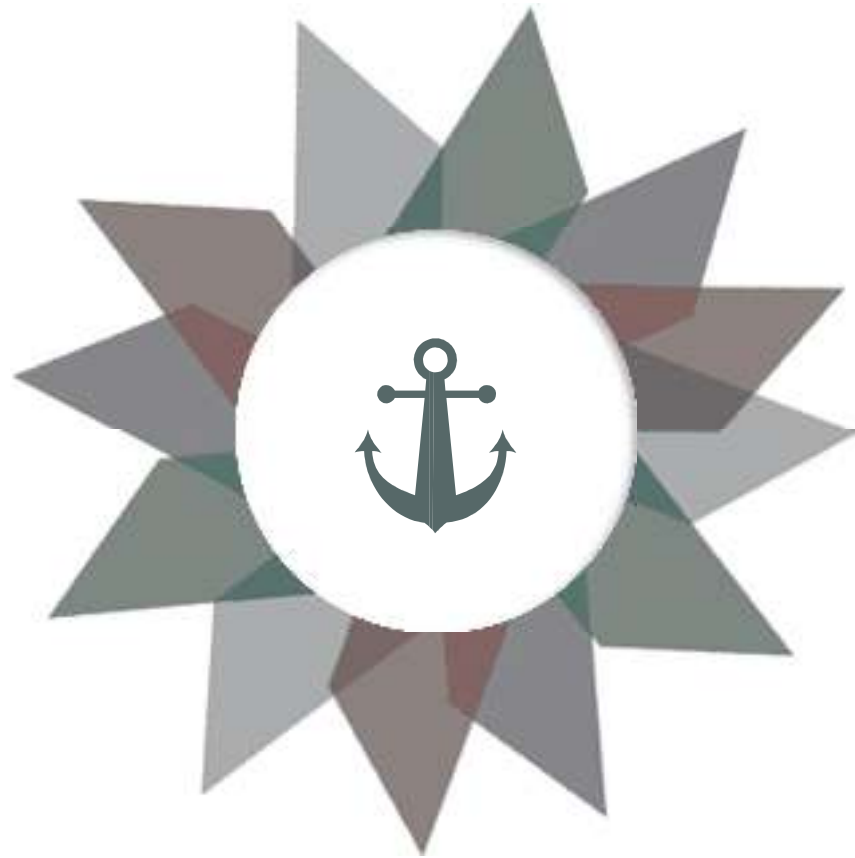




# Desain Pondasi II

Analisis Gaya pada Tiang

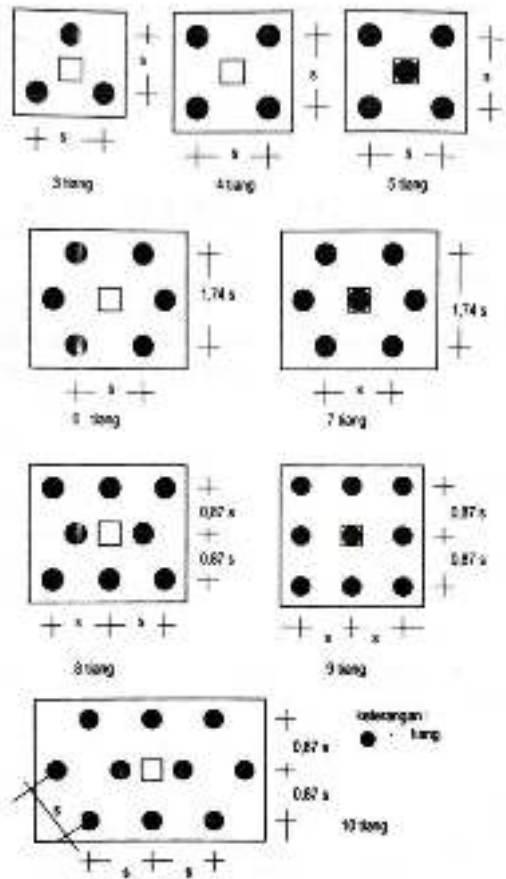
Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Lampung



**Welcome!!**



# A Susunan Tiang



Susunan tiang yang digambarkan dalam suatu denah susunan tiang, akan tampak bahwa susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas ukuran poer (pile cap). yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Bila jarak tiang kurang teratur atau terlalu lebar, maka luas denah poer akan bertambah besar dan berakibat volume beton menjadi bertambah, sehingga biaya konstruksi bertambah besar. Bentuk poer akan lebih hemat apabila disesuaikan dengan bentuk denah susunan tiang sebagai contoh pada denah susunan tiang yang membentuk segitiga. Apabila bentuk poer disesuaikan dengan bentuk denah segitiga. maka volume poer akan berkurang dan biayapun dapat dihemat.



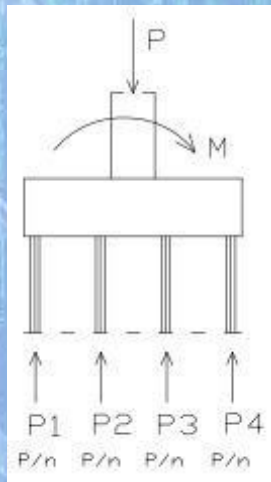
# Analisis Gaya yang Bekerja pada Tiang

Fondasi tiang dengan berbagai tipenya mempunyai bentuk dan susunan yang sama, hanya berbeda dalam meneruskan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi fondasi ke tanah dasar fondasi. Dalam analisis ini, beban luar yang bekerja pada konstruksi fondasi dapat dikeiompokkan sebagai beban vertikal (sentris dan eksentris), dan beban momen. Untuk memudahkan analisisnya perlu dilakukan tinjauan terhadap beban-beban tersebut dan metode yang digunakan adalah metode mekanika elastis.



## Daya Dukung Kelompok Tiang

Anggapan yang digunakan dalam perhitungan adalah poer dianggap kaku sempurna, jika menerima momen poer dianggap miring tetapi tetap datar.

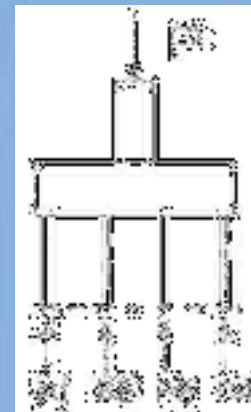


Beban sentris dengan momen



Gaya Yang bekerja pada kelompok tiang :

- Gaya sentris yaitu gaya yang bekerja berimpit dengan pusat berat kelompok tiang.
- Gaya sentris dengan momen. Momen yang terjadi akibat gaya tak sentris, gaya horizontal tak sebidang dengan dasar poer dan akibat desain kolom yang tidak simetris.



Beban sentris merata

# Beban Terbagi Rata vertikal

Beban ini dibedakan menjadi beban terbagi rata atau beban titik vertikal sentris, dan beban terbagi rata atau beban titik vertikal eksentris. Beban dikatakan sentris apabila garis kerja beban vertikal baik terbagi rata maupun titik berimpit dengan Pusat berat kelompok tiang, sedangkan beban eksentris baik beban terbagi rata maupun titik tidak berimpit dengan pusat berat kelompok tiang.

