

BAB VI

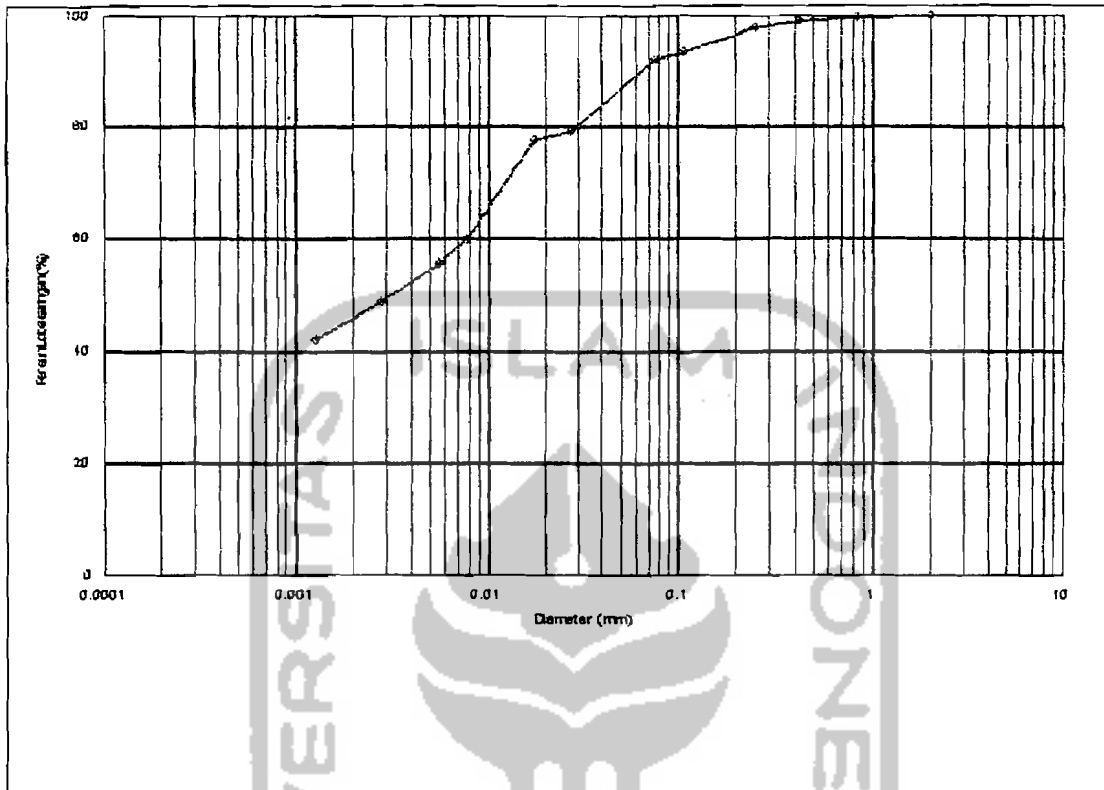
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Sifat Fisik Tanah Lempung

Dari Penelitian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia diperoleh hasil sifat fisik tanah lempung yaitu: kadar air (w), berat jenis (G_s), Berat volume (γ), batas susut (SL), Batas plastis (PL), indeks plastisitas (PI), batas cair (LL) dan analisis distribusi butiran tanah.

Tabel 6.1 Data sifat fisik tanah lempung asli daerah Godean.

No	Sifat Fisik	Hasil
1	Kadar air tanah asli ; w (%)	57,148
2	Berat jenis ; G_s	2,529
3	Berat volume ; γ (gram/cm ³)	1,569
4	Batas susut ; SL (%)	24,75
5	Batas plastis ; PL (%)	36,93
6	Indeks plastisitas ; PI (%)	26,03
7	Batas cair ; LL (%)	62,96



Gambar 6.1 Grafik analisis distribusi butiran tanah

Pembahasan.

