

## BAB V

### DATA STRUKTUR DAN PROSEDUR PERHITUNGAN

#### 5.1 Data Struktur dan Parameter Bahan

Bab ini akan menguraikan prosedur perhitungan fondasi tiang bor kelompok pada tanah non kohesif dengan menggunakan metode statis. Data dan parameter bahan yang diperlukan dalam analisis tiang bor kelompok adalah sebagai berikut:

1. Data karakteristik tanah adalah tanah pada Proyek Pengembangan/Renovasi Pusat Perbelanjaan Pasar Baru, Bandung.
2. Fondasi yang digunakan adalah fondasi tiang bor kelompok
3. Mutu beton K-350,  $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$
4. Fondasi yang akan dianalisa adalah fondasi tiang bor tunggal bagian bawah, berjarak -9.00 m di bawah muka tanah.

#### 5.2 Daya Dukung Tiang Tunggal

Panjang tiang (L) = 7.5 m

Diameter (D) = 2000 mm

Data tanah yang digunakan adalah DB 3

Tabel 5.1 Data karakteristik tanah DR.3

No.	Kedalaman	$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	C (ton/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Nq*	Gs	cc
1	1,50 – 2,00	1,74	0,13	3,93	1,8	2,708	0,299
2	4,00 – 4,55	1,64	0,83	15,03	6,5	2,828	0,344
3	6,00 – 6,55	1,71	0,76	13,13	5	2,686	0,202
4	10,00 – 10,55	1,69	0,2	33	80	2,692	0,568

Tabel 5.1 Data karakteristik tanah DR.3 lanjutan

No.	Kedalaman	$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	e	$n = \frac{e}{1+e}$	$\gamma_{sat} = [(1-n)Gs + n]\gamma_w$
1	1,50 – 2,00	1,74	1,2	0,5454	1,7764
2	4,00 – 4,55	1,64	1,2	0,5454	1,7401
3	6,00 – 6,55	1,71	1,2	0,5454	1,7664
4	10,00 – 10,55	1,69	1,4	0,5833	1,7051

$$FK = 2,5$$

### 5.2.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

Diketahui :

Tabel 5.2 Data karakteristik tanah dari kedalaman 9.00 m di bawah muka tanah

Kedalaman	c	$\phi$	$\gamma$	Gs	e	Nq*
9,00 – 10,55	0,76	13,13	1,710	2,686	1,2	5,2
10,55 – 16,50	0,20	33,30	1,690	2,692	1,4	80

$$N_{90} = \frac{18 + 21 + 47 + 55 + 25 + 42 + 6415 + 6125 + 6021}{9}$$

$$N_{cr} = 2085.4444$$

$$q_{cr}' = 4,17 \cdot \frac{Br}{Bb} q_e' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.6})$$

$$q_e' = 0,60 \cdot \sigma_c \cdot N_{cr} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_e' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_e' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{cr}' = 4,17 \cdot \frac{0,3}{2} \cdot 450$$

$$q_{cr}' = 281,475 \text{ t/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 2^2$$

$$= 3,1415 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 281,475 \times 3,1415$$

$$= 884,254 \text{ ton}$$

### 5.2.2 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

z : 9.775 m

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{Br}} \quad (\text{sesuai rumus 3.12})$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta = 0.7294$$

$$\begin{aligned}\sigma_v' &= \gamma' D_1 \\ &= \gamma' D_1 \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_1 \\ &= (1.7665 - 1) \cdot 9.775 \\ &= 7.4925 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_s &= \beta \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10}) \\ &= 0.7294 \cdot 7.4925 \\ &= 5.4650 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= 2 \pi r \text{ tinggi} \\ &= 2 \pi \cdot 1 \cdot 1.55 \\ &= 9.7389 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_s &= f_s \times A_s \\ &= 5.4650 \times 9.7389 \\ &= 53.2231 \text{ ton}\end{aligned}$$