01

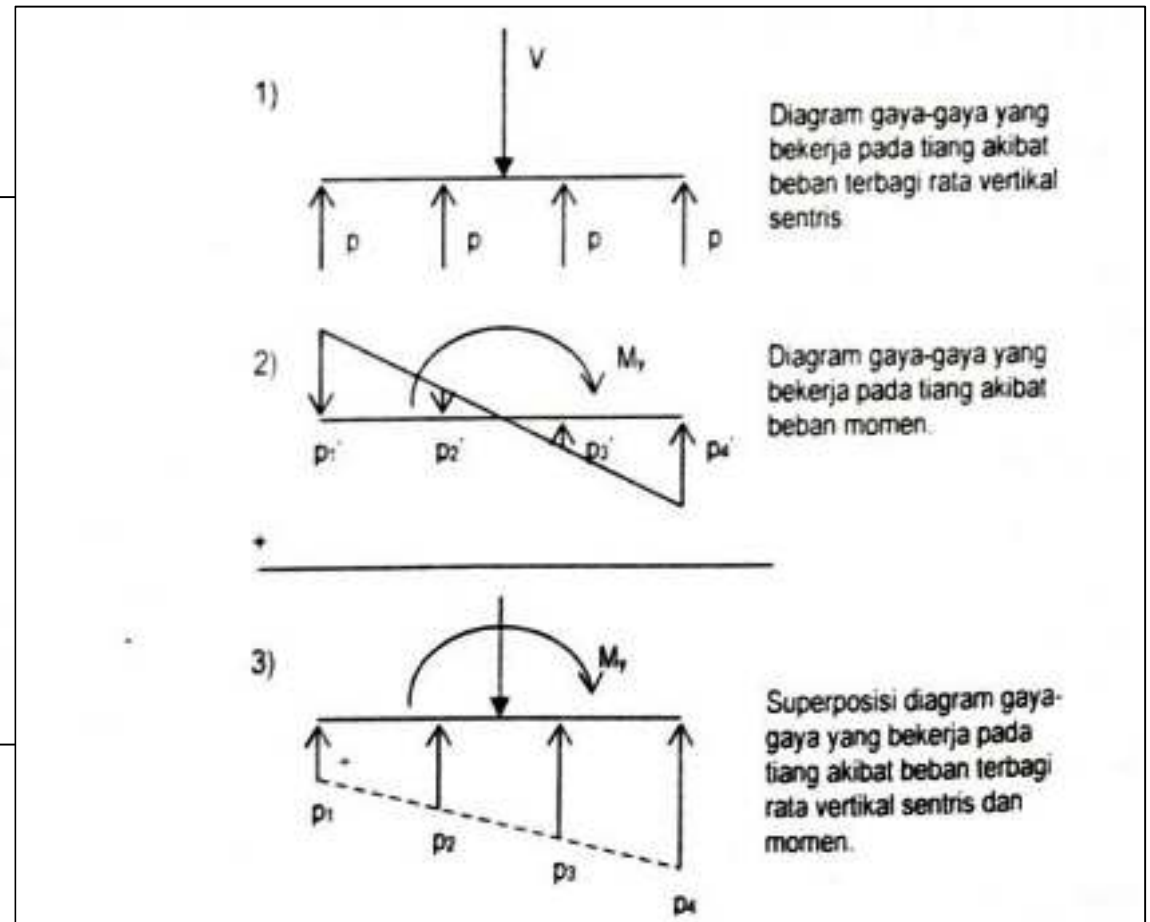
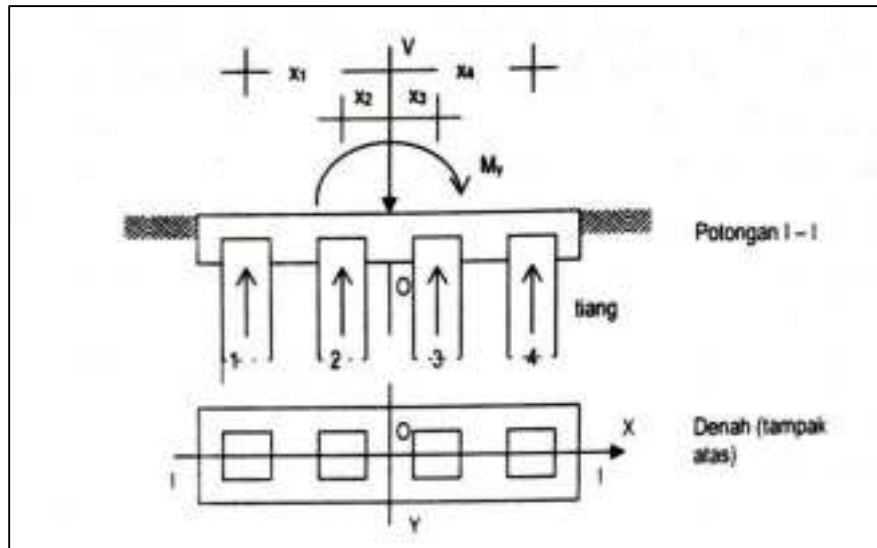
## Beban Terbagi Rata Vertikal Sentris

Beban ini merupakan beban vertikal ( $V$ ) per satuan panjang yang bekerja melalui pusat berat kelompok tiang ( $O$ ), sehingga beban ( $V$ ) akan diteruskan ke tanah dasar fondasi melalui tiang-tiang tersebut secara terbagi rata. Bila jumlah tiang yang mendukung fondasi tersebut ( $n$ ), maka setiap tiang akan menerima beban sebesar  $p = V/n$ .

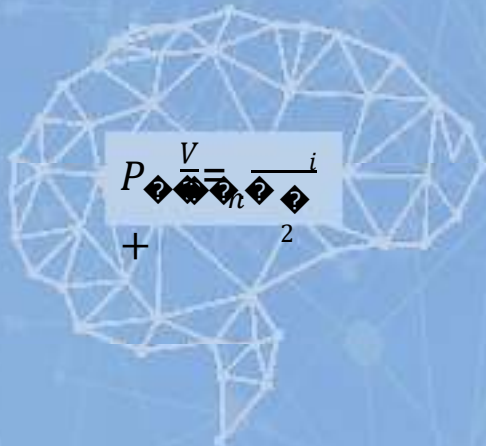
02

## Beban Terbagi Rata Vertikal Eksentris

Dalam analisis beban terbagi rata vertikal eksentris digunakan metode mekanika elastis dengan menganggap bawa poer kaku sempurna. artinya pelat fondasi (poer) cukup tebal, sehingga akibat pengaruh gaya-gaya yang bekerja tidak mengakibatkan deformasi di bagian poer, poer seolah-olah berputar vertikal melalui titik  $O$ . Berdasarkan anggapan ini, maka penurunan yang terjadi di setiap titik di bagian poer (pelat fondasi), berbanding secara linier dengan beban yang bekerja pada titik tersebut



# Persamaan Gaya Terbagi Rata



Keterangan:

$P_i$  : beban atau gaya yang diterima oleh tiang ke  $i$  (kN),

$V$  : resultante beban vertikal (kN).

