

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	05 - 12 - 2007
NO. JUDUL :	0683
TUGAS AKHIR v. :	5120002683001
NO. INDUK :	002683

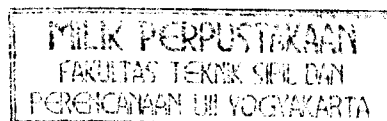
**HUBUNGAN ANTARA BEBAN DAN PENURUNAN LUMPUR
LAPINDO PADA UJI KONSOLIDASI**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk
Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu
(S1) Teknik Sipil**



ISKANDAR ZULKARNAIN
99 511 113

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



TUGAS AKHIR
HUBUNGAN ANTARA BEBAN DAN PENURUNAN
LUMPUR LAPINDO PADA UJI KONSOLIDASI

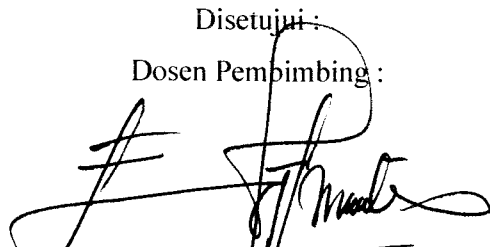
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil

Disusun Oleh :

Iskandar Zulkarnain
99 511 113

Disetujui :

Dosen Pembimbing :



Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA.

Tanggal : 08 - Agustus - 2007 -

Halaman Persembahan

Alhamdulillahirabbil alamin

Puji syukur yang tak terhingga kehadiran Allah SWT, atas ridho-NYA Tugas akhir ini dapat terselesaikan, Serta sholawat dan salam selalu kami panjatkan kepada nabi besar Muhammad SAW.

Semoga hasil karya ini bisa berguna dan bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan,
maka kupersembahkan karya ini kepada....

Abah, Mamaku tercinta, H. Ardiansyah dan Hj Endang Susantini sebagai pembimbing dan pendidik pertama kehidupanku. Terima kasih atas kasih sayang, perhatian dan segala do'a yang yang ikhlas terlantun setiap waktu, menjadikan aku lebih bermanfaat dan bahagia. Semua yang telah tercurah tidak dapat ku bayar walaupun dengan harta seisi alam

Simbah Kakung, Mbah Uti, matur nuwun atas dorongan, nasehat dan segala bantuan yang diberikan.

Adik-adiku tersayang, Dian, Soraya, Saroja, Nauval. Untuk dukungan kalian, tetep rukun ya, thanks for being so nice

Ade Kurnia Dewi, Someone who will fill my life and make me get up out of motionless and invite opinion in the future time to fate the world optimistically
thanks udah sabar menunggu

Para ilmuwan Muslim yang sedang berjihad dengan ilmu-nya demi memajukan generasi umat, semoga engkau (para mujahid) mendapat ridho Allah SWT.

Thanks to :

TIM PENELITI LAPINDO UII '99, (Yayak, Hendra, Arsi) Tim pengawas penanganan Lumpur Lapindo beserta PT Lapindo Brantas Inc. Terimakasih atas kerjasamanya.

Pak sugi, Pak Yudi, rekan² peneliti di Laboratorium, inung, arwan, atmo, aji, sholeh, cholis, widi, yono, bowo, irfan, abdi, mirza, hendi, berindil, tembel, doni, kentus, tomi psi, etc. Teman² sipil 99 wektune wis mepet, ayo Semangat dab..... ☺

Rekan² **HTMIL** Jogja (Honda Tiger Mailing List) dan semua yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, terima kasih atas do'a dan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wr,wb

Alhamdulillah, Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat.

Tugas akhir yang dilakukan penyusun berjudul **“Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Lumpur Lapindo Pada Uji Konsolidasi”** sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Selama penelitian dan penyusunan Tugas akhir ini penyusun banyak mendapatkan bimbingan, pengarahan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini tak lupa penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. H. Faisol A.M, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku Dosen Pembimbing dan selaku Kepala Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Telah banyak meluangkan waktu membimbing serta mengarahkan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ir. Akhmad Marzuko, MT, selaku Dosen Penguji.
5. Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku Dosen Penguji.

6. Pak Sugi dan Pak Yudi di Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII, atas bantuan selama penelitian.
7. Pak Heri dan Pak Santoro, atas bantuannya dalam mengurus segala administrasi.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tentu masih banyak kekurangan karena keterbatasan penyusun. Oleh karena itu kritik serta saran demi perbaikan Tugas Akhir ini sangat diharapkan.

Akhir kata penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita, terutama mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Wassalamu'alaikum. wr. wb.

Yogyakarta, Mei 2007

Penyusun

ABSTRAKSI

Semburan lumpur Lapindo telah menyebabkan tergenangnya kawasan pemukiman, perindustrian dan infrastruktur di sekitarnya, tentunya kawasan tersebut tidak mungkin dibiarkan begitu saja, perlu diadakan revitalisasi agar dapat ditata ulang dan dibangun kembali seperti semula. Permasalahan yang sering terjadi ketika akan dibangun suatu konstruksi di atas tanah lunak adalah adanya penurunan yang sangat besar, perlu diadakan penelitian mengenai penurunan yang terjadi setelah diberikan pembebanan.

Dalam penelitian ini dilakukan uji konsolidasi di laboratorium untuk melakukan pendekatan tentang sifat pemampatan, besarnya penurunan, kecepatan konsolidasi dan hubungan antara beban dan penurunan pada lumpur Lapindo yang berasal dari Porong, Sidoarjo, Jawa Timur.

Berdasarkan sifat fisik, lumpur Lapindo berwarna abu-abu tua, lengket, sedikit mengandung pasir. Pada sistem klasifikasi Unified, termasuk dalam golongan tanah MH yaitu lanau yang mempunyai kompresibilitas tinggi. Sedangkan menurut klasifikasi AASHTO dikelompokkan kedalam A-7-5 (28) jenis lanau-lempung. Hasil uji konsolidasi menunjukkan Penurunan terbesar pada benda uji undisturbed terjadi pada awal pembebanan 0.50 kg sebesar 0,288 mm sedangkan pada benda uji dengan kadar air optimum pada pembebanan maksimum 16 kg sebesar 0,096 mm. Nilai C_v maksimum pada pengujian sampel undisturbed lebih besar 8,14 % dibanding sampel disturbed dengan kadar air optimum. Hubungan antara beban dan penurunan adalah semakin besar beban menunjukkan kecenderungan penurunan semakin besar. Penurunan primer (S_c) sampel undisturbed lebih besar 61,60 % Dibanding $S_c (w_{opt})$. C_v rata-rata sampel undisturbed pada derajat konsolidasi U 90 % dan T_v 0,848 lebih besar 39,01 %. Nilai C_c rata-rata undisturbed 0,6551 dan sampel kadar air (w_{opt}) C_c rata-rata 0,1668. Perbedaan angka pori sebelum pengujian 54,67 % dan 27,77 % pada akhir pengujian.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAKSI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
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 Masalah	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Mengenai Konsolidasi dan Penurunan	4
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Tanah	8
3.2 Sistem Klasifikasi Tanah	8
3.2.1 Sistem Klasifikasi Berdasarkan AASHTO	9
3.2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS.....	11
3.3 Batas-batas Konsistensi Tanah.....	15
3.4 Tanah Lempung.....	17
3.5 Lumpur Lapindo Brantas.....	17
3.6 Pemadatan Tanah	21
3.7 Konsolidasi dan Penurunan	24

