

BAB V

ANALISIS PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan hasil dari penelitian yang dilakukan di laboratorium, yaitu pengaruh pencampuran serbuk gypsum dan serbuk batu bara terhadap kuat dukung tanah lempung. Adapun detail data dan perhitungan laboratorium disajikan pada bagian lampiran laporan ini.

5.1 Sifat Fisik Tanah

Dari pengujian sifat fisik tanah diketahui bahwa tanah Karangkulon, Wukirsari, Bantul berwarna coklat kemerahan, lengket, dengan mudah dapat ditekan dengan ibu jari dan mengandung pasir.

5.2 Sifat Mekanik Tanah

Dari pengujian sifat mekanik tanah Karangkulon, Wukirsari, Bantul didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Percobaan	Nilai
Kadar air w (%)	48,44%
Berat volume tanah γ_b	1,43
Berat jenis G_s	2,67

5.2.1 Pengujian Analisis Saringan

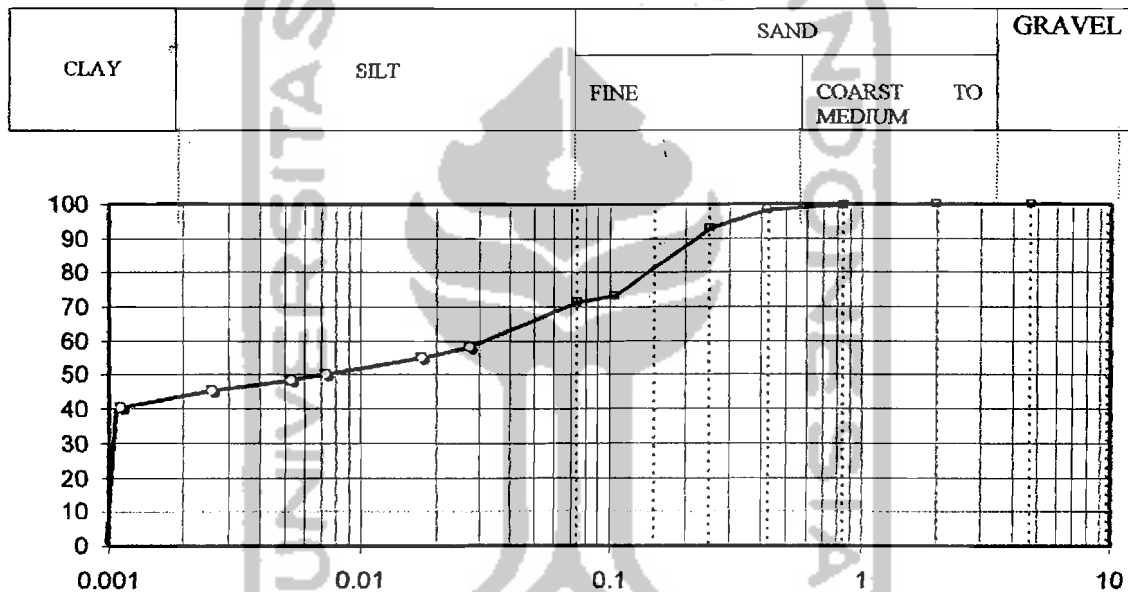
Hasil pengujian hidrometer dan analisa saringan dapat kita ketahui tanah

Karangkulon mengandung:

Pasir : 28,73 %

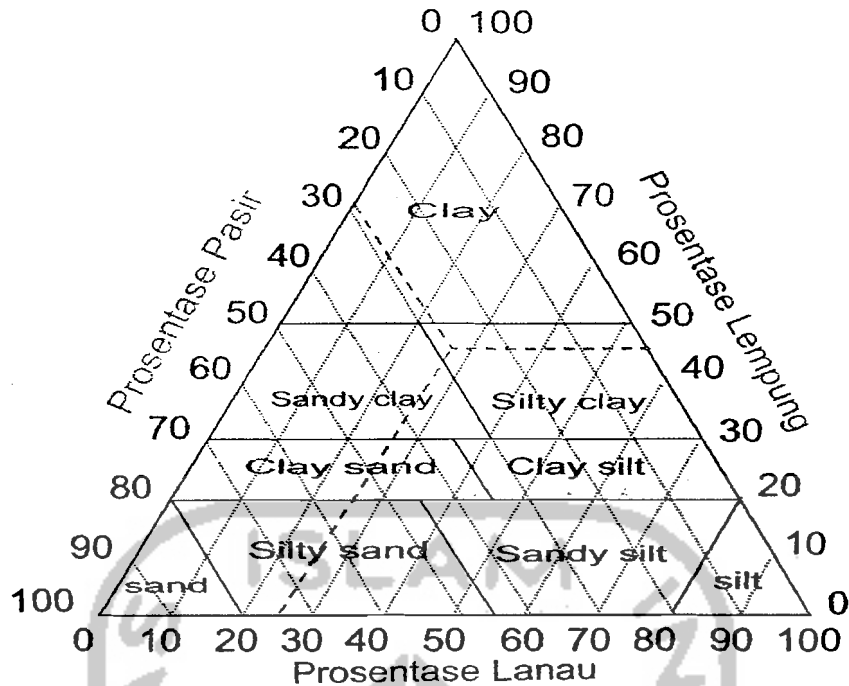
Lanau : 26,09%

Lempung : 45,17%



Gambar 5.1 Grafik Distribusi Pembagian Butir Tanah

Dari hasil pengujian distribusi pembagian butir tanah kemudian dimasukkan kedalam sistem klasifikasi tanah USCS sehingga diketahui jenis tanah yang diuji., seperti pada Gambar 5.2.

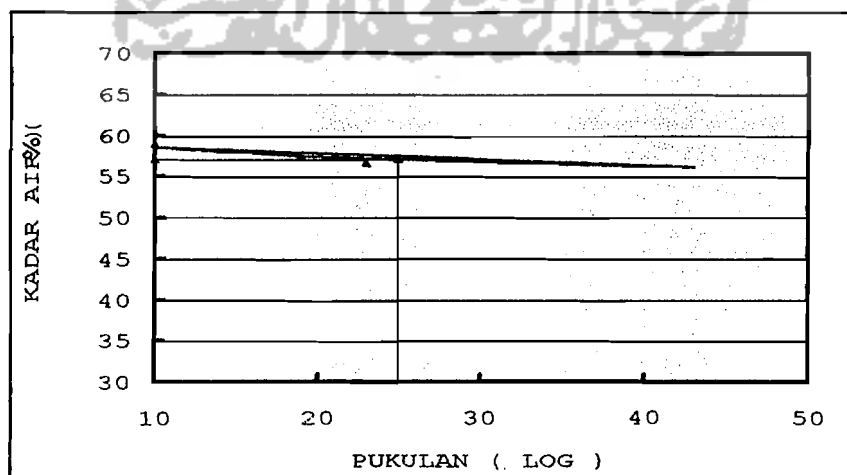


Gambar 5.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Dari Gambar system klasifikasi tanah USCS dapat dilihat bahwa tanah Karangkulon, Wukirsari, Bantul termasuk jenis tanah lempung berlanau (*silty clay*).