2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m

$$z = 13.525 \text{ m}$$

$$\beta = 1.5 - 0.135 \sqrt{\frac{13.525}{0.3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 0.5936$$

$$\begin{aligned}\sigma_v' &= \gamma' D_1 \\ &= \gamma' D_1 \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma')\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_1 \\
 &= ((1,7665 - 1) \cdot 9,775) + ((1,7051 - 1) \cdot 11,975) \\
 &= 9,6316 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$f_1 = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10})$$

$$= 0,5936 \cdot 9,6316$$

$$= 5,7173 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = 2 \pi r \text{ tinggi}$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 9,5$$

$$= 37,385 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5,7173 \times 37,385$$

$$= 213,741 \text{ ton}$$

$$Q_s (\text{total}) = 213,741 + 53,2231$$

$$= 266,9641 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ult}} = Q_p + Q_s$$

$$= 884,254 + 266,9641$$

$$= 1151,218 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{all}} = \frac{Q_{\text{ult}}}{\text{FK}}$$

$$= \frac{1151,218}{2,5}$$

$$= 460,4871 \text{ ton}$$

### 5.2.3 Penurunan

Diketahui:

Diameter tiang	: 2 m
Qp	: 884,254 t/m <sup>2</sup>
Qs	: 266,9641 t/m <sup>2</sup>
Qall	: 460,4871 t/m <sup>2</sup>

Dicoba:

penurunan ( $\delta$ ) = 1 inch

$$\frac{\delta}{B} = \frac{1}{2} = 0,5$$

→ berdasarkan pada lampiran 3,  $Q_s = 0,95 \times 266,9641 = 253,616$  ton

→ berdasarkan pada lampiran 3,  $Q_p = 0,2 \times 884,254 = 176,851$  ton

→  $Q_{\text{total}} \text{ yang bekerja} = 253,616 + 176,851 = 430,467 \text{ ton} < 460,4871 \text{ ton}$

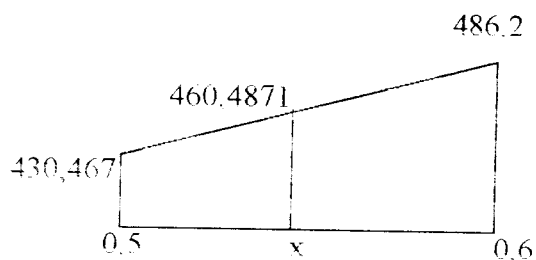
penurunan ( $\delta$ ) = 1,2 inch

$$\frac{\delta}{B} = \frac{1,2}{2} = 0,6$$

→ berdasarkan pada lampiran 3,  $Q_s = 0,96 \times 266,9641 = 256,29$  ton

→ berdasarkan pada lampiran 3,  $Q_p = 0,26 \times 884,254 = 229,91$  ton

→  $Q_{\text{total}} \text{ yang bekerja} = 256,29 + 229,91 = 486,2 \text{ ton} > 460,4871 \text{ ton}$



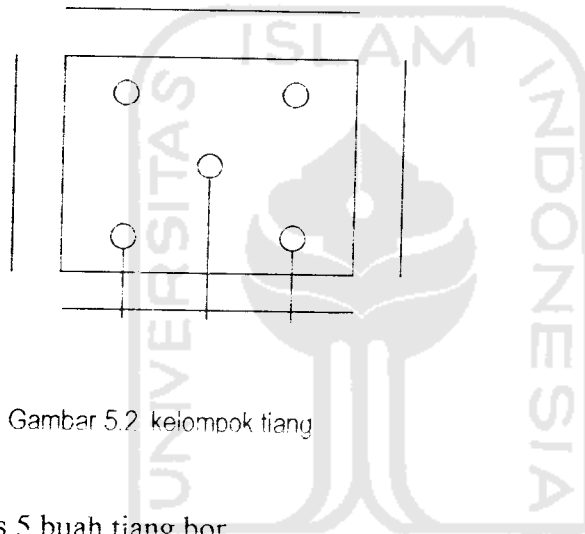
Gambar 5.1. Ilustrasi penurunan kelompok tiang

$$\delta = 0,5 + 0,5 \frac{460,4871 - 430,467}{486,2 - 430,467}$$

$$\delta = 0,5539 \text{ inch}$$

$$\delta = 0,01406906 \text{ m}$$

### 5.3 Daya Dukung Tiang Kelompok



Gambar 5.2 kelompok tiang

1. Terdiri atas 5 buah tiang bor.
2. Panjang : 7,5 m
3. Jarak antar spasi 2,5D-3D
4. Jarak dari pusat tiang ke tepi poer 1,25 D