$n$  : jumlah tiang,

$M$  : momen akibat beban terbagi rata verlikal eksentris terhadap O (kN.m)

$X_i$  : jarak tiang ke  $i$  terhadap O se arah sumbu X (m),

$\sum x^2$  : jumlah kuadrat jarak tiang (x) terhadap O ( $x^2$ )

- Dari analisis sering didapati nilai  $P_i$  negatif, ini bahwa tiang menunjukan mengalami cabut atau tarik, positif, tiang sedang untuk pi analisis selanjutnya digunakan ketuntan sebagai berikut dalam
- Arah momen ke kanan diberi tanda (+), dan arah ke kiri diberi tanda (-).
- Jarak tiang di sebelah kanan titik pusat berat kelompok tiang (O) diberi tanda (+), dan jarak di sebelah kiri titik (O) diberi tanda (-)





### Beban Terbagi Rata Vertikal

Akibat beban terbagi rata vertikal eksentris (V), maka akan terjadi beban momen pada pelat fondasi, sebesar beban terbagi rata vertikal (V) dikalikan lengannya (e)



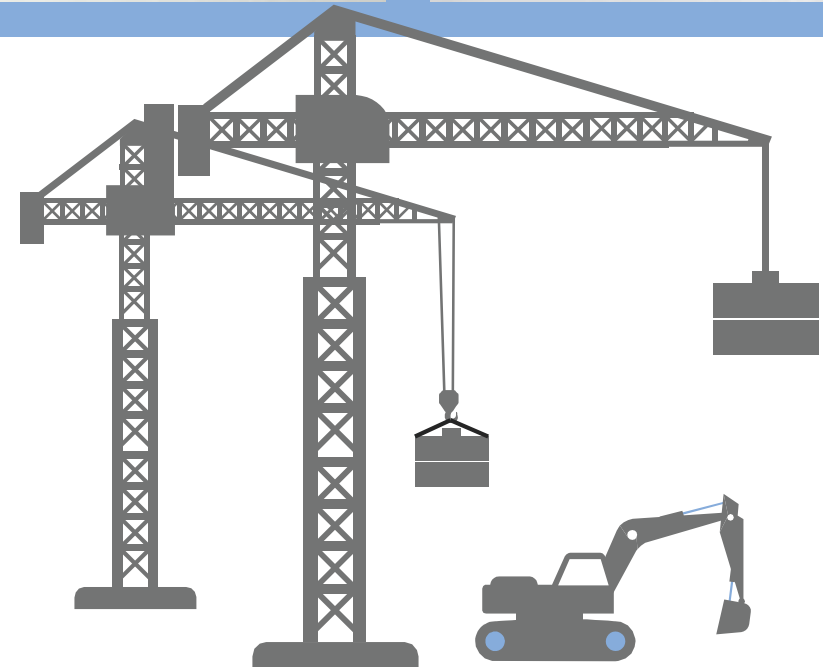
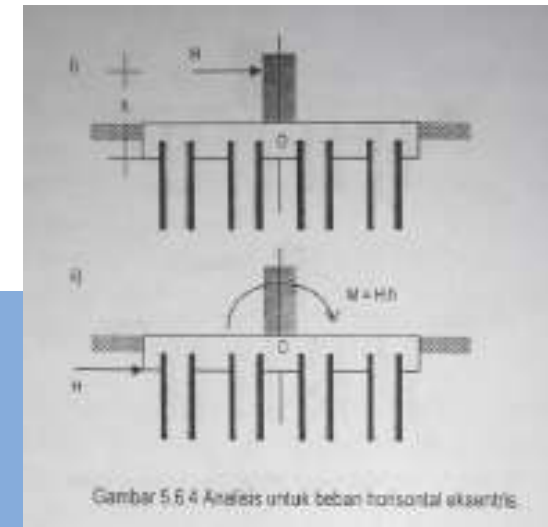
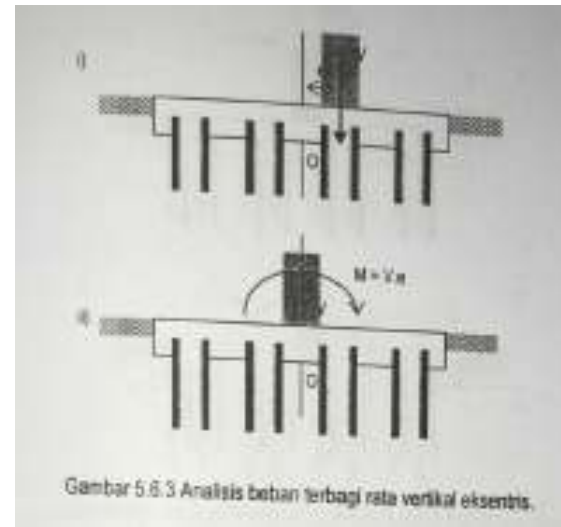
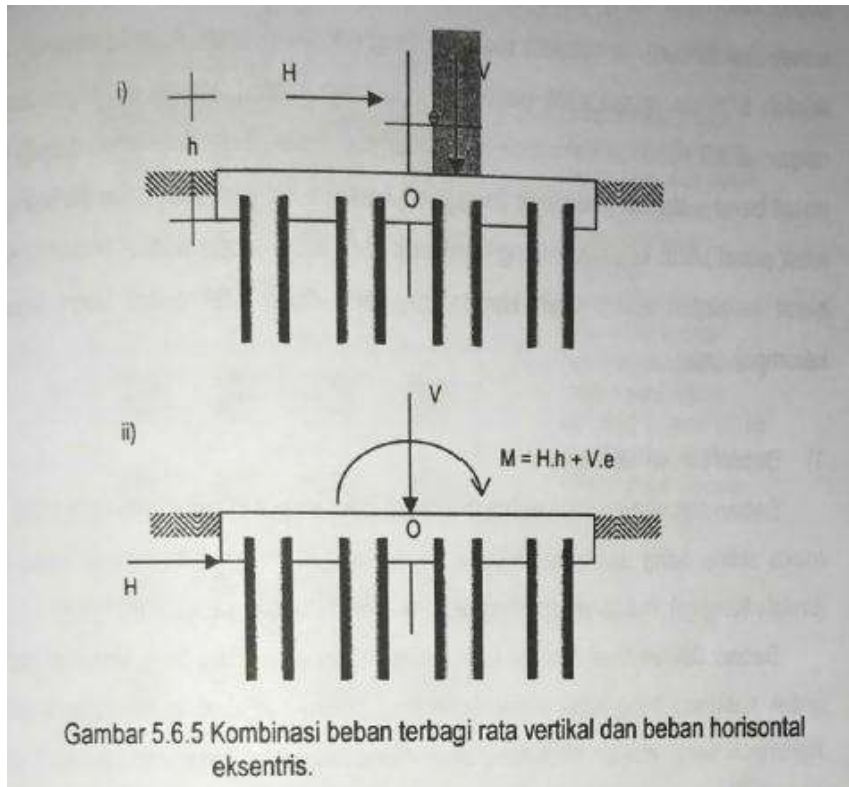
### Beban Horizontal

Beban ini umumnya merupakan beban eksentris yang bekerja di atas poer dapat berupa beban angin, gempa yang bekerja pada suatu bangunan. Letak beban horizontal (H) pada umumnya berada setinggi (h) dari dasar fondasi. Akibat beban tersebut (H), pada pelat fondasi akan bekerja momen (M) sebesar beban horizontal (H) dikalikan dengan lengannya (h).