5.2.2 Pengujian Batas-batas Konsistensi

Pengujian ini untuk mengetahui batas cair, batas plastis dan indeks plastis tanah. Hasil dari pengujian ini dapat kita lihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Perhitungan Batas-batas Konsistensi Tanah

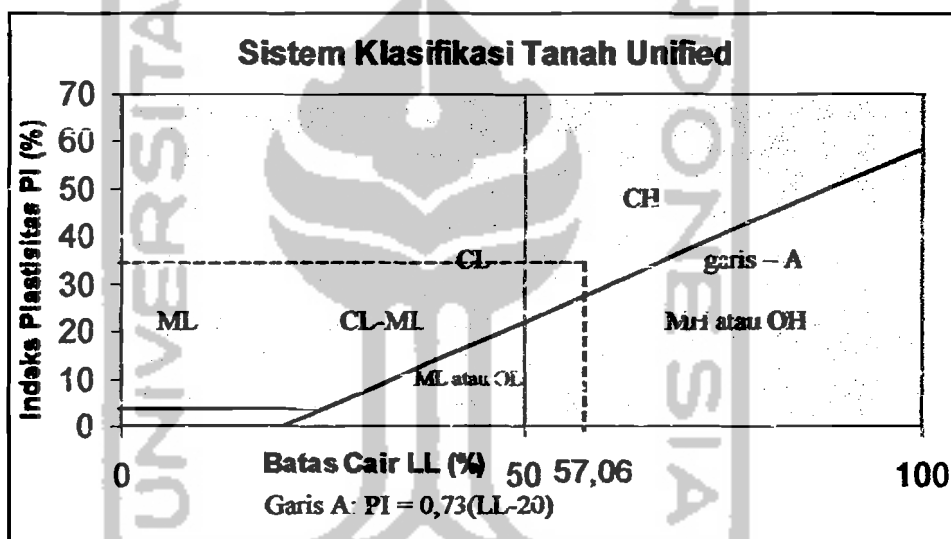
Dari hasil perhitungan batas-batas konsistensi tanah didapatkan:

Batas Cair (LL) : 57,06 %

Batas Plastis (PL) : 26,82 %

Indeks Plastis (IP) : 30,24 %

Hasil dari perhitungan diatas kemudian diklasifikasikan kedalam system klasifikasi tanah *Unified* untuk menentukan jenis tanahnya, seperti pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Sistem Klasifikasi Tanah Unified

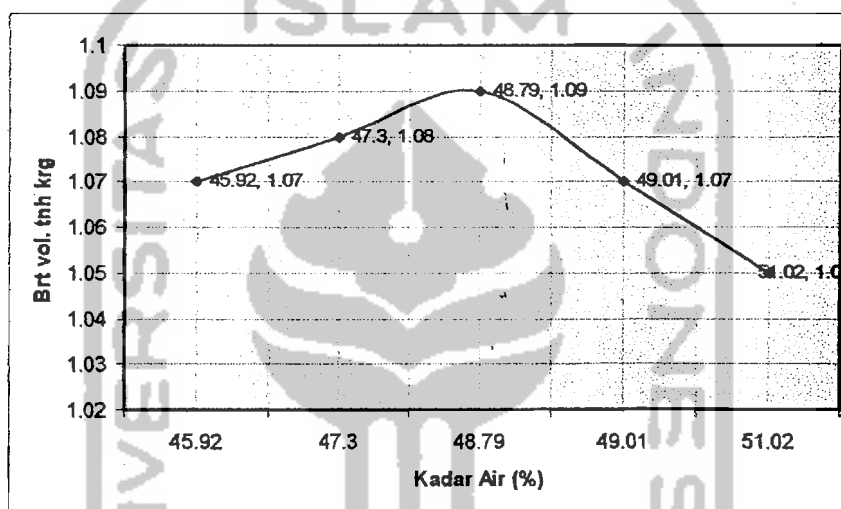
Dari grafik sistem klasifikasi tanah unified diperoleh jenis tanah yang dipakai dalam penelitian masuk kedalam golongan CH yaitu lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*).

5.2.3 Pengujian Proctor Standar

Pengujian ini untuk mengetahui kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Hasil dari pengujian ini dapat kita lihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Pemadatan Proctor Standar

Percobaan	1	2	3	4	5
w rata-rata (%)	45,92	47,3	48,79	49,01	51,02
γ_k rata-rata (gr/cm^3)	1,07	1,08	1,09	1,07	1,05



Gambar 5.5 Kurva Hubungan antara Berat Volume Kering Dan Kadar Air

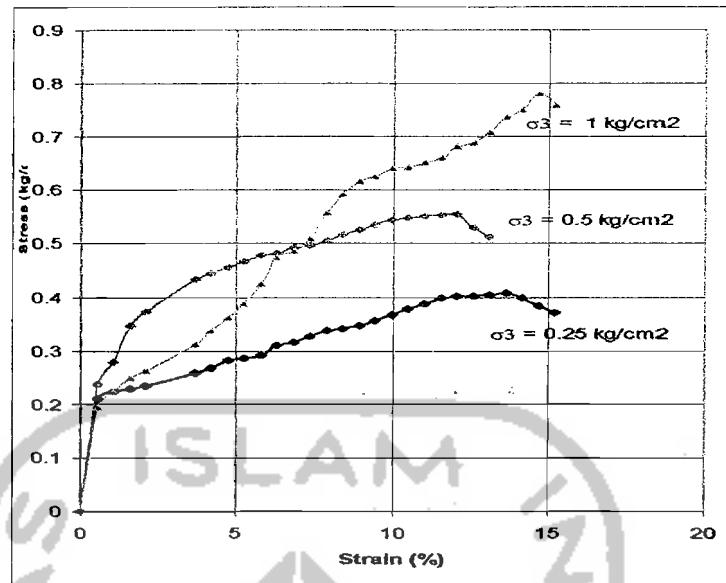
Dari gambar kurva diatas diperoleh :

Berat volume kering maksimum = $1,09 \text{ gr/cm}^3$

Kadar Air Optimum = $48,79 \%$

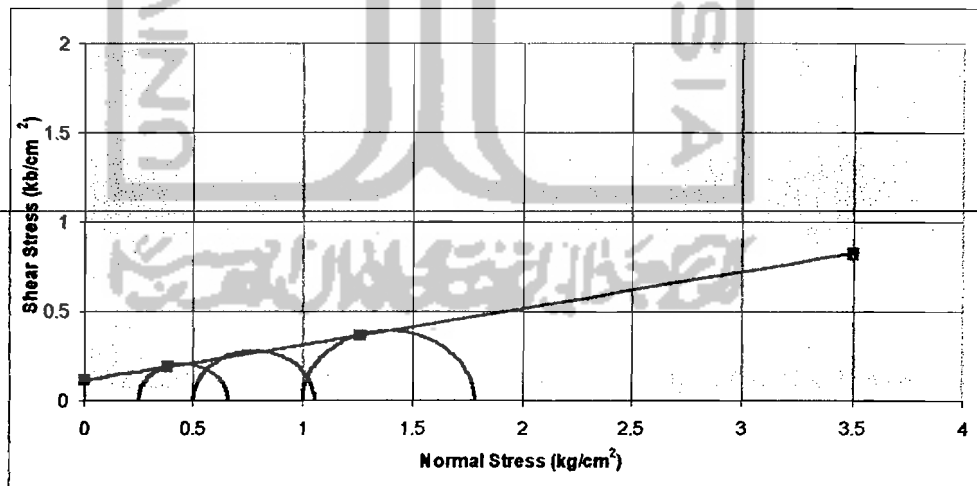
5.2.4 Pengujian Triaksial UU

Dari pengujian triaksial pada tanah undisturb kita memperoleh sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi (c) seperti pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Kurva Hubungan Tegangan dan Regangan pada Uji Triaksial Tanah Asli

