

BAB IV

ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG

KELOMPOK

Pada bab IV ini ditunjukkan beberapa perhitungan pondasi *friction pile* untuk mengetahui besarnya kapasitas daya dukung kelompok tiang dalam menahan beban vertikal pada titik sondir yang diambil serta penurunan yang terjadi.

Parameter hitungan diambil sebagai berikut :

1. Beban bekerja sentris terhadap titik berat kelompok tiang,
2. Diameter tiang 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm,
3. Kedalaman tiang 20 meter diambil dari data sondir daerah telang I titik 20 (TI/20) (PT. Puser Bumi Consultants),
4. Tebal poer 40 cm,
5. Jumlah tiang 2 dengan beban vertikal ($V=150$ kN), Jumlah tiang 3 dengan $V=250$ kN, jumlah tiang 4 dengan $V=350$ kN, jumlah tiang 5 dengan $V=450$ kN dan jumlah tiang 6 dengan $V=550$ kN,
6. Jarak antara tiang $3,5 D$ (*J. E. Bowles, 1991*) dan jarak ke tepi as = 0,60 m
7. Mutu beton K-350 dengan berat volume beton = 23 kN/m^3 ,

8. Angka keamanan, $SF = 7$ (L. D. Wesley, 1977),
9. Data sondir daerah telang I titik 20 (PT. Puser Bumi Consultants).

Data-data survai Geoteknik dan Laboratorium (PT. Puser Bumi Consultants)

- Sudut gesek dalam (ϕ) : 1°
 - Kohesi (c) : 10 kN/m^2
 - q_c : $2,5 \text{ MPa}$ (pada kedalaman 20 meter, lampiran IV.)
 - Total kelekatan (L.c) : 540 MPa (pada kedalaman 20 meter, lampiran IV)
 - Kuat geser (s) : 10 kN/m^2 (lampiran IV)
- } Untuk perhitungan di ambil data dari titik 19

IV. 1. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang dalam menahan beban

Vertikal (V).

a. Faktor daya dukung pondasi

Sudut geser (ϕ) : 1°

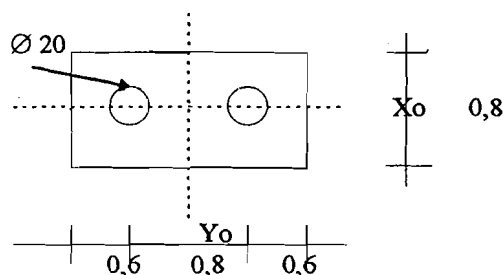
$$N_c = \text{Cot } \phi \cdot [E^{\pi \text{tg} \phi} \cdot \text{tg}^2 (45 + (\phi/2)) - 1]$$

$$N_c = \text{Cot } 1 \cdot [E^{\pi \text{tg} 1} \cdot \text{tg}^2 (45 + (1/2)) - 1] = 5,37$$

b. Faktor lekatan pondasi dengan lapisan tanah. kuat geser (s) = kohesi (c)

$$= 10 \text{ kN/m}^2 \longrightarrow \text{Gambar 2.9 hal. 38 diperoleh } K = 1,14.$$

- Jumlah tiang 2 dengan diameter 20 cm



Gambar titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = B . Y
 $= 0,8 + 0,2) \cdot (0,2) = 0,2 \text{ m}^2$

d. Keliling kelompok tiang (O) = 2 . (B + Y)
 $= 2 \cdot (1 + 0,2) = 2,4 \text{ m}$

e. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B + Y) \cdot L \cdot c \cdot K$$

$$Q_t = 10 \cdot 5,37 \cdot 0,2 + 2,4 \cdot 540 \cdot 1,14 = 1488,18 \text{ kN}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{1488,18}{7} = 212,59 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{212,59}{2} = 106,295 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (My dan Mx)

menentukan titik berat kelompok tiang

$$n \cdot y_o = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2$$

$$2 \cdot y_o = 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,4$$

$$y_o = 0,8 / 2 = 0,4$$

$$n \cdot x_o = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2$$

$$2 \cdot x_o = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4$$

$$x_o = 2/2 = 1$$

Titik berat kelompok tiang (1 ; 0,4) dari tepi kiri poer.

- Berat satu tiang, $P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,44 \text{ kN}$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,44 \cdot 1 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,44 \cdot 1 \cdot 0,4 = 5,77 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (P_i)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 1 \cdot 0,4^2 = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 1 \cdot 0^2 = 0$$

- Beban vertikal yang diterima oleh pondasi

$$\sum V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 150 + 0,4 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 23 = 164,720 \text{ kN}$$

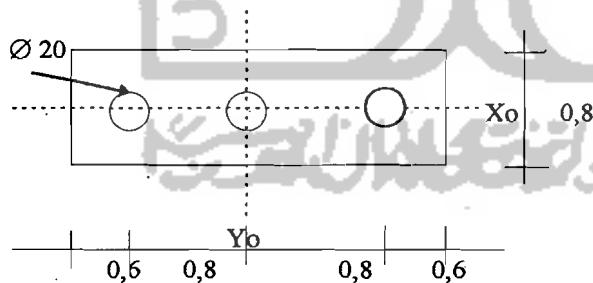
- P_i tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_i}{n y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{n x \cdot \sum y^2}$$

$$P_i = \frac{164,720}{2} + \frac{5,77 \cdot 0,4}{1 \cdot 0,16} + \frac{0 \cdot 0}{1 \cdot 0} = 96,785 \text{ kN}$$

k. Analog untuk diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (lihat tabel 4.1).

- Jumlah tiang 3 dengan diameter 20 cm



Gambar; titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = $B \cdot Y$

$$= (1,6 + 0,2) \cdot (0,2) = 0,36 \text{ m}^2$$

d. Keliling kelompok tiang (O) = $2 \cdot (B + Y)$

$$= 2 \cdot (1,8 + 0,2) = 4,0 \text{ m}$$

e. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B + Y) \cdot L \cdot c \cdot K$$

$$= 10 \cdot 5,37 \cdot 0,36 + 4 \cdot 540 \cdot 1,14 = 2481,732 \text{ kN}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{2481,732}{7} = 354,533 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{354,533}{3} = 118,177 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (M_y dan M_x)

menentukan letak titik berat kelompok tiang

$$n \cdot y_o = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + n_3 \cdot y_3$$

$$3 \cdot y_o = 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,4$$

$$y_o = 1,2/3 = 0,4$$

$$n \cdot x_o = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + n_3 \cdot x_3$$

$$3 \cdot x_o = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 2,2$$

$$x_o = 4,2/3 = 1,4$$

Titik berat kelompok tiang (1,4 ; 0,4) dari tepi kiri poer.

- Berat satu tiang, $P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,444 \text{ kN}$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,444 \cdot 1 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,444 \cdot 1 \cdot 0,8 = 11,555 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (P_i)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 1 \cdot 0,8^2 = 0,64 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 1 \cdot 0^2 = 0$$

- ΣV

$$\begin{aligned}\Sigma V &= \text{beban } V + \text{beban poer} \\ &= 250 + 0,4 \cdot 2,8 \cdot 0,8 \cdot 23 = 270,608 \text{ kN}\end{aligned}$$

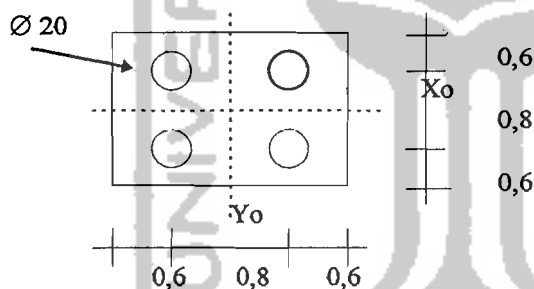
- P_i tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_i}{n_y \cdot \Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{n_x \cdot \Sigma x^2}$$

$$P_i = \frac{270,608}{3} + \frac{11,555 \cdot 0,8}{1 \cdot 0,64} + \frac{0 \cdot 0}{1 \cdot 0} = 104,646 \text{ kN}$$

k. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.1).

- Jumlah tiang 4 dengan diameter 20 cm



Gambar; titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = B · Y
 = (0,8 + 0,2) · (0,8 + 0,2) = 1,00 m²

d. Keliling kelompok tiang (O) = 4 · (B + Y)
 = 4 · (0,8 + 0,2) = 4,0 m

e. Daya dukung kelompok tiang

$$\begin{aligned}Q_t &= c \cdot N_c \cdot A + 4 \cdot (B + Y) \cdot L \cdot c \cdot K \\ &= 10 \cdot 5,37 \cdot 1,00 + 4 \cdot 540 \cdot 1,14 = 2516,100 \text{ kN}\end{aligned}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{2516,100}{7} = 359,443 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{359,443}{4} = 89,861 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (M_y dan M_x)

tentukan letak titik berat kelompok tiang

$$n \cdot y_o = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + n_3 \cdot y_3 + n_4 \cdot y_4$$

$$4 \cdot y_o = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 1,4$$

$$y_o = 4/4 = 1 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

$$n \cdot x_o = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + n_3 \cdot x_3 + n_4 \cdot x_4$$

$$4 \cdot x_o = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 1,4$$

$$x_o = 4/4 = 1 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

Titik berat kelompok tiang (1 ; 1) dari tepi kiri poer.

$$\text{- Berat satu tiang, } P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,444 \text{ kN}$$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,444 \cdot 2 \cdot 0,4 = 11,555 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,444 \cdot 2 \cdot 0,4 = 11,555 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (P_i)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 2 \cdot 0,4^2 = 0,32 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 2 \cdot 0,4^2 = 0,32 \text{ m}^2$$

- $\sum V$

$$\sum V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 350 + 0,4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 23 = 386,800 \text{ kN}$$

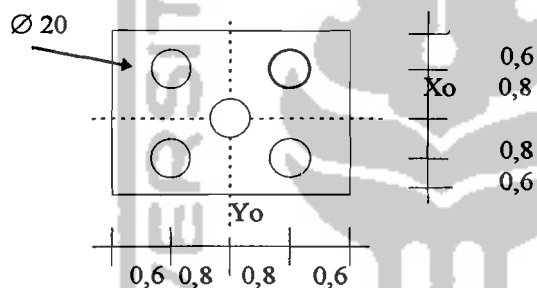
- Pi tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_1}{n_y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_1}{n_x \cdot \sum y^2}$$

$$P_i = \frac{386,800}{4} + \frac{11,555,0,4}{2 \cdot 0,32} + \frac{11,555,0,4}{2 \cdot 0,32} = 111,144 \text{ kN}$$

k. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.1).

• Jumlah tiang 5 dengan diameter 20 cm



Gambar; titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = B . Y
 $= (1,6 + 0,2) \cdot (1,6 + 0,2) = 3,240 \text{ m}^2$

d. Keliling kelompok tiang (O) = 4 . (B+Y)
 $= 4 \cdot (1,6 + 0,2) = 7,2 \text{ m}$

e. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 4 \cdot (B+Y) \cdot L \cdot c \cdot K$$

$$= 10 \cdot 5,37 \cdot 3,24 + 7,2 \cdot 540 \cdot 1,14 = 4606,308 \text{ kN}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{4606,308}{7} = 658,044 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{658,044}{5} = 131,608 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (M_y dan M_x)

tentukan letak titik berat kelompok tiang

$$n \cdot y_o = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + n_3 \cdot x_3 + n_4 \cdot x_4 + n_5 \cdot x_5$$

$$5 \cdot y_o = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 2,2 + 1 \cdot 2,2 + 1 \cdot 1,4$$

$$y_o = 7/5 = 1,4 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

$$n \cdot x_o = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + n_3 \cdot y_3 + n_4 \cdot y_4 + n_5 \cdot y_5$$

$$5 \cdot x_o = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 2,2 + 1 \cdot 2,2 + 1 \cdot 1,4$$

$$x_o = 6,5/5 = 1,4 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

Titik berat kelompok tiang (1,4 ; 1,4) dari tepi kiri poer.

$$\text{- Berat satu tiang, } P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,444 \text{ kN}$$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,444 \cdot 2 \cdot 0,8 = 23,110 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,444 \cdot 2 \cdot 0,8 = 23,110 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (P_i)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 2 \cdot 0,8^2 = 1,28 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 2 \cdot 0,8^2 = 1,28 \text{ m}^2$$

- $\sum V$

$$\sum V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 450 + 0,4 \cdot 2,8 \cdot 2,8 \cdot 23 = 522,128 \text{ kN}$$

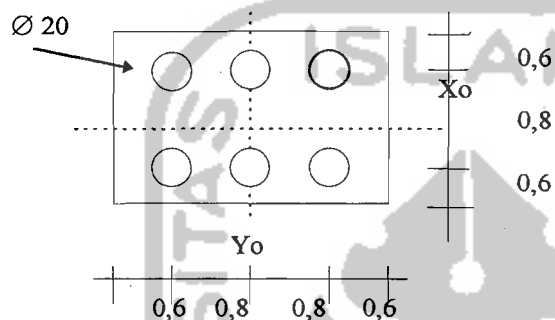
- P_i tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_1}{n_y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_1}{n_x \cdot \sum y^2}$$

$$P_i = \frac{522,128}{5} + \frac{23,110 \cdot 0,8}{2 \cdot 1,28} + \frac{23,110 \cdot 0,8}{2 \cdot 1,28} = 118,870 \text{ kN}$$

k. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.1).

• **Jumlah tiang 6 dengan diameter 20 cm**



Gambar; titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = B . Y
 $= (1,6 + 0,2) \cdot (0,8 + 0,2) = 1,800 \text{ m}^2$

d. Keliling kelompok tiang (O) = 2 . (B+Y)
 $= 2 \cdot (1,8 + 1) = 5,60 \text{ m}$

e. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 4 \cdot (B+Y) \cdot L \cdot c \cdot K$$

$$= 10 \cdot 5,37 \cdot 1,800 + 5,60 \cdot 540 \cdot 1,14 = 3544,020 \text{ kN}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{3544,020}{7} = 506,288 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{506,288}{6} = 84,381 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (M_y dan M_x)

tentukan letak titik berat kelompok tiang

$$n \cdot y_0 = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + n_3 \cdot y_3 + n_4 \cdot y_4 + n_5 \cdot y_5 + n_6 \cdot y_6$$

$$6 \cdot y_0 = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 1,4$$

$$y_0 = 6/6 = 1 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

$$n \cdot x_0 = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + n_3 \cdot x_3 + n_4 \cdot x_4 + n_5 \cdot x_5 + n_6 \cdot x_6$$

$$6 \cdot x_0 = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 2,2 + 1 \cdot 2,2$$

$$x_0 = 8,4/6 = 1,4 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

Titik berat kelompok tiang (1,4 ; 1) dari tepi kiri poer.

$$\text{- Berat satu tiang, } P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,444 \text{ kN}$$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,444 \cdot 2 \cdot 0,4 = 11,555 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,444 \cdot 2 \cdot 0,8 = 23,110 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (P_i)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 2 \cdot 0,8^2 = 1,28 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 2 \cdot 0,4^2 = 0,32 \text{ m}^2$$

- $\sum V$

$$\sum V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 550 + 0,4 \cdot 2,8 \cdot 2 \cdot 23 = 601,520 \text{ kN}$$

- P_i tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_1}{n_y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_1}{n_x \cdot \sum y^2}$$

$$P_i = \frac{601,520}{6} + \frac{23,110 \cdot 0,8}{2 \cdot 1,28} + \frac{11,555 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,32} = 114,697 \text{ kN}$$

k. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.1).