Diketahui :

Tabel 5.3 Data karakteristik tanah dari kedalaman 9,00 m di bawah muka tanah

Kedalaman	c	$\phi$	$\gamma$	Gs	e	Nq*
9,00 – 10,55	0,76	13,13	1,710	2,686	1,2	52
10,55 – 16,50	0,20	33,30	1,690	2,692	1,4	80

$$N_{60} = \frac{18 + 21 + 47 + 55 + 25 + 42 + 6415 + 6125 + 6021}{9}$$

$$N_{60} = 2085,4444$$

$$A_{\text{tunggal}} = A_{\text{kelompok}}$$

$$0,25 \times \pi \times 2^2 = 5 \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$D_{\text{kelompok}} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Sisi pile cap} = 6,8 \text{ m}$$

$$A_{\text{pile cap}} = 6,8^2 \text{ m}$$

### 5.3.1 Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

$$q_e' = 0,60 \cdot \sigma_p \cdot N_{60} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_e' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_e' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,8^2$$

$$= 0,503 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,503$$

$$= 226,35 \text{ ton}$$

### 5.3.2 Daya Dukung Sisi Tiang ( $Q_s$ )

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m



$$z : 9,775 \text{ m}$$

$$\beta : 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta : 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta : 0,7294$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_t \\ &= \gamma' \cdot D_t \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_t \\ &= (1,7665 - 1) \cdot 9,775 \\ &= 7,4925 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23}) \\ &= 0,7294 \cdot 7,4925 \\ &= 5,4650 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \cdot D \cdot \text{tinggi} \\ &= \pi \cdot 0,8 \cdot 1,55 \\ &= 3,896 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= f_s \times A_s \\ &= 5,4650 \times 3,896 \\ &= 21,292 \text{ ton} \end{aligned}$$

**2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m**

$$z : 13,525 \text{ m}$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{13,525}{0,3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 0,5936$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_f \\ &= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_f \\ &= ((1,7665 - 1) \cdot 9,775) + ((1,7051 - 1) \cdot 11,975) \\ &= 9,6316 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10})$$

$$= 0,5936 \cdot 9,6316$$

$$= 5,7173 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi D \cdot \text{tinggi}$$

$$= \pi \cdot 0,8 \cdot 5,95$$

$$= 14,954 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5,7173 \times 14,954$$

$$= 85,497 \text{ ton}$$

$$Q_s(\text{total}) = 85,497 + 21,292$$

$$= 106,789 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{ult}} = Q_p + Q_s$$

$$= 226,35 + 106,789$$

$$= 333,139 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{FK} \\
 &= \frac{333,139}{2,5} \\
 &= 133,256 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3.3 Efisiensi Tiang Bor Kelompok

$$\begin{aligned}
 Q_{kelompok} &= E_g \times n \times Q_{all} && \text{(sesuai dengan rumus 3.23)} \\
 &= 1 \times 5 \times 133,256 && \text{(efisiensi pada tiang bor tahanan ujung} \\
 & && \text{menurut Paulos, H.G dan Davis, E.H, 1980)} \\
 &= 666,28 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3.4 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976):

$$S_{g(c)} = \frac{0,92q\sqrt{B_g \cdot I}}{N_{corr}} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.36)}$$

$$q = \frac{Q_{kel}}{(L_g \times B_g)} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.37)}$$

$$I = 1 - \frac{L}{8 \cdot B_g} \geq 0,5 \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.39)}$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v} \cdot N \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.38)}$$