Dari σ maks yang didapat dibuat lingkaran Mohr seperti pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Lingkaran Mohr Uji Triaksial Tanah Asli

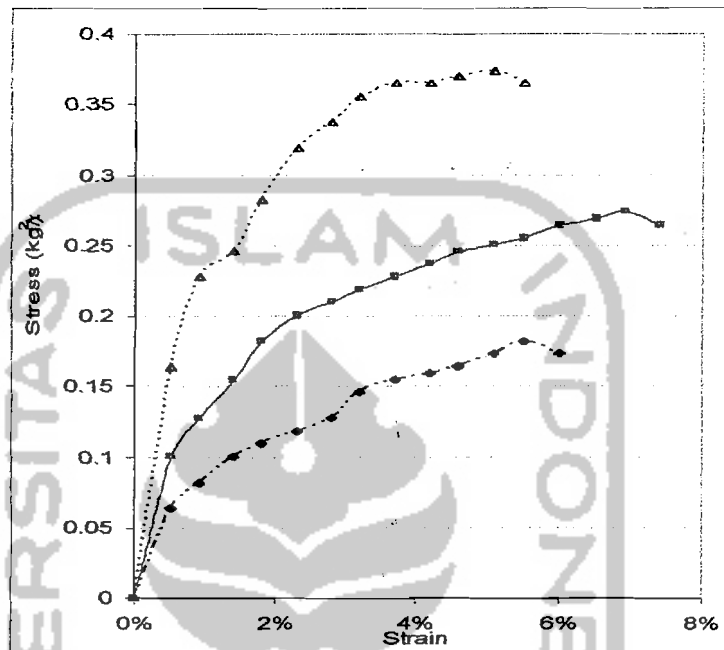
Dari pengujian triaksial tanah asli (*Undisturb*) kita memperoleh :

$$\text{Kohesi (c)} = 0,112596 \text{ kg/cm}^2$$

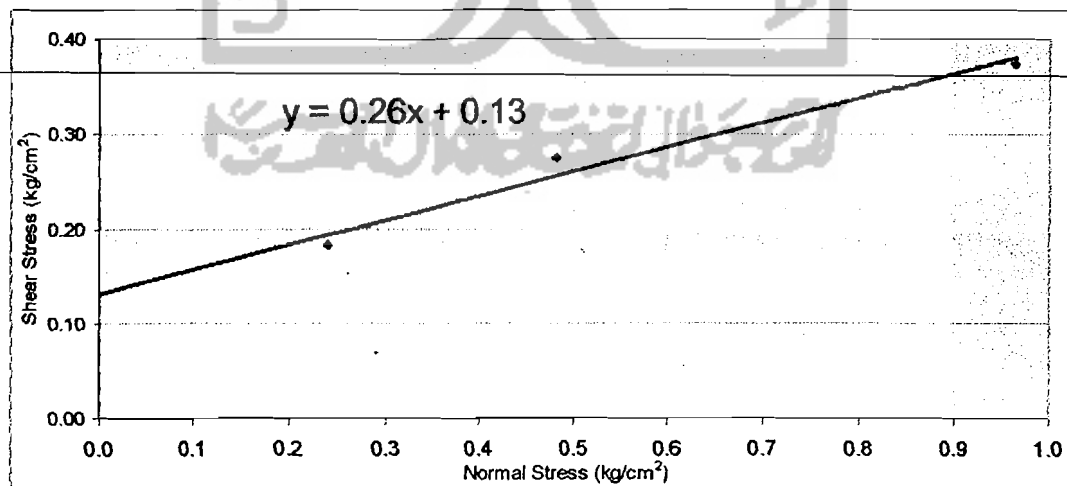
$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 11,45387^\circ$$

5.2.5 Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Dari pengujian geser langsung pada tanah undisturb kita memperoleh sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi (c) seperti pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Kurva Hubungan Tegangan dan Regangan pada Uji Geser Langsung Tanah Asli



Gambar 5.9 Hubungan Tegangan dan Regangan pada Uji Geser Langsung Tanah Asli

Dari pengujian geser langsung tanah asli (*Undisturb*) kita memperoleh :

$$\text{Koheesi (c)} = 0,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 14,6^\circ$$

5.3 Analisis Penambahan Serbuk Gypsum dan Serbuk Batu bara (Fly Ash)

pada tanah Karang Kulon

5.3.1 Pengujian Triaksial UU Tanah dengan Campuran Serbuk Gypsum

Hasil pengujian triaksial tanah dengan kadar campuran gypsum 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% didapatkan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah dengan Campuran Serbuk Gypsum

Penambahan Serbuk Gypsum	γ_b campuran (gr/cm ³)	Sudut geser dalam (ϕ)	Koheesi (c)
2 %	1,37	13,48	0,3
4 %	1,34	14,54	0,34
6 %	1,29	15,96	0,5
8 %	1,23	9,13	0,42
10 %	1,19	8,46	0,44

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kadar penambahan serbuk gypsum maksimum yang menghasilkan sudut geser (ϕ) dan koheesi (c) maksimum adalah sebesar 6% dari berat tanah kering.

5.3.2 Pengujian Triaksial UU Tanah dengan Campuran Serbuk Batu Bara (Fly Ash)

Hasil pengujian triaksial tanah dengan kadar campuran Batu Bara 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% didapatkan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah dengan Campuran Serbuk Batu Bara

Penambahan Serbuk Serbuk Batu Bara	γ_b (gr/cm ³)	Sudut geser dalam (ϕ)	Kohesi (c)
2 %	1,41	7,37	0,43
4 %	1,38	10,3	0,44
6 %	1,33	13,63	0,45
8 %	1,29	15,82	0,46
10 %	1,25	16,39	0,52

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kadar penambahan serbuk batu bara maksimum yang menghasilkan sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) maksimum adalah sebesar 10% dari berat tanah kering.

5.3.3 Pengujian Geser Langsung (Direct Shear Test) Tanah dengan Campuran Serbuk Gypsum

Hasil pengujian geser langsung tanah dengan kadar campuran gipsum 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% didapatkan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah dengan Campuran Serbuk Gypsum

Penambahan Serbuk Gypsum	γ_b (gr/cm ³)	Sudut geser dalam (ϕ)	Kohesi (c)
2 %	1,37	6,8	0,33
4 %	1,34	9,1	0,35
6 %	1,29	12,4	0,36
8 %	1,23	7,4	0,35
10 %	1,19	7,4	0,31

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kadar penambahan serbuk gipsum maksimum yang menghasilkan sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) maksimum adalah sebesar 6% dari berat tanah kering.