BAB IV	METODE PENELITIAN	34
4.1	Tahapan Penelitian.....	34
4.1.1	Metode Pelaksanaan Penelitian.....	34
4.1.2	Pekerjaan Persiapan.....	34
4.1.3	Pekerjaan Lapangan	34
4.1.4	Pekerjaan Laboratorium.....	35
4.1.4.1	Pengujian Kepadatan Tanah	37
4.1.4.2	Pengujian Konsolidasi Dan Penurunan.....	39
BAB V	HASIL PENELITIAN.....	46
5.1	Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	46
5.1.1	Hasil Pengujian Analisis Granuler.....	46
5.2	Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah	50
5.2.1	Pengujian Kadar Air Tanah	50
5.2.2	Pengujian Berat Volume Tanah	51
5.2.3	Pengujian Berat Jenis Tanah.....	52
5.2.4	Pengujian Batas Konsistensi.....	53
5.3	Uji Proktor Standar.....	55
5.4	Uji Konsolidasi	57
5.4.1	Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed.....	57
5.4.2	Uji Konsolidasi Tanah Dengan Kadar Air Optimum.	82
5.5	Analisis Penurunan.....	89
5.6	Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada Uji Konsolidasi.....	91
5.6.1	Sampel Tanah Undisturbed.....	91
5.6.2	Sampel Tanah Dengan Kadar Air Optimum.....	95
BAB VI	PEMBAHASAN.....	100
6.1	Klasifikasi Tanah	100
6.1.1	Sistem Klasifikasi Unified.....	100
6.1.2	Sistem Klasifikasi AASHTO.....	102
6.2	Hasil Uji Konsolidasi Dan Penurunan.....	104

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	108
7.1 Kesimpulan.....	108
7.2 Saran.....	109
DAFTAR PUSTAKA.....	110
LAMPIRAN.....	112

DAFTAR NOTASI

w	= Kadar air	(%)
w _b	= Berat tanah basah	(gr)
γ _b	= Berat volume tanah basah	(gr/cm ³)
γ _d	= Berat volume tanah kering	(gr/cm ³)
G _s	= Berat jenis	
LL	= Batas cair	(%)
PL	= Batas plastis	(%)
SL	= Batas susut	(%)
PI	= Indeks plastisitas	(%)
C _c	= Indeks pemampatan	
e	= Angka pori	(%)
e ₀	= Angka pori awal	(%)
C _v	= Koefisien konsolidasi	(cm ² /detik)
C _r	= Indeks pemampatan kembali	
√t ₉₀	= Akar waktu penurunan 90%	(menit)
S _r	= Derajat kejenuhan	(%)
H _t	= Tinggi bagian padat	(cm)
H	= Tinggi	(cm)
ΔH	= Perubahan tebal	(cm)
S	= Penurunan primer	(cm)
Δe	= Perubahan angka pori	(%)
ΔP	= Tambahan beban efektif	(kg)
V _o	= Volume kering	(cm ³)
W _o	= Berat kering	(gram)
d	= Tebal rata-rata	(cm)
T _v	= Faktor waktu	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO	10
Tabel 3.2	Sistem Klasifikasi Tanah Unified	13
Tabel 3.3	Hasil Uji Toksikologis Lumpur Lapindo.....	20
Tabel 4.1	Jenis Pengujian dan Jumlah Benda Uji	44
Tabel 5.1a	Hasil Pengujian Hidrometer Sampel I	46
Tabel 5.1b	Hasil Pengujian Hidrometer Sampel II.....	47
Tabel 5.1c	Hasil Pengujian Hidrometer Sampel III.....	47
Tabel 5.2	Nilai Rata-rata Uji Analisa Distribusi Butiran.....	49
Tabel 5.3a	Hasil Pengujian Kadar Air (Undisturbed).....	50
Tabel 5.3b	Hasil Pengujian Kadar Air (Disturbed)	50
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Volume Tanah.....	51
Tabel 5.5	Hasil Uji Berat Jenis Tanah	52
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Batas Cair	53
Tabel 5.7	Nilai Hasil Uji Sifat-Sifat Mekanis Lumpur Lapindo.....	54
Tabel 5.8	Hasil Uji Proctor Standar Sampel I.....	55
Tabel 5.9	Hasil Uji Pemadatan sampel I, II, III.....	57
Tabel 5.10	Nilai Parameter Tanah Sebelum Pengujian Konsolidasi.....	59
Tabel 5.11	Pembacaan Dial Beban 0,50 kg dan 1,00 kg (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	62
Tabel 5.12	Pembacaan Dial Beban 1,00 kg dan 2,00 kg (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	66
Tabel 5.13	Pembacaan Dial Beban 2,00 kg dan 4,00 kg (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	69
Tabel 5.14	Pembacaan Dial Beban 4,00 kg dan 8,00 kg (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	72
Tabel 5.15	Hasil Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	74

Tabel 5.16	Hasil Parameter Tanah Sesudah Pengujian (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	76
Tabel 5.17	Hasil Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Sampel Tanah Undisturbed II	78
Tabel 5.18	Hasil Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Sampel Tanah Undisturbed III	79
Tabel 5.19	Nilai C_c Total Rata-rata Sampel Tanah Undisturbed I, II, III	80
Tabel 5.20	Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Sampel Lumpur Lapindo Undisturbed I, II, III.....	81
Tabel 5.21	Parameter Tanah Sebelum Pengujian (Uji Konsolidasi Tanah w optimum)	82
Tabel 5.22	Hasil Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ (Uji Konsolidasi Tanah w oprimum I)	82
Tabel 5.23	Hasil Perhitungan Parameter Tanah Sesudah Pengujian (Uji Konsolidasi Tanah w Oprimum I)	83
Tabel 5.24	Hasil Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ (Uji Konsolidasi Tanah w optimum II)	85
Tabel 5.25	Hasil Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ (Uji Konsolidasi Tanah w optimum III)	86
Tabel 5.26	Nilai C_c Total Rata-rata Sampel Lumpur Lapindo w optimum Sampel I, II, III.....	87
Tabel 5.27	Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Sampel Lumpur Lapindo w optimum I, II, III.....	88
Tabel 5.28	Hasil Hitungan Penurunan pada sampel undisturbed.....	90
Tabel 5.29	Hasil Hitungan Penurunan pada sampel dengan kadar air optimum.....	90
Tabel 5.30	Penurunan Akibat Pembebanan Pada Sampel Undisturbed I....	91
Tabel 5.31	Penurunan Akibat Pembebanan Pada Sampel Undisturbed II...	92
Tabel 5.32	Penurunan Akibat Pembebanan Pada Sampel Undisturbed III..	93