Distribusi ukuran butiran partikel tanah dapat digambarkan dengan sebuah kurva di atas kertas semi logaritmik, sehingga ordinatnya adalah persentase berat partikelnya yang lebih kecil dari absisnya yang diketahui. Makin landai kurva distribusi, makin besar rentang distribusinya; makin curam kurva, makin kecil rentang distribusinya. Tanah berbutir kasar dideskripsikan bergradasi baik jika tidak ada partikel-partikel yang ukurannya menyolok dalam suatu rentang distribusi dan jika masih terdapat partikel-partikel yang berukuran sedang. Secara umum tanah bergradasi baik diwakili oleh kurva distribusi yang cembung dan

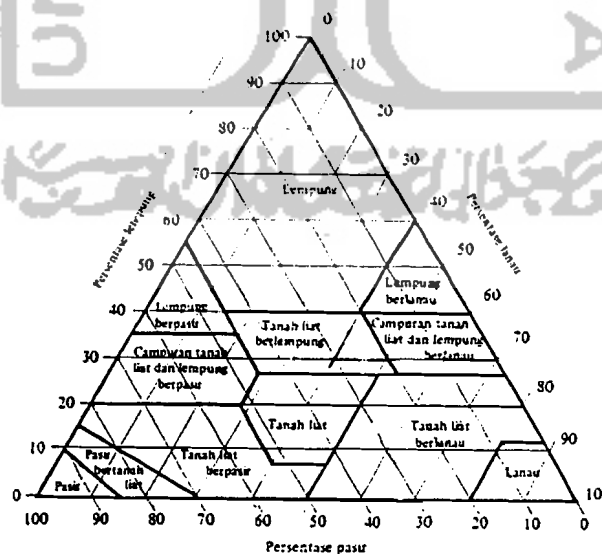
mulus. Tanah berbutir kasar dideskripsikan bergradasi buruk, (a) jika ukurannya seragam atau (b) jika tidak atau jarang terdapat partikel berukuran sedang (RF Craig, 1989).

Dari grafik pembutiran tanah kita dapat menentukan prosentase dari bagian-bagian yang termasuk dalam lempung (*clay*), lanau (*silt*) dan pasir (*sand*). Sehingga dapat memberikan nama dari tanah tersebut dengan digunakan segitiga pedoman penentuan nama jenis tanah (*triangular desiccation chart*). Dari data dan grafik pembagian tanah liat di daerah Godean butiran tanah didapatkan sebagai berikut:

$$\text{Sand (pasir)} = 100\% - 92,05\% = 7,95\%$$

$$\text{Silt (lanau)} = 92,05\% - 42,17\% = 49,88\%$$

$$\text{clay (lempung)} = 42,17\%$$



Gambar 6.2 Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA);(Das,1988)

Sehingga jenis tanah dari daerah Godean merupakan jenis tanah lempung berlanau (*silty clay*).

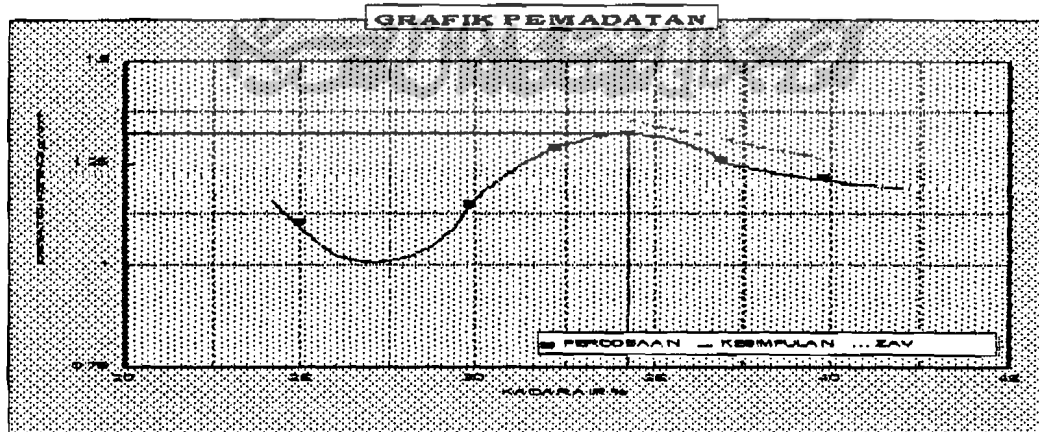
6.2 Sifat Mekanik Tanah Lempung

1. Uji Proctor Standar

Untuk mengetahui berat volume tanah kering (γ_d) maksimum dan kadar air (w) optimum dilakukan dengan uji Proctor Standar. Nilai γ_d maksimum dan w optimum yang diperoleh dari uji Proctor Standar ini dipakai sebagai acuan untuk membuat benda uji pada pengujian tekan bebas, geser langsung dan CBR.

