

PERPUSTAKAAN FTSP UII  
HADIAH/BELI

TGL. TERIMA : 06-12-2007  
NO. JUDUL : 2728  
NO. INV. : 5120002728001  
NO. INDUK. : 002728

**TUGAS AKHIR**  
**KAPASITAS DUKUNG DAN PENURUNAN KONSTRUKSI**  
**EMBANKMENT PADA TANAH BERBUTIR HALUS**  
**DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (SI) Teknik Sipil



Disusun oleh :

**Arif Widihandoko**  
99.511.340

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2007**

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

CAPACITIES SUPPORT AND DEGRADATION OF  
CONSTRUCTION OF EMBANKMENT AT GRANULOUS  
GROUND OF REFINEMENT WITH STRENGTH OF  
GEOTEXSTILE

*Ditujukan kepada Universitas Islam Indonesia*

*Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Menyelesaikan*

*Derajat Sarjana Teknik Sipil*

*Disusun Oleh :*

Nama : Arif Widhiandoko

No. Mhs : 99 511 340

Mengetahui,

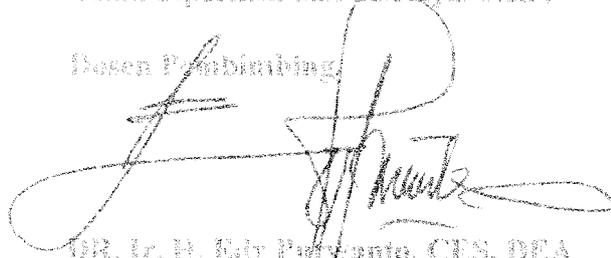
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. H. Faisal AGI, ME

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing,



DR. Ir. H. Edir Purwanto, CES, DEA

Tgl : 6/10/2007

## Lembar Persembahan

*Di saat kurasakan Kelelahan, Kebimbangan, Keraguan dan Ketakutan.....Selalu Kurasakan Kehadiran, dorongan, dan Ketulusan Doa Dari Orang-Orang Tercinta.*

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

Penciptaku  
ALLAH SWT

Dengan setulus hati, saya berterimakasih kepada :

- Bpk Dr, Ir. H. Edy Purwanto, CES. DEA (Dosen Pembimbingku), yang Sangat sabar membimbing saya walaupun terkadang saya sudah banyak ngerepotin dan mungkin bapak sedikit kesel sama saya karena dalam menyelesaikan tugas akhir ini banyak yang saya tidak mengerti (tidak nyambungan), saya Cuma bisa ucapkan banyak tarima kasih buat bapak.
- Bapak Ir. H. Ibnu Sudarmadji MS, Bpk Ir. Akhmad Marzuko, Mt, selaku Dosen Penguji, tanpa Bapak-bapak saya tidak bisa seperti sekarang ini. Terimakasih pak.....!!
- SEMBAH SUJUDKU UNTUK Ma-mah'ku "MUCHIYAH" tercinta ( yang telah melahirkan dan membuatku bisa seperti ini), dan Bapa'ku "MUCHIDIN" Bapak memang sosok kepala rumah tangga yang Hebat, saya bangga pada Bapak. Terimakasih untuk cinta, doa, dukungan yang tidak pernah putus. Semoga saya bisa membalas semua yang telah diberikan untuk'ku dan semoga saya diberikan kesempatan untuk membahagiakannya, AMIN!! Kaka-kaka'ku tercinta ( Mba IDA, Mas ARIS, Mba IIN, Mas GATO, Mba SUSAN, Mas APIP ) makasih untuk dukungan dan semangatnya, ( maaf kalo aku banyak ngerepotin ) I love u all ( Special thanks to Mas aris), Keponakan aku yang CUTE abis 'DESTA, De-de AISY' Om kangen ma kalian. Nurut ya ma orang tua dan sekolah yang pintar ok...!!
- Spesial To 'Emy-ku', ini semua untuk kita, makasih bgt kedatangan kamu menjadikan aku bersemangat lagi dalam ngejalani hidup ini... thanks cantik....!
- Keluarga besar JUID di BUMIAYU, Bude, Pade, Om'ku, (lik kiman aku lu-lus) sepupu'ku (dedi, imang, oji, pahrur, nana, IPONG, titan, BY-BY managemen (jarot, doni, ibet) LOVE U ALL laaah...
- Spesial to 'Vie'. Makasih yah, kamu sudah mau bersabar meskipun aku sering buat kamu kesel, maafin aku dan makasih untuk cinta dan sayang kamu.

- Sahabat-sahabat'ku

GANK CE-CEK STUDIO ( Iwan, Kobonk, Kank Moel, Ade 'bagol', Wono, Aris 'bebek', Rano, Ijan, Ipink, yudi & cunong (kakang adi), Hisam, Topik kalian memang terbaik buat aku yuuuh sega gorengan apa?? NOMADEN xx Band'ku (helmi, kriyip, baim, dedi, rama, yuni, mas yongki, neni, kalian terbaik). Kluarga besar Babeh Nangwar ma'nya makasih wedang ademe, yusi, iyat, erin, pigih, mba yayu, mba yanti. Devi solo thanks tuk semangatnya yah??, dita makasih mobilnya, he..he.. fitri thanks bukunya, ARSIH + JEMBENK makasih banyak kalian udah banyak direpoti sama aku, aku ga bakal lupa ma kalian berdua ok coy...!!, D-Comunity (uci, ucan, Neni, adil, wahyu, bowo), DAK agus & Ibu kamin thanks dukungannya.

- Sahabat-sahabat teknik sipil III 99'

OMERTA (wahyu, aan, riki, dimas, yono, deni, dayat, gundul), nur, ari RXZ, David, gopunk, vike, kang edi, yohan, Arsih, atma, arwan, inung, yono pendekar, danil, anto reseh, budi, budi tuban, yoyo, joko, dewi, dan smuanya yang gak ku sebut, thanks banyak yah..

- Teman-teman lab

Uci, aziz, andre thanks tuk analisis GRANULERNYA, Barzez, joko, hendra, ashadi, okta, ade. Thanks Broow...!!

Ade, ardi, ferdi, wawan, bambang, anis, agung, ikbal & lia, danang.

Sodara-sodara'ku BUMILAYU SEMANGAT.....!!

DAN SEMUANYA YANG ga aku sebutkan, bukan berarti ga... walaupun kita jauh dan akan berpisah kita harus percaya bahwa semangat kebersamaan kita akan tetap terjaga, Thanks to all my friend.... i love n peace.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT Sang Pencipta, Pemelihara, Pembimbing bagi seluruh makhluk-Nya yang telah melimpahkan rahmat kasih sayang seiring taufiq dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Muhammad SAW tauladan dan pembawa risalah pencerahan bagi kehidupan kita.

Tugas Akhir ini disusun sebagai persyaratan untuk menyelesaikan jenjang Strata satu (S1) di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam Tugas Akhir ini yang berjudul **“Kapasitas Dukung dan Penurunan Konstruksi Embankment Pada Tanah Berbutir Halus Dengan Perkuatan Geotekstil”**, telah di usahakan dengan segenap kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki, berdasarkan pada buku-buku referensi dan pedoman yang ada. Mengingat keterbatasan yang ada, disadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna sehingga diperlukan kritik dan saran yang bermanfaat untuk kesempurnaan Tugas Akhir.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini telah banyak diperoleh bantuan bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak, baik moral maupun materiil. Untuk itu di ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak DR. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak DR. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku Dosen Pembimbing,
4. Bapak Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku Dosen Penguji,
5. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT, selaku Dosen Penguji,
6. Semua pihak di lingkungan Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu proses penyusunan Tugas Akhir ini,
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Tidak ada yang dapat disampaikan selain ucapan terima kasih yang sebanyak-banyaknya atas bantuan yang diberikan, semoga mendapat balasan kebaikan dari Allah SWT. Amin

Akhirnya besar harapan penulis Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis secara pribadi dan bagi siapa saja yang membacanya.

***Wassalamu'alaikum Wr. Wb***

Yogyakarta, Oktober 2007

Penulis

## **ABSTRAKSI**

*Tanah lempung lunak dibawah konstruksi embankment memang rawan terhadap berbagai persoalan baik persoalan kekuatan yang rendah dalam mendukung beban diatasnya atau daya dukung yang relatif kecil, bahkan terjadi penurunan (settlement), hingga berlebihan (excessive settlement). Tanah merupakan elemen paling bawah dari suatu konstruksi bangunan. Masalah yang sering ditemui pada tanah berbutir halus yaitu nilai plastisitasnya tinggi, kembang susut tinggi, sehingga tidak memenuhi persyaratan untuk mendukung beban konstruksi diatasnya. Tanah lunak mempunyai daya dukung rendah, kuat geser rendah, kompresibilitas tinggi dan penurunan yang besar oleh karena pori-pori tanah banyak terisi air.*

*Pada penelitian ini sampel tanah konstruksi embankment yang digunakan adalah tanah berbutir halus yang berasal dari Jombor, Klaten, Jawa Tengah. Tujuan penelitian ini yaitu Mengetahui sifat-sifat fisik dan jenis tanah yang berasal dari Jombor, Klaten, Jawa Tengah. Mengetahui nilai keamanan pada konstruksi embankment sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil berdasarkan metode Terzaghi (1943) serta mengetahui daya dukung tanah pada kontstruksi embankment tanpa dan setelah diberi perkuatan dengan lapisan geotekstil.*

*Hasil pengujian untuk tanah asli yang berasal dari Jombor, Klaten Jawa Tengah menunjukkan bahwa tanah berwarna abu-abu kehitam-hitaman, berbentuk butiran sangat halus banyak mengandung air dan sedikit pasir. Berdasarkan Sistem klasifikasi tanah USCS, termasuk jenis tanah lempung berlanau (Clay Silt), berdasarkan klasifikasi Unified termasuk tanah berlanau pada kelompok OH dengan nama lanau anorganik dan sisrem AASHTO diklasifikasikan dalam kelompok A-7-5 (29). Daya dukung tanah yang diperkuat dengan geotekstil baik 1 lapis maupun 2 lapis memperoleh kecendrungan naik, kenaikan maksimum 30%. Penurunan Embankment tanah asli baik yang diperkuat maupun yang tidak diperkuat dengan geotekstil menurun hingga 43,21%, sedangkan penurunan embankment tanah berdasarkan kepadatan maksimum baik yang diperkuat maupun yang tidak diperkuat dengan geotekstil kecendrungan menurun mencapai 35,34%.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAKSI .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I     PENDAHULUAN .....	1
1.1   Latar Belakang .....	1
1.2   Rumusan Masalah .....	2
1.3   Tujuan Penelitian .....	2
1.4   Batasan Penelitian .....	2
1.5   Manfaat Penelitian.....	3
BAB II    TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1   Penelitian Mengenai Penurunan Embankment Dengan Metode One Point, Sub-Layer, Simpson .....	4
2.2   Penelitian Mengenai Kapasitas Dukung Pondasi Dangkal, Metode Terzaghi.....	9
2.3   Penelitian Mengenai Perkuatan Dengan Geotekstil.....	10
BAB III   LANDASAN TEORI .....	12
3.2   Tanah.....	12
3.1.1 Umum.....	12
3.1.2 Klasifikasi Tanah.....	12
3.1.3 Hubungan Antar Fase Tanah.....	17

	3.1.4 Batas-Batas Konsistensi Tanah.....	19
3.2	Pengujian Tanah .....	22
	3.2.1 Uji Hidrometer.....	22
	3.2.2 Analisis Distribusi Butiran.....	22
3.3	Tanah Lempung.....	22
	3.3.1 Mineral Lempung.....	22
	3.3.2 Pengaruh Air Pada Tanah Lempung.....	23
3.4	Uji Proktor Standar.....	25
3.5	Uji Tekan Bebas.....	27
3.6	Perkuatan Tanah.....	29
	3.6.1 Perkuatan Tanah Dengan Geotekstil.....	29
	3.6.2 Penggunaan Geotekstil Dilapangan.....	31
	3.6.3. Tujuan Perkuatan Tanah Dengan Geotekstil.....	32
3.7	Kapasitas Dukung Tanah Pondasi Dangkal.....	33
3.8	Analisis Kapasitas Dukung Tanah Teori Terzaghi.....	34
3.9	Penurunan Satu Dimensi.....	38
BAB IV	METODE PENELITIAN .....	41
4.1	Pekerjaan Persiapan.....	41
4.2	Pekerjaan Lapangan.....	41
	4.2.1 Sampel Tanah Tidak Asli... ..	41
4.3	Embankment.....	41
	4.3.1 Pengujian Embankment.....	42
	4.3.2 Tanah.....	46
	4.3.3 Geotekstil.....	46
	4.3.4 Jadwal Penelitian.....	47
	4.3.5 Jalannya Penelitian.....	47
4.4	Tahap Persiapan.....	47
4.5	Pekerjaan Laboratorium.....	47
4.6	Pemodelan Benda Uji.....	48
4.7	Tahapan Pengujian.....	49

	4.8	Alat Penelitian.....	52
	4.9	Bagan Alir Penelitian.....	54
BAB V		HASIL UJI PENELITIAN.....	55
	5.1	Umum.....	55
	5.2	Klasifikasi Tanah.....	55
	5.2.1	Sifat Fisik Tanah Asli.....	59
	5.2.2	Sifat Mekanis Tanah.....	59
	5.2.2.1.	Pengujian Kadar Air.....	59
	5.2.2.2.	Pengujian Berat Volume Tanah.....	60
	5.2.2.3.	Pengujian Berat Jenis Tanah.....	61
	5.2.2.4.	Pengujian Batas-Batas Konsistensi.....	62
	5.2.3	Pengujian Proktor Standar.....	67
	5.2.4	Uji Kapasitas Dukung Dan Penurunan Embankment.....	70
	5.2.5	Penurunan Embankment.....	79
	5.3	Kapasitas Dukung Tanah Teori Terzaghi.....	87
BAB VI		PEMBAHASAN.....	94
	6.1	Klasifikasi Tanah Asli.....	94
	6.1.1	Analisis Distribusi Butiran.....	94
	6.1.2	Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> .....	95
	6.1.3	Sistem Klasifikasi AASHTO.....	96
	6.2	Analisis Kuat Dukung Tanah Teori Terzaghi.....	98
	6.3	Analisis Penurunan Embankment.....	100
BAB VII		KESIMPULAN DAN SARAN .....	105
	7.1	Kesimpulan .....	105
	7.2	Saran .....	105
		DAFTAR PUSTAKA.....	106
		LAMPIRAN.....	108

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Klasifikasi Tanah Sistem <i>Unified</i> .....	14
Tabel 3.2	Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i> .....	15
Tabel 3.3	Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO.....	16
Tabel 3.4	Nilai Indeks Plastisitas Dan Macam Tanah.....	21
Tabel 3.5	Hubungan Antara Bentuk Dan Fungsi Geosintetik.....	32
Tabel 3.6	Koefisien Koefisien $\alpha$ dan $\beta$ .....	36
Tabel 3.7	Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi.....	37
Tabel 4.1	Hubungan Antara Bentuk Dan Fungsi Geosintetik.....	46
Tabel 4.2	Jenis pengujian dan jumlah benda uji.....	53
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Analisis Saringan Sampel I.....	56
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Sampel II.....	57
Tabel 5.3	Nilai Rata-rata Hasil Uji Analisa Distribusi Butiran Sampel I Dan II.....	58
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Kadar Air.....	59
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Berat Volume Tanah.....	60
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Berbutir Halus.....	61
Tabel 5.7	Hasil pengujian batas cair.....	63
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Batas Plastis I.....	64
Tabel 5.9	Hasil pengujian batas susut.....	65
Tabel 5.10	Nilai hasil uji sifat-sifat mekanis tanah Jombor Klaten, Jawa Tengah.....	66
Tabel 5.11	Hasil Uji Proctor Standar Pada Pengujian Ke I.....	68
Tabel 5.12	Hasil Pemadatan Proctor Standar Tanah Asli Sampel I, II, III..	70
Tabel 5.13	Hasil Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geotekstil.....	71
Tabel 5.14	Hasil Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Tanah Asli dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil.....	74

Tabel 5.15	Hasil Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Tanah dengan Kepadatan Maksimum Tanpa Perkuatan Geotekstil....	76
Tabel 5.16	Hasil Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Tanah dengan Kepadatan Maksimum dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil.....	78
Tabel 6.1	Hasil Uji Embankment Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geoteksti.....	98
Tabel 6.2	Hasil Uji Embankment Tanah Asli dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil.....	98
Tabel 6.3	Hasil Uji Embankment Tanah dengan Kepadatan Maksimum Tanpa Perkuatan Geotekstil.....	99
Tabel 6.4	Hasil Uji Embankment Tanah dengan Kepadatan Maksimum dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil.....	99
Tabel 6.5	Hasil Perhitungan Penurunan Embankment.....	101

Gambar 5.7	Gambar Pengujian Embankment Dan Alat Pengujinya.....	73
Gambar 5.8	Grafik Pengujian Embankment Tanah Asli Dengan Perkuatan.....	73
Gambar 5.9	Pengujian Embankment Tanah dengan Kepadatan Maksimum Tanpa Perkuatan Geotekstil.....	75
Gambar 5.10	Pengujian Embankment Tanah dengan Kepadatan Maksimum Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil.....	77
Gambar 5.11	Detail Uji Penurunan Embankment Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geotekstil.....	79
Gambar 5.12	Detail Uji Penurunan Embankment Tanah Asli Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil.....	81
Gambar 5.13	Detail Uji Embankment Tanah dengan Kepadatan Maksimum Tanpa Perkuatan Geotekstil.....	83
Gambar 5.14	Detail Uji Embankment Tanah dengan Kepadatan Maksimum Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil.....	85
Gambar 5.15	Grafik Hubungan Penurunan Untuk Masing-masing Sampel	87
Gambar 5.16	Detail Fondasi.....	89
Gambar 5.17	Detail Fondasi.....	91
Gambar 6.1	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS.....	95
Gambar 6.2	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Unified.....	96
Gambar 6.3	Grafik Plastisitas Sistem Klasifikasi AASHTO.....	97
Gambar 6.4	Grafik Hubungan Penurunan Tiap-tiap Pengujian.....	101
Gambar 6.5	Grafik Hubungan Antara Kadar Air (w) Tiap-tiap Sampel...	102
Gambar 6.6	Grafik Hubungan Antara Berat Volume Basah Tiap-tiap Sampel Pengujian.....	103
Gambar 6.7	Grafik Hubungan Angka Pori Tiap-tiap Pengujian.....	104

## DAFTAR NOTASI

### ❖ Tanah

$V_a$	= volume udara	( $\text{cm}^3$ )
$V_s$	= volume butiran padat	( $\text{cm}^3$ )
$V_v$	= volume pori	( $\text{cm}^3$ )
$W_s$	= berat butiran padat	(gr)
$W_w$	= berat air	(gr)
$w$	= kadar air	(%)
$\Delta p$	= penembahan tekanan	( $\text{kg/cm}^2$ )
$\gamma$	= berat volume tanah	( $\text{t/m}^3$ )
$\gamma_b$	= berat volume basah	( $\text{t/m}^3$ )
$\gamma_d$	= berat volume kering	( $\text{t/m}^3$ )
$\gamma_s$	= berat volume butiran padat	( $\text{t/m}^3$ )
$\gamma_w$	= berat volume air	( $\text{t/m}^3$ )
$e$	= angka pori	(%)
$n$	= porositas	(%)

### ❖ Batas Konsistensi

LL	= batas cair	(%)
IP	= indeks plastisitas	(%)
PL	= batas plastis	(%)

### ❖ Kapasitas dukung Tanah untuk Pondasi

A	= luasan	( $\text{m}^2$ )
B	= lebar	(m)
c	= kohesi	( $\text{t/m}^2$ )
$D_f$	= kedalaman pondasi	(m)
$N_c$	= faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi	
$N_q$	= faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi	

$N_\gamma$	= faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi	
$P$	= beban	(ton)
$p_0$	= tekanan overburden pada dasar pondasi	(t/m <sup>2</sup> )
$P_u$	= beban ultimit	(ton)
$SF$	= Faktor aman	
$q_a$	= kapasitas dukung ijin tanah	(t/m <sup>2</sup> )
$q_u$	= kapasitas dukung ultimit	(t/m <sup>2</sup> )
$q_n$	= kapasita dukung neto	(t/m <sup>2</sup> )
$\sigma$	= tegangan normal pada bidang tanah	(t/m <sup>2</sup> )
$\phi$	= sudut geser dalam tanah	(°)

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Uji Kadar Air Tanah
- Lampiran 2 Hasil Uji Berat Volume Tanah
- Lampiran 3 Hasil Uji Berat Jenis Tanah
- Lampiran 4 Hasil Uji Hidrometer dan Analisa Saringan 1, 2
- Lampiran 5 Hasil Uji Batas Cair
- Lampiran 6 Hasil Uji Batas Susut
- Lampiran 7 Hasil Uji Proctor Standar 1, 2, 3
- Lampiran 8 Hasil Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment
- Lampiran 9 Surat Pernyataan Plagiatisme

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konstruksi *embankment* (tanah timbunan) sering digunakan untuk struktur jalan raya, jalan rel dan tanggul. Secara struktural konstruksi *embankment* harus mampu menerima bahan-bahan yang bekerja dan memenuhi keamanan terhadap keruntuhan (*sliding*). Pada umumnya, konstruksi *embankment* lebih sering digunakan diatas tanah-tanah lunak yang memiliki kuat dukung relatif rendah, sehingga dimungkinkan *embankment* akan mengalami penurunan (*sattlemen*) akibat memampatnya (*compresible*) tanah dasar fondasinya. Untuk mengurangi besarnya penurunan, seringkali konstruksi *embankment* diberi lapisan perkuatan pada bagian dasarnya.

Dewasa ini, seiring dengan perkembangan teknologi material, pengurangan penurunan dapat dilakukan dengan memberikan perkuatan pada tanah timbunan (*embankment*) dengan bahan-bahan yang ringan seperti Geotekstil jenis Woven Reinfox Type Hr 250 XT. Keuntungan menggunakan perkuatan tersebut, selain ringan dan *compressible* adalah mampu mengembangkan kekuatan tarik yang sangat tinggi. Secara teoritis akibat rendahnya kuat dukung dan penambahan tegangan vertikal dari fondasi *embankment* yang dilapisi geotekstil tetap akan mengalami penurunan (*settlement*), meskipun penurunan tersebut dapat dikurangi. Dalam penelitian ini akan dibuat model sederhana uji penurunan di laboratorium dengan menggunakan permodelan.

Melihat permasalahan tersebut di atas maka peneliti mencoba melakukan penelitian untuk tugas akhir dengan judul “Kapasitas Dukung Dan Penurunan Konstruksi Embankment Pada Tanah Berbutir Halus Dengan Perkuatan Geotekstil”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari penjelasan latar belakang diatas, diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Seberapa besar kekuatan pada tanah berbutir halus pada konstruksi embankment setelah diberikan pembebanan tanpa perkuatan geotekstil.
2. Seberapa besar penurunan yang terjadi pada konstruksi embankment tanah berbutir halus dengan memberikan perkuatan lapisan geotekstil.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui jenis tanah yang berasal dari Jombor, Klaten, Jawa Tengah berdasarkan sifat fisik dan mekanisnya.
2. Mengetahui daya dukung konstruksi embankment tanpa dan setelah diperkuat dengan lapisan geotekstil.
3. Mengetahui dan membandingkan nilai aman dari konstruksi embankment sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil berdasarkan teori Terzaghi (1943).

## **1.4 Batasan Penelitian**

Untuk memperjelas lingkup permasalahan dan mempermudah dalam menganalisis maka dibuat batasan-batasan sebagai berikut ini.

1. Tanah yang diambil adalah tanah berbutir halus berasal dari, Jombor Klaten Jawa Tengah.
2. Penurunan yang ditinjau adalah penurunan embankment yang terjadi pada arah vertikal, penurunan segera dan sekunder
3. Menggunakan model tanah dibawah embankment dengan ketebalan 10 cm.
4. Geotekstil yang digunakan adalah jenis Woven Reinfox Type Hr 250 XT Produksi PT. Puritek Purnama Jakarta.
5. Hasil penurunan konstruksi embankment didasarkan pada uji model laboratorium dengan dua variasi lapisan perkuatan menggunakan geotekstil.

6. Pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat memperoleh pengetahuan tentang pengaruh akibat adanya pembebanan pada konstruksi embankment diatas tanah berbutir halus dan perilaku mekanisnya setelah ditambah dengan lapisan geotekstil. Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam perancangan konstruksi bangunan dan perkuatan tanah dasar serta dapat memperluas wawasan rekayasa sipil dalam bidang Geotekstil.

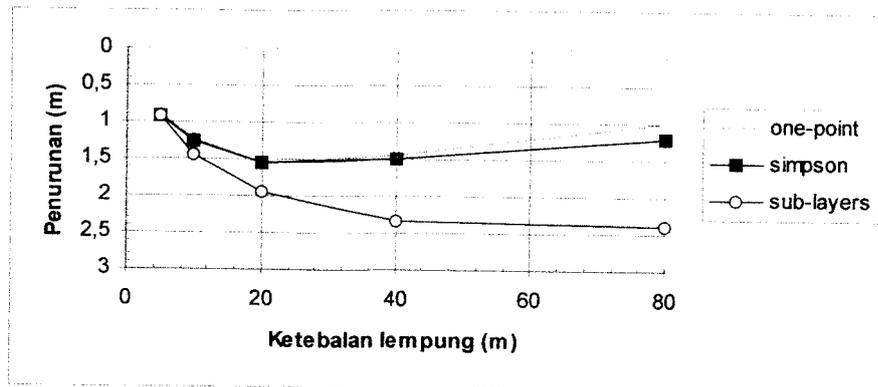
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Penelitian Sebelumnya Mengenai Penurunan Embankment.*

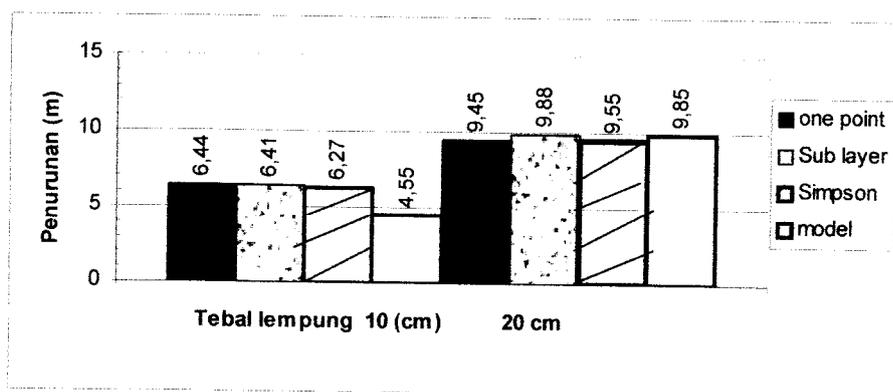
##### 2.1.1 Istiqomah (2004) UMY : Penurunan Embankment Diatas Tanah Lunak Dengan Metode One Point, Sub-Layer, Simpson.

Istiqomah (2004) Universitas Muhamadiyah Yogyakarta melakukan penelitian menggunakan model berupa *embankment* yang diletakkan di atas tanah lunak. Penghitungan penurunan akibat konsolidasi tanah dihitung menggunakan teori metode *One point, Sub-layer, dan Simpson*. Kemudian dibandingkan dengan penurunan yang diperoleh dari pembacaan langsung pada model sehingga akan diperoleh metode yang tepat untuk perhitungan penurunan. Pengujian ini menggunakan tanah yang diambil dari Godean. Tanah tersebut mempunyai sifat fisis dengan berat jenis (*specific gravity*)  $G_s = 2,4$ , batas cair (*liquid limit*)  $LL = 41,3\%$ , indeks plastisitas (*plasticity index*)  $PI = 15,5\%$ , dan kandungan butiran halus (ukuran butir  $< 7,5 \mu\text{m}$ ) =  $58\%$ , sehingga diklasifikasikan kedalam tanah lempung. Dalam penelitian ini digunakan model berskala 1 : 100 dengan bahan *flexi glass* dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 50 cm untuk model. Sedangkan bahan *embankment* terbuat dari bahan *flexi glass* elastis berbentuk trapesium dengan tinggi 4 cm, lebar bagian bawah 23 cm dan lebar bagian puncak 11 cm yang diisi dengan pasir seragam dengan berat volume,  $\gamma = 14,4 \text{ kN/m}^3$ , sehingga *embankment* bersifat rigid / kaku. Penambahan pembebanan pada bagian atas *embankment*. Penurunan terjadi dapat diketahui dengan memasang *dial gauge indicator* di bagian atas *embankment*.



**Gambar 2.1 Grafik hubungan ketebalan dengan penurunan (Istiqomah, 2004)**

Besarnya penurunan untuk ketiga metode yang digunakan ternyata memberikan karakteristik yang berbeda. Menurut teoritis, penurunan konsolidasi semakin besar dengan bertambahnya ketebalan lapisan lempung sebagai akibat dari bertambahnya tegangan *overburden* ( $\sigma_0$ ) tanah yang ada di atasnya. Namun berdasarkan gambar di atas untuk metode *one-point* dan metode *simpson* tidak sesuai dengan teori tersebut, dimana penurunan konsolidasi cenderung berkurang mulai ketebalan 20 m, sedangkan untuk metode *sub-layers* sesuai dengan teori, yaitu semakin tebal tanah lempung, maka semakin besar penurunannya.



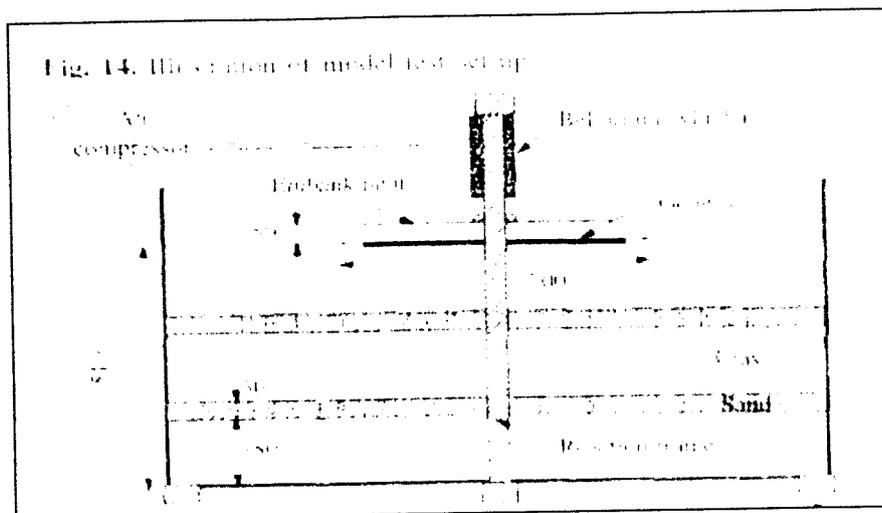
**Gambar 2.2 Perbandingan penurunan konsolidasi antara perhitungan dengan pengujian (Istiqomah, 2004)**

Dari gambar di atas terlihat bahwa penurunan hasil penghitungan dengan metode *sub layer* lebih mendekati hasil uji model tebal 20 cm yang mempunyai selisih hasil (*deviasi*) 0,1% dan 0,3% terhadap hasil uji model masing-masing untuk 5 lapisan dan 20 lapisan. Sedangkan untuk uji model tebal 10 cm terjadi deviasi cukup besar berkisar 38% - 41% terhadap hasil uji model. Hal ini dimungkinkan terjadi dikarenakan konsentrasi tegangan akibat beban *embankment* untuk kedalaman ( $z$ ) yang kurang dari lebar beban terbagi merata yang bekerja di atas permukaan tanah dan analisis teoritis lapisan tanah dianggap homogen dan isotropis. Tetapi untuk tebal tanah 20 cm didapatkan hasil yang mendekati sehingga dari uji model lebih sesuai diperkirakan dengan metode *sub-layer* dibandingkan dua metode lainnya.

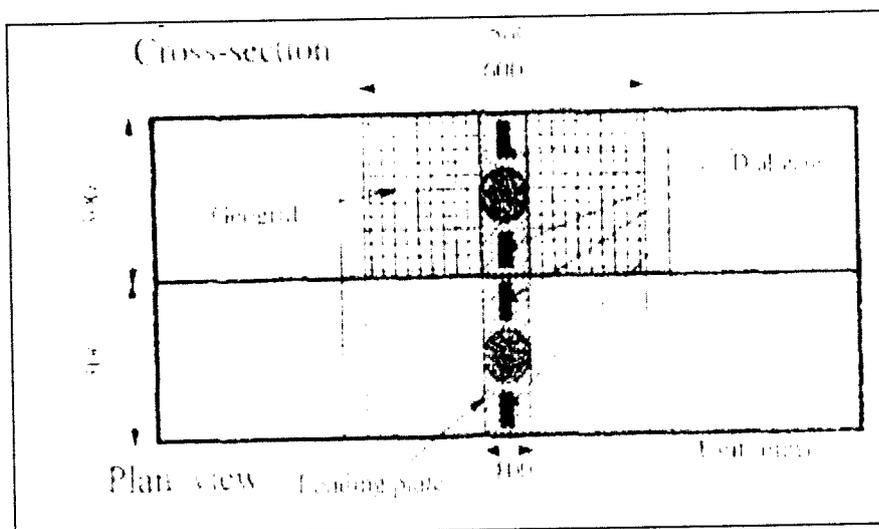
Semakin tebal lapisan tanah lempung akan menghasilkan penurunan konsolidasi yang semakin besar, sedangkan untuk ketebalan lapisan lempung lebih dari 20 m memberikan besar penurunan yang relatif tetap (*steady*). Dalam penelitian ini juga dilakukan variasi kemiringan *embankment* yaitu  $m = 0,5$ ,  $m = 1$ ,  $m = 1,5$ , dan  $m = 2$ , dan dari hasil analisis yang dilakukan dihasilkan semakin besar kemiringan *embankment* ( $m$ ) akan memperbesar penurunan konsolidasi yang terjadi. Namun kemiringan *embankment*  $m \geq 1$  menghasilkan perbedaan penurunan yang relatif kecil.

### 2.1.2 Chai, dkk (2002) UGM : Kemampuan *Embankment* Diatas Tanah Dasar Lunak Dengan Dan Tanpa Perkuatan.

Chai, dkk (2002) melakukan penelitian tentang kemampuan *embankment* di atas tanah dasar lunak dengan dan tanpa perkuatan. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui cara yang ekonomis dan aman konstruksi *embankment* yang dibangun di atas tanah dasar yang lunak. Uji lapangan dan uji model di laboratorium dilakukan dalam penelitian ini. Pada uji model di laboratorium menggunakan box yang berdimensi 1,5 m x 0,6 m x 0,8 m. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. Penelitian ini menggunakan 2 lapis geotekstil yang ditempatkan di bawah dan 2 lapis ditempatkan vertikal sebagai lapis drainasi.