IV. 2. Efisiensi tiang untuk formasi A

Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang dihitung dengan persamaan 3.20

$$Eq = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n}$$

- Jumlah tiang 2 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 1$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 2$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,03^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$Eq = 1 - \frac{14,03^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(1-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 1}{2 \cdot 1} = 0,992$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.2)

- Jumlah tiang 3 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 1$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 3$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,036^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$\begin{aligned} E_q &= 1 - \frac{14,036^\circ (1-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 1}{90^\circ \cdot 3 \cdot 1} \\ &= 0,896 \end{aligned}$$

- Analog untuk diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.2).

- Jumlah tiang 4 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 2$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 2$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,036^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$\begin{aligned} E_q &= 1 - \frac{14,036^\circ (2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{90^\circ \cdot 2 \cdot 2} \\ &= 0,844 \end{aligned}$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.2)

- Jumlah tiang 5 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 3$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 3$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,036^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$E_q = 1 - \frac{14,036^\circ (3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90^\circ \cdot 3 \cdot 3} = 0,792$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.2)

- Jumlah tiang 6 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 2$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 3$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,036^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$E_q = 1 - \frac{14,036^\circ (2-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 2}{90^\circ \cdot 3 \cdot 2} = 0,818$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.2)

IV. 3. Penurunan Elastis Kelompok tiang untuk formasi A.

Penurunan "elastis/segera" terjadi dalam jangka waktu 1 sampai 10 hari (*J.*

E. Bowles, 1976). Besarnya penurunan diperoleh melalui persamaan 2.16.

$$S_i = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

Asumsi :

$$H = 30 \text{ meter}$$

$$D = 20 \text{ meter (kedalaman pondasi)}$$

$$E_u = 8 \cdot q_c = 8 \cdot 2,5 = 20 \text{ Mpa} = 200 \text{ kg/cm}^2$$

• **Jumlah tiang 2 dengan diameter 20 cm**

a. nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(0,8 + 0,2)} = 20 \rightarrow \text{Gambar.2. 4. diperoleh } \mu_0 = 0,86$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(0,8 + 0,2)} = 30$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{0,2}{(0,8 + 0,2)} = 0,2 \rightarrow \text{Gambar.2. 4. diperoleh } \mu_1 = 0,61$$

b. tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{V \text{ berat poer + pondasi} + V}{A \text{ luas kelompok tiang}}$$

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 1,4 \cdot 0,8 \cdot 23) + (2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 150}{(0,8 + 0,2) \cdot (0,2)}$$

$$= 945,96 \text{ kN/m}^2 = 9,459 \text{ kg/cm}^2$$

c. besarnya penurunan S_i

$$S_i = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

$$= \frac{0,86 \cdot 0,61 \cdot 9,459 \cdot (80 + 20)}{200} = 2,481 \text{ cm}$$

d. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.3)

- **Jumlah tiang 3 dengan diameter 20 cm**

a. nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(1,6 + 0,2)} = 11 \longrightarrow \text{Gambar 2.4. diperoleh } \mu_0 = 0,875$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(1,6 + 0,2)} = 16,7$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{0,2}{(1,6 + 0,2)} = 0,11 \longrightarrow \text{Gambar 2.4. diperoleh } \mu_1 = 0,61$$

b. tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{V \text{ berat poer + pondasi + V}}{A \text{ luas kelompok tiang}}$$

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 2,6 \cdot 0,8 \cdot 23) + (3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 250}{(1,6 + 0,2) \cdot (0,2)}$$

$$= 867,965 \text{ kN/m}^2 = 8,679 \text{ kg/cm}^2$$

c. besarnya penurunan S_i

$$S_i = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

$$= \frac{0,875 \cdot 0,61 \cdot 8,679 \cdot (160 + 20)}{200} = 4,169 \text{ cm}$$

d. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.3).

- **Jumlah tiang 4 dengan diameter 20 cm**

a. nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(0,8 + 0,2)} = 20 \longrightarrow \text{Gambar 2.4. diperoleh } \mu_0 = 0,86$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(0,8 + 0,2)} = 30$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(0,8 + 0,2)}{(0,8 + 0,2)} = 1,0$$

Gambar 2.4. diperoleh $\mu_1 = 0,70$

b. tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{V}{A} = \frac{\text{berat poer} + \text{pondasi} + V}{\text{luas kelompok tiang}}$$

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 1,8 \cdot 1,8 \cdot 23) + (4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 350}{(0,8 + 0,2) \cdot (0,8 + 0,2)}$$

$$= 437,534 \text{ kN/m}^2 = 4,375 \text{ kg/cm}^2$$

c. besarnya penurunan Si

$$S_i = \frac{\mu_o \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

$$= \frac{0,86 \cdot 0,70 \cdot 4,375 \cdot (80 + 20)}{200} = 1,317 \text{ cm}$$

d. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.3).

• **Jumlah tiang 5 dengan diameter 20 cm**

a. nilai faktor reduksi μ_o dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(1,6 + 0,2)} = 11,1 \longrightarrow \text{Gambar 2.4. diperoleh } \mu_o = 0,88$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(1,6 + 0,2)} = 16,6$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(1,6 + 0,2)}{(1,6 + 0,2)} = 1,0$$

→ Gambar 2.4. diperoleh $\mu_1 = 0,71$

b. tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{V \text{ berat poer + pondasi + } V}{A \text{ luas kelompok tiang}}$$

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 2,8 \cdot 2,8 \cdot 23) + (5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 450}{(1,6 + 0,2) \cdot (1,6 + 0,2)}$$

$$= 183,440 \text{ kN/m}^2 = 1,834 \text{ kg/cm}^2$$

c. besarnya penurunan S_i

$$S_i = \frac{\mu_o \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

$$= \frac{0,88 \cdot 0,71 \cdot 1,834 \cdot (160 + 20)}{200} = 1,031 \text{ cm}$$

d. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.3).

• **Jumlah tiang 6 dengan diameter 20 cm**

a. nilai faktor reduksi μ_o dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(1,6 + 0,2)} = 11,1 \rightarrow \text{Gambar 2.4. diperoleh } \mu_o = 0,88$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(1,6 + 0,2)} = 16,6$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(0,8 + 0,2)}{(1,6 + 0,2)} = 0,55$$

Gambar 2.4. diperoleh
 $\mu_1 = 0,62$

b. tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{V \text{ berat poer + pondasi + V}}{A \text{ luas kelompok tiang}}$$

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 2,8 \cdot 2 \cdot 23) + (6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 550}{(1,6 + 0,2) \cdot (0,8 + 0,2)}$$

$$= 382,324 \text{ kN/m}^2 = 3,823 \text{ kg/cm}^2$$

c. besarnya penurunan S_i

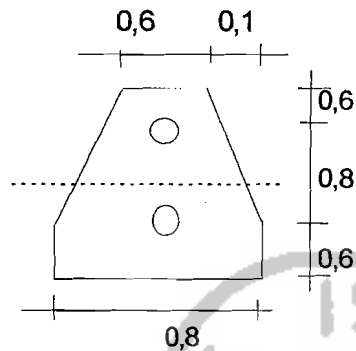
$$S_i = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

$$= \frac{0,88 \cdot 0,62 \cdot 3,823 \cdot (160 + 20)}{200} = 1,877 \text{ cm}$$

d. Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.3).

IV. 4. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang untuk formasi B

- Jumlah tiang 2 dengan diameter 20 cm



Gambar titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = B . Y
 $= (0,2) \cdot (0,8 + 0,2) = 0,2 \text{ m}^2$

d. Keliling kelompok tiang (O) = 2 . (B + Y)
 $= 2 \cdot (1 + 0,2) = 2,4 \text{ m}$

e. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B + Y) \cdot L \cdot c \cdot K$$

$$Q_t = 10 \cdot 5,37 \cdot 0,2 + 2,4 \cdot 540 \cdot 1,14 = 1488,18 \text{ kN}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{1488,18}{7} = 212,59 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{212,59}{2} = 106,295 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (My dan Mx)

menentukan titik berat kelompok tiang

$$n \cdot y_0 = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2$$

$$2 \cdot y_0 = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4$$

$$y_0 = 2,0 / 2 = 1,0$$

$$n \cdot x_0 = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2$$

$$2 \cdot x_0 = 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,4$$

$$x_0 = 0,8 / 2 = 0,4$$

Titik berat kelompok tiang (0,4 ; 1,0) dari tepi kiri poer.

- Berat satu tiang, $P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,44 \text{ kN}$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,44 \cdot 1 \cdot 0,4 = 5,776 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,44 \cdot 1 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (Pi)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 1 \cdot 0^2 = 0 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 1 \cdot 0,4^2 = 0,16 \text{ m}^2$$

- Beban vertikal yang diterima oleh pondasi

$$\sum V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 150 + 0,4 \cdot 1,46 \cdot 23 = 163,432 \text{ kN}$$

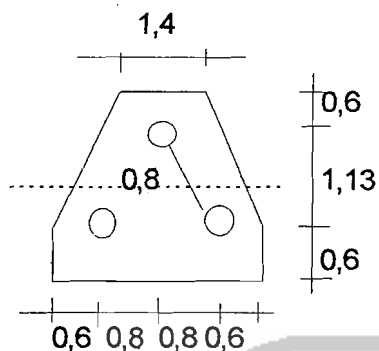
- Pi tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_1}{n_y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_1}{n_x \cdot \sum y^2}$$

$$P_i = \frac{163,432}{2} + \frac{0 \cdot 0}{1 \cdot 0} + \frac{5,776 \cdot 0,4}{1 \cdot 0,16} = 96,156 \text{ kN}$$

k. Analog untuk diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (lihat tabel 4.4)

- Jumlah tiang 3 dengan diameter 20 cm



Gambar titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = $2.1/2.(0,8 + 0,1) . (0,7+0,2) = 0,81 \text{ m}^2$

d. Keliling kelompok tiang (O) = $0,8.4 + 3.0,2 = 3,8 \text{ m}$

e. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c . N_c . A + 2 . (B + Y) . L . c . K$$

$$Q_t = 10 . 5,37 . 0,81 + 3,8 . 540 . 1,14 = 2382,777 \text{ kN}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{2382,777}{7} = 340,397 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{340,397}{3} = 113,466 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (M_y dan M_x)

menentukan titik berat kelompok tiang

$$n . x_o = n_1 . x_1 + n_2 . x_2 + n_3 . x_3$$

$$3 . x_o = 1 . 0,6 + 1 . 1,4 + 1 . 2,2$$

$$x_0 = 4,2 / 3 = 1,4$$

$$n \cdot y_0 = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + n_3 \cdot y_3$$

$$3 \cdot y_0 = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,73$$

$$y_0 = 2,93 / 3 = 0,97$$

Titik berat kelompok tiang (1,4 ; 0,97) dari tepi kiri poer.

- Berat satu tiang, $P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,44 \text{ kN}$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,44 \cdot 2 \cdot 0,76 = 21,948 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,44 \cdot 1 \cdot 0,8 = 11,555 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (P_i)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 1 \cdot 0,8^2 = 0,64 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 2 \cdot 0,76^2 = 1,155 \text{ m}^2$$

- Beban vertikal yang diterima oleh pondasi

$$\sum V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 250 + 0,4 \cdot 5,31 \cdot 23 = 298,852 \text{ kN}$$

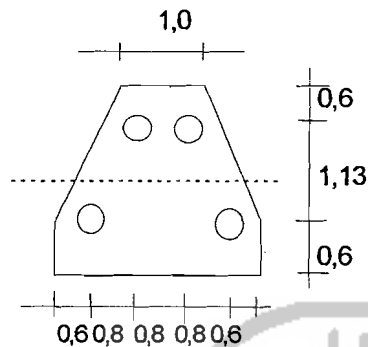
- P_i tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_i}{n_y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{n_x \cdot \sum y^2}$$

$$P_i = \frac{298,852}{3} + \frac{11,555 \cdot 0,8}{2 \cdot 0,64} + \frac{21,948 \cdot 0,35}{2 \cdot 1,155} = 110,164 \text{ kN}$$

k. Analog untuk diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (lihat tabel 4.4)

- Jumlah tiang 4 dengan diameter 20



Gambar titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = $\frac{1}{2} \cdot \{(0,8 + 0,2) \cdot (3,0,8 + 0,2)\} \cdot (1,13 + 0,2)$
 $= 2,394 \text{ m}^2$

d. Keliling kelompok tiang (O) = $6,0,8 + 4,0,2 = 5,6 \text{ m}$

e. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B + Y) \cdot L \cdot c \cdot K$$

$$Q_t = 10 \cdot 5,37 \cdot 2,394 + 5,6 \cdot 540 \cdot 1,14 = 3575,917 \text{ kN}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{3575,917}{7} = 510,845 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{510,845}{4} = 127,711 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (M_y dan M_x)

menentukan titik berat kelompok tiang

$$n \cdot x_o = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + n_3 \cdot x_3 + n_4 \cdot x_4$$

$$4 \cdot x_o = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 2,2 + 1 \cdot 3$$

$$x_o = 7,2 / 4 = 1,8$$

$$n \cdot y_o = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + n_3 \cdot y_3 + n_4 \cdot y_4$$

$$4 \cdot y_o = 2 \cdot 0,6 + 2 \cdot 1,73$$

$$y_o = 4,66/4 = 1,165$$

Titik berat kelompok tiang (1,8 ; 1,165) dari tepi kiri poer.

$$\text{- Berat satu tiang, } P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,44 \text{ kN}$$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,44 \cdot 2 \cdot 0,56 = 16,321 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,44 \cdot 2 \cdot 1,2 = 34,665 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (Pi)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 2 \cdot 1,2^2 = 2,88 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 2 \cdot 0,56^2 = 0,638 \text{ m}^2$$

- Beban vertikal yang diterima oleh pondasi

$$\sum V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 350 + 0,4 \cdot 7,00 \cdot 23 = 414,437 \text{ kN}$$

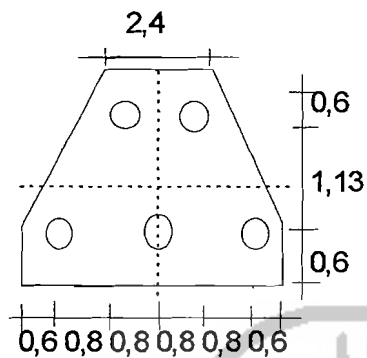
- Pi tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_i}{n y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{n x \cdot \sum y^2}$$

$$P_i = \frac{414,437}{4} + \frac{94,665 \cdot 1,2}{2 \cdot 2,88} + \frac{16,321 \cdot 0,56}{2 \cdot 0,638} = 119,222 \text{ kN}$$

k. Analog untuk diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (lihat tabel 4.4)

- Jumlah tiang 5 dengan diameter 20 cm



Gambar titik berat kelompok tiang

c. Luas kelompok tiang (A) = $\frac{1}{2} \cdot \{(0,8 \cdot 2 + 0,2) \cdot (4 \cdot 0,8 + 0,2)\} \cdot (1,13 + 0,2)$
 $= 3,458 \text{ m}^2$

d. Keliling kelompok tiang (O) = $8 \cdot 0,8 + 4 \cdot 0,2 = 7,2 \text{ m}$

e. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B + Y) \cdot L \cdot c \cdot K$$

$$Q_t = 10 \cdot 5,37 \cdot 3,458 + 7,2 \cdot 540 \cdot 1,14 = 4618,015 \text{ kN}$$

f. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{4618,015}{7} = 659,716 \text{ kN}$$

g. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{659,716}{5} = 131,943 \text{ kN}$$

h. Momen arah sumbu -y dan sumbu-x (M_y dan M_x)

menentukan titik berat kelompok tiang

$$n \cdot x_o = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + n_3 \cdot x_3 + n_4 \cdot x_4 + n_5 \cdot x_5$$

$$5 \cdot x_o = 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1,4 + 1 \cdot 2,2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 3,8$$

$$x_0 = 11 / 5 = 2,2$$

$$n \cdot y_0 = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + n_3 \cdot y_3 + n_4 \cdot y_4 + n_5 \cdot y_5$$

$$5 \cdot y_0 = 3 \cdot 0,6 + 2 \cdot 1,73$$

$$y_0 = 5,25/5 = 1,05$$

Titik berat kelompok tiang (2,2 ; 1,05) dari tepi kiri poer.

