

# **MODUL – 8**

## **PONDASI BETON BERTULANG**

**Oleh**

**Ir. Darmansyah Tjitradi, ST., MT.**

### **Capaian Pembelajaran Matakuliah:**

- **Mahasiswa mampu memahami konsep keruntuhan geser pada pelat pondasi beton bertulang**
- **Mahasiswa mampu menganalisis & mendesain pondasi beton bertulang akibat beban-beban yang bekerja**

# Pengertian pondasi

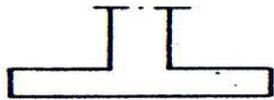
**Pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur atas ke lapisan tanah pendukungnya, yang biasanya terletak di dalam permukaan tanah.**

**Beban struktur atas yang bekerja pada pondasi dapat berupa beban vertikal, horisontal, momen atau kombinasi dari ketiganya.**

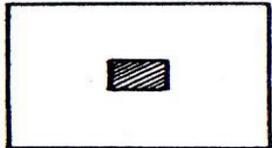
**Secara umum, menurut kedalamannya pondasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:**

- **Pondasi dangkal: pondasi yang dasarnya terletak dekat dengan permukaan tanah, misal: pondasi telapak**  
**Pondasi ini untuk kondisi yang lapisan tanah kerasnya terletak dekat permukaan, dan beban yang relatif kecil.**
- **Pondasi dalam: pondasi yang dasarnya terletak jauh di bawah muka tanah, misal: pondasi tiang pancang, sumuran, dll.**  
**Pondasi ini untuk kondisi yang lapisan tanah kerasnya terletak jauh dari permukaan, dan beban yang relatif berat.**

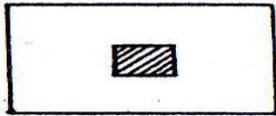
# Jenis-jenis pondasi dangkal/tapak



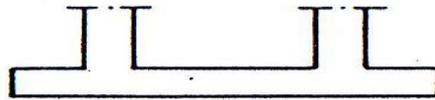
(a) Bujur sangkar.



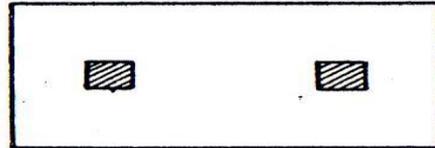
(b).Persegi.



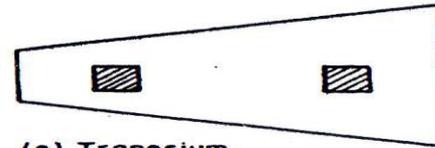
(c) Menerus.



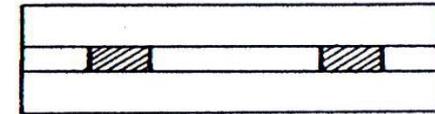
(d) Tanpa balok penguat.



(e) Trapesium.



(f) Dengan balok penguat.



- **Menurut Terzaghi:** Apabila perbandingan antara kedalaman dan lebar pondasi lebih kecil atau sama, maka dapat dinamakan pondasi dangkal.
- Bisa juga dapat dilihat secara fisik dan bentuknya

# Jenis-jenis pondasi dangkal/tapak

- **Pondasi tapak setempat, di bawah kolom tunggal.**  
Denah pondasi ini berbentuk bujur sangkar, persegi, atau bulat
- **Pondasi tapak menerus, yang memikul banyak kolom atau struktur pemikul yang memanjang seperti dinding.**
- **Pondasi tapak gabungan, yang mendukung dua atau lebih kolom.**  
Struktur pondasi ini dapat dilengkapi dengan balok penguat.

# Stabilitas pondasi dangkal

**Kriteria stabilitas pondasi dangkal dapat dipenuhi, jika:**

- **Kapasitas/daya dukung batas tanah lebih besar dari tegangan kontak yang diakibatkan oleh beban total pada pondasi.**
- **Penurunan pondasi yang terjadi akibat beban kerja lebih kecil dari pada penurunan yang diisyaratkan**

# DAYA DUKUNG TANAH

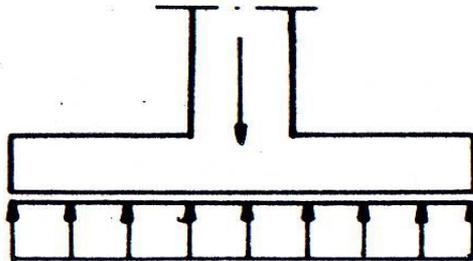
Cara menghitung besarnya kapasitas (daya dukung) pondasi dangkal, antara lain: Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Bala, dll.