5.3.4 Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*) Tanah dengan Campuran Serbuk Batu Bara (*Fly Ash*)

Hasil pengujian geser langsung tanah dengan kadar campuran Batu Bara 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% didapatkan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah dengan Campuran Serbuk**Batu Bara**

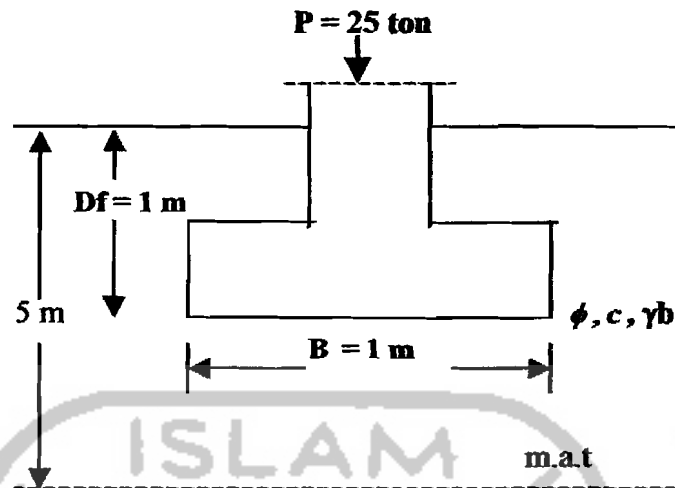
Penambahan Serbuk Serbuk Batu Bara	γ_b (gr/cm³)	Sudut geser dalam (ϕ)	Kohesi (c)
2 %	1,41	7,6	0,36
4 %	1,38	8	0,37
6 %	1,33	8	0,41
8 %	1,29	10,2	0,42
10 %	1,25	11,43	0,43

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kadar penambahan serbuk batu bara maksimum yang menghasilkan sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) maksimum adalah sebesar 10% dari berat tanah kering.

5.4 Analisis Kuat Dukung Tanah yang dicampur Serbuk Gypsum dan

Serbuk Batu bara (Fly Ash) dengan Metode Meyerhoff

Analisis kuat dukung tanah dilakukan dengan formula Meyerhoff dengan asumsi pondasi berbentuk persegi panjang dengan lebar (B) = 1 m pada kedalaman (Df) = 1 m dan beban tiang (P) = 25 ton seperti pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Detail Pondasi Dangkal

Formula Meyerhoff :

$$q_u = s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma \cdot D_f \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

di mana :

q_u = daya dukung keseimbangan /ultimit (kg/cm^2)

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung untuk pondasi

s_c, s_q, s_γ = faktor pengaruh bentuk pondasi

d_c, d_q, d_γ = faktor pengaruh kuat geser tanah diatas dasar pondasi

i_c, i_q, i_γ = faktor kemiringan beban

B' = lebar terkecil pondasi (m)

D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah (gr/cm^3)

c = kohesi (kg/cm^2)

5.4.1 Hitungan Kuat Dukung Tanah berdasarkan Uji Triaksial UU

Berikut ini adalah hitungan kuat dukung tanah berdasarkan data pengujian Triaksial UU.

5.4.1.1 Hitungan Kuat Dukung Tanah *Undisturb* berdasarkan Uji Triaksial UU

Dari pengujian triaksial tanah *undisturb* di dapatkan :

$$\text{Kohesi (c)} = 0,112596 \text{ kg/cm}^2 = 1,13 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 11,45387^\circ = 11,45^\circ$$

$$\gamma_b = \gamma = 1,43 \text{ gr/cm}^3 = 1,43 \text{ t/m}^3$$

$$P = 25 \text{ ton}$$

$$D_f = 1 \text{ m}$$

Prediksi :

$$B = 1 \text{ m} ; \quad L = 1,5 B = 1,5 \text{ m}$$

Nilai N_c , N_q dan N_γ berdasarkan nilai sudut geser dalamnya (ϕ) dari Gambar 3.4 untuk pondasi adalah:

$$N_c = 9,02 ; N_q = 2,82 ; N_\gamma = 0,52 \text{ (untuk pondasi memanjang)}$$

$$N_c = 11,6 ; N_q = 3,1 ; N_\gamma = 0,6 \text{ (untuk pondasi bujur sangkar)}$$

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1 \text{ (beban vertikal)}$$

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$S_c = 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_c(\text{bujur sangkar})}{N_c(\text{memanjang})} - 1 \right]$$

$$= 1 + (1/1,5) [(11,6 / 9,02) - 1]$$

$$= 1,19$$

$$\begin{aligned}
 s_q &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_q(\text{bujursangkar})}{N_q(\text{memanjang})} - 1 \right] \\
 &= 1 + (1/1,5) [(3,1 / 2,82) - 1] \\
 &= 1,06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_\gamma &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_\gamma(\text{bujursangkar})}{N_\gamma(\text{memanjang})} - 1 \right] \\
 &= 1 + (1/1,5) [(0,6 / 0,52) - 1] \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

Lebar efektif $B' = B - 2e^x$, karena beban sentris maka $e^x = 0$
 sehingga $B' = 1 \text{ m}$, $Df/B = 1 / 1 = 1$

Faktor kedalaman Meyerhoff :

$$\begin{aligned}
 d_c &= 1 + 0,2 (D/B) \text{tg} (45^\circ + \phi / 2) \\
 &= 1 + 0,2 * 1 * \text{tg} (45^\circ + 11,45^\circ / 2) \\
 &= 2,35
 \end{aligned}$$

karena $\phi > 10$ maka :

$$\begin{aligned}
 d_q &= d_\gamma = 1 + 0,1 (D/B) \text{tg} (45^\circ + \phi / 2) \\
 &= 1 + 0,1 * 1 * \text{tg} (45^\circ + 11,45^\circ / 2) \\
 &= 1,67
 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$q_u = s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma \cdot D_f \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$= 1,19 \cdot 2,35 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 9,02 + 1,06 \cdot 1,67 \cdot 1 \cdot 1,43 \cdot 1 \cdot 2,82 +$$

$$1,1 \cdot 1,67 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,43 \cdot 0,52$$

$$= 27,75 + 7,14 + 0,68$$

$$= 35,57 \text{ t/m}^2$$

$$q_a = q_u / F \longrightarrow \text{(Faktor aman F dianggap 3)}$$

$$= 35,57 / 3$$

$$= 11,86 \text{ t/m}^2$$

$$q = \gamma_b \cdot D_f$$

$$= 1,43 \cdot 1$$

$$= 1,43 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = q_a - q$$

$$= 11,86 - 1,43$$

$$= 10,43 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = P / A = P / (B \cdot L)$$

$$B \cdot L = P / q_{a_n}$$

$$L = 25 / 10,83$$

$$L = 2,4 \text{ m} > B = 1 \text{ m} \longrightarrow \text{OK!}$$

Cek :

$$P_{\text{tot}} = P + (A \cdot q)$$

$$= 25 + (1 \cdot 2,4 \cdot 1,43)$$

$$= 28,43 \text{ t}$$

$$q_{\text{terjadi}} = P_{\text{tot}} / A$$

$$= 28,43 / (1 * 2,4)$$

$$= 11,85 \text{ t/m}^2 < q_a = 11,86 \text{ t/m}^2 \text{ ----} \rightarrow \text{OK!}$$

Tekanan pondasi total (q_{terjadi}) lebih kecil dari tekanan pada dasar pondasi yang aman terhadap keruntuhan dukung atau kapasitas dukung aman (q_a), maka dimensi pondasi tersebut memenuhi faktor aman terhadap daya dukung.