$$\text{- Berat satu tiang, } P = 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,44 \text{ kN}$$

- dari persamaan

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,44 \cdot 2 \cdot 0,68 = 19,644 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,44 \cdot 2 \cdot 1,6 = 46,221 \text{ kNm}$$

j. Beban maksimum tiang (Pi)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 2 \cdot 1,6^2 = 5,12 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 2 \cdot 0,68^2 = 0,925 \text{ m}^2$$

- Beban vertikal yang diterima oleh pondasi

$$\sum V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 450 + 0,4 \cdot 8,52 \cdot 23 = 528,402 \text{ kN}$$

- Pi tiang

$$P_i = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_1}{n_y \cdot \sum x^2} + \frac{M_x \cdot y_1}{n_x \cdot \sum y^2}$$

$$P_i = \frac{528,402}{5} + \frac{46,221 \cdot 1,6}{2 \cdot 5,12} + \frac{19,644 \cdot 0,68}{2 \cdot 0,925} = 120,123 \text{ kN}$$

k. Analog untuk diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (lihat tabel 4.4)

IV. 5. Efisiensi tiang untuk formasi B

Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang dihitung dengan persamaan 3.20

$$Eq = 1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n}$$

- Jumlah tiang 2 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 2$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 1$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,03^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$Eq = 1 - \frac{14,03^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(2-1) \cdot 1 + (1-1) \cdot 2}{1 \cdot 2} = 0,922$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.5)

- Jumlah tiang 3 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 2$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 3$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,036^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$\begin{aligned} E_q &= 1 - \frac{14,036^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(2-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 2}{3 \cdot 2} \\ &= 0,818 \end{aligned}$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.5)

- Jumlah tiang 4 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 2$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 4$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,036^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$\begin{aligned} E_q &= 1 - \frac{14,036^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(2-1) \cdot 4 + (4-1) \cdot 2}{4 \cdot 2} \\ &= 0,805 \end{aligned}$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.5)

- Jumlah tiang 5 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 2$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 5$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,036^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$Eq = 1 - \frac{14,036^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(2-1) \cdot 5 + (5-1) \cdot 2}{5 \cdot 2} = 0,797$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.5)

- Jumlah tiang 6 dengan diameter 20 cm

- jumlah baris dan kolom,

$$n \text{ (banyak baris)} = 3$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 5$$

- besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/S = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,036^\circ$$

- efisiensi satu tiang

$$Eq = 1 - \frac{14,036^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(3-1) \cdot 5 + (5-1) \cdot 3}{5 \cdot 3} = 0,771$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.5)

IV. 6. Penurunan Elastis Kelompok tiang untuk formasi B

Penurunan "elastis/segera" terjadi dalam jangka waktu 1 sampai 10 hari (*J. E.*

Bowles, 1976). Besarnya penurunan diperoleh melalui persamaan 2.16.

$$Si = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{Eu}$$

Asumsi :

H = 30 meter

$D = 20$ meter (kedalaman pondasi)

$E_u = 8 \cdot q_c = 8 \cdot 2,5 = 20 \text{ Mpa} = 200 \text{ kg/cm}^2$

• **Jumlah tiang 2 dengan diameter 20 cm**

a. Nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{0,2} = 100 \rightarrow \text{Gambar.2. 4. diperoleh } \mu_0 = 0,7$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{0,2} = 150$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(0,8 + 0,2)}{0,2} = 5 \rightarrow \text{Gambar.2. 4. diperoleh } \mu_1 = 1,48$$

b. Tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{V \text{ berat poer + pondasi + } V}{A \text{ luas kelompok tiang}}$$

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 1,46 \cdot 23) + (2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 150}{0,2}$$

$$= 961,6 \text{ kN/m}^2 = 9,616 \text{ kg/cm}^2$$

c. Besarnya penurunan S_i

$$S_i = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

$$= \frac{0,7 \cdot 1,48 \cdot 9,616 \cdot 20}{200} = 0,996 \text{ cm}$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.6)

- **Jumlah tiang 3 dengan diameter 20 cm**

a. Nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(1,6 + 0,2)} = 11 \longrightarrow \text{Gambar 2.4. diperoleh } \mu_0 = 0,87$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(1,6 + 0,2)} = 16,7$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(1,13 + 0,2)}{(1,6 + 0,2)} = 0,73 \longrightarrow \text{Gambar 2.4. diperoleh } \mu_1 = 0,63$$

b. Tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 5,31 \cdot 23) + (3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 250}{0,81}$$

$$= 422,449 \text{ kN/m}^2 = 4,224 \text{ kg/cm}^2$$

c. Besarnya penurunan S_i

$$S_i = \frac{0,86 \cdot 0,63 \cdot 4,224 \cdot (160 + 20)}{200} = 2,059 \text{ cm}$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.6)

- **Jumlah tiang 4 dengan diameter 20 cm**

a. Nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(2,4 + 0,2)} = 7,69 \longrightarrow \text{Gambar 2.4. diperoleh } \mu_0 = 0,87$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(2,4 + 0,2)} = 11,53$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(1,13 + 0,2)}{(2,4 + 0,2)} = 0,51$$

→ Gambar 2.4. diperoleh
 $\mu_1 = 0,62$

b. Tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 7 \cdot 23) + (4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 350}{2,394}$$

$$= 197,233 \text{ kN/m}^2 = 1,972 \text{ kg/cm}^2$$

c. Hitung besarnya penurunan Si

$$S_i = \frac{0,87 \cdot 0,62 \cdot 1,972 \cdot (240 + 20)}{200} = 1,383 \text{ cm}$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.6)

• **Jumlah tiang 5 dengan diameter 20 cm**

a. Nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(2,3 + 0,2)} = 5,88$$

→ Gambar 2.4. diperoleh
 $\mu_0 = 0,87$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(2,3 + 0,2)} = 8,82$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(1,13 + 0,2)}{(2,3 + 0,2)} = 0,39$$

→ Gambar 2.4. diperoleh
 $\mu_1 = 0,61$

b. Tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 8,52 \cdot 23) + (5 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 450}{3,458}$$

$$= 173,685 \text{ kN/m}^2 = 1,737 \text{ kg/cm}^2$$

c. Besarnya penurunan Si

$$= \frac{0,87 \cdot 0,61 \cdot 1,737 \cdot (320 + 20)}{200} = 1,567 \text{ cm}$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.6)

- **Jumlah tiang 6 dengan diameter 20 cm**

a. Nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$\frac{D}{B}$	$\frac{20}{(3,2 + 0,2)}$	$= 5,88$	→ Gambar 2.4. diperoleh $\mu_0 = 0,87$
$\frac{H}{B}$	$\frac{30}{(3,2 + 0,2)}$	$= 8,82$	
$\frac{Y}{B}$	$\frac{(2,26 + 0,2)}{(3,2 + 0,2)}$	$= 0,72$	→ Gambar 2.4. diperoleh $\mu_1 = 0,61$

b. Tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{V \text{ berat poer + pondasi + } V}{A \text{ luas kelompok tiang}}$$

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 12,364 \cdot 23) + (6 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + 550}{6,396}$$

$$= 117,325 \text{ kN/m}^2 = 1,173 \text{ kg/cm}^2$$

c. Besarnya penurunan S_i

$$S_i = \frac{\mu_o \cdot \mu_l \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$
$$= \frac{0,87 \cdot 0,61 \cdot 1,173 \cdot (320 + 20)}{200} = 1,058 \text{ cm}$$

- Analog untuk tiang diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm dan 60 cm (tabel 4.6)



Tabel 4. 1. Kapasitas daya dukung tiang kelompok formasi A pada tanah lunak

n	ϕ (cm)	A (m ²)	O (m)	Qt (kN)	Qpg (kN)	Qs (kN)	ΣV (kN)	(Xo, Yo)	Mx (kNm)	My (kNm)	Σx	Σy	Pi (kN)
2	20	0.2	2.4	1488.18	212.59	106.295	164.72	1; 0,4	0	5.77	0.16	0	96.785
	30	0.45	3.6	2240.325	320.05	160.023	176.496	1,2; 0,6	0	19.499	0.36	0	120.746
	40	0.72	4.4	2747.304	392.47	196.336	183.488	1,3; 0,7	0	40.488	0.49	0	151.978
	50	1.15	5.6	3509.115	501.3	250.651	199.68	1,5; 0,9	0	81.247	0.81	0	190.114
	60	1.62	6.6	4149.954	592.85	296.425	213.756	1,65; 1,05	0	136.496	1.103	0	236.815
3	20	0.36	4	2481.732	354.53	118.177	270.608	1,4; 0,4	0	11.555	0.64	0	104.646
	30	0.81	6	3737.097	533.87	177.957	289.744	1,8; 0,6	0	38.998	1.44	0	129.079
	40	1.28	7.2	4501.056	643.01	214.336	301.52	2; 0,7	0	80.886	1.96	0	158.282
	50	2.05	8.8	5527.365	789.62	263.208	329.488	2,4; 0,9	0	162.495	3.24	0	200.104
	60	2.88	10.8	6803.136	971.88	323.959	354.328	2,7; 1,05	0	272.992	4.41	0	248.105
4	20	1	4	2516.1	359.44	89.861	386.8	1; 1	11.55	11.55	0.32	0.32	111.144
	30	2.25	6	3814.425	544.92	136.229	376.496	1,2; 1,2	38.99	38.99	0.72	0.72	126.662
	40	3.24	7.2	4606.308	658.04	164.511	412.192	1,3; 1,3	80.886	80.886	0.98	0.98	160.824
	50	5.29	9.2	5947.593	849.66	212.414	427.28	1,5; 1,5	162.495	162.495	1.62	1.62	187.064
	60	7.29	10.8	7039.953	1005.7	251.427	450.188	1,65; 1,65	272.992	272.992	2.205	2.205	242.543
5	20	3.24	7.2	4606.308	658.04	131.608	522.128	1,4; 1,4	23.11	23.11	1.28	1.28	118.87
	30	7.29	10.8	7039.953	1005.7	201.142	569.232	1,8; 1,8	77.998	77.998	2.88	2.88	146.346
	40	10.24	12.8	8429.568	1204.2	240.845	597.2	2; 2	161.773	161.773	3.92	3.92	177.216
	50	16.81	16.4	10998.54	1571.2	314.244	661.968	2,4; 2,4	324.99	324.99	6.48	6.48	222.67
	60	23.04	19.2	13056.77	1865.3	373.051	718.272	2,7; 2,7	545.983	545.983	8.82	8.82	273.654
6	20	1.8	5.6	3544.02	506.29	84.381	601.52	1,4; 1	11.555	23.11	1.28	1.28	114.697
	30	4.05	8.4	5388.525	769.79	128.298	629.488	1,8; 1,2	38.999	77.998	2.88	0.72	137.414
	40	5.76	10	6465.312	923.62	153.936	645.68	2; 1,3	80.886	161.773	3.92	3.98	165.389
	50	9.43	12.8	8386.071	1198	199.668	682.48	2,4; 1,5	162.495	324.996	6.48	1.62	204.022
	60	12.96	15	9929.952	1418.6	236.428	713.944	2,7; 1,65	272.992	545.983	8.82	2.205	248.987

Tabel 4. 2. Efisiensi satu tiang dalam kelompok pada formasi A

n	ϕ (cm)	m	n	θ	Eq
2	20	2	1	14.03	0.992
	30	2	1	14.036	0.922
	40	2	1	15.945	0.911
	50	2	1	15.524	0.914
	60	2	1	15.945	0.911
3	20	3	1	14.036	0.896
	30	3	1	14.036	0.896
	40	3	1	15.945	0.882
	50	3	1	15.524	0.885
	60	3	1	15.945	0.882

n	ϕ (cm)	m	n	θ	Eq
4	20	2	2	14.04	0.844
	30	2	2	14.04	0.844
	40	2	2	15.95	0.823
	50	2	2	15.52	0.828
	60	2	2	15.95	0.823
5	20	3	3	14.04	0.792
	30	3	3	14.04	0.792
	40	3	3	15.95	0.763
	50	3	3	15.52	0.77
	60	3	3	15.95	0.763
6	20	3	2	14.04	0.818
	30	3	2	14.04	0.818
	40	3	2	15.95	0.793
	50	3	2	15.52	0.798
	60	3	2	15.95	0.793

Tabel 4.3. Penurunan kelompok tiang pada formasi A

n	ϕ (cm)	μ_o	μ_i	V (kN)	q_n (kg/cm ²)	Si (cm)
2	20	0.86	0.61	150	9.459	2.481
	30	0.87	0.61		5.219	2.077
	40	0.87	0.61		4.219	2.027
	50	0.88	0.605		3.306	2.024
	60	0.88	0.61		2.924	2.113
3	20	0.87	0.6	250	8.679	4.169
	30	0.86	0.6		4.753	3.311
	40	0.88	0.6		3.689	3.48
	50	0.885	0.6		2.985	3.17
	60	0.887	0.58		2.571	3.174
4	20	0.86	0.72	350	4.375	1.317
	30	0.87	0.71		2.331	1.079
	40	0.88	0.71		1.608	0.904
	50	0.87	0.7		1.48	1.036
	60	0.87	0.7		1.33	1.106
5	20	0.88	0.71	450	1.834	1.031
	30	0.88	0.7		1.003	0.834
	40	0.87	0.69		0.865	0.845
	50	0.88	0.68		0.695	0.839
	60	0.88	0.65		0.594	0.821
6	20	0.88	0.62	550	3.823	1.877
	30	0.88	0.61		2.035	1.483
	40	0.87	0.61		1.722	1.479
	50	0.88	0.6		1.298	1.416
	60	0.88	0.59		1.152	1.436