### Kombinasi Beban

Besarnya momen yang bekerja pada konstruksi pondasi tersebut merupakan superposisi (gabungan) dari pengaruh beban terbagi rata vertikal eksentris dan beban horizontal eksentris..



# Beban Titik Terpusat vertikal

Beban ini merupakan beban yang diteruskan ke konstruksi fondasi melalui kolom-kolom bangunan. Pada umumnya merupakan beban terpusat didukung oleh fondasi tiang yang merupakan kelompok tiang. Seperti pada beban terbagi rata vertikal, beban titik vertikal dapat dibedakan sebagai beban titik vertikal sentris (terpusat) dengan garis kerja beban tersebut berimpit dengan titik pusat berat kelompok tiang (sentris dengan pusat berat kelompok tiang), dan beban titik vertikal eksentris dengan pusat berat kelompok tiang atau kombinasi beban titik vertikal sentris dengan momen. Cara penyelesaiannya seperti pada masalah beban terbagi rata vertikal sentris maupun eksentris, dengan anggapan beban terbagi rata sebagai beban titik vertikal.

## 01

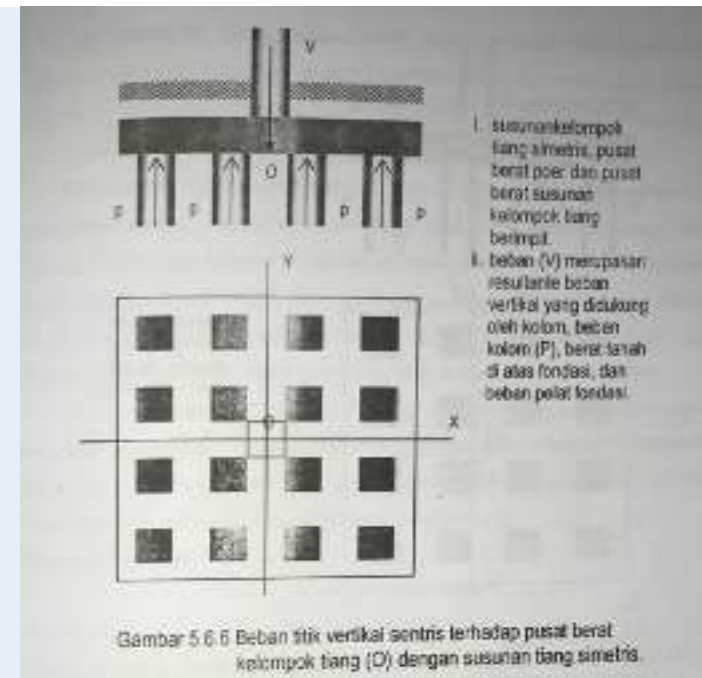
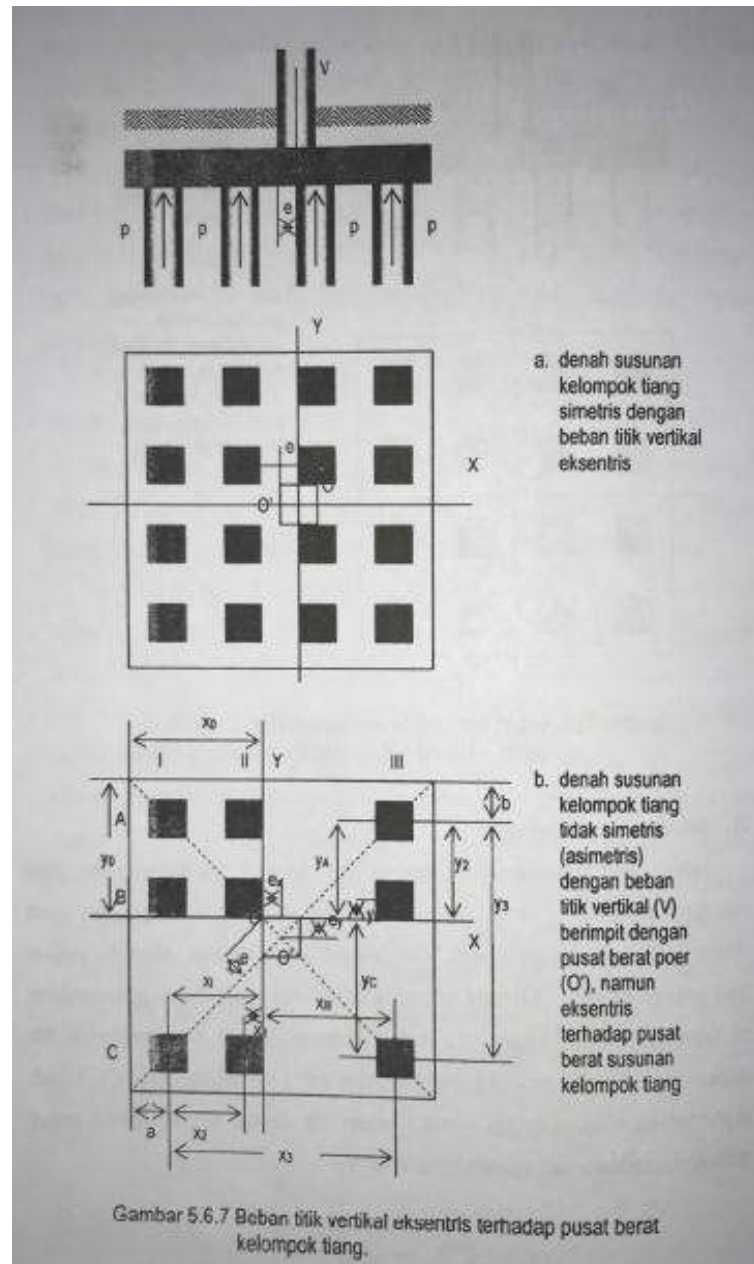
### Beban Titik Vertikal Sentris

Beban titik vertikal (V) sentris (berimpit) dengan pusat berat kelompok tiang (O), maka setiap tiang akan mendukung (menerima) besarnya beban yang sama. Bila jumlah tiang (n), maka setiap tiang akan menerima beban sebesar  $(p) = V/n$