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{666,28}{49,0,8^2} \\
 &= 21,246 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

$$I = 1 - \frac{7,5}{8 \cdot (7,0,8)} \geq 0,5$$

$$= 0,832 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,832$$

$$N_{\text{corr}} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} \cdot 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 21,246 \cdot \sqrt{(7,0,8) \cdot 0,832}}{509,5685}$$

$$= 0,0828 \text{ m}$$

Dengan diameter tiang bor = 0.5 m

### 5.3.5 Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_p$ )

$$q_e' = 0,60 \cdot \sigma_1 \cdot N_{60} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_e' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_e' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_e' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,5^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,196$$

$$= 88,2 \text{ ton}$$

### 5.3.6 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

z : 9.775 m

$$\beta = 1.5 - 0.135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 1.5 - 0.135 \cdot \sqrt{\frac{9.775}{0.3}}$$

$$\beta = 0.7294$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_f \\ &= \gamma' D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_f \\ &= (1.7665 - 1) \cdot 9.775 \\ &= 7.4925 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = \beta \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 0.7294 \cdot 7.4925$$

$$= 5.4650 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi D \text{ tinggi}$$

$$= \pi \cdot 0.5 \cdot 1.55$$

$$= 2.435 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5.4650 \times 2.435$$

$$= 13.307 \text{ ton}$$

2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m

$$z : 13.525 \text{ m}$$

$$\beta : 1.5 - 0.135 \cdot \sqrt{\frac{13.525}{0.3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta : 0.5936$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_1 \\ &= \gamma' \cdot D_1 \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_1 \\ &= ((1.7665 - 1) \cdot 9.775) + ((1.7051 - 1) \cdot 11.975) \\ &= 9.6316 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s &= \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10}) \\ &= 0.5936 \cdot 9.6316 \\ &= 5.7173 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \cdot D \cdot \text{tinggi} \\ &= \pi \cdot 0.55 \cdot 9.5 \\ &= 9.346 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= f_s \times A_s \\ &= 5.7173 \times 9.346 \\ &= 53.434 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s(\text{total}) &= 13.307 + 53.434 \\ &= 66.741 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{ult}} &= Q_p + Q_s \\ &= 88.2 + 66.741 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 154.941 \text{ ton} \\
 Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{FK} \\
 &= \frac{154.941}{2.5} \\
 &= 61.9764 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3.7 Efisiensi Tiang Bor Kelompok

$$\begin{aligned}
 Q_{kelompok} &= E_g \times n \times Q_{all} && \text{(sesuai dengan rumus 3.23)} \\
 &= 1 \times 5 \times 61.9764 && \text{(efisiensi pada tiang bor tahanan ujung} \\
 &&& \text{menurut Paulos, H.G dan Davis, F.H, 1980)} \\
 &= 309.882 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3.8 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976):

$$S_{e(s)} = \frac{0,92q\sqrt{B_g I}}{N_{corr}} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.36)}$$

$$q = \frac{Q_{kel}}{(Lg \times Bg)} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.37)}$$

$$I = 1 - \frac{L}{8.Bg} \geq 0,5 \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.39)}$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v'} \cdot N \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.38)}$$

$$q = \frac{309.882}{49.0,8^2}$$

$$= 25,296 \text{ ton/m}^2$$

$$I = 1 - \frac{7,5}{8 \cdot (7,0,8)} \geq 0,5$$

$$= 0,832 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,832$$

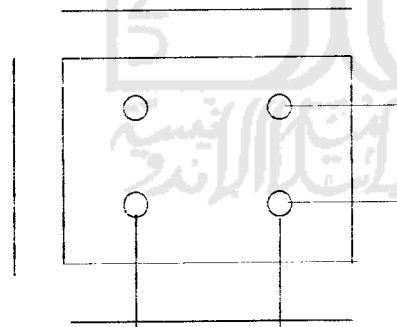
$$N_{\text{corr}} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} \cdot 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 25,296 \cdot \sqrt{(7,0,8) \cdot 0,832}}{509,5685}$$

$$= 0,0986 \text{ m}$$

#### 5.4 Daya Dukung Tiang Kelompok



Gambar 5.2 kelompok tiang

1. Terdiri atas 4 buah tiang bor.
2. Panjang : 7,5 m
3. Jarak antar spasi 2.5D-3D
4. Jarak dari pusat tiang ke tepi poer 1.25 D



Diketahui :