Tabel 4. 4. Kapasitas daya dukung tiang kelompok formasi B pada tanah lunak

n	ϕ (cm)	A (m ²)	O (m)	Qt (kN)	Qpg (kN)	Qs (kN)	ΣV (kN)	(Xo, Yo)	Mx (kNm)	My (kNm)	Σx	Σy	Pi (kN)
2	20	0.2	2.4	1488.18	212.59	106.295	103.432	0.4; 1.0	5.776	0	0	0.16	96.156
	30	0.45	3.6	2240.325	320.05	160.023	174.84	0.6; 1.2	19.499	0	0	0.36	119.918
	40	0.72	4.4	2747.472	392.47	196.336	181.648	0.7; 1.3	40.443	0	0	0.49	145.585
	50	1.15	5.6	3509.115	501.3	250.651	197.472	0.9; 1.5	81.248	0	0	0.81	189.012
	60	1.62	6.6	4149.954	592.85	296.425	211.272	1.05; 1.65	136.496	0	0	1.103	235.578
3	20	0.81	3.8	2382.777	340.4	113.466	298.852	1.4; 0.97	21.948	11.555	0.64	1.155	110.164
	30	1.89	5.7	3610.413	515.77	171.924	330.69	1.8; 1.16	73.447	38.999	1.44	2.55	142.843
	40	2.56	6.8	4325.552	617.65	205.883	350.372	2; 1.26	152.528	80.886	1.96	3.48	174.606
	50	4.035	8.7	5586.899	798.13	266.043	395.63	2.4; 1.45	305.13	162.495	3.24	5.71	222.079
	60	5.76	10.2	6588.432	941.21	313.735	434.184	2.7; 2.18	361.389	272.992	4.41	3.86	274.733
4	20	2.394	5.6	3575.917	510.85	127.711	414.437	1.8; 1.165	16.321	34.665	2.88	0.638	119.222
	30	5.373	8.4	5459.57	779.94	194.984	452.34	3.6; 1.445	54.923	116.816	6.48	1.428	145.559
	40	7.584	10	6563.261	937.61	234.404	474.384	4.04; 1.58	113.818	242.659	8.82	1.94	176.371
	50	12.46	12.8	8548.996	1221.3	305.321	525.094	4.95; 1.87	229.298	487.485	14.58	3.225	221.559
	60	17.09	15	10151.63	1450.2	362.558	568.621	5.62; 2.08	384.788	818.974	19.84	4.38	246.752
5	20	3.458	7.2	4618.015	659.72	131.943	528.402	2.2; 1.05	19.644	46.221	5.12	0.925	120.123
	30	7.761	10.8	7065.246	1009.3	201.864	508.033	3; 1.276	65.908	155.995	11.52	2.056	148.509
	40	10.9	12.8	8465.117	1209.3	241.86	610.485	3.4; 1.38	136.582	323.546	15.68	2.794	179.876
	50	17.94	16.4	11059	1579.9	315.972	681.251	4.2; 1.62	275.158	649.98	25.92	4.645	203.858
	60	28.7	19.2	13360.93	1908.7	381.741	742.082	4.8; 1.78	461.746	1091.966	35.28	6.308	278.418
6	20	6.396	10.4	6745.705	963.67	160.612	663.749	2.2; 1.54	57.198	46.221	5.12	5.227	122.662
	30	14.35	15.6	10374.06	1482	247.002	751.554	3; 2.008	192.264	155.995	11.52	11.66	151.913
	40	19.96	18.4	12399.11	1771.3	295.217	804.729	3.4; 2.24	370.922	323.546	15.68	13.73	182.268
	50	32.92	23	15926.71	2275.2	379.207	930.806	4.2; 2.72	801.642	649.98	25.92	26.28	230.363
	60	44.99	27.6	2275.244	2772.3	462.058	1040.87	4.8; 3.067	1349.36	1091.966	35.28	23.94	314.309

Tabel 4. 5. Efisiensi satu tiang dalam kelompok pada formasi B

n	ϕ (cm)	m	n	θ	Eq
2	20	1	2	14.03	0.992
	30	1	2	14.03	0.922
	40	1	2	15.945	0.913
	50	1	2	15.524	0.913
	60	1	2	15.945	0.911
3	20	3	2	14.036	0.818
	30	3	2	14.036	0.818
	40	3	2	15.945	0.793
	50	3	2	15.524	0.798
	60	3	2	15.945	0.793

n	ϕ (cm)	m	n	θ	Eq
4	20	4	2	14.04	0.805
	30	4	2	14.04	0.805
	40	4	2	15.95	0.778
	50	4	2	15.52	0.784
	60	4	2	15.95	0.778
5	20	5	2	14.04	0.797
	30	5	2	14.04	0.797
	40	5	2	15.95	0.769
	50	5	2	15.52	0.775
	60	5	2	15.95	0.769
6	20	5	3	14.04	0.771
	30	5	3	14.04	0.771
	40	5	3	15.95	0.74
	50	5	3	15.52	0.747
	60	5	3	15.95	0.74

Tabel 4.6. Penurunan kelompok tiang pada formasi B

n	ϕ (cm)	μ_o	μ_i	V (kN)	q_n (kg/cm)	Si (cm)
2	20	0.7	1.48	150	9.616	0.996
	30	0.8	1.45		5.329	0.927
	40	0.86	0.71		4.128	1.764
	50	0.86	0.7		3.287	1.781
	60	0.87	0.69		2.909	1.833
3	20	0.87	0.63	250	4.225	2.059
	30	0.86	0.62		2.266	1.631
	40	0.88	0.61		2.013	1.729
	50	0.88	0.6		1.547	1.075
	60	0.88	0.62		1.431	1.874
4	20	0.87	0.62	350	1.972	1.383
	30	0.87	0.62		1.104	1.161
	40	0.88	0.6		0.93	1.129
	50	0.89	0.6		0.711	1.12
	60	0.9	0.59		0.637	1.167
5	20	0.87	0.61	450	1.737	1.593
	30	0.88	0.6		0.957	1.288
	40	0.9	0.5		0.822	1.11
	50	0.9	0.54		0.631	1.181
	60	0.91	0.52		0.485	1.032
6	20	0.87	0.61	550	1.173	1.058
	30	0.88	0.6		0.659	0.888
	40	0.9	0.5		0.577	0.779
	50	0.96	0.54		0.447	0.837
	60	0.91	0.52		0.405	0.861

Tabel 4.7. kapasitas daya dukung tiang kelompok dengan beban vertikal (V)
dari formasi A dan B

n	ϕ (cm)	Formasi	A (m)	Qt (kN)	Qpg (kN)	Qs (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	V (kN)	Pi (kN)
2	20	A	0.2	1488.18	212.59	106.295	0	5.77	150	96.785
	30		0.45	2240.325	320.046	160.023	0	19.499		120.746
	40		0.72	2747.304	392.472	196.336	0	40.488		151.978
	50		1.15	3509.115	501.302	250.651	0	81.247		190.114
	60		1.62	4149.954	592.85	296.425	0	136.496		236.815
2	20	B	0.2	1488.18	212.59	106.295	5.776	0	150	96.156
	30		0.45	2240.325	320.046	160.023	19.499	0		119.918
	40		0.72	2747.472	392.472	196.336	40.443	0		145.585
	50		1.15	3509.115	501.302	250.651	81.248	0		189.012
	60		1.62	4149.954	592.851	296.425	136.496	0		235.578
3	20	A	0.36	2481.732	354.533	118.177	0	11.555	250	104.646
	30		0.81	3737.097	533.871	177.957	0	38.998		129.079
	40		1.28	4501.056	643.008	214.336	0	80.886		158.282
	50		2.05	5527.365	789.624	263.208	0	162.495		200.104
	60		2.88	6803.136	971.877	323.959	0	272.992		248.105
3	20	B	0.81	2382.777	340.397	113.466	21.948	11.555	250	110.164
	30		1.89	3610.413	515.773	171.924	73.447	38.999		142.843
	40		2.56	4325.552	617.65	205.883	152.528	80.886		174.606
	50		4.035	5586.899	798.128	266.043	305.13	162.495		222.079
	60		5.76	6588.432	941.205	313.735	361.389	272.992		274.733
4	20	A	1	2516.1	359.443	89.861	11.55	11.55	350	111.144
	30		2.25	3814.425	544.917	136.229	38.99	38.99		126.662
	40		3.24	4606.308	658.044	164.511	80.886	80.886		160.824
	50		5.29	5947.593	849.656	212.414	162.495	162.495		187.064
	60		7.29	7039.953	1005.708	251.427	272.992	272.992		242.543
4	20	B	2.394	3575.917	510.845	127.711	16.321	34.665	350	119.222
	30		5.373	5459.57	779.938	194.984	54.923	116.816		145.559
	40		7.584	6563.261	937.609	234.404	113.818	242.659		176.3713
	50		12.464	8548.996	1221.285	305.321	229.298	487.485		221.559
	60		17.088	10151.626	1450.232	362.558	384.788	818.974		246.752
5	20	A	3.24	4606.308	658.044	131.608	23.11	23.11	450	118.87
	30		7.29	7039.953	1005.708	201.142	77.998	77.998		146.346
	40		10.24	8429.568	1204.224	240.845	161.773	161.773		177.216
	50		16.81	10998.537	1571.219	314.244	324.99	324.99		222.67
	60		23.04	13056.768	1865.253	373.051	545.983	545.983		273.654
5	20	B	3.458	4618.015	659.716	131.943	19.644	46.221	450	120.123
	30		7.761	7065.246	1009.321	201.864	65.908	155.995		148.509
	40		10.902	8465.117	1209.302	241.86	136.582	323.546		179.876
	50		17.936	11059.003	1579.858	315.972	275.158	649.98		203.858
	60		28.704	13360.925	1908.704	381.741	461.746	1091.966		278.418

n	ϕ (cm)	Formasi	A (m)	Qt (kN)	Qpg (kN)	Qs (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	V (kN)	Pi (kN)
6	20	A	1.8	3544.02	506.288	84.381	11.555	23.11	550	114.697
	30		4.05	5388.525	769.789	128.298	38.999	77.998		137.414
	40		5.76	6465.312	923.616	153.936	80.886	161.773		165.389
	50		9.43	8386.071	1198.01	199.668	162.495	324.996		204.022
	60		12.96	9929.952	1418.565	236.428	272.992	545.983		248.987
6	20	B	6.396	6745.705	963.672	160.612	57.198	46.221	550	122.662
	30		14.352	10374.062	1482.009	247.002	192.264	155.995		151.913
	40		19.964	12399.107	1771.301	295.217	370.922	323.546		182.268
	50		32.922	15926.711	2275.244	379.207	801.642	649.98		230.363
	60		44.988	2275.244	2772.345	462.058	1349.358	1091.966		314.309

Tabel 4.8. Penurunan dan Efisiensi tiang kelompok dengan beban vertikal (V) dari formasi A dan B

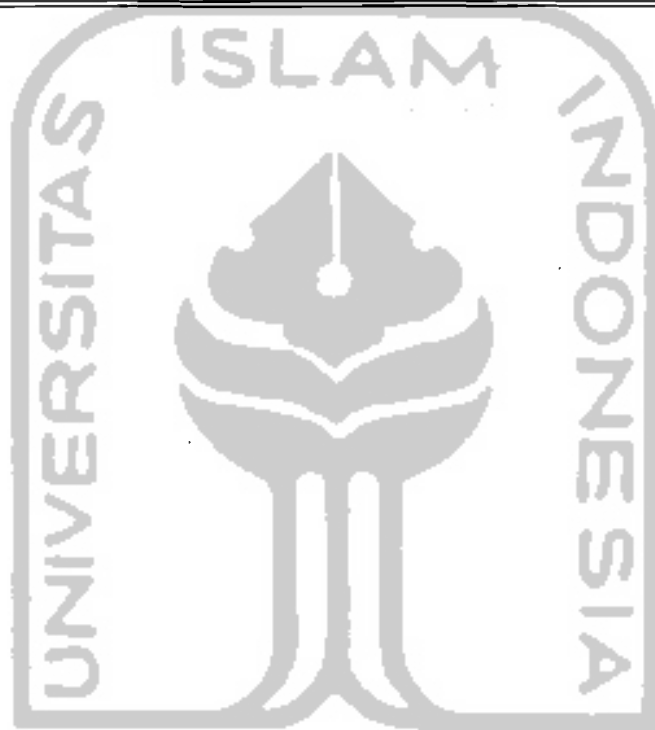
n	ϕ (cm)	Formasi	A (m)	Qs (kN)	V (kN)	qn (kg/cm)	Si (cm)	Eq
2	20	A	0.2	106.295	150	9.459	2.481	0.992
	30		0.45	160.023		5.219	2.077	0.922
	40		0.72	196.336		4.219	2.027	0.911
	50		1.15	250.651		3.306	2.024	0.914
	60		1.62	296.425		2.924	2.113	0.911
2	20	B	0.2	106.295	150	9.616	0.996	0.992
	30		0.45	160.023		5.329	0.927	0.922
	40		0.72	196.336		4.128	1.764	0.913
	50		1.15	250.651		3.287	1.781	0.913
	60		1.62	296.425		2.909	1.833	0.911
3	20	A	0.36	118.177	250	8.679	4.169	0.896
	30		0.81	177.957		4.753	3.311	0.896
	40		1.28	214.336		3.689	3.48	0.882
	50		2.05	263.208		2.985	3.17	0.885
	60		2.88	323.959		2.571	3.174	0.882
3	20	B	0.81	113.466	250	4.225	2.059	0.818
	30		1.89	171.924		2.266	1.631	0.818
	40		2.56	205.883		2.013	1.729	0.793
	50		4.035	266.043		1.547	1.075	0.798
	60		5.76	313.735		1.431	1.874	0.793

n	ϕ (cm)	Formasi	A (m)	Qs (kN)	V (kN)	qn (kg/cm)	Si (cm)	Eq
4	20	A	1	89.861	350	4.375	1.317	0.844
	30		2.25	136.229		2.331	1.079	0.844
	40		3.24	164.511		1.608	0.904	0.823
	50		5.29	212.414		1.48	1.036	0.828
	60		7.29	251.427		1.33	1.106	0.823
4	20	B	2.394	127.711	350	1.972	1.383	0.805
	30		5.373	194.984		1.104	1.161	0.805
	40		7.584	234.404		0.93	1.129	0.778
	50		12.464	305.321		0.711	1.12	0.784
	60		17.088	362.558		0.637	1.167	0.778
5	20	A	3.24	131.608	450	1.834	1.031	0.792
	30		7.29	201.142		1.003	0.834	0.792
	40		10.24	240.845		0.865	0.845	0.763
	50		16.81	314.244		0.695	0.839	0.77
	60		23.04	373.051		0.594	0.821	0.763
5	20	B	3.458	131.943	450	1.737	1.593	0.797
	30		7.761	201.864		0.957	1.288	0.797
	40		10.902	241.86		0.822	1.11	0.769
	50		17.936	315.972		0.631	1.181	0.775
	60		28.704	381.741		0.485	1.032	0.769
6	20	A	1.8	84.381	550	3.823	1.877	0.818
	30		4.05	128.298		2.035	1.483	0.818
	40		5.76	153.936		1.722	1.479	0.793
	50		9.43	199.668		1.298	1.416	0.798
	60		12.96	236.428		1.152	1.436	0.793
6	20	B	6.396	160.612	550	1.173	1.058	0.771
	30		14.352	247.002		0.659	0.888	0.771
	40		19.964	295.217		0.577	0.779	0.74
	50		32.922	379.207		0.447	0.837	0.747
	60		44.988	462.058		0.405	0.861	0.74