Tabel 5.33	Penurunan Rata-Rata Pada Sampel Undisturbed.....	94
Tabel 5.34	Penurunan Akibat Pembebanan Pada Sampel w optimum I.....	95
Tabel 5.35	Penurunan Akibat Pembebanan Pada Sampel w optimum II.....	96
Tabel 5.36	Penurunan Akibat Pembebanan Pada Sampel w optimum III.....	97
Tabel 5.37	Penurunan Rata-Rata Pada Sampel w optimum.....	98
Tabel 5.38	Perbandingan Hasil Penurunan Rata-rata Sampel Tanah Undisturbed dan w optimum.....	99
Tabel 6.1	Nilai Cc Terbesar dan Cc Terbesar Rata-Rata Tanah Undisturbed.....	104
Tabel 6.2	Nilai Cc terbesar dan Cc terbesar rata-rata tanah dengan w optimum.....	104
Tabel 6.3	Perbandingan Penurunan.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Grafik Plastisitas Sistem AASHTO.....	11
Gambar 3.2	Grafik Klasifikasi Tekstural Segitiga USCS.....	15
Gambar 3.3	Batas-batas Atterberg.....	15
Gambar 3.4	Penyebab Blow out Lumpur Lapindo.....	19
Gambar 3.5	Alat Uji Proctor Standar	22
Gambar 3.6	Kurva Hubungan Kadar Air Dan Berat Volume Kering.....	23
Gambar 3.7	Hubungan Angka Pori Dan Tekanan.....	24
Gambar 3.8	Menentukan tekanan prakonsolidasi p_c dengan cara grafis...	25
Gambar 3.9	Sifat Khusus Grafik Hubungan ΔH Atau e Terhadap $\log t$	26
Gambar 3.10	Perubahan Tinggi Contoh Tanah Pada Uji Konsolidasi Satu Dimensi.....	27
Gambar 3.11	Indeks Pemampatan C_c	29
Gambar 3.12	Metode akar waktu.....	30
Gambar 3.13	Gambar skema alat pengujian konsolidasi.....	31
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 5.1a	Grafik hasil uji analisa distribusi butiran sampel I.....	48
Gambar 5.1b	Grafik hasil uji analisa distribusi butiran sampel II.....	48
Gambar 5.1c	Grafik hasil uji analisa distribusi butiran sampel III.....	49
Gambar 5.2	Grafik Batas Cair	54
Gambar 5.3	Hasil Uji Kepadatan Tanah	56
Gambar 5.4	Grafik Hubungan Penurunan dan Akar Waktu Beban 0,50 kg dan Beban 1,00 kg (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I).....	63
Gambar 5.5	Grafik Hubungan Penurunan dan Akar Waktu Beban 1,00 kg dan Beban 2,00 kg (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	67

Gambar 5.6	Grafik Hubungan Penurunan dan Akar Waktu Beban 2,00 kg dan Beban 4,00 kg (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	70
Gambar 5.7	Grafik Hubungan Penurunan dan Akar Waktu Beban 4,00 kg dan Beban 8,00 kg (Uji Konsolidasi Tanah Undisturbed I)	73
Gambar 5.8	Grafik Hubungan Tegangan Efektif dan Angka Pori (Uji Konsolidasi Sampel Tanah Undisturbed I)	76
Gambar 5.9	Grafik Hubungan Pembebanan dan Koefisien Konsolidasi (Uji Konsolidasi Sampel Tanah Undisturbed I)	77
Gambar 5.10	Grafik Hubungan Tegangan Efektif Dan Angka Pori (Uji Konsolidasi Sampel Tanah w optimum I)	83
Gambar 5.11	Grafik Hubungan Pembebanan dan Koefisien Konsolidasi (Uji Konsolidasi Sampel Tanah w optimum I)	84
Gambar 5.12	Grafik Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada Sampel Undisturbed I.....	91
Gambar 5.13	Grafik Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada Sampel Undisturbed II.....	92
Gambar 5.14	Grafik Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada Sampel Undisturbed III.....	93
Gambar 5.15	Grafik Penurunan Rata-Rata Pada Sampel Undisturbed.....	94
Gambar 5.16	Grafik Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada Sampel w optimum I.....	95
Gambar 5.17	Grafik Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada Sampel w optimum II.....	96
Gambar 5.18	Grafik Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada Sampel w optimum III.....	97
Gambar 5.19	Grafik Penurunan Rata-Rata Pada Sampel w optimum.....	98
Gambar 5.20	Perbandingan Penurunan Rata-Rata Sampel Undisturbed Dengan Kadar Air Optimum.....	99
Gambar 6.1	Diagram Plastisitas Berdasarkan Sistem Unified.....	101

Gambar 6.2	Grafik Klasifikasi Tekstural Segitiga USCS.....	102
Gambar 6.3	Grafik Plastisitas Sistem Klasifikasi AASHTO.....	103
Gambar 6.4	Perbandingan Penurunan Antara Sampel Undisturbed Dan Sampel Kadar Air optimum.....	105
Gambar 6.5	Perbandingan Cv Maksimum Sampel Undisturbed Dan Sampel w optimum.....	107

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Uji Hidrometer dan Analisa Saringan
- Lampiran 2 Hasil Uji Kadar Air Tanah
- Lampiran 3 Hasil Uji Berat Volume
- Lampiran 4 Hasil Uji Berat Jenis Tanah
- Lampiran 5 Hasil Uji Batas Cair dan Batas Plastis Tanah
- Lampiran 6 Hasil Uji Proktor Standar
- Lampiran 7 Hasil Uji Konsolidasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam Ilmu teknik sipil, tanah berguna sebagai bahan bangunan pada pekerjaan konstruksi dan juga berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Oleh karena itu tanah memiliki peranan sangat penting dalam menentukan kestabilan bangunan konstruksi.