Tabel 5.3 Data karakteristik tanah dari kedalaman 9.00 m di bawah muka tanah

Kedalaman	c	$\phi$	$\gamma$	Gs	e	Nq*
9.00 – 10.55	0,76	13,13	1,710	2,686	1,2	5,2
10.55 – 16.50	0,20	33,30	1,690	2,692	1,4	80

$$N_{60} = \frac{18 + 21 + 47 + 55 + 25 + 42 + 6415 + 6125 + 6021}{9}$$

$$N_{60} = 2085,4444$$

$$A_{ujung} = A_{kelompok}$$

$$0,25 \times \pi \times 2^2 = 4 \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$D_{kelompok} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Sisi pile cap} = 5,5 \text{ m}$$

$$A_{pile\ cap} = 5,5^2 \text{ m}^2$$

#### 5.4.1 Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

$$q_c' = 0,60 \cdot \sigma_r \cdot N_{60} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_c' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_c' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot l^2$$

$$= 0,7854 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,7854$$

$$= 353,43 \text{ ton}$$

#### 5.4.2 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

$$z : 9,775 \text{ m}$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta = 0,7294$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_1 \\ &= \gamma' \cdot D_1 \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \cdot D_1 \\ &= (1,7665 - 1) \cdot 9,775 \\ &= 7,4925 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_c = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 0,7294 \cdot 7,4925$$

$$= 5,4650 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot \text{tinggi}$$

$$= \pi \cdot 1 \cdot 1,55$$

$$= 4,869 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f_s \times A_s \\
 &= 5,4650 \times 4,869 \\
 &= 26,609 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m

$$z = 13,525 \text{ m}$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{13,525}{0,3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 0,5936$$

$$\begin{aligned}
 \sigma'_z &= \gamma \cdot D_z \\
 &= \gamma' D_z \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\
 &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_z \\
 &= ((1,7665 - 1) \cdot 9,775) + ((1,7051 - 1) \cdot 11,975) \\
 &= 9,6316 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= \beta \sigma'_z \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10}) \\
 &= 0,5936 \cdot 9,6316 \\
 &= 5,7173 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \pi D \cdot \text{tinggi} \\
 &= \pi \cdot 1,5 \cdot 95 \\
 &= 18,692 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f_s \times A_s \\
 &= 5,7173 \times 18,692 \\
 &= 106,868 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s(\text{total}) &= 26,609 + 106,686 \\ &= 133,477 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 353,43 + 133,477 \\ &= 486,907 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{FK} \\ &= \frac{486,907}{2,5} \\ &= 194,763 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 5.4.3 Efisiensi Tiang Bor Kelompok

$$\begin{aligned} Q_{kelompk} &= E_g \times n \times Q_{all} && \text{(sesuai dengan rumus 3.23)} \\ &= 1 \times 4 \times 194,763 && \text{(efisiensi pada tiang bor tahanan ujung} \\ &&& \text{menurut Paulos, H.G dan Davis, E.H, 1980)} \\ &= 779,052 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 5.4.4 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976):

$$S_{B(C)} = \frac{0,92q\sqrt{B_g \cdot I}}{N_{ult}} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.36)}$$

$$q = \frac{Q_{ult}}{(L_g \times B_g)} \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.37)}$$

$$I = 1 - \frac{L}{8 \cdot B_g} \geq 0,5 \quad \text{(sesuai dengan rumus 3.39)}$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v'} N \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.38})$$

$$q = \frac{779,052}{16,1^2}$$

$$= 48,691 \text{ ton/m}^2$$

$$I = 1 - \frac{7,5}{8 \cdot (4 \times 1)} \geq 0,5$$

$$= 0,766 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,766$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 48,691 \sqrt{(4 \times 1) \cdot 0,766}}{509,5685}$$

$$= 0,154 \text{ m}$$

Dengan diameter tiang bor = 0,8 m

#### 5.4.5 Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

$$q_c' = 0,60 \cdot \sigma_c' \cdot N_{60} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_c' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_c' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,8^2$$