Tabel 4.9. kapasitas daya dukung tiang kelompok dengan beban vertikal (V)
dari formasi A dan B

n	ϕ (cm)	Formasi	A (m2)	Qt (kN)	Qpg (kN)	Qs (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	V (kN)	Pi (kN)
2	20	A	0.2	1488.18	212.59	106.295	0	5.77	150	96.785
	30		0.45	2240.325	320.046	160.023	0	19.499		120.746
	40		0.72	2747.304	392.472	196.336	0	40.488		151.978
	50		1.15	3509.115	501.302	250.651	0	81.247		190.114
	60		1.62	4149.954	592.85	296.425	0	136.496		236.815
2	20	B	0.2	1488.18	212.59	106.295	5.776	0	150	96.156
	30		0.45	2240.325	320.046	160.023	19.499	0		119.918
	40		0.72	2747.472	392.472	196.336	40.443	0		145.585
	50		1.15	3509.115	501.302	250.651	81.248	0		189.012
	60		1.62	4149.954	592.851	296.425	136.496	0		235.578
3	20	A	0.36	2481.732	354.533	118.177	0	11.555	150	71.313
	30		0.81	3737.097	533.871	177.957	0	38.998		95.746
	40		1.28	4501.056	643.008	214.336	0	80.886		124.949
	50		2.05	5527.365	789.624	263.208	0	162.495		166.771
	60		2.88	6803.136	971.877	323.959	0	272.992		214.272
3	20	B	0.81	2382.777	340.397	113.466	21.948	11.555	150	76.831
	30		1.89	3610.413	515.773	171.924	73.447	38.999		106.509
	40		2.56	4325.552	617.65	205.883	152.528	80.886		141.273
	50		4.035	5586.899	798.128	266.043	305.13	162.495		188.746
	60		5.76	6588.432	941.205	313.735	361.389	272.992		241.462
4	20	A	1	2516.1	359.443	89.861	11.55	11.55	150	61.144
	30		2.25	3814.425	544.917	136.229	38.99	38.99		101.623
	40		3.24	4606.308	658.044	164.511	80.886	80.886		110.823
	50		5.29	5947.593	849.656	212.414	162.495	162.495		137.064
	60		7.29	7039.953	1005.708	251.427	272.992	272.992		192.543
4	20	B	2.394	3575.917	510.845	127.711	16.321	34.665	150	80.494
	30		5.373	5459.57	779.938	194.984	54.923	116.816		95.559
	40		7.584	6563.261	937.609	234.404	113.818	242.659		126.379
	50		12.464	8548.996	1221.285	305.321	229.298	487.485		171.559
	60		17.088	10151.63	1450.232	362.558	384.788	818.974		222.073
5	20	A	3.24	4606.308	658.044	131.608	23.11	23.11	150	58.869
	30		7.29	7039.953	1005.708	201.142	77.998	77.998		86.346
	40		10.24	8429.568	1204.224	240.845	161.773	161.773		117.216
	50		16.81	10998.54	1571.219	314.244	324.99	324.99		162.669
	60		23.04	13056.77	1865.253	373.051	545.983	545.983		213.65
5	20	B	3.458	4618.015	659.716	131.943	19.644	46.221	150	60.123
	30		7.761	7065.246	1009.321	201.864	65.908	155.995		88.509
	40		10.902	8465.117	1209.302	241.86	136.582	323.546		119.876
	50		17.936	11059	1579.858	315.972	275.158	649.98		143.872
	60		28.704	13360.93	1908.704	381.741	461.746	1091.966		218.418

n	ϕ (cm)	Formasi	A (m)	Qt (kN)	Qpg (kN)	Qs (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	V (kN)	Pi (kN)
6	20	A	1.8	3544.02	506.288	84.381	11.555	23.11	150	46.071
	30		4.05	5388.525	769.789	128.298	38.999	77.998		70.747
	40		5.76	6465.312	923.616	153.936	80.886	161.773		98.723
	50		9.43	8386.071	1198.01	199.668	162.495	324.996		137.355
	60		12.96	9929.952	1418.565	236.428	272.992	545.983		182.32
6	20	B	6.396	6745.705	963.672	160.612	57.198	46.221	150	55.995
	30		14.352	10374.06	1482.009	247.002	192.264	155.995		85.675
	40		19.964	12399.11	1771.301	295.217	370.922	323.546		115.601
	50		32.922	15926.71	2275.244	379.207	801.642	649.98		163.696
	60		44.988	2275.244	2772.345	462.058	1349.358	1091.966		241.643



الجامعة الإسلامية في إندونيسيا

Tabel 4.10. Penurunan dan Efisiensi tiang kelompok dengan beban vertikal (V)
dari formasi A dan B

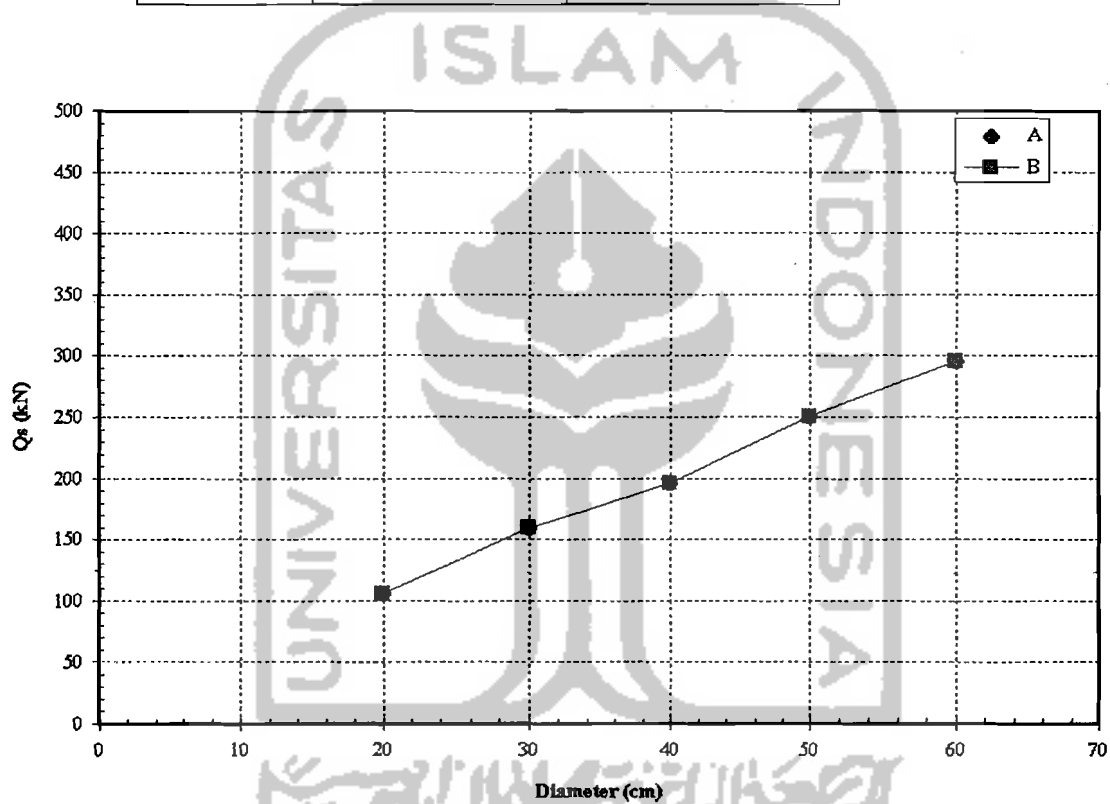
n	ϕ (cm)	Formasi	A (m)	Qs (kN)	V (kN)	qn (kg/cm)	Si (cm)	Eq
2	20	A	0.2	106.295	150	9.459	2.481	0.992
	30		0.45	160.023		5.219	2.077	0.922
	40		0.72	196.336		4.219	2.027	0.911
	50		1.15	250.651		3.306	2.024	0.914
	60		1.62	296.425		2.924	2.113	0.911
2	20	B	0.2	106.295	150	9.616	0.996	0.992
	30		0.45	160.023		5.329	0.927	0.922
	40		0.72	196.336		4.128	1.764	0.913
	50		1.15	250.651		3.287	1.781	0.913
	60		1.62	296.425		2.909	1.833	0.911
3	20	A	0.36	118.177	150	5.902	2.835	0.896
	30		0.81	177.957		2.85	1.985	0.896
	40		1.28	214.336		2.908	2.744	0.882
	50		2.05	263.208		2.424	2.639	0.885
	60		2.88	323.959		2.224	2.746	0.882
3	20	B	0.81	113.466	150	2.989	1.474	0.818
	30		1.89	171.924		1.738	1.251	0.818
	40		2.56	205.883		1.623	1.394	0.793
	50		4.035	266.043		1.315	1.447	0.798
	60		5.76	313.735		1.257	1.646	0.793
4	20	A	1	89.861	150	2.376	0.715	0.844
	30		2.25	136.229		1.442	0.668	0.844
	40		3.24	164.511		1.108	0.623	0.823
	50		5.29	212.414		1.103	0.772	0.828
	60		7.29	251.427		1.056	0.879	0.823
4	20	B	2.394	127.711	150	1.136	0.796	0.805
	30		5.373	194.984		0.725	0.763	0.805
	40		7.584	234.404		0.666	0.808	0.778
	50		12.464	305.321		0.551	0.867	0.784
	60		17.088	362.558		0.519	0.952	0.778

n	ϕ (cm)	Formasi	A (m)	Qs (kN)	V (kN)	qn (kg/cm)	Si (cm)	Eq
5	20	A	3.24	131.608	150	0.908	0.511	0.792
	30		7.29	201.142		0.592	0.492	0.792
	40		10.24	240.845		0.572	0.553	0.763
	50		16.81	314.244		0.484	0.598	0.77
	60		23.04	373.051		0.464	0.642	0.763
5	20	B	3.458	131.943	150	0.869	0.784	0.797
	30		7.761	201.864		0.57	0.767	0.797
	40		10.902	241.86		0.547	0.738	0.769
	50		17.936	315.972		0.464	0.868	0.775
	60		28.704	381.741		0.38	0.809	0.769
6	20	A	1.8	84.381	150	1.601	0.786	0.818
	30		4.05	128.298		1.048	0.764	0.818
	40		5.76	153.936		1.028	0.883	0.793
	50		9.43	199.668		0.874	0.953	0.798
	60		12.96	236.428		0.844	1.06	0.793
6	20	B	6.396	160.612	150	0.547	0.493	0.771
	30		14.352	247.002		0.382	0.514	0.771
	40		19.964	295.217		0.376	0.507	0.74
	50		32.922	379.207		0.325	0.608	0.747
	60		44.988	462.058		0.315	0.67	0.74



Tabel 4.11 nilai daya dukung tiang kelompok (Q_s (kN))
untuk jumlah tiang 2 dengan formasi A dan B

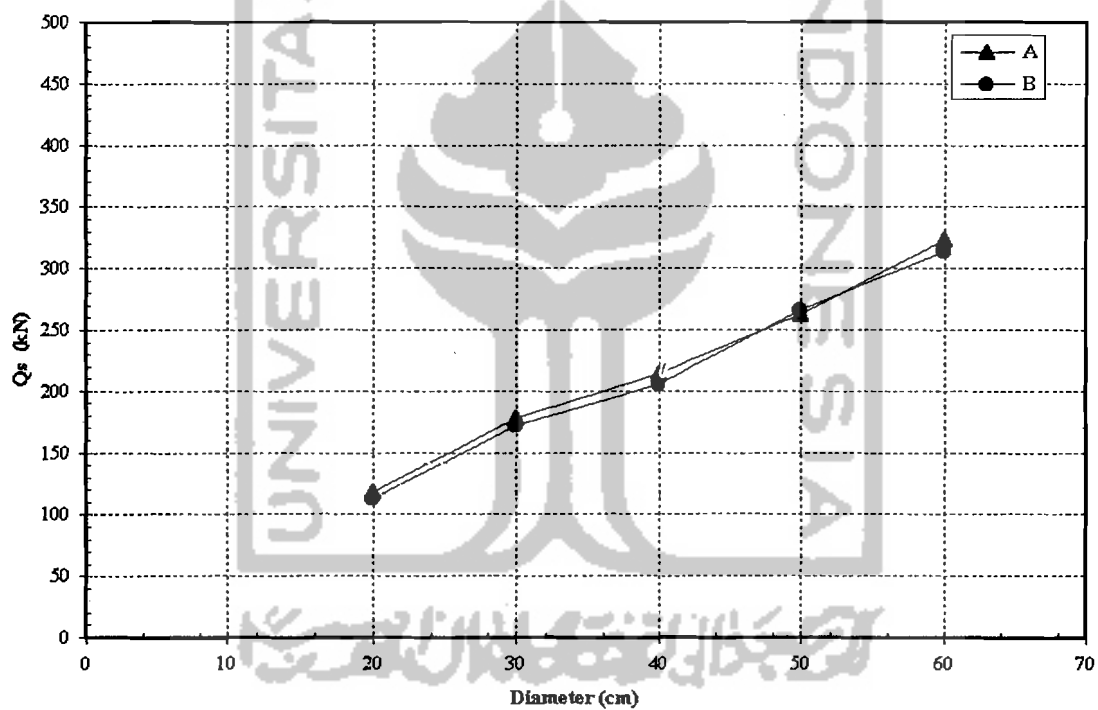
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	106.295	106.299
30	160.023	160.023
40	196.336	196.336
50	250.651	250.651
60	296.425	296.426



Gambar 4.1. grafik hubungan diameter dengan daya dukung

Tabel 4.12 nilai daya dukung tiang kelompok (Q_s (kN))
untuk jumlah tiang 3 dengan formasi A dan B

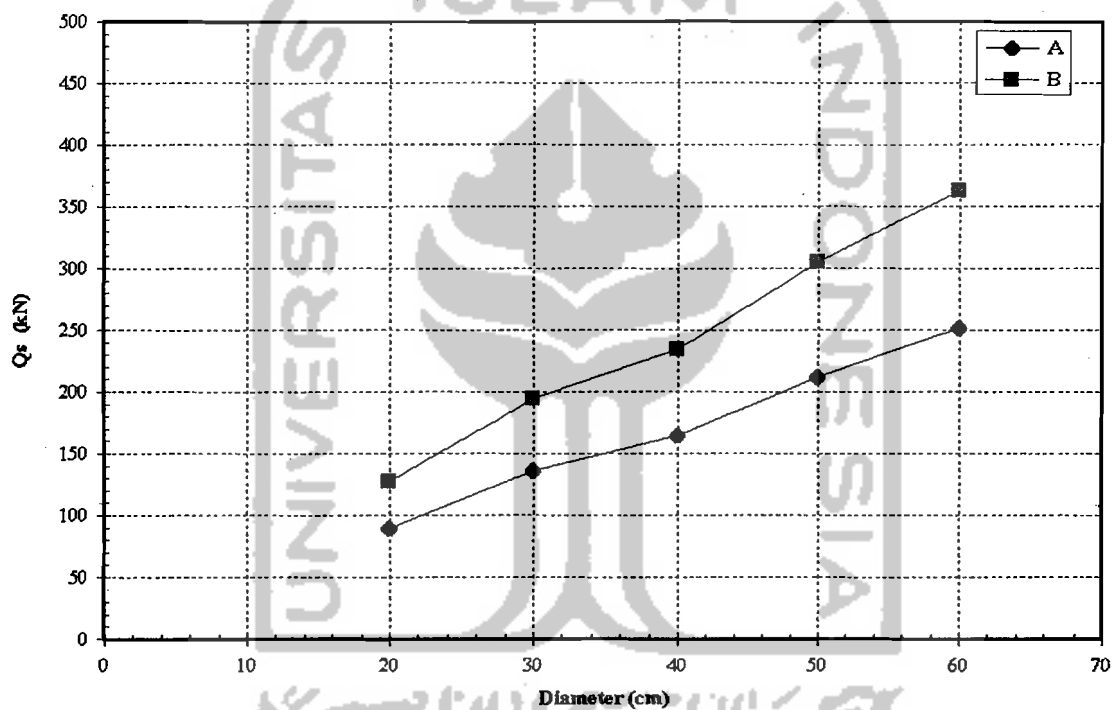
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	118.177	113.466
30	177.957	171.924
40	214.336	205.883
50	263.208	266.043
60	323.959	313.735



Grafik 4.2. grafik hubungan diameter dengan daya dukung

Tabel 4.13 nilai daya dukung tiang kelompok ($Q_s(kN)$)
untuk jumlah tiang 4 dengan formasi A dan B