Tabel 6.2 Hasil uji Proctor Standar tanah lempung daerah Godean.

No. Percobaan	1	2	3	4	5
Berat volume kering ; γ_d (gr/cm ³)	1,108	1,150	1,287	1,259	1,215
Kadar air ; w (%)	24,96	29,83	32,22	36,85	39,74



Gambar 6.3 Grafik uji Proctor Standar tanah lempung daerah Godean.

Dari grafik didapat :

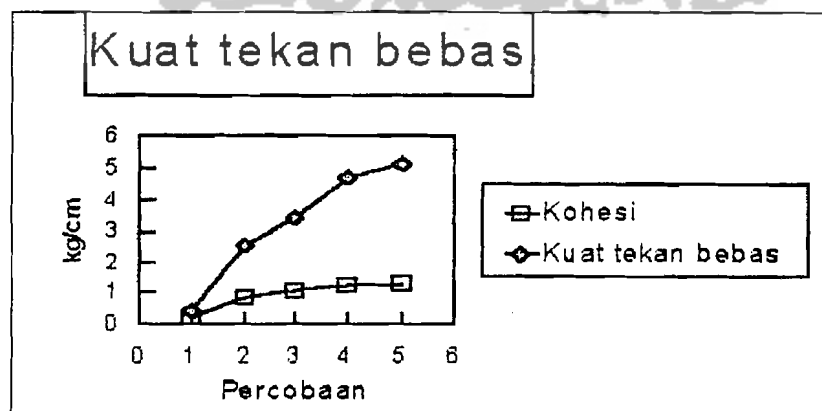
Berat volume kering maksimum (γ_d maks) : $1,32262 \text{ gr/cm}^3$

Berat air optimum (w opt) : $34,20 \%$

2. Uji Tekan Bebas

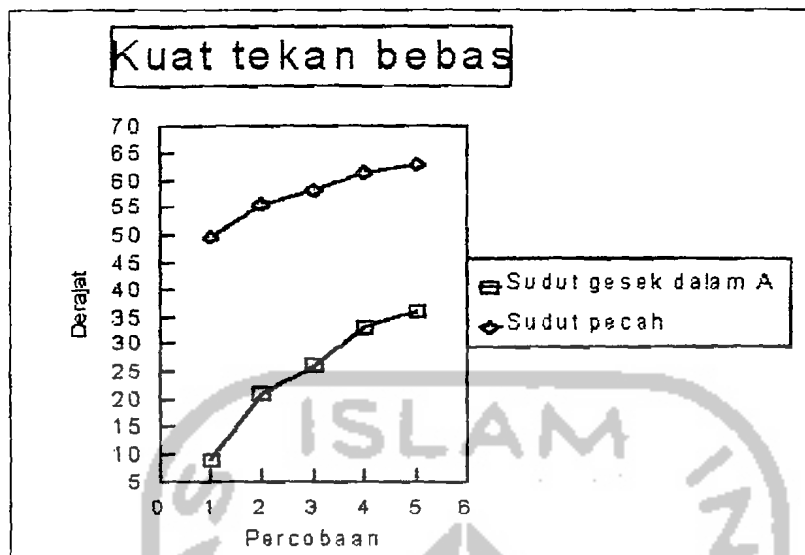
Tabel 6.3 Hasil pengujian tekan bebas.

No	Percobaan	Kuat tekan bebas (q_u) kg/cm^2	Kohesi (c) kg/cm^2	Sudut gesek dalam (ϕ) derajat	Sudut pecah (α) derajat
1	Tanah undisturb	0,492	0,210	9	49,5
2	Tanah dengan pepadatan	2,528	0,869	21	55,5
3	Tanah dengan 1 lapis geotekstil	3,424	1,070	26	58
4	Tanah dengan 2 lapis geotekstil	4,719	1,281	33	61,5
5	Tanah dengan 3 lapis geotekstil	5,124	1,306	36	63



Gambar 6.4 a. Grafik nilai kuat tekan bebas dan kohesi





Gambar 6.4 b. Grafik nilai sudut gesek dalam dan sudut pecah.

Keterangan gambar:

- Percobaan 1 : tanah undisturb,
 2 : tanah dengan pemadatan,
 3 : tanah dengan 1 lapis geotekstil,
 4 : tanah dengan 2 lapis geotekstil,
 5 : tanah dengan 3 lapis geotekstil.