Daya dukung perkiraan dari berbagai lapisan tanah

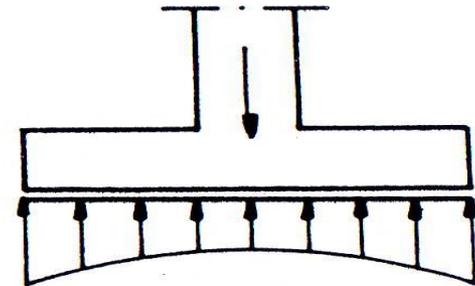
Jenis lapisan tanah	Daya dukung (MPa $\approx$ 10 kg/cm <sup>2</sup> )
Batuan dasar kaku	10
Batuan pasir	2 s/d 4
Serpih dan lumpur	0,6 s/d 2
Kerikil, pasir dipadatkan	0,1 s/d 0,3
Pasir rapat sedang	0,1 s/d 0,3
Pasir halus lepas	< 0,1
Lempung keras	0,3 s/d 0,6
Lempung sedang	0,1 s/d 0,3
Lempung lunak	< 0,075

# TEGANGAN KONTAK

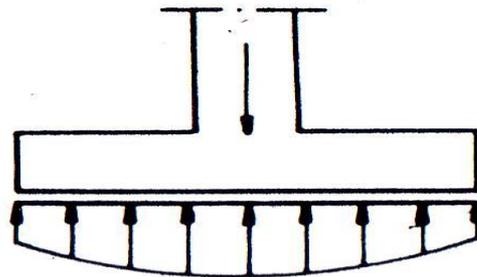
**Tegangan kontak (contact pressure):** tegangan yang bekerja tepat dibawah dasar pondasi



(a) distribusi merata



(b) distribusi tegangan pada tanah liat



(c) distribusi tegangan pada tanah berpasir

# TEGANGAN KONTAK

**Rumus Tegangan kontak:** 
$$\sigma_{tn} = \frac{N}{A} \pm \frac{Mx \cdot X}{Ix} \pm \frac{My \cdot Y}{Iy}$$

## Dimana:

$\sigma_{tn}$  = tegangan kontak (MPa)

