran 300x300 mm,  $d=0,9h$ , dengan beban ultimit yang bekerja sebesar  $P_u = 500$  kN dan  $M_u = 2 \times 10^5$  kN.mm. Bila diberikan  $f_c' = 30$  MPa dan  $f_y = 400$  MPa, maka desainlah tulangan kolom tersebut serta periksa beban yang boleh bekerja pada penampang tersebut.