

BAB V

ANALISIS PENELITIAN

Dalam bab ini akan diuraikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan di laboratorium, yaitu pengaruh pencampuran kapur terhadap kuat dukung tanah butir halus. Adapun perhitungan laboratorium disajikan pada bagian lampiran laporan ini.

5.1 Sifat Fisik Tanah dan Klasifikasi Tanah

Dari hasil pengujian sifat fisik tanah telah diketahui, tanah Kasongan, Yogyakarta berwarna coklat dan keras.

5.1.1 Pengujian Analisis Saringan

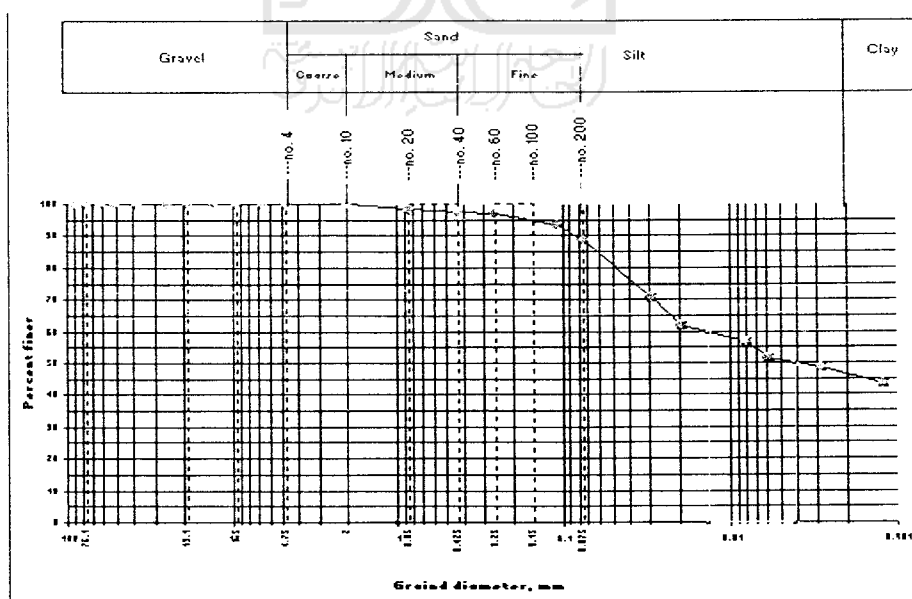
Hasil pengujian hydrometer dan analisis saringan didapat grafik sebagai berikut :

Sampel 1 :

Pasir : 11,467 %

Lanau : 43,140 %

Lempung : 45,393 %



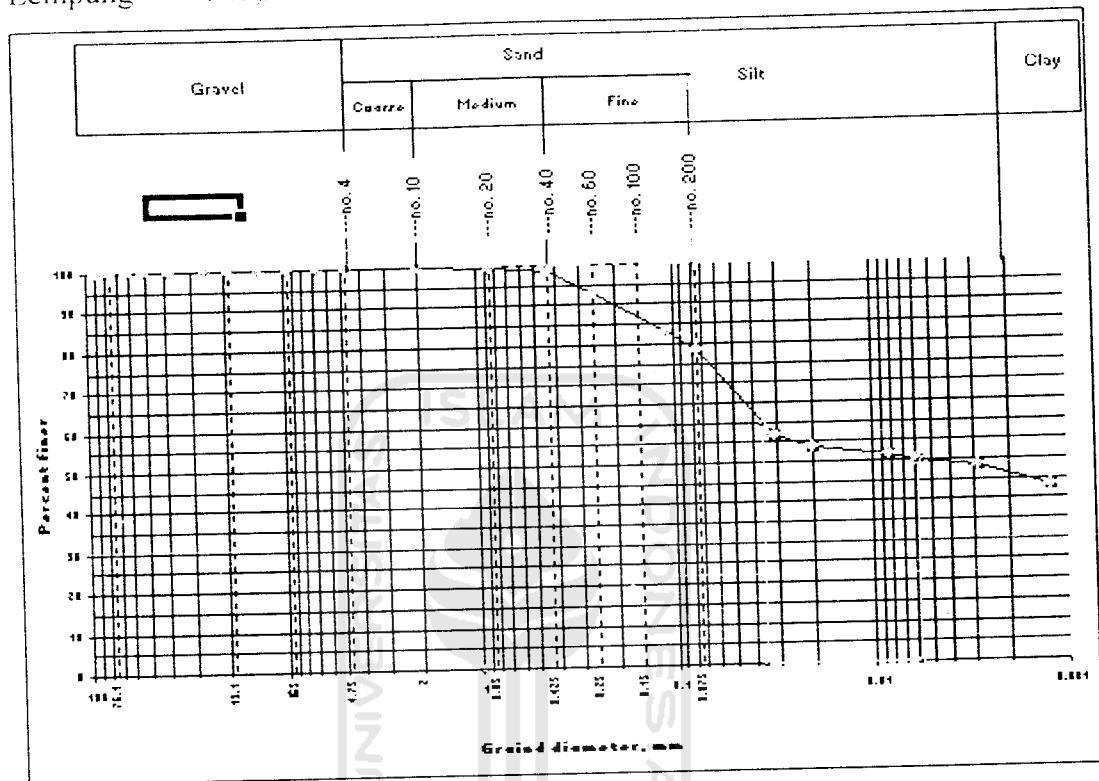
Gambar 5.1 Grafik Distribusi Pembagian Butir Halus

Sampel 2 :

Pasir : 21,750 %

Lanau : 32,857 %

Lempung : 45,393 %

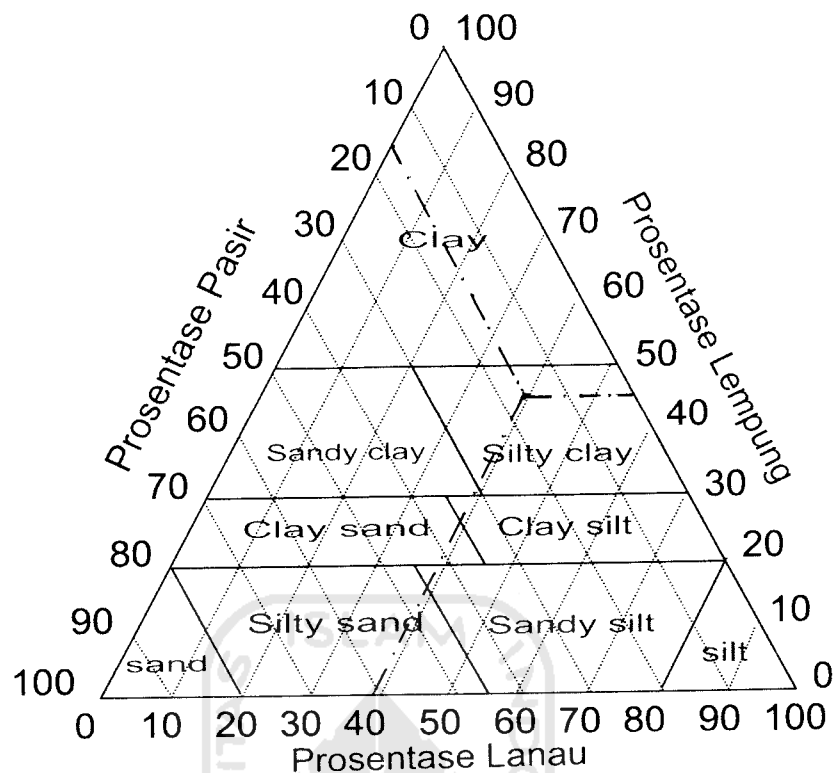


Gambar 5.2 Grafik Distribusi Pembagian Butir Halus

Tabel 5.1 Persentase Analisis Butiran Tanah

Kriteria tanah	I	II	Rata-rata
% Pasir	11,467	21,750	16,6085
% Lanau	43,140	32,857	37,9985
% Lempung	45,393	45,393	45,393

Dari hasil grafik analisis butiran dan tabel diatas maka diperoleh data pada Table 5.1, kemudian presentasi tanah lolos tersebut diplotkan kedalam klasifikasi tanah sistem USCS sehingga diketahui jenis tanah yang diujikan, seperti pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Dari gambar system klasifikasi tanah USCS dapat dilihat bahwa tanah Kasongan, Bantul, Yogyakarta termasuk jenis tanah lempung berlanau (*silty clay*).

$$\begin{aligned}
 GI &= (F-38)((0.2+0.005(LL-40)) + 0.01(F-15)(PI-10)) \\
 &= (45.39)(0.41725) + (25.34) \\
 &= 44.27 \sim 45
 \end{aligned}$$

5.2 Sifat Mekanik Tanah

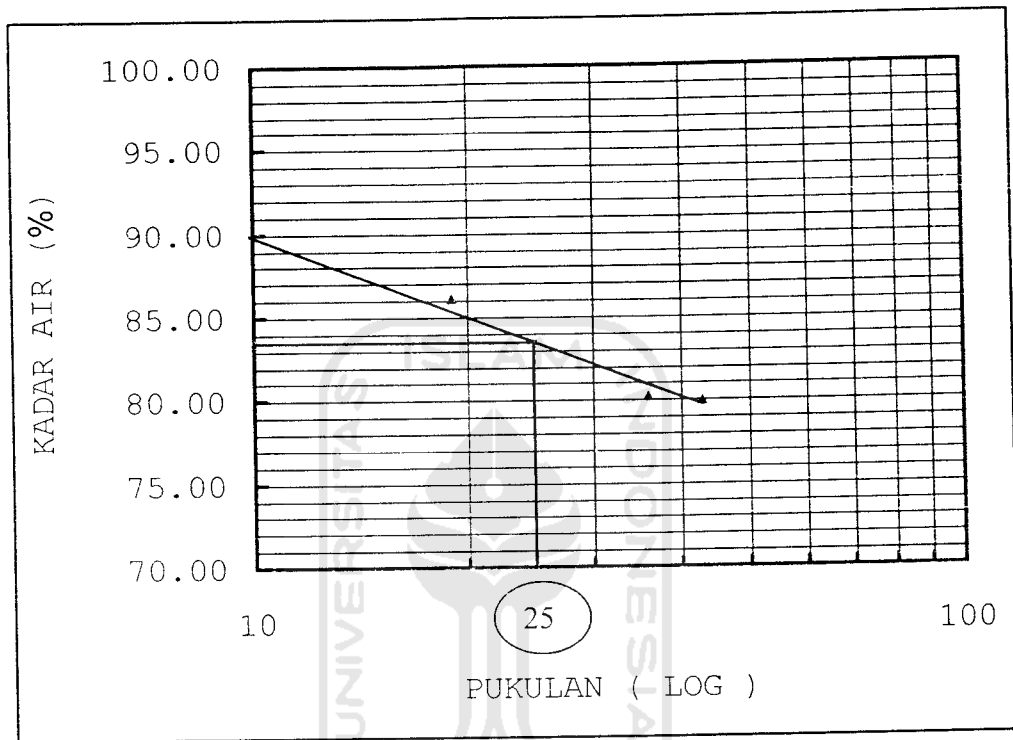
Hasil pengujian sifat mekanik tanah Kasongan, Yogyakarta didapat hasil seperti pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah

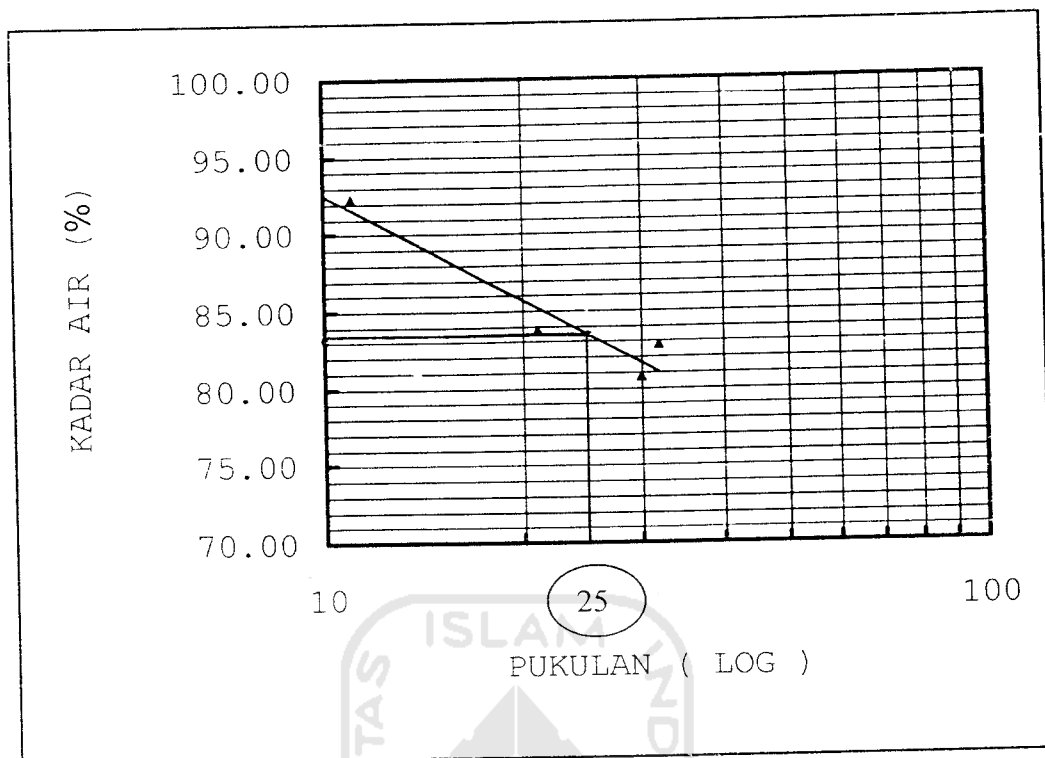
Percobaan	Nilai
Kadar air w (%)	47,71
Berat volume tanah γ_b (gr/cm ³)	1,80
Berat jenis G_s	2,55

5.2.1 Pengujian Batas-batas Konsistensi

Hasil pengujian batas konsistensi dapat kita lihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5.



Gambar 5.4 Grafik hubungan antara pukulan dengan kadar air (1)



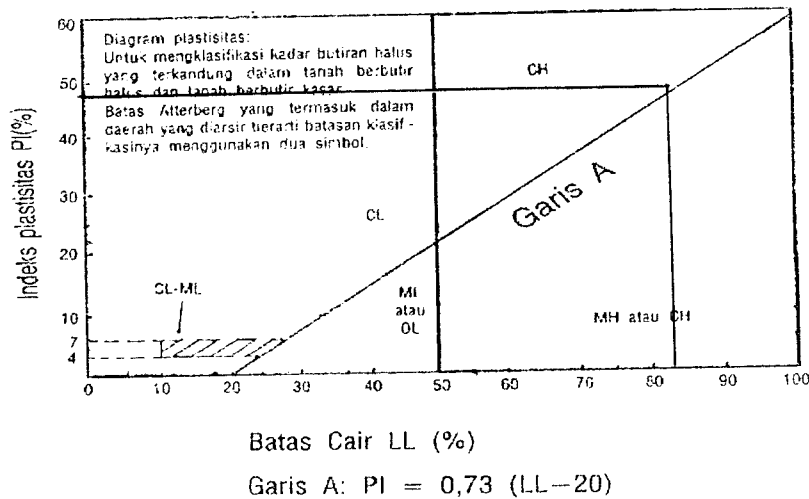
Gambar 5.5 Grafik hubungan antara pukulan dengan kadar air (2)

Dari hasil diatas didapat data pada Tabel 5.3 dibawah ini.

Tabel 5.3 Hasil Batas Konsistensi Tanah

	I	II	Rata-rata
Batas Cair (LL)	83,44 %	83,46 %	83,45 %
Batas Plastis (PL)	36,67 %	36,11 %	36,39 %
Indeks Plastis (IP)	46,77 %	47,34 %	47,055 %

Dari hasil perhitungan diatas kemudian diklasifikasi kedalam sistem klasifikasi tanah *Unifed* untuk menentukan jenis tanahnya, seperti pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Sistem Klasifikasi Tanah Unified

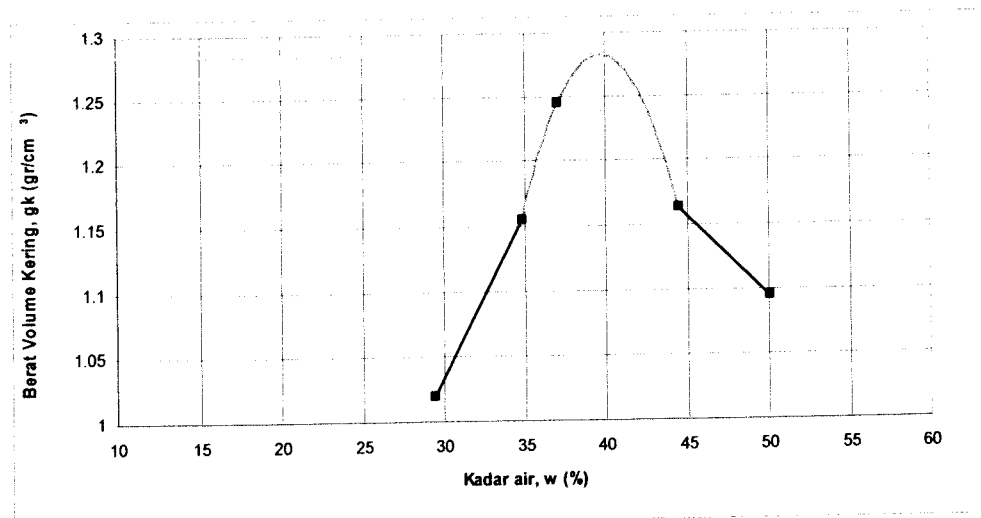
Dari grafik diatas diperoleh jenis tanah yang dipakai dalam penelitian masuk kedalam golongan CH yaitu lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*).

5.2.2. Pengujian Proktor Standar

Pengujian ini untuk mengetahui kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Hasil dari pengujian ini dapat di lihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Pemadatan Proctor Standar

Percobaan	1	2	3	4	5
W rata-rata (%)	29,45	34,83	37,05	44,53	50,06
γ_k rata-rata (gr/cm^3)	1,02	1,155	1,244	1,163	1,095



Gambar 5.7 Kurva Hubungan antara Berat Volume Kering Dan Kadar Air

Dari gambar kurva diatas diperoleh :

Berat volume kering maksimum = 1,283 gr/cm³

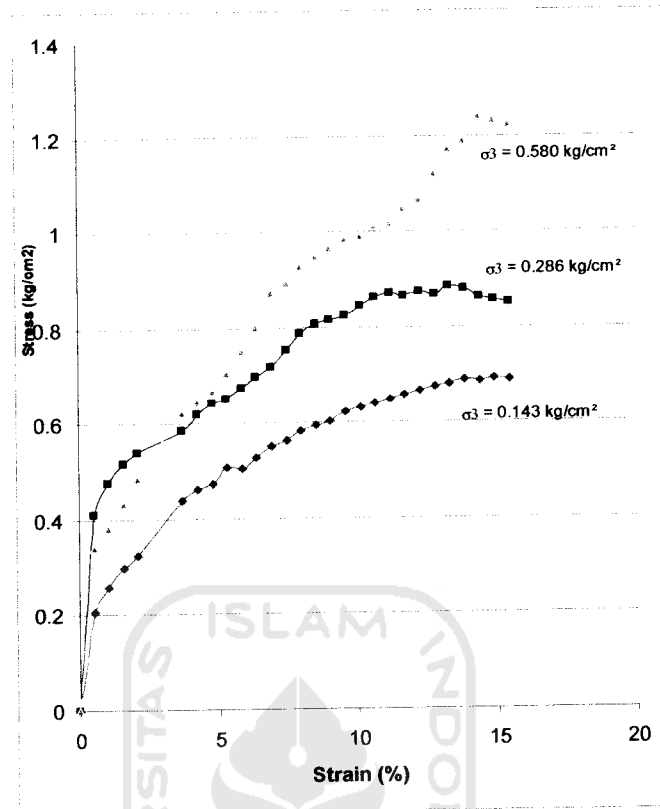
Kadar air optimum = 39,76 %

5.2.3 Pengujian Triaksial UU

Dari pengujian triaksial UU pada tanah undisturbed diperoleh sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) yang akan digunakan untuk menganalisis daya dukung tanah. Dari pengujian Triaksial UU tanah asli maka diperoleh :