## 02

### Beban Titik Vertikal Eksentris

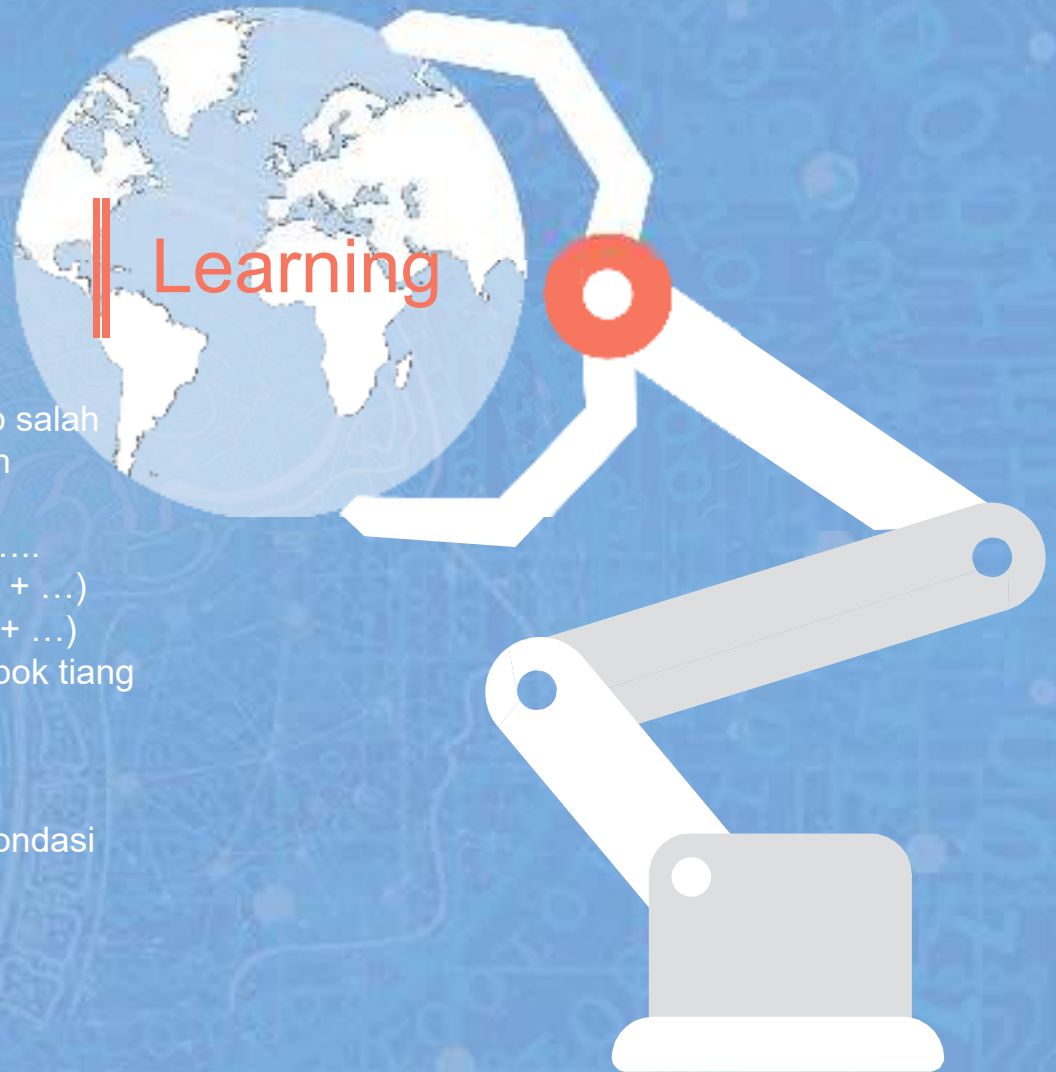
Seperti telah dijelaskan di sub bab di atas, dijumpai dua kemungkinan yaitu susunan tiang simetris, namun beban titik vertikal eksentris terhadap pusat berat kelompok tiang atau susunan tiang tidak simetris (asimetris) dan beban titik vertikal tidak berimpit dengan pusat berat kelompok tiang. Cara penyelesaian permasalahan ini, seperti pada beban terbagi rata vertikal eksentris dengan anggapan beban titik vertikal eksentris (V) ditranslasikan ke pusat berat kelompok tiang (O) sejauh eksentrisitasnya (e), sehingga menjadi beban titik vertikal sentris, namun akibat dilakukan translasi terjadi momen sebesar  $M=V.e$ .



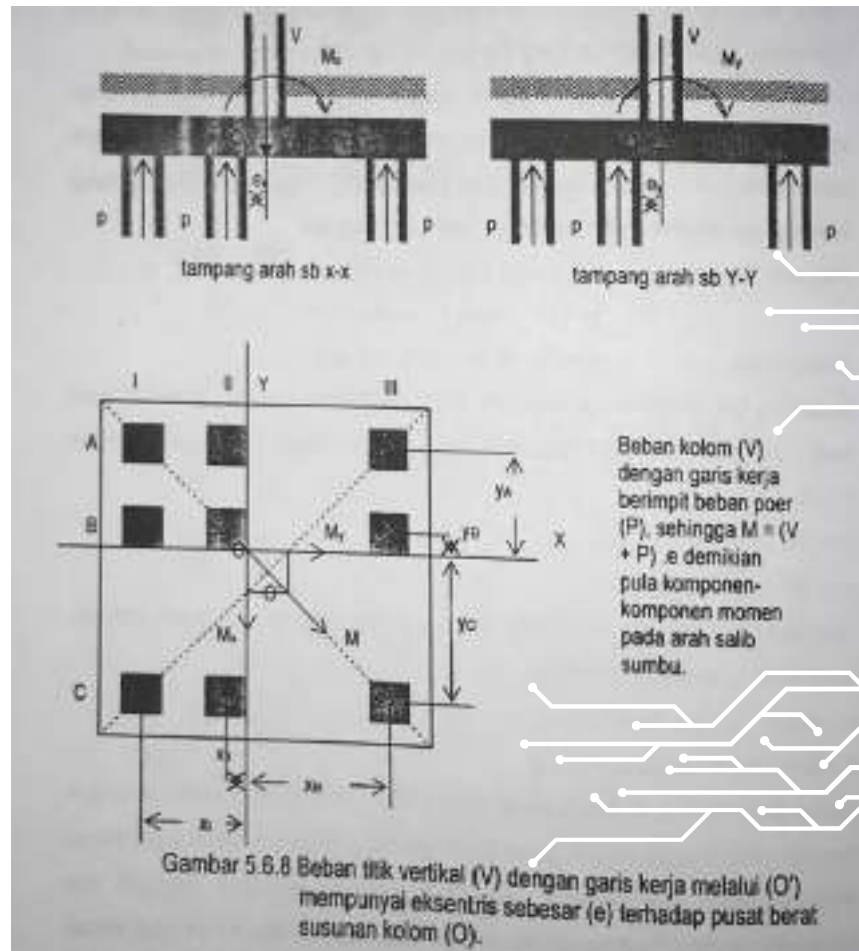
## Beban Titik Vertikal pada Pusat Berat