Seorang *engineer* geoteknik diperlukan untuk tanggap dan jeli terhadap berbagai persoalan yang akan dihadapi di lapangan termasuk permasalahan pada tanah lempung. Pembangunan yang ada saat ini berkembang sangat pesat, sehingga penggunaan lahan juga semakin bertambah luas dan yang menjadikan permasalahan adalah pembangunan infrastruktur dengan pemanfaatan lahan pada tanah lunak akibatnya semakin sedikit lahan yang tersedia. Hal ini berkaitan dengan kondisi tanah sebagai media dasar didirikannya bangunan tersebut. Yang harus dihindari adalah penurunan tanah secara berlebihan (*exesive settlement*), yang berkaitan dengan perubahan volume sehingga dapat mengakibatkan kerusakan struktur bila tidak dilakukan pencegahan yang optimal (Bowles, J.E. 1988).

Tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air menyebabkan lempung menyusut, dan sebaliknya bila kadar air bertambah lempung mengembang (H.C Hardiyatmo. 2002). Masalah-masalah teknik seperti yang tersebut di atas yang sering dijumpai oleh ahli-ahli teknik sipil, harus dipertimbangkan sedalam-dalamnya, yakni untuk meramal dan menentukan kemampuan daya dukung tanah beserta kemungkinan dalamnya penurunan yang akan terjadi yang disebabkan oleh gaya yang bekerja (S. Sosrodarsono. 2005).

Pada bencana Banjir Lumpur Panas Sidoarjo 2006, merupakan kasus menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran PT Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, yang terjadi sejak tanggal 29 Mei 2006. Semburan lumpur panas selama beberapa bulan ini

menyebabkan tergenangnya kawasan permukiman, pertanian, dan perindustrian di empat kecamatan di sekitarnya, serta mempengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Lokasi semburan lumpur ini berada di Porong, yakni kecamatan di bagian selatan Kabupaten Sidoarjo, sekitar 12 km sebelah selatan kota Sidoarjo. Kecamatan ini berbatasan dengan Kecamatan Gempol Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

Bencana tersebut selain memakan korban jiwa yang cukup banyak juga menyebabkan banyak kerusakan, bahkan bencana lumpur Lapindo membuat infrastruktur di daerah yang terkena bencana rusak total dan tidak dapat digunakan sama sekali karena semua sudah terendam lumpur termasuk permukiman warga disekitar semburan lumpur. Tentunya kawasan yang sudah terendam lumpur tersebut tidak mungkin dibiarkan begitu saja, perlu diadakan revitalisasi pada kawasan yang terendam lumpur tersebut agar nantinya dapat di tata ulang dan dibangun kembali menjadi permukiman dan perindustrian seperti semula.

Melihat permasalahan luapan lumpur yang terus semakin membesar, maka peneliti merasa perlu mengadakan penelitian mengenai perilaku penurunan yang terjadi pada lumpur Lapindo apakah nantinya daerah yang terkena luapan lumpur tersebut dapat menahan beban konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang di atas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hubungan antara penurunan dan kecepatan proses konsolidasi yang terjadi pada lumpur Lapindo setelah diberikan pembebanan.
2. Bagaimana hubungan antara beban dan penurunan yang terjadi pada lumpur Lapindo Brantas.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jenis tanah berdasarkan sifat fisik dan mekanis lumpur Lapindo.

2. Mengetahui besar penurunan maksimum dan kecepatan proses konsolidasi pada lumpur Lapindo setelah adanya pembebanan.
3. Mengetahui bagaimana hubungan antara beban dan penurunan pada lumpur Lapindo.

1.4 Batasan Masalah

1. Tanah yang digunakan sebagai sampel adalah lumpur Lapindo yang berasal dari Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
2. Pengujian terbatas hanya pada sifat fisik dan mekanis, sedangkan pada unsur dan sifat kimiawi pada lumpur Lapindo tidak ditinjau.
3. Pada penelitian tanah asli adalah kadar air, berat jenis, berat volume, batas-batas konsistensi, distribusi butiran, analisis hidrometer, uji proktor standar, uji konsolidasi dilakukan pada tanah terganggu (*disturbed*), sedangkan pada tanah tak terganggu (*undisturbed*) dilakukan pengujian kadar air dan uji konsolidasi.
4. Pembebanan pada benda uji konsolidasi terdiri dari 0.50, 1, 2, 4, 8, dan 16 kg.
5. Analisis hanya pada penurunan konsolidasi primer sedangkan penurunan segera dan sekunder tidak diperhitungkan.
6. Air yang digunakan diambil dari air yang berada di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII, Yogyakarta.
7. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mendapatkan gambaran tentang sifat fisik dan mekanis pada lumpur Lapindo dan mengetahui perilaku penurunan pada lumpur Lapindo setelah pembebanan pada uji konsolidasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya Mengenai Konsolidasi dan Penurunan

- 1. Studi Komparasi Daya Dukung Dan Penurunan Pada Tanah Lempung Kasongan Dengan Godean (Rachmat Satrya Putra F.B, dan Monita Olivia, 1998).**

Rumusan masalah :

Tanah lempung merupakan tanah rapat air, dan bersifat kompresibel. Penurunan yang terjadi pada tanah lempung sangat besar dan berlangsung secara lambat. Perencanaan pondasi dangkal pada tanah lempung biasanya ditentukan oleh kriteria penurunan. Dengan demikian maka perlu dilakukan penelitian terhadap tanah lempung untuk mengetahui daya dukung dan penurunan yang terjadi pada pondasi dangkal pada tanah tersebut.

Tujuan Penelitian :

Mendapatkan data-data sifat fisik dan mekanis tanah lempung, dan merencanakan dimensi pondasi dangkal berdasar teori Terzaghi dan Ohsaki serta membandingkan kapasitas dukung, membandingkan penurunan dan lama penurunan dari pondasi yang direncanakan pada tanah lempung Kasongan dan Godean.

Hasil Penelitian :

Salah satu dari hasil penelitian ini adalah bahwa analisis dimensi pondasi berdasarkan Metode Ohsaki dinilai lebih ekonomis daripada metode Terzaghi. Dimensi pondasi pada tanah lempung Kasongan lebih besar daripada dimensi pondasi tanah lempung Godean. Disamping penurunan pondasi tanah lempung Kasongan lebih kecil daripada pondasi

tanah lempung Godean, lama penurunan pada pondasi lempung Kasongan lebih besar daripada pondasi tanah lempung Godean.