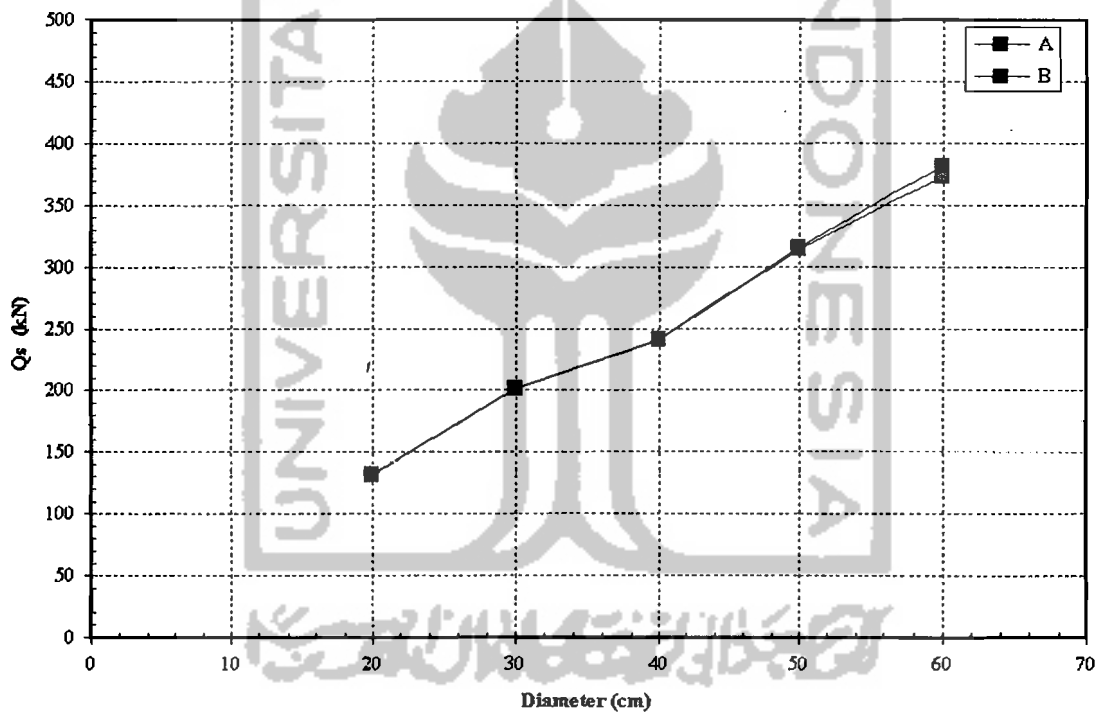
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	89.861	127.711
30	136.229	194.984
40	164.511	234.404
50	212.414	305.321
60	251.427	362.558



Gambar 4.3. grafik hubungan diameter dengan daya dukung

Tabel 4.14 nilai daya dukung tiang kelompok (Q_s (kN))
untuk jumlah tiang 5 dengan formasi A dan B

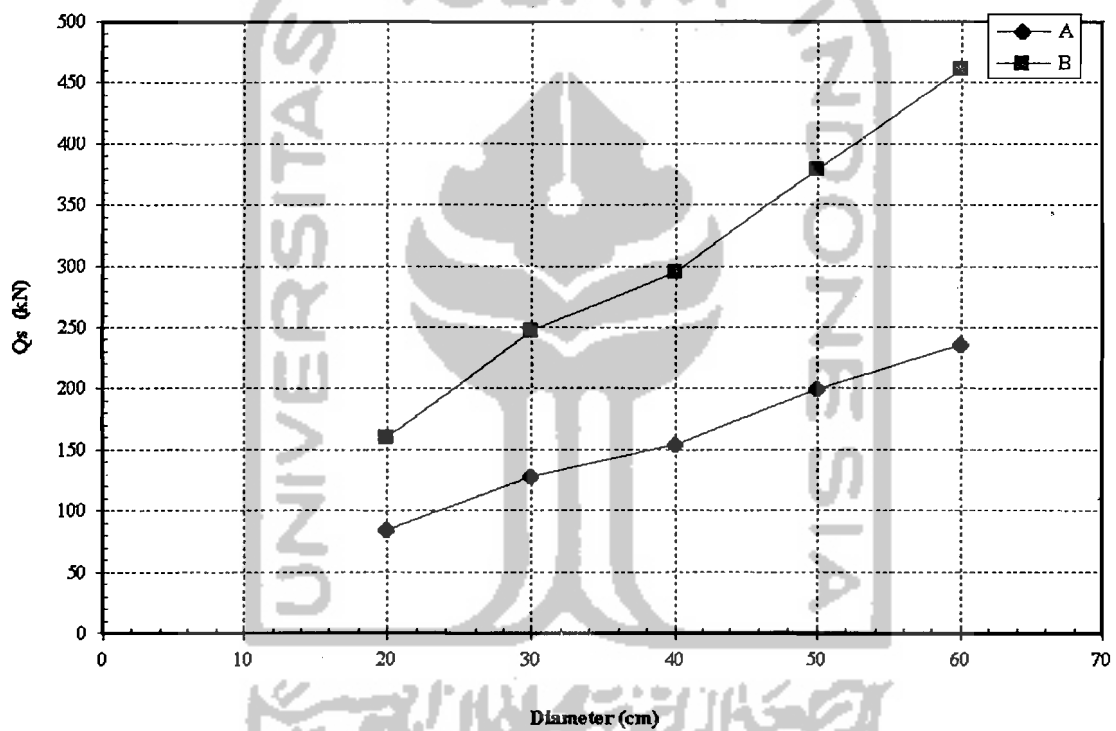
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	131.608	131.943
30	201.142	201.864
40	240.845	241.86
50	314.244	315.972
60	373.051	381.741



Grafik 4.4. grafik hubungan diameter dengan daya dukung

Tabel 4.15 nilai daya dukung tiang kelompok (Q_s (kN))
untuk jumlah tiang 6 dengan formasi A dan B

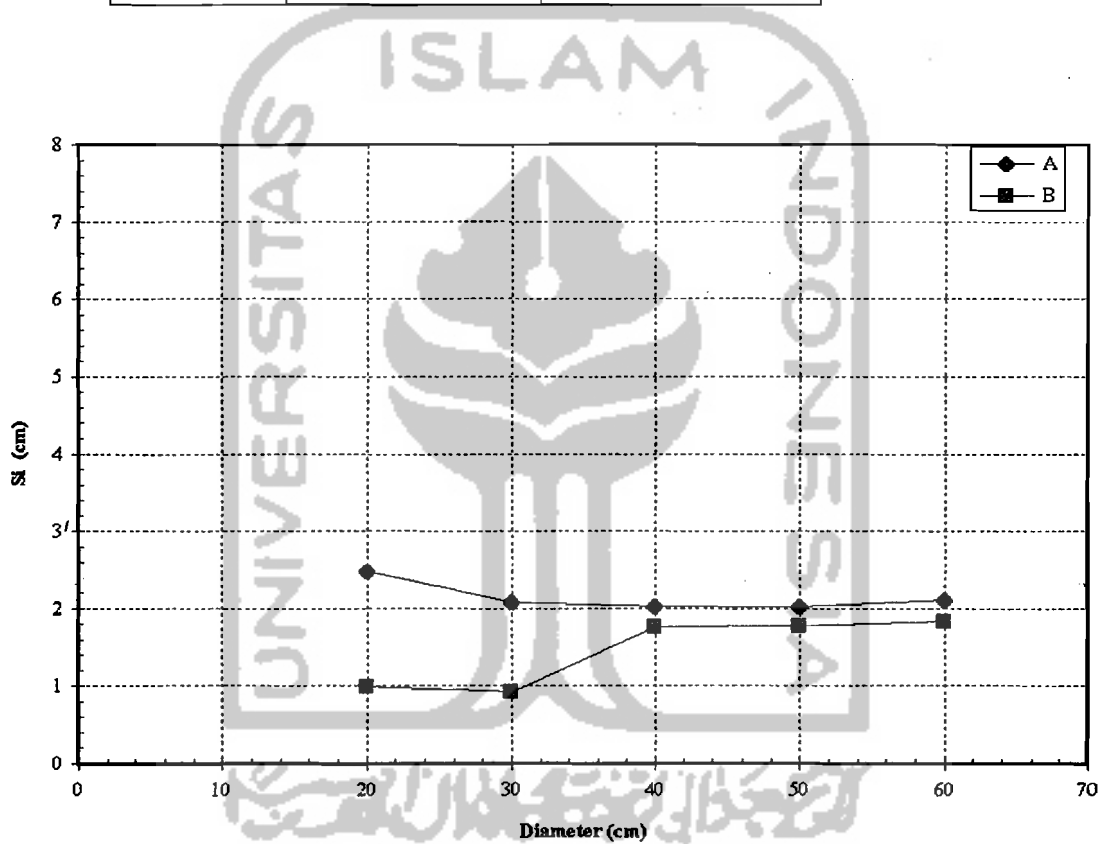
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	84.381	160.612
30	128.298	247.002
40	153.936	295.217
50	199.668	379.207
60	236.428	462.058



Gambar 4.5. grafik hubungan diameter dengan daya dukung

Tabel 4.16 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 2 dengan formasi A dan B

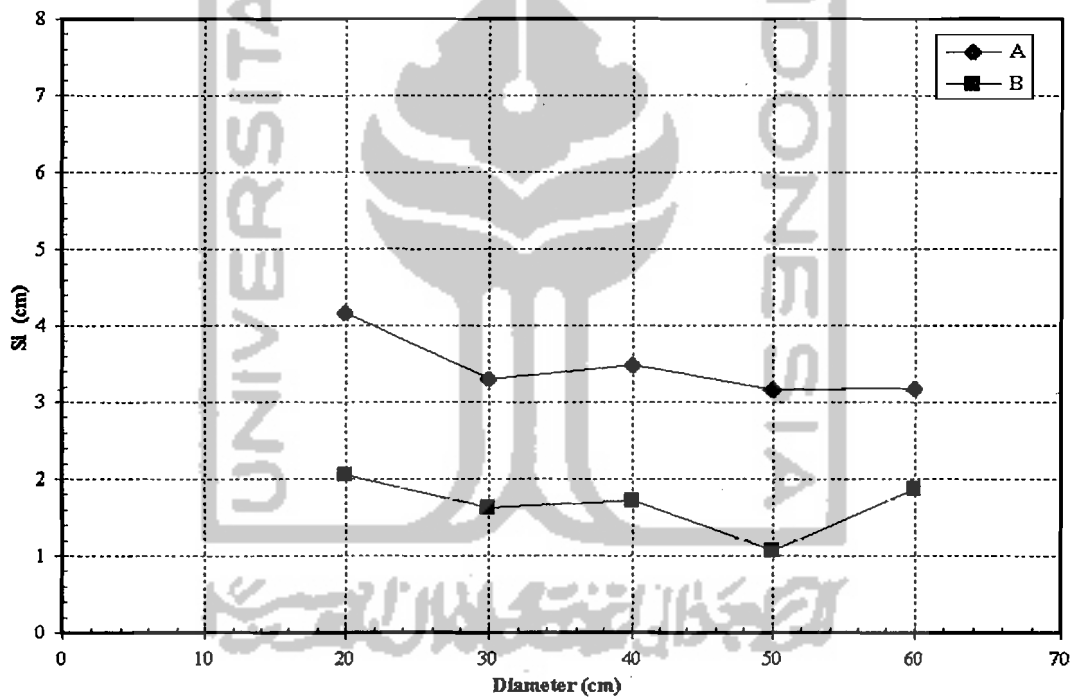
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	2.481	0.996
30	2.077	0.927
40	2.027	1.764
50	2.024	1.781
60	2.113	1.833



Gambar 4.6. Grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.17 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 3 dengan formasi A dan B

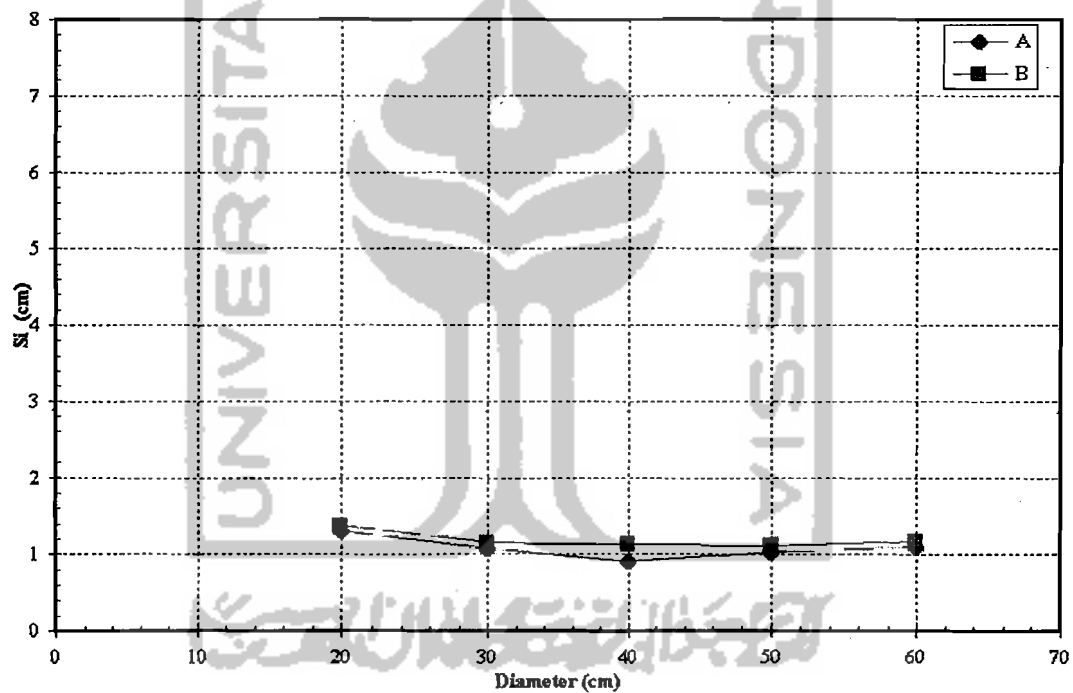
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	4.169	2.059
30	3.311	1.631
40	3.48	1.729
50	3.17	1.075
60	3.174	1.874



Gambar 4.7. Grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.18 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 4 dengan formasi A dan B

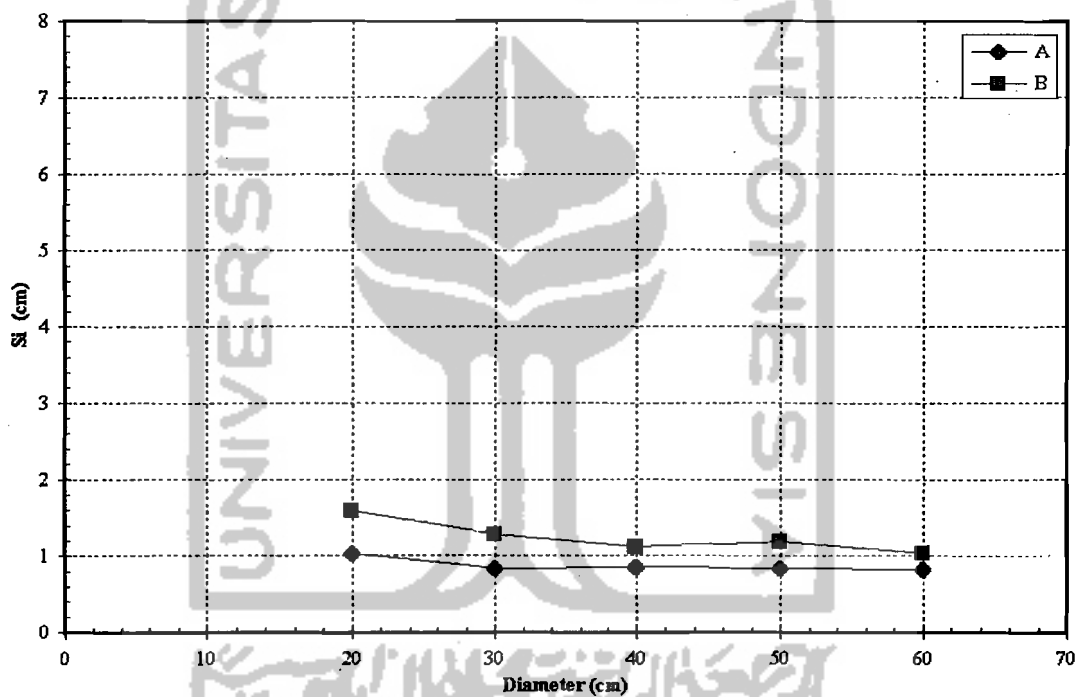
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	1.317	1.383
30	1.079	1.161
40	0.904	1.129
50	1.036	1.12
60	1.106	1.167