5.4.1.2 Hitungan Kuat Dukung Tanah dengan Campuran Serbuk Gypsum berdasarkan Uji Triaksial UU

Berikut adalah perhitungan kuat dukung tanah dengan campuran serbuk gipsum. Kadar campuran tanah dengan gipsum yang menghasilkan kohesi dan sudut geser maksimum diperoleh pada kadar serbuk gipsum 6%. Data dan perhitungan kuat dukungnya sebagai berikut:

Dari pengujian triaksial tanah dengan campuran 6% serbuk gipsum di dapatkan :

$$\text{Kohesi (c)} = 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 5 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 15,96^\circ$$

$$\gamma_b = 1,43 \text{ gr/cm}^3 = 1,43 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{tanah campuran}} = 1,29 \text{ gr/cm}^3 = 1,29 \text{ t/m}^3$$

$$P = 25 \text{ ton}$$

$$D_f = 1 \text{ m}$$

Prediksi :

$$B = 1 \text{ m} ; \quad L = 1,5 B = 1,5 \text{ m}$$



Nilai N_c , N_q dan N_γ berdasarkan nilai sudut geser dalamnya (ϕ) dari Gambar 3.4 untuk pondasi adalah:

$$N_c = 11,6 \quad ; \quad N_q = 4,32 \quad ; \quad N_\gamma = 1,36 \quad (\text{untuk pondasi memanjang})$$

$$N_c = 16,25 \quad ; \quad N_q = 4,4 \quad ; \quad N_\gamma = 1,39 \quad (\text{untuk pondasi bujur sangkar})$$

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1 \quad (\text{beban vertikal})$$

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$\begin{aligned} s_c &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_c(\text{bujur sangkar})}{N_c(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(16,25 / 11,6) - 1] \\ &= 1,27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_q &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_q(\text{bujur sangkar})}{N_q(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(4,4 / 4,32) - 1] \\ &= 1,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_\gamma &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_\gamma(\text{bujur sangkar})}{N_\gamma(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(1,39 / 1,36) - 1] \\ &= 1,02 \end{aligned}$$

Lebar efektif $B' = B - 2e^x$, karena beban sentris maka $e^x = 0$

sehingga $B' = 1 \text{ m}$, $D_f/B = 1 / 1 = 1$

Faktor kedalaman Meyerhoff :

$$\begin{aligned} d_c &= 1 + 0,2 (D/B) \operatorname{tg} (45^\circ + \phi/2) \\ &= 1 + 0,2 * 1 * \operatorname{tg} (45^\circ + 15,96^\circ/2) \\ &= 1,27 \end{aligned}$$

karena $\phi > 10$ maka :

$$\begin{aligned} d_q &= d_\gamma = 1 + 0,1 (D/B) \operatorname{tg} (45^\circ + \phi/2) \\ &= 1 + 0,1 * 1 * \operatorname{tg} (45^\circ + 15,96^\circ/2) \\ &= 1,13 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma_b \cdot D_f \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \\ &= 1,27 * 1,27 * 1 * 5 * 11,6 + 1,01 * 1,13 * 1 * 1,43 * 1 * 4,32 + 1,02 * 1,13 * 1 * 0,5 * 1 * \\ &1,29 * 1,36 \\ &= 93,55 + 7,05 + 1,01 \\ &= 101,6 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_a = q_u / F \longrightarrow \text{(Faktor aman F dianggap 3)}$$

$$= 101,6 / 3$$

$$= 33,87 \text{ t/m}^2$$

$$q = \gamma_b \cdot D_f$$

$$= 1,43 \cdot 1$$

$$= 1,43 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = q_a - q$$

$$= 33,87 - 1,43$$

$$= 32,44 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = P / A = P / (B * L)$$

$$B * L = P / q_{a_n}$$

$$1 * L = 25 / 32,44$$

$$L = 0,77 \text{ m} \sim 1 \text{ m (pondasi bujur sangkar } B = L) \rightarrow \text{OK!}$$

Cek :

$$P_{\text{tot}} = P + (A * q)$$

$$= 25 + (1 * 1 * 1,43)$$

$$= 26,43 \text{ t}$$

$$q_{\text{terjadi}} = P_{\text{tot}} / A$$

$$= 26,43 / (1 * 1)$$

$$= 26,43 \text{ t/m}^2 < q_a = 33,87 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{OK!}$$

Tekanan pondasi total (q_{terjadi}) lebih kecil dari tekanan pada dasar pondasi yang aman terhadap keruntuhan dukung atau kapasitas dukung aman (q_a), maka dimensi pondasi tersebut memenuhi faktor aman terhadap daya dukung. Dari hitungan diatas diperoleh penghematan dimensi pondasi sebesar 58,3% dari dimensi tanah asli sebesar $2,4 \text{ m}^2$ menjadi 1 m^2 pada tanah dengan campuran serbuk gipsum pada kadar 6%.

5.4.1.3 Hitungan Kuat Dukung Tanah dengan Campuran Serbuk Batu

Bara berdasarkan Uji Triaksial UU

Berikut adalah perhitungan kuat dukung tanah dengan campuran serbuk batu bara. Kadar campuran tanah dengan serbuk batu bara yang menghasilkan

kohesi dan sudut geser maksimum diperoleh pada kadar serbuk batu bara 10%.

Data dan perhitungan kuat dukungnya sebagai berikut:

Dari pengujian triaksial tanah dengan campuran 10% serbuk batu bara di dapatkan :

$$\text{Kohesi (c)} = 0,52 \text{ kg/cm}^2 = 5,2 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 16,39^\circ$$

$$\gamma_b = 1,43 \text{ gr/cm}^3 = 1,43 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma \text{ tanah campuran} = 1,25 \text{ gr/cm}^3 = 1,25 \text{ t/m}^3$$

$$P = 25 \text{ ton}$$

$$D_f = 1 \text{ m}$$

Prediksi :

$$B = 1 \text{ m} ; \quad L = 1,5 B = 1,5 \text{ m}$$

Nilai N_c , N_q dan N_γ berdasarkan nilai sudut geser dalamnya (ϕ) dari Gambar 3.4 untuk pondasi adalah:

$$N_c = 11,9 ; N_q = 4,51 ; N_\gamma = 1,48 \text{ (untuk pondasi memanjang)}$$

$$N_c = 16,6 ; N_q = 4,8 ; N_\gamma = 1,6 \text{ (untuk pondasi bujur sangkar)}$$