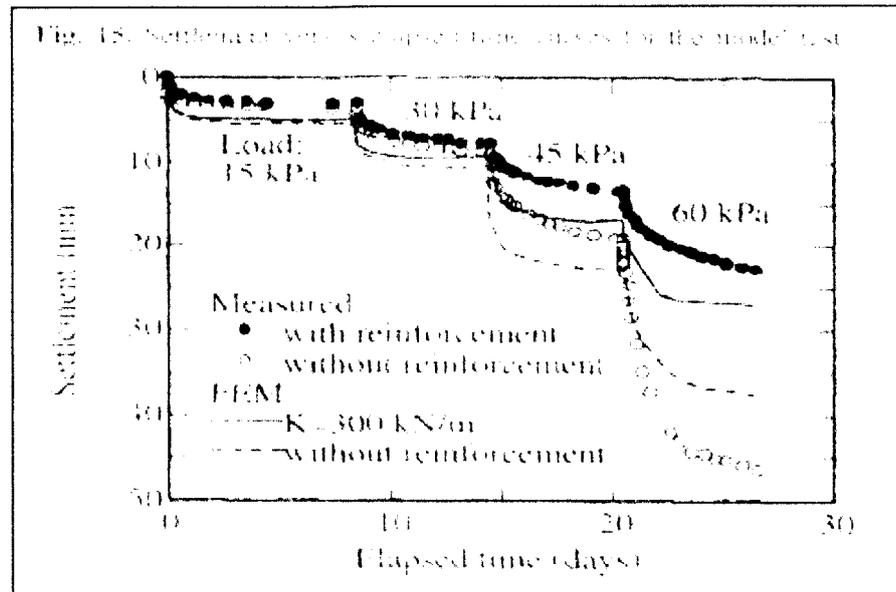


Gambar 2.3 Model di laboratorium [Chai, dkk, 2002]

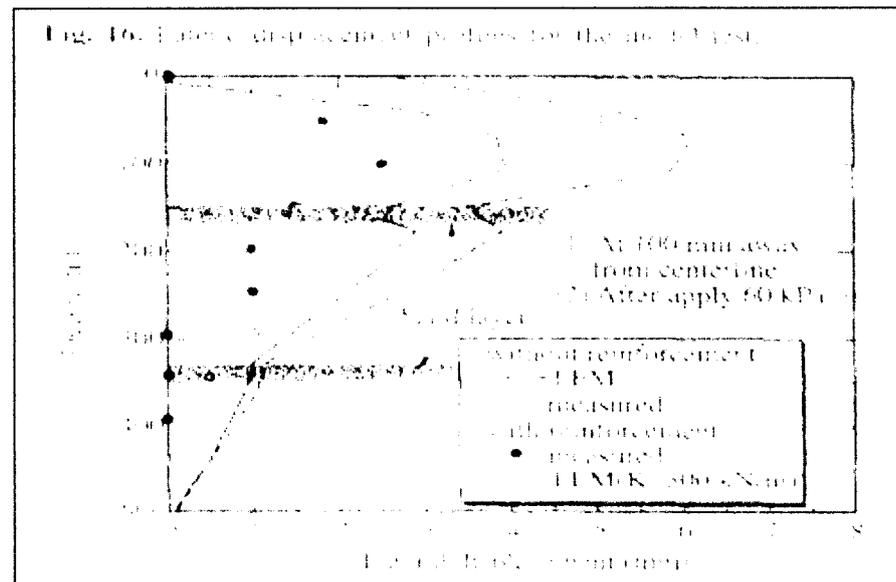


Gambar 2.3 Model di laboratorium tampak atas [Chai, dkk, 2002]

Dari penelitian tersebut dengan cara FEM analisis dihasilkan variasi penurunan dan lateral displacement sampai angka ultimit 45 kPa untuk penurunan tanpa perkuatan, dan 60 kPa yang menggunakan perkuatan. Seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Grafik Penurunan Terhadap Waktu [Chai, dkk, 2000]



Gambar 2.5 Grafik Lateral Displacement Terhadap Kedalaman [Chai, dkk, 2002]

kelompok (CH) yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas ( $IP > 17$ ), menurut diagram segitiga USCS termasuk kategori lempung (*clay*).

2. *Settlement* yang terjadi pada tanah menggunakan lapis pasir semakin berkurang seiring dengan bertambahnya ketebalan lapis pasir.
3. Lapis pasir dengan ketebalan 10 cm yang diletakkan dibawah model pondasi mengalami peningkatan kapasitas dukung yang lebih besar dan mengalami penurunan (*settlement*) dan distribusi tegangan yang paling kecil dibanding pemberian lapis pasir setebal 5 cm.
4. Ketebalan lapis pasir akan sangat berpengaruh terhadap nilai tegangan vertikal yang terjadi disalah satu titik tinjauan dibawah model pondasi pada tanah lempung. Ketebalan pasir 10 cm mengalami penurunan (*settlement*) dan mempunyai nilai tegangan vertikal lebih kecil daripada ketebalan pasir 5 cm.
5. Pada pembebanan mulai dari 5 kg sampai 30 kg dengan interval kenaikan 5 kg menunjukkan hasil, bahwa pemberian lapis pasir dapat mengurangi *displacement* akibat beban (*load*) yang diberikan. Lapis pasir dengan ketebalan 10 cm menunjukkan *displacement* yang paling kecil dengan pembebanan 30 kg.

### 2.3 Penelitian Mengenai Perkuatan Tanah Dengan Geotekstil

Dyah Puspitasari, 2002, dengan judul tugas akhirnya “ Pengaruh Penggunaan Geotekstil Terhadap Parameter Geser Tanah Gambut ”.

#### 1. Rumusan masalah :

Mengingat sifat fisik tanah gambut yang mempunyai kadar air cukup tinggi, daya dukung yang rendah, dan pemampatan yang tinggi, maka tanah gambut dapat digolongkan sebagai tanah yang jelek untuk dijadikan sebagai tanah pondasi dari suatu konstruksi, sehingga diperlukan adanya suatu metode perbaikan daya dukung tanah gambut guna mendukung pembangunan fasilitas penunjang di sekitar lokasi obyek wisata air Rawa Pening.

## 2. Tujuan Penelitian :

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Menentukan sifat fisik dan mekanik tanah gambut.
- b. Menentukan nilai perbandingan geotekstil yang optimal dari sampel penelitian yang ada.
- c. Membandingkan daya dukung tanah asli dengan tanah *bermicro reinforcement*.

## 3. Hasil Penelitian :

Dari hasil penelitian ini diperoleh :

Pengujian Triaksial UU (*unconsolidated undrained*) mendapatkan daya dukung izin tanah maksimum pada kondisi  $W_{optm}$  penambahan geotekstil sepanjang 4 cm sebanyak 0,6% dari berat keringnya dengan nilai 30,426 kg/cm<sup>2</sup> mengalami peningkatan 132186.957% dari kondisi  $w_{asli} = 154,328\%$  yang besarnya 0,023 kg/cm<sup>2</sup>.

Pengujian Tekan Bebas mendapatkan daya dukung izin tanah maksimum pada kondisi  $w_{optm}$  penambahan geotekstil sepanjang 2 cm sebanyak 0,4% dari berat kering tanah dengan nilai 11,497 kg/cm<sup>2</sup> mengalami peningkatan 1806,633% dari kondisi  $w_{optm}$  tanpa penambahan geotekstil yang besarnya 0,603 kg/cm<sup>2</sup>.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tanah**

##### **3.1.1 Umum**

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bed rock*). Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses fisik dapat terjadi akibat adanya pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca, sedangkan proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbon dioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali).

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja. Akan tetapi, dapat bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik.

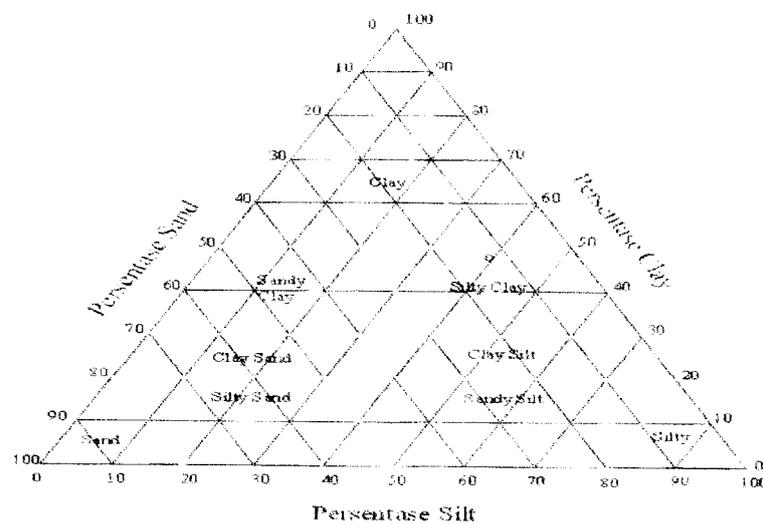
##### **3.1.2 Klasifikasi Tanah**

Sistem klasifikasi digunakan untuk mengelompokkan tanah-tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisis tertentu. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasar satu kondisi-kondisi fisik tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika didasarkan kondisi-kondisi fisik tertentu lainnya. Oleh karena itu sejumlah sistim klasifikasi telah dikembangkan disesuaikan dengan magsud yang diinginkan oleh sistem itu.

## 1. Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Teknik Sipil (USCS), didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah, yaitu :

- a. Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm.
- b. Lanau : butiran dengan diameter 0,005 sampai dengan 0,002 mm.
- c. Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.



**Gambar 3.1** Grafik klasifikasi tekstural segitiga USCS

## 2. Klasifikasi Tanah sistem *Unified*

Sistem klasifikasi tanah yang paling terkenal di kalangan para ahli adalah klasifikasi tanah system unified. Sistem ini pertama-tama dikembangkan oleh Casagrande (1948) dan dikenal sebagai sistem klasifikasi Airfield. Sistem ini telah dipakai dengan sedikit modifikasi oleh U.S. Bureau of Reclamation dan U.S. Corps of Engineers dalam tahun 1952. Dalam tahun 1969 American Society for Testing and

Materials (ASTM) telah memakai sistem unified sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah untuk maksud-maksud rekayasa.

Sistem unified membagi tanah kedalam tiga kelompok utama: tanah butir kasar, tanah butir halus, dan tanah sangat organis. Tanah butir kasar adalah tanah yang lebih dari 50% bahannya tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm). Tanah berbutir kasar dibagi atas kerikil (G) dan pasir (S). Kerikil dan pasir dikelompokkan sesuai dengan gradasinya dan kandungannya lanau atau lempung, sebagai gradasi baik (W), bergradasi tidak baik (P), mengandung material lanau (M), dan mengandung material lempung (C). Maka klasifikasi tipikal GP adalah untuk kerikil yang bergradasi tidak bak.

Tanah-tanah berbutir halus adalah tanah yang lebih dari 50% bahannya lewat ayakan No. 200. Tanah berbutir halus ini dibagi menjadi lanau (M), lempung (C), lanau dan lempung organik (O) bergantung dari bagaimana tanah itu terletak pada grafik plastisitas (hubungan batas cair, dengan indeks plastisitas). Tanda L dan H ditambahkan pada simbol-simbol tanah butir halus untuk berturut-turut menyatakan indeks plastisitas rendah dan plastisitas tinggi (batas cair dibawah dan diatas 50%). Tanah sangat organis (gambut) dapat diidentifikasi secara visual. (Dunn, I.S, Anderson, L.R, Kiefer, F.W. 1981).

Tabel 3.1 Klasifikasi tanah sistem Unified

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 60% atau lebih dari pasir dan lempung saringan no. 4 (4,75 mm)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW  Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir lebih dari 50% pasir saringan no. 4 (4,75 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		
		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW  Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
		SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung		
	Klasifikasi berdasarkan potensasi $e_{max}$ dan $e_{min}$ untuk saringan no. 200, GM, GP, SW, SP, SM, SC, 5% < 12% lekas saringan no. 200, yang mempunyai simbol dobel				Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol

**Tabel 3.2 Sistem klasifikasi tanah *unified***

Lapisan Berbutiran Halus lebih dari 50%	U <sub>1</sub>	Tanah lempung dengan kandungan lumpur lebih dari 70% dan lebih dari 40% lempung halus.	
	U <sub>2</sub>	Tanah lempung dengan kandungan lumpur lebih dari 40% dan lebih dari 30% lempung halus.	
	U <sub>3</sub>	Tanah lempung dengan kandungan lumpur lebih dari 40% dan lebih dari 20% lempung halus.	
	U <sub>4</sub>	Tanah lempung dengan kandungan lumpur lebih dari 40% dan lebih dari 10% lempung halus.	
	U <sub>5</sub>	Tanah lempung dengan kandungan lumpur lebih dari 40% dan lebih dari 5% lempung halus.	
	U <sub>6</sub>	Tanah lempung dengan kandungan lumpur lebih dari 40% dan lebih dari 0% lempung halus.	
Lapisan Berbutiran Kasar lebih dari 50%	M <sub>1</sub>	Tanah berbutiran kasar dengan kandungan lumpur lebih dari 5% dan lebih dari 10% lempung halus.	
	M <sub>2</sub>	Tanah berbutiran kasar dengan kandungan lumpur lebih dari 5% dan lebih dari 0% lempung halus.	
Tanah berbutiran Kasar lebih dari 50%	P <sub>1</sub>	Tanah berbutiran kasar dengan kandungan lumpur lebih dari 5% dan lebih dari 0% lempung halus.	

### 3. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official Classification*) berguna untuk menentukan kualitas untuk perencanaan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut.

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah kedalam 8 kelompok., A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Indeks kelompok (*group index*) (GI) digunakan untuk mengevaluasi

lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan (*Hary Christady Hardiyatmo, 2002*) :

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \quad (3.1)$$

dengan :

GI = Indeks kelompok

F = Persentase butir yang lolos ayakan No. 200

LL = Batas cair

IP = Indeks plastisitas

**Tabel 3.3** Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	Bahan-bahan (35% atau kurang melalui No. 200)						Bahan-bahan halus lempung (Lebih dari 35% melalui No. 200)				
	A-1		A-2	A-3			A-4	A-5	A-6	A-7	
Kelompok	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-6 A-7-8	
Analisis Saringan Persen Melalui											
No. 10	50 maks										
No. 40	30 maks	50 maks	50 maks								
No. 200	15 maks	15 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	
Karakteristik Fraksi halus											
No. 40											
Batas cair				40 maks	41 min	40 maks	41 maks	40 maks	41 min	10 maks	41 maks
Indeks plastisitas	6 maks	NF		10 maks	10 maks	11 min	10 maks	10 maks	10 maks	10 min	11 min
Indeks kelompok	0	0				4 maks	8 maks	10 maks	16 maks	20 maks	
Verifikasi bahan Bentuk lumpur	Fragmen kasar		Fas	ker + dangkas			Tanah keras		Tanah lempung		
Tingkatat umum Sifat tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Sedang		Sangat buruk		
	Untuk A-7-6 PI LL > 30 NF = Nonplastis										
	Untuk A-7-8 PI LL > 30										

Sumber : *Hardiyatmo, H.C, 1955, Mekanika Tanah, Hal 45*

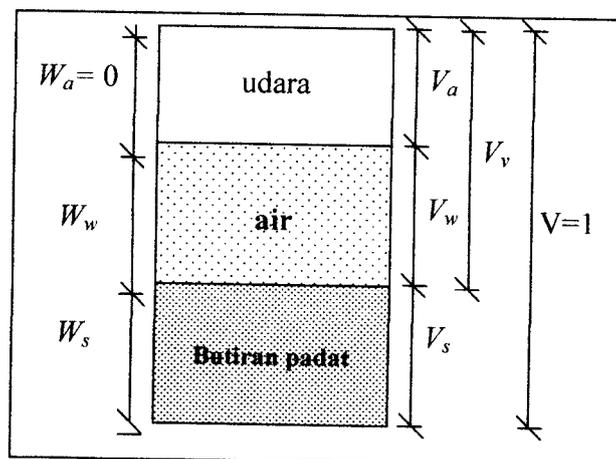
Secara umum sistem klasifikasi ini menilai tanah sebagai berikut :

1. Tanah granuler diklasifikasikan dalam kelompok A-1 sampai dengan A-3 karena kurang dari 30% lolos saringan No. 200, tetapi masih mengandung lanau dan lempung.

2. Tanah-tanah dimana 35% atau lebih melalui ayakan no. 200 diklasifikasikan dalam kelompok A-4 sampai A-7. Pada umumnya tanah-tanah ini adalah lumpur dan lempung.
3. Tanah organik tinggi seperti tanah gambut (*peat*) diletakkan dalam kelompok A-8

### 3.1.3 Hubungan Antar Fase Tanah

Dalam kondisi tak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara, dan air pori (Das, 1993) bagian tanah tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram fase tanah

Dari gambar tersebut dapat dibentuk persamaan sebagai berikut:

$$W = W_s + W_w \quad \text{dan}$$

$$V = V_s + V_w + V_a$$

$$V_v = V_w + V_a$$

dengan :

$W_w$  : berat air (kg)

$W_s$  : berat butiran padat (kg)

- $V_a$  : volume udara ( $m^3$ )  
 $V_w$  : volume air ( $m^3$ )  
 $V_s$  : volume butiran padat ( $m^3$ )  
 $V_v$  : volume pori ( $m^3$ )

Berat udara ( $W_a$ ) dianggap sama dengan nol.

Beberapa definisi dan istilah yang dipakai untuk menyatakan hubungan-hubungan antara jumlah butir air dan udara dalam tanah adalah sebagai berikut:

1. Angka pori ( $e$ )

Angka pori, juga disebut *void ratio* didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori ( $V_v$ ) dan volume partikel padat ( $V_s$ ).

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots(3.2)$$

2. Kadar air ( $w$ )

Kadar air ( $w$ ) atau *water conten* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat butiran padat ( $W_s$ ) dari volume tanah yang diselidiki

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

3. Berat volume tanah

Berat volume ( $\gamma$ ) adalah berat tanah persatuan volume, dengan rumus dasar:

$$\gamma = \frac{W_s + W_w}{V} \dots\dots\dots(3.4)$$

4. Berat jenis (*Specific gravity*)

Berat jenis ini adalah perbandingan antara volume butiran tanah dengan volume air.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_w}{V_s \gamma_w} \dots\dots\dots(3.5)$$

5. berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) :  $\gamma_b = \frac{G_s \cdot \gamma_w (1 + w)}{1 + e}$

6. berat tanah jenuh air ( $\gamma_{sat}$ ) :  $\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w (G_s + e)}{1 + e}$

dengan :

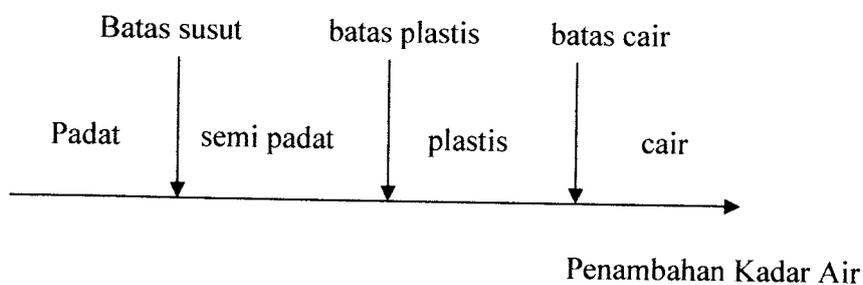
$w$  : kadar air (%)

$\gamma_w$  : berat volume air ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )

$G_s$  : berat jenis tanah.

### 3.1.4 Batas-Batas Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang teresap (*absorbed water*) di keliling partikel lempung. Seorang ilmuwan dari swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk memperjelaskan sifat konsistensi berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Bilamana kadar airnya tinggi, campuran tanah dan air menjadi sangat lembek seperti cairan. Atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan dalam empat keadaan dasar yaitu: padat, semi padat, piastis dan cair, batas-batas konsistensi tanah menurut Atterberg meliputi lima konsistensi tanah seperti pada Gambar 3.3 sebagai berikut :



**Gambar 3.3** Batas-batas Atterberg (H.C Hardiyatmo 2002)

1. Batas Cair atau *Liquid Limit* (LL)

Batas cair didefinisikan sebagai kadar air pada kondisi dimana tanah mulai berubah dari plastis menjadi cair atau sebaliknya yaitu batas antara keadaan cair dan keadaan plastis.

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

Merupakan kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

$$PL = \left( \frac{W_p - W_k}{W_k} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

$PL$  = Batas plastis tanah

$W_p$  = Berat tanah basah kondisi plastis

$W_k$  = Berat tanah kering

3. Batas Susut atau *Shrinkage Limit* (SL)

Merupakan kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Batas susut dinyatakan dalam persamaan :

$$SL = \left( \frac{V_o - 1}{W_o - G_s} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

*Keterangan :*  $SL$  = batas susut tanah

$V_o$  = volume benda uji kering

$W_o$  = berat benda uji kering

$G_s$  = Berat jenis tanah

#### 4. Indeks Plastisitas atau *plasticity index* (PI)

Merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis tanah. Indeks plastisitas didapat berdasarkan rumus :

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots(3.8)$$

*Keterangan :*  $IP$  = Indeks plastisitas

$LL$  = Batas Cair

$PL$  = Batas plastis

Indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair dan batas plastis. Indeks plstisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis, karena itu indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanahnya. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang kecil maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus sebaliknya jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk. Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya dapat dilihat dari Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Nilai indeks plastisitas dan macam tanah.

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sedang
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

## **3.2 Pengujian Tanah**

### **3.2.1 Uji Hidrometer**

Adalah cara untuk menentukan ukuran tanah berbutir halus (memiliki diameter butiran lebih kecil dari 0.075 mm atau lolos saringan No. 200), prinsip pengujiannya adalah tanah dicampur dengan air (biasanya sebanyak 1000 cc) dan diaduk kemudian dibiarkan berdiri supaya butir-butir mengendap.

### **3.2.2 Analisis Distribusi Butiran**

Untuk butir yang kasar dipakai cara saringan, yaitu tanah dikeringkan dan disaring pada serangkaian saringan dengan ukuran lubang tertentu, mulai dari yang kasar sampai yang halus. Dengan demikian butiran tanah terpisah menjadi beberapa bagian dengan batas-batas ukuran yang diketahui. Tanah berbutir kasar memiliki diameter butiran yang lebih besar dari 0.075 mm, atau yang tertahan saringan No.200.

## **3.3 Tanah lempung**

Lempung adalah tanah berbutir halus yang memiliki sifat kohesi, plastisitas, tidak memperlihatkan sifat dilatasi dan tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti. Lempung terdiri dari tanah dan mineral yang mempunyai partikel-partikel tertentu serta mempunyai sifat plastis bila dicampur dengan air. Dari segi ukuran lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm dan tidak mempunyai sifat plastis bila tidak dicampur dengan air.

### **3.3.1 Mineral lempung**

Mineral lempung merupakan pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 m dan biasanya berbentuk lembaran-lembaran. Lempung terbentuk dari bermacam kombinasi tumpukan lembaran dan macam ikatan antara masing-masing lembaran, yaitu :

1. Kaolinit merupakan salah satu mineral utama lempung, terdiri dari lembaran silika tetrahedra dengan selembur aluminium oktahedra, dengan ketebalan sekitar  $7,2 \text{ \AA}$ . Tumpukan lapisan tersebut diikat oleh ikatan hidrogen yang kuat, sehingga lapisan kaolinit stabil dan air tidak masuk diantara lembaran. Partikel kaolinit berbentuk lempengan dengan dimensi mendatar  $1000 \text{ \AA} - 20,000 \text{ \AA}$  dan tebal  $100 \text{ \AA} - 1000 \text{ \AA}$ , sedangkan
2. Illit mempunyai kombinasi antara sebuah lembaran aluminium oktahedra dengan diapt dua buah lembaran silika tetrahedral dengan tebal  $10 \text{ \AA}$ . Lembaran-lembaran tersebut diikat dengan ikatan lemah ion kalium yang berada diantaranya, sehingga air mudah meresap diantara lembaran dan dapat menimbulkan kembang susut. Partikel illit berbentuk lempengan dengan dimensi mendatar berkisar  $1000 \text{ \AA} - 5000 \text{ \AA}$  dan ketebalan sekitar  $50 \text{ \AA} - 500 \text{ \AA}$ .
3. Montmorilonit mempunyai struktur dasar yang sama dengan illit yaitu selembur aluminium oktahedra dan dua buah silika, dengan tebal  $7,9 \text{ \AA}$ . Karena adanya ikatan van der Waals yang lemah di antara ujung lembaran silika dan terdapat kekurangan muatan negatif dalam lembaran oktahedra.

### 3.3.2 Pengaruh air pada tanah lempung

Air biasanya tidak mempengaruhi pada tanah non kohesif sebaliknya akan banyak mempengaruhi bila air berada pada lapisan tanah berbutir halus khususnya tanah lempung, karena pada tanah berbutir halus luas permukaan spesifik menjadi lebih besar dan variasi kadar airnya akan mempengaruhi plastisitas tanahnya. Distribusi ukuran butiran jarang sebagai faktor yang mempengaruhi kelakuan tanah butiran halus, melainkan dengan mempergunakan batas Atterberg untuk mengidentifikasi tanah.

Partikel-partikel lempung mempunyai muatan listrik negatif sehingga untuk mengimbangnya maka partikel lempung menarik muatan positif dari garam yang ada di dalam air porinya, hal ini juga disebut dengan pertukaran ion-ion. Selanjutnya kation-kation dapat disusun dalam urutan menurut kekuatan daya tarik menariknya,

proses ini disebut dengan pertukaran kation. Kapasitas pertukaran kation tanah lempung didefinisikan sebagai jumlah pertukaran ion-ion yang dinyatakan dalam miliekivalen per 100 gram lempung kering. Pada waktu air ditambahkan pada lempung, kation dan anion menggapung disekitar partikelnya (*Hardiyatmo, H.C, 1955, Hal 18*)

Molekul air merupakan molekul yang dipolarkan yaitu atom hidrogen tidak tersusun simetris disekitar atom-atom oksigen. Terdapat tiga mekanisme yang menyebabkan molekul air dipolarkan dapat tertarik oleh permukaan partikel lempung secara elektrik :

1. Tarikan antara permukaan bermuatan negative dari partikel lempung dengan ujung positif dari polar.
2. Tarikan antara kation-kation dalam lapisan ganda dengan muatan negative dari ujung dipolar. Kation-kation ini tertarik oleh permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif.
3. Andil atom-atom hidrogen dalam molekul air yaitu dengan ikatan hidrogen antara atom oksigen dalam partikel lempung dan atom oksigen dalam molekul air.

Air yang tertarik secara elektrik berada di sekitar partikel lempung disebut air lapisan ganda. Sifat plastis tanah lempung adalah akibat eksistensi dari air lapisan ganda. Air lapisan ganda pada bagian paling dalam yang sangat kuat melekat pada partikel lempung disebut air serapan. Hubungan mineral-mineral lempung dengan air serapannya memberikan bentuk dasar dari susunan tanahnya. Tiap partikel saling terikat satu sama lain lewat lapisan air serapannya, maka adanya ion-ion yang berbeda, material organik, beda konsentrasi akan berpengaruh besar pada sifat tanahnya.

Jadi jelas bahwa ikatan antara partikel tanah yang disusun oleh mineral lempung akan sangat besar dipengaruhi oleh besarnya jaringan muatan negatif pada mineral, tipe, konsentrasi, dan distribusi kation-kation yang berfungsi untuk mengimbangi muatannya. *Schofield dan Samson (1954)* dalam penyelidikan pada *kaolinite* serta *Olphen (1951)* dalam penyelidikan pada *montmorillonite*, menemukan

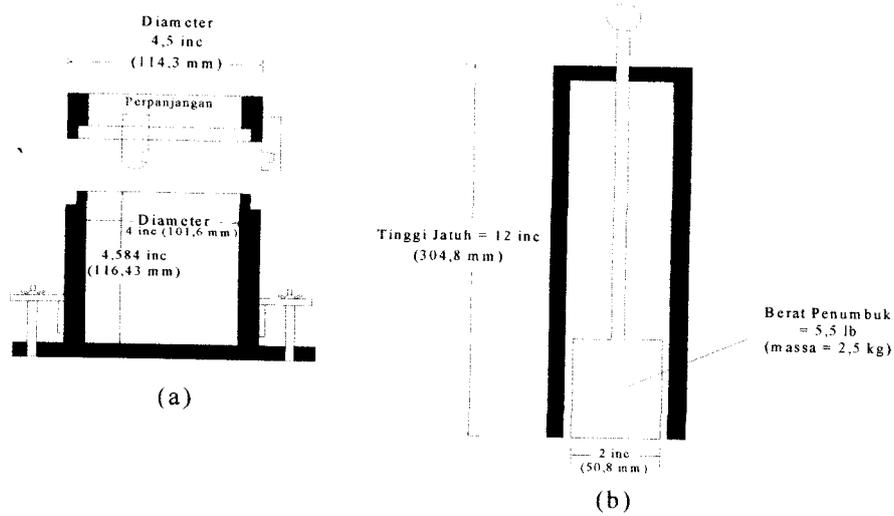
bahwa jumlah dan distribusi muatan residu jaringan mineral bergantung pada pH airnya. Dalam lingkungan dengan pH yang rendah ujung partikel *kaolinite* dapat menjadi bermuatan positif dan selanjutnya dapat menghasilkan gaya tarik ujung kepermukaan antara partikel yang berdekatan.

### 3.4 Uji Proktor Standar

Pemadatan yaitu proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi pengurangan volume udara, yang bertujuan untuk memperbaiki karakteristik tanah seperti  $\gamma$ ,  $e$ ,  $c$ ,  $\phi$  dan sebagainya sehingga memberikan stabilitas pada struktur. Beberapa keuntungan yang didapat dari adanya pemadatan yaitu sebagai berikut :

- 1). Berkurangnya penurunan permukaan tanah yaitu gerakan vertikal di dalam masa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
- 2). Bertambahnya kekuatan tanah
- 3). Berkurangnya penyusutan dan volume akibat berkurangnya kadar air.

Pada akhir tahun 1920 R.R Proctor mengembangkan spesifikasi pengendalian untuk pemadatan tanah jenis kohesif, yang pada prosedur dinamik yang standar di laboratorium yang sering disebut uji Proktor Standar. Sedangkan di lapangan usaha pemadatan ini dihubungkan dengan jumlah gilasan dari mesin gilas, jumlah jatuhan dari benda yang dijatuhkan dan sebagainya. Sedangkan di laboratorium usaha pemadatan dilakukan melalui alat penumbuk (*Rammer*). Selama pemadatan tumbukan, suatu palu dengan berat 24,5 N/ 5,5 lbs (ASTM D698) dijatuhkan dari ketinggian 305 mm (12 inc) sebanyak 25 kali tiap lapis pada 3 jumlah lapisan tanah yang telah lolos saringan no. 4 di dalam suatu cetakan (*mold*) yang berdiameter 10,3 cm dan tinggi 12 cm untuk menghasilkan suatu contoh tanah dengan volume tertentu. seperti yang terlihat pada Gambar 3.4 di bawah ini :



**Gambar 3.4** Alat uji Proctor Standar : (a) cetakan, (b) penumbuk (Braja M. Das, 1988).

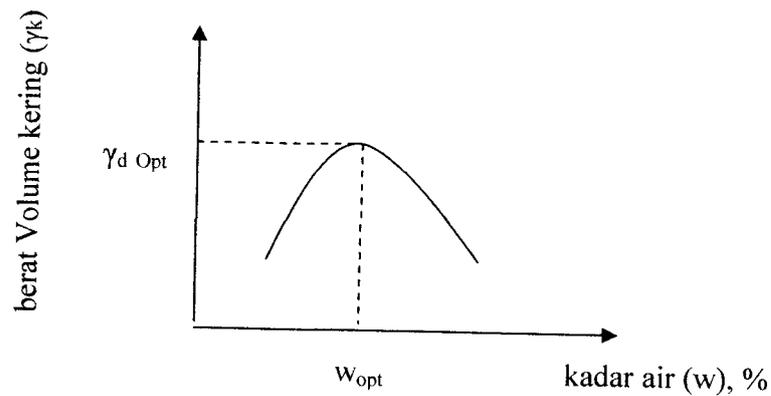
Pengujian ini bertujuan untuk mencari kadar air dan berat volume dan mencari hubungan antara keduanya. Apabila diketahui berat tanah basah didalam cetakan yang volumenya diketahui, maka berat volume tanah basah dapat langsung dihitung berdasarkan persamaan :

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(3.9)$$

- Keterangan :  $\gamma_b$  = berat volume tanah basah  
 $W$  = berat tanah basah dalam cetakan  
 $V$  = volume cetakan

Sedangkan hubungan berat volume kering ( $\gamma_k$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma_b$ ) dan kadar air ( $w$ ), dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(3.10)$$



**Gambar 3.5** Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering ( HC, Hardiyatmo, 2002 )

Dari kurva di atas dapat dilihat nilai kadar air yang terbaik untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum kadar air pada keadaan ini disebut kadar air optimum. Pada nilai kadar air yang rendah, sebagian tanah cenderung menjadi kaku dan sukar untuk dipadatkan. Dengan menambah kadar air tanah menjadi lebih mudah dibentuk dan dipadatkan sehingga akan menghasilkan berat volume tanah kering yang lebih tinggi. Akan tetapi pada kadar air yang tinggi berat volume kering menjadi berkurang sejalan dengan bertambahnya kadar air, yang mana air tersebut akan mengisi dan volume tanah bertambah secara proporsional.

### 3.5 Uji Kuat Tekan Bebas

Maksud dari pengujian ini adalah untuk menentukan besarnya sudut geser dalam ( $\phi$ ), kohesi tanah ( $c$ ), dan kuat tekan tanah. Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya tekanan axial ( $\text{kg/cm}^2$ ) yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20%, apabila tanah sampai pemendekan 20% tersebut tanah tidak pecah. Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Bila contoh tanah yang diuji berasal dari tabung maka tanah dikeluarkan dengan pengeluar contoh. Masukkan tabung untuk dicetak usahakan kedua sisi rata dengan cara dipotong.
2. Bila contoh tanah adalah tanah padat maka haluskan tanah campur dengan air hingga mencapai kadar air optimum dan dicetak
3. Ukur dengan teliti, dan ditimbang untuk menghitung berat volumenya
4. Lakukan pembebanan, baca dial dengan teliti, hitung sudut pecahnya ( $\alpha$ )
5. Hitung tegangan aksial dengan rumus:

$$\varepsilon = \frac{\Delta_L}{L_0} \quad (3.11)$$

Keterangan :

$\Delta L$  = Tinggi benda uji semula (cm)

$L_0$  = Pemendekan tinggi benda uji (cm)

6. Hitung luas rata-rata benda uji dengan rumus:

$$A = \frac{\Delta_0}{1 - \varepsilon} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3.12)$$

Keterangan :

$A_0$  = Luas penampang benda uji semula (cm)

7. Hitung tekanan aksial yang bekerja pada benda uji disetiap pembacaan beban, dengan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (3.13)$$

8. Hitung harga maksimum tekanan aksial  $\phi$  dan  $c$  dengan rumus:

$$\phi = 2(\alpha - 45^\circ) \text{ dan } c = \frac{\sigma_{\max}}{2} \quad (3.14)$$

9. Tentukan harga maksimum tekanan aksial yang terjadi dari kurva tersebut, tekanan maksimum ini dilaporkan sebagai kuat tekan bebas benda yang diuji

### **3.6 Perkuatan Tanah ( *Soil Reinforcement* )**

Pada umumnya tanah tidak mampu menahan tegangan tarik. Jika dijumpai kondisi tersebut diatas, maka akan dibuat suatu konstruksi geoteknik yang biasanya cukup mahal. Sebagai contoh adalah pembuatan lereng yang curam, jika lereng tersebut terbuat alami dengan nilai kohesi yang tinggi, mungkin masih aman. Tetapi jika dibuat dari tanah urugan, maka biasanya diperkuat dengan tembok penahan tanah (*retaining wall*). Tembok penahan tanah dari pasangan batu akan membutuhkan dimensi yang relatif besar sehingga membutuhkan areal yang cukup luas, jika dibuat dari beton bertulang, membutuhkan waktu yang lama, biaya yang mahal serta kecermatan penulangan. Dengan kemampuan geotekstil yang mampu menahan tarikan dan menahan geser (karena gesekan tanah), maka geotekstil dapat digunakan sebagai perkuatan pada tanah.

#### **3.6.1 Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik**

Pengertian geosintetik menurut ICI Fibers (1986) adalah "*a synthetic material used in soil (geo) environment*". Jadi semua bahan-bahan sintetik yang digunakan dalam pekerjaan teknik bangunan dan bahan tersebut berada dalam lingkungan tanah dapat disebut sebagai geosintetik. Selain dari sintetik (tiruan/buatan) saja. Hal ini untuk membedakan dengan bahan-bahan lain yang bukan dari bahan sintetik yang sebelumnya juga telah banyak dibuat orang untuk maksud-maksud yang hampir sama dengan salah satu fungsi geosintetik. Misalnya sebagai geotekstil, sering digunakan anyaman bambu dan rerumputan sebagai lapisan penguat dibawah timbunan tanah atau badan jalan. Meskipun dapat dianggap sebagai geotekstil, anyaman bambu dan rerumputan tersebut tidak dapat digolongkan sebagai geosintetik.

Teknik perkuatan tanah dengan Geosintetik merupakan paduan antara seni dan sains dalam penerapannya mempertimbangkan teknis dan prinsip-prinsip

mekanika tanah, yaitu penerapan dalam dalam hal memilih tipe, merancang dan, membangun suatu bangunan di bawah pondasi suatu struktur, dinding penahan tanah bangunan badan jalan, dan lain sebagainya. Macam-macam Geosintetik antara lain: Geotekstil, Geogrid, Geomembran, Geokomposit, dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini digunakan Geotekstil.

