

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Pengujian kadar air (*Water content test*)

Pengujian kadar air adalah untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam tanah.

Perhitungan kadar air pada sampel 1 tanah *undisturb*:

$$\text{Berat cawan susut (W}_1\text{)} = 21,94 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + tanah basah (W}_2\text{)} = 80,63 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + tanah kering (W}_3\text{)} = 62,48 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar air } w = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100\% = 44,7706 \%$$

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Lapangan

No Cawan	sampel 1	sampel 2	sampel 3
Berat cawan (W1)	21,94	21,72	21,85
Berat cawan + tanah basah (W2)	80,63	103,75	61,71
Berat cawan + tanah kering (W3)	62,48	79,67	49,93
Berat air (W2-W3)	20,15	28,08	6,78
Berat tanah kering (W3-W1)	40,54	57,96	28,08
Kadar Air (w)	44,7706	41,5531	41,9516
Kadar air rata-rata (%)		42,7584	

5.1.2 Pengujian berat jenis

Pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis tanah asli, *clean set cement*, *fly ash* dan tanah campuran *clean set cement*.

Perhitungan berat jenis sampel 1 tanah asli :

$$\text{Berat picnometer kosong } (W_1) = 20,57 \text{ gr}$$

$$\text{Berat picnometer + tanah kering } (W_2) = 41,75 \text{ gr}$$

$$\text{Berat picnometer + tanah + air } (W_3) = 92,85 \text{ gr}$$

$$\text{Berat picnometer + air } (W_4) = 79,92 \text{ gr}$$

$$\text{Berat tanah } W_t = W_2 - W_1 = 21,18 \text{ gr}$$

$$A = W_t + W_4 = 101,1 \text{ gr}$$

$$\text{Isi tanah } I = A - W_3 = 8,25 \text{ gr}$$

$$\text{Berat jenis tanah } \gamma_s = \frac{W_t}{I} = 2,567$$

$$\text{Gs tanah pada } 27,5^{\circ}\text{C} = \gamma_s \frac{\text{Bj air } 26^{\circ}}{\text{Bj air } 27,5^{\circ}} = 2,568$$

Hasil pengujian berat jenis terdapat pada lampiran 4, yang disimpulkan pada tabel 5.2 .

Tabel 5.2 Berat Jenis Rata-rata

No	SAMPEL	BJ I	Bj II	Bj III	Bj rata-rata
1	Tanah Asli	2,568	2,597	2,657	2,608
2	Clean Set	2,491	2,649	2,509	2,55
3	Fly Ash	2,164	2,237	2,268	2,224
4	Tanah + CS	2,451	2,705	2,553	2,57

5.1.3 Pengujian analisis distribusi butiran (*Grain size analysis test*)

Pengujian ini untuk mengetahui besarnya butir-butir tanah serta prosentasenya berdasarkan klasifikasi jenis tanah, sehingga dapat diketahui jenis tanahnya. Untuk analisis butiran tanah ini dilakukan 2 pengujian yaitu :

1. Analisis Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

Yaitu untuk mengetahui diameter butir-butir tanah yang lebih kecil dari 0,075 mm atau yang lolos saringan no. 200.

Perhitungan analisis distribusi butiran pada sampel tanah:

Berat tanah kering (W)	= 60 gr
Berat jenis tanah (Gs)	= 2,57
Koreksi hidro 1.52 h (a)	= 1,014 gr
Kadar reagen Na ₂ Si O ₃	= 1000 ml/gr
Koreksi minikus	= 1

$$K_z = \frac{a}{W} \times 100 = 1,69$$

Dari pembacaan hidrometer pada 2 menit pertama didapat:

Pembacaan hidrometer dalam suspensi (R1)	= 41
Pembacaan hidrometer dalam cairan (R2)	= -2
Temperatur (T°C)	= 27

Pembacaan hidrometer terkoreksi $R = R_1 + m = 42$

Kedalaman diambil dari lampiran 2 berdasarkan R didapat $(L) = 9,4$ cm

Konstanta dibaca dari daftar harga k berdasarkan T dan $K/(G) = 0,01288$

Diameter butiran didapat dari:

$$D = K \times \sqrt{(L/T)}$$

$$= 0,01288 \times \sqrt{(9,4 / 2)}$$

$$= 0,02792 \text{ mm}$$

Pembacaan hidrometer terkoreksi $R = R_1 - R_2$

$$= 43$$

Persentase berat lebih kecil $P \% = Kz \times R$

$$= 1,69 \times 43 = 72,67 \%$$

Hasil perhitungan analisis hidrometer terdapat pada lampiran 2 selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.3:

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Pengujian Hidrometer

Waktu T (menit)	Pemb. Hidr dlm Sps (R1)	Pemb. Hidr dlm cairan (R2)	Temp. (t)	Pemb.Hidr terkoreksi $R' = R_1 + m$	Kedala man (L) cm	Kons stanta (K)	D butiran (mm)	Pem.Hidr koreksi $R = R_1 - R_2$	% brt < kecil (P %)
2	41	-2	27	42	9,4	0,01288	0,02792	43	72,67
5	40,5	-2	27	41,5	9,5	0,01288	0,01775	42,5	71,83
30	38	-2	27	39	9,9	0,01288	0,00740	40	67,60
60	34	-2	26	35	10,5	0,01298	0,00543	36	60,84
250	30	-2	26	31	11,2	0,01298	0,00275	32	54,08
1440	29	-2	26	30	11,4	0,01298	0,00115	31	52,39

2. Pengujian Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan pengujian analisis saringan yaitu untuk mengetahui diameter butir-butir tanah yang lebih besar dari 0,075mm atau yang tertahan saringan no. 200.