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1 \text{ (beban vertikal)}$$

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$S_c = 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_c(\text{bujur sangkar})}{N_c(\text{memanjang})} - 1 \right]$$

$$= 1 + (1/1,5) [(16,6 / 11,9) - 1]$$

$$= 1,26$$

$$\begin{aligned}
 s_q &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{Nq(\text{bujur sangkar})}{Nq(\text{memanjang})} - 1 \right] \\
 &= 1 + (1/1,5) [(4,8 / 4,51) - 1] \\
 &= 1,04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_\gamma &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N\gamma(\text{bujur sangkar})}{N\gamma(\text{memanjang})} - 1 \right] \\
 &= 1 + (1/1,5) [(1,6 / 1,48) - 1] \\
 &= 1,05
 \end{aligned}$$

Lebar efektif $B' = B - 2e^x$, karena beban sentris maka $e^x = 0$

sehingga $B' = 1\text{m}$, $Df/B = 1 / 1 = 1$

Faktor kedaiaman Meyerhoff :

$$\begin{aligned}
 dc &= 1 + 0,2 (D/B) \text{tg} (45^\circ + \phi / 2) \\
 &= 1 + 0,2 * 1 * \text{tg} (45^\circ + 16,39^\circ / 2) \\
 &= 1,21
 \end{aligned}$$

karena $\phi > 10$ maka :

$$\begin{aligned}
 dq &= dy = 1 + 0,1 (D/B) \text{tg} (45^\circ + \phi / 2) \\
 &= 1 + 0,1 * 1 * \text{tg} (45^\circ + 16,39^\circ / 2) \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$\begin{aligned}
 qu &= sc . dc . ic . c . Nc + sq . dq . iq . \gamma . Df . Nq + s_\gamma . dy . i_\gamma . 0,5 . B' . \gamma . N_\gamma \\
 &= 1,26 * 1,21 * 1 * 5,2 * 11,9 + 1,04 * 1,1 * 1 * 1,43 * 1 * 4,51 + 1,05 * 1,1 * 1 * 0,5 * 1 * \\
 &1,25 * 1,48
 \end{aligned}$$

$$=94,34 + 7,38 + 1,07$$

$$=102,79 \text{ t/m}^2$$

$$q_a = q_u / F \longrightarrow \text{(Faktor aman } F \text{ dianggap } 3)$$

$$= 102,79 / 3$$

$$= 34,26 \text{ t/m}^2$$

$$q = \gamma_b \cdot D_f$$

$$=1,43 \cdot 1$$

$$=1,43 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = q_a - q$$

$$= 34,26 - 1,43$$

$$= 32,8 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = P / A = P / (B \cdot L)$$

$$B \cdot L = P / q_{a_n}$$

$$1 \cdot L = 25 / 32,8$$

$$L = 0,76 \text{ m} \sim 1 \text{ m (pondasi bujur sangkar } B = L) \longrightarrow \text{OK!}$$

Cek:

$$P_{\text{tot}} = P + (A \cdot q)$$

$$= 25 + (1 \cdot 1 \cdot 1,43)$$

$$= 26,43 \text{ t}$$

$$q_{\text{terjadi}} = P_{\text{tot}} / A$$

$$= 26,43 / (1 \cdot 1)$$

$$= 26,43 \text{ t/m}^2 < q_a = 34,26 \text{ t/m}^2 \longrightarrow \text{OK!}$$

$$=94,34 + 7,38 + 1,07$$

$$=102,79 \text{ t/m}^2$$

$$q_a = q_u / F \longrightarrow \text{(Faktor aman } F \text{ dianggap } 3)$$

$$= 102,79 / 3$$

$$= 34,26 \text{ t/m}^2$$

$$q = \gamma_b \cdot D_f$$

$$=1,43 \cdot 1$$

$$=1,43 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = q_a - q$$

$$= 34,26 - 1,43$$

$$= 32,8 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = P / A = P / (B \cdot L)$$

$$B \cdot L = P / q_{a_n}$$

$$1 \cdot L = 25 / 32,8$$

$$L = 0,76 \text{ m} \sim 1 \text{ m (pondasi bujur sangkar } B = L) \longrightarrow \text{OK!}$$

Cek:

$$P_{\text{tot}} = P + (A \cdot q)$$

$$= 25 + (1 \cdot 1 \cdot 1,43)$$

$$=26,43 \text{ t}$$

$$q_{\text{terjadi}} = P_{\text{tot}} / A$$

$$= 26,43 / (1 \cdot 1)$$

$$= 26,43 \text{ t/m}^2 < q_a = 34,26 \text{ t/m}^2 \longrightarrow \text{OK!}$$

Tekanan pondasi total (q_{terjadi}) lebih kecil dari tekanan pada dasar pondasi yang aman terhadap keruntuhan dukung atau kapasitas dukung aman (q_a), maka dimensi pondasi tersebut memenuhi faktor aman terhadap daya dukung. Dari hitungan diatas diperoleh penghematan dimensi pondasi sebesar 58,3% dari dimensi tanah asli sebesar $2,4 \text{ m}^2$ menjadi 1 m^2 pada tanah dengan campuran serbuk batu bara pada kadar 10%.

5.4.2 Hitungan Kuat Dukung Tanah berdasarkan Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)

Berikut ini adalah hitungan kuat dukung tanah berdasarkan data pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*).

5.4.2.1 Hitungan Kuat Dukung Tanah Undisturb berdasarkan Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Dari pengujian geser langsung tanah *undisturb* di dapatkan :

$$\text{Koheesi (c)} = 0,13 \text{ kg/cm}^2 = 1,3 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 14,6^\circ$$

$$\gamma_b = 1,43 \text{ gr/cm}^3 = 1,43 \text{ t/m}^3$$

$$P = 25 \text{ ton}$$

$$D_f = 1 \text{ m}$$

Prediksi :

$$B = 1 \text{ m} ; \quad L = 1,5 B = 1,5 \text{ m}$$

Nilai N_c , N_q dan N_y berdasarkan nilai sudut geser dalamnya (ϕ) dari Gambar 3.4 untuk pondasi adalah:

$N_c = 10,73$; $N_q = 3,8$; $N_\gamma = 1,05$ (untuk pondasi memanjang)

$N_c = 14,6$; $N_q = 3,93$; $N_\gamma = 1,08$ (untuk pondasi bujur sangkar)

$i_c = i_q = i_\gamma = 1$ (beban vertikal)

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$\begin{aligned} s_c &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_c(\text{bujur sangkar})}{N_c(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(14,6 / 10,73) - 1] \\ &= 1,36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_q &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_q(\text{bujur sangkar})}{N_q(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(3,93 / 3,8) - 1] \\ &= 1,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_\gamma &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_\gamma(\text{bujur sangkar})}{N_\gamma(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(1,08 / 1,05) - 1] \\ &= 1,02 \end{aligned}$$