**N** = beban aksial (N)

**A** = luas bidang pondasi (mm<sup>2</sup>), **A** = **B** × **L**

**Mx** = Momen terhadap sumbu x (N.mm)

**My** = Momen terhadap sumbu y (N.mm)

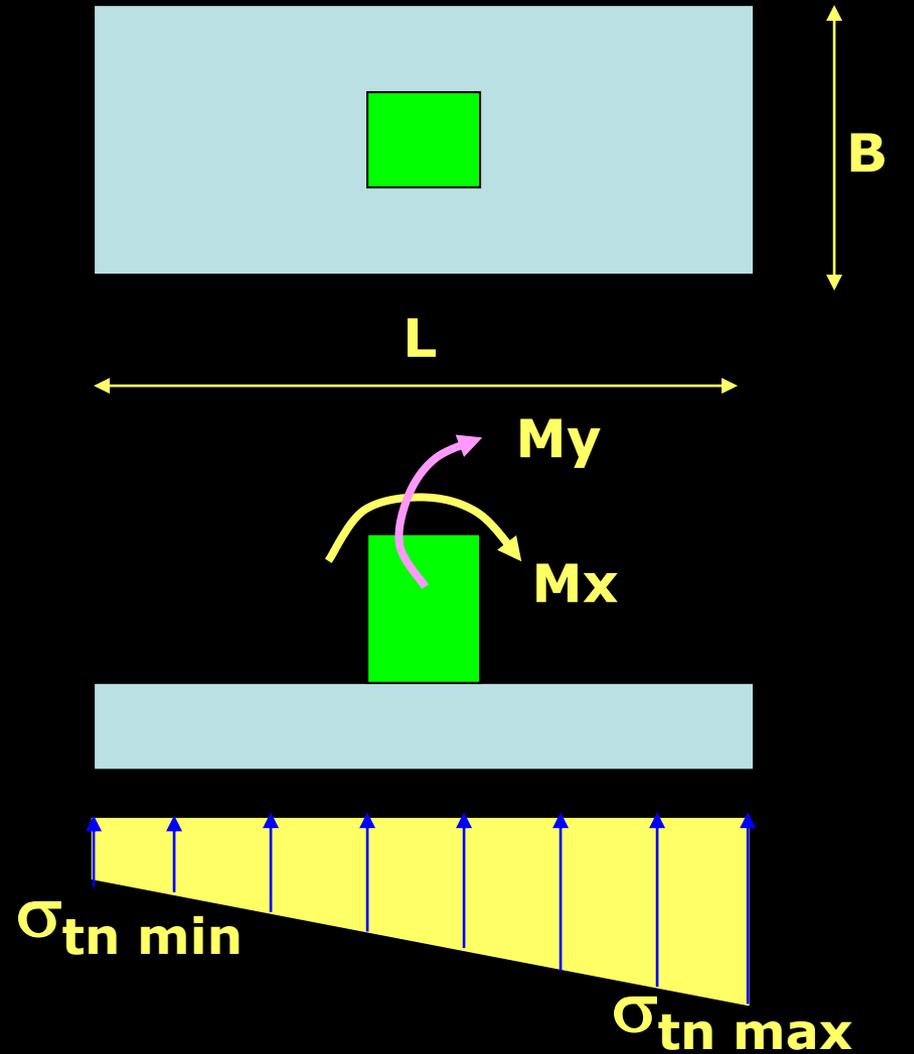
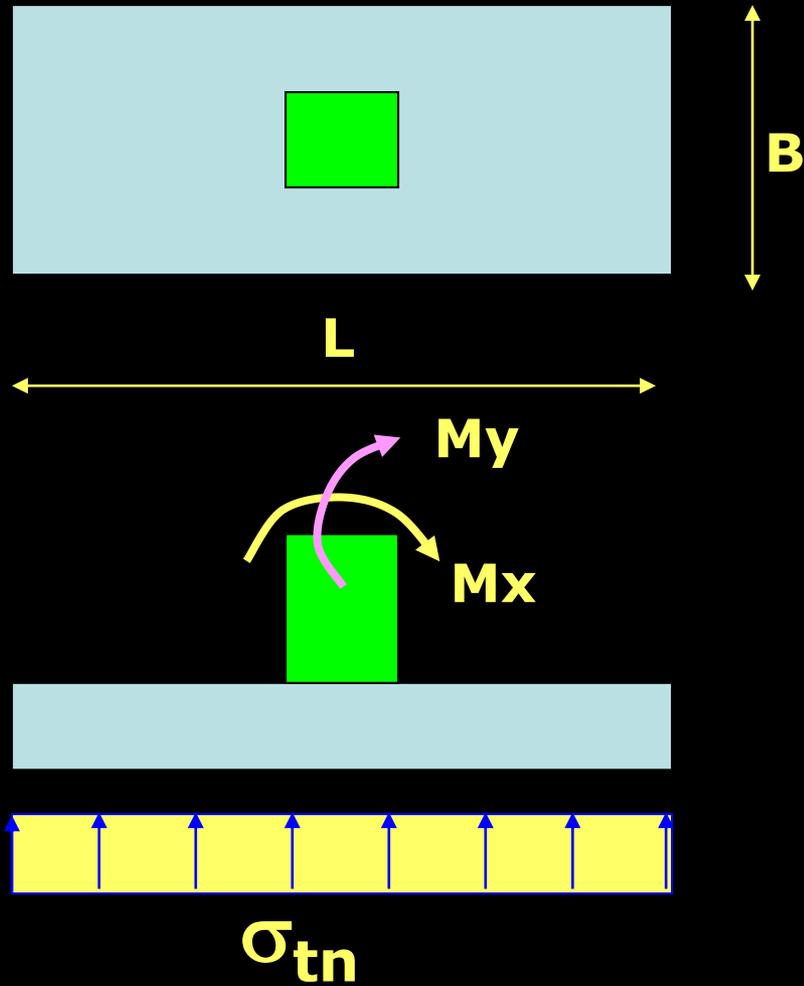
**X, Y** = jarak dari titik berat pondasi ke titik dimana tegangan kontak dihitung sepanjang sumbu x dan y.

Untuk penampang persegi: **X** = **L**/2, dan **Y** = **B**/2

**Ix** = momen inersia thd sumbu x (mm<sup>4</sup>), **Ix** = (1/12)**BL**<sup>3</sup>

**Iy** = momen inersia thd sumbu y (mm<sup>4</sup>), **Iy** = (1/12)**LB**<sup>3</sup>

# TEGANGAN KONTAK



# TEGANGAN KONTAK

**Persamaan** 
$$\sigma_{tn} = \frac{N}{A} \pm \frac{Mx \cdot X}{Ix} \pm \frac{My \cdot Y}{Iy}$$

**hanya berlaku selama eksentrisitas yang dihasilkan:  $e_x = Mx/N$ , dan  $e_y = My/N$  tidak keluar dari inti/kern.**

**Untuk nilai eksentrisitas:**

**$e_x \leq L/6$ , dan  $e_y \leq B/6$  persamaannya menjadi:**

$$\sigma_{tn} = \frac{N}{A} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e_x}{L} \pm \frac{6 \cdot e_y}{B} \right)$$