Perhitungan batas cair pada sampel tanah asli:

Saringan no.10

Berat tanah kering (W) = 60 gr

Berat tertahan saringan d_1 = 0,59 gr

Diameter = 2 mm

Berat lolos saringan $e_1 = W - d_1 = 59,41$ gr

Persen berat lebih kecil $P = (e/W) \times 100 \%$

$$= \frac{59,41}{60} \times 100 \% = 99,02 \%$$

Hasil pengujian analisis saringan terdapat pada lampiran 2 selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.4:

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan

No. Saringan	Diameter (mm)	Berat tertahan (gr) (d)	Berat lolos (gr) (e)	Persen berat lebih kecil	Keterangan
10	2	0,59	59,41	99,02	$e_1 = W - d_1$
20	0,85	0,61	59,39	98,98	$e_2 = e_1 - d_2$
40	0,425	1,76	57,63	96,05	$e_3 = e_2 - d_3$
60	0,25	2,56	55,07	91,78	$e_4 = e_3 - d_4$
140	0,106	3,89	51,18	85,30	$e_5 = e_4 - d_5$
200	0,075	1,39	49,79	82,98	$e_6 = e_5 - d_6$

5.1.4 Pengujian batas konsistensi tanah (Atterberg)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui batas cair, batas plastis dan indek plastisitas.

1. Batas cair (*liquid limit*)

Untuk menentukan kadar air tanah dan nilai-nilai di atas batas cair, tanah akan akan bersifat sebagai cairan kental.

Perhitungan batas konsistensi sampel 1 tanah asli:

$$\text{Penetrasi (mm)} = 17,71 \text{ mm}$$

$$\text{Berat cawan (W1)} = 22,07 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + tanah basah (W2)} = 41,78 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + tanah kering (W3)} = 32,52 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar air } w = \frac{(W2 - W3)}{(W3 - W1)} \times 100 \% = 50,11 \%$$

Hasil pengujian kadar air batas cair terdapat pada lampiran 5, yang disimpulkan pada tabel 5.5 .

Tabel 5.5 Batas Cair Sesuai Variasi Sampel

No	SAMPEL	Penetrasi (mm)	Kadar air (%)
1	Tanah Asli	20	53,985
2	Tanah + 10% CS + 0%FA	20	55,197
3	Tanah + 10% CS + 5%FA	20	54,786
4	Tanah + 10% CS + 10%FA	20	54,834
5	Tanah + 10% CS + 15%FA	20	55,189
6	Tanah + 10% CS + 20%FA	20	55,309
7	Tanah + 10% CS + 25%FA	20	54,955
8	Tanah + 10% CS + 30%FA	20	55,221

2. Batas Plastis (*Plastic Limit atau PL*)

Untuk menentukan kadar air tanah pada batas antara keadaan liat dan padat.

Perhitungan kadar air batas plastis pada sampel tanah asli:

$$\text{Berat cawan kosong } (W_1) = 22,13 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + tanah basah } (W_2) = 36,26 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + tanah kering } (W_3) = 33,13 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \% = 28,45455 \%$$

Hasil pengujian kadar air batas plastis terdapat pada lampiran 5, yang disimpulkan pada tabel 5.6 .

Tabel 5.6 Batas Plastis Sesuai Variasi Sampel

No	SAMPEL	Kadar air (%)
1	Tanah Asli	28,361
2	Tanah + 10% CS + 0%FA	43,776
3	Tanah + 10% CS + 5%FA	43,536
4	Tanah + 10% CS + 10%FA	43,751
5	Tanah + 10% CS + 15%FA	43,84
6	Tanah + 10% CS + 20%FA	43,215
7	Tanah + 10% CS + 25%FA	43,38
8	Tanah + 10% CS + 30%FA	43,784

3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index / PI*)

Indeks plastis menunjukkan jumlah kadar air pada saat tanah dalam kondisi plastis.

$$\text{Rumus : } PI = LL - PL$$

Sampel tanah asli :

$$\text{Liquid Limit (LL)} = 53,985 \%$$

$$\text{Plastic Limit (PL)} = 28,361 \%$$

$$\text{Plastic Index (PI)} = 25,624 \%$$

Hasil pengujian kadar air plastisitas indek terdapat pada lampiran 5, yang disimpulkan pada tabel 5.7 .

Tabel 5.7 Indeks Plastisitas (*Plastisitas Index*) Sesuai Variasi Sampel

No	SAMPEL	Batas cair (LL%)	Batas plastis (PL%)	Indek plastis (PI%)
1	Tanah Asli	53,985	28,361	25,263
2	Tanah + 10% CS + 0%FA	55,197	43,777	11,420
3	Tanah + 10% CS + 5%FA	54,786	43,537	11,249
4	Tanah + 10% CS + 10%FA	54,834	43,751	11,085
5	Tanah + 10% CS + 15%FA	55,189	43,841	11,348
6	Tanah + 10% CS + 20%FA	55,309	43,216	12,093
7	Tanah + 10% CS + 25%FA	54,955	43,380	11,575
8	Tanah + 10% CS + 30%FA	55,221	43,784	11,437

5.1.5 Pengujian pematatan

Tujuan pematatan adalah untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) dan berat isi kering (γ_d) maksimum dari sampel tanah berikut ini:

1. Kadar Air (w)

Didefenisikan sebagai perbandingan berat air dengan berat tanah.