Gambar 4.8. Grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.19 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 5 dengan formasi A dan B

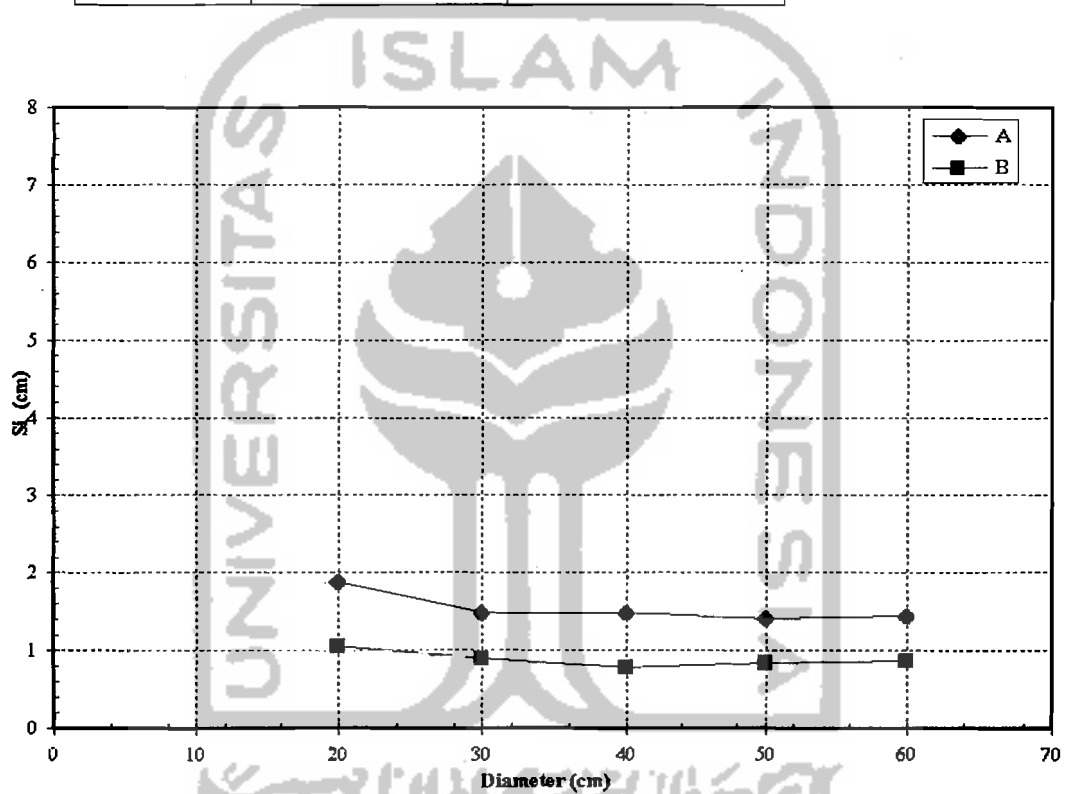
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	1.031	1.593
30	0.834	1.288
40	0.845	1.11
50	0.839	1.181
60	0.821	1.032



Gambar 4.9. Grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.20 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 6 dengan formasi A dan B

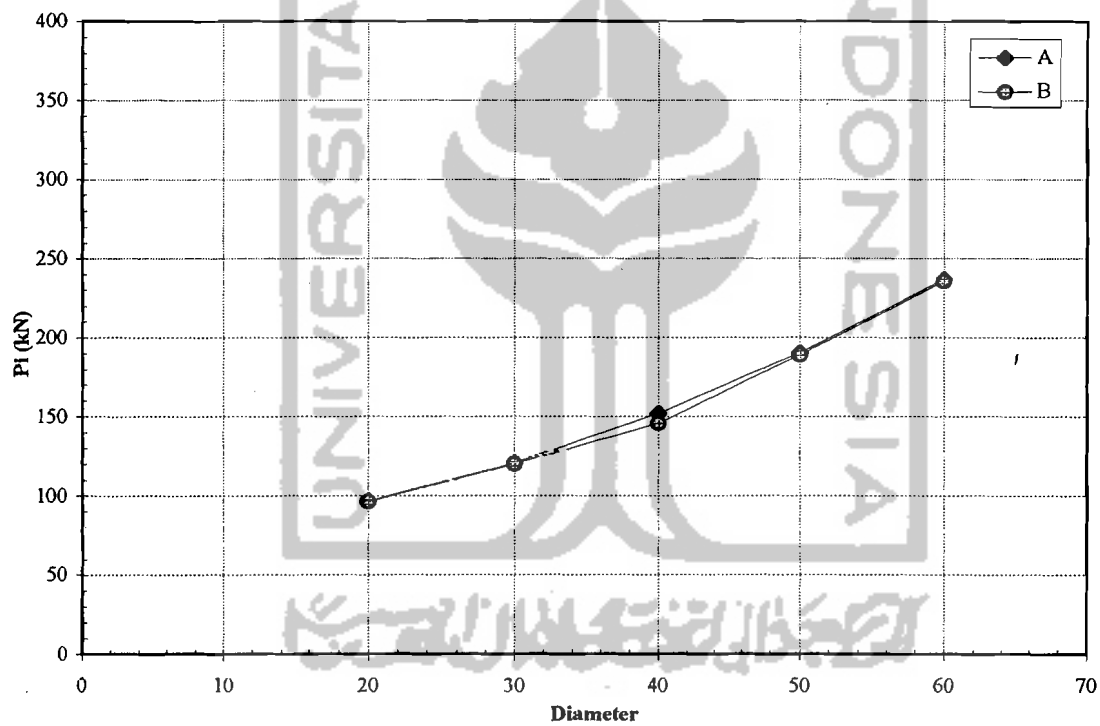
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	1.877	1.058
30	1.483	0.888
40	1.479	0.779
50	1.416	0.837
60	1.436	0.861



Gambar 4.10. Grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.21 Beban yang dipikul dalam satu tiang kelompok (kN)
untuk jumlah tiang 2 dengan formasi A dan B

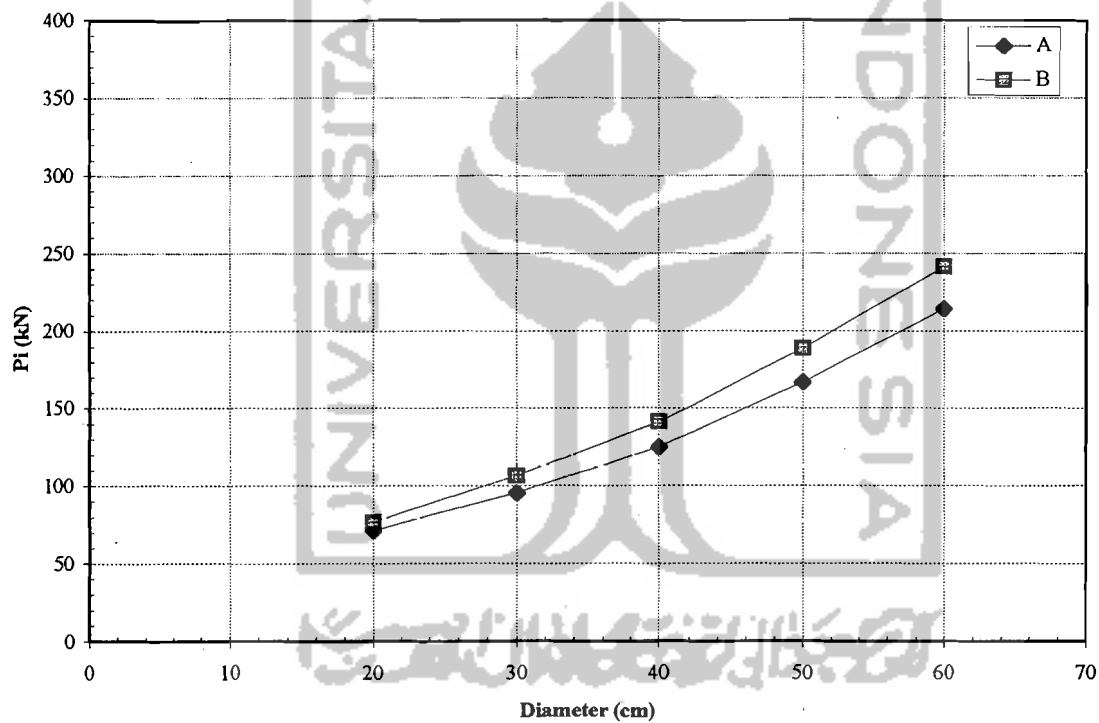
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	96.785	96.156
30	120.746	119.918
40	151.978	145.585
50	190.114	189.012
60	236.815	235.578



Gambar 4.11. Grafik hubungan diameter dengan Pi

Tabel 4.22 Beban yang dipikul dalam satu tiang kelompok (kN)
untuk jumlah tiang 3 dengan formasi A dan B

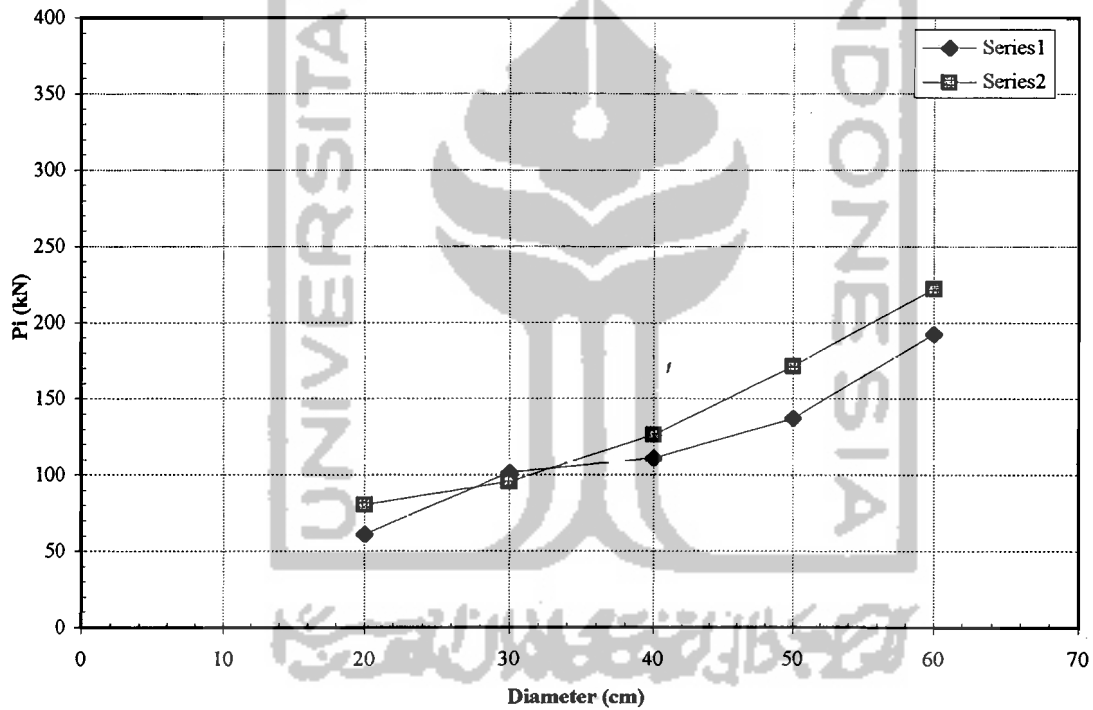
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	71.313	76.831
30	95.746	106.509
40	124.949	141.273
50	166.771	188.746
60	214.272	241.462



Gambar 4.12. Grafik hubungan diameter dengan Pi

Tabel 4.23 Beban yang dipikul dalam satu tiang kelompok (kN)
untuk jumlah tiang 4 dengan formasi A dan B

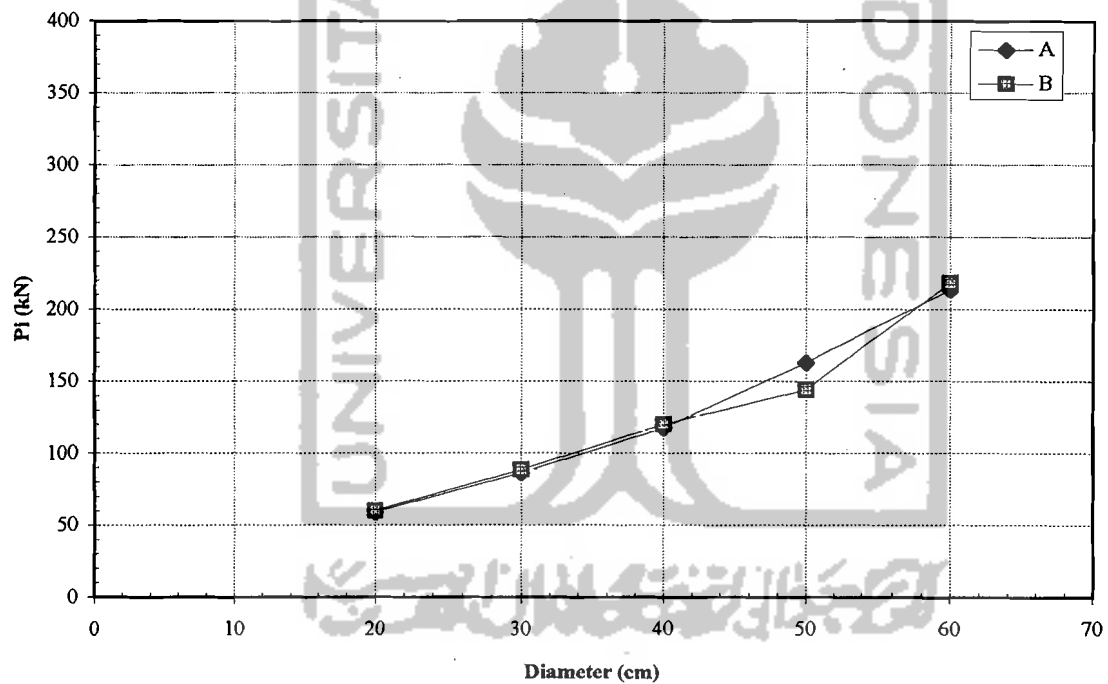
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	61.144	80.494
30	101.623	95.559
40	110.823	126.379
50	137.064	171.559
60	192.543	222.073



Gambar 4.13. Grafik hubungan diameter dengan Pi

Tabel 4.24 Beban yang dipikul dalam satu tiang kelompok (kN)
untuk jumlah tiang 5 dengan formasi A dan B