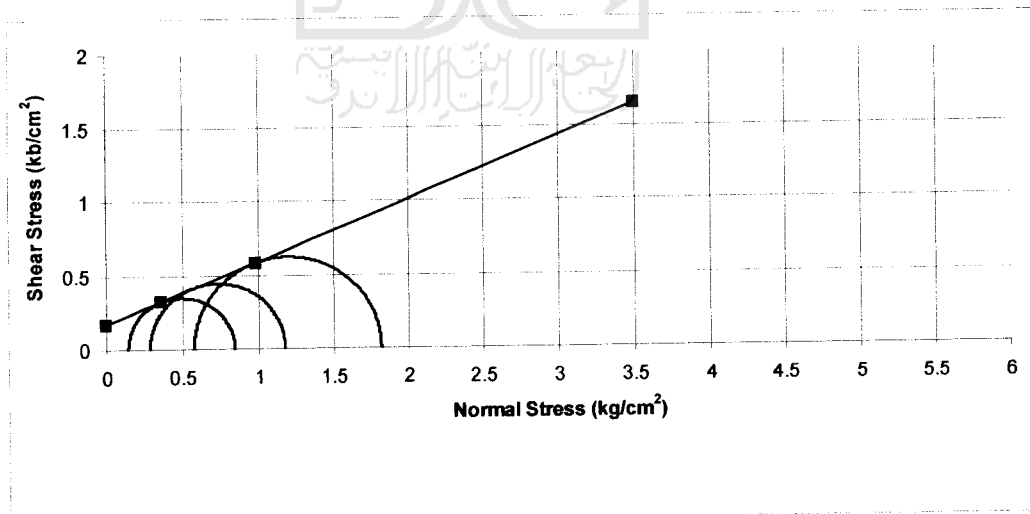
Kohesi (c) = 0,169553 kg/cm²

Sudut geser dalam (ϕ) = 22,87961°



Gambar 5.8 Kurva Hubungan Tegangan dan Regangan Pada Uji Triaksial Tanah Asli

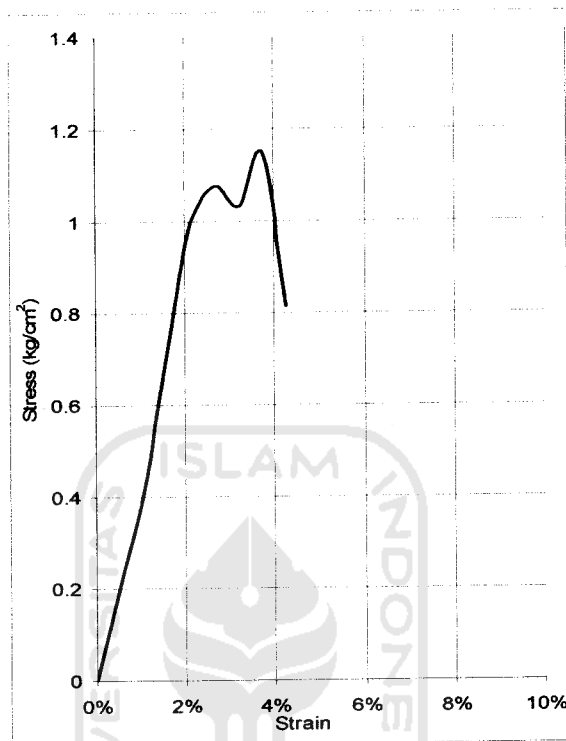
Dari σ maks yang didapat dibuat lingkaran Mohr seperti pada gambar 5.9.



Gambar 5.9 Lingkaran Mohr Uji Triaksial UU tanah asli

5.2.4 Pengujian Tekan Bebas (UCS)

Dari pengujian tekan bebas pada tanah undisturbed diperoleh sudut gesek dalam (ϕ), kohesi (c) dan kuat tekan tanah (q_u) seperti pada gambar 5.10



Gambar 5.10 Kurva Hubungan Tegangan dan Regangan Pada Uji Tekan Bebas Tanah Asli

Hasil pengujian tekan bebas tanah asli diperoleh :

Kohesi (c) : 0,402 kg/cm²

Sudut geser dalam (ϕ) : 20°

Kuat tekan tanah (q_u) : 1,14692 kg/cm²

Sudut pecah (α) : 55 °

Contoh perhitungan tegangan sampel tanah *undisturbed* :

Pada detik ke-30 pembacaan dial perpendekan tanah 0.40 mm.

LRC = 0,5083 kg/div

Luas A_o = 11,9459 cm²

Tinggi L_o = 7,5 cm

Pembacaan def. dial = 280

Pembacaan load dial = 28

Total deformation. $\Delta L = 280 \times 10^{-2} = 2.8 \text{ mm}$

Total Load, $P = \text{load dial} \times \text{LRC} = 28 \times 0.5083 = 14.2324 \text{ kg}$

$$\text{Regangan, } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{0.28}{7.5} = 0.0373$$

$$\text{Koreksi, } A = \frac{A_0}{(1 - \varepsilon)} = \frac{11.9459}{(1 - 0.0373)} = 12.4087 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tegangan, } \sigma = \frac{P_{\max}}{A} = \frac{14.2324}{12.4087} = 1.1469 \text{ kg/cm}^2$$

Pada pembacaan dial 280 terbaca dial beban 28 sama dengan beban 14.2324 kg.

Tegangan, $q_u - \sigma = \frac{P_{\max}}{A} = 1.1469 \text{ kg/cm}^2$ samapai mencapai beban maksimum,

dilakukan pengukuran sudut pecah.

Hasil pembacaan beban maksimum dan sudut retak dapat dihitung kohesi

(c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Contoh perhitungan kohesi pada tanah *undisturbed* :

$$c = \frac{qu}{2.1g\alpha} = \frac{1.1469}{2.1g55^\circ} = 0.4015 \text{ kg/cm}^2$$

Contoh perhitungan sudut geser dalam pada tanah *undisturbed*:

$$\phi = 2.(\alpha - 45^\circ)$$

$$\phi = 2.(55 - 45^\circ) = 20^\circ$$

Tabel 5.5 Hasil uji Tekan Bebas tanah *undisturb*

Sampel	I	II	Rata-Rata
α°	55	58	56.5
ϕ°	20	26	23
$q_u \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	1.14692	1.3253	1.23611
$c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	0.402	0.414	0.408

5.3 Analisis Penambahan Kapur Pada Tanah Kasongan

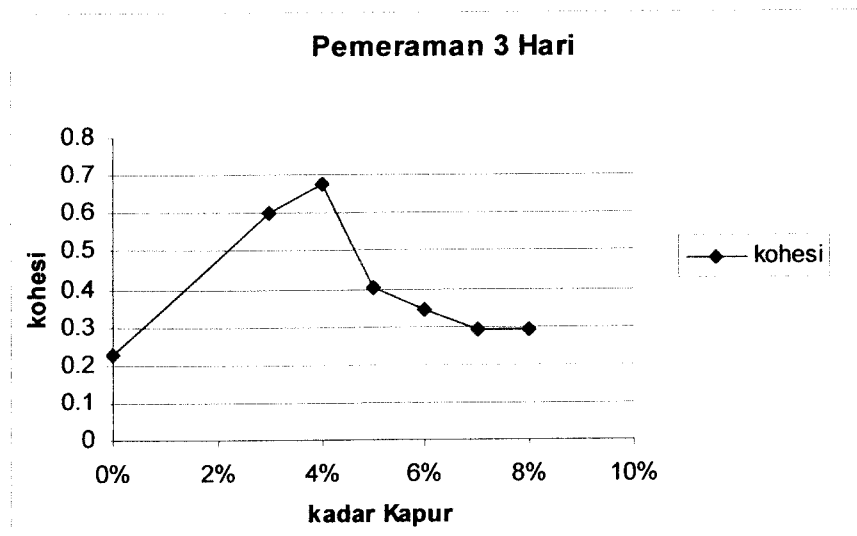
5.3.1 Pengujian Triaksial UU Tanah Dengan Campuran Kapur

Hasil pengujian triaksial tanah dengan kadar campuran kapur 3%, 4%, 5%, 6%, 7% dan 8% didapatkan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

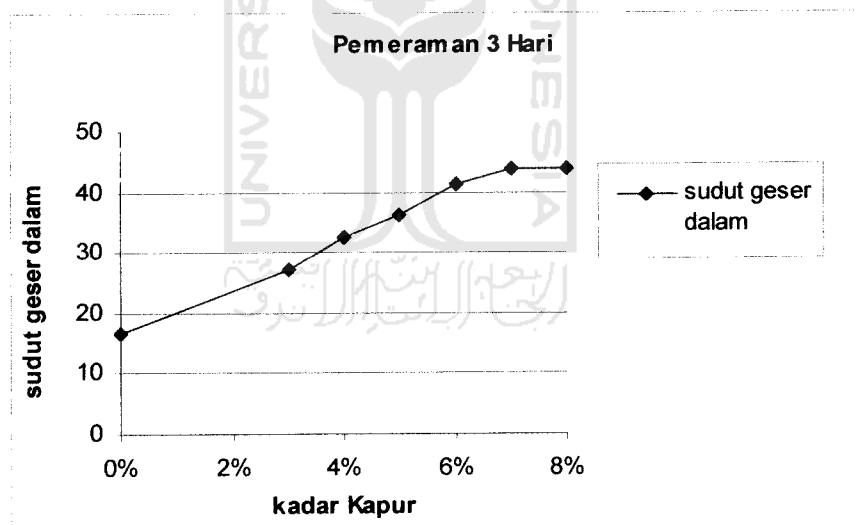
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah dengan Campuran Kapur