Pembahasan.

Konsistensi tanah lempung berdasarkan nilai kuat tekan bebas menurut Terzaghi dan Peck, 1967 menunjukkan bahwa tanah lempung daerah Godean termasuk jenis tanah lempung lunak (tanah lempung lunak $q_u=0,25-0,5 \text{ kg/cm}^2$).

Dari hasil uji tekan bebas terlihat nilai kuat tekan bebas (q_u) mengalami kenaikan apabila pada tanah diberikan pemadatan, juga pada pelapisan geotekstil dengan pemadatan dibanding dengan tanah undisturb (tanah asli). Hal ini menunjukkan bahwa tanah lempung yang diberi lapisan geotekstil daya

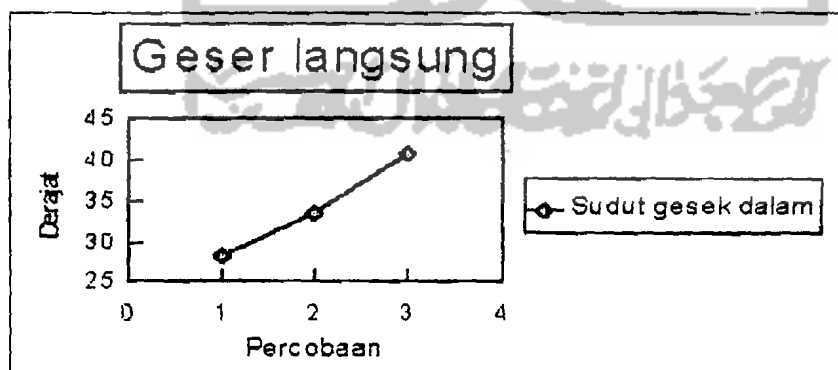
dukungannya menjadi lebih besar, semakin banyak jumlah lapisan geotekstil daya dukungnya akan semakin besar tetapi penambahan daya dukungnya tidak linier.

Dengan menggunakan lapisan geotekstil maka dihasilkan kohesi, sudut geser dalam dan sudut pecah yang lebih besar.

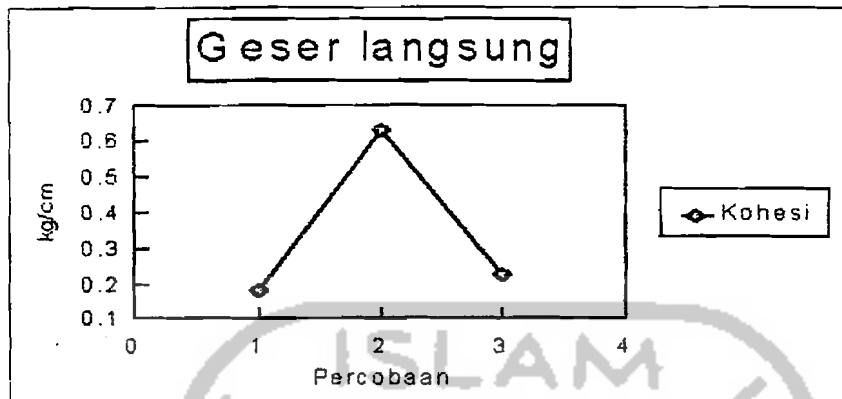
3. Uji Geser Langsung

Tabel 6.4 Hasil pengujian geser langsung.

No	Percobaan	Sudut gesek dalam (ϕ) derajat	Kohesi (c) kg/cm ²
1	Tanah undisturb	28,23	0,18
2	Tanah dengan pemadatan	33,46	0,632
3	Tanah dengan 1 lapis geotekstil	40,72	0,223



Gambar 6.5 a. Grafik nilai sudut gesek dalam.



Gambar 6.5 b. Grafik nilai kohesi.

Keterangan gambar :

- Percobaan 1: tanah undisturb,
 2 : tanah dengan pemadatan,
 3 : tanah dengan 1 lapis geotekstil.

Pembahasan.