Geotekstil, yaitu bahan geosintetik yang bentuknya menyerupai bahan tekstil pada umumnya, tetapi terdiri dari serat-serat sintetis sehingga selain lentur, juga tidak ada masalah penyusutan seperti pada material dari serat alam seperti : wol, katun, ataupun sutera. Dalam hal ini geotekstil berfungsi sebagai lapisan pemisah (*separation*), lapisan penyaring (*filtration*), penyalur air (*drainage*), perkuatan tanah (*reinforcement*), dan lapis pelindung (*moisture barrier*) bila terselimuti oleh bitumen. Berdasarkan cara pembuatannya, geotekstil digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu jenis geotekstil yang dianyam (*woven geotextiles*) dan geotekstil yang tidak dianyam (*non woven geotextiles*).

### **1. Geotekstil dianyam (*woven geotextile*)**

Adalah geotekstil yang cara pembuatannya menggunakan mesin penenun geotekstil. Pembuatannya merupakan gabungan dua set benang-benang paralel yang dijalin secara sistematis untuk dapat membentuk suatu struktur sebidang. Geotekstil yang ditunen dibuat dengan prinsip yang sederhana dari benang-benang hasil pintalan dalam proses persiapan (seperti : monofilamen, multifilamen, dan lain-lain), menjadi benang lungsin (*warp/sejajar* arah pembuatan geotekstil) dan benang pakan (*weft/disisipkan* tegak lurus *warp*) yang digabungkan secara sistematis memanjang dan melintang untuk dapat membentuk struktur sebidang. Geotekstil tipe woven mempunyai kuat tarik yang cukup tinggi sehingga pada aplikasinya di lapangan lebih banyak digunakan sebagai perkuatan dan sebagai lapisan pemisah. Sebagai perkuatan, geotekstil berfungsi sebagai tulangan tanah, sedangkan sebagai separator, geotekstil berfungsi memisahkan antara tanah lunak dan tanah keras.

## **2. Geotekstil tidak dianyam (*non woven geotextile*)**

Adalah geotekstil yang cara pembuatannya dengan cara penjaruman atau merekatkan serat-serat pembentuknya. Ada beberapa cara produksi dari geotekstil jenis non woven, antara lain :

### **a. Proses penjaruman (*Needle Punch Process*)**

Geotekstil yang dihasilkan dari proses penjaruman, dibuat dari serat web yang diletakkan dalam mesin yang dilengkapi jarum-jarum yang dirancang khusus. Saat serat web terletak diantara plat yang ditanam pada plat mesin pengupas, maka jarum akan menembus kembali arah serat sehingga terjadi ikatan mekanik pada serat-serat sehingga terjadi ikatan mekanik pada serat-serat tersebut.

### **b. Proses ikatan leleh (*Melt Heat Bonded*)**

Geotekstil ini terdiri dari filamen-filamen menerus atau serat yang panjang dan terikat. Pengikatan dicapai dengan operasi kalendering temperatur tinggi dilakukan dengan melewati bahan tersebut diantara dua roller panas. Geotekstil tipe ini kuat tariknya lebih kecil dibanding dengan yang woven, tetapi geotekstil non woven mempunyai sifat permeabilitas yang baik. Sesuai dengan karakteristik fisiknya, maka geotekstil non woven lebih banyak digunakan sebagai penyaring (*filtration*) dan sebagai pengalir (*drainage*). Sebagai alat untuk memperlancar proses mengalirnya air, maka fungsi geotekstil jenis non woven akan berfungsi sebagai pengalir sekaligus penyaring, yaitu menyaring butiran tanah agar tidak ikut terbawa aliran air.

## **3.6.2 Penggunaan Geosintetik di Lapangan**

Geosintetik digunakan secara luas di lapangan. Pada pelaksanaannya geosintetik hampir selalu digunakan lebih dari satu fungsi kecuali geolinier yang hanya berfungsi untuk perkuatan saja. Berdasarkan bentuk dan fungsinya, penggunaan geosintetik dapat diringkas seperti pada tabel 3.5 dibawah ini.

**Tabel 3.5** Hubungan antara bentuk dan fungsi Geosintetik (Exxon, 1990)

Bentuk	Fungsi
Geotextile	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )
	Lapisan Pemisah ( <i>Separator</i> )
	Penyaringan ( <i>Filtration</i> )
	Pengendalian Erosi ( <i>Erosion Control</i> )
	Penyaluran Air ( <i>Drainage</i> )
Geomembran	Lapisan Pemisah ( <i>Separator</i> )
	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )
Geogrid	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )
	Pengendalian Erosi ( <i>Erosion Control</i> )
Geolinear Element	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )
Geocomposite	Penyaluran Air ( <i>Drainage</i> )
	Pengendalian Erosi ( <i>Erosion Control</i> )
	Penyaringan ( <i>Filtration</i> )
	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )

### 3.6.3 Tujuan Perkuatan Tanah dengan Geotekstil

Teknik perkuatan tanah dengan geotekstil merupakan paduan antara seni dan sains dalam penerapan pertimbangan-pertimbangan teknis dan prinsip-prinsip mekanika tanah, yaitu penerapan dalam hal memilih tipe, merancang dan membangun suatu bangunan bagian bawah pondasi dari suatu struktur, dinding penahan tanah, bangunan badan jalan, dan lain sebagainya. Dengan memperhatikan karakteristik mekanik yang dimiliki baik oleh tanah itu sendiri maupun bahan geotekstil.

Secara umum, penggunaan bahan geotekstil untuk perkuatan tanah mempunyai tujuan utama untuk membuat suatu struktur yang *deformable* dengan memperbaiki karakteristik mekanik tanah dan membentuk struktur yang semi flexible, sehingga kekuatan daya dukung tanah meningkat.

### 3.7 Kapasitas Dukung Tanah Pondasi Dangkal

Daya dukung batas (ultimate) suatu tanah dibawah beban pondasi terutama tergantung pada kekuatan geser. Nilai kerja atau nilai yang diizinkan untuk desain akan ikut mempertimbangkan karakteristik deformasi (Joseph E Bowles, 1983).

Sifat tanah yang perlu diketahui untuk daya dukung adalah berat isi ( $\gamma$ ), konstanta kekuatan geser ( $\phi$ ) dan kohesi ( $c$ ) dengan bertambahnya nilai-nilai tersebut maka daya dukung tanah akan bertambah pula (Wesley, 1997).

Analisis-analisis kapasitas dukung, dilakukan dengan cara pendekatan dengan memudahkan perhitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai pahan yang bersifat plastis, persamaan kapasitas dukung tanah yang diusulkan umumnya didasarkan pada persamaan Mohr-Coulomb (*Hardiyatmo, H.C, 2002, Hal 86*) :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \quad \dots\dots\dots(3.15)$$

dengan :

- $\tau$  = tahanan geser tanah
- $c$  = kohesi tanah      ( $t/m^2$ )
- $\sigma$  = tegangan normal      ( $t/m^2$ )
- $\phi$  = sudut geser dalam      ( $^{\circ}$ )

Kapasitas dukung ultimit dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Dinyatakan dengan persamaan :

$$q_u = \frac{P_u}{A} \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

dengan :

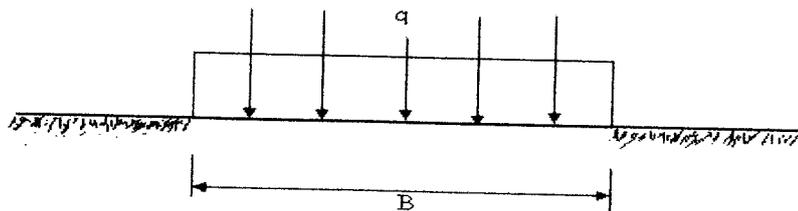
- $q_u$  = kapasitas dukung ultimit ( $t/m^2$ )
- $P_u$  = beban ultimit (t)
- $A$  = luas beban ( $m^2$ )

### 3.7.1 Analisis kapasitas dukung tanah teori Terzaghi

Terzaghi (1943) melakukan analisis kapasitas dukung tanah dengan beberapa anggapan, sebagai berikut (Hardiyatmo, H.C, 2002, Hal 87) :

1. Pondasi berbentuk memanjang tak terhingga
2. Tanah di bawah dasar pondasi homogen
3. Berat tanah di atas dasar pondasi digantikan dengan beban terbagi rata sebesar  $p_0 = D_f \cdot \gamma$  dengan  $D_f$  adalah kedalaman dasar pondasi dan  $\gamma$  adalah berat volume tanah di atas dasar pondasi.
4. Tahanan geser tanah di atas dasar pondasi diabaikan.
5. Dasar pondasi kasar.

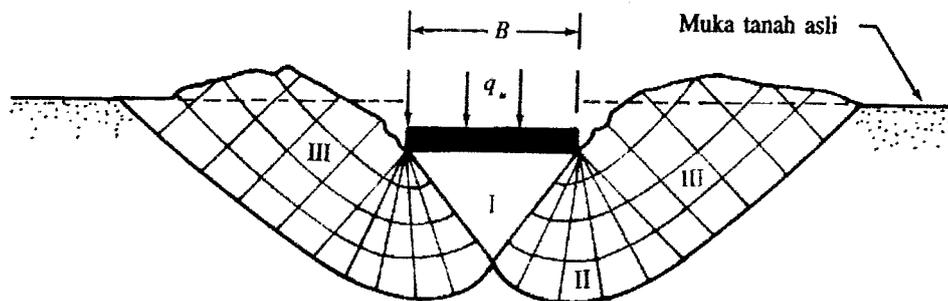
Seluruh analisis daya dukung tanah didasarkan pada anggapan bahwa pondasi mempunyai panjang tak terhingga dan pada kondisi keruntuhan geser umum (*general shear failure*) dari suatu bahan bersifat plastis. Untuk dapat memahami konsep daya dukung suatu tanah dan bentuk keruntuhan geser dalam tanah, perhatikan model pondasi bentuk persegi yang memanjang dengan lebar  $B$  yang diletakkan pada permukaan lapisan tanah pasir padat (atau tanah yang kaku) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Model pondasi

Sumber : Braja M Das, 1985, *Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, Hal 117

Apabila beban terbagi rata  $q$  persatuan luas diletakkan di atas model pondasi, maka pondasi akan turun. Tetapi bila besar  $q = q_u$  telah tercapai maka keruntuhan daya dukung akan terjadi, yang berarti pondasi akan mengalami penurunan yang sangat besar tanpa penambahan beban  $q$  lebih lanjut. Tanah di sebelah kanan dan kiri pondasi akan menyembul dan bidang longsor akan mencapai permukaan tanah. Keruntuhan daya dukung ini dinamakan keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*) dan dapat di jelaskan dengan Gambar 3.7.



**Gambar 3.7** Keruntuhan geser menyeluruh

Sumber : Braja M Das, 1985, *Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, Hal 118

Menurut Terzaghi suatu pondasi didefinisikan sebagai pondasi dangkal apabila kedalaman  $D_f$  adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi  $B$ , dan untuk perhitungan daya dukung batas dari tanah Terzaghi menganggap bahwa berat tanah di sebelah kanan dan kiri pondasi sampai dengan kedalaman dasar pondasi diganti dengan beban merata  $p_o = \gamma \cdot D_f$ .

Terzaghi menyarankan koreksi empiris untuk faktor-faktor daya dukung pada kondisi keruntuhan geser umum, untuk hitungan daya dukung tanah yaitu dengan cara seluruh faktor kapasitas dukung dihitung kembali dengan menggunakan  $\phi$  dan  $c$ .

Formula Terzaghi untuk pondasi berbentuk bujur sangkar pada kondisi keruntuhan geser umum (*general shear failure*), sebagai berikut :

$$q_u = \alpha c.N_c + p_o.N_q + \beta \gamma.B.N_\gamma \dots\dots\dots(3.17)$$

$$q_a = \frac{q_u}{SF} \dots\dots\dots(3.18)$$

dengan :

$\alpha$  dan  $\beta$  = Koefisien tergantung bentuk pondasi

$q_u$  = kapasitas dukung ultimit ( $t/m^2$ )

$p_o$  = tekanan overburden pada dasar pondasi ( $t/m^2$ )

$D_f$  = kedalaman pondasi (m)

$\gamma$  = berat volume tanah ( $t/m^3$ )

$q_a$  = kapasitas dukung ijin ( $t/m^2$ )

$N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor kapasitas dukung untuk pondasi

Nilai-nilai koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  berdasarkan bentuk pondasi ditunjukkan pada tabel 3.6. Faktor kapasitas dukung untuk pondasi ditunjukkan dalam Tabel 3.7. Nilai Terzaghi untuk  $N_c$  adalah pertambahan akibat geser di antara tanah dan dasar pondasi,  $N_q$  adalah pengaruh-pengaruh tambahan akibat beban tanah atas apabila pondasi terletak di bawah permukaan tanah dan merupakan kontribusi utama dalam daya dukung terutama untuk tanah-tanah dengan kohesi yang kecil.

**Tabel 3.6** Koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$

Bentuk Pondasi	$\alpha$	$\beta$
Menerus	1,0	0,5
Bujur sangkar	1,3	0,4
Lingkaran	1,3	0,3 dengan B = diameter

Sumber : KB. Suryolelono, 1992

**Tabel 3.7** Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi

$\phi$	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c'$	$N_q'$	$N_\gamma'$
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber : Hardiyatmo, H.C, 2002, Teknik Pondasi 1, Hal 94

Daya dukung ijin neto dari pondasi adalah beban persatuan luas yang diijinkan untuk suatu pondasi tanpa memasukkan berat tanah disebelah kanan dan kiri pondasi dari permukaan tanah sampai dengan kedalaman dasar pondasi yang besarnya adalah  $p_o = \gamma \cdot D_f$ . Jadi beban neto dapat dilihat dalam persamaan

$$q_n = q_a - p_o \dots\dots\dots(3.19)$$

dengan :

$q_n$  = Kapasitas dukung neto ( $t/m^2$ )

$p_o$  = Tekanan overburden pada dasar pondasi ( $t/m^2$ )

**3.9 Penurunan Satu Dimensi Disebabkan Oleh Konsolidasi Primer Satu Dimensi**

Dengan pengetahuan dari analisis konsolidasi, sekarang kita dapat menghitung kemungkinan penurunan yang disebabkan oleh konsolidasi primer dilapangan, dengan menganggap bahwa konsolidasi tersebut adalah satu dimensi.

Meninjau lapisan lempung jenuh dengan tebal  $H$  dari luas penampang lintang  $A$  serta tekanan efektif overburden rata-rata sebesar  $P_o$ . Disebabkan oleh suatu penambahan tekanan sebesar  $\Delta p$ , anggaphlah penurunan primer yang terjadi adalah sebesar  $S$ . Jadi, perubahan volume (gambar 3.8) dapat diberikan sebagai berikut:

$$\Delta V = V_o - V_1 = H \cdot A - (H - S) \cdot A = S \cdot A \dots\dots\dots(3.20)$$

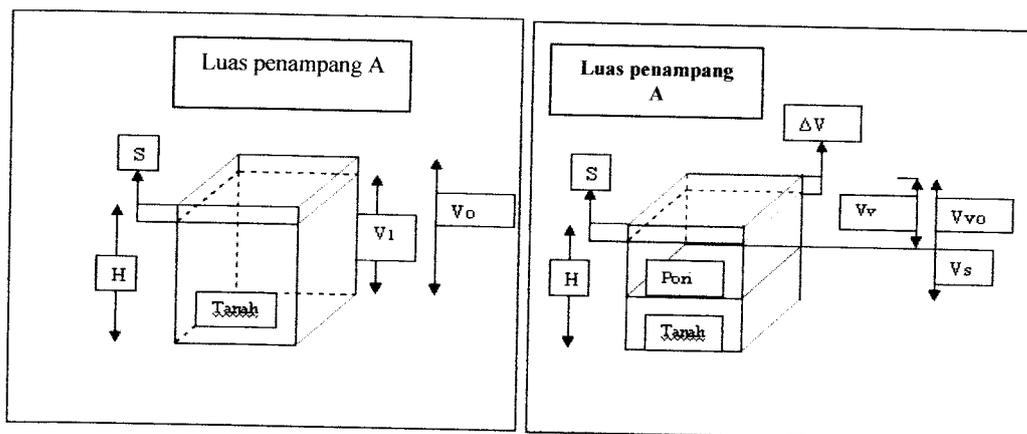
di mana  $V_o$  dan  $V_1$  berturut-turut adalah volume awal dan volume akhir.

Tetapi perubahan volume total adalah sama dengan perubahan volume pori,  $\Delta V_v$ . Jadi

$$\Delta V = S \cdot A = V_{vo} - V_1 = \Delta V_v \dots\dots\dots(3.21)$$

di mana  $V_{vo} - V_1$  berturut-turut adalah volume awal dan volume akhir dari pori.

Dari definisi angka pori



**Gambar 3.8** Penurunan yang disebabkan oleh konsolidasi primer

$$\Delta V_v = \Delta e \cdot V_s \dots\dots\dots(3.22)$$

di mana  $\Delta e$  = perubahan angka pori.

Tapi,

$$V_s = \frac{V_o}{1 + e_o} = \frac{\Delta H}{1 + e_o} \dots\dots\dots(3.23)$$

di mana  $e_o$  angka pori awal pada saat volume tanah sama dengan  $V_o$ .

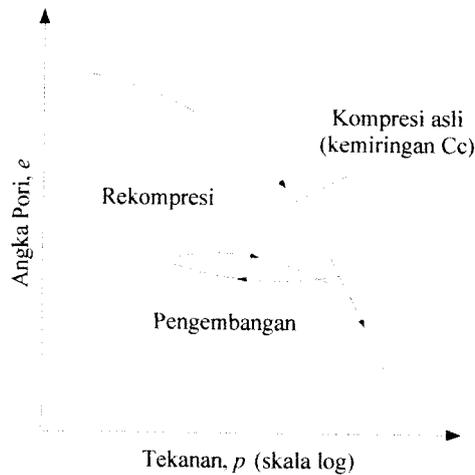
Jadi, dari persamaan-persamaan (3.20), (3.21), (3.22), (3.23) :

$$\Delta V = S \cdot A = \Delta e V_s = \frac{\Delta H}{1 + e_o} \cdot \Delta e$$

atau

$$S = H \frac{\Delta e}{1 + e_o} \dots\dots\dots(3.24)$$

Untuk lempung yang terkonsolidasi secara normal di mana  $e$  versus  $\log p$  merupakan garis lurus (Gambar 39)



**Gambar 3.9** Hubungan angka pori dan tekanan (R.F. Craig, 1989)

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan suatu penelitian yang dilakukan langsung di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### **4.1 Pekerjaan persiapan**

1. Pengumpulan Informasi dan studi pendahuluan.
2. Konsultasi dengan dosen pembimbing.
3. Pengambilan beberapa sampel tanah berbutir halus untuk diteliti sifat fisik dan mekanisnya.
4. Pembuatan proposal.

#### **4.2 Pekerjaan lapangan**

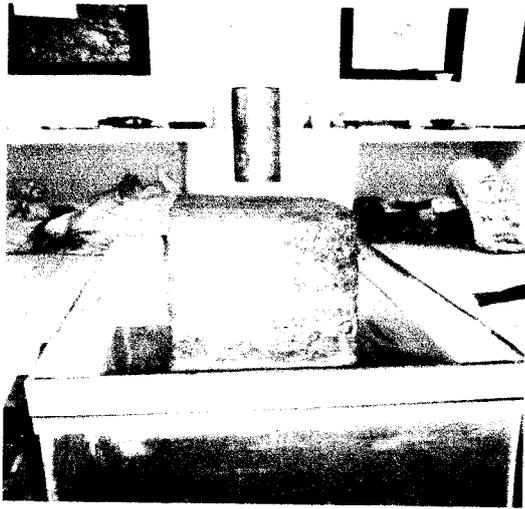
##### **4.2.1 Sampel tanah tidak asli (*disturb*)**

Sampel tanah yang diambil tidak perlu adanya usaha yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut. Tanah tidak asli digunakan untuk pengujian analisa granuler, berat volume. Pengambilan sampel tanah tidak asli cukup dimasukkan kedalam plastik atau pembungkus lainnya.

#### **4.3 Embankment**

Model *embankment* berbentuk trapesium terbuat dari tanah berbutirhalus dengan tinggi 41 cm, lebar bagian bawah 38 cm, dan lebar pada bagian puncak 20 cm. Bentuk embankment ini dicetak dengan menggunakan papan kayu yang berbentuk trapesium. Dalam penelitian ini uji model *embankment* dimasukan kedalam tabung persegi panjang. Skala pemodelan adalah pada skala dimensi panjang (L) 1:

100, dengan ukuran panjang 85 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 40 cm. Contoh permodelan penelitian ini tercantum pada Gambar 4.1 dibawah ini.



**Gambar 4.1 Gambar uji permodelan embankment**

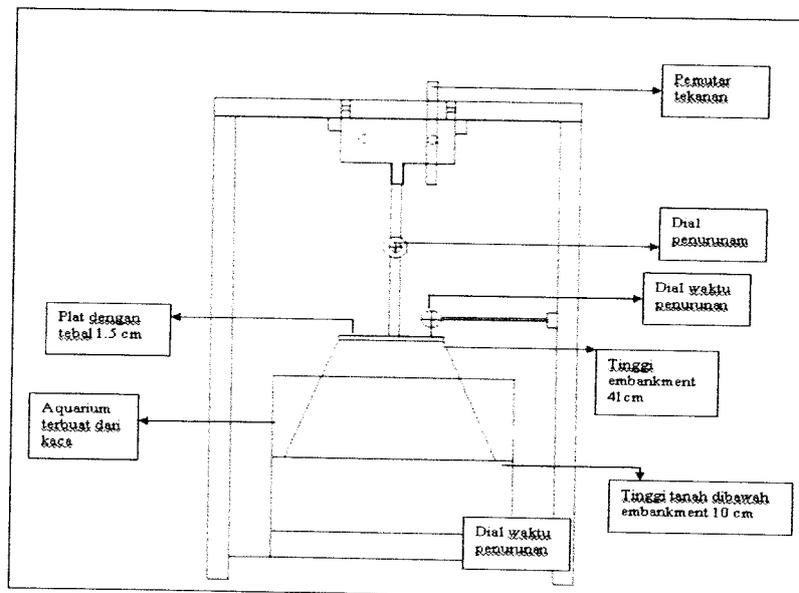
#### **4.3.1 Pengujian Embankment**

Maksud dan tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan besarnya sudut geser dalam ( $\phi$ ), kohesi tanah ( $c$ ) serta Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ), serta penurunan yang terjadi dari sampel tanah yang akan diuji. Dari pengujian Embankment tersebut ada 4 tahapan pengujian, diantaranya :

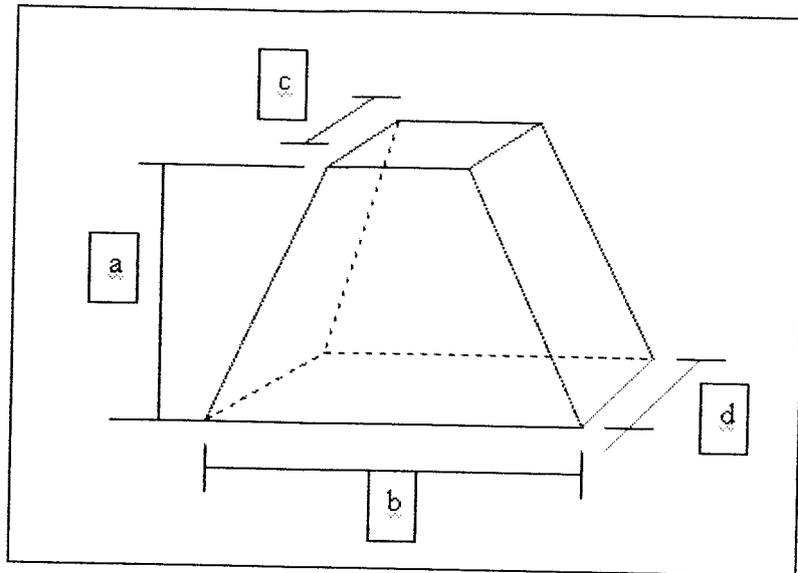
1. Pengujian embankment tanah asli tanpa perkuatan geotekstil
2. Pengujian embankment tanah asli dengan perkuatan geotekstil
3. Pengujian embankment tanah berdasarkan  $\gamma$ proktor tanpa perkuatan geotekstil
4. Pengujian embankment tanah berdasarkan  $\gamma$ proktor dengan perkuatan geotekstil.

## a. Peralatan

1. Mesin penekan
2. Alat pengeluar benda uji ( Ekstruder )
3. Papan pencetak berbentuk trapesium, dengan luas penampang atas 20 x 20 cm dan luas penampang bagian bawah 38 x 20 cm.
4. Timbangan
5. Jam penunjuk ( Stopwacth )
6. Jangka sorong
7. Pengukur sudut
8. Aquarium



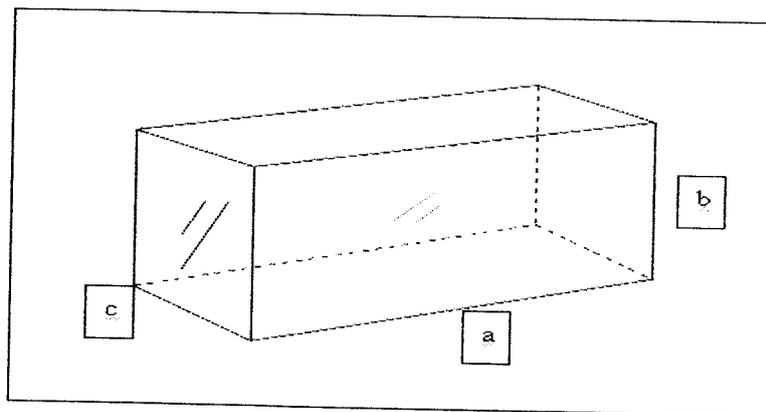
**Gambar 4.2 Alat Pengujian Embankment**



**Gambar 4.3 Papan Pencetak Embankment**

Keterangan gambar papan pencetak embankment :

- a. Tinggi alat cetak (41 cm)
- b. Lebat bagian bawah (38 cm)
- c. Luas penampang atas (20x20 cm)
- d. Lebar penampang bawah (20 cm)



**Gambar 4.4 Box Aquarium**

Keterangan gambar box aquarium pengujian embankment :

- a. Panjang aquarium (85 cm)
- b. Tinggi aquarium (40 cm)
- c. Lebar aquarium (30 cm)

b. Pelaksanaan

1. Mengukur papan pencetak benda uji dan mengukur tinggi dari benda uji yang telah dikeluarkan dari papan pencetak yang telah dipadatkan, kemudian timbang untuk menghitung volumenya
2. Memasukan benda uji berbentuk trapesium yang telah dicetak dengan papan pencetak kedalam box aquarium yang terisi tanah dengan ketebalan 10 cm kemudian letakkan benda uji berbentuk trapesium di bawah mesin penekan secara vertikal dan sentris pada plat dasar alat tekan sehingga plat menyentuh permukaan tanah. Kemudian mengatur dial pada penunjuk hingga menunjukkan nol, demikian pula pada dial pengukur penurunannya.
3. Melakukan penekanan dengan mengatur kecepatan pembebanan dengan kecepatan 1% setiap menit.
4. Pembacaan dial pada interval waktu 30 detik
5. Pembebanan dihentikan apabila dial penunjuk beban sudah mengalami penurunan tiga kali.
6. Mengukur sudut pecah ( $\alpha$ ) dari benda uji tersebut dengan pengukur sudut
7. Pembacaan penurunan.
9. Menggambarkan grafik tegangan-regangan serta penurunan untuk tekanan maksimum.
9. Untuk uji sampel yang menggunakan perkuatan geotekstil peletakan geotekstil diletakan ditengah-tengah panjang embankment dan dibawah penampang permukaan embankment.



### 4.3.2 Tanah

Dalam penelitian ini sampel tanah yang digunakan adalah tanah berbutir halus yang berasal dari daerah Jombor Klaten, Jawa Tengah.

### 4.3.3 Geotekstil

Geotekstil yang digunakan woven jenis Woven Reinfox Type Hr 250 XT, Produksi PT. Puritek Purnama, Jakarta. Berdasarkan bentuk dan fungsinya, penggunaan geosintetik dapat diringkas seperti pada Tabel 4.1 dibawah ini.

**Tabel 4.1** Hubungan antara bentuk dan fungsi Geosintetik (Exxon, 1990)

Bentuk	Fungsi
Geotextile	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )
	Lapisan Pemisah ( <i>Separator</i> )
	Penyaringan ( <i>Filtration</i> )
	Pengendalian Erosi ( <i>Erosion Control</i> )
	Penyaluran Air ( <i>Drainage</i> )
Geomembran	Lapisan Pemisah ( <i>Separator</i> )
	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )
Geogrid	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )
	Pengendalian Erosi ( <i>Erosion Control</i> )
Geolinear Element	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )
Geocomposite	Penyaluran Air ( <i>Drainage</i> )
	Pengendalian Erosi ( <i>Erosion Control</i> )
	Penyaringan ( <i>Filtration</i> )
	Perkuatan Tanah ( <i>Reinforcement</i> )

#### **4.3.4 Jadwal Penelitian**

Penelitian akan dilaksanakan kurang lebih selama satu bulan. Penelitian mulai berjalan dari tanggal 20 Maret s/d 3 Mei 2007. Waktunya antara jam 09.00 WIB – 15.00 WIB, setiap hari kecuali hari Minggu dan Libur Nasional.

#### **4.3.5 Jalannya Penelitian**

Jalannya penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap, yaitu : tahap persiapan, tahap pekerjaan lapangan dan Laboratorium.

#### **4.4 Tahap Persiapan**

1. Studi pendahuluan yaitu studi literatur tentang :
  - a. Uji Kepadatan,
  - b. Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment
2. Mengumpulkan informasi dan data mengenai tanah berbutir halus berasal dari Jombor Klaten.
3. Pengajuan proposal kepada dosen pembimbing dan seminar proposal serta mengurus perijinan untuk kegiatan penelitian.

#### **4.5 Pekerjaan Laboratorium**

Pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Beberapa pengujian yang akan dilakukan :

1. Pengujian Kadar Air (ASTM D 2216-71).
2. Pengujian Berat Jenis Tanah (ASTM D 854-72).
3. Pengujian Analisa Hidrometer (ASTM D 421-72).
4. Pengujian Analisa Saringan (ASTM D 422-72).
5. Pengujian Batas-batas Konsistensi :
  - a. Pengujian Batas Cair (ASTM D 423-66).
  - b. Pengujian Batas Plastis (ASTM D 424-74).
  - c. Pengujian Batas Susut (ASTM D 427-74).

6. Pengujian Proktor Standar (ASTM D 698-70).
7. Pengujian Kuat Tekan Bebas (ASTM D 2166-86).
8. Uji pembebanan.

Pada uji pembebanan yang dilakukan melalui uji model digunakan 2 variasi yaitu, tanpa perkuatan dan dengan menggunakan perkuatan geotekstil.

#### 4.6 Pemodelan Benda Uji

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah yang berasal dari daerah Jombor Klaten, Jawa Tengah. Tanah yang digunakan untuk pembuatan benda uji ini adalah tanah berbutir halus sehingga nantinya dalam pengujian selanjutnya akan digunakan tanah benda uji yang mempunyai nilai  $\gamma_d$  maks dan  $w_{optimum}$  yang diperoleh dari uji proktor standar. Kepadatan terbaik dari benda uji diperoleh apabila berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dan kadar air ( $w_{optimum}$ ) benda uji adalah sama dengan  $\gamma_d$  maks dan  $w_{optimum}$  tanah yang diperoleh dari Uji pemadatan Proktor standar, sedangkan untuk uji tekan bebas akan digunakan tanah dalam kondisi terganggu (*disturb*) sebagai sampel benda uji.

Secara keseluruhan langkah kerja pembuatan sampel benda uji adalah sebagai berikut ini.

- a. Menumbuk tanah yang sudah kering, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No.4 sebanyak tanah yang dianggap cukup,
- b. Mencari kadar air tanah ( $w_{asli}$ , %),
- c. Menimbang sejumlah tanah ( $W_t$ ) gram, sesuai dengan berat tanah yang dibutuhkan untuk dapat memenuhi satu seri pengujian, kemudian ditambahkan air ( $W_a$ ) cc dan diaduk sampai rata (homogen) untuk mendapatkan pemadatan terbaik. Penambahan air dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$W_a = W_t \times \left[ \left( \frac{100 + W_{optm}}{100 + W_{asli}} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots 4.1$$

w.optimum adalah kadar air tanah yang diperoleh dari pengujian proktor.

- d. Membersihkan cetakan benda uji untuk masing-masing pengujian, olesi dengan pelumas jika perlu agar tanah benda uji tidak lengket pada cetakan,
- e. Menghitung dan menimbang sejumlah tanah yang harus dimasukkan kedalam cetakan untuk membuat satu benda uji. Berat tanah tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus dibawah ini.

$$\gamma_b = \gamma_d (1 + w_{\text{optimum}}) \dots \dots \dots 4.2$$

$$W = \gamma_b \cdot V \dots \dots \dots 4.3$$

Dengan :

W = berat tanah untuk satu benda uji (gr)

$\gamma_b$  = berat volume basah (gr/cm<sup>3</sup>)

$\gamma_d$  = berat volume kering yang diperoleh dari uji proktor (gr/cm<sup>3</sup>)

w.optm = kadar air optimum (%)

V = volume cetakan (cm<sup>3</sup>)

- g. Membuat tanah benda uji dengan memasukkan tanah pada cetakan benda uji. Tanah benda uji adalah tanah berbutir halus, dimana metode pemasangannya adalah dengan arah horizontal/mendatar disetiap satu satuan benda uji.
- h. Setelah proses pembuatan sampel tanah benda uji selesai, maka dapat dilakukan jalannya pengujian.

#### 4.7 Tahapan Pengujian :

##### 1. Pengujian analisis Hidrometer (ASTM D 421-72)

Tujuan percobaan menentukan distribusi ukuran butir-butir untuk tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan nomor 10 (sepuluh). Pengujian dilakukan dengan analisa sedimen dengan hidrometer.

**2. Pengujian Analisis Saringan (ASTM D 422-72)**

Tujuan percobaan menentukan persentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no. 200.

**3. Pengujian Berat Jenis (ASTM D 84-72)**

Tujuan percobaan menentukan berat jenis sampel tanah yaitu perbandingan berat butir tanah dengan berat air destilasi diudara pada volume yang sama dengan temperatur tertentu (26° C).

**4. Pengujian Batas Cair Tanah (ASTM D 423-66)**

Tujuan percobaan menentukan batas cair tanah, yaitu kadar air tanah pada keadaan antara cair dan plastis.

**5. Pengujian Batas Plastis (ASTM D 424-74)**

Tujuan percobaan menentukan batas plastis tanah, yaitu kadar air minimum bagi tanah tersebut yang masih dalam keadaan plastis.

**6. Pengujian batas susut (ASTM D 427-74)**

Tujuan percobaan menentukan kadar air tanah pada kondisi batas susut.

**7. Pengujian Kepadatan Tanah (Proctor Standar)  
(ASTM D 698-70)**

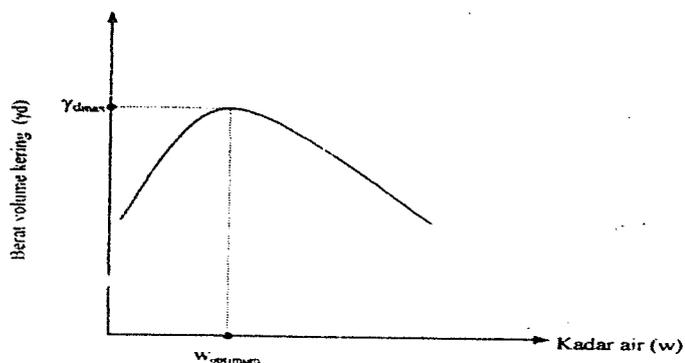
Tujuan percobaan menentukan hubungan kadar air dengan kepadatan tanah apabila dipadatkan dengan alat pemadat tertentu, yaitu :

1. Mempertinggi kuat geser tanah
2. Mengurangi sifat mudah mampat dan permeabilitas
3. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat pengurangan kandungan air maksimum yang dapat mengisi pori-pori.

Derajat kejenuhan tanah dapat diukur dari berat volume keringnya. Hubungan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma_b$ ) dan kadar airnya ( $w$ ). Dinyatakan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(4.4)$$

Karakteristik kepadatan tanah dapat dilihat dari pengujian standar Laboratorium. Selanjutnya digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum. Kadar air pada keadaan ini disebut kadar air optimum (*Optimum Moisture Content. OMC*). Kurva nilai kadar air optimum dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Grafik Uji Pematatan Proktor Standar

**8. Pengujian Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Unconfined Compression Strength, UCS),  
(ASTM D 2166-85)**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan besarnya sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan kohesi tanah ( $c$ ). Kuat tekan bebas tanah adalah besarnya tekanan aksial ( $\text{kg/cm}^2$ ) yang diperlukan untuk menekan suatu tanah yang berbentuk trapesium sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20%, apabila tanah belum pecah, maka dianggap runtuh.