$\sigma_{tn} = \frac{N}{A}$   **Beban yang bekerja adalah beban aksial saja dan tepat pada titik beratnya, yg berarti nilai  $e = 0$ .**

# PENURUNAN PONDASI

**Penurunan pondasi pada umumnya merupakan superposisi dari dua hal berikut:**

- **Penurunan elastis/seketika, yaitu: penurunan yang langsung terjadi begitu pembebanan diberikan**
- **Penurunan akibat konsolidasi, yaitu: penurunan yang merupakan fungsi waktu.**

**Nilai penurunan pondasi adalah jumlah dari keduanya.**

**Nilai ini biasanya tidak boleh dari 25 mm.**

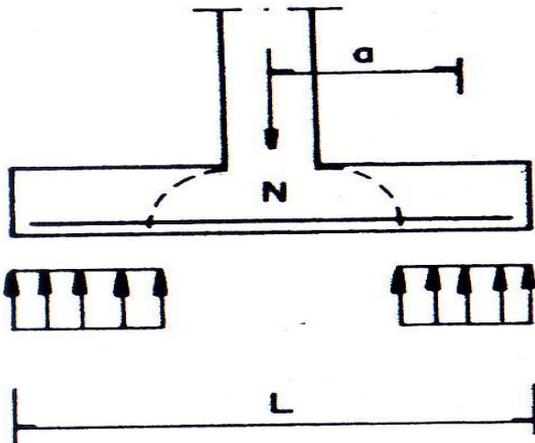
# JENIS KERUNTUHAN PONDASI

Jenis keruntuhan pondasi akibat beban-beban terpusat (Moe, 1959):

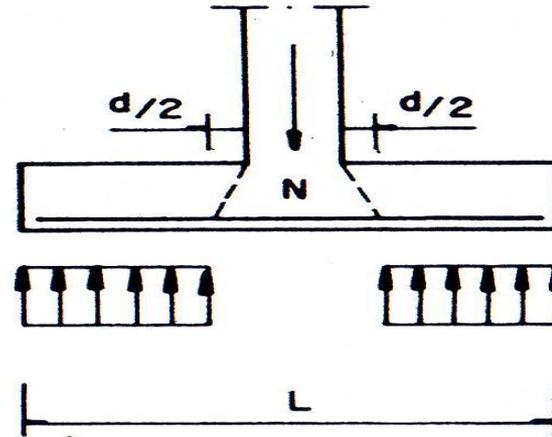
- **Keruntuhan Geser Tekan**  
Karena  $a/d$  kecil
- **Keruntuhan tarik diagonal**  
Karena  $a/d \leq 2,5$
- **Keruntuhan Lentur**  
Karena  $a/d$  besar ( $a/d > 6$ )

Dalam perencanaan pondasi, diusahakan agar keruntuhan geser tidak terjadi sebelum pelat mencapai kekuatan lenturnya.