2. **Studi Eksperimental Perubahan Hubungan *Load-Displacement* tanah pada penggunaan *lime column* (Fauzan Aprilianor dan Andi Prima, 2003).**

Rumusan Masalah :

Bagaimana mengatasi masalah rendahnya daya dukung tanah (*bearing capacity*) dan penurunan (*settlement*) pada tanah lunak.

Tujuan Penelitian :

Tujuan penelitian untuk mengetahui besarnya perubahan hubungan *load-displacement* pada tanah lempung yang menggunakan *lime column* (konfigurasi segi empat) dengan konfigurasi prosentase campuran antara tanah lempung kering dengan kapur kering 0%, 8%, 12%, 20%, dan 100% akibat pembebanan.

Hasil Penelitian :

Penurunan yang terjadi pada tanah yang menggunakan *lime column* semakin berkurang seiring dengan bertambahnya prosentase berat kering kapur dan bertambahnya waktu pemeraman (*curing time*), *lime column* dengan prosentase berat kering kapur 100% mengalami peningkatan prosentase perubahan *settlement* yang lebih besar dan tinggi *lime column* akan sangat berpengaruh pada penurunan yang terjadi pada tanah. *Lime column* dengan tinggi 30 cm lebih kecil penurunannya dari pada dengan tinggi 20 cm (2/3 benda uji).

3. Studi Eksperimental Perubahan Load-Displacement Akibat Penggunaan kolom Pasir Di Tanah Lempung Untuk Perbaikan Daya Dukung Tanah (Rutin Sutikno dan Hadar Yumantoko, 2005).

Rumusan Masalah :

Bagaimana memperbaiki daya dukung (*bearing capacity*) tanah lempung dan berbagai masalah penurunan (*settlement*) yang terjadi pada lempung.

Tujuan Penelitian :

Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui perubahan *load-displacement* pada benda uji tanpa menggunakan kolom pasir dibandingkan dengan benda uji yang menggunakan kolom pasir dan menghitung penurunan secara manual maupun laboratorium.

Hasil Penelitian :

Hasil penelitian *settlement* yang terjadi pada tanah yang menggunakan kolom pasir semakin berkurang seiring dengan bertambahnya ukuran diameter kolom pasir dan bertambahnya waktu peram (*curing time*), *sand column* dengan diameter 3,175cm serta panjang 50 cm sebagai kelompok tiang mengalami peningkatan kapasitas dukung yang paling besar dan mengalami peningkatan (*settlement*) yang paling kecil, tinggi *sand column* akan sangat berpengaruh terhadap penurunan yang terjadi pada tanah lempung, *sand coloumn* dengan tinggi 50 cm mengalami penurunan (*settlement*) lebih kecil daripada *sand column* dengan tinggi 33,33cm (2/3 benda uji).

4. Perubahan Parameter Penurunan Dan Kuat Geser Tanah Pada Penggunaan Lime Column (Diatri Naratih, 2000).

Rumusan Masalah

Bagaimana mengatasi masalah rendahnya daya dukung tanah (*bearing capacity*) dan penurunan (*settlement*) pada tanah lunak (*soft soil*).

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian untuk mengetahui perubahan parameter kohesi, sudut geser dalam (ϕ), dan indeks kompresi (C_c) untuk *lime column* dengan persentase campuran antara tanah lempung kering dengan kapur kering 0%, 8%, 12%, 20%, dan 100%, mencari hubungan regangan tegangan untuk campuran di atas, melakukan analisis terhadap hasil penelitian laboratorium.

Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian dan analisis bahwa *Lime column* dengan persentase berat kering kapur 8% pada tanah yang mempunyai kadar air 39%-41% mengalami peningkatan kohesi yang paling tinggi dibanding dengan persentase lain, yakni terjadi kenaikan nilai kohesi (c) sebesar $\pm 7\%$ dari tanah yang tidak diberi *lime column*, sudut geser dalam (ϕ) mengalami kenaikan mengikuti kenaikan persentase berat kering kapur pada *lime column*, indeks kompresi (C_c) cenderung mengalami penurunan seiring dengan penambahan persentase berat kering kapur pada *lime column*, penggunaan *lime column* pada tanah lempung berlanau dapat meningkatkan tegangan geser hingga $\pm 80\%$, regangan yang terjadi cenderung mengalami kenaikan seiring dengan penambahan persentase berat kering kapur pada *lime column*, terjadi proses kimia antara kapur dengan air dan udara yang ada di dalam tanah lempung pada sampel *lime column*, air dan udara yang merupakan *coagulan* dari kapur membantu proses penggumpalan (*flocculation*) yang terjadi pada *lime column*.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. (Braja M Das, 1988).

Semua macam tanah secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir-butir tersebut. Ruangan ini disebut pori (*voids*). Apabila tanah sudah benar-benar kering maka tidak akan ada air sama sekali dalam porinya, keadaan semacam ini jarang ditemukan pada tanah yang masih dalam keadaan asli di lapangan. Air hanya dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila diambil tindakan khusus untuk maksud itu, misalnya dengan memanaskan di dalam oven (Wesley, L.D. 1977)

3.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitasnya.

Klasifikasi tanah bertujuan membagi tanah dalam beberapa golongan dengan kondisi dan sifat yang mirip diberi simbol nama yang sama. Beberapa sistem klasifikasi yang umum dan banyak dipakai, yaitu :

1. Sistem AASTHO (*The American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*).
2. Sistem USCS (*The Unified Soil Classification System*).

3.2.1 Sistem Klasifikasi Berdasarkan AASHTO

Sistem AASHTO mengklasifikasikan tanah menjadi tujuh kelompok dengan simbol A-1 sampai A-7. Untuk jenis tanah A-1 sampai A-3 adalah tanah berbutir (*granular*) dengan tidak lebih 35% bahan melalui saringan no. 200, sedangkan tanah yang lebih dari 35% lolos saringan no. 200 diklasifikasikan kedalam A-4 sampai A-7, seperti yang terlihat pada Tabel 3.1. Untuk lebih memperinci sifat tanah, bagi bahan yang mengandung tanah butir halus, pada simbol (sub) kelompok ditambahi pengenal yang disebut Indeks Kelompok. Makin besar indeks kelompok, tanahnya makin jelek. Parameter yang digunakan untuk mengklasifikasi tanah pada sistem ini yaitu :

1. Analisis ukuran Butir
 - a) Kerikil, butiran tanah yang lolos saringan diameter 75 mm dan tertahan saringan no.10 (2 mm).
 - b) Pasir, butiran tanah yang lolos saringan no.10 (2 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,074 mm).
 - c) Lanau dan lempung, butiran tanah yang lolos saringan no. 200
2. Plastisitas
 - a) Berlanau, butiran yang lolos saringan no. 200 mempunyai $PI \leq 10$
 - b) Berlempung, butiran yang lolos saringan no. 200 mempunyai $PI \geq 11$
3. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan – batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