Perhitungan kadar air pada sampel tanah asli:

$$\text{Berat Cawan (W1)} = 22.48 \text{ gr}$$

Berat Cawan + tanah basah (W₂) = 52,48 gr

Berat Cawan + tanah kering (W₃) = 47,48 gr

$$\text{Kadar air } w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \% = 18,58 \%$$

2. Berat isi tanah (γ)

Berat isi tanah basah (γ_b) adalah perbandingan berat tanah basah dengan isi tanah seluruhnya.

$$\gamma_b = \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{isi tanah total}}$$

$$\text{Berat isi tanah kering } (\gamma_d) = \frac{\text{berat isi tanah basah}}{1 + \text{kadar air } (w)}$$

Perhitungan berat isi tanah kering pada sampel tanah asli:

Berat cetakan + tanah basah (A) = 3310 gr

Berat cetakan (B) = 1875 gr

Berat tanah basah (A - B) = 1435 gr

Isi cetakan (V) = 941,43 cm³

Kadar air tanah basah = 18,58 %

$$\text{Berat isi tanah basah } (\gamma_b) = \frac{A - B}{V} = \frac{1435}{941,43} = 1,524 \text{ gr/cm}^3$$

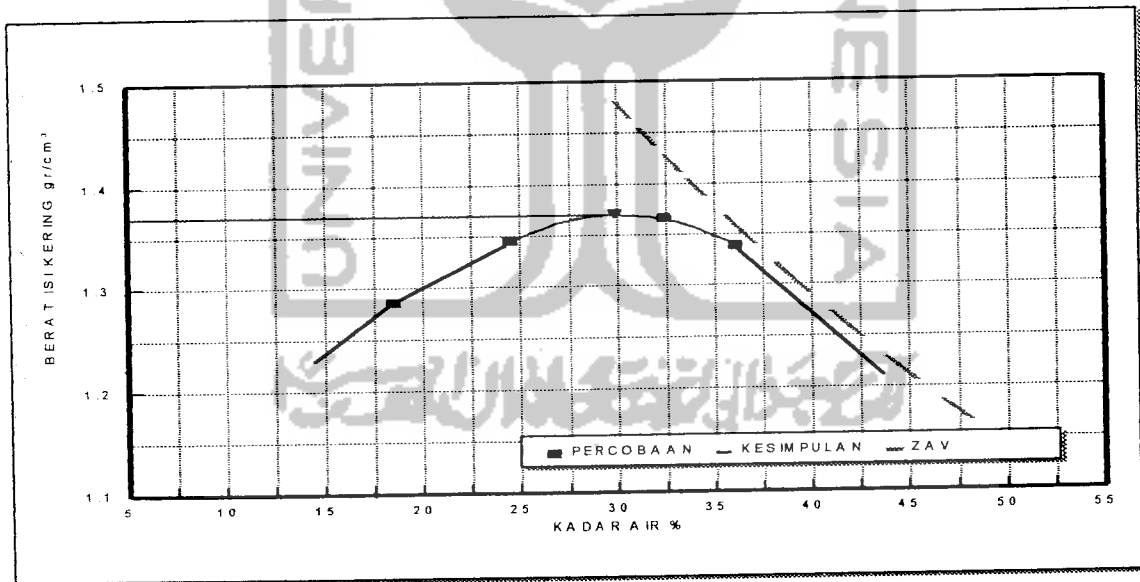
$$\text{Berat isi tanah kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma_b}{1 + w} = \frac{1,524}{1 + 0.1858} = 1,286 \text{ gr/cm}^3$$

Hasil pengujian proktor standar terdapat pada lampiran 3, yang disimpulkan pada tabel 5.9 .

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Pemadatan Standar Proktor

Percobaan	I	II	III	IV	V
$w_{\text{rata-rata}} (\%)$	18,52	24,42	32,36	37,92	49,55
$\gamma_b \text{ gr/cm}^3$	1,524	1,673	1,807	1,822	1,715
$\gamma_k \text{ gr/cm}^3$	1,286	1,345	1,365	1,321	1,147

Gambar 5.1 menunjukkan grafik hubungan antara prosentase kadar air dengan berat kering berdasarkan tabel 5.8.



Gambar 5.1 Grafik hasil pengujian pemadatan standar proktor

Dari hasil pengujian pemadatan tanah sampel diperoleh $w_{opt}=30,04\%$ dan $\gamma_d=1,36926 \text{ gr/cm}^3$.

5.1.6 Pengujian tekan bebas

Pada pengujian tekan bebas ini juga bertujuan untuk mendapatkan sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) tanah lempung yang diuji. Untuk mendapatkan nilai ϕ dan c adalah sebagai berikut ini:

Perhitungan kohesi tanah pada sampel tanah asli:

$$L_0 = 7,70 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter} = 3,95 \text{ cm}$$

$$A_0 = 12,254 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kalibrasi} = 0,555556 \text{ kg}$$

$$\text{Pembacaan dial } a : 35$$

$$\Delta L = 0,035$$

$$\Delta L / L_0 = 0,004545$$

$$\text{Koreksi} = (1 - (\Delta L / L_0)) = 0,995$$

$$\text{Luas koreksi} = A_0 / \text{koreksi} = 12,310$$

$$\text{Pembacaan dial} = 2,0$$

$$\text{Beban (P)} = 1,111 \text{ kg}$$

$$\text{Tegangan (P/A)} = 0,090 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk nilai ϕ dan c didapat dari :

$$\alpha \text{ (sudut kritis)} = 50^\circ$$

$$\phi \text{ (sudut geser dalam)} = 2 (\alpha - 45^\circ) = 10^\circ$$

q_{ult} diambil dari nilai tegangan (P/A) yang terbesar dari hasil pengujian

$$\text{Koheesi tanah (c)} = q_{ult} / (2 \tan \alpha)$$

$$= 0,437 / 2 \tan 50$$

$$= 0,183 \text{ kg/ cm}^2$$

Hasil pengujian tekan bebas terdapat pada lampiran 6, yang disimpulkan pada tabel 5.9 .