# Menentukan Titik O

- menggunakan cara statis momen kelompok tiang terhadap salah satu deret tiang fondasi, tetapi tidak menutup kemungkinan diperhitungkan terhadap deret tiang yang lain.
- Terhadap deret tiang I  $n.x1 = n2.x2 + n3.x3 + n4.x4 + \dots$   
 $x1 = 1/n . (n2.x2 + n3.x3 + n4.x4 + \dots)$
- Analog untuk  $y1 = 1/n . (n2.x2 + n3.x3 + n4.x4 + \dots)$
- dengan  $x0$  dan  $y0$  merupakan letak titik pusat berat kelompok tiang terhadap deret tiang I dan deret tiang A. maka diperoleh :  
 $xi = 1/n . (nii.x2 + ni iii.x3)$   
 $yi = 1/n . (nB.y2 + nc.y3)$
- sedangkan terhadap tepi kiri fondasi (poer) dan tepi atas fondasi (poer), letak titik pusat berat kelompok tiang menjadi :  
 $x0 = a + x1 = a + 1/n . (nii.x2 + ni iii.x3)$   
 $y0 = b + y1 = b + 1/n . (nB.y2 + nc.y3)$



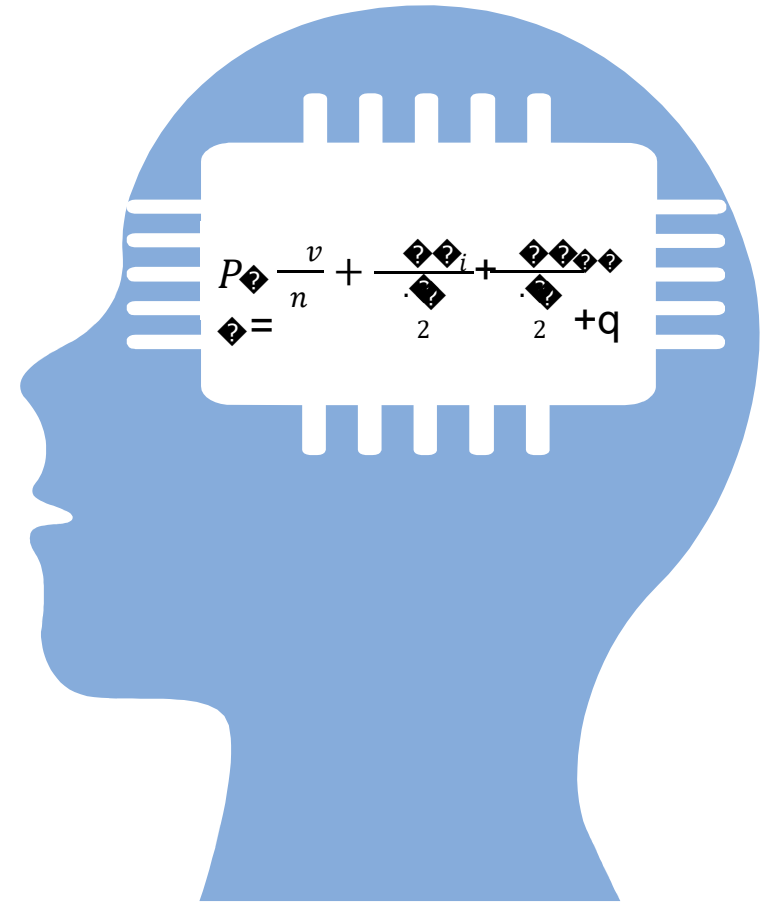




# PERSAMAAN GAYA TERPUSAT

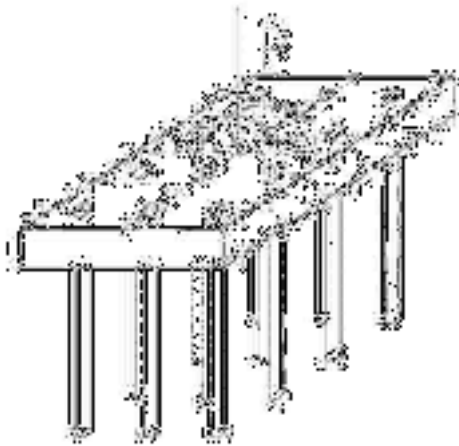
## Keterangan:

- $P_i$  : beban pada tiang ke-i (kN),
- $\Sigma V$  : resultante beban vertikal termasuk beban poer (kN),
- $n$  : jumlah tiang,
- $\Sigma M_x$  : resultante komponen momen pada arah sumbu Y (kN m),
- $\Sigma M_y$  : resultante komponen momen pada arah sumbu X (kN m),
- $x_i$  : absis pusat tiang ke-i terhadap titik (O) (m),
- $y_i$  : ordinat pusat tiang ke-i titik (O) (m),
- $\Sigma x_i$  : jumlah jarak kuadrat pusat bang ke-i terhadap titik (O) pada arah
- sumbu X (m<sup>2</sup>)
- $n_i, n_{ii}, n_{iii}$  : jumlah tiang pada deret I, II, III.
- $x_i, x_{ii}, x_{iii}$  : absis pusat tiang deret I, II, III terhadap titik (O)
- $\Sigma y_i$  : jumlah jarak kuadrat pusat tiang ke-i terhadap titik (O) pada arah
- sumbu Y (m<sup>2</sup>),  $E_y = n_A \cdot Y_A^2 + n_B \cdot Y_B^2 + n_C \cdot y_C^2$
- $n_A, n_B, n_C$  : jumlah tiang pada deret A, B, C,
- $y_A, y_B, y_C$  : ordinat pusat tiang deret A, B, C terhadap titik (O) (m).





# Contoh Soal (1)



$$M_x = M_1 = 60 \text{ kN.m}$$

$$M_y = M_2 = 90 \text{ kN.m}$$

$$\Sigma V = 180 \text{ kN}$$

Ditanyakan:

Tentukan  $P$  maksimum dan  $P$  minimum ?

Jumlah tiang (n) = 12 pile

$$P_i = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x}{\sum n_x (2x_i^2)} x_i + \frac{M_y}{\sum n_y (2y_i^2)} y_i$$

$$P \text{ maksimum} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x}{n_x (2x_i^2)} x_i + \frac{M_y}{n_y (2y_2^2 + 2y_1^2)} y_i$$

$$= \frac{180}{12} + \frac{60}{4(2.2^2)} 2 + \frac{90}{3(2.1^2 + 2.3^2)} 3$$

$$= 15 + 3,75 + 4,5$$

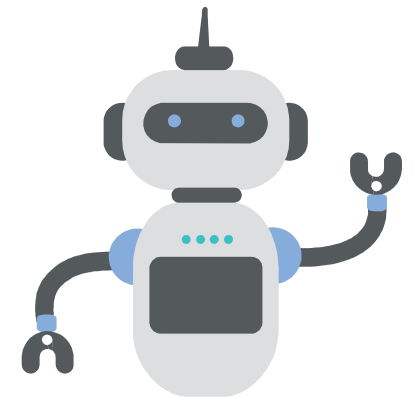
$$= 23,25 \text{ kN}$$

$$P \text{ minimum} = \frac{\sum V}{n} - \frac{M_x}{n_x (2x_i^2)} x_i - \frac{M_y}{n_y (2y_1^2 + 2y_2^2)} y_i$$