Lebar efektif $B' = B - 2e^x$, karena beban sentris maka $e^x = 0$

sehingga $B' = 1\text{m}$, $Df/B = 1 / 1 = 1$

Faktor kedalaman Meyerhoff :

$$\begin{aligned} d_c &= 1 + 0,2 (D/B) \text{tg} (45^\circ + \phi / 2) \\ &= 1 + 0,2 * 1 * \text{tg} (45^\circ + 14,6^\circ / 2) \\ &= 1,26 \end{aligned}$$

karena $\phi > 10$ maka :

$$\begin{aligned} dq &= dy = 1 + 0,1 (D/B) \operatorname{tg} (45^\circ + \phi / 2) \\ &= 1 + 0,1 * 1 * \operatorname{tg}(45^\circ + 14,6^\circ / 2) \\ &= 1,13 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$\begin{aligned} qu &= sc . dc . ic . c . Nc + sq . dq . iq . \gamma . Df . Nq + s\gamma . dy . iy . 0,5 . B' . \gamma . Ny \\ &= 1,36 * 1,26 * 1 * 1 * 1,3 * 10,73 + 1,02 * 1,13 * 1 * 1,43 * 1 * 3,8 + 1,02 * 1,13 * 1 * 0,5 * 1 \\ &\quad * 1,43 * 1,05 \\ &= 23,9 + 6,3 + 0,9 \\ &= 31,1 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qa &= qu / F \longrightarrow (\text{Faktor aman } F \text{ dianggap } 3) \\ &= 31,1 / 3 \\ &= 10,37 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \gamma b . Df \\ &= 1,43 \cdot 1 \end{aligned}$$

$$= 1,43 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} qa_n &= qa - q \\ &= 10,37 - 1,43 \\ &= 8,94 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$qa_n = P / A = P / (B * L)$$

$$B * L = P / qa_n$$

$$1 * L = 25 / 8,94$$

$$L = 2,79 \text{ m} \sim 2,8 \text{ m} > B = 1 \text{ m} \longrightarrow \text{OK!}$$

Cek :

$$\begin{aligned} P_{\text{tot}} &= P + (A * q) \\ &= 25 + (1 * 2,8 * 1,43) \\ &= 29 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{terjadi}} &= P_{\text{tot}} / A \\ &= 29 / (1 * 2,8) \\ &= 10,35 \text{ t/m}^2 < q_a = 10,37 \text{ t/m}^2 \text{ -----} \rightarrow \text{OK!} \end{aligned}$$

Tekanan pondasi total (q_{terjadi}) lebih kecil dari tekanan pada dasar pondasi yang aman terhadap keruntuhan dukung atau kapasitas dukung aman (q_a), maka dimensi pondasi tersebut memenuhi faktor aman terhadap daya dukung

5.4.2.2 Hitungan Kuat Dukung Tanah dengan Campuran Serbuk Gypsum berdasarkan Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Berikut adalah perhitungan kuat dukung tanah dengan campuran serbuk gypsum. Kadar campuran tanah dengan gypsum yang menghasilkan kohesi dan sudut geser maksimum diperoleh pada kadar serbuk gypsum 6%. Data dan perhitungan kuat dukungnya sebagai berikut:

Dari pengujian geser langsung tanah dengan campuran 6% serbuk gypsum di dapatkan :

$$\text{Kohesi (c)} = 0,36 \text{ kg/cm}^2 = 3,6 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 12,4^\circ$$

$$\gamma_b = 1,43 \text{ gr/cm}^3 = 1,43 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma = 1,29$$

$$P = 25 \text{ ton}$$

$$D_f = 1 \text{ m}$$

Prediksi :

$$B = 1 \text{ m} ; \quad L = 1,5 B = 1,5 \text{ m}$$

Nilai N_c , N_q dan N_γ berdasarkan nilai sudut geser dalamnya (ϕ) dari Gambar 3.4

untuk pondasi adalah:

$$N_c = 9,9 ; N_q = 3,1 ; N_\gamma = 0,66 \text{ (untuk pondasi memanjang)}$$

$$N_c = 11,1 ; N_q = 3,3 ; N_\gamma = 0,72 \text{ (untuk pondasi bujur sangkar)}$$

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1 \text{ (beban vertikal)}$$

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$\begin{aligned} s_c &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_c(\text{bujur sangkar})}{N_c(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(11,1 / 9,9) - 1] \\ &= 1,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_q &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_q(\text{bujur sangkar})}{N_q(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(3,3 / 3,1) - 1] \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_\gamma &= 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_\gamma(\text{bujur sangkar})}{N_\gamma(\text{memanjang})} - 1 \right] \\ &= 1 + (1/1,5) [(0,72 / 0,66) - 1] \\ &= 1,06 \end{aligned}$$

Lebar efektif $B' = B - 2e^x$, karena beban sentris maka $e^x = 0$

sehingga $B' = 1\text{m}$, $Df/B = 1/1, = 1$

Faktor kedalaman Meyerhoff :

$$\begin{aligned} dc &= 1 + 0,2 (D/B) \operatorname{tg} (45^\circ + \phi/2) \\ &= 1 + 0,2 * 1 * \operatorname{tg} (45^\circ + 12,4^\circ/2) \\ &= 1,25 \end{aligned}$$

karena $\phi > 10$ maka :

$$\begin{aligned} dq &= d\gamma = 1 + 0,1 (D/B) \operatorname{tg} (45^\circ + \phi/2) \\ &= 1 + 0,1 * 1 * \operatorname{tg} (45^\circ + 12,4^\circ/2) \\ &= 1,1 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$\begin{aligned} qu &= sc \cdot dc \cdot ic \cdot c \cdot Nc + sq \cdot dq \cdot iq \cdot \gamma \cdot Df \cdot Nq + sy \cdot dy \cdot iy \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot Ny \\ &= 1,08 * 1,25 * 1 * 1 * 3,6 * 9,9 + 1,04 * 1,1 * 1 * 1,43 * 1 * 3,1 + 1,06 * 1,1 * 1 * 0,5 * 1 * \\ &1,29 * 0,66 \\ &= 50,79 + 5,07 + 0,496 \\ &= 53,7 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$qa = qu / F \longrightarrow (\text{Faktor aman } F \text{ dianggap } 3)$$

$$= 53,7 / 3$$

$$= 17,9 \text{ t/m}^2$$

$$q = \gamma b \cdot Df$$

$$= 1,43 \cdot 1$$

$$= 1,43 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 qa_n &= qa - q \\
 &= 17,9 - 1,43 \\
 &= 16,37 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$qa_n = P/A = P/(B \cdot L)$$

$$B \cdot L = P/qa_n$$

$$1 \cdot L = 25/16,37$$

$$L = 1,52 \text{ m} \sim 1,6 \text{ m} > B = 1 \text{ m} \rightarrow \text{OK!}$$

Cek:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tot}} &= P + (A \cdot q) \\
 &= 25 + (1 \cdot 1,6 \cdot 1,43) \\
 &= 27,29 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{terjadi}} &= P_{\text{tot}}/A \\
 &= 27,29 / (1 \cdot 1,6) \\
 &= 17,1 \text{ t/m}^2 < q_u = 17,9 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Tekanan pondasi total (q_{terjadi}) lebih kecil dari tekanan pada dasar pondasi yang aman terhadap keruntuhan dukung atau kapasitas dukung aman (q_u), maka dimensi pondasi tersebut memenuhi faktor aman terhadap daya dukung. Dari hitungan diatas diperoleh penghematan dimensi pondasi sebesar 42,86% dari dimensi tanah asli sebesar $2,8 \text{ m}^2$ menjadi $1,6 \text{ m}^2$ pada tanah dengan campuran serbuk gipsum pada kadar 6%.