Curing Time	Penambahan Kapur	γ_b Campuran (gr/cm ³)	Sudut Geser Dalam (ϕ) ⁰	Kohesi (c) Kg/cm ²
3 Hari	3 %	1,78	27,04	0,6
	4%	1,77	32,63	0,68
	5%	1,77	36,06	0,41
	6%	1,74	41,39	0,35
	7%	1,70	43,89	0,29
	8%	1,70	43,86	0,30
7 Hari	3%	1,77	33,20	0,31
	4%	1,73	30,63	1,27
	5%	1,74	44,83	0,62
	6%	1,71	36,15	1,44
	7%	1,77	42,58	1,06
	8%	1,75	49,17	0,47
14 Hari	3%	1,73	20,76	0,69
	4%	1,72	40,41	0,34
	5%	1,72	26,80	1,75
	6%	1,72	43,30	0,88
	7%	1,73	44,36	0,43
	8%	1,75	45,60	0,58

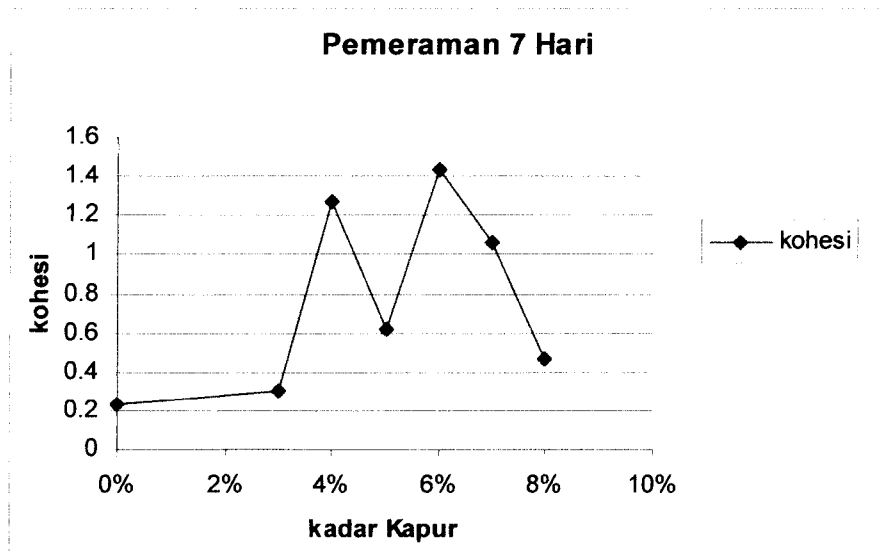
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kadar penambahan kapur maksimum yang menghasilkan sudut geser (ϕ) maksimum adalah sebesar 8% dari berat tanah kering dan kohesi (c) maksimum adalah sebesar 5% dari berat tanah kering.



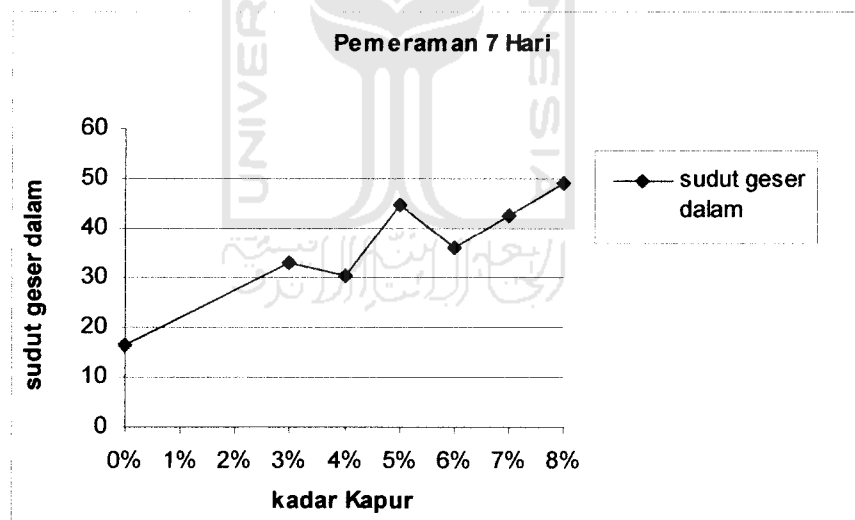
Gambar 5.11 Grafik hubungan nilai kohesi (c) dengan prosentase campuran kapur pada uji Triaksial UU dengan pemeraman 3 hari.



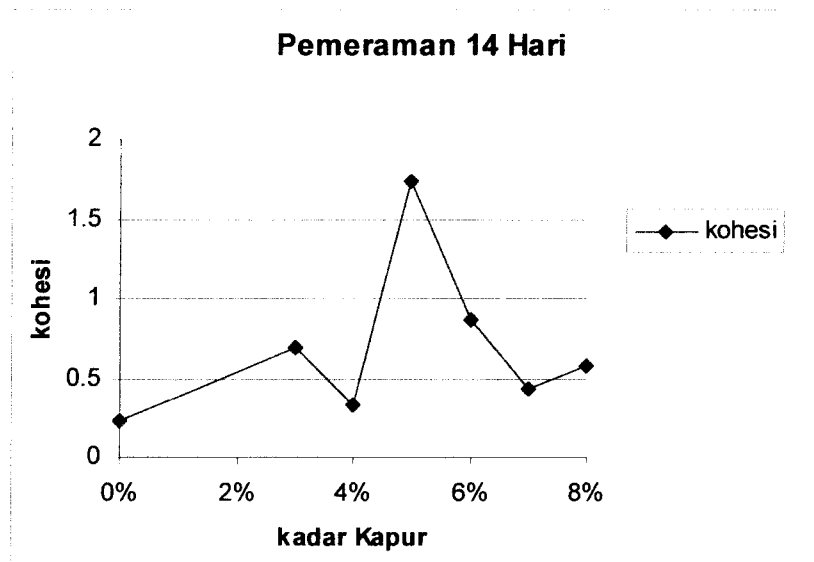
Gambar 5.12 Grafik hubungan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan prosentase campuran kapur pada uji Triaksial UU dengan pemeraman 3 hari.



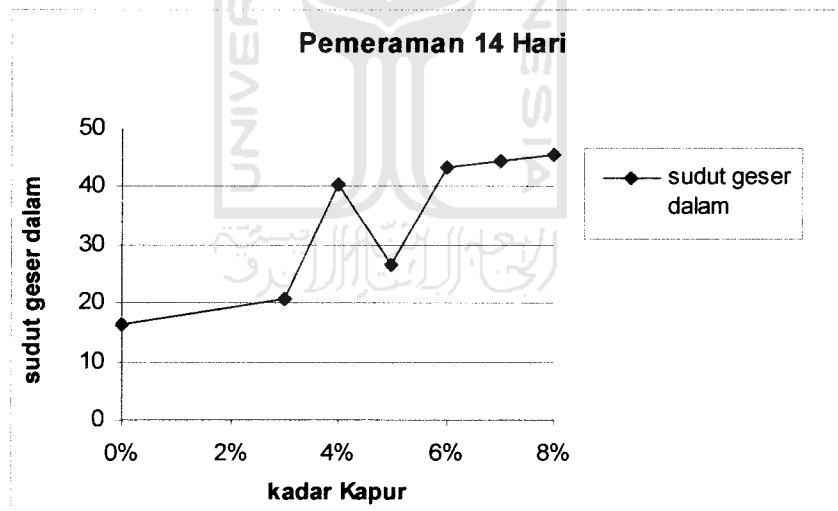
Gambar 5.13 Grafik hubungan nilai kohesi (c) dengan prosentase campuran kapur pada uji Triaksial UU dengan pemeraman 7 hari.



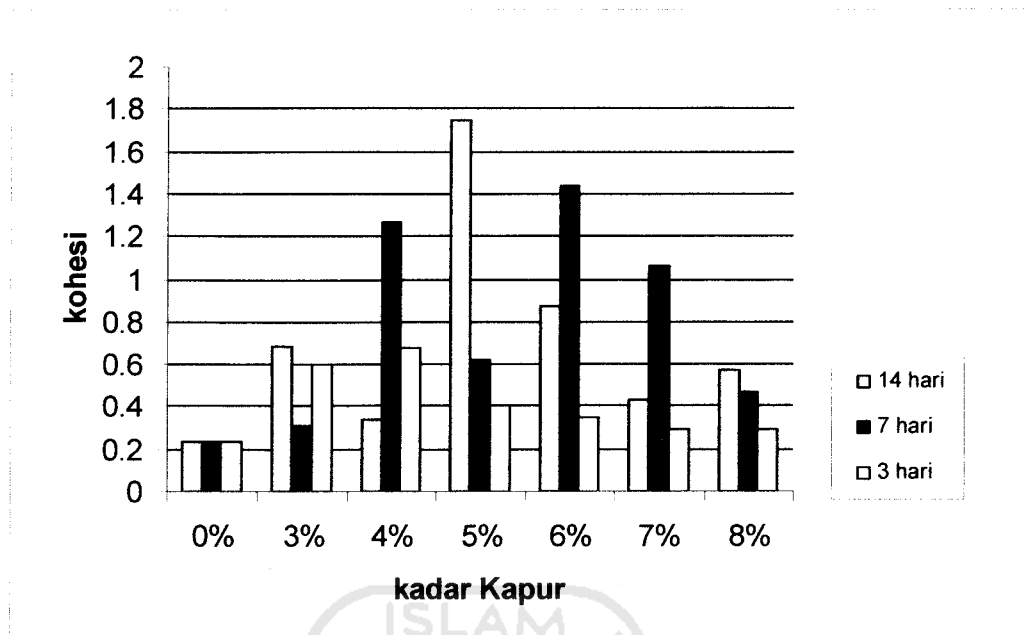
Gambar 5.14 Grafik hubungan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan prosentase campuran kapur pada uji Triaksial UU dengan pemeraman 7 hari.