**4.8 Alat Penelitian**

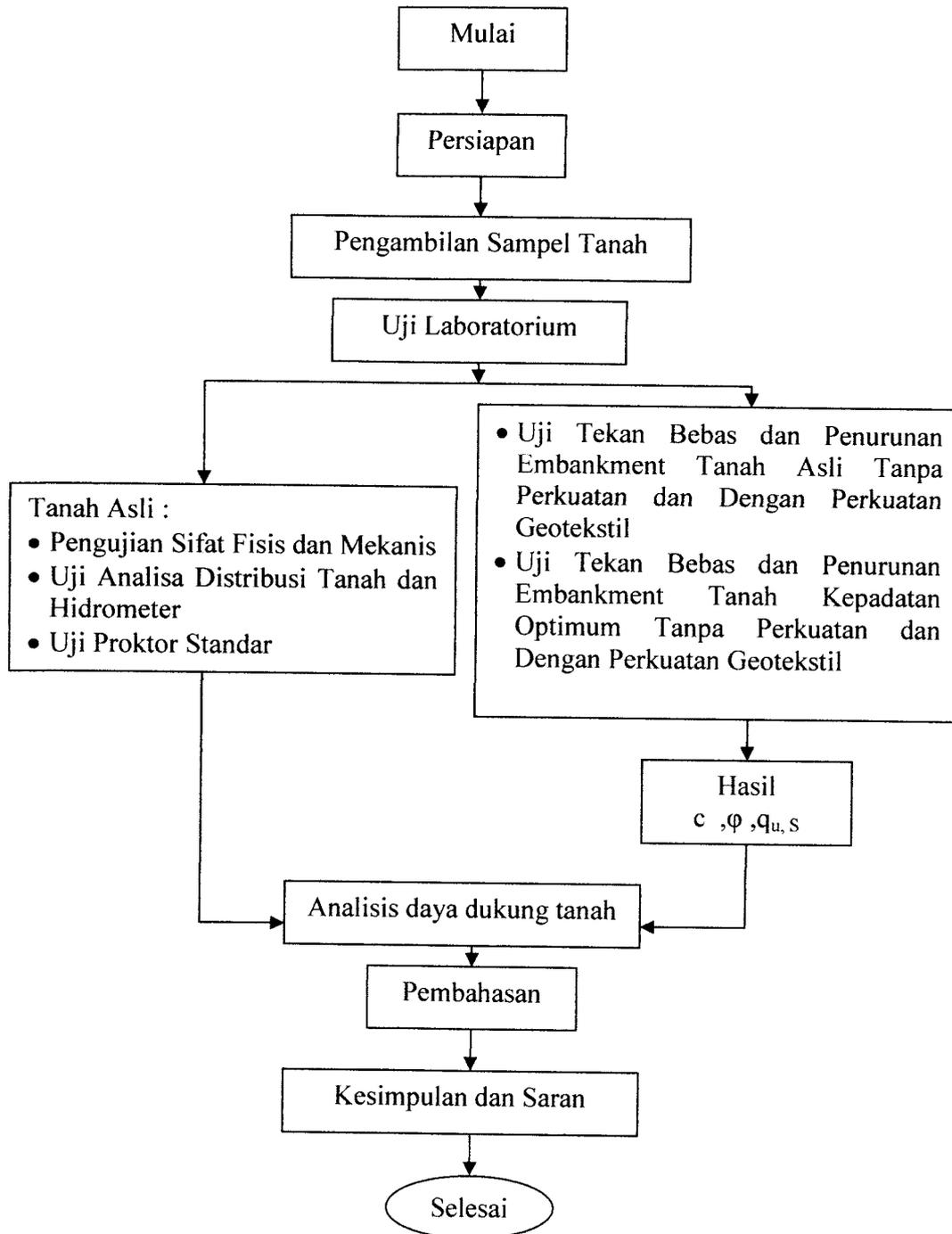
Peralatan yang digunakan adalah alat-alat yang ada pada Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dan berkaitan dengan pengujian sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah berdasarkan standarisasi American Society for Testing Material (ASTM).

Adapun jenis dan macam pengujian di Laboratorium serta jumlah yang dibutuhkan, secara lengkap di presentasikan pada tabel 4.2. Sedangkan alur penelitian dari awal hingga hasil penelitian di tampilkan dalam "Flow-chart" seperti pada gambar 4.6

**Tabel 4.2** Jenis pengujian dan jumlah benda uji

<b>No</b>	<b>Jenis Pengujian</b>	<b>Jumlah Sampel</b>	<b>Satuan</b>
1	Pengujian jenis dan sifat fisik tanah asli :		
	- Analisa Hidrometer + Analisa Saringan	2	buah
2	Pengujian sifat-sifat mekanis tanah :		
	- Kadar Air ( <i>w</i> )	2	buah
	- Volume Tanah	2	buah
	- Berat Jenis ( <i>G<sub>s</sub></i> )	2	buah
	Pengujian Batas-Batas Konsistensi ( <i>Atterberg Limits</i> )		
	- Batas Cair ( <i>LL</i> )	4	buah
	- Batas Plastis ( <i>PL</i> )	2	buah
	- Batas Susut ( <i>SL</i> )	3	buah
3	Pengujian Pemadatan Tanah		
	- Uji Proctor Standar	3	buah
4	Pengujian Tekan Bebas Embankment		
	- Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil	2	buah
	- Tanah asli dengan perkuatan geotekstil	2	buah
	- Tanah berdasar Wopt tanpa perkuatan	2	buah
	- Tanah berdasar Wopt dengan perkuatan geotekstil	2	buah

#### 4.9 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir

**BAB V**  
**HASIL UJI PENELITIAN**

**5.1 Umum**

Pada bab ini akan di uraikan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium. Pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, memperoleh hasil yang meliputi sifat-sifat fisis dan sifat mekanis tanah. Dari pengujian parameter geser tanah didapat nilai kohesi dan sudut gesek dalam. Dari hasil penelitian secara umum meliputi pengujian yang dilakukan Laboratorium, dan dianalisis dengan menggunakan teori Terzaghi.

**5.2 Klasifikasi Tanah**

Untuk mengetahui persentase agregat yang terkandung pada sampel tanah berbutir halus dari Rawa Jombor, Klaten, Jawa Tengah. Pengujian awal yang dilakukan adalah analisis hidrometer dan distribusi butiran yang bertujuan untuk mengetahui klasifikasi tanah, maka dilakukan uji Analisis hidrometer dan Analisis distribusi butiran yang terbagi menjadi 2 sampel. Adapun grafik hasil uji dari ketiga sampel tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan 5.2 serta Tabel 5.1 dan 5.2.

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \dots\dots\dots(5.1)$$

Jika digunakan hidrometer 152 H

$$P = \frac{R \times a}{W} \times 100 \dots\dots\dots(5.2)$$

$$L = HI + 0,5 \left( h - \frac{Vh}{A} \right) \dots\dots\dots(5.3)$$

$$Rc = R1 - R2 + Cr \dots\dots\dots(5.4)$$

$$P = K_2 + R \dots\dots\dots(5.5)$$

$$R' = R1 + m \dots\dots\dots(5.6)$$

Keterangan :

D = Ukuran butiran terbesar (mm)

K = Konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh temperatur ( $t^{\circ}$ C suspensi dan berat jenis butir tanah (GS)

L = Kedalaman efektif

R2= Skala hidrometer

Cr= Temperatur correction factors

P = Persentase berat

R = Pembacaan hidrometer terkoreksi

A = Angka koreksi untuk hidrometer 152 H terhadap berat jenis butir

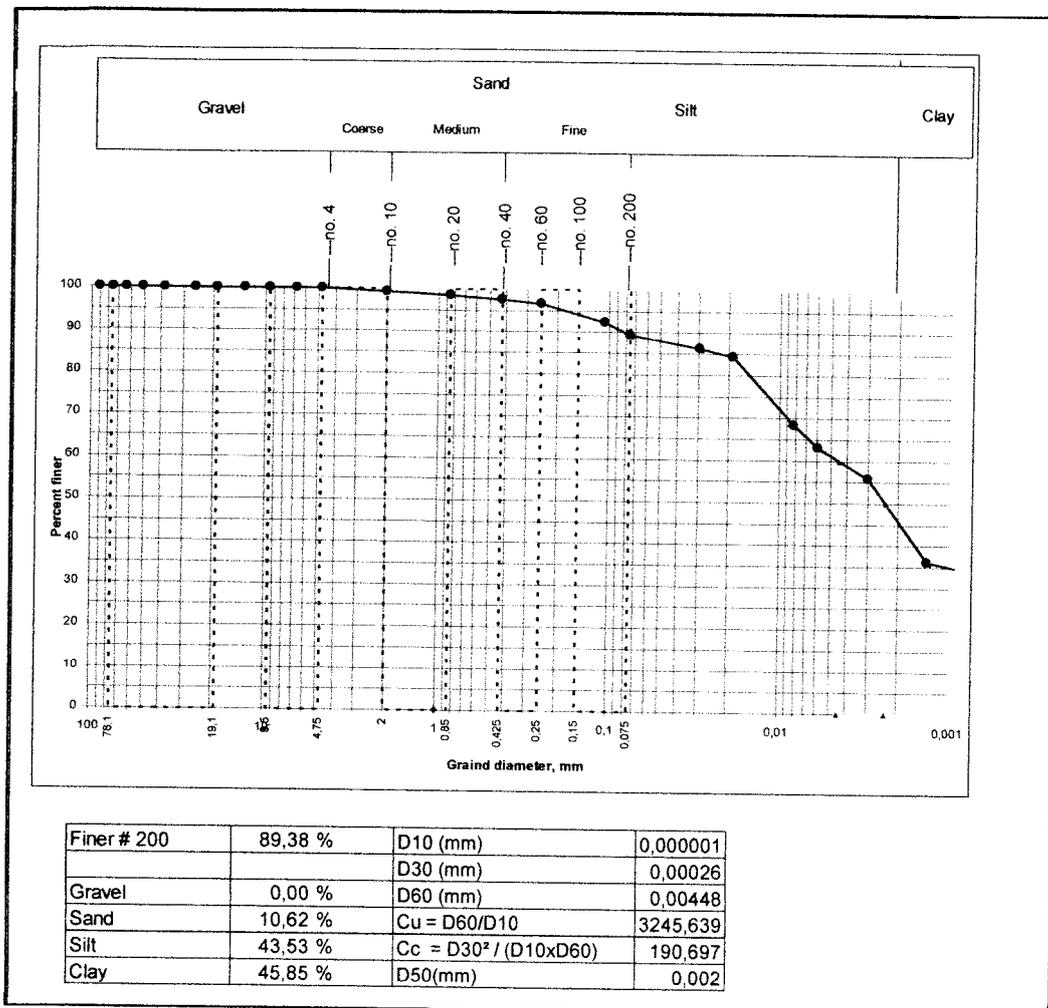
W = Berat benda uji

m = Correction for miniscus

R1= Puncak miniscus muka air

**Tabel 5.1** Hasil Uji Hidrometer 1

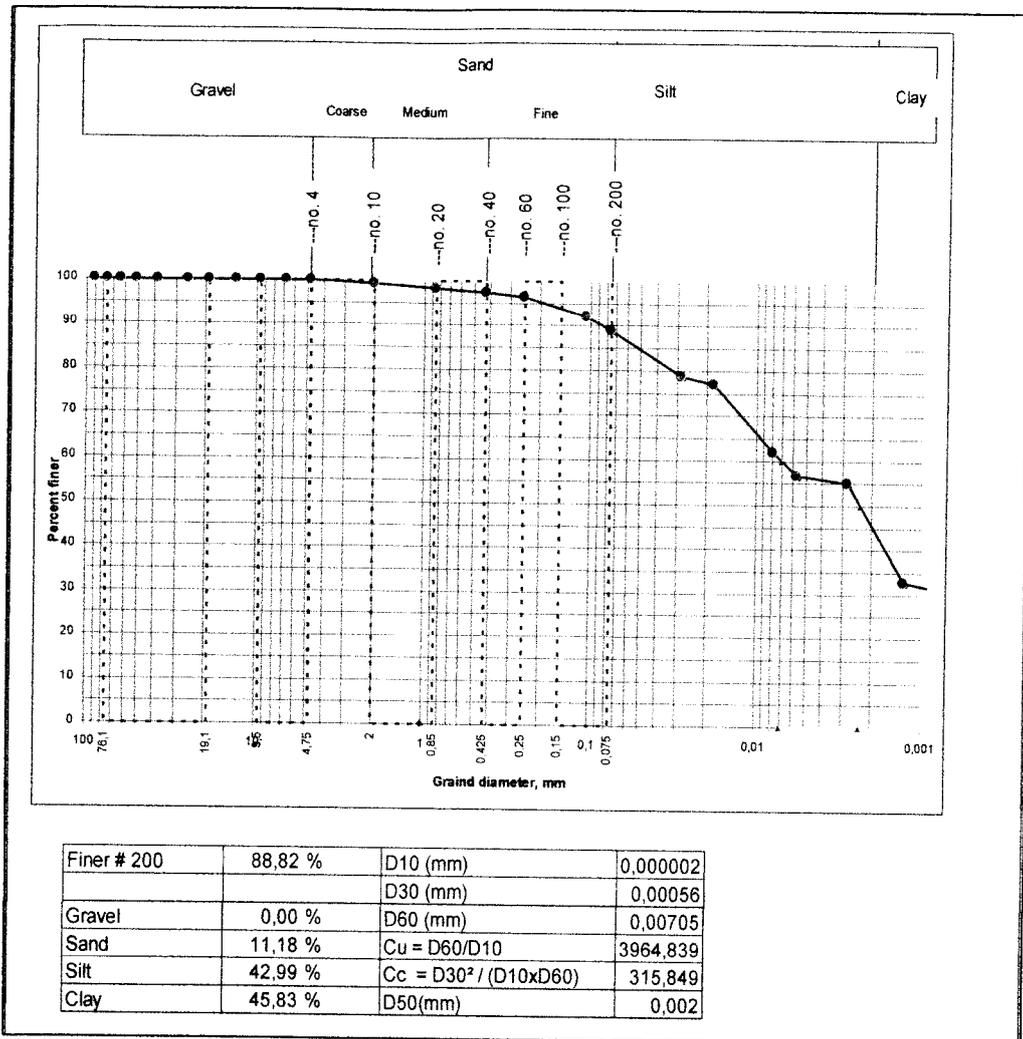
Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1+m	L	K	D (mm)	Rc= R1-R2+Cr	P K2 x R (%)
9,47										
9,49	2	45	-2,0	25	46	8,763	0,0132	0,02768	48,3	82,25
9,52	5	44	-2,0	25	45	8,927	0,0132	0,017669	47,3	80,55
9,77	30	35	-2,0	25	36	10,401	0,0132	0,007786	38,3	65,22
10,47	60	32	-2,0	25	33	10,892	0,0132	0,005634	35,3	60,11
13,57	250	28	-2,0	25	29	11,547	0,0132	0,002842	31,3	53,30
9,47	1440	17	-2,0	25	18	13,348	0,0132	0,001273	20,3	34,57



Gambar 5.1 Grafik hasil uji analisa distribusi butiran sampel I

Tabel 5.2 Hasil Uji Hidrometri 2

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1-R2+Cr	P K2 x R (%)
9,47										
9,49	2	43	-2,0	25	44	9,091	0,0132	0,028192	46,3	78,85
9,52	5	42	-2,0	25	43	9,254	0,0132	0,01799	45,3	77,14
9,77	30	33	-2,0	25	34	10,728	0,0132	0,007908	36,3	61,82
10,47	60	30	-2,0	25	31	11,219	0,0132	0,005718	33,3	56,71
13,57	250	29	-2,0	25	30	11,383	0,0132	0,002822	32,3	55,01
9,47	1440	16	-2,0	25	17	13,512	0,0132	0,001281	19,3	32,87



**Gambar 5.2** Grafik hasil uji analisa distribusi butiran sampel II

Dari hasil uji Analisa distribusi butiran kedua sampel diatas maka akan didapatkan prosentase nilai rata-rata dari masing masing agregat yang hasilnya dapat kita lihat pada Tabel 5.3 dibawah ini.

**Tabel 5.3** Nilai rata-rata hasil uji analisa distribusi butiran sampel I dan II

No. Pengujian	Jenis agregat			Nilai rata-rata		
	Pasir (%)	Lanau (%)	Lempung (%)	Pasir (%)	Lanau (%)	Lempung (%)
1	10.62	43.53	45.85	<b>10.9</b>	<b>43.26</b>	<b>45.84</b>
2	11.18	42.99	45.83			

### 5.2.1 Sifat Fisik Tanah Asli

Secara fisik tanah berbutir halus dari Rawa Jombor Klaten-Jawa Tengah pada keadaan kering sangat keras dan pada keadaan basah sangat lembek, memiliki tekstur halus dan terdapat lapisan mengkilap seperti kaca, tanah berbutir halus ini berwarna abu-abu kehitam-hitaman.

### 5.2.2 Sifat Mekanik Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah di Laboratorium meliputi pengujian : Kadar air, Berat volume tanah, Berat jenis, Batas cair, Batas plastis, Batas susut dan Indeks plastisitas.

#### 5.2.2.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air tanah dimaksudkan untuk menentukan kadar air sample tanah. Kadar air tanah adalah nilai perbandingan antara berat air dalam satuan tanah dengan berat kering tanah tersebut. Pengujian kadar air ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar air dari sampel tanah yang akan di uji. Hasil dari uji kadar air tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots (5.7)$$

Hasil dari penelitian pengujian kadar air dapat dilihat dalam Tabel 5.4 sebagai berikut.

**Tabel 5.4** Hasil Pengujian Kadar Air

No	No. Pengujian	1	2
1	Berat cawan kosong (W <sub>1</sub> ) gram	21,83	21,96
2	Berat cawan + tanah basah (W <sub>2</sub> ) gram	41,95	44,12
3	Berat cawan + tanah kering (W <sub>3</sub> ) gram	38,76	40,24
4	Berat air (W <sub>2</sub> - W <sub>3</sub> ) %	3,19	3,88
5	Berat tanah kering (W <sub>3</sub> - W <sub>1</sub> ) gram	16,93	18,28
6	Kadar air (W) $\frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \%$	18,84	21,23
7	Kadar air rata-rata (W <sub>r</sub> )	20,03	

Contoh perhitungan kadar air (w) untuk sampel pengujian no 1 :

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \%$$

$$w = \frac{41.95 - 38.76}{38.76 - 21.83} \times 100\% \\ = 18,84$$

$$\text{Kadar air rata-rata } (w_r), (\%) = \frac{18.84 + 21.22}{2} = 20,03 \%$$

Hasil dari pengujian kadar air tanah menunjukkan bahwa tanah dari Jombor Klaten Jawa Tengah mengandung kadar air 20,03 %

### 5.2.2.2 Pengujian Berat Volume Tanah

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui berat volume suatu sample tanah, berat volume tanah adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total, hasil dari pengujian berat volume tanah dapat dilihat dalam Tabel 5.5 sebagai berikut:

**Tabel 5.5** Hasil Pengujian Berat Volume Tanah

1	No Pengujian	1	2
2	Diameter ring (d)	6,42	6,42
3	Tinggi cincin (t)	2,22	2,2
4	Volume ring (V)	71,828	71,181
5	Berat ring (W1)	67,28	68,82
6	Berat ring + tanah basah (W2)	194,99	197,37
7	Berat tanah basah (W2-W1)	127,71	128,55
8	Berat volume tanah (γ)	1,778	1,806
9	Berat volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1,792	

Dari hasil percobaan diatas dapat diketahui hasil berat volume tanah berasal dari Jombor Klaten Jawa Tengah adalah: 1,792 gr/cm<sup>3</sup>.

### 5.2.2.3 Pengujian Berat Jenis Tanah

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis suatu sample tanah, berat jenis tanah adalah nilai perbandingan berat butiran tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, biasanya diambil pada suhu 27.5°C.

Hasil dari pengujian berat jenis tanah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$G_s(t^\circ) = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots(5.8)$$

$$G_s(27^\circ) = G_s(t^\circ) \times \frac{B_{j \text{ air } t^\circ}}{B_{j \text{ air } 27,5^\circ}} \dots\dots\dots(5.9)$$

Hasil dari percobaan pengujian berat jenis tanah dapat dilihat dari Tabel 5.6 sebagai berikut.

**Tabel 5.6** Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Berbutir Halus

No. Pengujian		1	2
1	Berat piknometer kosong (W <sub>1</sub> ) gram	17,25	18,51
2	Berat piknometer + tanah kering (W <sub>2</sub> ) gram	22,16	23,19
3	Berat piknometer + tanah + air (W <sub>3</sub> ) gram	44,22	45,23
4	Berat piknometer + air (W <sub>4</sub> ) gram	41,26	42,35
5	Temperatur (t°)	24	24
6	BJ pada temperatur (t°)	0,9973	0,9973
7	BJ pada temperatur (27,5°)	0,9964	0,9964
8	Berat jenis tanah G <sub>s</sub> (t°) = $\frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,52	2,60
9	Berat jenis tanah pada 27,5° = $G_s(t^\circ) \times \frac{B_{j \text{ air } t^\circ}}{B_{j \text{ air } 27,5^\circ}}$	2,52	2,60
10	Berat jenis rata-rata G <sub>s</sub> rt	2,56	

Contoh perhitungan berat jenis tanah untuk sampel pengujian no 1 :

$$G_s (t^{\circ}) = \frac{(22.16 - 17.25)}{(41.26 - 17.25) - (44.22 - 22.16)}$$

$$= 2,56$$

$$G_s (27,5^{\circ} C) = 2,56 \times \frac{0,9973}{0,9964}$$

$$= 2,56$$

$$\text{Berat jenis rata-rata} = \frac{2,52 + 2,60}{2} = 2,56$$

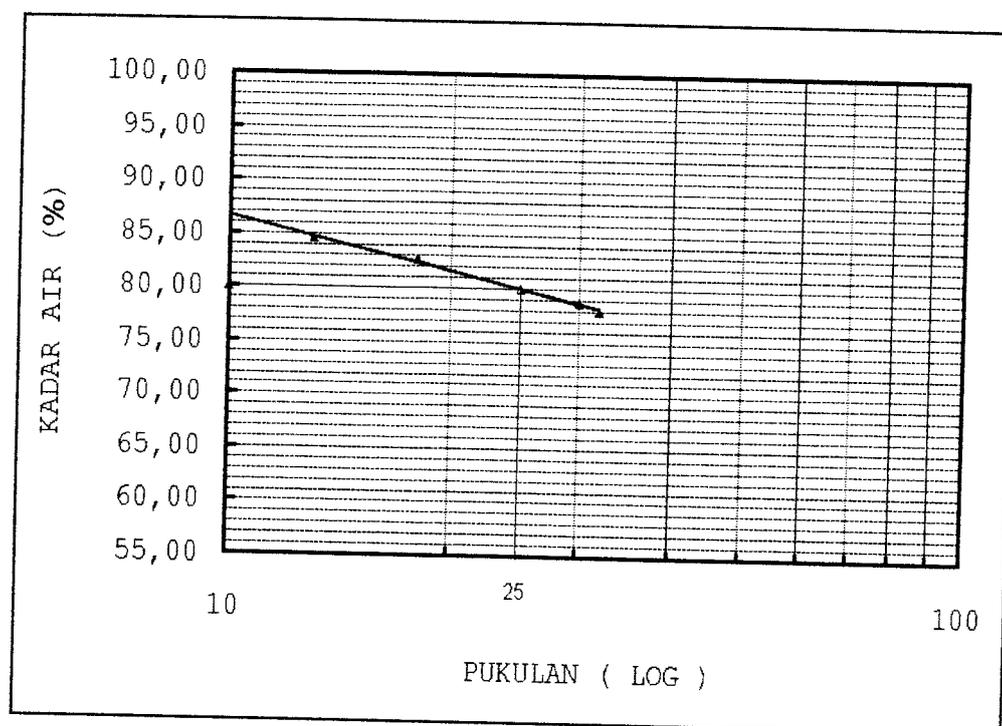
Dari hasil pengujian di atas diketahui berat jenis rata-rata ( $G_s$ ) tanah dari Rawa Jombor Klaten Jawa Tengah adalah: 2,56.

#### 5.2.2.4 Pengujian Batas-Batas Konsistensi (*Atterberg Limits*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Pengujian batas konsistensi yang dilakukan meliputi : Pengujian batas cair, batas plastis dan batas susut.

##### 1. Pengujian Batas Cair

Maksud dari pengujian batas cair atau liquid limit adalah untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas antara cair dan plastis, batas cair untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat tanah dari bagian tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan no. 40. Hasil pengujian batas cair dapat dilihat dari Gambar 5.3 dan Tabel 5.7 sebagai berikut ini.



**Gambar 5.3** Grafik Hasil Pengujian Batas Cair

**Tabel 5.7** Hasil pengujian batas cair

No	Pengujian	1	2	3	4
1	Kadar air	84.55	82.62	78.80	78.03
2	Pukulan	13	18	30	32

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada 25 ketukan sehingga memotong kurva garis lurus, kemudian dari titik tersebut ditarik garis horizontal sehingga memotong sumbu ordinat. Titik potong pada sumbu ordinat merupakan kadar air pada batas cair sampel tanah tersebut. Dari Gambar 5.3 didapat batas cair sampel tanah berbutir halus dari Rawa Jombor Klaten sebesar 80.00 %.

## 2. Pengujian Batas Plastis

Pengujian batas plastis tanah berbutir halus ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi batas plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum suatu sampel tanah dalam keadaan plastis. Hasil dari pengujian batas plastis dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut ini.

Rumus Kadar Air :

$$\text{Kadar Air} = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (5.10)$$

Keterangan :

$W_1$  = Berat cawan kosong

$W_2$  = Berat cawan + tanah basah

$W_3$  = Berat cawan + tanah kering

**Tabel 5.8** Hasil Pengujian Batas Plastis

1.	No. Pengujian	1	2
2.	Berat Container ( $W_1$ ) (gr)	8.96	12.90
3.	Berat Cont. + Tanah Basah ( $W_2$ ) (gr)	11.76	16.08
4.	Berat Cont. + Tanah Kering ( $W_3$ ) (gr)	10.95	15.16
5.	Berat Air (3)-(4)	0.81	0.92
6.	Berat Tanah Kering (4)-(2)	1.99	2.26
7.	Batas Plastis = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\%$	40.70	40.71
8.	Batas Plastis Rata-Rata %	40.71 %	

Contoh perhitungan kadar air (w) untuk sampel pengujian no 1 :

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{11.76 - 10.95}{10.95 - 8.96} \times 100 \% \\ &= 40.71 \% \end{aligned}$$

Diperoleh batas plastisitas rata-rata = 40.71 %

### 3. Batas susut (*shrinkage limit*)

Batas susut tanah adalah kadar air maksimum pada sebuah sampel tanah sedemikian rupa, sehingga pengurangan kadar air selanjutnya tidak menyebabkan berkurangnya volume tanah. Dari pengujian batas susut, sampel tanah berbutir halus yang berasal dari daerah Jombor Klaten Jawa Tengah 20,93%.

Hasil pengujian sifat-sifat mekanis tanah dari Jombor Klaten dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Rumus Batas Susut :

$$\text{Batas susut tanah : } SL = [(V_o/(w_3 - w_1)) - (1/G_s)] \times 100\% \dots \dots \dots (5.11)$$

$$\text{Volume tanah kering : } V_o = (w_4 - w_5)/13,60 \dots \dots \dots (5.12)$$

Keterangan :

$W_1$  = Berat cawan susut

$W_2$  = Berat cawan + tanah basah

$W_3$  = Berat cawan + tanah kering

$W_4$  = Berat air raksa yang terdesak + gelas ukur

$W_5$  = Berat gelas ukur

$V_o$  = Volume tanah kering

**Tabel 5.9** Hasil pengujian batas susut

No. Pengujian	1	2	3
1 Berat jenis	2,56	2,56	2,56
2 Berat cawan susut (w1) gram	40,06	39,84	38,13
3 Berat cawan + tanah basah (w2) gram	65,09	62,64	62,31
4 Berat cawan + tanah kering (w3) gram	55,09	51,96	53,11
5 Berat air raksa yang terdesak + gelas ukur (w4) gram	172,5	150,3	149,2
6 Berat gelas ukur (w5) gram	60,03	60,25	60,25
7 Berat air raksa (w4 - W5) gram	112,5	90	111
8 Volume tanah kering : $V_o = (w_4 - w_5)/13,60$	8,27	6,62	8,16
9 Batas susut tanah : $SL = [(V_o/(w_3 - w_1)) - (1/G_s)] \times 100\%$	15,85	15,54	15,36
10 Batas susut tanah rata-rata (SL) rata-rata	15,42		

Contoh perhitungan kadar air (w) untuk sampel pengujian no 1 :

$$\begin{aligned} \text{Batas susut tanah : SL} &= [(V_o/(w_3 - w_1)) - (1/G_s)] \times 100\% \\ &= [(8,27/(55,09 - 40,06)) - (1/2,56)] \times 100\% \\ &= 15,85 \end{aligned}$$

$$\text{Batas susut rata-rata} = \frac{15,85 + 15,54 + 15,36 + 15,37 + 15,35 + 15,03}{6} = 15,42\%$$

#### 4. Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas (IP) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas akan merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Dengan didapatnya nilai batas cair dan batas plastis maka didapat nilai indeks plastisitas tanah dengan persamaan berikut ini.

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots(.5.13)$$

$$\begin{aligned} IP &= 80,00 \% - 40,71 \% \\ &= 39,29 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat nilai indeks plastisitas sampel tanah berbutir halus dari Jombor Kelaten Jawa Tengah sebesar 39,29 %.

**Tabel 5.10** Nilai hasil uji sifat-sifat mekanis tanah Jombor Klaten, Jawa Tengah

No	Sifat mekanis tanah	Hasil
1	Kadar air (w) tanah asli (%)	20,03
2	Berat volume tanah ( $\gamma$ )	1,792
3	Berat jenis (GS)	2,56
4	Batas cair (LL) (%)	80,00
5	Batas plastis (PL) (%)	40,71
6	Batas susut (SL) (%)	15,42
7	Indek plastis (IP) (%)	39,29

### 5.2.3 Pengujian Proktor Standar

Pengujian kepadatan tanah salah satunya dilakukan dengan cara pengujian proktor standar, maksud dari pengujian ini adalah untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah di dalam silinder berukuran tertentu menggunakan alat penumbuk tertentu pula. Untuk setiap percobaan, berat volume basah ( $\gamma$ ) dari tanah basah yang dipadatkan tersebut dapat dihitung dengan persamaan 5.14 dan 5.15 berikut ini.

$$\gamma_b = \frac{W}{V(m)} \dots\dots\dots(5.14)$$

Dengan :

$W$  = berat tanah yang dipadatkan dalam cetakan

$V(m)$  = volume cetakan ( $\text{cm}^3$ ).

Pada setiap percobaan besarnya kadar air dalam tanah yang dipadatkan dapat ditentukan di laboratorium. Bila kadar air diketahui, maka berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dari tanah tersebut dapat dihitung dengan persamaan 5.13 berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}} \dots\dots\dots(5.15)$$

Dengan :

$w(\%)$  = persentase kadar air.

Harga  $\gamma_d$  dari persamaan 5.15 tersebut dapat digambarkan terhadap kadar air dengan  $\gamma_d$  sebagai absis dan kadar air sebagai ordinat. Dengan demikian titik puncak dari grafik merupakan kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Hasil pengujian proctor standar dapat dilihat pada Tabel 5.11, di bawah ini.

**Tabel 5.11** Hasil Uji Proctor Standar Pada Pengujian Ke I

No. Pengujian	1	2	3	4	5
Volume silinder (cm <sup>3</sup> )	924,16	924,16	924,16	924,16	924,16
Berat tanah basah (gr)	2000	2000	2000	2000	2000
Penambahan Air (%)	5	10	15	20	25
Penambahan Air (ml)	100	200	300	400	500
Berat silinder + tanah padat (gr)	3160	3249	3414	3449	3451
Berat tanah padat (gr)	1303	1392,01	1557,01	1592,01	1594
Berat volume tanah (gr/cm <sup>3</sup> )	1,410	1,506	1,685	1,723	1,725
Kadar air rata-rata (%)	21,64	26,42	31,67	36,08	41,23
Berat volume tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,159	1,191	1,280	1,266	1,221

Perhitungan berat volume tanah basah untuk sampel pengujian no 1 :

$$\gamma_b = \frac{W \text{ (gr)}}{V \text{ (cm}^3\text{)}}$$

$$\begin{aligned} \gamma_b &= \frac{1303 \text{ gr}}{924.16 \text{ cm}^3} \\ &= 1,410 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

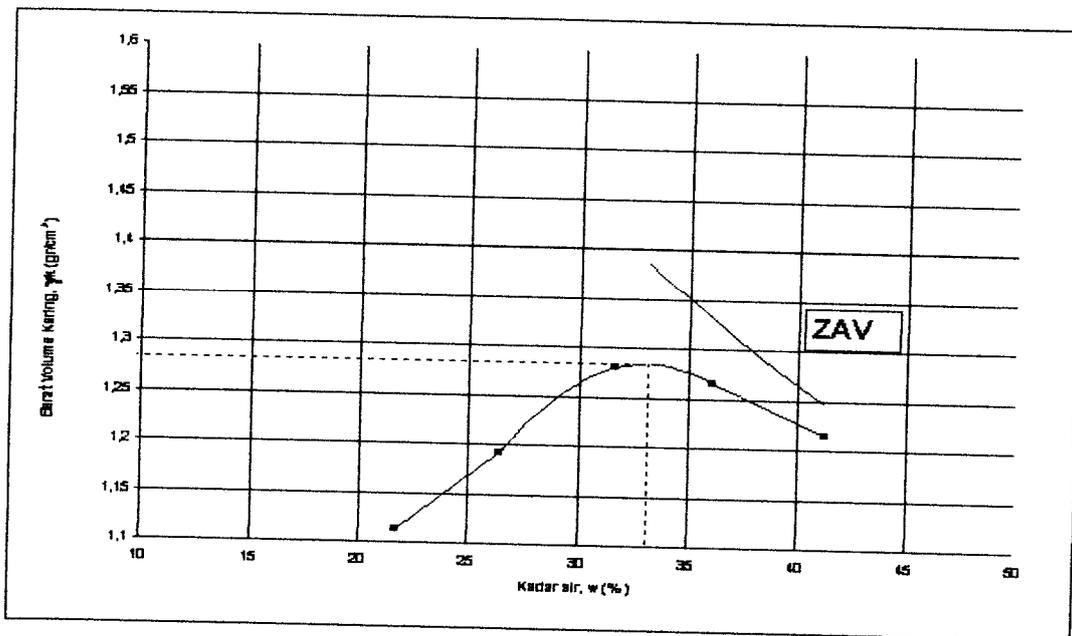
Perhitungan berat volume kering untuk sampel pengujian no 1 :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w}$$

$$\begin{aligned} \gamma_d &= \frac{1.410}{1 + 0.2164} \\ &= 1,159 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Dengan cara ini maka, didapat  $\gamma_d$  untuk pengujian yang lain seperti di tampilkan pada Tabel 5.11.

Kurva hubungan antara kadar air ( $w$ ) dan berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) dibuat dengan kadar air ( $w$ ) sebagai *absis* sedangkan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) sebagai *ordinat*. Puncak kurva merupakan nilai ( $\gamma_d$ ) maksimum, kemudian dari titik puncak kurva ditarik garis vertikal memotong *absis*, pada titik ini adalah merupakan kadar air optimumnya. Kurva hasil pengujian kepadatan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.4 dibawah ini.