$$= 0,5027 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,5027$$

$$= 226,215 \text{ ton}$$

#### 5.4.6 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9,00 – 10,55 m

z : 9,775 m

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta = 0,7294$$

$$\sigma_v' = \gamma \cdot D_f$$

$$= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma')$$

$$= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_f$$

$$= (1,7665 - 1) \cdot 9,775$$

$$= 7,4925 \text{ t/m}^2$$

$$f_c = \beta \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 0,7294 \cdot 7,4925$$

$$= 5,4650 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi D \cdot \text{tinggi}$$

$$= \pi \cdot 0,8 \cdot 1,55$$

$$= 3,896 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5,4650 \times 3,896$$

$$= 21,292 \text{ ton}$$

2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m

$$z = 13,525 \text{ m}$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{13,525}{0,3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 0,5936$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_f \\ &= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \cdot D_f \\ &= ((1,7665 - 1) \cdot 9,775) + ((1,7051 - 1) \cdot 11,975) \\ &= 9,6316 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10})$$

$$= 0,5936 \cdot 9,6316$$

$$= 5,7173 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot \text{tinggi}$$

$$= \pi \cdot 0,8 \cdot 5,95$$

$$= 14,954 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5.7173 \times 14.954$$

$$= 85.497 \text{ ton}$$

$$Q_s(\text{total}) = 21.292 + 85.497$$

$$= 106.789 \text{ ton}$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= 226.215 + 106.789$$

$$= 333.004 \text{ ton}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{FK}$$

$$= \frac{333.004}{2.5}$$

$$= 133.2016 \text{ ton}$$

#### 5.4.7 Efisiensi Tiang Bor Kelompok

$$Q_{kelomp.} = E_g \times n \times Q_{all} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 1 \times 4 \times 133.2016 \quad (\text{efisiensi pada tiang bor tahanan ujung}$$

menurut *Paulos, H.G dan Davis, F.H, 1980*)

$$= 532.806 \text{ ton}$$

#### 5.4.8 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976):

$$S_{e(u)} = \frac{0.92q \sqrt{B_e I}}{N_{u-}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.36})$$



$$q = \frac{Q_{\text{kel}}}{(Lg \times Bg)} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.37})$$

$$i = 1 - \frac{L}{8.Bg} \geq 0,5 \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.39})$$

$$N_{\text{corr}} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v'} N \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.38})$$

$$q = \frac{532.806}{16.0,8^2}$$

$$= 52,032 \text{ ton/m}^2$$

$$i = 1 - \frac{7,5}{8.(4,0,8)} \geq 0,5$$

$$= 0,707 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,707$$

$$N_{\text{corr}} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} \cdot 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 52,032 \cdot \sqrt{(4,0,8) \cdot 0,707}}{509,5685}$$

$$= 0,141 \text{ m}$$

Dengan diameter tiang bor = 0,5 m

#### 5.4.9 Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

$$q_p' = 0,60 \cdot \sigma_r \cdot N_{60} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.5})$$

$$q_p' = 0,60 \cdot 2000 \cdot 2085,4444$$

$$q_p' = 2502533,28 \text{ lb/ft}^2 \geq 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 90000 \text{ lb/ft}^2$$

$$q_c' = 450 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,5^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 450 \times 0,196$$

$$= 88,2 \text{ ton}$$

#### 5.4.10 Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

1. Kedalaman : 9.00 – 10.55 m

z : 9.775 m

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{z}{B_r}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta = 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{9,775}{0,3}}$$

$$\beta = 0,7294$$

$$\sigma_v' = \gamma \cdot D_f$$

$$= \gamma' \cdot D_f \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma')$$

$$= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_f$$

$$= (1,7665 - 1) \cdot 9,775$$

$$= 7,4925 \text{ t/m}^2$$

$$f_s = \beta \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.23})$$

$$= 0,7294 \cdot 7,4925$$

$$= 5,4650 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi D \cdot \text{tinggi} \\ &= \pi \cdot 0,5 \cdot 1,55 \\ &= 2,435 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= f_s \times A_s \\ &= 5,4650 \times 2,435 \\ &= 13,307 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Kedalaman : 10.55 – 16.50 m