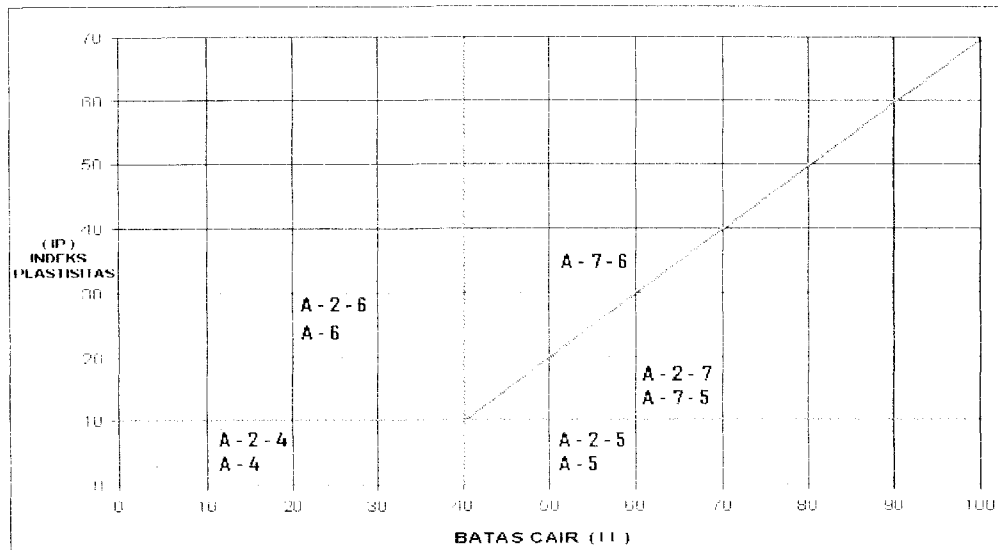
Gambar 3.1 menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair (liquid limit, LL) dan indek plastisitas (PI) untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi AASTHO

Klasifikasi tanah berdasarkan system *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*

Klasifikasi umum	Material granular (< 35% lolos saringan no 200)				Tanah-tanah lanau-lempong (> 35 % lolos saringan no 200)				
	A-1		A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a A-1-b			A-2-4 A-2-5	A-2-6 A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisis saringan (% lolos)	50 maks 30 maks 50 maks 15 maks 25 maks		51 min 10 maks	35 maks 35 maks	35 maks 35 maks	3 min	36 min	36 min	36 min
2.00 mm (no. 10)									
0.425 mm(no.40)									
0.075 mm(no.200)									
Sifat fraksi lolos saringan no. 40				40 maks 41 min 10 maks 10 maks	40 maks 41 min 11 min 11min	40 maks 10 maks	4 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11min
Batas cair (LL)	6 maks		np						
Indeks plastis (PL)									
Indeks kelompok (GI)	0		0	0	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu dan kerikil		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlumpur dan pasir		Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik								
	Sedang sampai buruk								

(Sumber Mekanika Tanah, Braja. M.Das 1988)



Gambar 3.1 Rentang (range) dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7 (Braja M. Das, 1988)

Untuk mengevaluasi mutu (kualitas) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*), suatu angka yang dinamakan *indeks grup (group index, GI)*. Harga GI ini dituliskan di dalam kurung setelah nama kelompok dan sub kelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti di bawah ini :

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

Di mana :

- F = presentase butiran yang lolos ayakan No.200
- LL = batas cair (*liquid limit*)
- PI = indeks plastisitas.

3.2.2 Sistem Klasifikasi Unified

Sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas adalah sistem *Unified Soil Classification*. Ada dua golongan besar, tanah-tanah yang berbutir kasar < 50 % melalui saringan No. 200 dan tanah-tanah berbutir halus > 50 % melalui saringan No. 200. Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah sistem Unified adalah sebagai

berikut (Hardiyatmo, H.C. 2002). Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), Yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total tanah lolos ayakan no. 200.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total tanah lolos ayakan no. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Sedangkan untuk tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas seperti yang terlihat pada Tabel 3.2 garis diagonal pada bagan plastisitas dinamakan garis *A*, dan garis ini diberikan dalam persamaan $PI = 0,73 (LL - 20)$.

Tabel 3.2 Klasifikasi Sistem Unified

Klasifikasi tanah berdasarkan system Unified (Unified Soil Classification)

Divisi utama	Simbol kelompok	Nama jenis	Kriteria klasifikasi
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no 200 (0.075 mm)	Pasir lebih dari 50 % fraksi kasar lolos saringan no 4 (4.75 mm)	Kerikil 50 % atau dari fraksi kasar tertahan saringan no 4 (4.75 mm)	$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4; CU = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3
Pasir lebih dari 50 % fraksi kasar lolos saringan no 4 (4.75 mm)	Kerikil banyak kandungan butiran halus	Kerikil berlempung campuran kerikil pasir lanau	Batas-batas atterberg di bawah garis A atau $PI > 4$
Pasir banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau campuran pasir-lanau	Batas-batas atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
Pasir banyak kandungan butiran halus	SP	Pasir gradasi buruk, Pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Batas-batas atterberg di atas garis A atau $PI < 4$
Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus kurang dari 50% lolos saringan no 200 : GM, GP, SW, SP, Lebih dari 12% lolos saringan no 200: GM, GC, SM, SC, 5% -12% lolos saringan 200: batasan klasifikasi yang mempunyai simbol double			Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
Pasir berlanau, campuran kerikil lanau			Batas-batas atterberg di bawah garis A atau $PI > 4$
Kerikil berlempung campuran kerikil pasir lanau			Batas-batas atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai double symbol
Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus			Batas-batas atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus			Batas-batas atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
Pasir gradasi buruk, Pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus			Batas-batas atterberg di atas garis A atau $PI < 4$
Pasir berlanau, campuran pasir-lanau			Batas-batas atterberg di atas garis A atau $PI < 4$