5.4.2.2 Hitungan Kuat Dukung Tanah dengan Campuran Serbuk Batu Bara berdasarkan Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Berikut adalah perhitungan kuat dukung tanah dengan campuran serbuk batu bara. Kadar campuran tanah dengan serbuk batu bara yang menghasilkan kohesi dan sudut geser maksimum diperoleh pada kadar serbuk batu bara 10%.

Data dan perhitungan kuat dukungnya sebagai berikut:

Dari pengujian geser langsung tanah dengan campuran 10% serbuk batu bara di dapatkan :

$$\text{Kohesi (c)} = 0,42 \text{ kg/cm}^2 = 4,2 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 11,43^\circ$$

$$\gamma_b = 1,43 \text{ gr/cm}^3 = 1,43 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma = 1,25 \text{ gr/cm}^3 = 1,25 \text{ t/m}^3$$

$$P = 25 \text{ ton}$$

$$D_f = 1 \text{ m}$$

Prediksi

$$B = 1 \text{ m} ; \quad L = 1,5 B = 1,5 \text{ m}$$

Nilai N_c , N_q dan N_γ berdasarkan nilai sudut geser dalamnya (ϕ) dari Gambar 3.4 untuk pondasi adalah:

$$N_c = 9,02 ; N_q = 2,82 ; N_\gamma = 0,52 \text{ (untuk pondasi memanjang)}$$

$$N_c = 11,6 ; N_q = 3,1 ; N_\gamma = 0,6 \text{ (untuk pondasi bujur sangkar)}$$

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1 \text{ (beban vertikal)}$$

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$S_c = 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N_c(\text{bujur sangkar})}{N_c(\text{memanjang})} - 1 \right]$$

$$= 1 + (1/1,5) [(11,6 / 9,02) - 1]$$

$$= 1,19$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{Nq(\text{bujur sangkar})}{Nq(\text{memanjang})} - 1 \right]$$

$$= 1 + (1/1,5) [(3,1 / 2,82) - 1]$$

$$= 1,06$$

$$s_\gamma = 1 + \frac{B}{L} \left[\frac{N\gamma(\text{bujur sangkar})}{N\gamma(\text{memanjang})} - 1 \right]$$

$$= 1 + (1/1,5) [(0,6 / 0,52) - 1]$$

$$= 1,1$$

Lebar efektif $B' = B - 2e^x$, karena beban sentris maka $e^x = 0$
sehingga $B' = 1 \text{ m}$, $Df/B = 1 / 1 = 1$

Faktor kedalaman Meyerhoff :

$$d_c = 1 + 0,2 (D/B) \text{tg} (45^\circ + \phi / 2)$$

$$= 1 + 0,2 * 1 * \text{tg} (45^\circ + 11,45^\circ / 2)$$

$$= 1,25$$

karena $\phi > 10$ maka :

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 (D/B) \text{tg} (45^\circ + \phi / 2)$$

$$= 1 + 0,1 * 1 * \text{tg} (45^\circ + 11,45^\circ / 2)$$

$$= 1,12$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$q_u = s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma \cdot D_f \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$= 1,19 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 4,2 \cdot 9,02 + 1,06 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 1,43 \cdot 1 \cdot 2,82 +$$

$$1,1 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,52$$

$$= 56,35 + 5,36 + 0,4$$

$$= 62,11 \text{ t/m}^2$$

$$q_a = q_u / F \longrightarrow \text{(Faktor aman F dianggap 3)}$$

$$= 62,11 / 3$$

$$= 20,7 \text{ t/m}^2$$

$$q = \gamma \cdot b \cdot D_f$$

$$= 1,43 \cdot 1$$

$$= 1,43 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = q_a - q$$

$$= 20,7 - 1,43$$

$$= 19,27 \text{ t/m}^2$$

$$q_{a_n} = P / A = P / (B \cdot L)$$

$$B \cdot L = P / q_{a_n}$$

$$1 \cdot L = 25 / 19,27$$

$$L = 1,3 \text{ m} > 1 \text{ m} \longrightarrow \text{OK!}$$

Cek :

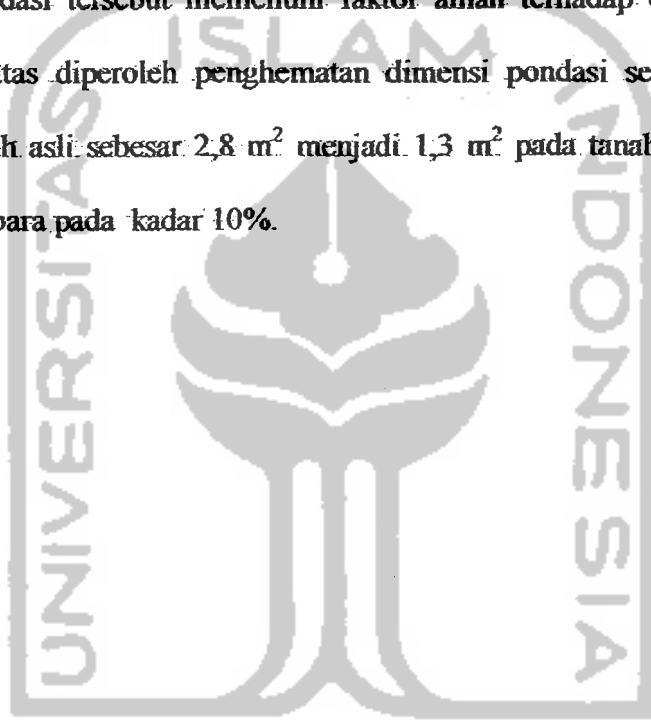
$$P_{\text{tot}} = P + (A \cdot q)$$

$$= 25 + (1 \cdot 1,3 \cdot 1,43)$$

$$= 26,86 \text{ t}$$

$$\begin{aligned}q_{\text{terjadi}} &= P_{\text{tot}} / A \\ &= 26,86 / (1 * 1,3) \\ &= 20,66 \text{ t/m}^2 < q_a = 20,7 \text{ t/m}^2 \longrightarrow \text{OK!}\end{aligned}$$

Tekanan pondasi total (q_{terjadi}) lebih kecil dari tekanan pada dasar pondasi yang aman terhadap keruntuhan dukung atau kapasitas dukung aman (q_a), maka dimensi pondasi tersebut memenuhi faktor aman terhadap daya dukung. Dari hitungan diatas diperoleh penghematan dimensi pondasi sebesar 53,57% dari dimensi tanah asli sebesar 2,8 m² menjadi 1,3 m² pada tanah dengan campuran serbuk batu bara pada kadar 10%.



جامعة الإسلام في اندونيسيا