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Tekan Bebas

Penambahan CS % + FA %	γ_b gr / cc	ϕ ($^\circ$)	c kg/cm 2	q_{ult} kg/cm 2
Undisturb	1,576	8	0,191	0,439
	1,583	10	0,183	0,437
0 + 0	1,976	14	0,469	1,200
	1,918	14	0,466	1,194
	1,869	12	0,483	1,194
10 + 0	1,915	30	1,675	5,804
	1,863	27	1,688	5,509
	1,905	30	1,625	5,629
10 + 5	1,885	30	1,732	6,001
	1,898	30	1,718	5,951
	1,902	28	1,714	5,705
10 + 10	1,896	30	1,738	6,021
	1,917	30	1,755	6,079
	1,907	28	1,847	6,148
10 + 15	1,917	28	1,698	5,651
	1,911	30	1,730	5,992
	1,910	30	1,693	5,866
10 + 20	1,863	31	1,805	6,381
	1,901	30	1,898	6,576
	1,901	32	1,791	6,461

Tabel 5.9 (Lanjutan)

Penambahan CS % + FA %	γ_b gr / cc	ϕ ($^\circ$)	c kg/cm ²	q _{ult} kg/cm ²
10 + 25	1,932	28	1,912	6,363
	1,918	30	1,814	6,284
	1,901	28	2,178	7,249
10 + 30	1,854	26	1,743	5,580
	1,862	29	1,707	5,797
	1,877	28	1,662	5,531

5.1.7 Pengujian geser langsung (*Direct shear test*)

Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) tanah sampel. Perhitungannya adalah sebagai berikut ini:

Perhitungan data percobaan diperoleh nilai-nilai sebagai berikut:

$$\sigma_{II} = 0,277 \text{ kg/cm}^2 \quad \tau = 0,395 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{II} = 0,555 \text{ kg/cm}^2 \quad \tau = 0,435 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{II} = 1,095 \text{ kg/cm}^2 \quad \tau = 0,766 \text{ kg/cm}^2$$

Dari rumus : $\tau = c + \sigma_{II} \tan \phi$

Diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$0,395 = c + 0,277 \tan \phi \dots \dots \dots (1)$$

$$0,435 = c + 0,555 \tan \phi \dots \dots \dots (2)$$

$$0,766 = c + 1,095 \tan \phi \dots \dots \dots (3)$$

Dengan cara eliminasi dari persamaan di atas diperoleh:

$$c \text{ rata-rata} = 0,227 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi \text{ (sudut geser)} = 25,4^{\circ}$$

Hasil pengujian geser langsung terdapat pada lampiran 7, yang disimpulkan pada tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Geser Langsung

Penambahan CS % + FA %	γ_b (gr / cc)	ϕ ($^{\circ}$)	c (kg/cm ²)
Undisturb	1,499	25,4	0,227
	1,501	23,56	0,256
0 + 0	1,776	31,46	0,627
	1,779	30,04	0,724
	1,774	30,63	0,732
10 + 0	1,757	37,5	1,228
	1,784	39,67	1,67
	1,808	39,71	1,717
10 + 5	1,754	38,67	1,648
	1,813	39,69	1,768
	1,798	39,29	1,691
10 + 10	1,729	39,38	1,906
	1,727	39,58	1,807
	1,739	38,48	1,892
10 + 15	1,740	39,44	1,989
	1,746	39,92	1,995
	1,784	39,74	1,973
10 + 20	1,775	40,29	2,039
	1,735	40,17	1,983
	1,775	40,71	2,033
10 + 25	1,720	39,97	1,858
	1,758	39,01	2,038
	1,728	38,77	1,855
10 + 30	1,722	39,70	1,692
	1,697	39,47	1,686
	1,720	39,76	1,763

5.1.8 Perhitungan daya dukung

Perhitungan daya dukung tanah pada Tugas Akhir ini menggunakan rumus Terzaghi untuk pondasi bujur sangkar sebagai berikut:

$$q_{ult} = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma_b \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma_b \cdot B \cdot N_\gamma$$

dengan:

γ = berat isi tanah

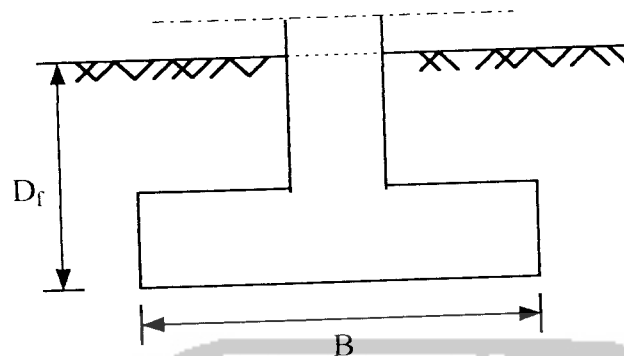
c = kohesi

N_c , N_q , N_γ adalah faktor daya dukung yang besarnya tergantung dari besarnya sudut geser dalam tanah. Seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.11 Koefisien Daya Dukung Terzaghi (1941)

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0°	5,71	1,00	0	3,81	1,00	0
5°	7,32	1,64	0	4,48	1,39	0
10°	9,64	2,70	1,2	5,34	1,94	0
15°	12,80	4,44	2,4	6,46	2,73	1,2
20°	17,70	7,43	4,6	7,90	3,88	2,0
25°	25,10	12,70	9,2	9,98	5,50	3,3
30°	37,20	22,50	20,0	12,70	8,32	5,4
35°	57,80	41,40	44,0	116,80	12,80	9,6
40°	95,60	81,20	114,0	23,20	20,50	19,1
45°	172,00	173,00	320,0	34,10	35,10	27,0

Sumber: Suyono Sosrodarsona, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 1990 hal 32