Dari uji geser langsung didapat nilai kohesi dan sudut geser dalam. Hasil yang diperoleh menunjukkan sudut geser dalam akan semakin besar apabila tanah diberikan pemadatan dan semakin besar lagi apabila diberikan lapisan geotekstil dengan pemadatan. Sedang untuk kohesi hasil tertinggi adalah pada tanah dengan pemadatan karena tanah lempung dipadatkan sehingga kerapatan tanah lempung semakin tinggi mengakibatkan gesekan antar partikel semakin besar. Tanah yang dilapisi geotekstil kohesinya lebih rendah dibanding tanah yang dipadatkan karena kelicinan geotekstil dan pemasangan geotekstil mendatar searah dengan gaya horisontal dan kohesi yang paling rendah didapatkan pada tanah tak terganggu.

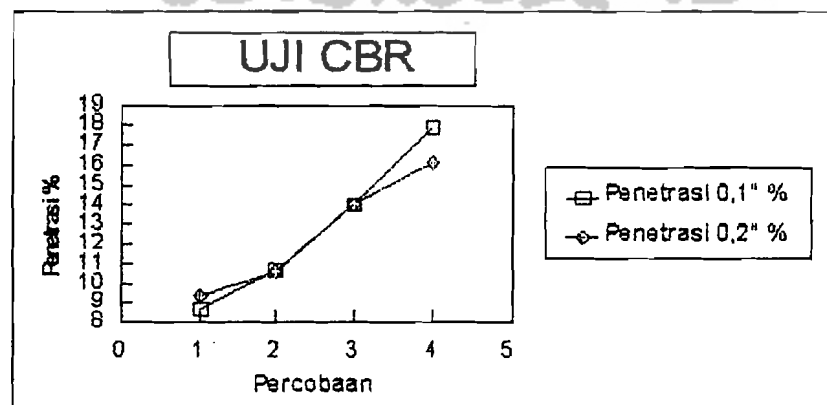
Sudut geser dalam dan kohesi mempunyai pengaruh terhadap kemampuan tanah untuk menahan gaya geser yang terjadi, yaitu semakin padat suatu tanah berarti semakin tinggi daya dukung tanah terhadap gaya geser. Hal ini dapat dilihat pada besarnya beban yang diberikan yaitu semakin berat beban yang diberikan semakin besar tegangan gesernya (lihat lampiran uji geser langsung).

Kesimpulan yang dapat diambil pada pengujian geser langsung dengan lapisan geotekstil pada arah mendatar searah bidang kontak pada tanah lempung adalah bahwa tegangan gesernya lebih tinggi dari pada tanah tak terganggu, akan tetapi lebih rendah dibanding tanah dengan pemadatan saja.

4. Uji CBR.

Tabel 6.5 Hasil pegujian CBR.

No	Percobaan	Penetrasi 0,1" (%)	Penetrasi 0,2" (%)
1	Tanah dengan pemadatan	8,59	9,29
2	Tanah dengan 1 lapis geotekstil	10,68	10,52
3	Tanah dengan 2 lapis geotekstil	13,93	13,93
4	Tanah dengan 3 lapis geotekstil	17,88	16,10



Gambar 6.6 Grafik hasil uji CBR.

Keterangan gambar :

Percobaan 1: tanah dengan pemadatan,

2 : tanah dengan 1 lapis geotekstil,

3 : tanah dengan 2 lapis geotekstil,

4 : tanah dengan 3 lapis geotekstil.

Pembahasan .

Nilai CBR adalah bilangan perbandingan antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang lingkaran seluas 3 inchi dengan kecepatan 0,05 inchi per menit vertikal ke bawah. Pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tanah dasar. Kekuatan tanah dasar banyak tergantung dari kadar airnya, semakin tinggi kadar air semakin rendah kekuatannya. Namun demikian tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapatkan nilai CBR tinggi, karena kadar air tidak akan konstan pada nilai yang rendah itu. Untuk memperkecil pengaruh air pada tanah sebaiknya tanah dipadatkan pada kadar air yang mendekati optimum.

Dari hasil pengujian CBR pada tanah lempung dengan lapisan geotekstil menunjukkan nilai penetrasi yang semakin besar baik pada penetrasi 0,1" maupun 0,2". Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan penggunaan lapisan geotekstil dan pemadatan pada kadar air optimum akan mendapatkan daya dukung tanah yang semakin besar.

5. Uji free swell.

Tabel 6.6 Hasil uji free swell.