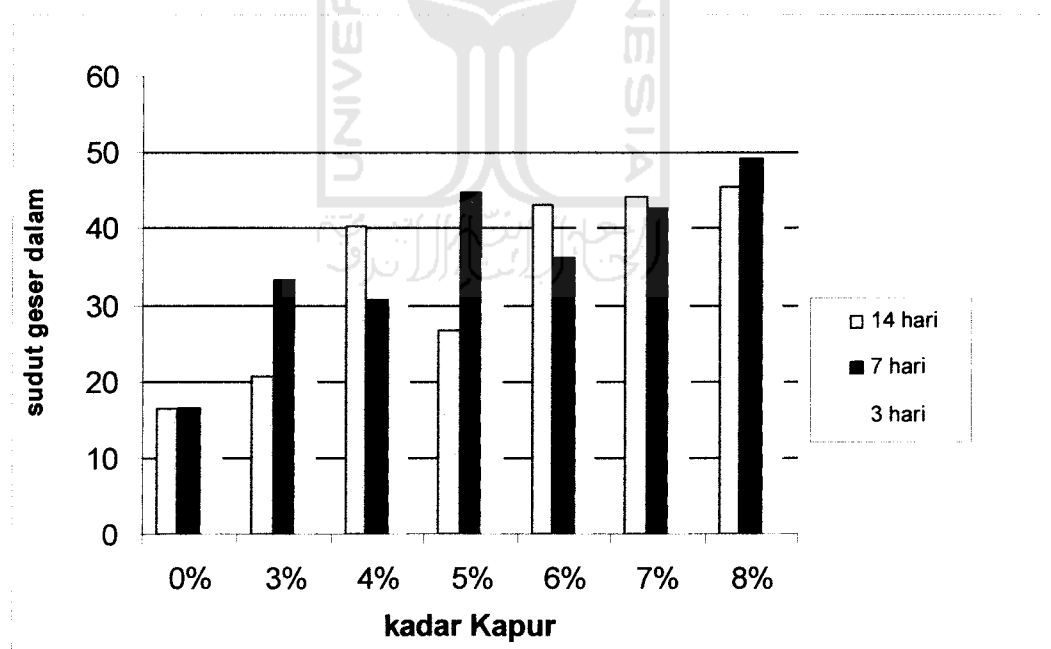
Gambar 5.15 Grafik hubungan nilai kohesi (c) dengan prosentase campuran kapur pada uji Triaksial UU dengan pemeraman 14 hari.



Gambar 5.16 Grafik hubungan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan prosentase campuran kapur pada uji Triaksial UU dengan pemeraman 14 hari.



Gambar 5.17 Grafik hubungan nilai kohesi (c) dengan prosentase campuran kapur pada uji Triaksial UU dengan pemeraman 3 hari, 7 hari dan 14 hari.



Gambar 5.18 Grafik hubungan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan prosentase campuran kapur pada uji Triaksial UU dengan pemeraman 3 hari, 7 hari dan 14 hari.

5.3.2 Pengujian Tekan Bebas (UCS) Tanah dengan Campuran Kapur

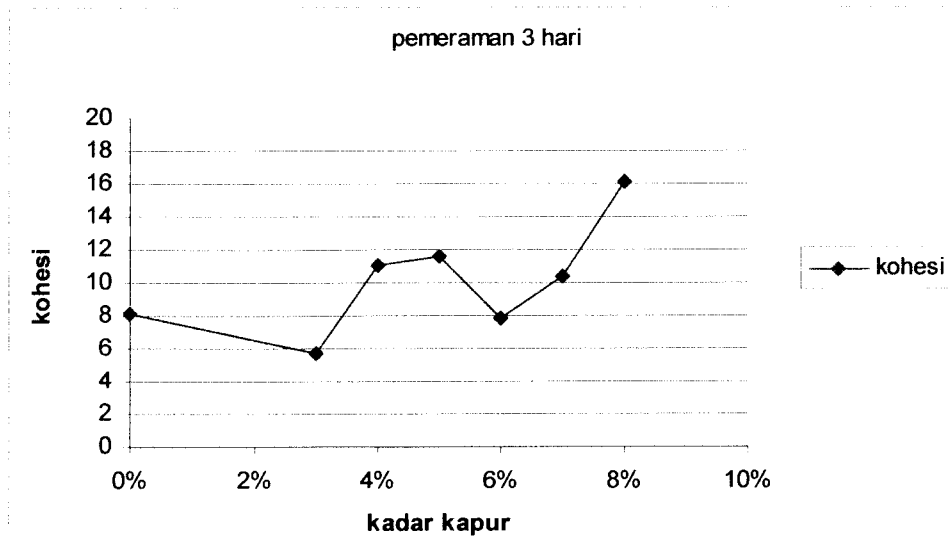
Hasil pengujian tekan bebas tanah dengan kadar campuran kapur 3%, 4%, 5%, 6%, 7% dan 8% didapatkan data yang dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Tekan Bebas (UCS) Tanah dengan Campuran Kapur

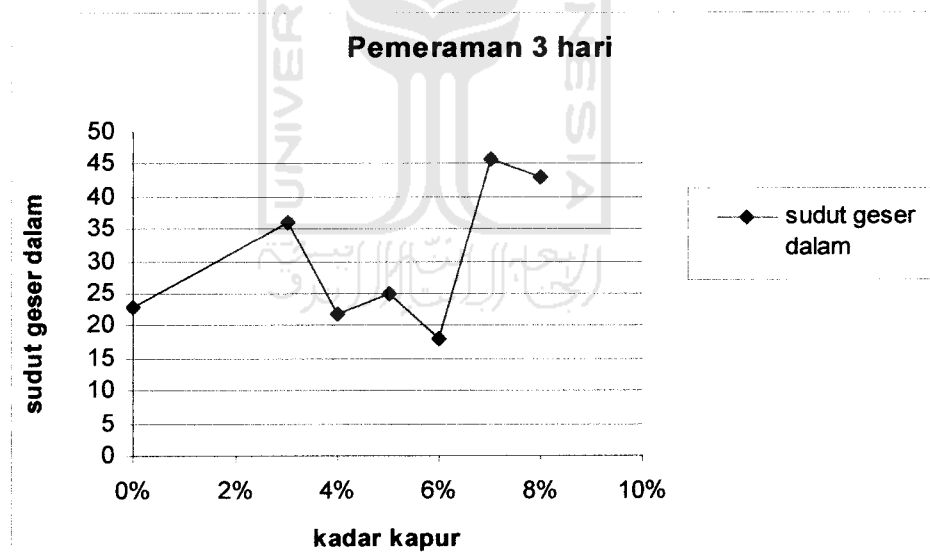
Curing Time	Penambahan Kapur	γ_b Campuran (gr/cm^3)	Sudut Geser Dalam (ϕ) ⁰	Kohesi (c) Kg/cm^2
3 Hari	3 %	1,74	36	0,5705
	4%	1,74	22	1,1075
	5%	1,72	25	1,1570
	6%	1,75	18	0,793
	7%	1,74	46	1,0420
	8%	1,66	43	1,6100
7 Hari	3%	1,73	45	0,5445
	4%	1,68	39	0,9750
	5%	1,70	19	1,4430
	6%	1,75	15	1,1895
	7%	1,75	25	2,0385
	8%	1,72	29	1,9805
14 Hari	3%	1,66	32	0,7355
	4%	1,70	29	1,3040
	5%	1,69	21	1,5675
	6%	1,76	28	0,9310
	7%	1,75	32	1,6950
	8%	1,70	48	1,2075

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kadar penambahan kapur maksimum yang menghasilkan sudut geser (ϕ) maksimum adalah sebesar 8% dari berat tanah kering dan kohesi (c) maksimum adalah sebesar 7% dari berat tanah kering.

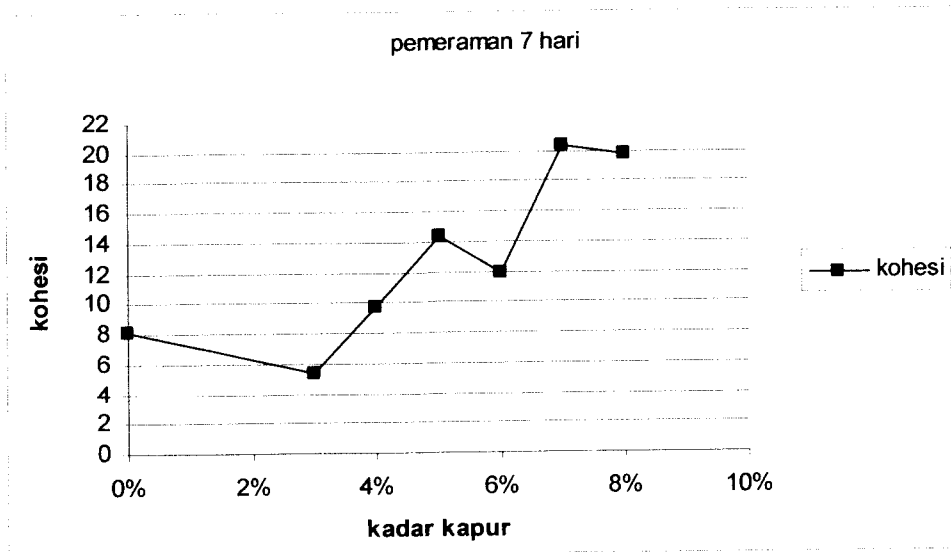




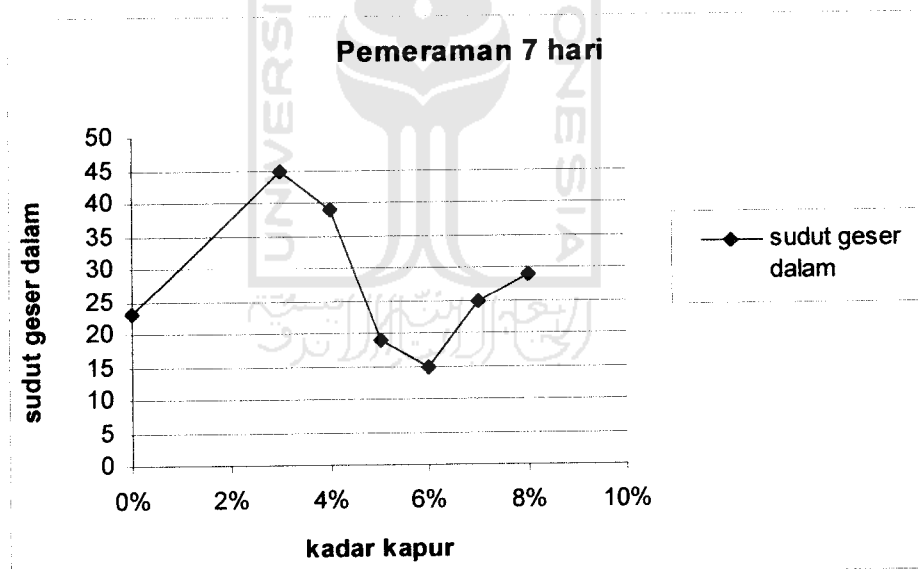
Gambar 5.19 Grafik hubungan nilai kohesi (c) dengan prosentase campuran kapur pada uji Tekan Bebas (UCS) dengan pemeraman 3 hari.