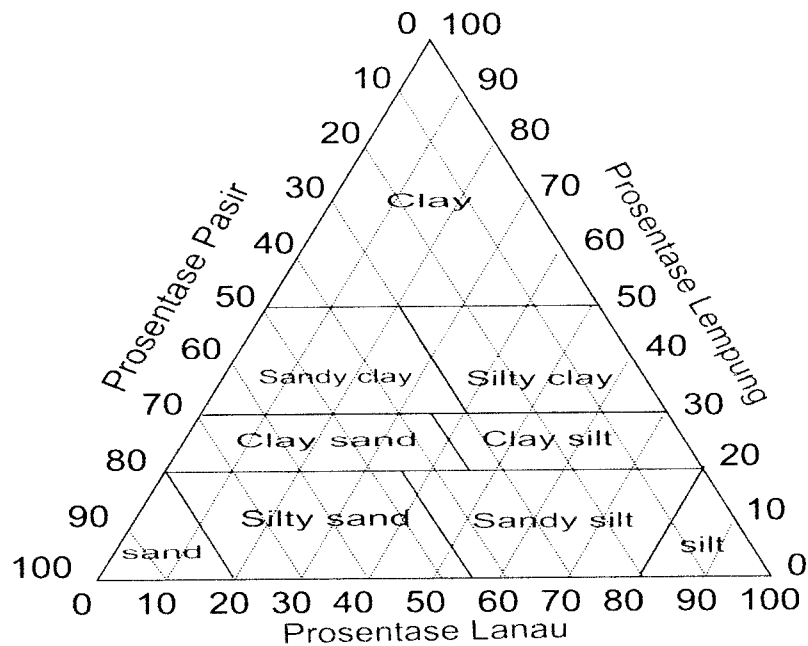
(Sumber Mekanika Tanah, Braja. M.Das 1988)

Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no 200 (0.075 mm)				
Lanau dan lempung batas cair 50 % atau kurang	ML	Lanau tak organik dan sangat halus, serbuk, batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung		<p>Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM designation D-2488</p>
	CL	Lempung tak berorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (lean clays)		
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
Lanau dan lempung batas cair >50 %	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis	<p>Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM designation D-2488</p>	
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)		
Lanau dan lempung batas cair >50 %	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	<p>Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM designation D-2488</p>	
Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut (peat) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi		

(Sumber Mekanika Tanah. Braja. M.Das 1988)

Gambar 3.2 menunjukkan Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah, yaitu :

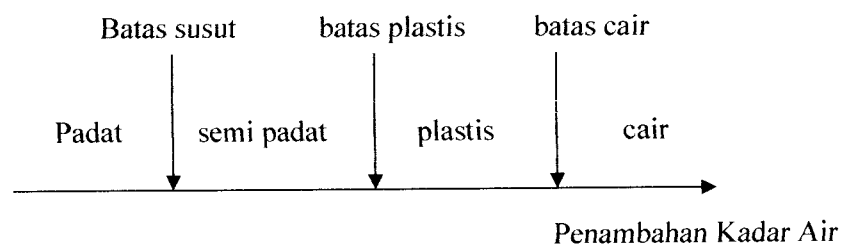
- a. Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm.
- b. Lanau : butiran dengan diameter 0,005 sampai dengan 0,002 mm.
- c. Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.



Gambar 3.2 Grafik klasifikasi tekstural segitiga USCS

3.3 Batas-Batas Konsistensi Tanah

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)

Merupakan kadar air pada kondisi dimana tanah mulai berubah dari plastis menjadi cair atau sebaliknya dari cair menjadi 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.

$$PL = \left(\frac{Wp - Wk}{Wk} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

PL = Batas plastis tanah

Wp = Berat tanah basah kondisi plastis

Wk = 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 :

$$SL = \left(\frac{V_o - 1}{W_o - G_s} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

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 :

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan : PI = Indeks plastisitas

LL = Batas Cair

PL = Batas plastis

5. Indeks Cair atau *Liquidity Index* (LI)

Merupakan kadar air tanah relatif pada kedudukan plastis dan cair. Ditentukan melalui persamaan :

$$LI = \frac{w - PL}{LL - PL} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan : *LI* = Indeks kecairan
 w = Kadar air
 PL = Batas plastis
 LL = Batas cair

3.4 Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah yang terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, Sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah (L.D. Wesley, 1977).

Dalam keadaan kering tanah lempung sangat keras dan permeabilitasnya sangat rendah, pada kadar air yang lebih tinggi (basah) lempung tersebut bersifat lengket. Akibat dari perubahan kadar air tersebut, konsistensi dan volume tanah berubah mengembang bila kadar airnya naik dan menyusut bila kadar airnya berkurang. Dengan kata lain lempung bersifat memiliki kembang susut akibat basah dan kering.

3.5 Lumpur Lapindo Brantas

Banjir Lumpur Panas Sidoarjo 2006, merupakan kasus menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran PT Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak tanggal 29 Mei 2006. Semburan lumpur panas selama beberapa bulan ini menyebabkan tergenangnya kawasan permukiman, pertanian, dan perindustrian di tiga kecamatan di sekitarnya, serta mempengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur.

PT Lapindo Brantas Inc adalah salah satu perusahaan Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) yang ditunjuk BPMIGAS untuk melakukan proses pengeboran minyak dan gas bumi. Saham PT Lapindo Brantas Inc dimiliki oleh PT Energi Mega Persada melalui anak perusahaannya yaitu PT Kalila Energi Ltd (84,24%) dan Pan Asia Enterprise (15,76%). Saat ini PT Lapindo Brantas Inc memiliki 50% *participating interest* di wilayah Blok Brantas. Selain Lapindo Brantas, *participating interest* Blok Brantas juga dimiliki oleh PT Medco E&P Brantas sebesar 32% dan Santos sebesar 18%. Dikarenakan PT Lapindo Brantas Inc memiliki saham paling besar, maka PT Lapindo Brantas Inc bertindak sebagai operator.

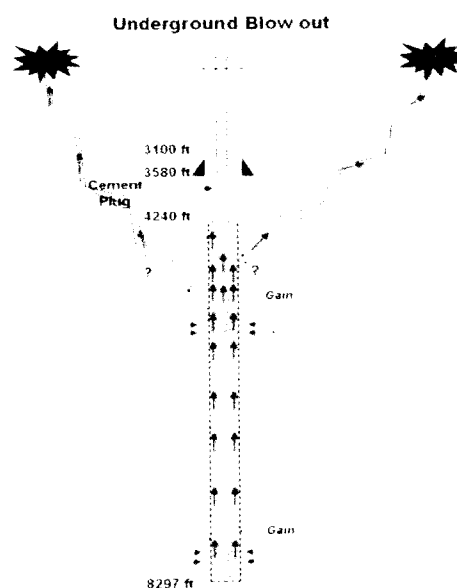
PT. Energi Mega Persada sebagai pemilik saham mayoritas Lapindo Brantas merupakan anak perusahaan (Grup Bakrie). Grup Bakrie memiliki 63,53% saham, sisanya dimiliki komisaris EMP, Rennier A.R. Latief, dengan 3,11%, Julianto Benhayudi 2,18%, dan publik 31,18% (<http://www.wartaekonomi.com>). "Chief Executive Officer" (CEO) Lapindo Brantas Inc adalah Nirwan Bakrie yang merupakan adik kandung dari pengusaha dan Menteri Koordinator Bidang Kesejahteraan Rakyat Republik Indonesia pada Kabinet Indonesia Bersatu, Aburizal Bakrie.