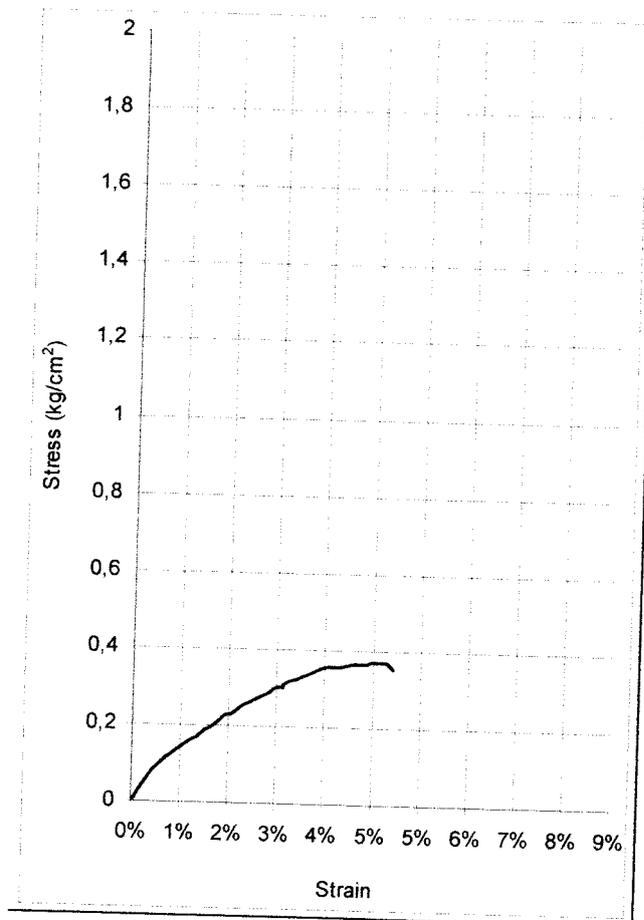


**Gambar 5.4** Hasil uji kepadatan tanah

Gambar 5.4 diatas menunjukkan hasil uji proctor standar/kepadatan tanah dengan nilai berat volume kering maksimum 1.284 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum sebesar 33.13 %. Dengan demikian tanah akan mengalami kepadatan maksimum pada penambahan air sebesar 33.13 %.

Pada percobaan selanjutnya untuk mendapatkan nilai kadar air optimum ( $w$  optimum) dan nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_d$ ) pada sampel II dan sampel III secara analitis juga dilakukan perhitungan seperti contoh diatas. Selanjutnya dibuat tabel hasil pengujian kepadatan tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 dibawah ini.

Dibawah ini terdapat hasil perhitungan dan grafik pengujian tekan bebas dan penurunan *embankment* tanah asli tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotekstil serta pengujian pengujian tekan bebas dan penurunan *embankment* tanah berdasarkan kepadatan maksimum tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotekstil yang di presentasi pada Gambar 5.6, 5.8, 5.9, 5.10 dan Tabel 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 dibawah ini.



**Gambar 5.6** Grafik Pengujian Tekan Bebas dan Penurunan *Embankment* Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geotekstil pada kadar air ( $w$ ) = 20,03 %

**Tabel 5.13** Tabel Pengujian Tekan Bebas dan Penurunan *Embankment* Tanpa Perkuatan Geotekstil

$q_u$	=	0,33480 kg/cm <sup>2</sup>
$\alpha$	=	49 <sup>o</sup>
Angle Of Internal friction, $\phi$	=	8 <sup>o</sup>
Cohesion	=	0,146 kg/cm <sup>2</sup>

### A Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geotekstil

Perhitungan tegangan sempel embankment tanah asli tanpa perkuatan yang tercantum pada Tabel 5.13 diatas.

Pada detik ke-30 pembacaan dial perpendekan tanah 0,40 mm.

LRC (Linier regresi correction) = 11,35091 kg/div

Luas  $A_o = 400 \text{ cm}^2$

Tinggi  $L_o = 41 \text{ cm}$

Pembacaan def. dial = 1950

Pembacaan load dial = 13,7

Total deformation,  $\Delta L = 1950 \times 10^{-2} = 19,5 \text{ mm}$

Total Load,  $P = \text{load dial} \times \text{LRC} = 13,7 \times 11,35091 = 155,5075 \text{ kg}$

Regangan,  $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{19,5}{41} = 0,476$

Koreksi,  $A = \frac{A_o}{(1-\varepsilon)} = \frac{400}{(1-0,476)} = 763,3588 \text{ cm}^2$

Tegangan,  $\sigma = \frac{P_{\max}}{A} = \frac{155,5075}{(763,3588)} = 0,33438 \text{ kg/cm}^2$

Pada pembacaan dial 1950 terbaca dial beban 13,7 setara dengan beban 155,5075 kg.

Tegangan,  $q_u = \sigma = \frac{P_{\max}}{A} = 0,33438 \text{ kg/cm}^2$  setelah sampel mencapai beban maksimum, dilakukan pengukuran sudut pecah ( $\alpha$ ).

Dari pembacaan beban maksimum dan sudut pecah dapat dihitung kohesi (c) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).

Contoh perhitungan kohesi pada tanah asli:

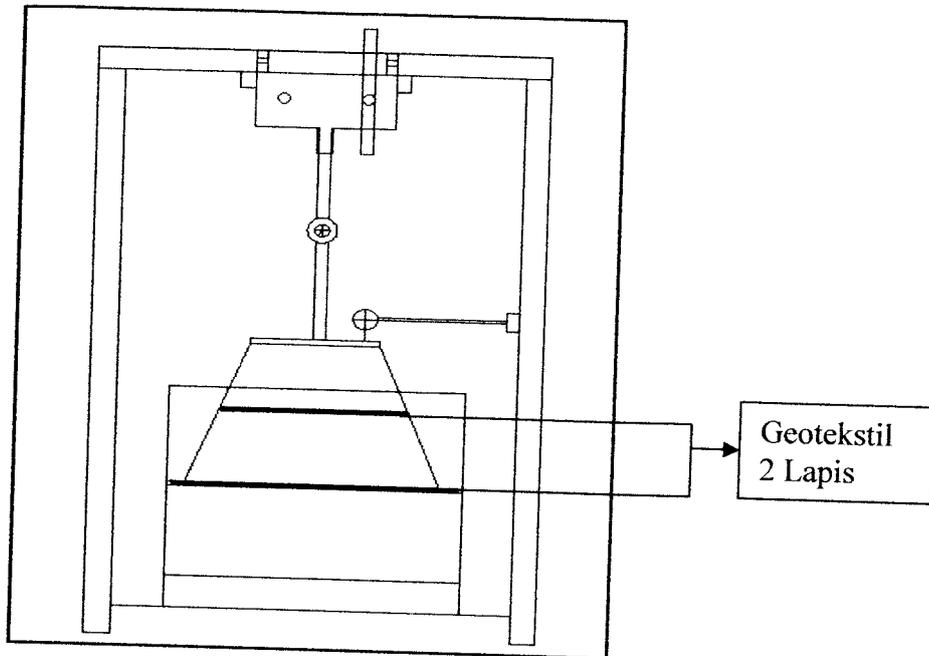
$$c = \frac{q_u}{2.tg\alpha} = \frac{0,33438}{2.tg49} = 0,145 \text{ kg/cm}^2$$

Contoh perhitungan sudut geser dalam pada tanah asli:

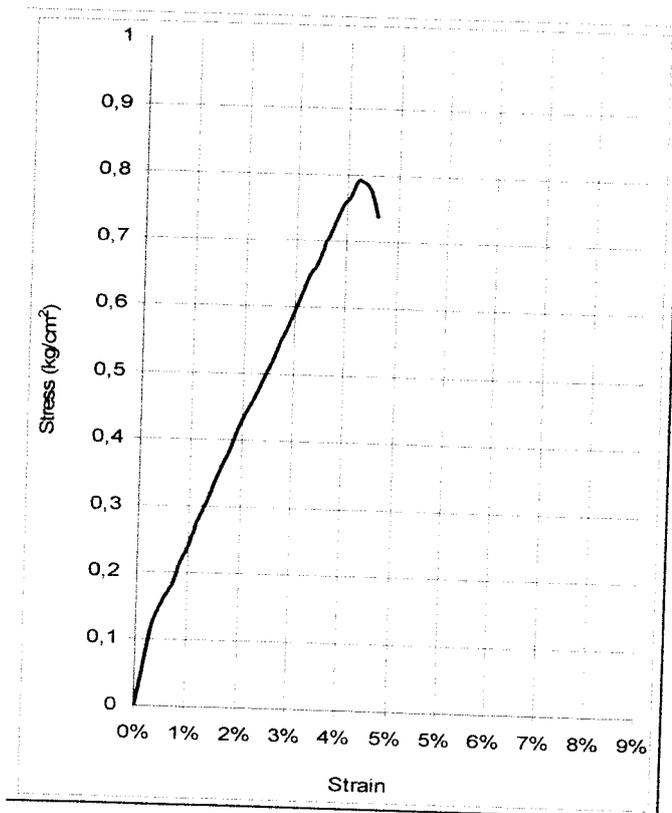
$$\phi = 2.(\alpha - 45^\circ)$$

$$\phi = 2.(49 - 45^\circ)$$

$$= 8^\circ$$



**Gambar 5.7** Gambar Alat dan Pengujian Embankment Tanah Asli Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil



**Gambar 5.8** Grafik Pengujian Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Tanah Asli dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil

**Tabel 5.14** Hasil Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Tanah Asli dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil

qu	=	0,70803 kg/cm <sup>2</sup>
$\alpha$	=	51 °
Angle Of Internal friction, $\phi$	=	12 °
Cohesion	=	0,287 kg/cm <sup>2</sup>

B Tanah Asli Diperkuat Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil

Perhitungan tegangan sempel embankment tanah asli dengan 2 lapis perkuatan geotekstil yang tercantum pada tabel 5.14 diatas.

Pada detik ke-30 pembacaan dial diperpendekan tanah 0,40 mm.

LRC (Linier regresi correction) = 11,35091 kg/div

Luas Ao = 400 cm<sup>2</sup>

Tinggi Lo = 41 cm

Pembacaan def. dial = 1650

Pembacaan load dial = 29

Total deformation,  $\Delta L = 1650 \times 10^{-2} = 16,5$  mm

Total Load, P = load dial x LRC = 29 x 11.35091 = 329.1764 kg

Regangan,  $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{1,6}{41} = 0,0390$

Koreksi, A =  $\frac{A_o}{(1-\varepsilon)} = \frac{400}{(1-0,0390)} = 416,23$  cm<sup>2</sup>

Tegangan,  $\sigma = \frac{P_{max}}{A} = \frac{329,1764}{(416,23)} = 0,789823$  kg/cm<sup>2</sup>

Pada pembacaan dial 1650 terbaca dial beban 29 setara dengan beban 329,1764 kg.

Tegangan, qu =  $\sigma = \frac{P_{max}}{A} = 0,789823$  kg/cm<sup>2</sup> setelah sampel mencapai beban maksimum, dilakukan pengukuran sudut pecah ( $\alpha$ ).

Dari pembacaan beban maksimum dan sudut pecah dapat dihitung kohesi (c) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).

Contoh perhitungan kohesi pada tanah asli:

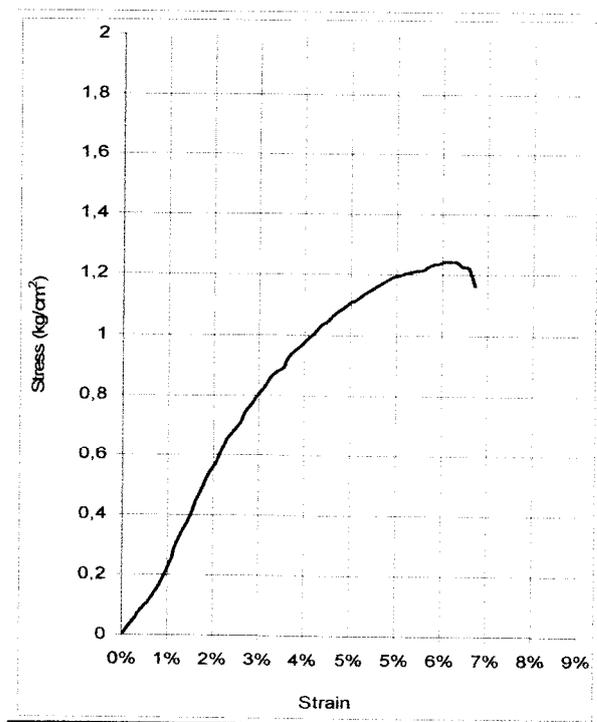
$$c = \frac{qu}{2.tg\alpha} = \frac{0,789823}{2.tg51} = 0,286 \text{ kg/cm}^2$$

Contoh perhitungan sudut geser dalam pada tanah asli:

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

$$\begin{aligned} \phi &= 2.(51 - 45^\circ) \\ &= 12^\circ \end{aligned}$$

Sempel dibawah ini terdapat pengujian *embankment* berdasarkan tanah dari hasil kepadatan maksimum tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotekstil. Geotekstil yang digunakan adalah tipe Woven Reinfox Type Hr 250 XT Produksi PT. Puritek Purnama Jakarta, Pengujian ini memakai 2 lapis perkuatan untuk pengujian *embankment*. Hasil pengujian embankment dapat dilihat pada grafik dan tabel dibawah ini.



**Gambar 5.9** Grafik Pengujian Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Pada Tanah Kepadatan Maksimum Tanpa Perkuatan Geotekstil

**Tabel 5.15** Hasil Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment  $\gamma$ proktor Tanpa Perkuatan Geotekstil

$q_u$	=	0,94559 kg/cm <sup>2</sup>
$\alpha$	=	57 <sup>o</sup>
Angle Of Internal friction, $\phi$	=	24 <sup>o</sup>
Cohesion	=	0,307 kg/cm <sup>2</sup>

C. Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geotekstil Pada Kondisi Kepadatan Maksimal  
Perhitungan tegangan sempel embankment tanah dengan kepadatan maksimum tanpa perkuatan geotekstil yang tercantum pada Tabel 5.15 diatas.

Pada detik ke-30 pembacaan dial perpendekan tanah 0,40 mm.

LRC (Linier regresi correction) = 11,35091 kg/div

Luas  $A_o$  = 400 cm<sup>2</sup>

Tinggi  $L_o$  = 41 cm

Pembacaan def. dial = 2700

Pembacaan load dial = 46,9

Total deformation,  $\Delta L = 2700 \times 10^{-2} = 27$  mm

Total Load,  $P = \text{load dial} \times \text{LRC} = 46,9 \times 11,35091 = 532,3577$  kg

$$\text{Regangan, } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{27}{41} = 0,066$$

$$\text{Koreksi, } A = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)} = \frac{400}{(1 - 0,066)} = 428,265 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tegangan, } \sigma = \frac{P_{\max}}{A} = \frac{532,3577}{(428,265)} = 1,2431 \text{ kg/cm}^2$$

Pada pembacaan dial 2700 terbaca dial beban 46,9 setara dengan beban 532,3577 kg.

Tegangan,  $q_u = \sigma = \frac{P_{\max}}{A} = 1,2431 \text{ kg/cm}^2$  setelah sampel mencapai beban maksimum, dilakukan pengukuran sudut pecah ( $\alpha$ ).

Dari pembacaan beban maksimum dan sudut pecah dapat dihitung kohesi (c) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).

Contoh perhitungan kohesi pada tanah asli:

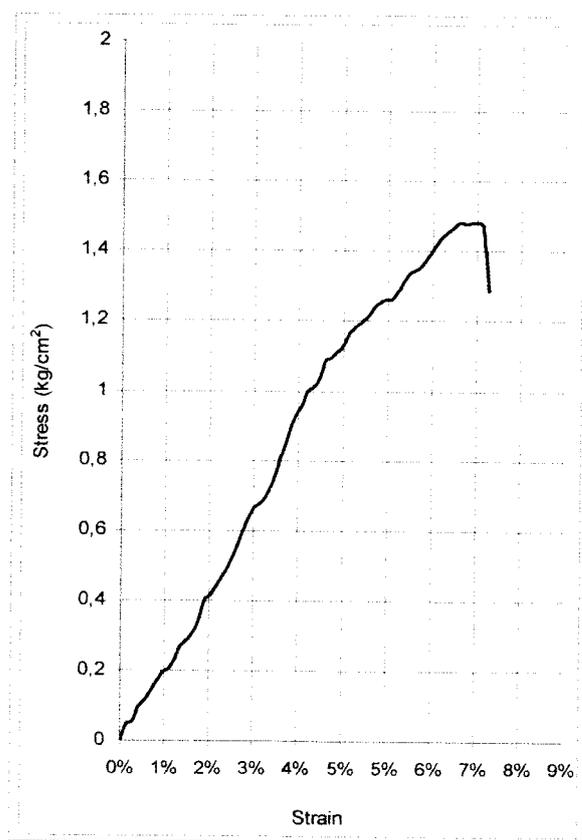
$$c = \frac{qu}{2.tg\alpha} = \frac{1,2431}{2.tg57} = 0,307 \text{ kg/cm}^2$$

Contoh perhitungan sudut geser dalam pada tanah asli:

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

$$\phi = 2.(57 - 45^\circ)$$

$$= 24^\circ$$



**Gambar 5.10** Grafik Pengujian Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Tanah Dengan Kepadatan Maksimum Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil

**Tabel 5.16** Hasil Uji Tekan Bebas dan Penurunan Embankment Tanah Dengan Kepadatan Maksimum dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil

qu	=	0,87981 kg/cm <sup>2</sup>
$\alpha$	=	58 <sup>o</sup>
Angle Of Internal friction, $\phi$	=	26 <sup>o</sup>
Cohesion	=	0,275 kg/cm <sup>2</sup>

D. Tanah Asli Diperkuat Dengan 2 Lapis Geotekstil Pada Kepadatan Maksimum  
Perhitungan tegangan sempel pengujian embankment tanah berdasarkan kepadatan maksimum dengan 2 Lapis perkuatan geotekstil yang tercantum pada Tabel 5.16 diatas.

Pada detik ke-30 pembacaan dial diperpendekan tanah 0,40 mm.

LRC (Linier regresi correction) = 11,35091 kg/div

Luas Ao = 400 cm<sup>2</sup>

Tinggi Lo = 41 cm

Pembacaan def. dial = 2950

Pembacaan load dial = 57,7

Total deformation,  $\Delta L = 2950 \times 10^{-2} = 29,5$  mm

Total Load, P = load dial x LRC = 29,5 x 11,35091 = 654,9475 kg

Regangan,  $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{2,9}{41} = 0,072$

Koreksi, A =  $\frac{A_o}{(1-\epsilon)} = \frac{400}{(1-0,072)} = 431,035$  cm<sup>2</sup>

Tegangan,  $\sigma = \frac{P_{\max}}{A} = \frac{654,9475}{(431,035)} = 0,90721$  kg/cm<sup>2</sup>

Pada pembacaan dial 2950 terbaca dial beban 57,7 setara dengan beban 654,9475 kg.

Tegangan,  $q_u = \sigma = \frac{P_{\max}}{A} = 0,90721$  kg/cm<sup>2</sup> setelah sampel mencapai beban maksimum, dilakukan pengukuran sudut pecah ( $\alpha$ ).

Dari pembacaan beban maksimum dan sudut pecah dapat dihitung kohesi (c) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).

Contoh perhitungan kohesi pada tanah asli:

$$c = \frac{qu}{2.tg\alpha} = \frac{0,90721}{2.tg58} = 0,275 \text{ kg/cm}^2$$

Contoh perhitungan sudut geser dalam pada tanah asli:

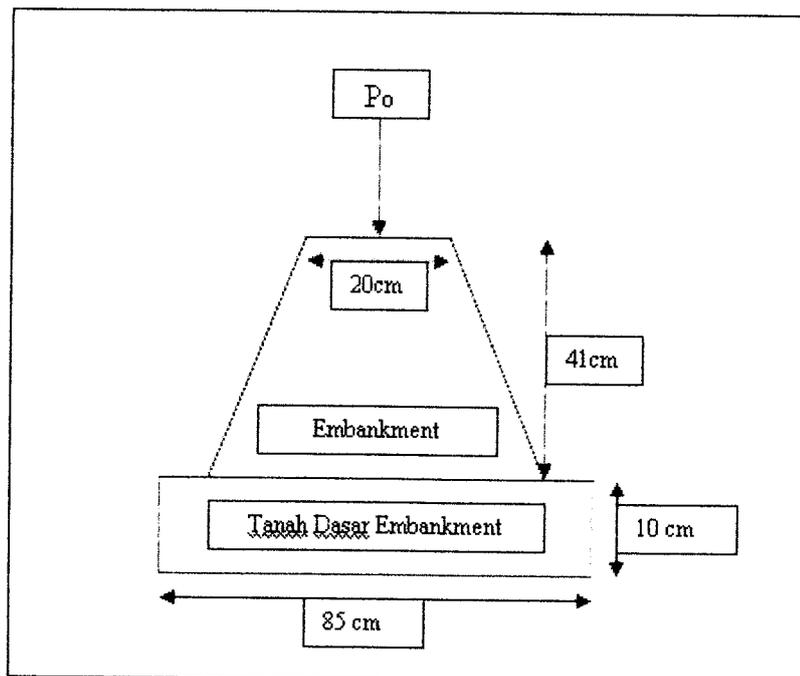
$$\phi = 2.(\alpha - 45^\circ)$$

$$\begin{aligned} \phi &= 2.(58 - 45^\circ) \\ &= 26^\circ \end{aligned}$$

### 5.2.5 Penurunan Embankment

- Perhitungan Penurunan Embankment Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geotekstil

Sketsa pengujian penurunan embankment dilakukan seperti pada Gambar 5.11



**Gambar 5.11** Detail Uji Penurunan Embankment Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geotekstil

Diketahui :

$\gamma_b$  : 1,35 gr/m<sup>3</sup> ( $\gamma_b$ ,  $\Delta p$  dan  $w$  Diperoleh dari uji tekan bebas pada lampiran)

$\Delta p$  : 155,5 kg

Gs : 2,56

$w$  : 20,03 %

LL : 80,00 %

➤ Perhitungan tekanan efektif (*Overburden*) rata-rata ( $P_o$ )

$$\begin{aligned} P_{O1} &= t \cdot \gamma_b \\ &= 41 \cdot 1,35 \\ &= 55,35 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{O2} &= t \cdot \gamma_b \\ &= 5 \cdot 1,35 \\ &= 6,75 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P_{O1} + P_{O2}}{2} \\ &= \frac{52,89 + 6,45}{2} \\ &= 31,05 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_o &= \left( \frac{(1 + (\frac{w}{100}) \cdot G_s)}{\gamma_b} \right) - 1 \\ &= \frac{(1 + (\frac{20,03}{100}) \cdot 2,56)}{1,35} - 1 \\ &= 0,120 \end{aligned}$$

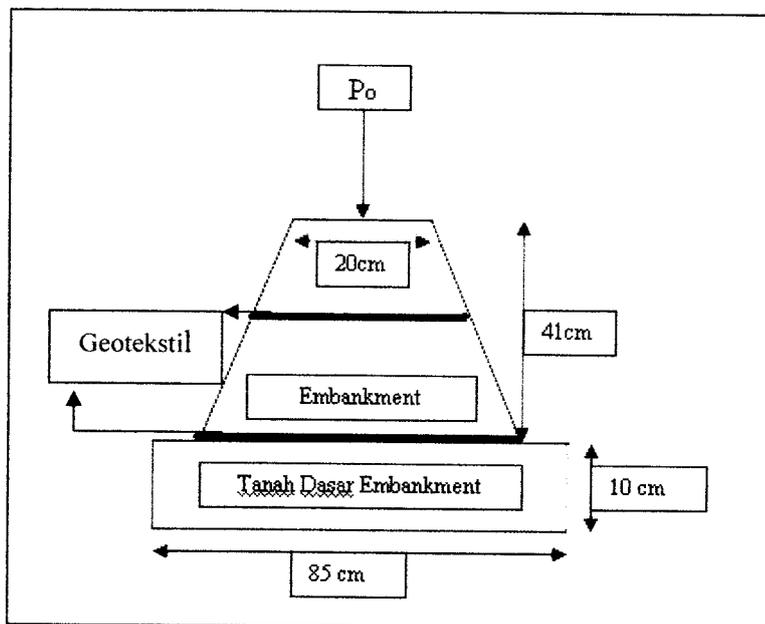
➤ Perhitungan Indeks Pemampatan ( $C_c$ ), sumber dari *Braja M. Das*.

$$\begin{aligned} C_c &= 0,007 \cdot (LL - 10) \\ &= 0,007 \cdot (80 - 10) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Untuk Penurunan (S)

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \text{Log} \left( \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right) \\
 &= \frac{0,5 \cdot 51}{1 + 0,120} \text{Log} \left( \frac{31,05 + 155,5}{31,05} \right) \\
 &= 17,723 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Penurunan Embankment Tanah Asli Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil



**Gambar 5.12** Detail Uji Penurunan Embankment Tanah Asli Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil

Diketahui :

- $\gamma_b$  : 1,24 gr/m<sup>3</sup> ( $\gamma_b$ ,  $\Delta p$  dan  $w$  Diperoleh dari uji tekan bebas pada lampiran)  
 $\Delta p$  : 155,5 kg  
 $G_s$  : 2,56  
 $w$  : 20,03 %  
 $LL$  : 80,00 %

- Perhitungan tekanan efektif (*Overburden*) rata-rata ( $P_o$ )

$$\begin{aligned} P_{O1} &= t \cdot \gamma_b \\ &= 41 \cdot 1,24 \\ &= 50,84 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{O2} &= t \cdot \gamma_b \\ &= 5 \cdot 1,24 \\ &= 6,20 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P_{O1} + P_{O2}}{2} \\ &= \frac{50,84 + 6,20}{2} \\ &= 28,520 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_o &= \left( \frac{\left(1 + \left(\frac{w}{100}\right) \cdot G_s\right)}{\gamma_b} \right) - 1 \\ &= \frac{\left(\left(1 + \left(\frac{20,03}{100}\right) \cdot 2,56\right)\right)}{1,24} - 1 \\ &= 0,120 \end{aligned}$$

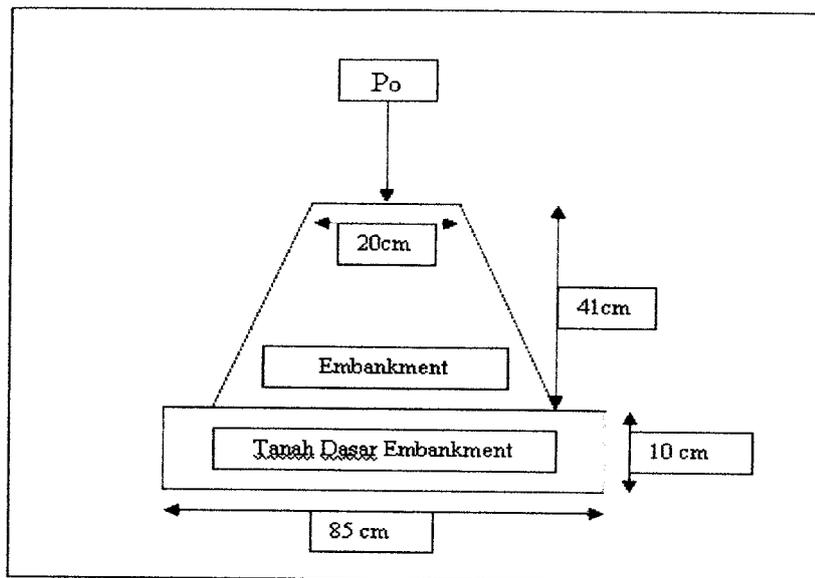
- Perhitungan Indeks Pemampatan ( $C_c$ ), sumber dari *Braja M. Das*.

$$\begin{aligned} C_c &= 0,007 \cdot (LL - 10) \\ &= 0,007 \cdot (80 - 10) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

- Perhitungan Untuk Penurunan ( $S$ )

$$\begin{aligned} S &= \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \text{Log} \left( \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right) \\ &= \frac{0,5 \cdot 51}{1 + 2,896} \text{Log} \left( \frac{28,520 + 155,5}{28,520} \right) \\ &= 17,711 \text{ cm} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Penurunan Embankment Tanah Berdasarkan  $\gamma_{\text{proktor}}$  Tanpa Perkuatan Geotekstil



**Gambar 5.13** Detail Uji Penurunan Embankment Tanah Berdasarkan  $\gamma_{\text{proktor}}$  Tanpa Perkuatan Geotekstil

Diketahui :

- $\gamma_{d \max}$  : 1,309  $\text{gr/m}^3$  ( $\gamma_{d \max}$ ,  $\Delta p$  dan  $w$  Diperoleh dari uji tekan bebas pada lampiran)
- $\Delta p$  : 155,5 kg
- $G_s$  : 2,56
- $w$  : 30,613 %
- $LL$  : 80,00 %

➤ Perhitungan tekanan efektif (*Overburden*) rata-rata ( $P_o$ )

$$\begin{aligned} P_{O1} &= t \cdot \gamma_{d \max} \\ &= 41 \cdot 1,309 \\ &= 53,661 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{O2} &= t \cdot \gamma_{d \max} \\ &= 5 \cdot 1,309 \\ &= 6,545 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P_{O1} + P_{O2}}{2} \\
 &= \frac{53,66 + 6,545}{2} \\
 &= 30,105 \text{ kg/cm}^3 \\
 e_o &= \left( \frac{\left(1 + \left(\frac{w}{100}\right) \cdot G_s\right)}{\gamma_d} \right) - 1 \\
 &= \frac{\left(1 + \left(\frac{30,613}{100}\right) \cdot 2,56\right)}{1,309} - 1 \\
 &= 0,362
 \end{aligned}$$

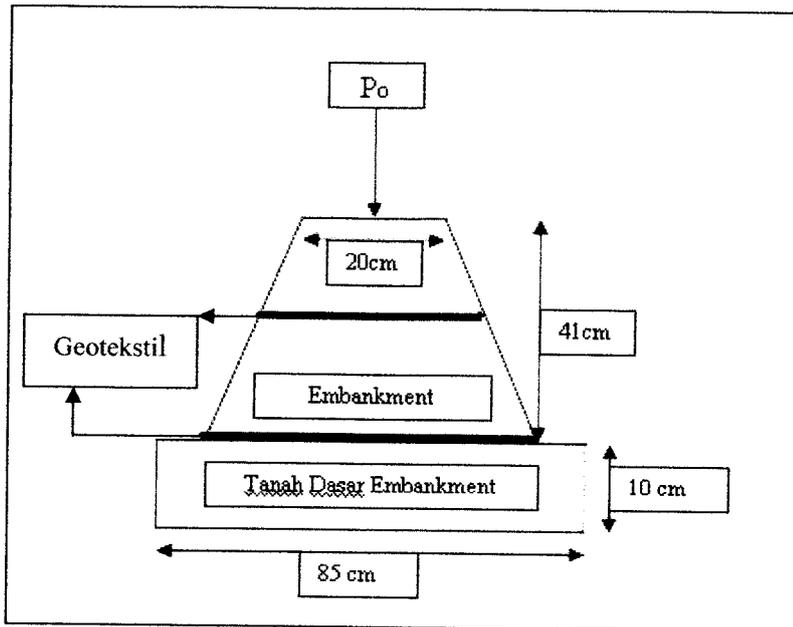
- Perhitungan Indeks Pemampatan ( $C_c$ ), sumber dari *Braja M. Das*.

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,007 \cdot (LL - 10) \\
 &= 0,007 \cdot (80 - 10) \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Untuk Penurunan ( $S$ )

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \text{Log} \left( \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right) \\
 &= \frac{0,5 \cdot 51}{1 + 0,362} \text{Log} \left( \frac{30,105 + 155,5}{30,105} \right) \\
 &= 14,772 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Penurunan Embankment Tanah Berdasarkan  $\gamma_{\text{proktor}}$  Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil



**Gambar 5.14** Detail Uji Penurunan Embankment Tanah Berdasarkan  $\gamma_{\text{proktor}}$  Dengan 2 Lapis Perkuatan Geotekstil

Diketahui :

$\gamma_{d \max}$  : 1,309 gr/m<sup>3</sup> ( $\gamma_{d \max}$ ,  $\Delta p$  dan  $w$  Diperoleh dari uji tekan bebas pada lampiran)

$\Delta p$  : 155,5 kg

$G_s$  : 2,56

$w$  : 30,613 %

LL : 80,00 %

➤ Perhitungan tekanan efektif (*Overburden*) rata-rata ( $P_o$ )

$$\begin{aligned} P_{O1} &= t \cdot \gamma_{d \max} \\ &= 41 \cdot 1,309 \\ &= 53,66 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$P_{O2} = t \cdot \gamma_{d \max}$$

$$= 5 \cdot 1,309$$

$$= 6,545$$

$$P_{\text{rata-rata}} = \frac{Po_1 + Po_2}{2}$$

$$= 30,102 \text{ kg/cm}^3$$

$$e_o = \left( \frac{\left(1 + \left(\frac{w}{100}\right) \cdot G_s\right)}{\gamma_d} \right) - 1$$

$$= \frac{\left(1 + \left(\frac{30,613}{100}\right) \cdot 2,56\right)}{1,309} - 1$$

$$= 0,363$$

- Perhitungan Indeks Pemampatan ( $C_c$ ), sumber dari *Braja M. Das*.

$$C_c = 0,007 \cdot (LL - 10)$$

$$= 0,007 \cdot (80 - 10)$$

$$= 0,5$$

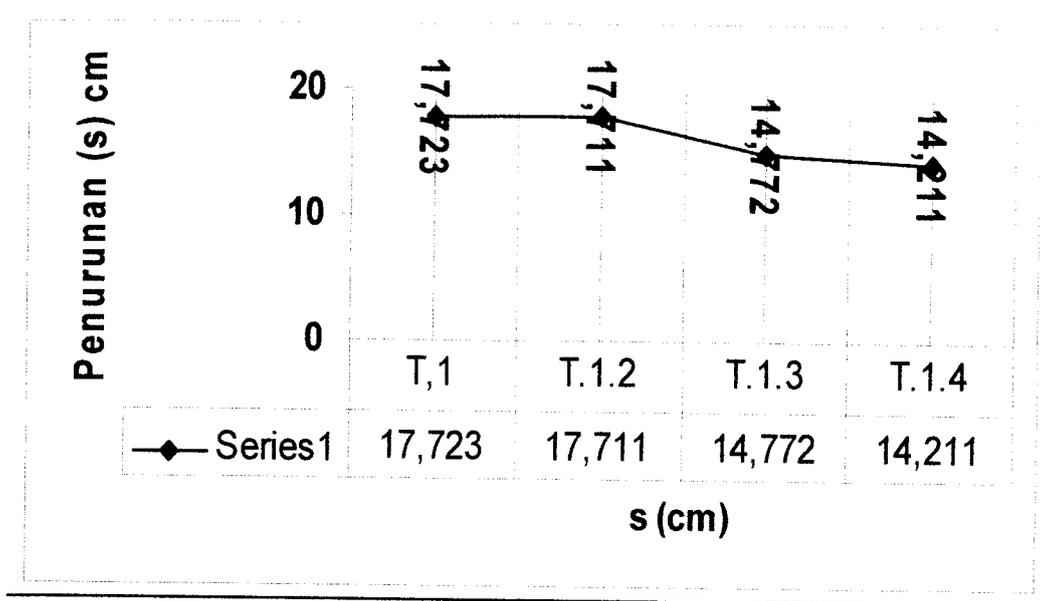
- Perhitungan Untuk Penurunan ( $S$ )

$$S = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \text{Log} \left( \frac{Po + \Delta P}{Po} \right)$$

$$= \frac{0,5 \cdot 51}{1 + 0,363} \text{Log} \left( \frac{30,102 + 155,5}{30,102} \right)$$

$$= 14,21 \text{ cm}$$

Dari hasil masing-masing perhitungan diatas dimasukkan kedalam Grafik penurunan yang ada pada Gambar 5.15 dibawah ini.



Gambar 5.15 Grafik hubungan penurunan untuk masing-masing sampel

Keterangan gambar :

- T1 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil
- T 1.2 = Tanah asli dengan 2 lapis perkuatan geotekstil
- T 1.3 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal
- T1.4 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal

### 5.3 Kapasitas Dukung Pondasi Teori Terzaghi

Dengan menggunakan rumus persamaan pondasi bujur sangkar Terzaghi dan karena studi kasus menggunakan tanah berbutir halus dari Jombor Klaten, Jawa Tengah maka keruntuhan geser yang terjadi adalah keruntuhan geser local , dengan rumus yaitu :

$$q_u = \alpha c' . N_c' + q . N_q' + \beta \gamma . B . N_\gamma' \dots\dots\dots (5.16)$$

$$q_a = \frac{q_u}{SF} \dots\dots\dots (5.17)$$

Keterangan :

- $\alpha$  dan  $\beta$  = Koefisien tergantung bentuk pondasi  
 $q_u$  = kapasitas dukung ultimit ( $t/m^2$ )  
 $p_o$  = tekanan overburden pada dasar pondasi ( $t/m^2$ )  
 $D_f$  = kedalaman pondasi (m)  
 $\gamma$  = berat volume tanah ( $t/m^3$ )  
 $q_a$  = kapasitas dukung ijin ( $t/m^2$ )  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor kapasitas dukung untuk pondasi  
 SF = angka keamanan

Nilai-nilai numerik dari  $N_\gamma$ ,  $N_c$ , dan  $N_q$  adalah faktor-faktor kapasitas dukung tanah yang merupakan fungsi dari sudut gesek dalam ( $\phi$ ).