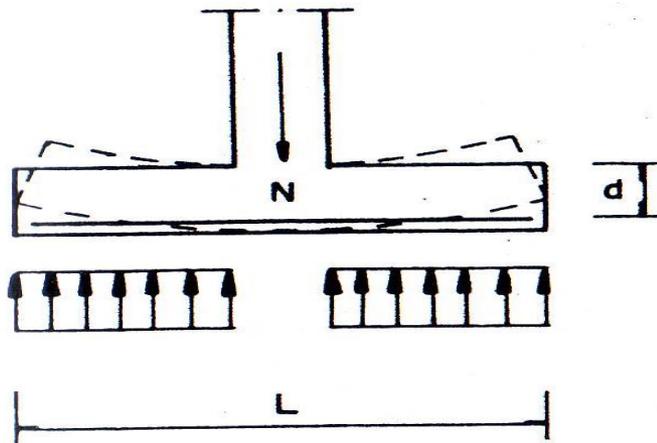
# JENIS KERUNTUHAN PONDASI



(a) Geser tekan

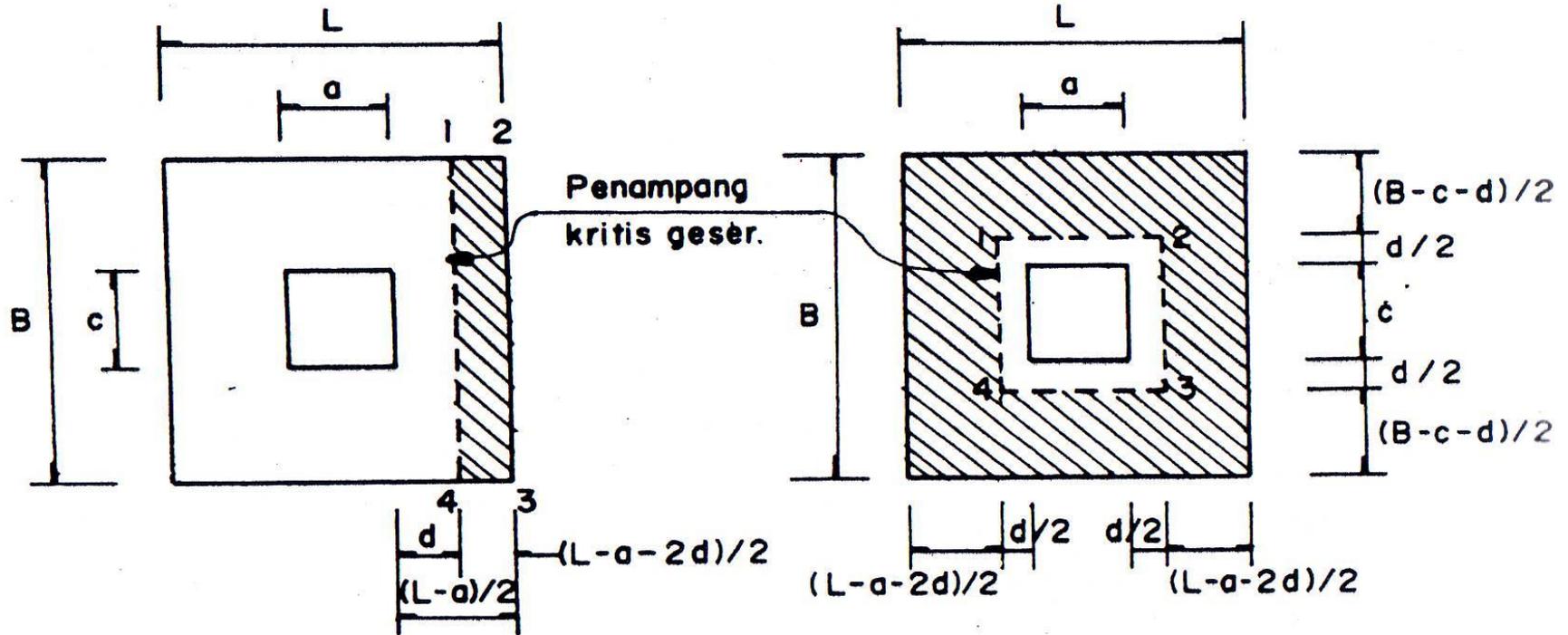


(b) Geser tarik



(c) Lentur

# PENAMPANG KRITIS GESER PADA PONDASI TELAPAK



(a) Aksi satu arah

(b) Aksi dua arah

# KEKUATAN GESER PADA PONDASI TELAPAK

**Kontrol kekuatan geser:  $\phi V_n \geq V_u$**

$$V_n = V_c + V_s$$

**Beton**

**Baja**

**Dalam perencanaan pondasi kekuatan geser hanya oleh beton, maka  $V_s=0$**

$$V_n = V_c$$

# Kekuatan geser beton tanpa tulangan geser:

## - Untuk Aksi Satu Arah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

## - Untuk Aksi Dua Arah:

$$V_c = \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d < V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