Gambar 5.2 Pondasi dangkal bujur sangkar

Dari hasil perhitungan daya dukung pada sampel tanah asli yang diperbaiki dengan 10% *clean set cement* dan penambahan 20% *fly ash* (sampel 7, benda uji no.2 pada tabel 5.13) berdasarkan hasil pengujian Tekan Bebas didapat:

$$\gamma_b = 1,901 \text{ gr/cm}^2$$

$$c = 1,898 \text{ kg/cm}^2 = 18,98 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 30^\circ$$

Dari nilai sudut geser dalam (ϕ) akan didapat koefisien daya dukung (tabel 5.11)

$$N_c = 37,20$$

$$N_q = 22,50$$

$$N_\gamma = 20$$

$$q_{ult} = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma_b \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma_b \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_{ult} = (1,3 \cdot 18,98 \cdot 37,20) + (1,901 \cdot 1 \cdot 22,50) + (0,4 \cdot 1,901 \cdot 1 \cdot 20)$$

$$= 1213,1713 \text{ t/m}^2$$

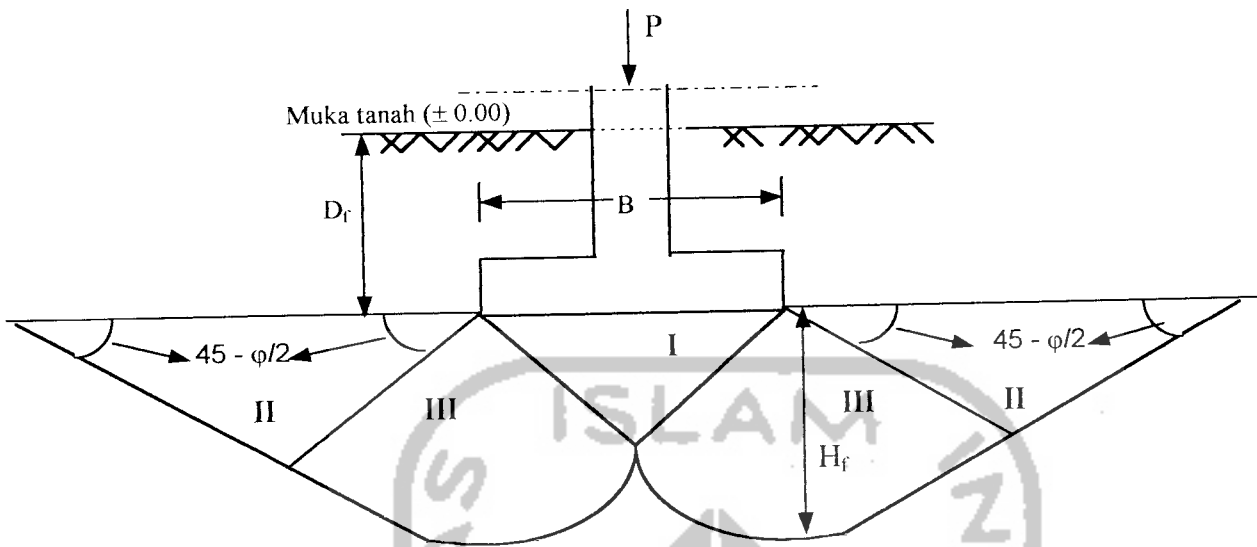
$$\begin{aligned}q_{ijin} &= q_{ult} / SF \\ &= 1213,1713 / 3 \\ &= 404,3904 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Dari hasil pengujian tekan bebas dan perhitungan sebelumnya dapat diketahui bahwa tanah lempung dari daerah Godean yang diperbaiki dengan 10% *clean set cement* dan penambahan 20% *fly ash* terdapat peningkatan daya dukung tanah yang maksimum jika dibandingkan dengan daya dukung tanah asli atau yang hanya diperbaiki dengan *clean set cement* saja. Hasil perhitungan daya dukung tanah berdasarkan pengujian tekan bebas selengkapnya terdapat pada tabel 5.13.

5.1.9 Perhitungan tebal lapisan perbaikan tanah

Tebal lapisan tanah yang akan diperbaiki dengan *clean set cement* dan *fly ash* perlu diperhitungkan agar beban yang diterima oleh tanah dapat didukung sesuai dengan kemampuan kuat dukung tanah tersebut serta tidak melampaui ketahanan geser tanah yang berakibat keruntuhan geser dari tanah pondasi.

Untuk tujuan praktis maka tebal perbaikan lapisan tanah (H_f) diambil 2 kali lebar pondasi yang dipakai. Pada zona I adalah daerah elastis, pada zona II adalah daerah geser linier dan pada zona III adalah daerah geser radial.



Gambar 5.3 Daerah keruntuhan bidang geser pondasi

Perhitungan penyebaran tekanan tanah dan perbaikan lapisan tanah:

Beban total

$$P = 75 \text{ Ton}$$

Ukuran pondasi bujur sangkar

$$A = (1,2 \cdot 1,2) \text{ m}^2$$

Kedalaman pondasi

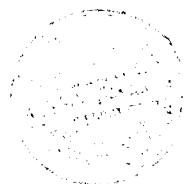
$$D_f = 1,6 \text{ m}$$

Tebal pondasi

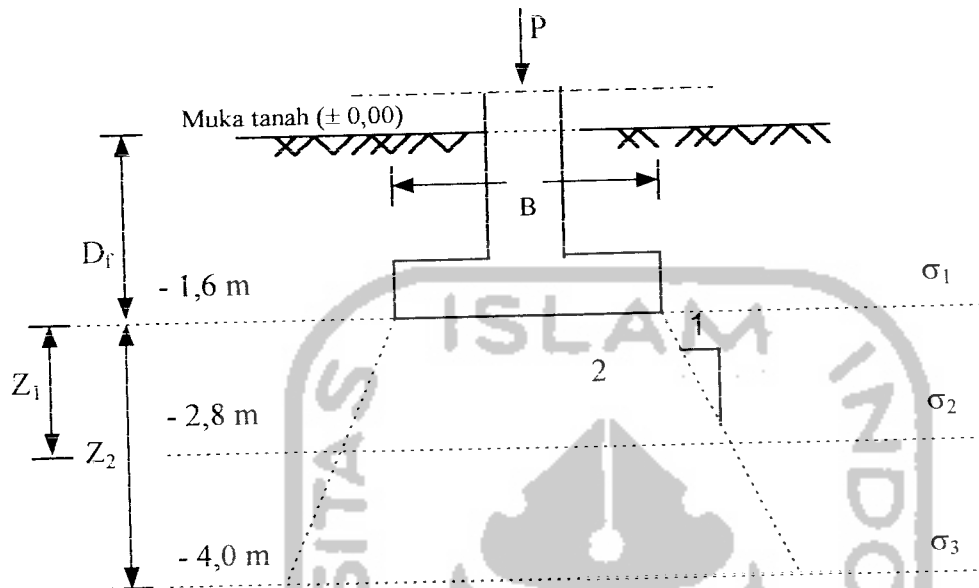
$$h = 0,6 \text{ m}$$

Tegangan ijin tanah

$$\sigma_{ijin} = 404,3904 \text{ t/m}^2$$



Penyebaran beban dengan cara pendekatan perbandingan kemiringan 2 : 1



Gambar 5.4 Penyebaran tekanan tanah akibat beban P

$$\sigma = P / A$$

$$\sigma_1 = 75 / (1,2 \cdot 1,2) = 52,083 \text{ t/m}^2 \quad \langle \quad \sigma_{ijin} = 404,3904 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 75 / (2,4 \cdot 2,4) = 13,021 \text{ t/m}^2 \quad \langle \quad \sigma_{ijin} = 404,3904 \text{ t/m}^2$$

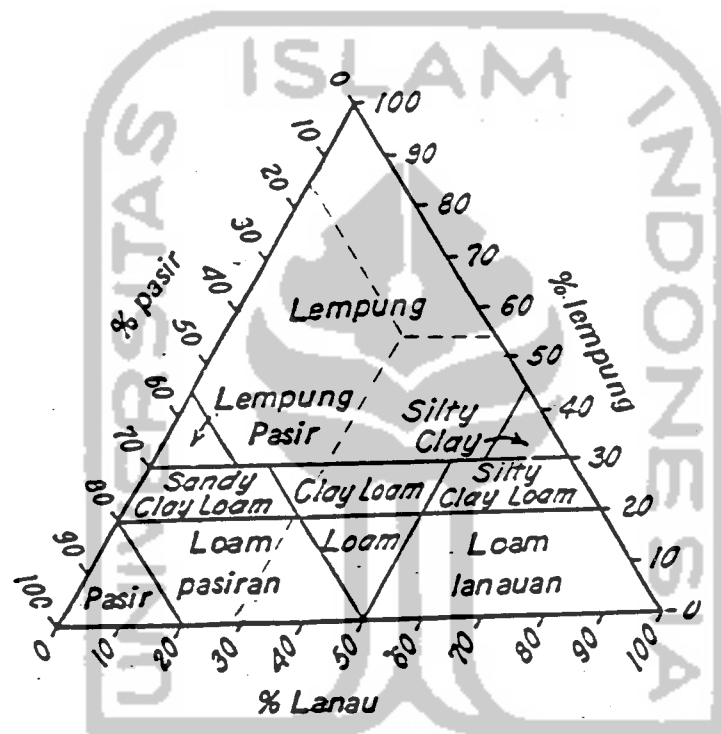
$$\sigma_3 = 75 / (3,6 \cdot 3,6) = 5,787 \text{ t/m}^2 \quad \langle \quad \sigma_{ijin} \text{ tanah asli} = 6,6701 \text{ t/m}^2$$

Dari hasil perhitungan penyebaran tekanan tanah tersebut, terlihat pada kedalaman - 4,0m ($2 \cdot B$) tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin tanah asli sehingga tebal perbaikan lapisan tanah menjadi $Z_2 = 2 \cdot B = 2 \cdot 1,2 = 2,4$ m dari dasar pondasi aman untuk dipakai .

5.2 Pembahasan

5.2.1 Klasifikasi tanah

Dari hasil pengujian gradasi butiran tanah terhadap sampel tanah dalam percobaan ini ternyata mengandung : pasir (16,04%), lumpur (29,48%) dan lempung (53,50%).



Gambar 5.5 Diagram klasifikasi tanah

Sumber: Karl Terzaghi, Ralph B. Peck, Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, 1987, hal 30.

Berdasarkan klasifikasi tanah ASTM D-2487-66 T, maka sampel tanah yang diuji termasuk jenis tanah lempung karena lebih dari 50 % diameter butiran yang terkandung lebih kecil dari 0,075mm. Dari nilai batas plastis 28,361% dan nilai batas cair 53,985%, maka didapat nilai plastisitas indek 25,263%. Dari nilai batas cair dan nilai plastisitas indeks, maka tanah lempung tersebut termasuk jenis lempung inorganik dengan plastisitas dan viskositas tinggi.

5.2.2 Batas konsistensi tanah (Atterberg)

Dari hasil pengujian batas konsistensi sampel tanah asli dapat diketahui bahwa kadar air pada batas cair dan batas plastis lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang telah dicampur dengan *clean set cement*, sedangkan nilai indek plastis pada tanah asli lebih besar dibandingkan dengan tanah yang telah dicampur dengan *clean set cement*. Penambahan *fly ash* pada *clean set cement* tidak mempengaruhi batas konsistensi tanah.