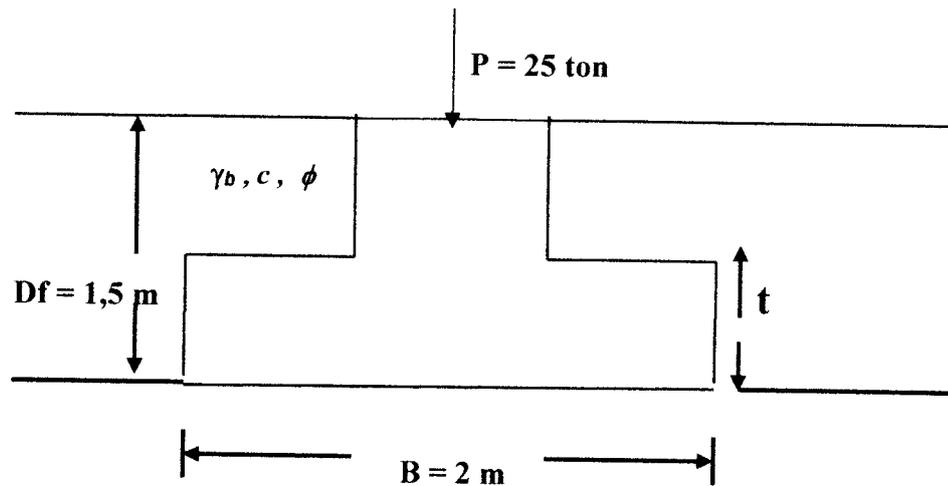
Kapasitas dukung ijin neto dari pondasi adalah beban persatuan luas yang diijinkan untuk suatu pondasi tanpa memasukkan berat tanah disebelah kanan dan kiri pondasi dari permukaan tanah sampai dengan kedalaman dasar pondasi yang besarnya adalah  $p_o = \gamma \cdot D_f$ . Jadi beban neto dapat dilihat dalam persamaan

$$q_n = q_a - p_o \quad \dots\dots\dots (3.18)$$

dengan :

- $q_n$  = Kapasitas dukung neto ( $t/m^2$ )  
 $p_o$  = Tekanan overburden pada dasar pondasi ( $t/m^2$ )

A. Analisis Kapasitas Dukung Tanah Asli Tanpa Perkuatan Geotekstil dengan metode Terzaghi



Gambar 5.16 Detail Pondasi

Data Pondasi :

- Jenis Pondasi : Pondasi dangkal foot plate
- Material yang dipakai : Beton bertulang dengan  $\gamma_{\text{beton}} : 2,4 \text{ t/m}^3$
- Tebal plat kaki :  $t = 25 \text{ cm}$
- Bentuk pondasi : Bujur sangkar, dengan lebar  $2,00 \text{ m}$
- Kedalaman pondasi :  $D_f = 1,50 \text{ m}$
- Beban berpusat :  $P = 25 \text{ ton}$
- Angka aman :  $SF = 3$

Data Tanah :

- $\gamma_b$  tanah asli =  $1,792 \text{ t/m}^3$
- Kohesi ( $c$ ) =  $0,158 \text{ kg/cm}^2$ , sudut geser dalam ( $\phi$ ) =  $11^\circ$   
(didapat dari Uji Tekan Bebas)

$P = 25 \text{ ton}$ , di asumsikan beban bangunan yang di transver melalui pondasi untuk gedung 2 lantai.

$$P_o = D_f \cdot \gamma_b = 1,5 \times 1,792 = 2,688 \text{ t/m}^2$$

dari Tabel 3.7 halaman 37 diperoleh :

$$N_c' = 10,26$$

$$N_q' = 3,04$$

$$N_\gamma' = 1,85$$

Kapasitas Dukung Pondasi :

$$\begin{aligned} q_u &= \alpha c' \cdot N_c' + q \cdot N_q' + \beta \gamma \cdot B \cdot N_\gamma' \\ &= (1,3 \times 1,58 \times 10,26) + (2,688 \times 3,04) + (0,4 \times 1,792 \times 2 \times 1,85) \\ &= 31,898 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_a = \frac{q_u}{SF} = \frac{31,898}{3} = 10,633 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_n &= q_a - P_o \\ &= 10,633 - 2,688 = 7,945 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_n = \frac{P}{A} = \frac{P}{B^2}$$

$$\text{Cek } B = \sqrt{\frac{P}{q_n}} = \sqrt{\frac{25}{7,945}} = 1,773 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} q_u &= \alpha c' \cdot N_c' + q \cdot N_q' + \beta \gamma \cdot B \cdot N_\gamma' \\ &= (1,3 \times 1,58 \times 10,26) + (2,688 \times 3,04) + (0,4 \times 1,792 \times 1,773 \times 1,85) \\ &= 31,597 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_a = \frac{q_u}{SF} = \frac{31,597}{3} = 10,532 \text{ t/m}^2$$

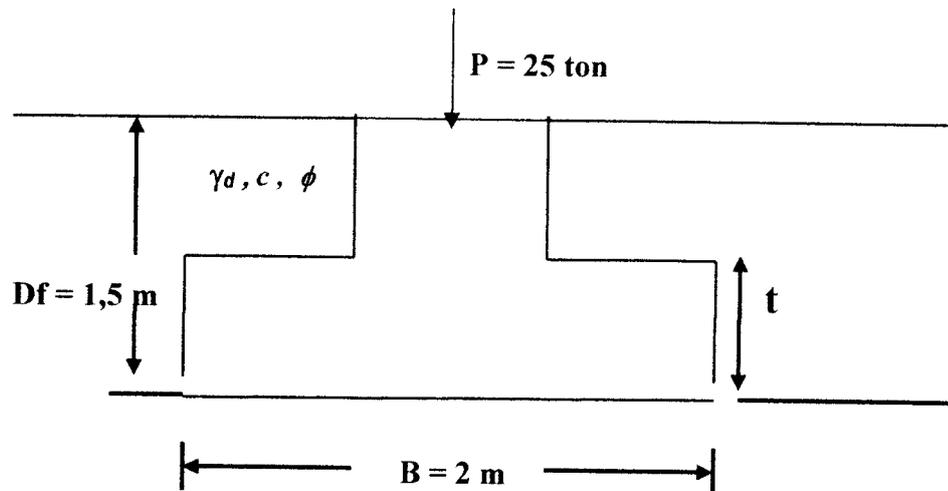
$$\text{Cek } q_{\text{terjadi}} = \frac{P_{\text{total}}}{A} = \frac{P_{\text{total}}}{B^2}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 \cdot (Df - t) \cdot \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 \cdot t \cdot \gamma_{\text{beton}})\} \\ &= 25 + \{(1,773^2 \times (1,5 - 0,3) \times 1,792) + (1,773^2 \times 0,3 \times 2,4)\} \\ &= 34,022 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$q_{\text{terjadi}} = \frac{34,022}{1,773}$$

$$= 19,189 \text{ t/m}^2 > q_a = 10,532 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Tidak Aman!!}$$

## B. Kapasitas Dukung Tanah Berdasarkan Kepadatan Tanah Maksimum



Gambar 5.17 Detail Pondasi

### Data Pondasi :

- Jenis Pondasi : Pondasi dangkal foot plate
- Material yang dipakai : Beton bertulang dengan  $\gamma_{\text{beton}} : 2,4 \text{ t/m}^3$
- Tebal plat kaki :  $t = 25 \text{ cm}$
- Bentuk pondasi : Bujur sangkar, dengan lebar  $2,00 \text{ m}$
- Kedalaman pondasi :  $D_f = 1,50 \text{ m}$
- Beban berpusat :  $P = 25 \text{ ton}$
- Angka aman :  $SF = 3$

### Data Tanah :

- $\gamma_{d \text{ proktor}} = 1,309 \text{ t/m}^3$ , (didapat dari hasil uji Proktor halaman 68.)
- Kohesi ( $c$ ) =  $2,9 \text{ kg/cm}^2$ , sudut geser dalam ( $\phi$ ) =  $24^\circ$  (didapat dari Uji Tekan Bebas)

$$P_o = D_f \cdot \gamma_d = 1,5 \times 1,309 = 1,964 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Kohesi } (c) = 0,291 \text{ kg/cm}^2 = 2,91 \text{ t/cm}^2$$

dari Tabel 3.7 halaman 37 diperoleh :

$$N_c' = 23,62$$

$$N_q' = 11,64$$

$$N_\gamma' = 8,76$$

Kapasitas Dukung Pondasi :

$$\begin{aligned} q_u &= \alpha c' . N_c' + q . N_q' + \beta \gamma . B . N_\gamma' \\ &= (1,3 \times 2,9 \times 23,62) + (2,4147 \times 11,64) + (0,4 \times 1,309 \times 2 \times 8,76) \\ &= 126,38 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_a = \frac{q_u}{SF} = \frac{126,38}{3} = 42,126 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_n &= q_a - P_o \\ &= 42,126 - 1,964 = 40,163 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_n = \frac{P}{A} = \frac{P}{B^2}$$

$$\text{Cek } B = \sqrt{\frac{P}{q_n}} = \sqrt{\frac{25}{40,163}} = 0,786 \text{ m} \sim 1 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m}$$

Dari persamaan diatas didapat nilai (B) sebesar 0.861 m kemudian dibulatkan menjadi 1 m, lebih kecil dari ( $B_{\text{prediksi}}$ ) 2 m. Selanjutnya diambil  $B = 1$  m untuk mencari beban total dan ( $q_{\text{terjadi}}$ ).

**Ambil B = 1 m**

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 . (Df - t) . \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 . t . \gamma_{\text{beton}})\} \\ &= 25 + \{(1^2 \times (1,5 - 0,3) \times 1,309) + (1^2 \times 0,3 \times 2,4)\} \\ &= 27,291 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } q_{\text{terjadi}} = \frac{27,291}{1^2} = 27,291 \text{ t/m}^2 < q_a = 42,126 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Aman!!}$$

**Ambil B = 2 m**

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 . (Df - t) . \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 . t . \gamma_{\text{beton}})\} \times 1,25 \\ &= 25 + \{(2^2 \times (1,5 - 0,3) \times 1,309) + (2^2 \times 0,3 \times 2,4)\} \times 1,25 \\ &= 34,883 \text{ ton} \end{aligned}$$

## **BAB VI**

### **PEMBAHASAN**

Bab ini akan membahas karakteristik tanah berbutir halus dari Jombor, Klaten, Jawa Tengah berdasarkan hasil penelitian laboratorium. Selain itu juga akan dibahas analisis daya dukung dengan menggunakan teori Terzaghi dan membandingkan penurunan embankment sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

#### **6.1 Klasifikasi Tanah**

Untuk mengklasifikasi sifat tanah didasarkan atas beberapa sistem yang ada yaitu:

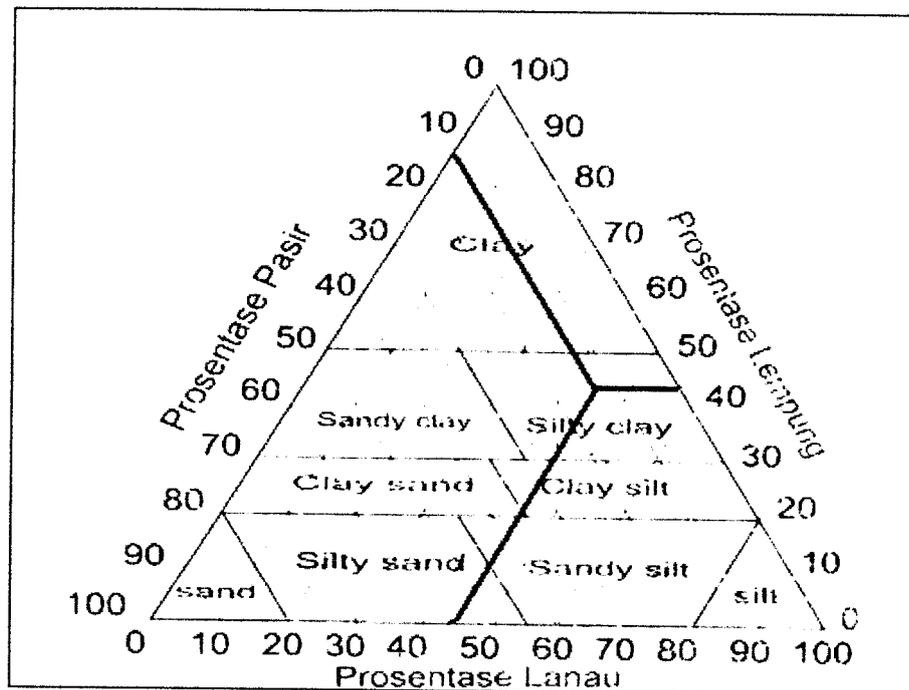
1. Sistem Klasifikasi USCS
2. Sistem Klasifikasi *Unified*
3. Sistem Klasifikasi AASHTO

##### **6.1.1 Analisis Distribusi Butiran**

Hasil dari pengujian Analisa butiran saringan dapat diketahui tanah dari Jombor, Klaten, Jawa Tengah mengandung :

- Pasir = 10.9 %
- Lanau = 43.26 %
- Lempung = 45.84 %

Dari hasil pengujian distribusi pembagian butir tanah kemudian diplotkan berdasarkan klasifikasi tanah USCS sehingga diketahui jenis tanah yang diuji. seperti pada Gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1 Klasifikasi segitiga USCS (Braja. M. Das. 1988),

Pada Gambar klasifikasi segitiga USCS, dapat disimpulkan bahwa bahwa tanah yang berasal dari Jombor, Klaten, Jawa Tengah termasuk kelompok tanah Lempung berlanau (Silty clay).

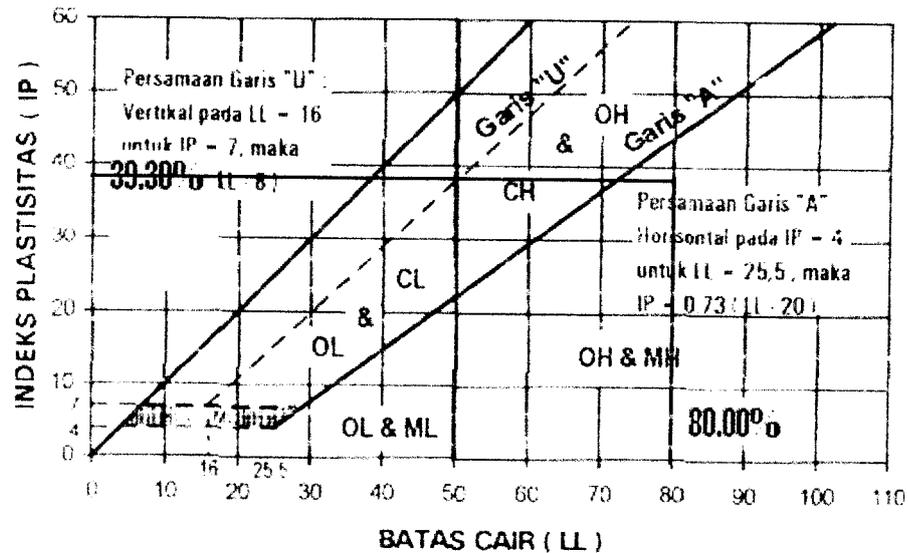
### 6.1.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem *Unified* menggunakan sifat-sifat batas cair dan indeks plastisitasnya, maka diperoleh data sebagai berikut :

Batas Cair (LL) = 80.00 %

Indeks Plastisitas (IP) = 39,30 %

Hasil dari perhitungan tersebut diatas diklasifikasikan kedalam sistem klasifikasi tanah *Unified* untuk menentukan jenis tanah seperti pada Gambar 6.2.



**Gambar 6.2** Diagram plastisitas berdasarkan sistem *Unified*

Pada diagram plastisitas didapatkan titik pertemuan yang diplotkan antara batas cair dan indeks plastisitasnya yaitu pada kelompok OH dengan nama lanau anorganik. (Braja. M. Das. 1988).

### 6.1.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Selanjutnya untuk dapat mengklasifikasikan sampel tanah dari Jombor, Klaten, Jawa Tengah kedalam klasifikasi AASHTO adalah dengan berdasarkan hasil uji analisa distribusi butiran serta hasil uji batas-batas Atterberg yaitu sebagai berikut.

- Tanah lolos saringan No. 200 = 96.93%
- Batas cair (LL) = 80.00%
- Indek plastisitas (IP) = 39.30%

Dari hasil-hasil pengujian tersebut kemudian akan diplotkan kedalam grafik plastisitas yang merupakan grafik yang menunjukkan batas-batas antara batas cair (LL) dan indeks plastisitas. Adapun hasil dari grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.3 dibawah ini.

## 6.2 Analisis Kuat Dukung Tanah Teori Terzaghi

Analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Kapasitas dukung tanah dimana konstruksi diletakkan kapasitas daya dukung ini sangat ditentukan oleh :

- Jenis pondasi dangkal yang meliputi bentuk pondasi , dimensi, dan kedalaman pondasi.
- Sifat- sifat tanah dimana pondasi dangkal diletakkan dan terutama yang erat kaitannya dengan karakteristik indeks dan karakteristik struktur tanah yang meliputi antara lain :
  - $\gamma$  (berat volume tanah)
  - $c$  (kohesi tanah)
  - $\phi$  (sudut geser dalam tanah)

Untuk daya dukung nilai koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  sangat berpengaruh pada bentuk pondasi, untuk pondasi bujur sangkar dengan keruntuhan geser general nilai untuk  $\alpha = 1,3$  dan  $\beta = 0,4$  sumber KB. Suryolelono, 1992

Pada analisis uji kuat dukung tanah pada pondasi dangkal dengan metode Terzaghi, untuk beban di ambil 30 ton yang sama pada data hasil uji yang dipakai pada data Tekan bebas data yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 dibawah ini.

**Tabel 6.1** Hasil uji embankment sempel tanah asli tanpa perkuatan geotekstil

Sampel	I	II	Rata-Rata
$\phi$	8	14	11
$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,335 kg/cm <sup>2</sup>	0,441 kg/cm <sup>2</sup>	0,388 kg/cm <sup>2</sup>
$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,146 kg/cm <sup>2</sup>	0,172 kg/cm <sup>2</sup>	0,159 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabel 6.2** Hasil uji embankment sempel tanah asli dengan perkuatan geotekstil

Sampel	I	II	Rata-Rata
$\phi$	12	16	14
$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,708 kg/cm <sup>2</sup>	0,683 kg/cm <sup>2</sup>	0,695 kg/cm <sup>2</sup>
$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,287 kg/cm <sup>2</sup>	0,257 kg/cm <sup>2</sup>	0,272 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabel 6.3** Hasil uji embankment tanah berdasar kepadatan maksimum tanpa perkuatan geotekstil

Sampel	I	II	Rata-Rata
$\phi$	24	18	21
$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,946 kg/cm <sup>2</sup>	0,918 kg/cm <sup>2</sup>	0,931 kg/cm <sup>2</sup>
$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,307 kg/cm <sup>2</sup>	0,334 kg/cm <sup>2</sup>	0,321 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabel 6.4** Hasil uji embankment tanah berdasar kepadatan maksimum dengan perkuatan geotekstil

Sampel	I	II	Rata-Rata
$\phi$	22	26	24
$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,907 kg/cm <sup>2</sup>	0,879 kg/cm <sup>2</sup>	0,894 kg/cm <sup>2</sup>
$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,306 kg/cm <sup>2</sup>	0,275 kg/cm <sup>2</sup>	0,291 kg/cm <sup>2</sup>

Dari hasil uji embankment diatas dimasukan kedalam rumusan kuat dukung tanah menurut teori Terzaghi untuk membandingkan tiap-tiap hasil sampel pengujian guna mendapatkan nilai amannya. Dari hasil perhitungan Kuat dukung tanah teori Terzaghi data yang dihasilkan dapat dilihat dibawah ini.

- Untuk tanah asli tanpa perkuatan, didapat ;

$$q_u = 31,898 \text{ t/m}^2$$

$$q_a = 10,633 \text{ t/m}^2$$

$$q_n = 7,945 \text{ t/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = 34,022 \text{ ton}$$

$$q_{\text{terjadi}} = 19,189 \text{ t/m}^2$$

- Untuk tanah dengan pemadatan maksimum dengan 2 lapis perkuatan geotekstil, didapat ;

$$q_u = 126,381 \text{ t/m}^2$$

$$q_a = 42,126 \text{ t/m}^2$$

$$q_n = 40,163 \text{ t/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = 27,291 \text{ ton}$$

$$q_{\text{terjadi}} = 27,291 \text{ t/m}^2$$

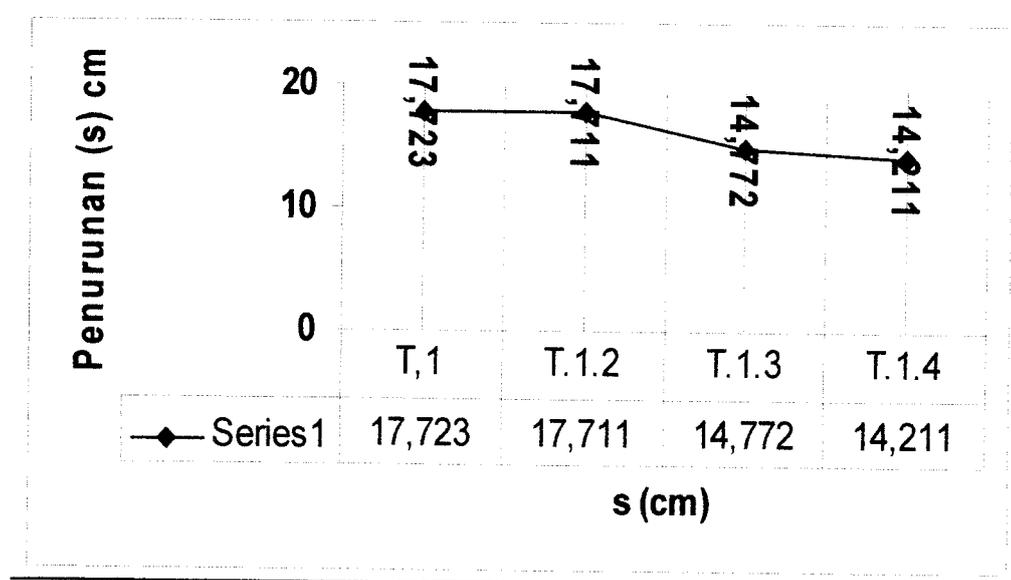
Dari hasil nilai perhitungan 2 kuat dukung tanah menurut teori Terzaghi di atas di dapat, untuk tanah asli tanpa perkuatan geotekstil di peroleh kapasitas dukung tanah ( $q_u$ ) sebesar  $31,898 \text{ t/m}^2$ , dan kapasitas dukung ijin ( $q_a$ ) sebesar  $10,633 \text{ t/m}^2$ , Sedangkan  $q_{\text{terjadi}}$  adalah  $19,189 \text{ t/m}^2$  dengan demikian Berdasarkan hasil hitungan dengan mengambil lebar fondasi (B) untuk tanah asli sebesar 2 m dan panjang fondasi (L) 1,5 m, maka dapat disimpulkan bahwa fondasi tidak aman, dimana ( $q_{\text{terjadi}}$ ) jauh lebih besar dari ( $q_a$ ). Sedangkan untuk tanah berdasarkan pemadatan maksimum menggunakan 2 lapis perkuatan geotekstil di dapat Kapasitas dukung dengan memperoleh nilai ( $q_u$ ) sebesar  $126,381 \text{ t/m}^2$ , kapasitas dukung ijin ( $q_a$ ) sebesar  $42,126 \text{ t/m}^2$  dan  $q_{\text{terjadi}}$  sebesar  $27,291 \text{ t/m}^2$ . Disimpulkan bahwa fondasi aman dimana ( $q_{\text{terjadi}}$ ) jauh lebih kecil dari ( $q_a$ ).

### 6.3 Analisis Penurunan Embankment

Dari analisa dibawah ini di dapat tabel dan gambar dari perbedaan masing-masing tiap pengujian, serta membandingkan tiap-tiap pengujian antara penurunan embankmen tanah asli tanpa perkuatan dan penurunan embankment tanah berdasarkan pemadatan maksimum dengan menggunakan 2 lapis perkuatan. Hasil tersebut dapat dilihat dalam tabel 6.5 dan gambar dibawah ini :

**Tabel 6.5** Hasil perhitungan penurunan embankment

Data	Tanah Asli Tanpa Perkuatan	Tanah Asli Dengan Perkuatan	Tanah Kepadatan Maksimum Tanpa Perkuatan	Tanah Kepadatan Maksimum Dengan Perkuatan
w	20,03	20,03	30,613	30,613
$\gamma_b$	1,35	1,24	1,309	1,309
s	17,723	17,711	14,772	14,211
eo	0,120	0,120	0,362	0,362
Po	31,050	28,520	30,105	30,102
$\Delta p$	155.5	155.5	155.5	155.5

**Gambar 6.4** Grafik hubungan penurunan untuk masing-masing sampel

Keterangan gambar 6.4 :

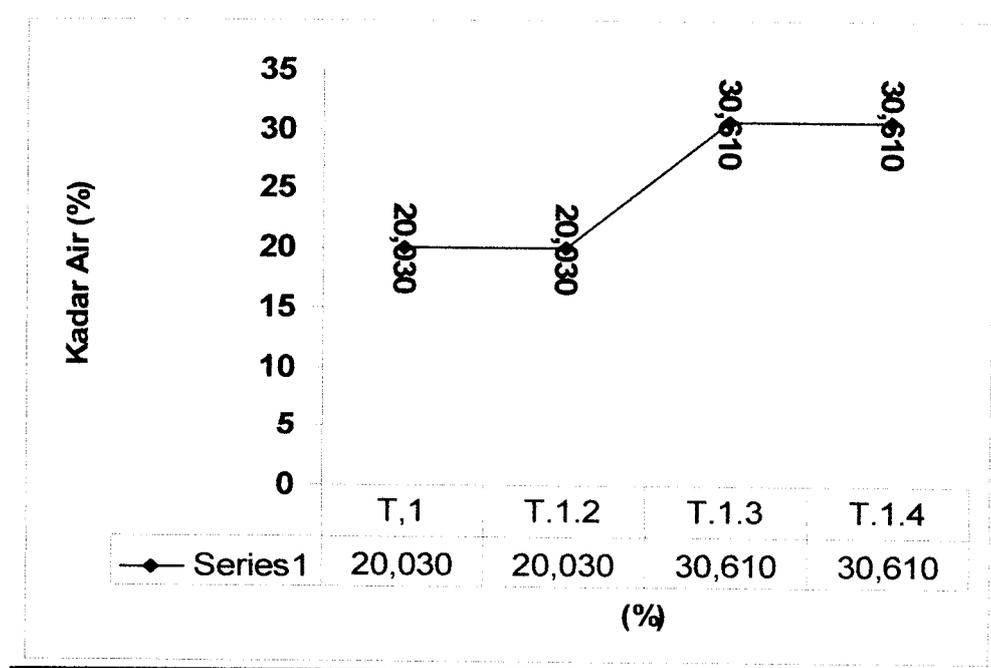
T1 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil

T 1.2 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil

T 1.3 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal

T 1.4 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal

Gambar 6.4 menunjukkan bahwa penurunan embankment pada tanah yang diperkuat dengan geotekstil pada kondisi kepadatan optimal menunjukkan penurunan mencapai 15%.



**Gambar 6.5** Grafik hubungan kadar air (w) untuk masing-masing sampel

Keterangan Gambar 6.5 :

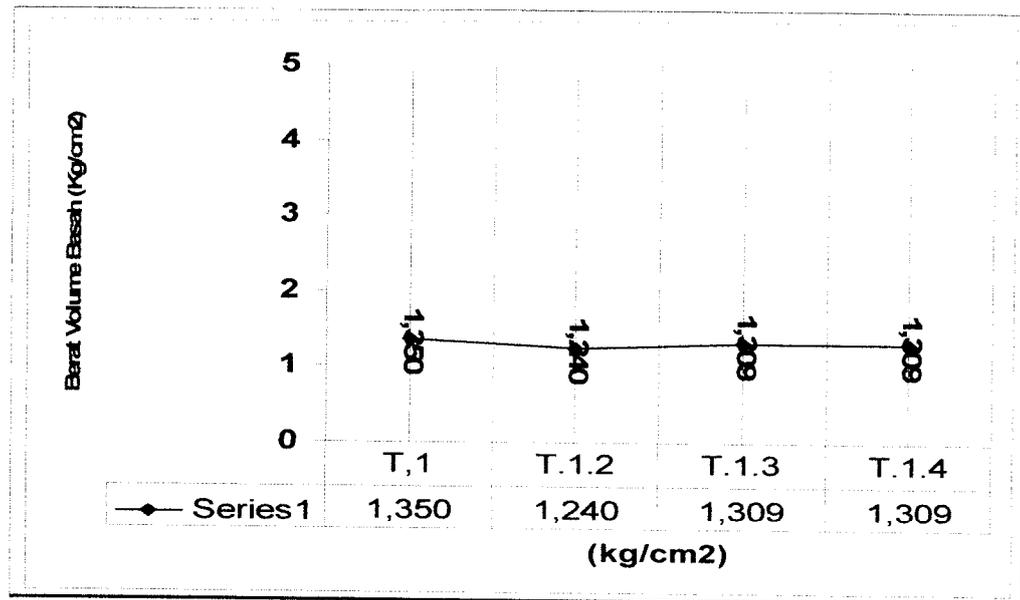
T1 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil

T 1.2 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil

T 1.3 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal

T 1.4 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal

Gambar 6.5 menunjukkan hubungan antara kadar air untuk tanah asli dan tanah yang diperkuat dengan geotekstil. Kadar air asli lebih besar dari pada kadar air proktor hal tersebut dikarenakan dipadatkan.



**Gambar 6.6** Grafik hubungan berat volume basah untuk masing-masing sampel

Gambar 6.6 hubungan berat volume diatas tersebut menunjukan bahwa tanah yang dipadatkan  $\gamma_b$  akan naik.

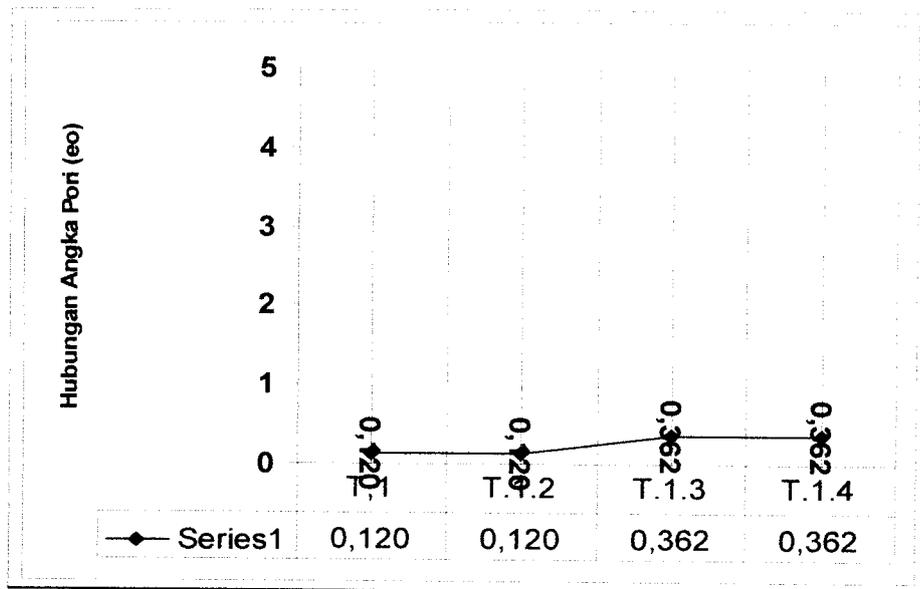
Keterangan gambar 6.6 :

T1 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil

T 1.2 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil

T 1.3 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal

T 1.4 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal



**Gambar 6.7** Grafik hubungan angka pori (eo) untuk masing-masing sampel

Grafik hubungan angka pori (eo) untuk masing-masing sampel gambar (6.7) diatas menunjukkan bahwa angka pori pada tanah asli lebih besar nilainya dibandingkan dengan tanah asli yang dipadatkan, karena semakin tanah dipadatkan nilai untuk angka porinya akan semakin sedikit.

Keterangan gambar 6.7 :

T1 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil

T 1.2 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil

T 1.3 = Tanah asli tanpa perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal

T 1.4 = Tanah asli dengan perkuatan geotekstil pada kondisi kepadatan maksimal

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap tanah berbutir halus yang diambil dari Jombor, Klaten, Jawa Tengah dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Tanah berwarna abu-abu kehitam-hitaman, berbentuk butiran sangat halus banyak mengandung air dan sedikit pasir. Berdasarkan sistem klasifikasi tanah USCS termasuk jenis tanah lempung berlanau (*Clay Silt*), berdasarkan klasifikasi *Unified* termasuk pada kelompok OH dengan nama lanau tak anorganik dan sistem AASHTO diklasifikasikan dalam kelompok A-7-5 ( 29 )
2. Kapasitas dukung tanah yang diperkuat dengan geotekstil baik 1 lapis maupun 2 lapis memperoleh kecenderungan naik kenaikan maksimum sampai 30%.
3. Penurunan embankment tanah asli baik yang diperkuat maupun yang tidak diperkuat dengan geotekstil menurun hingga 43,21 %, sedangkan penurunan embankment tanah berdasarkan kepadatan maksimum baik yang diperkuat maupun yang tidak diperkuat dengan geotekstil kecendrungan menurun mencapai 35,34%.

#### **7.2 SARAN**

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan program komputer sejenis seperti Geo Slope untuk menganalisa daya dukung pondasi dangkal.
2. Untuk penelitian selanjutnya uji model perlu didesain sebaik mungkin beserta perlengkapannya, karena hal ini sangat berpengaruh dalam memperoleh data dilaboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E, 1986, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, Joseph E, 1991, Analisis dan Desain Pondasi, Erlangga, Jakarta.
- Braja M Das, 1994, Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Chai, dkk (2002) UGM Kemampuan Embankment Diatas Tanah Dasar Lunak Dengan Dan Tanpa perkuatan
- Diyah Puspitasari, (2002) : Pengaruh penggunaan Geotekstil Terhadap Parameter Geser Tanah Gambut
- Fondasi Dangkal Dan Fondasi Dalam, Rekayasa Fundasi II, 1997, Gunadarma, Jakarta.
- Hary Christady Hardiyatmo, 1996, Teknik Pondasi 1, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hary Christady Hardiyatmo, 1955, Mekanika tanah 1, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hary Christady Hardiyatmo, 2002, MEKANIKA TANAH I, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Hary Christady Hardiyatmo, 2002, Teknik Pondasi 1 dan Teknik Pondasi 2, Beta Offset, Yogyakarta.

Istiqomah (2004) UMY : Penurunan Embankment Diatas Tanah Lunak Dengan Metode One Point, Sub-Layer, Simpson.

Muhammad Fajar Shoqih (2006) : Tinjauan Terhadap Distribusi Tegangan Pada Tanah Lempung Lunak Dibawah Pondasi Dangkal Dengan Memberikan Lapisan Pasir.

Terzaghi, Karl dan B. Peck, Ralph, 1987, Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid I dan Jilid II, Erlangga, Jakarta.

Wesley, L.D, 1977, Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

# LAMPIRAN

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIATISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, saya sanggup menerima hukuman atau sangsi apapun sesuai peraturan berlaku.

Yogyakarta, 5 November 2007

Penyusun

Arif Widihandoko



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

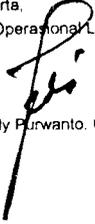
**KADAR AIR TANAH**

Proyek : Tugas Akhir  
Asal sampel : Jombor, Klaten, Jawa Tengah

Dikerjakan : Arif Widihardoko  
Tanggal : 21/09/2007

No	No. Pengujian	1	2
1	Berat cawan kosong ( $W_1$ ) gram	21,83	21,96
2	Berat cawan + tanah basah ( $W_2$ ) gram	41,95	44,12
3	Berat cawan + tanah kering ( $W_3$ ) gram	35,76	40,24
4	Berat air ( $W_2 - W_3$ ) %	3,19	3,88
5	Berat tanah kering ( $W_3 - W_1$ ) gram	16,93	19,28
6	Kadar air (W) $\frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \%$	18,84	21,23
7	Kadar air rata-rata ( $W_n$ )	20,03	

Yogyakarta,  
Kepala Operasional Laboratorium

  
Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA.