**Dimana:**

**$b_w$**  = lebar pondasi yang ditinjau (mm)

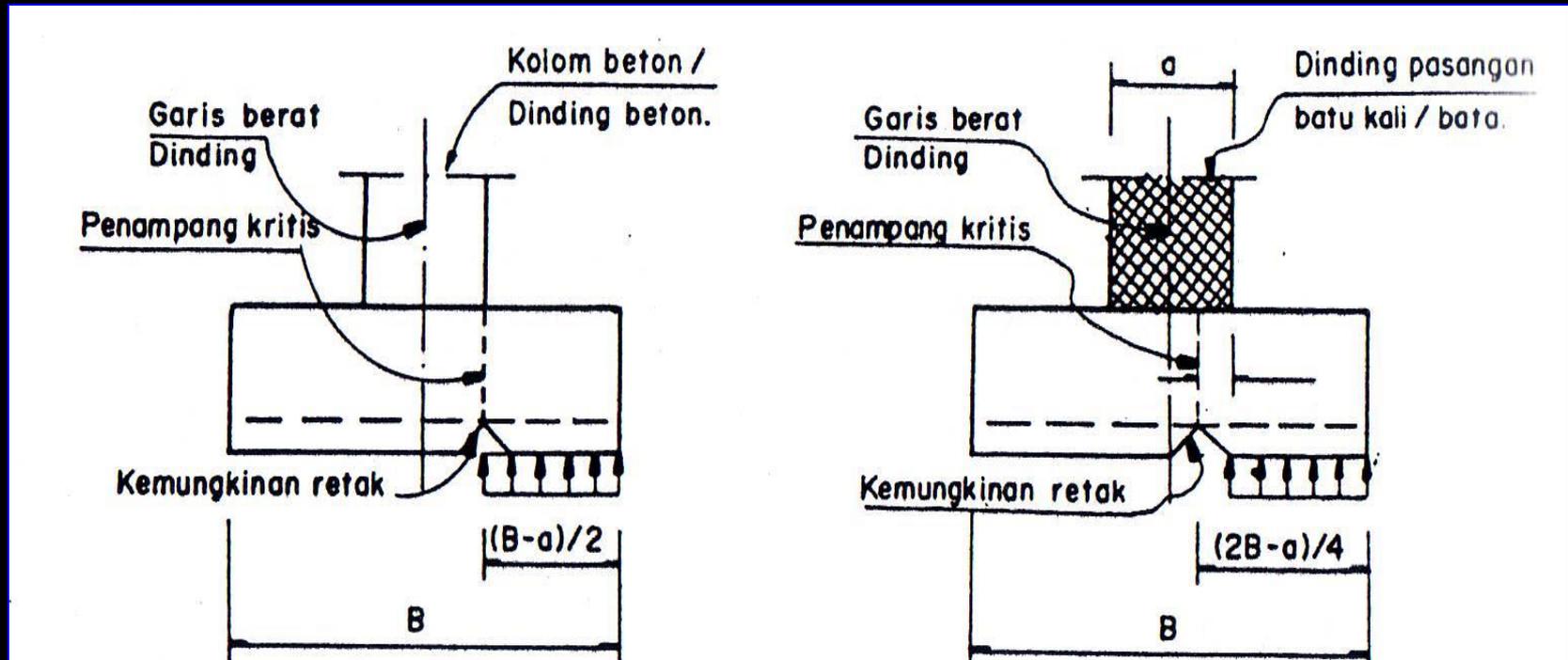
**$b_o$**  = keliling daerah kritis semu (mm),  $b_o = 4 \cdot (a + d)$