No	Waktu menit	Volume tanah (ml)	Kenaikan volume tanah (ml)	Volume air (ml)
1	15	10	13	50
2	30	10	14	50
3	60	10	14	50
4	120	10	14	50

Pembahasan.

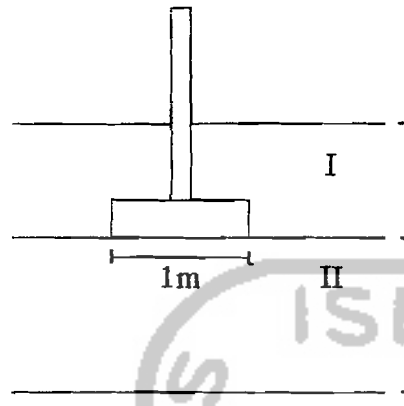
Bahwa tanah mengalami pengembangan dan penyusutan yang disebabkan oleh adanya air. Kadar air yang terdapat pada tanah liat dapat mempengaruhi besar kecilnya pengembangan dan penyusutan tanah. Perhitungan free swell sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{free swell} &= ((V_{\text{wet}} - V_{\text{dry}}) / V_{\text{dry}}) \times 100\% \\
 &= ((14 - 10) / 10) \times 100\% \\
 &= 40\%
 \end{aligned}$$

Tanah lempung di daerah Godean mempunyai pengembangan tanah sebesar 40% dari keadaan semula.

6. Pembahasan terhadap struktur tanah bawah pondasi.

Contoh hitungan. P



Data tanah:

Lapisan 1:

$$\gamma = 1,692 \text{ ton/m}^3 \quad \phi = 21^\circ$$

$$c = 0,869 \text{ kg/cm}^2 = 8,69 \text{ ton/m}^2$$

Lapisan 2: tanpa geotekstil

$$\gamma = 1,614 \text{ ton/m}^3 \quad \phi = 9^\circ$$

$$c = 0,210 \text{ kg/cm}^2 = 2,10 \text{ ton/m}^2$$

Lapisan 2: dengan geotekstil

$$\gamma = 1,881 \text{ ton/m}^3 \quad \phi = 36^\circ$$

$$c = 1,306 \text{ kg/cm}^2 = 13,06 \text{ ton/m}^2$$

Gambar 6.7 Contoh pondasi dan tanah dasar. $\gamma = 1,881 \text{ ton/m}^3 \quad \phi = 36^\circ$
 $c = 1,306 \text{ kg/cm}^2 = 13,06 \text{ ton/m}^2$

Luas pondasi : 1 m^2 , dengan lebar dan panjang : $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$

Dengan keterangan di atas baik menggunakan geotekstil atau tidak maka hitunglah:

- Tekanan tanah,
- Tegangan tanah,
- Tegangan gesek pada lapisan dasar,
- Nilai P.

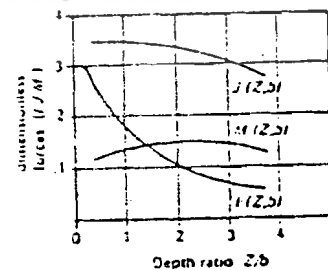
Solusi:

$z/b = 2/1 = 2$ dari grafik didapat:

$$I(z/b) = 1,1 \text{ ton/m}^2$$

$$J(z/b) = 3,4 \text{ ton/m}^2$$

$$M(z/b) = 1,4 \text{ ton/m}^2$$



Gambar 6.8 Grafik hubungan dimensi gaya terhadap daya dukung dari perkuatan tanah (Bisquet dan Lee, 1975)

a. Mencari tekanan tanah.

Tanpa geotekstil.

$$q_0 = 1 \times 1,692 = 1,692 \text{ ton/m}$$

$$q = 2 \times 1,614 = 3,228 \text{ ton/m}$$

$$\sigma (q/z) = J (z/b) \times q_0 \times b$$

$$= 3,4 \times 3,228 \times 1 = 10,9752 \text{ ton/m}^2$$

$$S (q/z) = I (z/b) \times q \times \Delta H$$

$$= 1,1 \times 3,228 \times 0 = 0 \text{ ton/m}^2$$

$$T (z,n) = 1/n \times [J (z/b) \times b - I (z/b) \Delta H] \times q_0 \times (q/q_0 - 1)$$

$$= 1/1 \times [3,4 \times 1 - 1,1 \times 0] \times 1,692 \times ((3,228 / 1,692) - 1)$$

$$= 5,2224 \text{ ton/m}^2$$

Menggunakan lapisan geotekstil.