5.2.3 Pemasatan standar proktor

Dari hasil pengujian standar proktor tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan *clean set cement* terlihat bahwa tanah yang telah dicampur *clean set cement* mempunyai kadar air optimum yang lebih besar dibandingkan dengan tanah yang tidak dicampur *clean set cement* (tanah asli). Berdasarkan hasil pengujian batas konsistensi tanah, diketahui bahwa *fly ash* tidak mempengaruhi kadar air, maka pengujian standar proktor pada tanah yang dicampur *fly ash* tidak dilakukan.

5.2.4 Pengujian tekan bebas

Hasil pengujian tekan bebas pada tabel 5.9 dapat disimpulkan nilai rata-rata kohesi sesuai variasi sampel yang di tunjukkan tabel 5.12. Pada sampel nomor 1 (*undisturb*) terlihat memiliki nilai kohesi yang terkecil karena kadar airnya tidak optimum, sedangkan pada sampel nomor 2 (tanah asli / *remolded*) mempunyai nilai kohesi yang lebih besar karena kadar airnya optimum. Untuk sampel nomor 3 dan

seterusnya peningkatan nilai kohesi karena tanah telah dicampur *clean set cement* dan penambahan *fly ash*.

Tabel 5.12 Nilai Rata-rata Kohesi Tekan Bebas

No	SAMPEL	c (kg/cm ²)
1	Undisturb	0,187
2	Tanah Asli	0,473
3	Tanah + 10% CS + 0%FA	1,663
4	Tanah + 10% CS + 5%FA	1,721
5	Tanah + 10% CS + 10%FA	1,780
6	Tanah + 10% CS + 15%FA	1,707
7	Tanah + 10% CS + 20%FA	1,831
8	Tanah + 10% CS + 25%FA	1,868
9	Tanah + 10% CS + 30%FA	1,704

Dari hasil pengujian tekan bebas yang terdapat pada tabel 5.9, maka dapat dihitung q_{ijin} tanah tersebut. Hasil perhitungan q_{ijin} tiap jenis sampel dapat dilihat pada tabel 5.13.

Tabel 5.13 Perhitungan q_{ijin} Berdasarkan Pengujian Tekan Bebas

Penambahan CS % + FA %	γ_b (gr / cm ³)	ϕ (^o)	c (T / m ²)	Nc	Nq	N γ	q ult (T / m ²)	q ijin (T / m ²)
Undisturb	1,578	8	1,910	8,712	2,276	0,72	25,6779	8,5593
	1,583	10	1,830	7,320	1,640	0,00	20,0104	6,6701
0 + 0	1,976	14	4,690	12,168	4,100	2,16	83,9972	27,9991
	1,918	14	4,600	12,168	4,100	2,16	82,2856	27,4285
	1,869	12	4,830	10,904	3,420	1,68	76,1142	25,3714
10 + 0	1,915	30	16,75	37,20	22,50	20,0	868,4375	289,4792
	1,863	27	16,88	29,94	16,62	13,52	698,0415	232,6805
	1,905	30	16,25	37,20	22,50	20,00	843,9525	281,3175
10 + 5	1,885	30	17,32	37,52	22,50	20,00	902,2928	300,7643
	1,898	30	17,18	37,52	22,50	20,00	895,8607	298,6202
	1,902	28	17,14	32,36	18,58	15,68	768,3140	256,1047
10 + 10	1,896	30	17,38	37,20	22,50	20,00	898,3248	299,4416
	1,917	30	17,55	37,20	22,50	20,00	907,1865	302,3955
	1,907	28	18,47	32,36	18,58	15,68	824,3887	274,7962
10 + 15	1,917	28	16,98	32,36	18,58	15,68	761,9559	253,9853
	1,911	30	17,30	37,20	22,50	20,00	894,9135	298,3045
	1,910	30	16,93	37,20	22,50	20,00	876,9898	292,3299
10 + 20	1,863	31	18,05	41,32	26,28	24,80	1037,0144	345,6715
	1,901	30	18,98	37,20	22,50	20,00	975,8523	325,2844
	1,901	32	17,91	45,44	30,06	29,60	1137,6314	379,2105

Tabel 5.13 (Lanjutan)

Penambahan CS % + FA %	γ_b (gr/cm ³)	ϕ (°)	c (T/m ²)	Nc	Nq	N _y	q _{ult} (T/m ²)	q _{ijin} (T/m ²)
10 + 25	1,932	28	19,12	32,36	18,58	15,68	852,3542	284,1181
	1,918	30	18,14	37,20	22,50	20,00	935,7494	311,9165
	1,901	28	17,28	32,36	18,58	15,68	774,1787	258,0595
10 + 30	1,854	26	17,43	27,52	14,66	11,36	659,1799	219,7266
	1,862	29	17,07	34,78	20,54	17,84	823,3357	274,4452
	1,877	28	16,62	32,36	18,58	15,68	745,8173	248,6058

Tabel 5.14 merupakan kesimpulan daya dukung rata-rata tanah berdasarkan hasil perhitungan tabel 5.13.

Tabel 5.14 q_{ijin} Rata-rata Tekan Bebas

No	SAMPEL	q _{ijin} (t/m ²)
1	Undistrib	7,6147
2	Tanah Asli	26,9330
3	Tanah + 10% CS + 0%FA	267,8257
4	Tanah + 10% CS + 5%FA	285,1631
5	Tanah + 10% CS + 10%FA	292,2111
6	Tanah + 10% CS + 15%FA	295,3172
7	Tanah + 10% CS + 20%FA	350,0555
8	Tanah + 10% CS + 25%FA	284,6980
9	Tanah + 10% CS + 30%FA	247,5925

Dari tabel di atas terlihat bahwa penambahan 20% *fly ash* menunjukkan daya dukung tanah tertinggi, karena senyawa silikat aluminat pada *fly ash* berreaksi sempurna dengan kapur bebas yang dilepaskan *clean set cement* dan membentuk hidrat kalsium aluminosilikat.