**$\beta$**  = perbandingan antara sisi panjang dan pendek

**$d$**  = tinggi efektif pondasi (mm)

# Kekuatan dan Penulangan Lentur

Kontrol kekuatan lentur:  $\phi M_n \geq M_u$



Lokasi penampang kritis momen

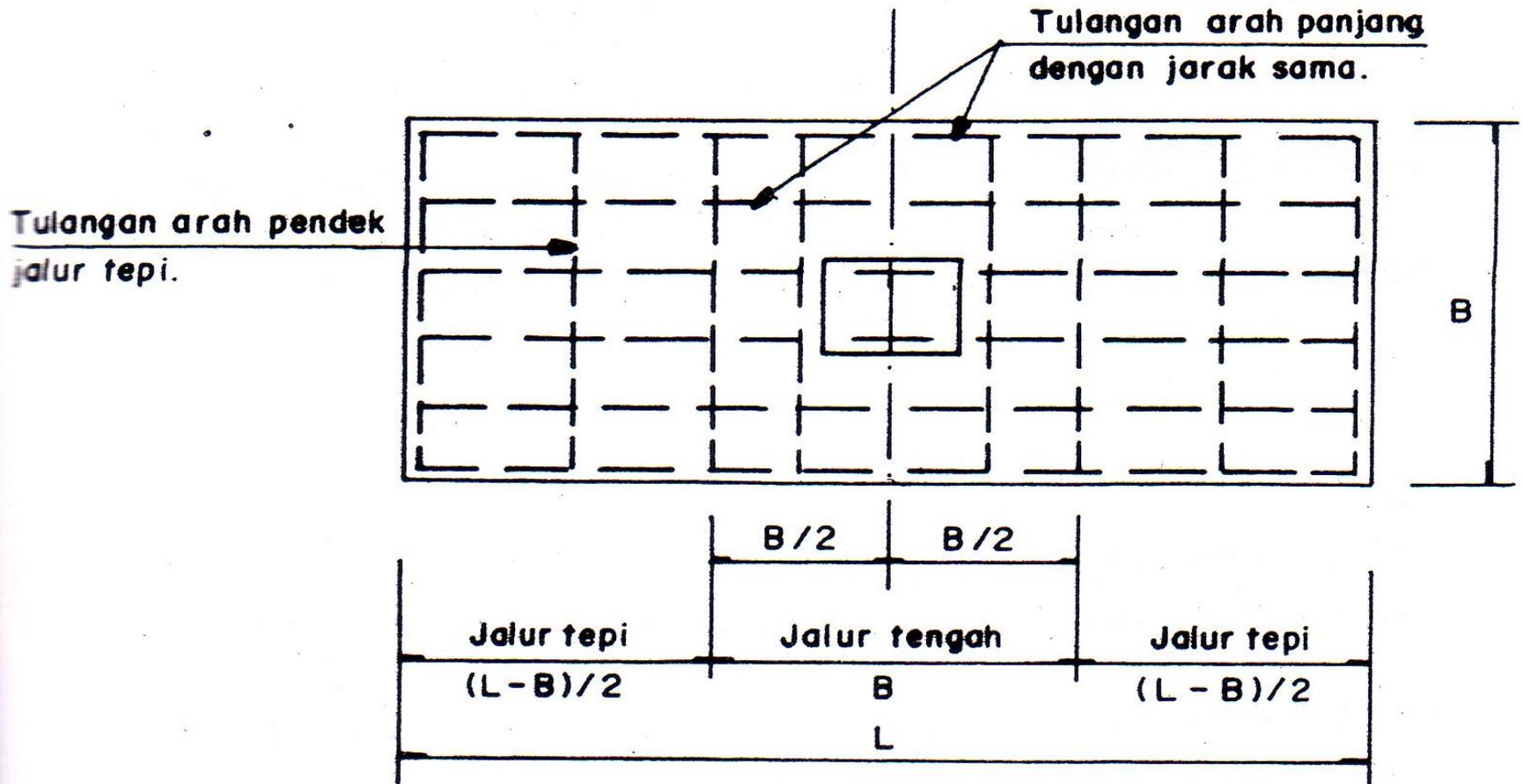
# Penyebaran Tulangan Lentur

## Syarat penyebaran tulangan lentur:

- Pada pondasi telapak bujur sangkar, tulangan harus tersebar merata pada seluruh lebar pondasi
- Pada pondasi telapak segi empat, tulangan harus tersebar sbb.:
  - Tulangan pada arah panjang harus tersebar merata pada seluruh lebar pondasi
  - Tulangan pada arah pendek, tulangan dalam jalur tengah ( $A_{s_{\text{Jalur tengah}}}$ ) harus tersebar merata dalam jalur tengah yang mempunyai lebar sama dengan lebar pondasi arah panjang. Sisa tulangan yang dibutuhkan dalam arah pendek harus disebar merata di luar jalur tengah.

$$A_{s_{\text{Jalur tengah}}} = \frac{2}{(\beta + 1)} A_{s_{\text{hitungan arah pendek}}}$$

# Penyebaran Tulangan Lentur



# TULANGAN LENTUR MINIMUM

**Struktur pondasi dianggap sebagai struktur pelat dua arah.**

$$A_{s_{\min}} = 0,0018 \cdot b \cdot h \quad \text{untuk } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$A_{s_{\min}} = 0,002 \cdot b \cdot h \quad \text{untuk } f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \Rightarrow \text{Lebih aman}$$

# PEMINDAHAN BEBAN KOLOM KE PONDASI

**Kekuatan tumpuan nominal maksimal yang dapat dipikul oleh dasar kolom:**

$$P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

**Karena bidang tapak lebih luas dari kolom, maka beban dapat didistribusikan dengan kemiringan 1:2, sehingga  $P_n$  dapat dinaikkan dengan faktor pengali  $\alpha_b$  yang besarnya berkisar 1 dan 2, yaitu:**