$$= \frac{180}{12} - \frac{60}{4(2.2^2)} 2 - \frac{90}{3(2.1^2 + 2.3^2)} 3$$

$$= 15 - 3,75 - 4,5$$

$$= 6,75 \text{ kN}$$





# Contoh Soal (2)

Diketahui suatu pondasi tiang pancang dengan ketentuan:

$$L = 35 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

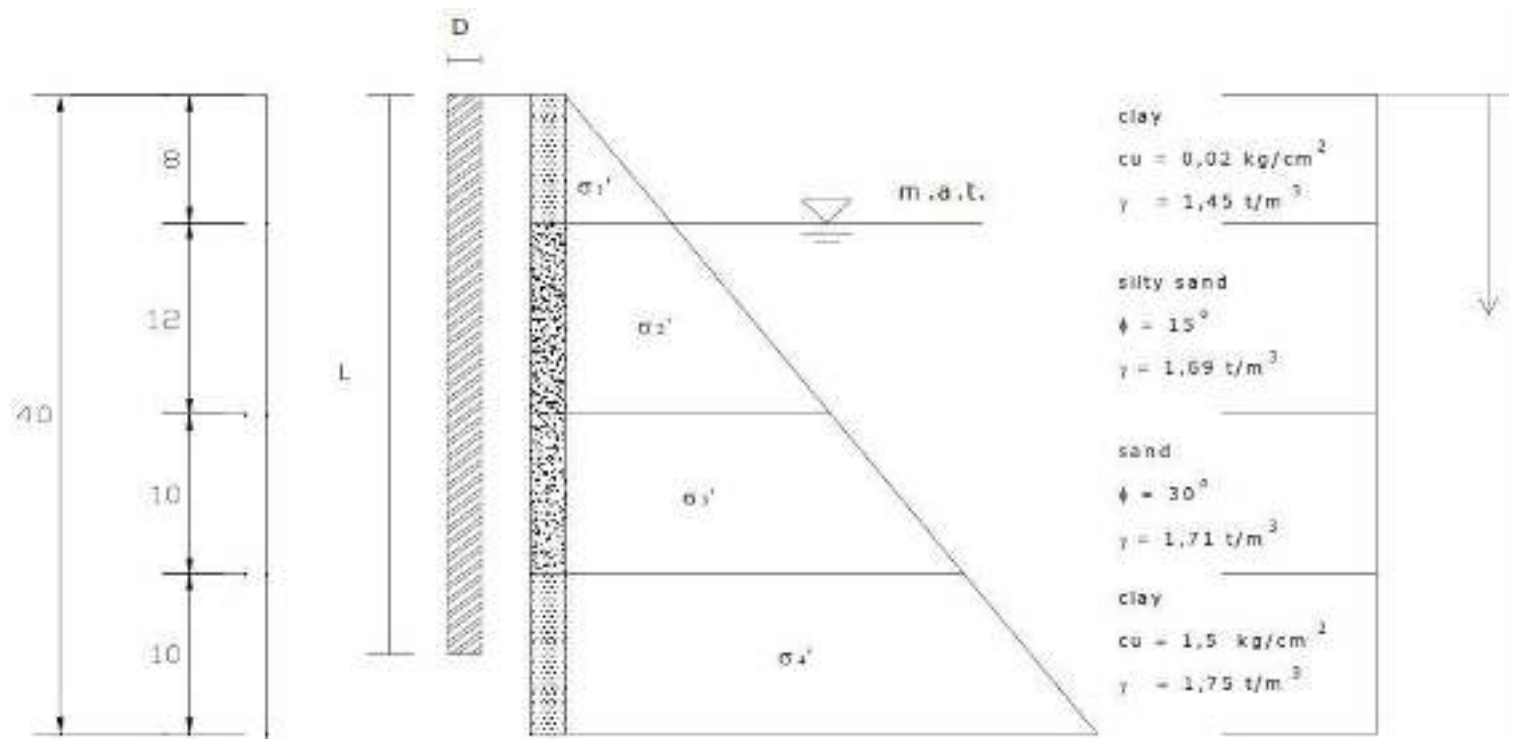
$$p = \pi D$$

$$= \pi \times 0,4$$

$$= 1,257 \text{ m}$$

$$M_x = 30 \text{ t}$$

$$M_y = 20 \text{ t}$$





1. **Kapasitas daya dukung aksial pondasi untuk  $d = 0,4 \text{ m}$**

Kapasitas daya dukung geser:

$$Q_s = \sum p \alpha c_s \Delta L + \sum p f_{av} \Delta L$$

Lapisan tanah 1:

- Pada permukaan tanah  $0 \text{ m}$

$$f_0 = 0$$

Pengaruh geser diasumsikan berlaku maksimum sampai kedalaman

$15D$  yaitu :

$$L' = 15D$$

$$= 15 \times 0,4$$

$$= 6 \text{ m}$$

- Pada kedalaman  $8 \text{ m}$

$$cu = 0,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 20 \text{ t/m}^2$$

Dari grafik diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} a_1 &= 0,022 \div 0,25 & \rightarrow & f_1 &= a_1 c_{u1} \\ &= 0,272 & & &= 0,272 \times 20 \\ & & & &= 5,44 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_{av(1)} = \frac{(f_{0,15} - f_0)}{2}$$

$$= \frac{(4,08 - 0)}{2}$$

$$= 2,04 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{s(<4,5)} = pf_{av(1)} \Delta L \quad \rightarrow \Delta L = 4,5 \text{ m}$$

$$= 1,257 \times 2,04 \times 6$$

$$= 15,385 \text{ t}$$

$$Q_{s(4,5-8)} = pf_{av(>4,5)} \Delta L \quad \rightarrow \Delta L = 3,5 \text{ m}$$

$$= 10,257 \text{ t}$$

$$Q_{s1} = 15,385 + 10,257$$

$$= 25,642 \text{ t}$$

Lapisan tanah 2:

$$f_{av(2)} = 4,08 \text{ t/m}^2$$

Nilai kapasitas daya dukung geser pada kedalaman 8 - 20 m:

$$Q_{s2} = pf_{av(2)} \Delta L \quad \rightarrow \Delta L = 12 \text{ m}$$

$$= 1,257 \times 4,08 \times 12$$

$$= 61,54 \text{ t}$$

Lapisan tanah 3:

- Pada kedalaman 20 - 30 m

$$f_{av(3)} = 4,08 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{s3} = pf_{av(3)} \Delta L \quad \rightarrow \Delta L = 10 \text{ m}$$

$$= 1,257 \times 4,08 \times 5$$

$$= 51,286 \text{ t}$$

Lapisan tanah 4:

- Pada kedalaman 30 - 40 m

$$f_{av(4)} = 4,08 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{s3} = pf_{av(4)}\Delta L \rightarrow \Delta L = 5 \text{ m}$$

$$= 1,257 \times 4,08 \times 5$$

$$= 25,643 \text{ t}$$

Nilai kapasitas daya dukung geser total

$$Q_s = Q_{s1} + Q_{s2} + Q_{s3} + Q_{s4}$$

$$= 25,642 + 61,54 + 51,286 + 25,643$$

$$= 164,111 \text{ t}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_s}{SF}$$

$$= \frac{164,111}{3}$$

$$= 54,704 \text{ t}$$

## 2. Desain Pondasi

Jumlah beban aksial total :

$$V = 125 \text{ t}$$

Berat poer (diperkiraan) :

$$V_{\text{peer}} = 10 \text{ t}$$

Jumlah tiang yang diperlukan :

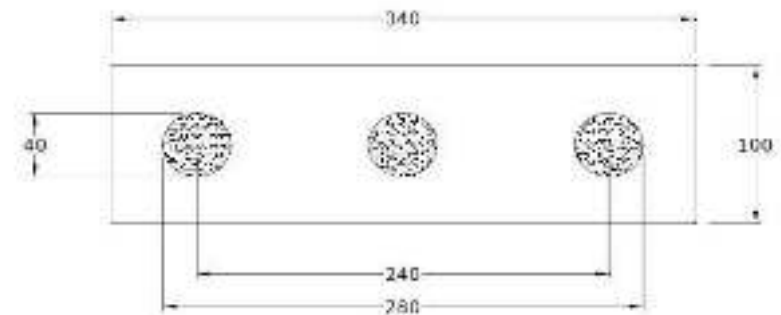
$$\begin{aligned} n &= \frac{V}{Q_{all}} \\ &= \frac{125}{54,704} \\ &= 2,285 \text{ tiang} \approx 3 \text{ tiang} \end{aligned}$$

Jarak antar tiang

$$\begin{aligned} s &= (2,5 - 6) D \rightarrow \text{ambil} & s &= 3D \\ &= 3 \times 0,4 \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga susunan tiang menjadi:

Sehingga susunan tiang menjadi:



Dimensi poer:

Panjang = 340 cm

Lebar = 100 cm

Tebal poer = 75 cm

Berat poer ( $V_{\text{poer}}$ ) =  $3,4 \times 1 \times 0,75 \times 2,4$   
= 6,12 t < 10 t (perkiraan OK)

Distribusi gaya yang bekerja pada kelompok tiang :

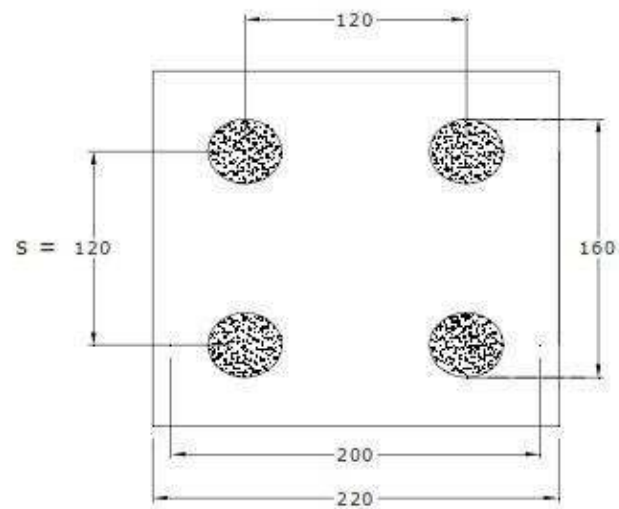
$$\begin{aligned}V_{\text{tot}} &= V + V_{\text{poer}} \\&= 125 + 6,12 \\&= 131,12 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{maks}} &= \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x}{\sum n_x (2x_i^2)} x_i + \frac{M_y}{\sum n_y (2y_i^2)} y_i \leq Q_{\text{all}} \\&= \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x}{n_x (2x_i^2)} x_i + \frac{M_y}{n_y (2y_i^2)} y_i \leq Q_{\text{all}} \\&= \frac{131,12}{3} + \frac{30}{1 \times 2 \times 1,2^2} \times 1,2 + \frac{20}{0 \times 2 \times 0^2} \times 0 \leq Q_{\text{all}} \\&= 56,207 \text{ t} > 54,704 \text{ t (tidak OK)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{min}} &= \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x}{\sum n_x (2x_i^2)} x_i + \frac{M_y}{\sum n_y (2y_i^2)} y_i \leq Q_{\text{all}} \\&= \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x}{n_x (2x_i^2)} x_i + \frac{M_y}{n_y (2y_i^2)} y_i \leq Q_{\text{all}} \\&= \frac{131,12}{3} - \frac{30}{1 \times 2 \times 1,2^2} \times 1,2 - \frac{20}{0 \times 2 \times 0^2} \times 0 \leq Q_{\text{all}} \\&= 31,207 \text{ t} < 54,704 \text{ t (OK)}\end{aligned}$$

Karena  $P_{\text{maks}}$  tidak memenuhi syarat dicoba dengan 4 tiang:





Jarak antar tiang

$$\begin{aligned}
 s &= (2,5 - 6) D \rightarrow \text{ambil} & s &= 3D \\
 &= 3 \times 0,4 & & \\
 &= 1,2 \text{ m} & &
 \end{aligned}$$

Dimensi poer:

Panjang = 220 cm

Lebar = 220 cm

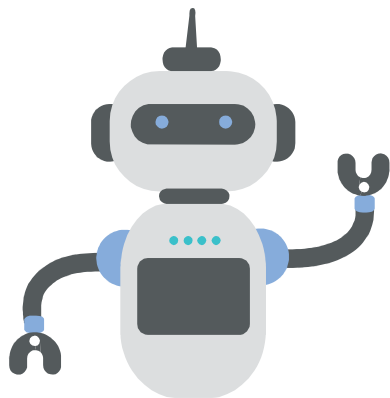
Tebal poer = 75 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Berat poer } (W_{\text{poer}}) &= 2,2 \times 2,2 \times 0,75 \times 2,4 \\
 &= 8,712 \text{ t} < 10 \text{ t (perkiaan OK)}
 \end{aligned}$$

Distribusi gaya yang bekerja pada kelompok tiang :

Cek terhadap beban tetap:

$$\begin{aligned}V_{tot} &= V + V_{per} \\&= 125 + 8,712 \\&= 133,712 \text{ t}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}P_{maks} &= \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x}{n_x(2x_i^2)} x_i + \frac{M_y}{n_y(2y_i^2)} y_i \leq Q_{all} \\&= \frac{156,12}{4} + \frac{30}{2 \times 2 \times 0,6^2} \times 0,6 + \frac{20}{2 \times 2 \times 0,6^2} \times 0,6 \\&= 53,613 \text{ t} > 54,704 \text{ t (OK)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{min} &= \frac{\sum V}{n} - \frac{M_x}{n_x(2x_i^2)} x_i - \frac{M_y}{n_y(2y_i^2)} y_i \leq Q_{all} \\&= \frac{156,12}{4} - \frac{30}{2 \times 2 \times 0,6^2} \times 0,6 - \frac{20}{2 \times 2 \times 0,6^2} \times 0,6 \\&= 11,947 \text{ t} > 54,704 \text{ t (OK)}\end{aligned}$$