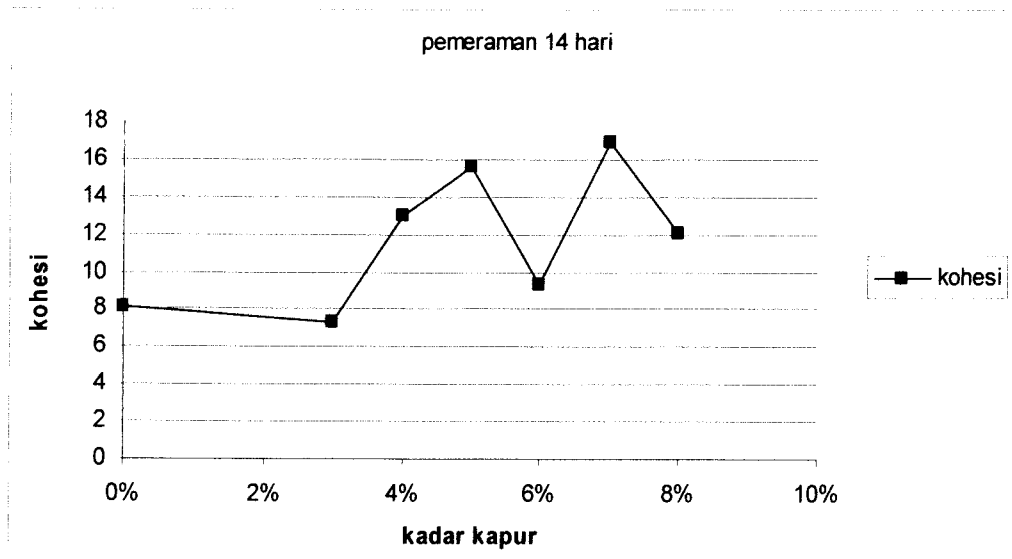
Gambar 5.20 Grafik hubungan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan prosentase campuran kapur pada uji Tekan Bebas (UCS) dengan pemeraman 3 hari.



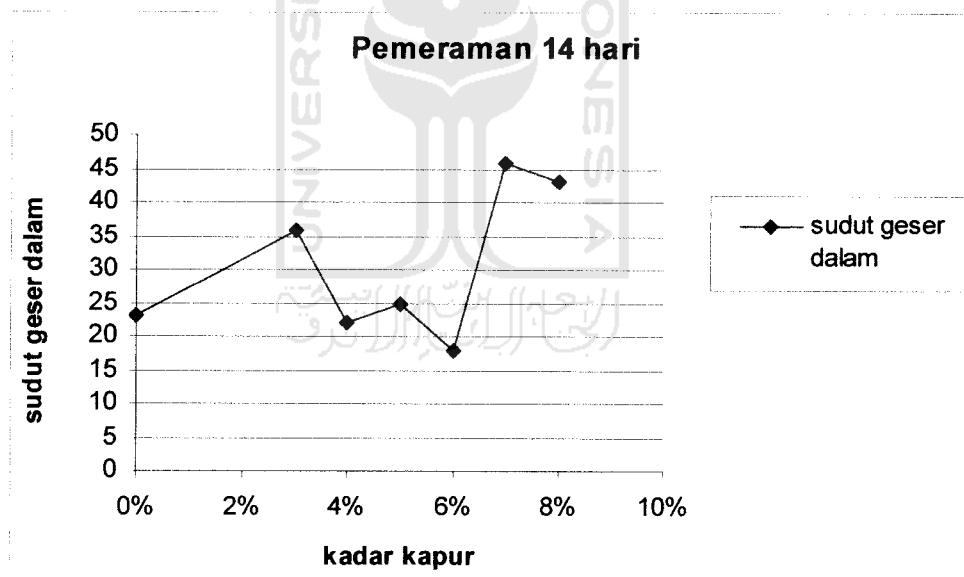
Gambar 5.21 Grafik hubungan nilai kohesi (c) dengan prosentase campuran kapur pada uji Tekan Bebas (UCS) dengan pemeraman 7 hari.



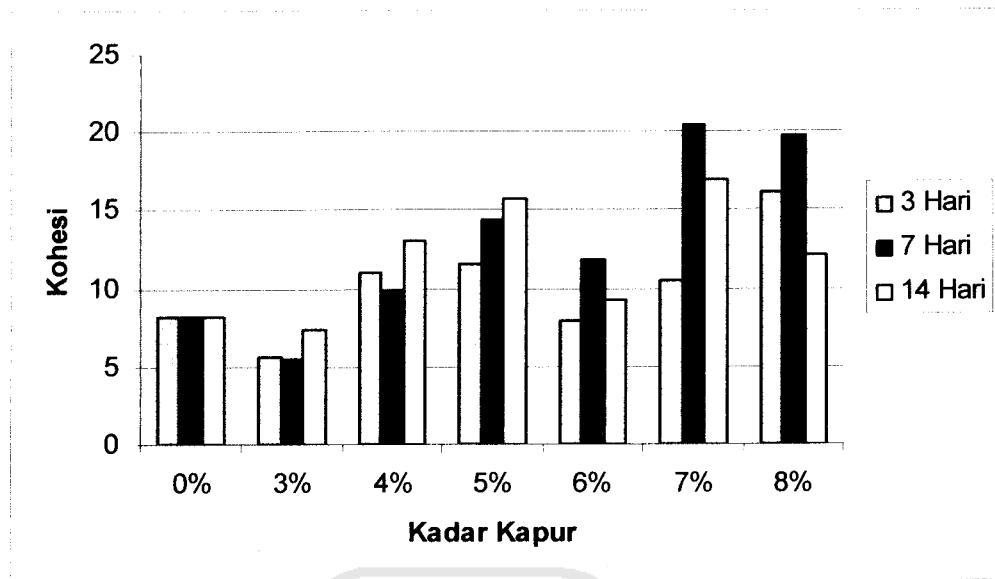
Gambar 5.22 Grafik hubungan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan prosentase campuran kapur pada uji Tekan Bebas (UCS) dengan pemeraman 7 hari.



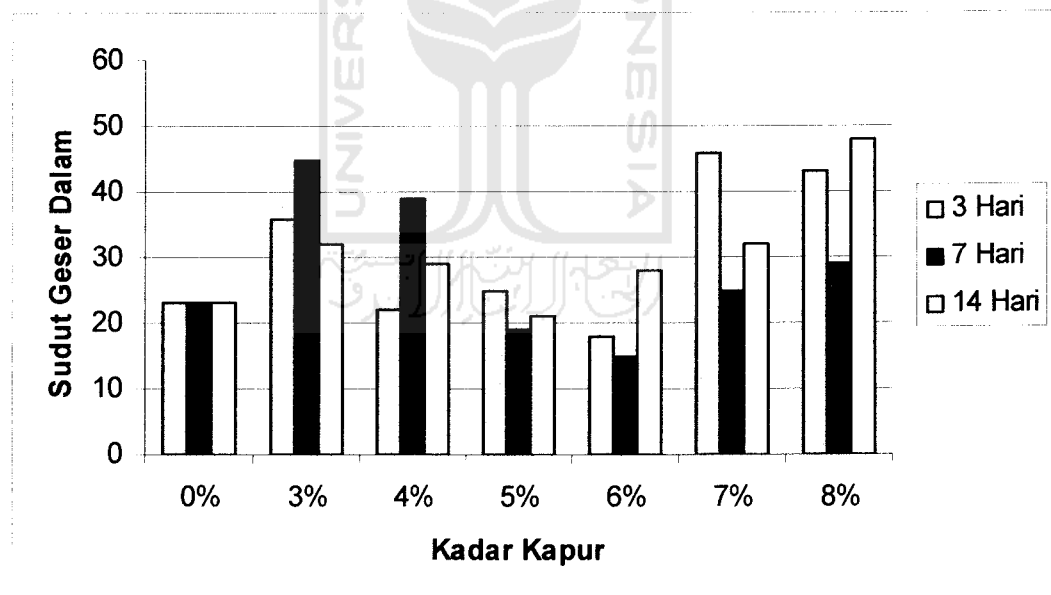
Gambar 5.23 Grafik hubungan nilai kohesi (c) dengan prosentase campuran kapur pada uji Tekan Bebas (UCS) dengan pemeraman 14 hari.



Gambar 5.24 Grafik hubungan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan prosentase campuran kapur pada uji Tekan Bebas (UCS) dengan pemeraman 14 hari.



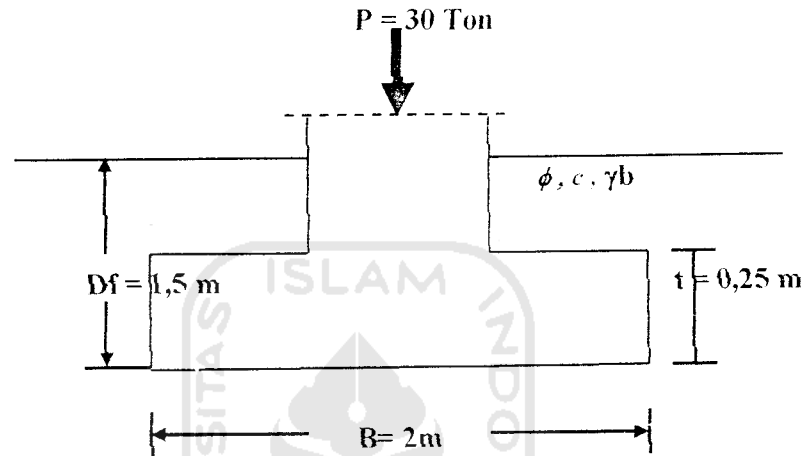
Gambar 5.25 Grafik hubungan nilai kohesi (c) dengan prosentase campuran kapur pada uji Tekan Bebas (UCS) dengan pemeraman 3 hari, 7 hari dan 14 hari.