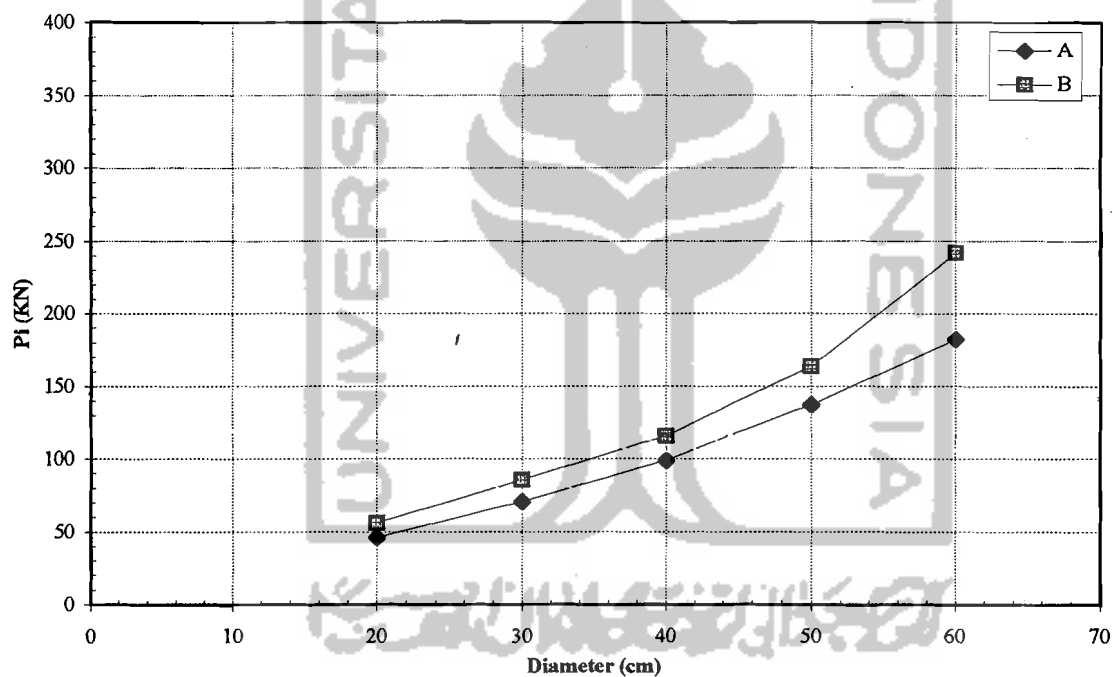
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	58.869	60.123
30	86.346	88.509
40	117.216	119.876
50	162.669	143.872
60	213.65	218.418



Gambar 4.14. Grafik hubungan diameter dengan Pi

Tabel 4.25 Beban yang dipikul dalam satu tiang kelompok (kN)
untuk jumlah tiang 6 dengan formasi A dan B

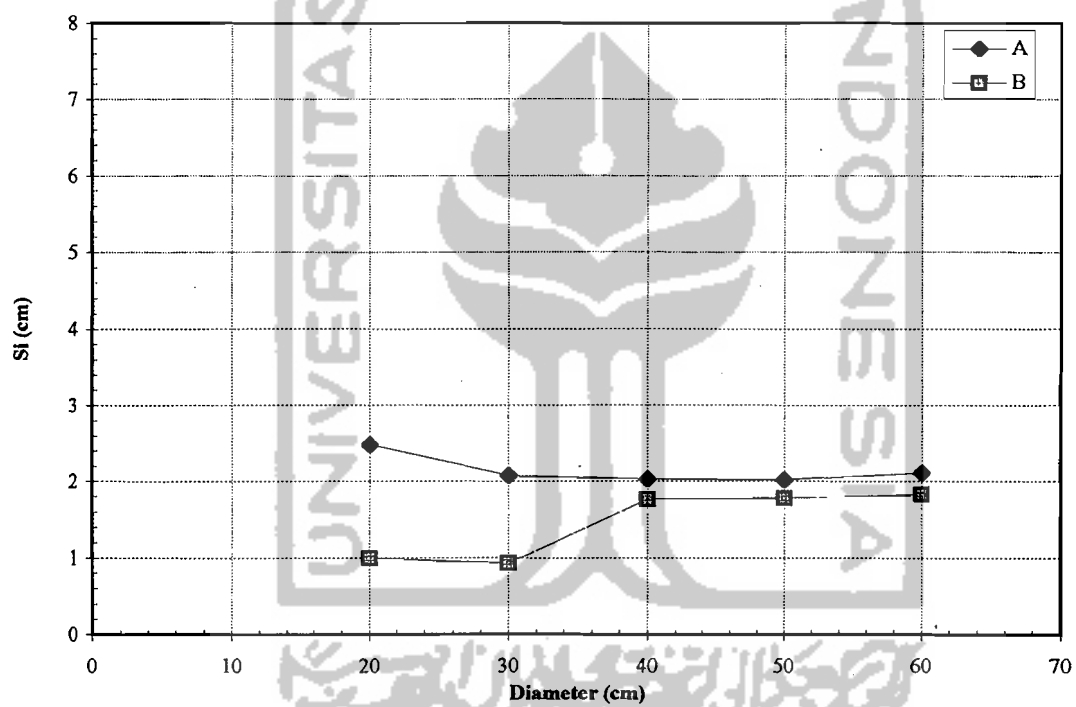
Dia.(cm)	Formasi	
	A	B
20	46.071	55.995
30	70.747	85.675
40	98.723	115.601
50	137.355	163.696
60	182.32	241.643



Gambar 4.15. Grafik hubungan diameter dengan Pi

Tabel 4.26 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 2 dengan formasi A dan B

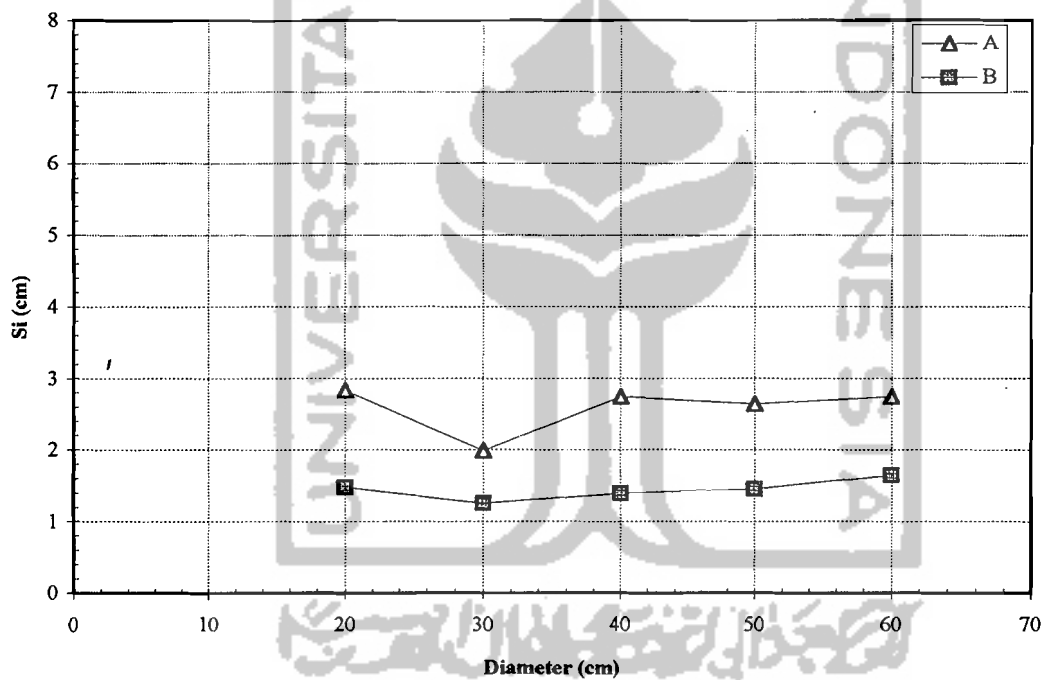
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	2.481	0.996
30	2.077	0.927
40	2.027	1.764
50	2.024	1.781
60	2.113	1.833



Gambar 4.16. grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.27 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 3 dengan formasi A dan B

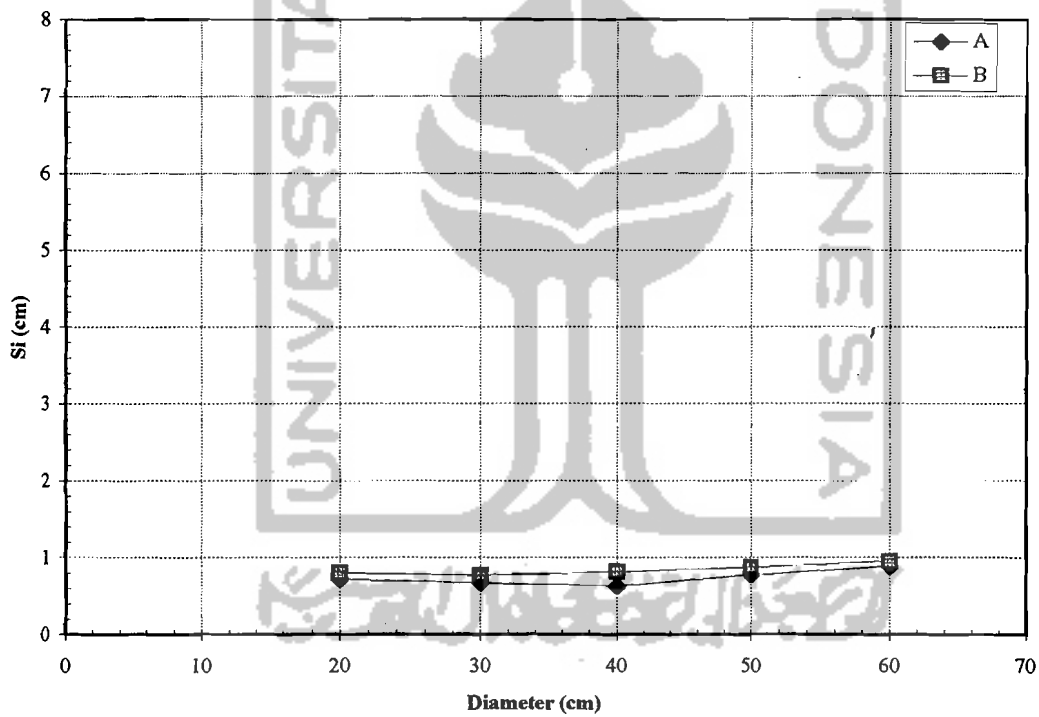
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	2.835	1.474
30	1.985	1.251
40	2.744	1.394
50	2.639	1.447
60	2.746	1.646



Gambar 4.17. grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.28 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 4 dengan formasi A dan B

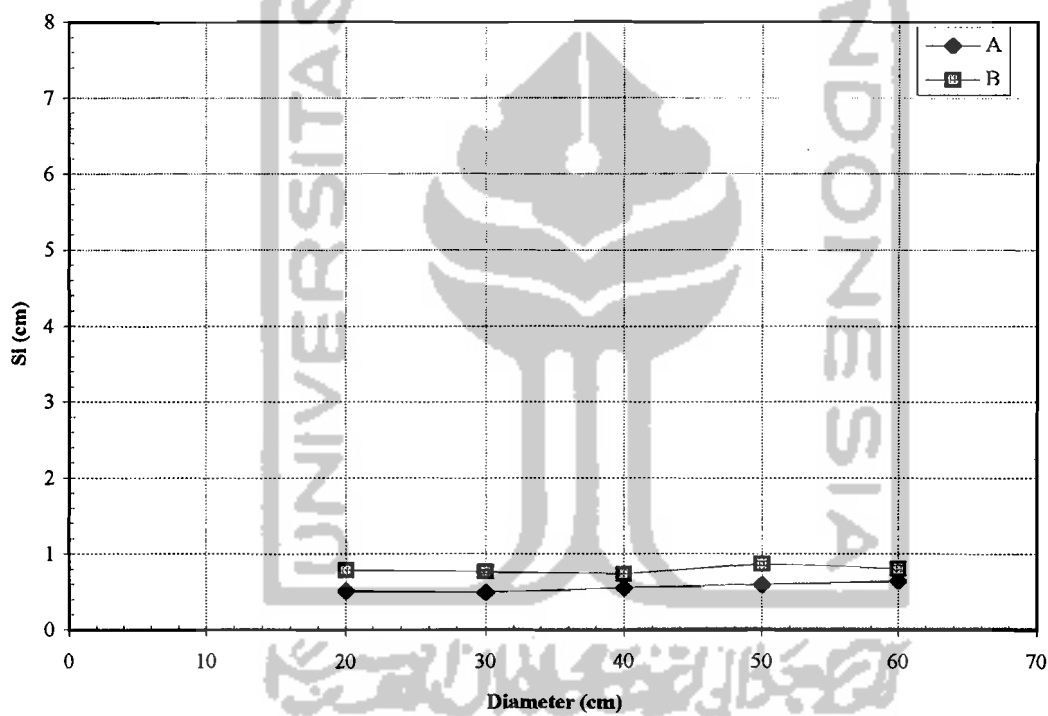
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	0.715	0.796
30	0.668	0.763
40	0.623	0.808
50	0.772	0.867
60	0.879	0.952



Gambar 4.18. grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.29 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 5 dengan formasi A dan B

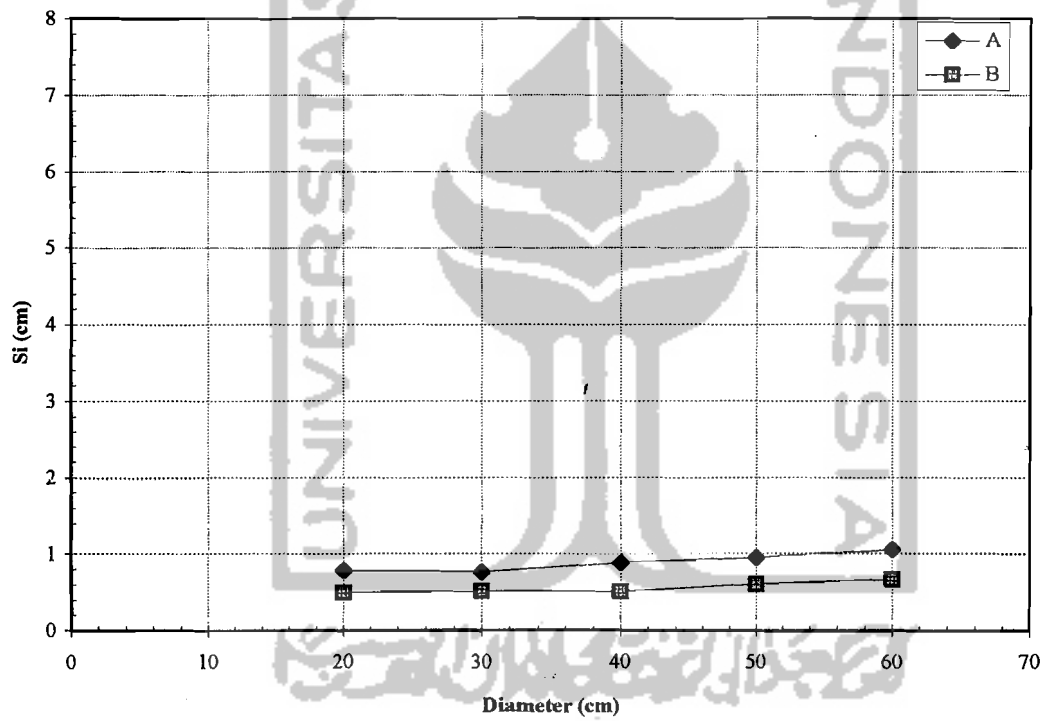
Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	0.511	0.784
30	0.492	0.767
40	0.553	0.738
50	0.598	0.868
60	0.642	0.809



Gambar 4.19. grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan

Tabel 4.30 nilai penurunan tiang kelompok (cm) untuk jumlah tiang 6 dengan formasi A dan B

Dia. (cm)	Formasi	
	A	B
20	0.786	0.493
30	0.764	0.514
40	0.883	0.507
50	0.953	0.608
60	1.06	0.67



Gambar 4.20. grafik hubungan diameter dengan nilai penurunan