$$z : 13,525 \text{ m}$$

$$\beta : 1,5 - 0,135 \cdot \sqrt{\frac{13,525}{0,3}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.12})$$

$$\beta : 0,5936$$

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= \gamma \cdot D_1 \\ &= \gamma' \cdot D_1 \quad (\text{pada tanah yang jenuh menggunakan } \gamma') \\ &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) D_1 \\ &= ((1,7665 - 1) \cdot 9,775) + ((1,7051 - 1) \cdot 11,975) \\ &= 9,6316 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = \beta \cdot \sigma_v' \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.10})$$

$$= 0,5936 \cdot 9,6316$$

$$= 5,7173 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi D \cdot \text{tinggi} \\ &= \pi \cdot 0,5 \cdot 5,95 \end{aligned}$$

$$= 9,346 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 5,7173 \times 9,346$$

$$= 53,434 \text{ ton}$$

$$Q_s(\text{total}) = 13,307 + 53,434$$

$$= 66,741 \text{ ton}$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= 88,2 + 66,741$$

$$= 154,941 \text{ ton}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{FK}$$

$$= \frac{154,941}{2,5}$$

$$= 61,9764 \text{ ton}$$

#### 5.4.11 Effisiensi Tiang Bor Kelompok

$$Q_{kelmpk} = E_g \times n \times Q_{all}$$

(sesuai dengan rumus 3.23)

$$= 1 \times 4 \times 61,9764$$

(effisiensi pada tiang bor tahanan ujung

menurut *Paulos, H.G dan Davis, E.H, 1980*)

$$= 247,9056 \text{ ton}$$

#### 5.4.12 Penurunan

Menggunakan rumus Meyerhoff (1976)

$$S_{g(c)} = \frac{0,92q\sqrt{B_p \cdot I}}{N_{corr}} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.36})$$

$$q = \frac{Q_{Lr}}{(L_g \times B_g)} \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.37})$$

$$i = 1 - \frac{I_r}{8 \cdot B_g} \geq 0,5 \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.39})$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma_v'} \cdot N \quad (\text{sesuai dengan rumus 3.38})$$

$$q = \frac{247,9056}{16,0,5^2}$$

$$= 61,9764 \text{ ton/m}^2$$

$$I = 1 - \frac{7,5}{8 \cdot (4,0,5)} \geq 0,5$$

$$= 0,766 > 0,5$$

$$I \text{ pakai} = 0,766$$

$$N_{corr} = 0,77 \cdot \log \frac{20}{9,6316} \cdot 2085,4444$$

$$= 509,5685$$

$$S_g = \frac{0,92 \cdot 61,9764 \sqrt{(4,0,5) \cdot 0,766}}{509,5685}$$

$$= 0,1385 \text{ m}$$

### 5.5 Analisis Biaya Tiang Bor Tunggal dan Kelompok

Diketahui:

$$1. \text{ Volume pondasi tiang bor tunggal} = \pi \times 0,25 \times 2^2 \times 7,5$$

$$= 23,5619 \text{ m}^3$$

Volume beton pada pondasi tiang bor tunggal =  $23,5619 \text{ m}^3$

2. Volume tiang bor kelompok

- a. 5 buah tiang bor dengan  $D = 0.8 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 5 \times (0,25 \times \pi \times 0,8^2 \times 7,5) = 18,850 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 6,8 \times 6,8 \times 1 = 46,24 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 18,85 + 46,24 = 65,89 \text{ m}^3$$

- b. 5 buah tiang bor dengan  $D = 0.5 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 5 \times (0,25 \times \pi \times 0,5^2 \times 7,5) = 7,3631 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 4,25 \times 4,25 \times 1 = 18,0625 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 7,3631 + 18,0625 = 25,4256 \text{ m}^3$$

- c. 4 buah tiang bor dengan  $D = 1 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 1^2 \times 7,5) = 23,562 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 5,5 \times 5,5 \times 1 = 30,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 23,562 + 30,25 = 53,812 \text{ m}^3$$

- d. 4 buah tiang bor dengan  $D = 0.8 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 0,8^2 \times 7,5) = 15,08 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 4,4 \times 4,4 \times 1 = 19,36 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 15,08 + 19,36 = 34,44 \text{ m}^3$$