5.2.5 Pengujian geser langsung

Pada pengujian geser langsung dapat juga disimpulkan nilai rata-rata kohesi pada tabel 5.15 yang diambil dari tabel 5.10. Nilai kohesi dipengaruhi oleh kadar air serta penambahan bahan *clean set cement* dan *fly ash*.

Tabel 5.15 Nilai Rata-rata Kohesi Geser Langsung

No	SAMPEL	c (kg/cm)
1	Undisturb	0,242
2	Tanah Asli	0,694
3	Tanah + 10% CS + 0%FA	1,694
4	Tanah + 10% CS + 5%FA	1,702
5	Tanah + 10% CS + 10%FA	1,868
6	Tanah + 10% CS + 15%FA	1,954
7	Tanah + 10% CS + 20%FA	1,964
8	Tanah + 10% CS + 25%FA	1,917
9	Tanah + 10% CS + 30%FA	1,713

Dari hasil pengujian geser langsung yang terdapat pada lampiran 7, maka dapat dihitung q_{ijin} daya dukung tanah tersebut. Hasil perhitungan q_{ijin} tiap jenis sampel dapat dilihat pada tabel 5.16.

Tabel 5.16 Perhitungan q_{ijin} Berdasarkan Pengujian Geser Langsung

Penambahan CS % + FA %	γ_b (gr/cm ³)	ϕ (°)	c (T/m ²)	N_c	N_q	N_γ	q_{ult} (T/m ²)	q_{ijin} (T/m ²)
Undisturb	1,499	25,40	2,27	26,0680	13,4840	10,06	108,2689	36,0896
	1,501	23,56	2,56	22,9688	11,1822	7,87	102,095	34,0317
0 + 0	1,776	31,46	6,27	42,2152	28,0188	27,02	406,0948	135,3649
	1,779	30,04	7,24	37,3648	22,6512	20,19	400,7501	133,5834
	1,774	30,63	7,32	39,7956	24,8814	30,63	437,997	145,999
10 + 0	1,757	37,50	12,28	76,7002	61,3001	79,00	1372,8001*	457,6
	1,784	39,67	16,70	93,1052	78,5732	109,38	2239,542	746,514
	1,808	39,71	17,17	93,4076	78,8916	109,94	2304,1468	768,0489
10 + 5	1,754	38,67	16,48	85,5452	70,6132	95,38	2026,3224	675,5408
	1,813	39,69	17,68	93,2564	78,7324	109,66	2365,4272	788,4757
	1,798	39,29	16,91	90,2324	75,5484	104,06	2192,1457	730,7152
10 + 10	1,729	39,38	19,06	90,9128	76,2648	105,32	2462,0742	820,6914
	1,727	39,58	18,07	92,4248	77,8568	108,12	2380,299	793,433
	1,739	38,48	18,92	84,1088	69,1008	92,72	2256,588	752,196

Tabel 5.16 (Lanjutan)

Penambahan CS % + FA %	γ_b (gr / cm ³)	ϕ ($^{\circ}$)	c (T / m ²)	N_c	N_q	N_{γ}	q_{ult} (T / m ²)	q_{ijin} (T / m ²)
10 + 15	1,740	39,44	19,89	91,3664	76,7424	106,16	2569,8801	856,6267
	1,740	39,92	19,95	94,9952	80,5632	112,88	2683,8278	894,6093
	1,840	39,74	19,73	93,6344	79,1304	110,36	2616,1262	872,0421
10 + 20	1,775	40,29	20,39	100,0312	86,5244	125,95	2894,5309	964,8436
	1,735	40,17	19,83	98,1976	84,3212	121,01	2761,7101	920,57
	1,775	40,71	20,33	106,4488	94,2356	143,25	3082,3124	1027,4375
10 + 25	1,720	39,97	18,58	95,3732	80,9612	113,58	2534,8006	844,9335
	1,758	39,01	20,38	88,1156	73,3196	100,14	2533,8490	844,6163
	1,720	38,77	18,55	86,3012	71,4092	96,78	2270,5619	756,854
10 + 30	1,722	39,70	16,92	93,3320	78,8120	109,80	2360,8167	786,9389
	1,697	39,47	16,86	91,5932	76,9812	106,58	2210,5234	736,8411
	1,720	39,76	17,63	93,7856	79,2896	110,64	2361,9706	787,3235

Tabel 5.17 merupakan kesimpulan daya dukung rata-rata tanah berdasarkan hasil perhitungan tabel 5.16.

Tabel 5.17 q_{ijin} Rata-rata Geser Langsung

No	SAMPEL	q_{ijin} (t/m ²)
1	Undistrib	35,0607
2	Tanah Asli	138,3158
3	Tanah + 10% CS + 0%FA	757,2814
4	Tanah + 10% CS + 5%FA	759,5954
5	Tanah + 10% CS + 10%FA	768,7735
6	Tanah + 10% CS + 15%FA	874,426
7	Tanah + 10% CS + 20%FA	970,9504
8	Tanah + 10% CS + 25%FA	815,4679
9	Tanah + 10% CS + 30%FA	770,3678

Dari hasil pengujian geser langsung juga terlihat bahwa penambahan *fly ash* 20% menunjukkan daya dukung tanah tertinggi karena banyak terbentuk hidrat kalsium alumino silikat.