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
Jln. Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584

Proyek : Tugas Akhir  
Asal : Jomb. klaten

Dikerjakan Arif Widihandoko  
Tanggal 03-Mar-07

**PENGUJIAN BERAT VOLUME**

1	No Pengujian	1	2
2	Diameter ring (d)	6,42	6,42
3	Tinggi cincin (t)	2,22	2,2
4	Volume ring (V)	71,828	71,181
5	Berat ring (W1)	67,28	68,82
6	Berat ring + tanah basah (W2)	194,99	197,37
7	Berat tanah basah (W2-W1)	127,71	128,55
8	Berat volume tanah (γ)	1,778	1,806
9	Berat volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1,792	



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**

Jalan Kaliurang Km. 14,4 Teip. (0274) 895042 Fax. (0274) 895530 Yogyakarta

**PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH**

Proyek : Tugas akhir

Dikerjakan Arif Widhandoko

Kedalaman : 1 meter

Tanggal 12-Apr-07

No. Pengujian		1	2
1	Berat piknometer kosong (W <sub>1</sub> ) gram	17,25	18,51
2	Berat piknometer + tanah kering (W <sub>2</sub> ) gram	22,16	23,10
3	Berat piknometer + tanah + air (W <sub>3</sub> ) gram	44,22	45,23
4	Berat piknometer + air (W <sub>4</sub> ) gram	41,26	42,35
5	Temperatur (t °)	24	24
6	BJ pada temperatur (t °)	0,99733	0,99733
7	BJ pada temperatur (27,5 °)	0,99641	0,99641
8	Berat jenis tanah G <sub>s</sub> (t °) = $\frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,52	2,60
9	Berat jenis tanah pada 27,5 ° = $G_s(t^\circ) \frac{B_j \text{ air } t^\circ}{B_j \text{ air } 27,5^\circ}$	2,52	2,60
10	Berat jenis rata-rata G <sub>s</sub> rt	2,56	

Yogyakarta,  
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. Eddy Purwanto, C.E.S., D.P.A.

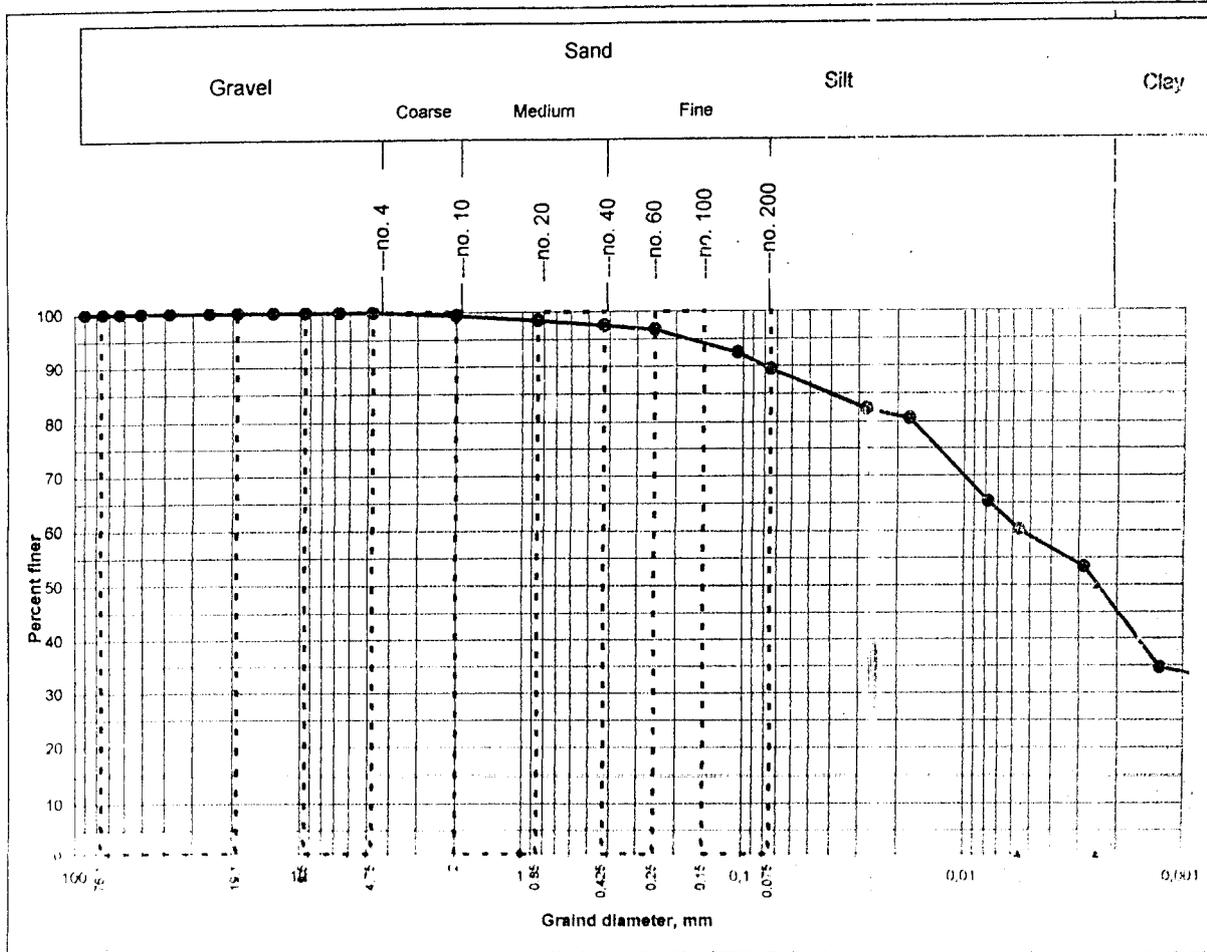


**SOIL MECHANIC LABORATORY**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND PLANNING**  
**INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY**

**GRAIN SIZE ANALYSIS**

**ASTM D1140 - 54**

Project : Tugas Akhir  
 Location : Jombor, Klaten, Jawa Tengah  
 Sample no. : 1  
 Depth : -  
 Kode : 1  
 Tested by : Arif Widihandoko  
 Date : 21 Maret 2007  
 Berat jenis : 2,56



Finer # 200	89,38 %	D10 (mm)	0,000002
		D30 (mm)	0,000036
Gravel	0,00 %	D60 (mm)	0,00587
Sand	10,62 %	Cu = D60/D10	3517,336
Silt	43,53 %	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D10xD60)	237,310
Clay	46,85 %	D60(mm)	0,00587

Yogyakarta ; 21 Maret 2007  
 Ditteikaa oleh :

*[Signature]*  
 DR. H. H. H. H. H.  
 Kepala Mekanika Tanah

# GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir  
 Sample no : 1  
 Depth : 1.00 meter  
 Kode : 1

Tested by : Arif Widihandoko  
 Date : 21 Maret 2007  
 Location : Jombor, Klaten, Jawa Tengah

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr  
 Specific Gravity,  $G_s = 2,560$   
 $K_2 = a/W \times 100 = 1,70295$

Hydromoter type = 152 H  
 Hydr. Correction,  $a = 1,022$   
 Meniscus correction,  $m = 1$

## Sieve Analysis

Sieve No	Opening (mm)	Mass retained (gr)	Mass passed (gr)	% finer by mass $e/W \times 100\%$	Remarks
	90	0	60,00	100,00	
	75	0	60,00	100,00	
	63	0	60,00	100,00	
	50,8	0	60,00	100,00	
	38,1	0	60,00	100,00	
1	25,4	0	60,00	100,00	
3/4	19	0	e1 = 60,00	100,00	
	13,2	0	e2 = 60,00	100,00	
3/8	9,5	0	e3 = 60,00	100,00	
1/4	6,7	0	e4 = 60,00	100,00	
4	4,750	d1 = 0,00	e5 = 60,00	100,00	e7 = W - Sd
10	2,000	d2 = 0,37	e6 = 59,63	99,38	e6 = d7 + e7
20	0,850	d3 = 0,57	e7 = 59,06	98,43	e5 = d6 + e6
40	0,425	d4 = 0,58	e9 = 58,48	97,47	e4 = d5 + e5
60	0,250	d5 = 0,48	e10 = 58,00	96,67	e3 = d4 + e4
140	0,106	d6 = 2,58	e11 = 55,42	92,37	e2 = d3 + e3
200	0,075	d7 = 1,79	e12 = 53,63	89,38	e1 = d2 + e2
		Sd = 6,37			

## Hydromoter Analysis

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' $R1 + m$	L	K	D (mm)	Rc= $R1 - R2 + Cr$	P $K_2 \times R$ (%)
9,47										
9,49	2	45	-2,0	25	46	8,763	0,0132	0,0278	46,3	82,25
9,52	5	44	-2,0	25	45	8,927	0,0132	0,017669	47,3	80,55
9,77	30	35	-2,0	25	36	10,401	0,0132	0,017706	38,3	65,22
10,4	60	32	-2,0	25	33	10,892	0,0132	0,035834	35,3	60,11
13,57	250	28	-2,0	25	29	11,547	0,0132	0,012842	31,3	53,30
9,47	1440	17	-2,0	25	18	13,348	0,0132	0,01273	20,3	34,7

## Remarks

$R_c = R_1 - R_2 + Cr$  (Cr = Temperatur correction factors)

$R' = R_1 + m$  (m correction for meniscus)

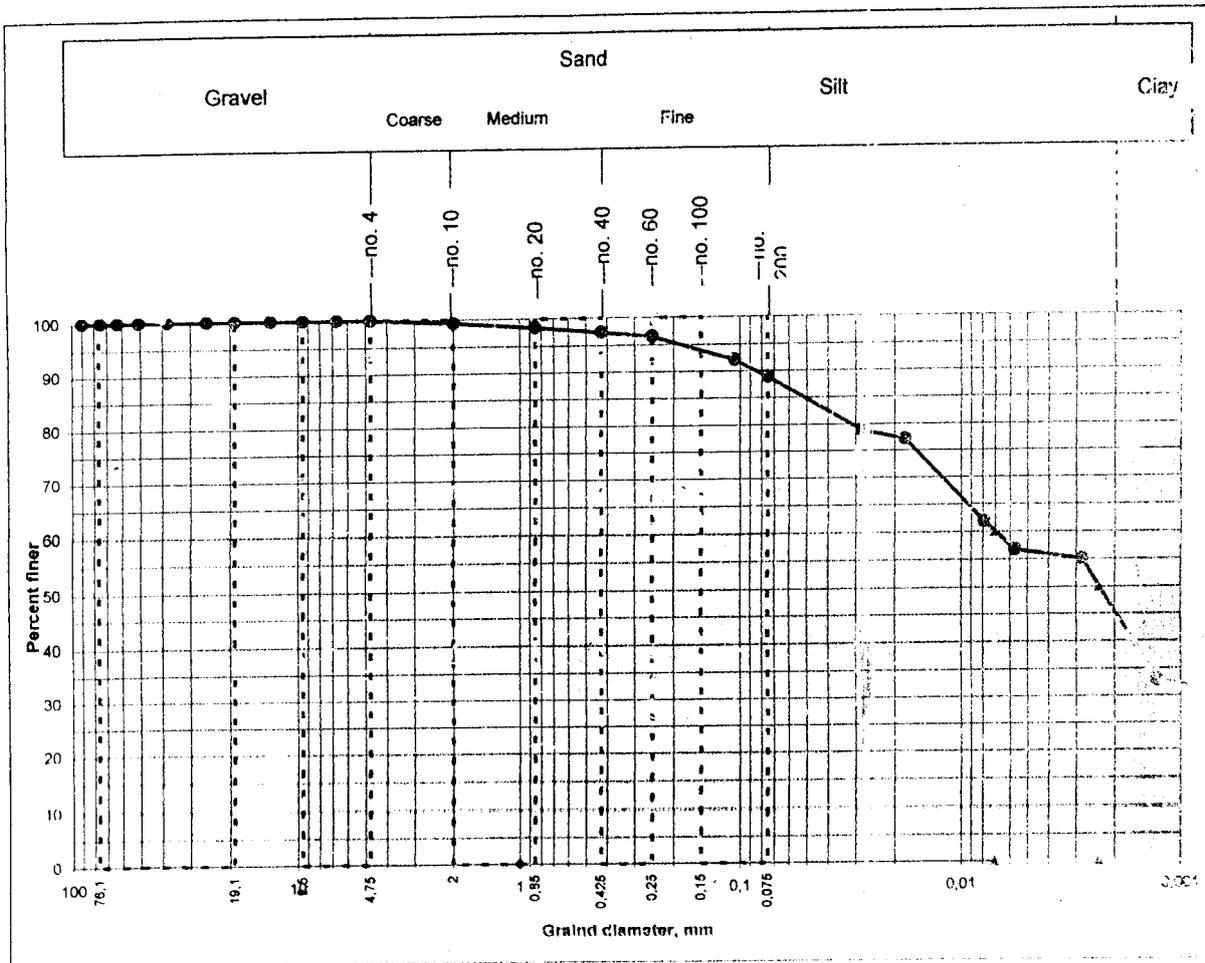
**SOIL MECHANICS LABORATORY**  
**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT**  
**IRITAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA**



**SOIL MECHANIC LABORATORY**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND PLANNING**  
**INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY**

**GRAIN SIZE ANALYSIS**  
**ASTM D1140- 54**

Project : Tugas Akhir  
 Location : Jombor, Klaten, Jawa Tengah  
 Sample no. : 2  
 Depth : -  
 Kode : 1  
 Tested by : Arif Widihandoko  
 Date : 21 Maret 2007  
 Berat jenis : 2,56



Finer # 200	88,82 %	D10 (mm)	0,00002
		D30 (mm)	0,00056
Gravel	0,00 %	D60 (mm)	0,00705
Sand	11,10 %	Cu = D60/D10	3994,630
Silt	42,00 %	Cc = (D30) <sup>2</sup> / (D10 x D60)	115,133
Clay	46,83 %	D60(mm)	0,007

Yogyakarta : 21 Maret 2007

Diperikan oleh :

Diteliti by : Arif Widihandoko  
 Kalah Mekanika Tanah

# GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir  
 Sample no : 2  
 Depth : 1.00m  
 Kode : 1

Tested by : Arif Widihandoko  
 Date : 21 Maret 2007  
 Location : Jombor, Klaten, Jawa Tengah

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr  
 Specific Gravity, Gs = 2,560  
 K2 = a/W x 100 = 1,70295

Hydrometer type = 152 H  
 Hydr. Correction, a = 1,022  
 Meniscus correction, m = 1

Sieve Analysis

Sieve No	Opening (mm)	Mass retained (gr)	Mass passed (gr)	% finer by mass e/W x 100%	Remarks
	90	0	60,00	100,00	
	75	0	60,00	100,00	
	63	0	60,00	100,00	
	50,8	0	60,00	100,00	
	38,1	0	60,00	100,00	
1	25,4	0	60,00	100,00	
3/4	19	0	e1 = 60,00	100,00	
	13,2	0	e2 = 60,00	100,00	
3/8	9,5	0	e3 = 60,00	100,00	
1/4	6,7	0	e4 = 60,00	100,00	
4	4,750	d1 = 0,00	e5 = 60,00	100,00	e7 = W - (3)
10	2,000	d2 = 0,39	e6 = 59,61	99,35	e6 = d7 + 3
20	0,850	d3 = 0,60	e7 = 59,01	98,35	e5 = d5 + 3
40	0,425	d4 = 0,61	e9 = 58,40	97,33	e4 = d5 + 5
60	0,250	d5 = 0,51	e10 = 57,89	96,48	e3 = d4 + 1
140	0,106	d6 = 2,69	e11 = 55,20	92,00	e2 = d3 + 3
200	0,075	d7 = 1,91	e12 = 53,29	88,82	e1 = d2 + 2
		Sd = 6,71			

Hidrometer Analysis

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	U (mm)	Rc= R1-R2+Cr	P K2 x R
										(%)
9,47										
9,49	2	43	-2,0	25	44	9,091	0,0132	0,018192	46,3	73,85
9,52	5	42	-2,0	25	43	9,254	0,0132	0,01799	45,3	77,14
9,77	30	33	-2,0	25	34	10,728	0,0132	0,017908	36,3	61,82
10,47	60	30	-2,0	25	31	11,219	0,0132	0,015718	33,3	56,71
13,57	250	29	-2,0	25	30	11,383	0,0132	0,002822	32,3	55,01
9,47	1440	16	-2,0	25	17	13,512	0,0132	0,001281	19,3	32,87

Remarks :

Rc = R1 - R2 + Cr (Cr = Temperatur correction factors)

R' = R1 + m (m correctoin for meniscus)

**SOIL MECHANICS LABORATORY  
 CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA**



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, Fax (0274) 895350, Yogyakarta.

**PENGUJIAN BATAS CAIR**

PROYEK : Tugas Akhir  
 LOKASI : Jombor, Klaten, Jawa Tengah

Tanggal : 20/04/2007  
 Dikerjakan : Arif Widihandoko

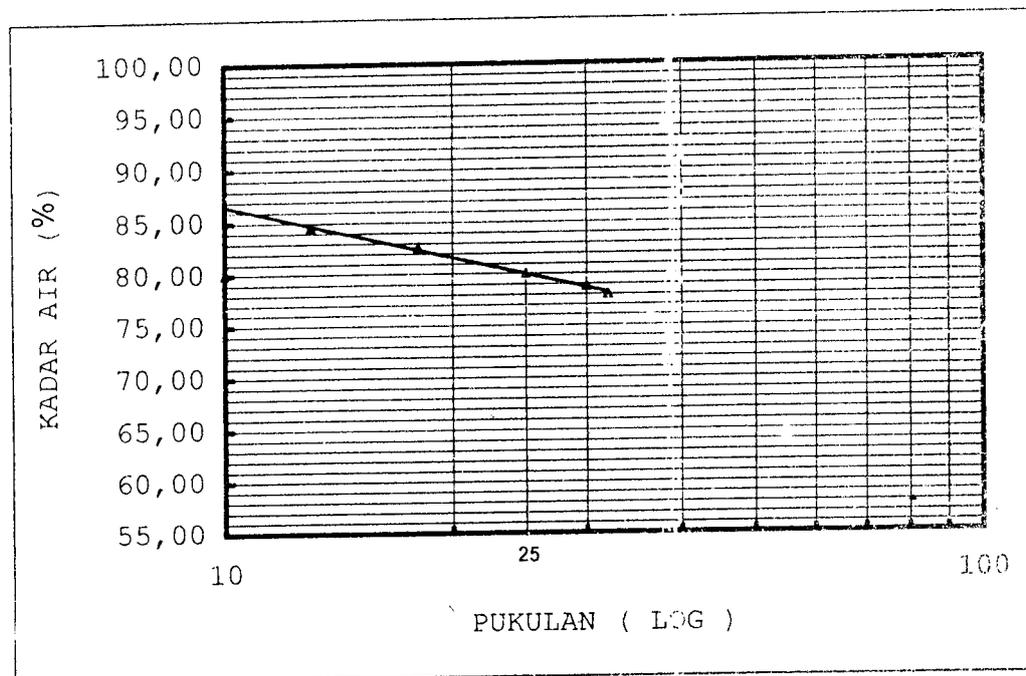
NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	8,91	12,89	12,98	12,96	13,07	12,67	13,22	12,74
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	38,98	50,64	42,24	33,10	44,22	38,34	43,27	47,93
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	25,20	33,35	29,00	23,99	30,44	27,07	30,10	32,69
5	Berat air (3) - (4)	13,78	17,29	13,24	9,11	13,78	11,27	13,17	15,24
6	Berat tanah kering (4) - (2)	16,29	20,46	16,02	11,05	17,37	14,40	16,89	19,95
7	$\text{KADAR AIR} = \frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	84,59	84,51	82,85	82,59	79,33	78,26	78,02	78,04
8	KADAR AIR RATA-RATA =		84,55		82,62		78,80		78,04
9	PUKULAN		13		18		30		

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	8,96	12,90
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	11,76	16,08
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	10,95	15,16
5	BERAT AIR (3)-(4)	0,81	0,92
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	1,99	2,26
7	$\text{KADAR AIR} = \frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	40,70	40,71
8	KADAR AIR RATA-RATA =	40,71	

**KESIMPULAN**

FLOW INDEX : 8,247  
 BATAS CAIR : 69,7  
 BATAS PLASTIS : 40,71  
 INDEX PLASTISITAS : 28,9





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII  
 Jalan Kallurang Km. 14,4 Telp. (0274) 895042 Fax. (0274) 95330 Yogyakarta

### PENGUJIAN BATAS SUSUT TANAH

Proyek : Tugas Akhir

Dikerjakan : Arif Widhandoko

Asal sampel : Jombor, Klaten, Jawa Tengah

Tanggal : 22/04/2007

No. Pengujian	1		2		3	
	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
1 Berat jenis	40,06	39,84	38,13	42,12	40,47	40,77
2 Berat cawan susut (w1) gram	65,06	62,64	62,31	67,52	63,41	64,71
3 Berat cawan + tanah basah (w2) gram	55,03	51,96	53,11	54,13	52,49	54,74
4 Berat cawan + tanah kering (w3) gram	172,51	150,3	171,2	149,16	149,2	163
5 Berat air raksa yang terdesak + gelas ukur (w4) gram	60,01	60,25	60,25	60,25	60,25	60,25
6 Berat gelas ukur (w5) gram	112,5	90	110,95	88,91	88,91	102,8
7 Berat air raksa (w4 - W5) gram	8,27	6,62	8,16	6,54	6,54	7,56
8 Volume tanah kering : $V_o = (w_4 - w_5) / 13,60$	15,85	15,54	15,36	15,37	15,35	15,03
9 Batas susut tanah : $SL = [(V_o / (w_3 - w_1)) - (1/G_s)] \times 100\%$	15,42					
10 Batas susut tanah rata-rata (SL) rata-rata						



## PEMADATAN TANAH

### Proctor test

Tipe Pemadatan : Standart Tipe A

PROYEK  
 Asal Sampel  
 NO Sampel  
 DIKERJAKAN  
 TANGGAL

Tugas Akhir  
 Jombor-Klaten Jawa Tengah  
 1  
 Arif Widihandoko  
 14-Apr-07

DATA SILINDER		
1	Diameter ( $\phi$ ) cm	10,05
2	Tinggi (H) cm	11,65
3	Volume (V) cm <sup>3</sup>	924,10
4	Berat gram	1657

DATA PENUMBUK		
1	Berat (kg)	2,45
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan /lapis	25
4	Tinggi jatuh (cm)	30,0

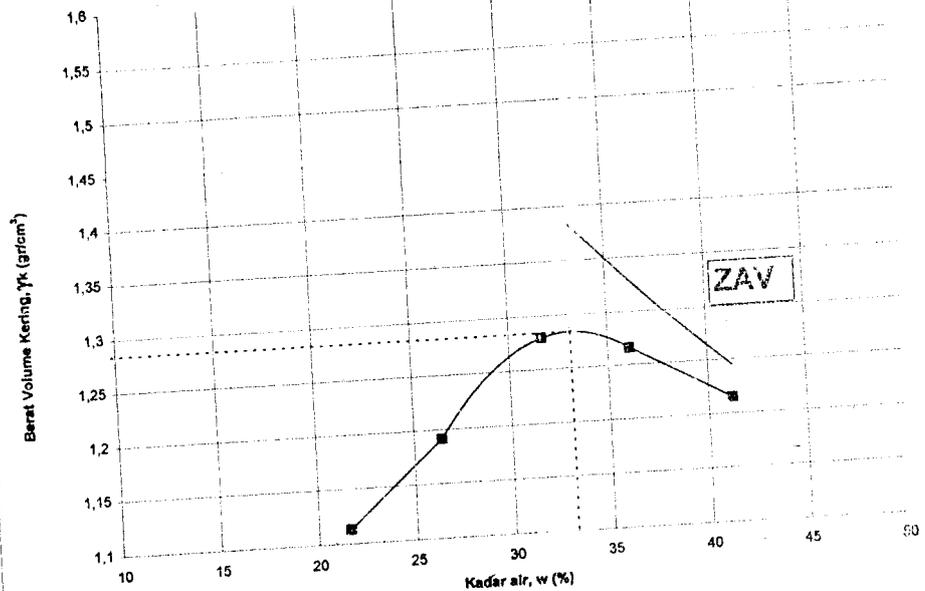
Data Tanah	
Jenis tanah	asli 3
Berat Jenis	2,56

PENAMBAHAN AIR						
1	Berat tanah basah	gram	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula	%	16,95	16,95	16,95	16,95
3	Penambahan air	%	5	10	15	20
4	Penambahan air	ml	100	200	300	400

PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER ( BERAT VOLUME TANAH, $\gamma$ )						
1	Nomor pengujian		1	2	3	4
2	Berat silinder + tanah pdt	gram	3160	3249	3410	3449
3	Berat tanah pdt	gram	1303	1392,01	1557,01	1592,01
4	Berat volume tanah	gr/cm <sup>3</sup>	1,410	1,506	1,683	1,723

PENGUJIAN KADAR AIR, w												
1	NOMOR PERCOBAAN		1		2		3		4		5	
2	Nomor cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan kosong	gram	13,22	21,64	21,83	21,95	21,75	21,16	21,73	22,04	21,85	21,64
4	Berat cawan + tanah basah	gram	73,21	65,32	75,94	76,47	79,28	72,82	82,18	92,70	65,32	75,02
5	Berat cawan + tanah kering	gram	63,03	57,20	64,80	64,91	66,35	59,61	65,12	74,00	53,08	59,41
8	Kadar air = w	%	20,44	22,83	25,93	26,91	28,99	34,36	36,18	35,99	39,59	27,02
9	Kadar air rata-rata		21,64		26,42		31,6		36,08		41,23	
10	Berat volume tanah kering	gr/cm <sup>3</sup>	1,159		1,191		1,281		1,266		1,221	

<b>BERAT VOLUME KERING</b> MAKSIMUM ( gr/cm <sup>3</sup> )
<b>1,284</b>
<b>KADAR AIR OPTIMUM (%)</b>
<b>33,13</b>



Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Egi Purwanto, DEA



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042 Yogyakarta 55584.

**PEMADATAN TANAH**  
**Proctor test**

PROYEK  
 Asal Sampel  
 NO Sampel  
 DIKERJAKAN  
 TANGGAL

Tugas Akhir  
 Jombor-Klaten Jawa Tengah  
 2  
 Arif Widihandoko  
 15-Apr-07

Type Pemadatan : Standart Tipe A

DATA SILINDER			
1	Diameter ( $\phi$ ) cm		10,03
2	Tinggi ( H ) cm		11,66
3	Volume ( V ) cm <sup>3</sup>		924,16
4	Berat gram		1857
DATA PENUMBUK			
1	Berat (kg)		2,45
2	Jumlah lapis		3
3	Jumlah tumbukan /lapis		30
4	Tinggi jatuh (cm)		30,3

**Data Tanah**  
 Jenis tanah : asli 3  
 Berat Jenis : 2,56

**PENAMBAHAN AIR**

		2000	2000	2000	2000	2000
1	Berat tanah absah gram					
2	Kadar air mula-mula %	11,66	11,66	11,66	11,66	11,66
3	Penambahan air %	5	10	15	20	25
4	Penambahan air ml	100	200	300	400	500

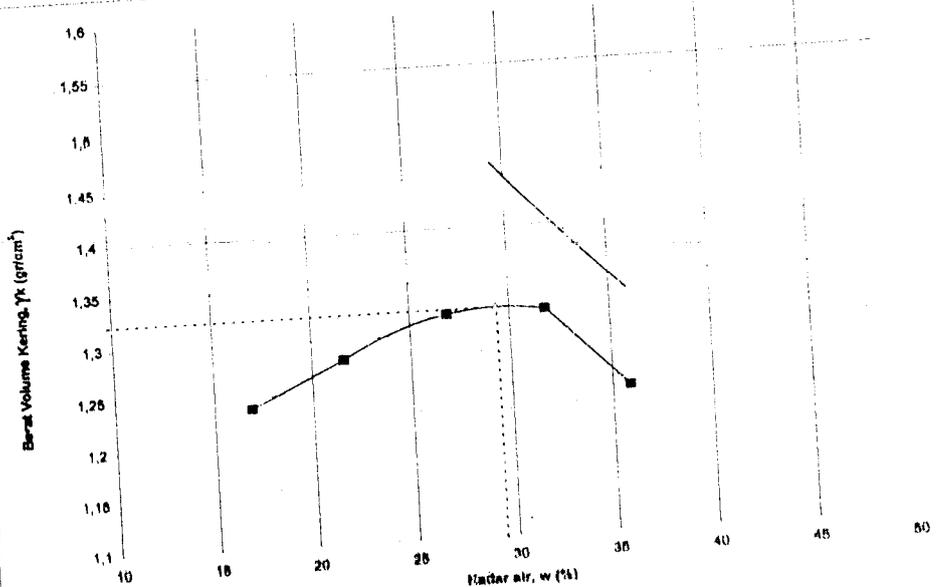
**PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER ( BERAT VOLUME TANAH,  $\gamma$  )**

		1	2	3	4	5
1	Nomor pengujian					
2	Berat silinder + tanah padat gram	3250	3296	3403	3463	3470
3	Berat tanah padat gram	1393	1439,01	1546,11	1606,01	1613
4	Berat volume tanah gr/cm <sup>3</sup>	1,507	1,557	1,671	1,738	1,745

**PENGUJIAN KADAR AIR, w**

	1		2		3	4		5		
	a	b	a	b	a	b	a	b		
1	NOMOR PERCOBAAN									
2	Nomor cawan									
3	Berat cawan kosong gram									
4	Berat cawan + tanah basah gram									
5	Berat cawan + tanah kering gram									
8	Kadar air = w %									
9	Kadar air rata-rata									
10	Berat volume tanah kering gr/cm <sup>3</sup>									

<b>BERAT VOLUME KERING</b>
<b>MAKSIMUM ( gr/cm<sup>3</sup> )</b>
1,323
<b>KADAR AIR OPTIMUM (%)</b>
29,39



Mengahuti,  
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. E. Puwanto, DEA



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

## JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP

### UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

#### COMPRESSION TEST

Keterangan : Tugas Akhir  
 Location : Jombor-Klaten  
 Boring No :  
 Depth : 1.00 meter

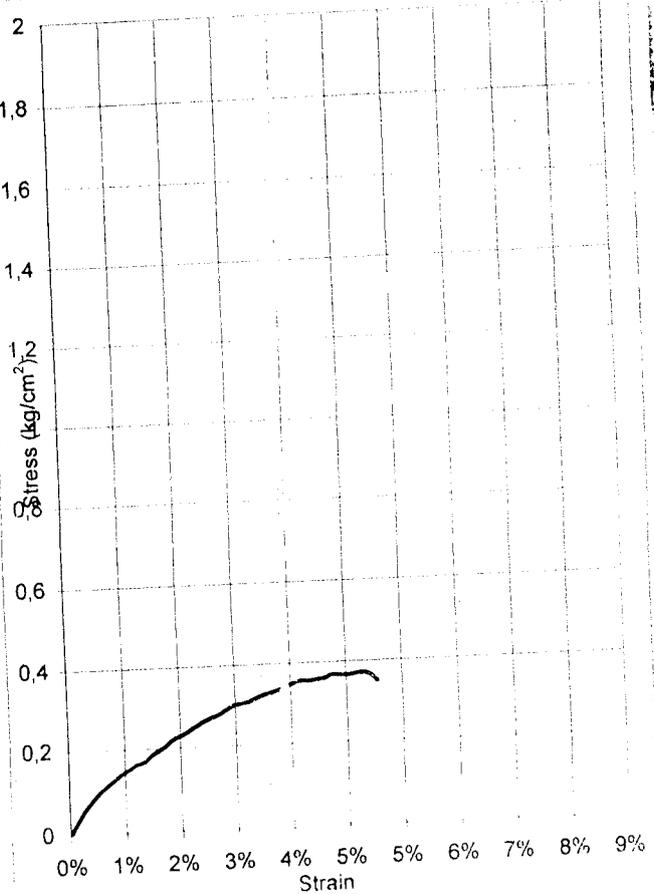
Date : 22/02/2007  
 Tested by : Arif Widihandoko  
 Kode : 1  
 jenis : Tanah asli tanpa perkuat n

Sample data	
diam (cm)	20
Area (cm <sup>2</sup> )	400
Ht,Lo (cm)	41
Vol (cm <sup>3</sup> )	23780
Wt (gr)	32115
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,35
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,12509

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,97	21,42
Wt of Cup + Wet soil, gr	45,270	44,20
Wt of Cup + Dry soil, gr	42,42	39,48
Water Content %	13,94	26,14
Average water content %	20,036	

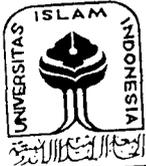
LRC = 11,35091 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
50	1	0,12%	11,35091	0,028343
100	2	0,24%	22,70182	0,056616
150	2,8	0,37%	31,78255	0,079166
200	3,5	0,49%	39,72819	0,098836
250	4	0,61%	45,40364	0,112817
300	4,5	0,73%	51,0791	0,126763
350	5	0,85%	56,75455	0,140675
400	5,4	0,98%	61,29491	0,151742
450	5,8	1,10%	65,83528	0,162782
500	6	1,22%	68,10546	0,168187
550	6,6	1,34%	74,91601	0,184778
600	7	1,46%	79,45637	0,195734
650	7,5	1,59%	85,13183	0,209455
700	8	1,71%	90,80728	0,223142
750	8,3	1,83%	94,21255	0,231223
800	8,7	1,95%	98,75292	0,242065
850	9,1	2,07%	103,2933	0,25288
900	9,5	2,20%	107,8336	0,263666
950	9,8	2,32%	111,2389	0,271654
1000	10,1	2,44%	114,6442	0,27962
1050	10,5	2,56%	119,1846	0,290331
1100	10,9	2,68%	123,7249	0,301014
1150	11	2,80%	124,86	0,303395
1200	11,2	2,93%	127,1302	0,308523
1250	11,5	3,05%	130,5355	0,316389
1300	11,8	3,17%	133,9407	0,324235
1350	12	3,29%	136,2109	0,329315
1400	12,2	3,41%	138,4811	0,334381
1450	12,5	3,54%	141,8864	0,342171
1500	12,8	3,66%	145,2916	0,34994
1550	13	3,78%	147,5618	0,354958
1600	13	3,90%	147,5618	0,354508
1650	13,1	4,02%	148,6969	0,356782
1700	13,2	4,15%	149,832	0,358049
1750	13,3	4,27%	153,2373	0,360742
1800	13,5	4,39%	153,2373	0,360274
1850	13,5	4,51%	153,2373	0,365807
1900	13,6	4,63%	154,3724	0,368040
1950	13,7	4,76%	155,5075	0,370278
2000	13,8	0,049	154,3724	0,367105
2050	13	0,050	147,5618	0,350459



qu = 0,33438 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 49 °  
 Angle Of Internal friction, φ = 8 °  
 Cohesion = 0,145 kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 02/03/2007  
 Diperiksa oleh  
  
 DR. H. Lili Purwati, Ph.D., M.Eng.  
 Ketua, Mekanika Tanah



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

## JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP

### UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

#### COMPRESSION TEST

Keterangan : Tugas Akhir  
 Location : Jombor-Klaten  
 Boring No. :  
 Depth : 1.00 meter