- e. 4 buah tiang bor dengan  $D = 0.5 \text{ m}$

$$\text{Volume tiang bor kelompok} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 0,5^2 \times 7,5) = 5,8905 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume pile cap} = 2,75 \times 2,75 \times 1 = 7,5625 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tiang bor kelompok} = 5,8905 + 7,5625 = 13,453 \text{ m}^3$$

3. Pada Proyek Renovasi Pasar Baru, Bandung, volume total pondasi (dengan diameter = 2 m, panjang tiang = 7,5 m, serta beban rencana = 128<sup>o</sup> ton) adalah 707,85 m<sup>3</sup>, dengan biaya Rp. 276.061.500,00.

Sehingga biaya yang dibutuhkan untuk 1 pondasi tiang bor tunggal adalah

$$\frac{23,5619}{707,85} \times \text{Rp.} 276.061.500 = \text{Rp.} 9.189.076,092$$

4. Biaya yang dibutuhkan untuk pondasi tiang bor kelompok adalah

- a. 5 buah tiang bor dengan D = 0,8 m

$$65,89 \times \text{Rp.} 390.000,00 = \text{Rp.} 25.697.100,00$$

- b. 5 buah tiang bor dengan D = 0,5 m

$$25,4256 \times \text{Rp.} 390.000,00 = \text{Rp.} 9.915.984,00$$

- c. 5 buah tiang bor dengan D = 1 m

$$53,812 \times \text{Rp.} 390.000,00 = \text{Rp.} 20.986.680,00$$

- d. 5 buah tiang bor dengan D = 0,8 m

$$34,44 \times \text{Rp.} 390.000,00 = \text{Rp.} 13.341.600,00$$

- e. 5 buah tiang bor dengan D = 0,5 m

$$13,453 \times \text{Rp.} 390.000,00 = \text{Rp.} 5.246.670,00$$

## 5.6 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Tunggal

Pondasi tiang yang digunakan adalah pondasi tiang bor tunggal yang terdiri atas dua bagian, yaitu:

### 1. Bagian atas

Yaitu bagian yang menggunakan *permanent casing* sepanjang 7-8 meter dari *col (cut of level)*. Bagian ini nantinya akan menjadi kolom *basement*, yang pada metode *semi top down* pada umumnya adalah menggunakan *king post*.

## 2. Bagian bawah

Yaitu bagian di bawah yang tidak menggunakan *permanent casing*. Bagian ini mempunyai diameter yang lebih besar dari bagian atas. Besarnya diameter pada bagian bawah ini sama dan menerus hingga pondasi sampai pada tanah keras (*bearing layer*). Perhitungan pondasi diperhitungkan pada bagian ini.

Metode pelaksanaan pondasi tiang bor tunggal ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengeboran awal menggunakan *helical auger*,
- b. Pemasangan *temporary casing*,
- c. Pengeboran dilanjutkan hingga kedalaman bagian atas tercapai dengan *helical auger* atau *bucket auger*,
- d. Pengeboran pada bagian bawah menggunakan *belling bucket* (seperti pada pembuatan *enlarge base pile*) hingga kedalaman *bearing layer*,
- e. Pembersihan lubang bor menggunakan *cleaning bucket*,
- f. Pemasangan *permanent casing* yang dilaskan pada *temporary casing*,
- g. Memasukkan rangkaian tulangan baja (*reinforcement steel cage*),
- h. Pengecoran pondasi tiang bor dengan menggunakan *tremie pipe*.

## 5.7 Metode Pelaksanaan Tiang Bor Kelompok



Metode pelaksanaan pondasi tiang bor kelompok ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengeboran awal (*Primary Boring*)
- b. Pemasangan casing (*Preliminary Casing Instalation*)
- c. Pengeboran sampai *bearing layer*
- d. *Cleaning*
- e. Pembuatan drainase sementara
- f. Memasukkan rangkaian tulangan
- g. Pengecoran menggunakan *tremie pipe*
- h. Pencabutan *casing*
- i. *Pilling Report*.