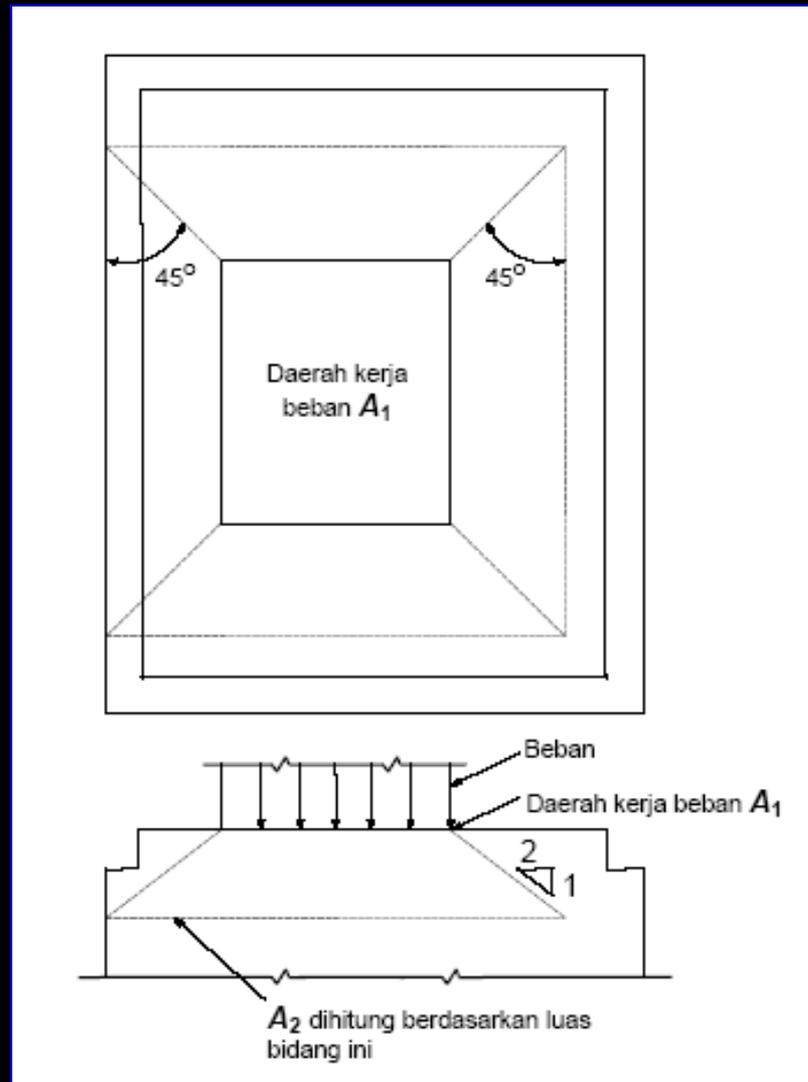
$$\alpha_b = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

**Dimana:**

**$A_1$  = luas kolom**

**$A_2$  = luas maksimum dari permukaan pendukung**

# PEMINDAHAN BEBAN KOLOM KE PONDASI



# PEMINDAHAN BEBAN KOLOM KE PONDASI

Bila pemindahan beban dilakukan dengan dukungan beton ( $\phi P_n > P_u$ ), maka tulangan memanjang harus diteruskan sampai ke tapak penumpu atau menggunakan pasak.

**Luas minimum tulangan memanjang atau pasak:**

- Pada kolom,  
 $A_s \geq 0,005.A_g$
- Pada dinding,  
 $A_s \geq 0,0012.A_g$  untuk  $D \leq 16$  mm dan  
 $A_s \geq 0,0015.A_g$  untuk  $D > 16$  mm

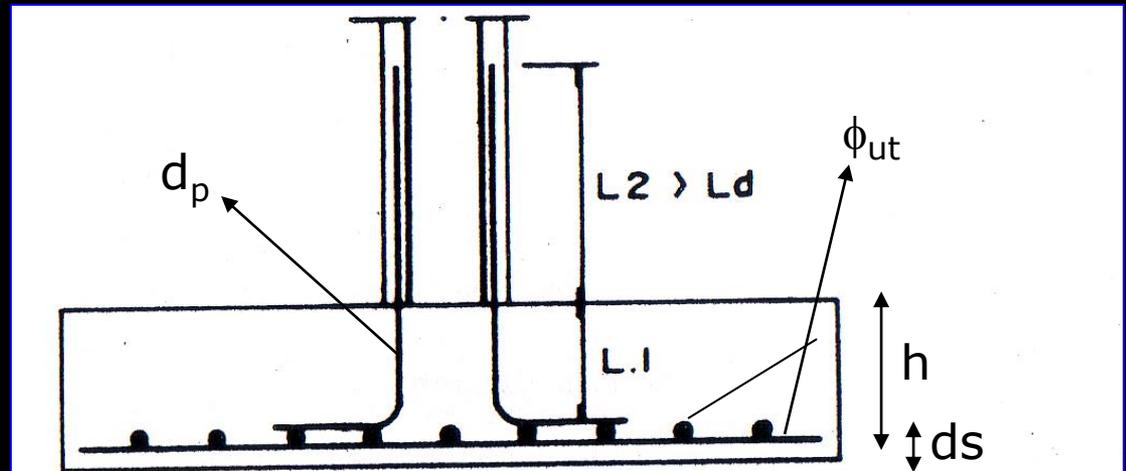
# PEMINDAHAN BEBAN KOLOM KE PONDASI

Tulangan memanjang atau pasak ini harus diteruskan ke dalam tapak dengan jarak lebih besar atau sama dengan panjang penyaluran tekan  $L_d$ , yaitu:

$$L_d = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_p}{\sqrt{f_c'}}$$

$$L_d \geq 0,004 \cdot f_y \cdot d_p$$

$$L_d \geq 200 \text{ mm}$$



$$L1 = h - d_s - 2 \cdot \phi_{ut} - d_p$$