Gambar 5.26 Grafik hubungan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan prosentase campuran kapur pada uji Tekan Bebas (UCS) dengan pemeraman 3 hari, 7 hari dan 14 hari.

5.4 Analisis Kuat Dukung Tanah dan yang dicampur Kapur dengan Metode Meyerhoff

Analisis kuat dukung tanah dilakukan dengan formula Meyerhoff dengan asumsi pondasi berbentuk bujur sangkar dengan lebar (B) = 2 m dan panjang (L) = 2 m pada kedalaman (D_f) = 1,5 m dan beban tiang (P) = 30 ton seperti pada Gambar 5.27.



Gambar 5.27 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 = factor daya dukung untuk pondasi

s_c, s_q, s_γ = factor pengaruh bentuk pondasi

d_c, d_q, d_γ = factor pengaruh kedalaman pondasi

i_c, i_q, i_γ = factor kemiringan beban

B' = lebar pondasi efektif (m)

D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah (kg/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.

A. Hitungan Kuat Dukung Tanah *Undisturbed* Berdasarkan Uji Triaksial UU

Dari pengujian triaksial tanah *undisturbed* di dapatkan :

$$\text{Koheksi (c)} = 0,171485 \text{ kg/cm}^2 = 1,71 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\varphi) = 22,61793^\circ = 22,62^\circ$$

$$\gamma_b = \gamma = 1,8 \text{ gr/cm}^3 = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$P = 30 \text{ Ton}$$

$$D_f = 1,5 \text{ m}$$

$$t = 0,25 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

Prediksi :

$$B = L = 2 \text{ m}$$

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

$$N_c = 17,61 ; N_q = 8,34 ; N_\gamma = 4,54$$

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

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$\begin{aligned} S_c &= 1 + 0,2 (B/L) \text{tg}^2 (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,2 (2/2) \text{tg}^2 (45 + 22,62/2) \\ &= 0,474 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_q = S_\gamma &= 1 + 0,1 (B/L) \text{tg}^2 (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,1 (2/2) \text{tg}^2 (45 + 22,62/2) \\ &= 0,737 \end{aligned}$$

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

Sehingga $B' = 2 \text{ m}$, $D_f/B = 1,5/2 = 0,75$

Faktor kedalaman Meyerhoff :

$$\begin{aligned} d_c &= 1 + 0,2 (D/B) \operatorname{tg} (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,2 (1,5/2) \operatorname{tg} (45 + 22,62/2) \\ &= 1,9 \end{aligned}$$

Karena $\varphi > 10$ maka :

$$\begin{aligned} d_q = d_\gamma &= 1 + 0,1 (D/B) \operatorname{tg} (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,1 (1,2/2) \operatorname{tg} (45 + 22,62/2) \\ &= 1,113 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma \cdot D_f \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \\ &= 0,474 \cdot 1,9 \cdot 1 \cdot 1,71 \cdot 17,61 + 0,737 \cdot 1,113 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,5 \cdot 8,34 + 0,737 \cdot 1,113 \cdot 1 \cdot \\ &\quad 0,5 \cdot 2 \cdot 1,8 \cdot 4,54 \\ &= 27,1198 + 18,471 + 6,703 \\ &= 52,2938 \text{ t m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_a &= q_u / F \longrightarrow (\text{Faktor aman, } F \text{ dianggap } 3) \\ &= 52,2938 / 3 \\ &= 17,43 \text{ t m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \gamma b (D_f - t) + \gamma_{\text{beton}} \cdot t \\ &= 1,8 (1,5 - 0,25) + 2,4 \cdot 0,25 \\ &= 2,85 \text{ t m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{a_n} &= q_a - q \\ &= 17,43 - 2,85 \\ &= 14,58 \text{ t m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{a_n} = P / A = P / (B^2)$$

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

$$B^2 = 30 / 14,58$$

$$B = 1,43 \text{ m} \sim B = 1,5 \text{ m}$$

$$B = 1,5 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m} \longrightarrow \text{OK!}$$

Cek B :

$$\begin{aligned} P_{tot} &= P + (A \cdot q) \\ &= 30 + (1,5 \cdot 1,5 \cdot 2,85) \\ &= 36,4125 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{terjadi} &= P_{tot} / A \\ &= \frac{36,4125}{1,5 \cdot 1,5} \\ &= 16,18 \text{ t/m}^2 < q_a = 17,43 \text{ t/m}^2 \longrightarrow \text{Oke !!} \end{aligned}$$

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

B. Hitungan Kuat Dukung Tanah dengan Campuran Kapur Berdasarkan Uji Triaksial UU

Berikut adalah perhitungan kuat dukung tanah dengan campuran kapur 7% dengan pemeraman 7 hari. Data dan perhitungan kuat dukungnya sebagai berikut :

$$\text{Kohesi (c)} = 1,45 \text{ kg/cm}^2 = 14,5 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\varphi) = 42,58^\circ$$

$$\gamma_b = 1,8 \text{ gr/cm}^3 = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{tanah campuran}} = 1,75 \text{ gr/cm}^3 = 1,75 \text{ t/m}^3$$

$$P = 30 \text{ ton}$$

$$D_f = 1,5 \text{ m}$$

$$t = 0,25 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

Prediksi :

$$B = L = 2 \text{ m}$$

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

$$N_c = 100,32$$

$$N_q = 93,28$$

$$N_\gamma = 157,78$$

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

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$\begin{aligned} S_c &= 1 + 0,2 (B/L) \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,2 (2/2) \operatorname{tg}^2 (45 + 42,58/2) \\ &= 1,71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_q = S_\gamma &= 1 + 0,1 (B/L) \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,1 (2/2) \operatorname{tg}^2 (45 + 42,58/2) \\ &= 1,36 \end{aligned}$$

Lebar efektif $B' = B - 2e^x$, karena beban sentris maka $e^x = 0$
 Sehingga $B' = 2 \text{ m}$, $Df/B = 1,5/2 = 0,75$

Faktor kedalaman Meyerhoff :

$$\begin{aligned} d_c &= 1 + 0,2 (D/B) \operatorname{tg} (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,2 (1,5/2) \operatorname{tg} (45 + 42,58/2) \\ &= 1,34 \end{aligned}$$

Karena $\varphi > 10$ maka :

$$\begin{aligned} d_q = d_\gamma &= 1 + 0,1 (D/B) \operatorname{tg} (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,1 (1,5/2) \operatorname{tg} (45 + 42,58/2) \\ &= 1,17 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma \cdot D_f \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \\ &= 1,71 \cdot 1,34 \cdot 1 \cdot 14,5 \cdot 100,32 + 1,36 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,5 \cdot 93,28 + 1,36 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 1,75 \cdot 157,78 \\ &= 3333,16 + 400,75 + 439,35 \\ &= 4173,26 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &= 4173,26 / 3 \\ &= 1391,09 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma_b (D_f - t) + \gamma_{\text{beton}} \cdot t \\
 &= 1,8 (1,5 - 0,25) + 2,4 \cdot 0,25 \\
 &= 2,85 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{a_n} &= q_a - q \\
 &= 1391,09 - 2,85 \\
 &= 1388,24 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$q_{a_n} = P / A = P / (B^2)$$

$$B^2 = P / q_{a_n}$$

$$B^2 = 30 / 1388,24$$

$$B = 0,15 \text{ m} \sim B = 0,5 \text{ m}$$

$$B = 0,5 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m} \longrightarrow \text{OK !}$$

Cek B :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tot}} &= P + (A \cdot q) \\
 &= 30 - (0,5 \cdot 0,5 \cdot 2,85) \\
 &= 30,7125 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{terjadi}} &= P_{\text{tot}} / A \\
 &= \frac{30,7125}{0,5 \cdot 0,5} \\
 &= 122,85 \text{ t/m}^2 < q_a = 1391,09 \text{ t/m}^2 \longrightarrow \text{Oke !!}
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.8 Perhitungan kuat dukung dan lebar pondasi dengan campuran kapur pada pengujian Triaxial UU

Pemeraman (hari)	Kapur (%)	Df (m)	γ_b (t/m^3)	p_o (t/m^2)	B (m)	c	ϕ	q_u (t/m^2)	B_{baru} (m)	B_{ambil} (m)	q terjadi (t/m^2)	$A = B^2$	Luasan pondasi(%)
Tanah asli		1.5	1.8	2.7	2	1.71	22.62	52.2938	1.5	1.5	16.18	2.25	0
3	3	1.5	1.78	2.67	2	6	27.04	242.51	1	1	32.85	1	55.56
	4	1.5	1.77	2.655	2	6.8	32.63	425.82	0.5	1	32.85	1	55.56
	5	1.5	1.77	2.655	2	4.05	36.06	478.57	0.5	1	32.85	1	55.56
	6	1.5	1.74	2.61	2	3.45	41.39	821.11	0.5	1	32.85	1	55.56
	7	1.5	1.7	2.55	2	2.9	43.89	961.95	0.5	1	32.85	1	55.56
	8	1.5	1.7	2.55	2	2.91	43.86	1044.73	0.5	1	32.85	1	55.56
	3	1.5	1.77	2.655	2	3.06	33.2	305.22	1	1	32.85	1	55.56
	4	1.5	1.73	2.595	2	12.7	30.63	718.46	0.5	1	32.85	1	55.56
7	5	1.5	1.74	2.61	2	6.2	44.83	1680.88	0.5	1	32.85	1	55.56
	6	1.5	1.71	2.565	2	14.4	36.15	1276.27	0.5	1	32.85	1	55.56
	7	1.5	1.77	2.655	2	10.6	42.58	4173.26	0.5	1	32.85	1	55.56
	8	1.5	1.75	2.625	2	4.65	49.17	3284.39	0.5	1	32.85	1	55.56
	3	1.5	1.73	2.595	2	6.89	20.76	161.56	1	1	32.85	1	55.56
	4	1.5	1.72	2.58	2	3.4	40.41	439.17	0.5	1	32.85	1	55.56
	5	1.5	1.72	2.58	2	17.45	26.8	581.47	0.5	1	32.85	1	55.56
	6	1.5	1.72	2.58	2	8.77	43.3	1405.7	0.5	1	32.85	1	55.56
14	7	1.5	1.73	2.595	2	4.32	44.36	1497.59	0.5	1	32.85	1	55.56
	8	1.5	1.75	2.625	2	5.75	45.6	141.73	1	1	32.85	1	55.56

5.4.2 Hitungan Kuat Dukung Tanah Berdasarkan Uji Tekan Bebas (UCS)

Berikut ini adalah hitungan kuat dukung tanah berdasarkan data pengujian Tekan Bebas (UCS).