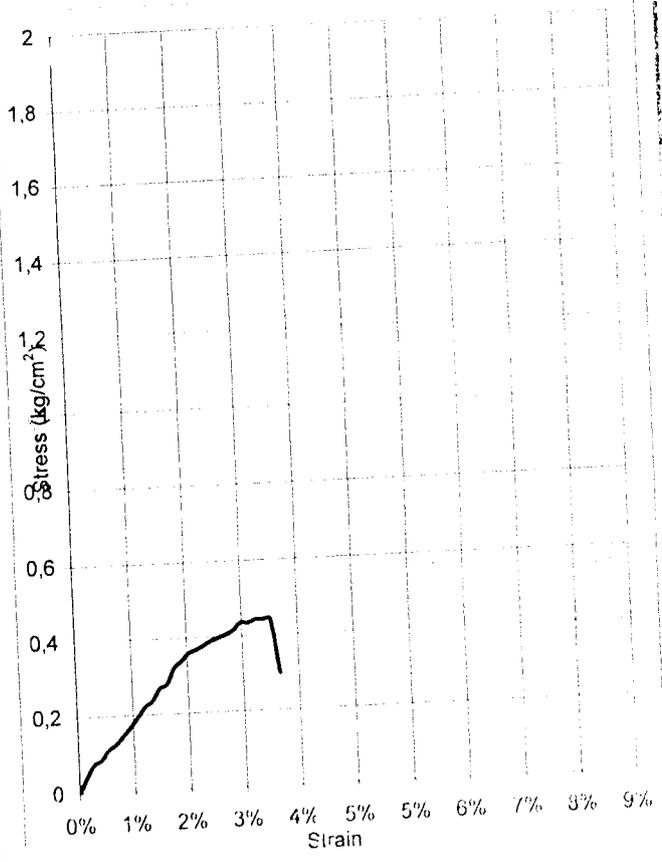
Date : 22/02/2007  
 Tested by : Arif Widihandoko  
 Code : 2  
 Jenis : Tanah asli tanpa perkuatan

Sample data	
diam (cm)	20
Area (cm <sup>2</sup> )	400
Ht,Lo (cm)	41
Vol (cm <sup>3</sup> )	23780
Wt (gr)	32115
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,35
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,12509

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,97	21,42
Wt of Cup + Wet soil, gr	45,270	44,20
Wt of Cup + Dry soil, gr	42,42	39,48
Water Content %	13,94	26,14
Average water content %	20,036	

LRC = 11,35091 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
50	1,5	0,12%	17,02637	0,042514
100	2,6	0,24%	29,51237	0,073601
150	3	0,37%	34,05273	0,08482
200	3,9	0,49%	44,26855	0,110132
250	4,4	0,61%	49,944	0,124099
300	5,2	0,73%	59,02473	0,146482
350	6	0,85%	68,10546	0,16881
400	6,9	0,98%	78,32128	0,193893
450	7,9	1,10%	89,67219	0,22172
500	8,4	1,22%	95,34764	0,235462
550	9,6	1,34%	108,9687	0,268767
600	10	1,46%	113,5091	0,27962
650	11,5	1,59%	130,5355	0,321165
700	12,1	1,71%	137,346	0,337503
750	12,9	1,83%	146,4267	0,359371
800	13,2	1,95%	149,832	0,367271
850	13,6	2,07%	154,3724	0,37793
900	14	2,20%	158,9127	0,388561
950	14,3	2,32%	162,318	0,396392
1000	14,6	2,44%	165,7233	0,404203
1050	15	2,56%	170,2637	0,414758
1100	15,7	2,68%	178,2093	0,43357
1150	15,7	2,80%	178,2093	0,433027
1200	16	2,93%	181,6146	0,440748
1250	16	3,05%	181,6146	0,440194
1300	16	3,17%	181,6146	0,43964
1350	10,9	3,29%	123,7249	0,299128



qu = 0,44075 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 52 °  
 Angle Of Internal friction, φ = 14 °  
 Cohesion = 0,172 kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 02/03/2007  
 DiPonksa oleh  
  
 DR. Ir. Eddy Purwanto, GES, DLA  
 Kepala Mekanika Tanah



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**COMPRESSION TEST**

Keterangan : Tugas Akhir  
 Location : Jombor-Klaten  
 Boring No. :  
 Depth :

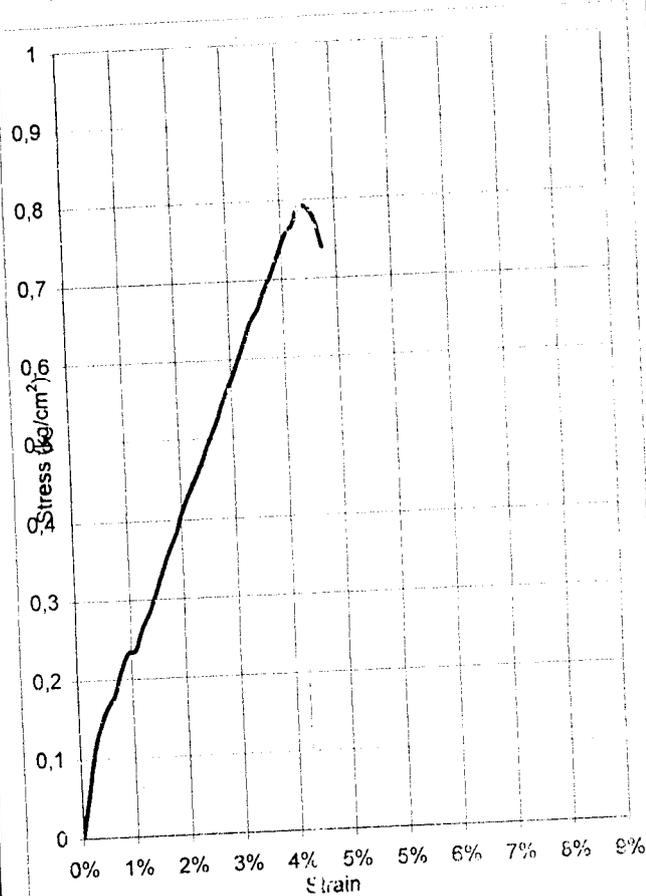
Date : 22/03/2007  
 Tested by : Arif Widihandoko  
 Kode : 1  
 jenis : Tanah asli dengan geotekstil

Sample data	
diam (cm)	20
Area (cm <sup>2</sup> )	400
Ht,Lo (cm)	41
Vol (cm <sup>3</sup> )	23780
Wt (gr)	33217
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,40
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,16369

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,97	21,42
Wt of Cup + Wet soil, gr	45,270	44,20
Wt of Cup + Dry soil, gr	42,42	39,48
Water Content %	13,94	26,14
Average water content %	20,035	

LRC = 11,35091 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
50	1,9	0,12%	21,56673	0,053851
100	3,9	0,24%	44,26855	0,110401
150	5	0,37%	56,75455	0,141367
200	5,8	0,49%	65,83528	0,163785
250	6,4	0,61%	72,64582	0,180507
300	7,5	0,73%	85,13183	0,211272
350	8,3	0,85%	94,21255	0,233521
400	8,4	0,98%	95,34764	0,236044
450	9,4	1,10%	106,6986	0,263819
500	10,1	1,22%	114,6442	0,283115
550	11	1,34%	124,86	0,307963
600	12	1,46%	136,2109	0,335544
650	12,9	1,59%	146,4267	0,360263
700	13,7	1,71%	155,5075	0,382131
750	14,8	1,83%	167,9935	0,412301
800	15,6	1,95%	177,0742	0,434048
850	16,3	2,07%	185,0198	0,45296
900	17,1	2,20%	194,1006	0,4746
950	18	2,32%	204,3164	0,498956
1000	18,8	2,44%	213,3971	0,520481
1050	19,8	2,56%	224,748	0,547481
1100	20,6	2,68%	233,8287	0,568888
1150	21,5	2,80%	244,0446	0,592999
1200	22,5	2,93%	255,3955	0,619801
1250	23,5	3,05%	266,7464	0,646535
1300	24,1	3,17%	273,5569	0,662208
1350	25	3,29%	283,7728	0,686073
1400	25,8	3,41%	292,8535	0,707134
1450	26,7	3,54%	303,0693	0,730877
1500	27,6	3,66%	313,2851	0,754559
1550	28,1	3,78%	318,9606	0,767256
1600	29	3,90%	329,1764	0,790826
1650	29	4,02%	329,1764	0,789823
1700	28,5	4,15%	323,5009	0,775219
1750	27,2	4,27%	308,7448	0,738917



qu = 0,70713 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 5°  
 Angle Of Internal friction, φ = 12°  
 Cohesion = 0,286 kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 02/03/2007  
 DiPeriksa oleh :  
  
 DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA  
 Kalab. Mekanika Tanah



COMPRESSION TEST

Keterangan : Tugas Akhir  
 Location : Jombor-klaten  
 Boring No. :  
 Depth :

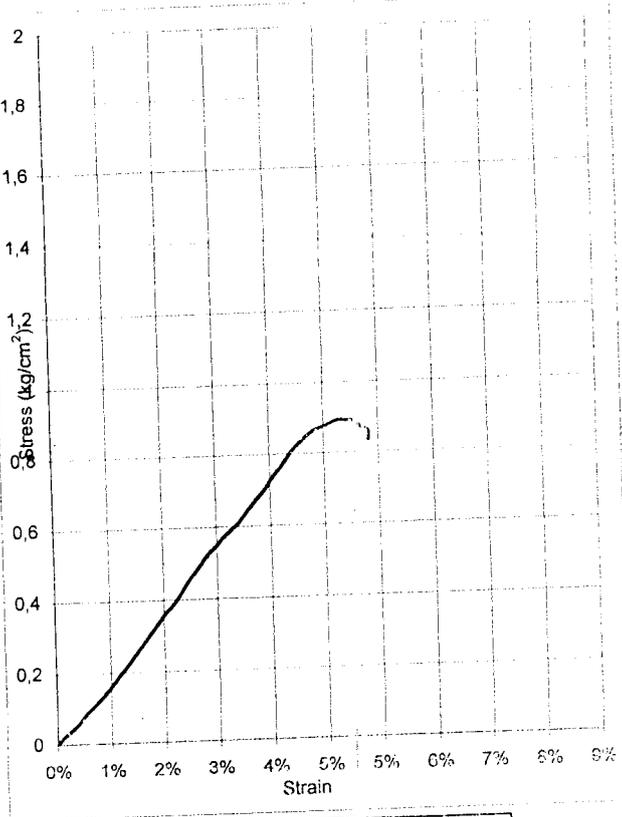
Date : 22/03/2007  
 Tested by : Arif Widhiandoko  
 Kode : 2  
 jenis : Tanah asli dengan perkuwatan Geotekstil

Sample data	
diam (cm)	20
Area (cm <sup>2</sup> )	400
Ht,Lo (cm)	41
Vol (cm <sup>3</sup> )	29725
Wt (gr)	32015
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,08
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	0,89727

Water Content		
Wt Container (cup), gr	21,97	21,12
Wt of Cup + Wet soil, gr	45,270	44,30
Wt of Cup + Dry soil, gr	42,42	39,18
Water Content %	13,94	26,14
Average water content %	20,036	

LRC = 11,35091 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
50	0,8	0,12%	9,080728	0,022674
100	1,4	0,24%	15,89127	0,039631
150	2,1	0,37%	23,83691	0,059374
200	3	0,49%	34,05273	0,084717
250	3,7	0,61%	41,99837	0,104356
300	4,5	0,73%	51,0791	0,126763
350	5,3	0,85%	60,15982	0,149116
400	6,2	0,98%	70,37564	0,174223
450	7,1	1,10%	80,59146	0,199267
500	8	1,22%	90,80728	0,22425
550	9	1,34%	102,1582	0,251969
600	10	1,46%	113,5091	0,27962
650	11	1,59%	124,86	0,307201
700	12	1,71%	136,2109	0,334713
750	13	1,83%	147,5618	0,362156
800	13,8	1,95%	156,6426	0,383965
850	14,8	2,07%	167,9935	0,411277
900	16	2,20%	181,6146	0,44407
950	17	2,32%	192,9655	0,471236
1000	18	2,44%	204,3164	0,498333
1050	19	2,56%	215,6673	0,52536
1100	19,7	2,68%	223,6129	0,544034
1150	20,6	2,80%	233,8287	0,568175
1200	21,3	2,93%	241,7744	0,586745
1250	22	3,05%	249,72	0,605267
1300	23	3,17%	261,0709	0,621983
1350	24	3,29%	272,4218	0,65863
1400	24,9	3,41%	282,6377	0,682467
1450	25,8	3,54%	292,8535	0,706241
1500	27	3,66%	306,4746	0,738155
1550	27,9	3,78%	316,6904	0,761795
1600	29	3,90%	329,1764	0,790826
1650	30	4,02%	340,5273	0,817056
1700	30,8	4,15%	349,698	0,83779
1750	31,5	4,27%	357,5537	0,855731
1800	32	4,39%	363,2291	0,868206
1850	32,3	4,51%	366,6344	0,875228
1900	32,7	4,63%	371,1748	0,884935
1950	33	4,76%	374,58	0,891912
2000	33	0,049	374,58	0,89077
2050	33	0,050	374,58	0,889628
2100	32,4	0,051	367,7695	0,872331
2150	32	0,052	363,2291	0,860454
2150	31,1	0,052	352,0133	0,836254



qu = 0,68247 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 53°  
 Angle Of Internal friction, φ = 16°  
 Cohesion = 257 kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 22/03/2007  
 DiPeriksa oleh:

*[Signature]*  
 DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA  
 Kalab. Mekanika Tanah



COMPRESSION TEST

Keterangan: Tugas Akhir  
 Location: Jombor-Klaten  
 Boring No.:  
 Depth:

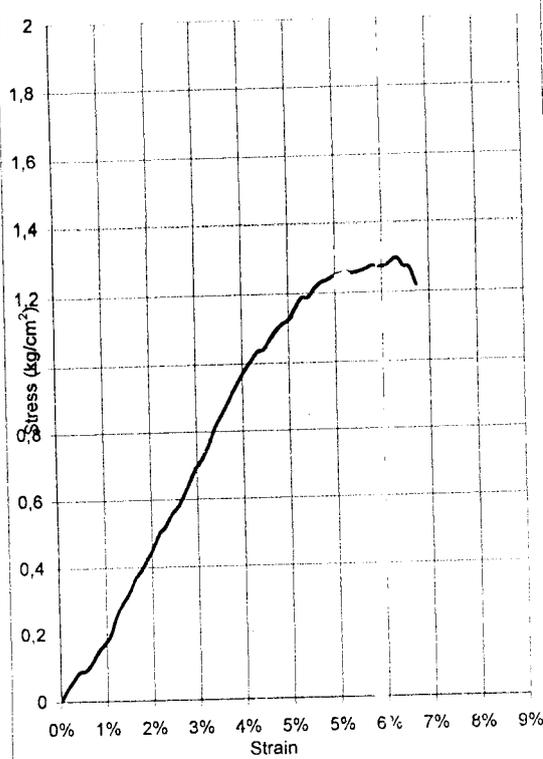
Date: 25/04/2007  
 Tested by: Arif Widihandoko  
 Kode:  
 jenis: Tanah Wopt tanpa Geotekstil

Sample data	
diam (cm)	20
Area (cm <sup>2</sup> )	400
Ht, Lo (cm)	41
Vol (cm <sup>3</sup> )	37802
Wt (gr)	64603
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,71
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,309

Water Content		
Wt Container (cup), gr	15,22	16,24
Wt of Cup + Wet soil, gr	38,540	41,12
Wt of Cup + Dry soil, gr	33,48	34,87
Water Content %	27,71	33,55
Average water content %	30,629	

LRC = 11,35091 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
50	1,2	0,12%	13,62109	0,034011
100	2,2	0,24%	24,972	0,062278
150	3	0,37%	34,05273	0,08482
200	3,2	0,49%	36,32291	0,090364
250	4	0,61%	45,40364	0,112817
300	5,2	0,73%	59,02473	0,146482
350	6	0,85%	68,10546	0,16881
400	7	0,98%	79,45637	0,196703
450	9	1,10%	102,1582	0,252592
500	10,3	1,22%	116,9144	0,288721
550	11,5	1,34%	130,5355	0,321961
600	13	1,46%	147,5618	0,363506
650	14	1,59%	158,9127	0,390983
700	15,2	1,71%	172,5338	0,42397
750	16,3	1,83%	185,0198	0,454088
800	17,9	1,95%	203,1813	0,498042
850	18,7	2,07%	212,262	0,519654
900	20	2,20%	227,0182	0,555087
950	20,8	2,32%	236,0989	0,576571
1000	22	2,44%	249,72	0,609073
1050	23,5	2,56%	266,7464	0,649788
1100	25	2,68%	283,7728	0,690398
1150	26,1	2,80%	296,2588	0,719873
1200	27,5	2,93%	312,15	0,757535
1250	29,4	3,05%	333,7168	0,808856
1300	30,7	3,17%	348,4729	0,843559
1350	32	3,29%	363,2291	0,878173
1400	33,5	3,41%	380,2555	0,918178
1450	34,8	3,54%	395,0117	0,952604
1500	36	3,66%	408,6328	0,984207
1550	37	3,78%	419,9837	1,010266
1600	37,9	3,90%	430,1995	1,033528
1650	38,2	4,02%	433,6048	1,040387
1700	39,4	4,15%	447,2259	1,071706
1750	40,3	4,27%	457,4417	1,094792
1800	41	4,39%	465,3873	1,112389
1850	41,5	4,51%	471,0628	1,124519
1900	42,8	4,63%	485,8189	1,158263
1950	43,9	4,76%	498,3049	1,186513
2000	44	0,049	499,44	1,187693
2050	45	0,050	510,791	1,213129
2100	45,7	0,051	518,7366	1,230418
2150	46	0,052	522,1419	1,236903
2200	46,5	0,054	527,8173	1,248739
2250	46,8	0,055	531,2226	1,255175
2300	47	0,056	533,4928	1,258913
2350	47	0,057	533,4928	1,257286
2400	47,2	0,059	535,763	1,261003
2450	47,5	0,060	539,1682	1,267374
2500	47,9	0,061	543,7086	1,276389
2550	47,9	0,062	543,7086	1,274731
2600	48	0,063	544,8437	1,275732
2650	48,5	0,065	550,5191	1,287342
2700	49	0,066	556,1946	1,298918
2750	48,2	0,067	547,1139	1,276043
2800	48	0,068	544,8437	1,269087
2850	46,2	0,070	524,412	1,219898



qu = 0,91818 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 54°  
 Angle Of Internal friction, φ = 1t°  
 Cohesion = 0,33- kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 02/08/ 2007  
 DiPeriksa oleh :

DR. Ir. Edy Purwanto, C.E.S, D.E.A  
 Kalab. Mekanika Tanah



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**COMPRESSION TEST**

Keterangan : Tugas Akhir  
 Location : Jombor-Klaten  
 Borings No :  
 Depth :

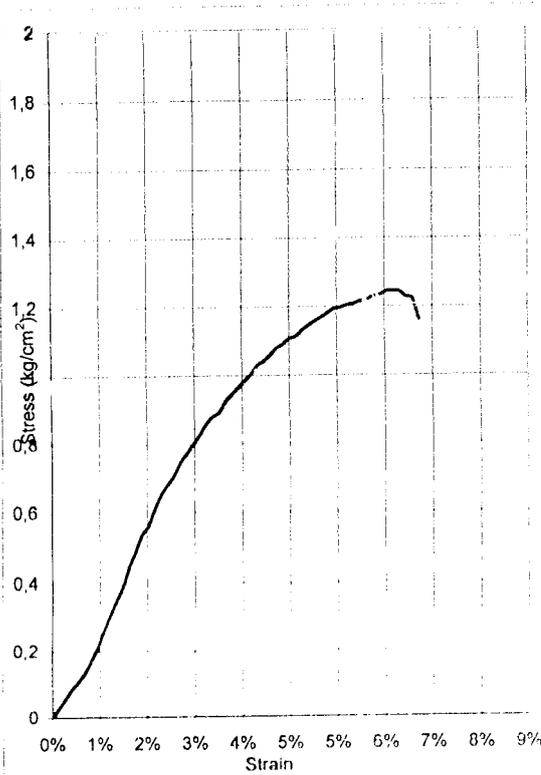
Date : 26/04/2007  
 Tested by : Arif Widihardoko  
 Kode : 1  
 jenis : Tanah Wopt tanpa Geotekstil

Sample data	
diam (cm)	20
Area (cm <sup>2</sup> )	400
Ht.Lo (cm)	41
Vol (cm <sup>3</sup> )	37802
Wt (gr)	64603
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,71
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,309

Water Content	W1	W2
Wt Container (cup), gr	15,22	18,2
Wt of Cup + Wet soil, gr	38,540	41,12
Wt of Cup + Dry soil, gr	33,48	34,87
Water Content %	27,71	33,55
Average water content %	30,629	

LRC = 11,35091 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
50	1	0,12%	11,35091	0,028343
100	2	0,24%	22,70182	0,056616
150	3	0,37%	34,05273	0,08482
200	3,75	0,49%	42,56591	0,105896
250	4,75	0,61%	53,91682	0,13397
300	6	0,73%	68,10546	0,169018
350	7,5	0,85%	85,13183	0,211013
400	9,25	0,98%	104,9959	0,259929
450	11	1,10%	124,86	0,308724
500	12,5	1,22%	141,8864	0,35039
550	14	1,34%	158,9127	0,391952
600	18	1,46%	181,6146	0,447392
650	17,5	1,59%	198,6409	0,488729
700	19,25	1,71%	218,505	0,536936
750	20,2	1,83%	229,2884	0,562735
800	22	1,95%	249,72	0,612119
850	23,5	2,07%	266,7464	0,653041
900	24,5	2,20%	278,0973	0,679982
950	25,5	2,32%	289,4482	0,706854
1000	27	2,44%	306,4746	0,747499
1050	28	2,56%	317,8255	0,774215
1100	29	2,68%	329,1764	0,800862
1150	30	2,80%	340,5273	0,82744
1200	31,25	2,93%	354,7159	0,860835
1250	32	3,05%	363,2291	0,880388
1300	32,5	3,17%	368,9046	0,893019
1350	33,75	3,29%	383,0932	0,926198
1400	34,5	3,41%	391,8084	0,945586
1450	35,25	3,54%	400,1196	0,964923
1500	38	3,66%	408,6328	0,984207
1550	30,75	3,78%	417,1459	1,003439
1600	37,75	3,90%	428,4969	1,029430
1650	38,25	4,02%	434,1723	1,041740
1700	39	4,15%	442,0055	1,060020
1750	39,75	4,27%	451,1987	1,07905
1800	40,25	4,39%	460,8741	1,092041
1850	40,0	4,51%	464,2522	1,106261
1900	41,2	4,63%	467,057	1,114964
1950	41,9	4,76%	475,0031	1,132457
2000	42,5	0,049	482,4137	1,147203
2050	43	0,050	488,0091	1,160212
2100	43,5	0,051	493,7640	1,171180
2150	44	0,052	499,44	1,183125
2200	44,5	0,054	505,1155	1,195029
2250	44,7	0,055	507,3867	1,198863
2300	45	0,058	510,701	1,205342
2350	45,2	0,057	513,0611	1,209135
2400	45,5	0,059	516,4664	1,215586
2450	45,7	0,060	518,7366	1,219347
2500	46,2	0,061	524,412	1,231089
2550	46,4	0,062	526,0822	1,234013
2600	46,6	0,063	531,2220	1,243030
2650	46,6	0,065	532,3577	1,244873
2700	46,9	0,066	532,3577	1,24325
2750	46,4	0,067	526,6822	1,22839
2800	46,2	0,068	524,412	1,221486
2850	44	0,070	499,44	1,161807



qu = 0,94559 kg/cm<sup>2</sup>  
 α = 57°  
 Angle Of internal friction, φ = 34°  
 Cohesion = 0,317 kg/m<sup>2</sup>

Yogyakarta, 07/05/2007  
 Ditandatangani oleh

DR. Ir. Ludy Purwanto, S.T., D.A.  
 Kepala Mekanika Tanah



COMPRESSION TEST

Keterangan : Tugas Akhir  
Location : Jombor-Klaten  
Boring No. :  
Depth :

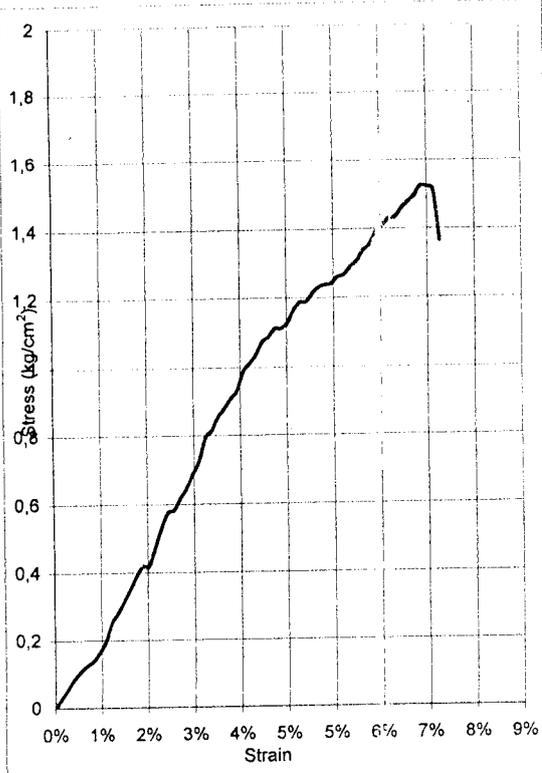
Date : 28/04/2007  
Tested by : Arif Widhandoko  
Kode : 1  
jenis : Tanah Wopt dengan Geotekstil

Sample data	
diam (cm)	20
Area (cm <sup>2</sup> )	400
Ht, Lo (cm)	41
Vol (cm <sup>3</sup> )	37802
Wt (gr)	64603
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,71
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,31

Water Content		
Wt Container (cup), gr	15,22	16,24
Wt of Cup + Wet soil, gr	38,540	41,12
Wt of Cup + Dry soil, gr	33,48	34,87
Water Content %	27,71	33,55
Average water content %	30,629	

LRC = 11,35091 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (ΔL/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
50	1	0,12%	11,35091	0,028343
100	2	0,24%	22,70182	0,056616
150	3	0,37%	34,05273	0,08482
200	3,8	0,49%	43,13346	0,107308
250	4,4	0,61%	49,944	0,124099
300	4,9	0,73%	55,61946	0,138031
350	5,8	0,85%	65,83528	0,163183
400	7	0,98%	79,45637	0,196703
450	8,9	1,10%	101,0231	0,249786
500	10	1,22%	113,5091	0,280312
550	11,2	1,34%	127,1302	0,313562
600	12,6	1,46%	143,0215	0,352321
650	14	1,59%	158,9127	0,390983
700	15	1,71%	170,2637	0,418392
750	15	1,83%	170,2637	0,417873
800	17	1,95%	192,8655	0,473001
850	19,1	2,07%	216,8024	0,530769
900	20,7	2,20%	234,9638	0,574515
950	21	2,32%	238,3691	0,582115
1000	22,3	2,44%	253,1253	0,617379
1050	23,4	2,56%	265,6113	0,647023
1100	25	2,68%	283,7728	0,690398
1150	26,4	2,80%	299,664	0,728147
1200	28,8	2,93%	326,9062	0,793346
1250	29,6	3,05%	335,9869	0,814359
1300	31	3,17%	351,8782	0,851803
1350	32	3,29%	363,2291	0,878173
1400	33,1	3,41%	375,7151	0,907215
1450	34	3,54%	385,9309	0,930705
1500	36,1	3,66%	409,7679	0,986941
1550	37	3,78%	419,9837	1,010266
1600	37,9	3,90%	430,1995	1,033528
1650	39,4	4,02%	447,2259	1,073069
1700	40	4,15%	454,0364	1,088026
1750	40,9	4,27%	464,2522	1,111091
1800	41	4,39%	465,3873	1,112389
1850	41,5	4,51%	471,0628	1,124519
1900	43	4,63%	488,0891	1,163676
1950	43,9	4,76%	498,3049	1,186513
2000	44	0,049	499,44	1,187693
2050	45	0,050	510,791	1,213129
2100	45,7	0,051	518,7366	1,230418
2150	46	0,052	522,1419	1,236903
2200	46,2	0,054	524,412	1,240682
2250	47	0,055	533,4928	1,260539
2300	47,3	0,056	536,898	1,266948
2350	48,2	0,057	547,1139	1,289387
2400	48,9	0,059	555,0595	1,306421
2450	50,1	0,060	568,6806	1,336746
2500	50,8	0,061	576,6262	1,353665
2550	52,3	0,062	593,6526	1,391826
2600	53	0,063	601,5982	1,40862
2650	53,8	0,065	610,679	1,428021
2700	54	0,066	612,9491	1,43146
2750	55	0,067	624,3001	1,458066
2800	55,8	0,068	633,3808	1,475314
2850	56,5	0,070	641,3264	1,491866
2900	57,7	0,071	654,9475	1,521555
2950	57,7	0,072	654,9475	1,519558
3000	57,5	0,073	652,6773	1,512301
3050	52	0,074	590,2473	1,365847



qu = 0,90721 kg/cm<sup>2</sup>  
α = 56°  
Angle Of Internal friction, φ = 27°  
Cohesion = 0,301 kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 02/08/2007  
DiPeriksa oleh :

DR. Ir. Eddy Purwanto, CES, DE/  
Kalab. Mekanika Tanah



COMPRESSION TEST

Keterangan Tugas Akhir  
 Location Jombor-Klaten  
 Borong No.  
 Depth

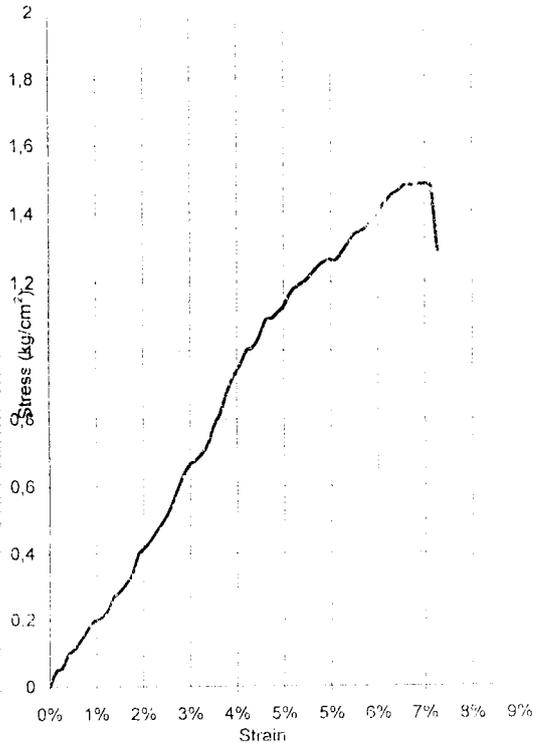
Date 25/04/2007  
 Tested by Alf Widhiandoko  
 Kode 2  
 jenis Tanah Wopt dengan Geotekstil

Sample data	
diam (cm)	20
Area (cm <sup>2</sup> )	400
Ht Lo (cm)	41
Vol (cm <sup>3</sup> )	37802
Wt (gr)	64603
Wet Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,71
Dry Unit wt (gr/cm <sup>3</sup> )	1,31

Water Content		
Wt Container (cup), gr	15,22	16,24
Wt of Cup + Wet soil, gr	38,540	41,12
Wt of Cup + Dry soil, gr	33,48	34,87
Water Content %	27,71	33,55
Average water content %	30,629	

LRC = 11,35091 kg/div

Deformation dial rading (x 10 <sup>-2</sup> )	Load dial (unit)	Unit Strain (%L/Lo)	Total load on sample (kg)	Sample stress (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0,00%	0	0
50	1,6	0,12%	18,16146	0,045348
100	2	0,24%	22,70182	0,056616
150	3,4	0,37%	38,59309	0,09613
200	4	0,49%	45,40364	0,112955
250	5	0,61%	56,75455	0,141021
300	6,1	0,73%	69,24055	0,171835
350	7	0,85%	79,45637	0,196945
400	7,3	0,98%	82,86164	0,205133
450	8	1,10%	90,80728	0,224527
500	9,5	1,22%	107,8336	0,266297
550	10,2	1,34%	115,7793	0,285565
600	11	1,46%	124,86	0,307582
650	12,2	1,59%	138,4811	0,340714
700	14,3	1,71%	162,318	0,398867
750	15	1,83%	170,2637	0,417873
800	15,9	1,95%	180,4795	0,442395
850	17	2,07%	192,9655	0,472412
900	18	2,20%	204,3164	0,499578
950	19,4	2,32%	220,2077	0,537763
1000	21,1	2,44%	239,5042	0,584157
1050	22,8	2,56%	258,8007	0,630432
1100	24	2,68%	272,4218	0,662782
1150	24,5	2,80%	278,0973	0,675743
1200	25,3	2,93%	287,178	0,696932
1250	26,5	3,05%	300,7991	0,729071
1300	28,5	3,17%	323,5009	0,783109
1350	30	3,29%	340,5273	0,823287
1400	32,1	3,41%	364,3642	0,879806
1450	33,8	3,54%	383,6608	0,925231
1500	35	3,66%	397,2819	0,956868
1550	36,6	3,78%	415,4433	0,999344
1600	37	3,90%	419,9837	1,008995
1650	38,1	4,02%	432,4697	1,037664
1700	40	4,15%	454,0364	1,088026
1750	40,3	4,27%	457,4417	1,094792
1800	41	4,39%	458,3873	1,112389
1850	41,8	4,51%	474,468	1,132648
1900	43,2	4,63%	490,3593	1,169086
1950	43,3	4,76%	488,3349	1,166513
2000	44,4	4,88%	503,9504	1,193339
2050	45,1	5,00%	511,626	1,215424
2100	46	5,12%	522,1419	1,238495
2150	46,6	5,24%	528,9524	1,253037
2200	47	5,36%	533,4926	1,262166
2250	47	5,48%	532,4928	1,260539
2300	47,9	5,60%	543,7086	1,29302
2350	49	5,72%	556,1946	1,310788
2400	50	5,84%	567,5455	1,335603
2450	50,4	5,96%	572,0859	1,344751
2500	51	6,08%	578,8064	1,350995
2550	52	6,20%	590,2473	1,380842
2600	53	6,32%	601,5082	1,40602
2650	53	6,44%	612,0491	1,433329
2700	54,0	6,56%	622,0200	1,452007
2750	55,1	6,68%	627,7053	1,464000
2800	56	6,80%	635,051	1,480602
2850	56	6,92%	635,651	1,476604
2900	56,2	7,04%	637,0211	1,482
2950	56,3	7,16%	639,0502	1,482000
3000	56,3	7,28%	630,7001	1,475400
3050	57	7,40%	556,1946	1,297040



$q_u = 0,87991 \text{ kg/cm}^2$   
 $\alpha = 58^\circ$   
 Angle Of internal friction,  $\phi = 20^\circ$   
 Cohesion =  $0,221 \text{ kg/cm}^2$

Yogyakarta, 02/05/2007  
 DiPenkai oleh

DR Ir. Eddy Purwanto, Ph.D., D.P.  
 Kepala, Mekanika Tanah



**KARTU PRESENSI KONSULTASI  
TUGAS AKHIR MAHASISWA**

PERIODE KE : 3 (Maret 2007 - Ags 2007)

NAMA MAHASISWA  
ARIF WIDI

NO. MHS.  
99511340

BIDANG STUDI  
TEKNIK SIPIL

**JUDUL TUGAS AKHIR**

~~Komparasi Daya Dukung Tanah Batir Hajus Dengan Stabilisasi Kapur-Kalit~~

~~dan pengaruhnya terhadap kapasitas dukung tanah batir Hajus~~

Dosen Pembimbing I: EDY PURWANTO, Dr

Dosen Pembimbing II: EDY PURWANTO, Dr



Jogjakarta, 2/22/2007

an. Dekan

Ir. H. Faisol AM, MS.

NO. 1

CATATAN KONSULTASI

LANDA LANGAN

20/07

Revisi format laporan  
kegiatan yg sudah selesai  
dan revisi bab 1 dan 2

fs

21/07

Revisi hasil penelitian  
penelitian format laporan  
ditore pembimbing setiap  
hasil pengujian parameter  
di bagian Pembahasan

fs

22/07

Tambahkan hasil penelitian  
bagian 10 & 11  
& 12 bab 1 dan 2  
(di awal dan akhir Pembahasan)

fs

23/07

ace utala maju  
Eksay JA

fs

28/07

Revisi pembahasan  
& hasil penelitian

fs

29/07

Revisi format penulisan

fs

30/07

ace utala  
maju ujian Pembahasan

fs

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
21/08 '07		- Perbiti sesuai levelasi - Leptofa my Luffa bi, mbel, - Gaulan, cetera, belisari etc.	
31/08 '07		- Perbiti hasil penelitian & pemanfaatan format hasil. - Di beri pembatasan & tingkat hasil penyajian parameter di bagian pembatasan	
4/09 '07		- Tambahan hasil penelitian subbagian 7b, 10 & ce. & di bahas Lu bab. Pembatasan (di modulus) Lu bab. Pembatasan ace utala maju	
6/09 '07		Ditany JA	
28/08 '07		- Perbiti perhitungan & hasil penelitian	
26/10 '07		- Perbiti format penulisan	
29/10 '07		ace utala maju ujian Pendaftaran	