$$q = 2 \times 1,881 = 3,762 \text{ ton/m}$$

$$\sigma (q/z) = J (z/b) \times q_0 \times b$$

$$= 3,4 \times 3,762 \times 1 = 12,7908 \text{ ton/m}^2$$

$$T (z,n) = 1/n \times [J (z/b) \times b - I (z/b) \Delta H] \times q_0 \times (q/q_0 - 1)$$

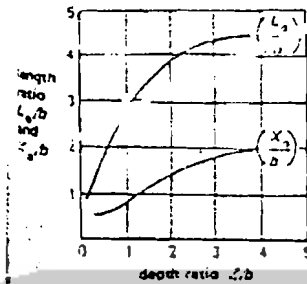
$$= 1/3 \times [3,4 \times 1 - 1,1 \times 0,5] \times 1,692 \times ((3,762 / 1,692) - 1)$$

$$= 1,9665 \text{ ton/m}^2$$

$z/b=2$ dari grafik didapat:

$$l_0 = 3,9 \text{ m}$$

$$x_0 = 1,4 \text{ m}$$



Gambar 6.9 Grafik dimensi panjang dari perkuatan tanah (Binquet dan Lee, 1975)

b. Mencari tegangan normal.

Tanpa lapisan geotekstil.

$$\begin{aligned}\sigma_n &= \sigma_v(q,z) + A \times \gamma \times (l_o - X_o) \times (Z + D) \\ &= 10,9752 + 1 \times 1,614 \times (3,9 - 1,4) \times (2+1) \\ &= 23,0802 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

Dengan lapisan geotekstil.

$$\begin{aligned}\sigma_n &= \sigma_v(q,z) + A \times \gamma \times (l_o - X_o) \times (Z + D) \\ &= 12,7908 + 1 \times 1,881 \times (3,9 - 1,4) \times (2 + 1) \\ &= 26,8983 \text{ ton/m}^2.\end{aligned}$$

c. Mencari tegangan gesek.

Tanpa lapisan geotekstil.

$$\begin{aligned}\mu &= \alpha \times \text{tg}\phi \\ &= 0,6 \times \text{tg}9^\circ = 0,09503\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_f &= 2 \times \mu \times A_{\text{strip}} \times [M(z/b) \times b \times q_o \times (q / q_o) + \gamma \times (l_o - X_o) \times (Z + D)] \\ &= 2 \times 0,095 \times 1 \times [1,4 \times 1 \times 3,228 + 1,614 \times (3,9 - 1,4) \times (2 + 1)] \\ &= 3,1586 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

Dengan lapisan geotekstil.

$$\mu = \alpha \times \operatorname{tg}\phi$$

$$= 0,6 \times \operatorname{tg}36^\circ = 0,4359$$

$$Tf = 2 \times \mu \times A_{\text{strip}} \times [M (z/b) \times b \times q_0 \times (q / q_0) + \gamma \times (l_0 - X_0) \times (Z + D)]$$

$$= 2 \times 0,4359 \times 1 \times [1,4 \times 1 \times 3,762 + 1,881 \times (3,9 - 1,4) \times (2 + 1)]$$

$$= 16,8905 \text{ ton/m}^2$$

d. Mencari besarnya P (beban maksimum).

Tanpa lapisan geotekstil

$$\sigma_n = P/A$$

$$P = \sigma_n \times A$$

$$= 23,0802 \times 1 = 23,0802 \text{ ton}$$

Dengan lapisan geotekstil

$$\sigma_n = P/A$$

$$P = \sigma_n \times A$$

$$= 26,8983 \times 1 = 26,8983 \text{ ton}$$

Tabel 6.7 Hasil perhitungan.

Tanah	T ton/m ²	σ_n ton/m ²	Tf ton/m ²	P ton
Tanpa geotekstil	5,2224	23,0802	3,1586	23,0802
Dengan geotekstil	1,9665	26,8983	16,8905	26,8983

Peningkatan daya dukung tanah:

$$((26,8983 - 23,0802) / 23,0802) \times 100 \% = 16,50 \%$$

Dari perhitungan di atas menunjukkan peningkatan daya dukung tanah lempung dengan menggunakan lapisan geotekstil sebesar : 16,50 %.