A. Hitungan Kuat Dukung Tanah Berdasarkan Uji Tekan Bebas (UCS)

Dari pengujian tekan bebas tanah *undisturb* di dapatkan :

$$\text{Kohesi (c)} = 0,398 \text{ kg/cm}^2 = 3,98 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 20^\circ$$

$$\gamma_b = 1,8 \text{ gr/cm}^3 = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$P = 30 \text{ ton}$$

$$D_f = 1,5 \text{ m}$$

$$t = 0,25 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{tan}} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

Prediksi :

$$B = L = 2 \text{ m}$$

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

$$N_c = 14,83$$

$$N_q = 6,40$$

$$N_\gamma = 2,87$$

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

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$S_c = 1 - 0,2 (B/L) \text{tg}^2 (45 - \phi/2)$$

$$= 1 - 0,2 (2/2) \text{tg}^2 (45 - 20/2)$$

$$= 0,86$$

$$S_q = S_\gamma = 1 - 0,1 (B/L) \text{tg}^2 (45 - \phi/2)$$

$$= 1 - 0,1 (2/2) \text{tg}^2 (45 - 20/2)$$

$$= 0,93$$

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

Sehingga $B' = 2 \text{ m}$. $D_f/B = 1,5/2 = 0,75$

Faktor kedalaman Meyerhoff:

$$\begin{aligned} d_c &= 1 + 0,2 (D/B) \operatorname{tg} (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,2 (1,5/2) \operatorname{tg} (45 + 20/2) \\ &= 1,21 \end{aligned}$$

Karena $\varphi > 10$ maka :

$$\begin{aligned} d_q = d_\gamma &= 1 + 0,1 (D/B) \operatorname{tg} (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,1 (1,5/2) \operatorname{tg} (45 + 20/2) \\ &= 1,11 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma \cdot D_f \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \\ &= 0,86 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot 3,98 \cdot 14,83 + 0,93 \cdot 1,11 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,5 \cdot 6,4 + 0,93 \cdot 1,11 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 2 \\ &\quad \cdot 1,8 \cdot 2,87 \\ &= 61,42 + 17,84 + 5,33 \\ &= 84,59 \text{ t m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_a &= q_u / F \longrightarrow \text{(Faktor aman F dianggap 3)} \\ &= 84,59 / 3 \\ &= 28,197 \text{ t m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \gamma b (D_f - t) + \gamma_{\text{beton}} \cdot t \\ &= 1,8 (1,5 - 0,25) + 2,4 \cdot 0,25 \\ &= 2,85 \text{ t m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{a_n} &= q_a - q \\ &= 28,197 - 2,85 \\ &= 25,35 \text{ t m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{a_n} = P / A = P / (B^2)$$

$$B^2 = P / q_{a_n}$$

$$B^2 = 30 / 25,35$$

$$B = 1,08 \text{ m} \sim B = 1,5 \text{ m}$$

$$B = 1,5 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m} \longrightarrow \text{OK!}$$

Cek B :

$$\begin{aligned} P_{tot} &= P + (A \cdot q) \\ &= 30 + (1,5 \cdot 1,5 \cdot 2,85) \\ &= 36,4125 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{terjadi} &= P_{tot} / A \\ &= \frac{36,4125}{1,5 \cdot 1,5} \\ &= 16,183 \text{ t/m}^2 < q_a = 28,197 \text{ t/m}^2 \longrightarrow \text{Oke !!} \end{aligned}$$

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

B. Hitungan Kuat Dukung Tanah dengan Campuran Kapur Berdasarkan Uji Tekan Bebas (UCS)

Berikut adalah perhitungan kuat dukung tanah dengan campuran kapur 8% dengan pemeraman 3 hari. Data dan perhitungan kuat dukungnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kohesi (c)} &= 1,851 \text{ kg/cm}^2 = 18,51 \text{ t/m}^2 \\ \text{Sudut geser dalam } (\phi) &= 42^\circ \\ \gamma_b &= 1,8 \text{ gr/cm}^3 = 1,8 \text{ t/m}^3 \\ \gamma_{\text{tanah campuran}} &= 1,65 \text{ gr/cm}^3 = 1,65 \text{ t/m}^3 \\ P &= 30 \text{ ton} \\ D_f &= 1,5 \text{ m} \\ t &= 0,25 \text{ m} \\ \gamma_{\text{beton}} &= 2,4 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Prediksi :

$$B = L = 2 \text{ m}$$

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

$$\begin{aligned} N_c &= 93,71 \\ N_q &= 85,37 \\ N_\gamma &= 139,32 \\ i_c = i_q = i_\gamma &= 1 \text{ (beban vertikal)} \end{aligned}$$

Faktor bentuk pondasi Meyerhoff :

$$\begin{aligned} S_c &= 1 + 0,2 (B/L) \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,2 (2/2) \operatorname{tg}^2 (45 + 42/2) \\ &= 1,15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_q = S_\gamma &= 1 + 0,1 (B/L) \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,1 (2/2) \operatorname{tg}^2 (45 + 42/2) \\ &= 1,07 \end{aligned}$$

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

Sehingga $B' = 2$ m. $D_f/B = 1,5/2 = 0,75$

Faktor kedalaman Meyerhoff :

$$\begin{aligned} d_c &= 1 + 0,2 (D/B) \operatorname{tg} (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,2 (1,5/2) \operatorname{tg} (45 + 42/2) \\ &= 1,34 \end{aligned}$$

Karena $\varphi > 10$ maka :

$$\begin{aligned} d_q = d_\gamma &= 1 + 0,1 (D/B) \operatorname{tg} (45 + \varphi/2) \\ &= 1 + 0,1 (1,5/2) \operatorname{tg} (45 + 42/2) \\ &= 1,17 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma \cdot D_f \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \\ &= 1,15 \cdot 1,34 \cdot 1 \cdot 18,51 \cdot 93,71 + 1,07 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,5 \cdot 85,37 + 1,07 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 1,65 \cdot 139,32 \\ &= 3331,25 + 330,49 + 329,60 \\ &= 3991,34 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_a &= q_u / F \longrightarrow \text{(Faktor aman F dianggap 3)} \\ &= 3991,34 / 3 \\ &= 1330,45 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= \gamma b (Df - t) + \gamma_{\text{beton}} \cdot t \\
 &= 1,8 (1,5 - 0,25) + 2,4 \cdot 0,25 \\
 &= 2,85 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qa_n &= qa - q \\
 &= 1330,45 - 2,85 \\
 &= 1327,60 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$qa_n = P / A = P / (B^2)$$

$$B^2 = P / qa_n$$

$$B^2 = 30 / 1327,60$$

$$B = 0,15 \text{ m} \sim B = 0,5 \text{ m}$$

$$B = 0,5 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m} \longrightarrow \text{OK !}$$

Cek B :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tot}} &= P + (A \cdot q) \\
 &= 30 + (0,5 \cdot 0,5 \cdot 2,85) \\
 &= 30,7125 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{terjadi}} &= P_{\text{tot}} / A \\
 &= \frac{30,7125}{0,5 \cdot 0,5}
 \end{aligned}$$

$$= 122,85 \text{ t/m}^2 < qa = 1330,45 \text{ t/m}^2 \longrightarrow \text{Oke !!}$$

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

Tabel 5.9 Perhitungan kuat dukung dan lebar pondasi dengan campuran kapur pada pengujian Tekan Bebas

Pemeraman (hari)	Kapur (%)	Df (m)	γ_b (t/m^3)	p_o (t/m^2)	B (m)	c	ϕ	q_u (t/m^2)	B_{baru} (m)	B_{ambit} (m)	q terjadi (t/m^2)	$A = B^2$	Luasan pondasi(%)
Tanah asli		1.5	1.8	2.7	2	3.98	20	84.59	1.1	1.5	27.64	2.25	0
	3	1.5	1.74	2.61	5.705	36	36	594.06	0.5	1	32.85	1	55.56
	4	1.5	1.74	2.61	11.08	22	22	454.58	0.5	1	32.85	1	55.56
	5	1.5	1.72	2.58	11.57	25	25	486.73	0.5	1	32.85	1	55.56
	6	1.5	1.75	2.625	7.93	18	18	165.39	1	1	32.85	1	55.56
	7	1.5	1.74	2.61	10.42	46	46	2531.34	0.5	1	32.85	1	55.56
	8	1.5	1.66	2.49	19.81	43	43	3826.539	0.2	1	32.85	1	55.56
	3	1.5	1.73	2.595	5.45	45	45	2400.88	0.5	1	32.85	1	55.56
7	4	1.5	1.68	2.52	9.75	39	39	1126.56	0.5	1	32.85	1	55.56
	5	1.5	1.7	2.55	14.43	19	19	1120.35	0.5	1	32.85	1	55.56
	6	1.5	1.68	2.52	11.89	15	15	219.52	1	1	32.85	1	55.56
	7	1.5	1.75	2.625	20.39	25	25	815.59	0.5	1	32.85	1	55.56
	8	1.5	1.72	2.58	19.81	29	29	518.31	0.5	1	32.85	1	55.56
	3	1.5	1.66	2.49	7.36	32	32	316.13	1	1	32.85	1	55.56
	4	1.5	1.7	2.55	13.04	29	29	518.31	0.5	1	32.85	1	55.56
	5	1.5	1.69	2.535	15.68	21	21	352.32	1	1	32.85	1	55.56
14	6	1.5	1.76	2.64	9.31	28	28	487.59	0.5	1	32.85	1	55.56
	7	1.5	1.75	2.625	16.95	32	32	607.54	0.5	1	32.85	1	55.56
	8	1.5	1.7	2.55	12.08	48	48	10486.1	0.5	1	32.85	1	55.56