Lapindo Brantas melakukan pengeboran sumur Banjar Panji-1 pada awal Maret 2006 dengan menggunakan perusahaan kontraktor pengeboran PT Medici Citra Nusantara. Kontrak itu diperoleh Medici atas nama Alton International Indonesia, Januari 2006, setelah menang tender pengeboran dari Lapindo senilai US\$ 24 juta.

Pada awalnya sumur tersebut direncanakan hingga kedalaman 8500 kaki (2590 meter) untuk mencapai formasi kujung (batu gamping). Sumur tersebut akan dipasang selubung bor (*casing*) yang ukurannya bervariasi sesuai dengan kedalaman untuk mengantisipasi potensi hilangnya lumpur dalam formasi (*circulation loss*) dan masuknya fluida formasi tersebut kedalam sumur sebelum pengeboran menenbus formasi kujung.

Setelah kedalaman 9297 kaki akhirnya mata bor menyentuh batu gamping. PT Lapindo Brantas Inc mengira formasi kujung telah tercapai, padahal mereka

hanya menyentuh formasi Klitik. Batu gamping formasi Klitik ini sangat bolong-bolong (*porous*), akhirnya lumpur yang digunakan untuk melawan lumpur formasi pucangan mengalami *circulation loss* sehingga Lapindo Brantas Inc kehilangan lumpur di permukaan. Akibat habisnya lumpur, maka lumpur formasi pucangan berusaha menerobos keluar (*kick*). Mata bor berusaha ditarik tetapi terjepit sehingga di potong. Sesuai prosedur standar, operasi pengeboran dihentikan, perangkat *Blow Out Preventer* (BOP) di rig segera ditutup dan segera dipompa lumpur pemboran berdentitas barat ke dalam sumur dengan tujuan mematikan *kick*. Dikedalaman tersebut, diperkirakan kondisi geologis tanah tidak stabil dan kemungkinan banyak terdapat rekahan alami (*natural fissure*) yang bisa sampai ke permukaan. Karena tidak dapat melanjutkan perjalanannya terus ke atas melalui lubang sumur disebabkan BOP sudah ditutup, maka fluida formasi bertekanan tadi akan berusaha mencari jalan lain yang lebih mudah yaitu melewati rekahan alami dan berhasil. Ini membuktikan bahwa semburan liar (*blow out*) terjadi di berbagai tempat di sekitar area sumur, bukan di sumur itu sendiri Gambar 3.4.



Sumber : www.wikipedia.com.

Gambar 3.4 Penyebab *Blow out* lumpur Lapindo

Seperti yang dituliskan oleh Dr Rudi Rubiandini (Republika, 1 Agustus 2006) bahwa dalam 2-3 tahun sekali terjadi “blow out” di Indonesia. Namun kejadian “blow out” (semburan liar) di tengah-tengah pemukiman merupakan peristiwa yang sangat traumatik dan perlu disosialisasikan penangganya. Blow out seperti itu sebenarnya sering terjadi, namun bukan di daerah pemukiman. bahkan Santos dan Huffco pernah mengalaminya di Offshore selat Madura. Dalam trend geologi yang sama, tapi di laut. Ketika semburan lumpur terjadi pertama kali di sekitar Sumur Banjar Panji 1 (BJP-1), volume lumpur yang dihasilkan masih pada tingkat 5.000 m³/hari, lubang semburan terjadi di beberapa tempat, sebelum akhirnya menjadi satu lubang yang dari waktu ke waktu menyemburkan lumpur panas dengan volume yang terus membesar hingga mencapai 126.000 m³/hari.

Pada Tabel 3.3 merupakan hasil uji Berdasarkan pengujian toksikologis di tiga Laboratorium terakreditasi (Sucofindo, Corelab dan Bogorlab) diperoleh kesimpulan bahwa lumpur Lapindo tidak termasuk limbah B3.

Tabel 3.3 Hasil Uji Toksikologis Lumpur Lapindo

Paramater	Hasil uji	Baku Mutu (PP No 18/1999)
Arsen	0,045 Mg/L	5 Mg/L
Barium	1,066 Mg/L	100 Mg/L
Boron	5,097 Mg/L	500 Mg/L
Timbal	0,05 Mg/L	5 Mg/L
Raksa	0,004 Mg/L	0,2 Mg/L
Sianida bebas	0,02 Mg/L	20 Mg/L
Trichlorophenol	0,017 Mg/L	2 Mg/L (2,4,6 Trichlorophenol) 400 Mg/L (2,4,4 Trichlorophenol)

Sumber : www.wikipedia.com.

Semburan lumpur Lapindo tersebut membawa dampak yang luar biasa bagi masyarakat sekitar maupun bagi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Adapun dampak-dampak yang disebabkan oleh semburan lumpur Lapindo :

1. Lumpur menggenangi dua belas desa dari tiga kecamatan. Luapan lumpur telah menggenangi sejumlah desa/kelurahan di kecamatan Porong, Jabon, serta Tanggulangin dengan total warga yang dievakuasi sebanyak lebih dari 14.768 jiwa dari 4.125 keluarga.

2. Lumpur sudah menggenangi areal persawahan seluas 600 Ha, dan kerugian diperkirakan sebesar Rp 15 Triliun karena mengalami gagal panen sebanyak tiga kali (Versi Dewan Tani),

3. Sebanyak 23 unit pabrik yang tergenang dan terpaksa menghentikan aktivitas produksi serta merumahkan 1.873 orang karyawan,

4. Rumah/tempat tinggal yang rusak akibat di terjang lumpur dan rusak sebanyak 10.426 unit, 33 unit sekolah, dan 65 unit tempat ibadah.

5. Akibat turunnya permukaan tanah di sekitar semburan lumpur mengakibatkan meledaknya pipa gas milik Pertamina. Pertamina mengalami kerugian sebesar Rp 140 miliar,

6. Ditutupnya ruas tol Surabaya-Gempol hingga waktu yang tidak ditentukan, dan mengakibatkan kemacetan di jalur-jalur alternatif yaitu melalui Sidoarjo-Mojosari-Porong dan jalur Waru-tol-Porong. Jasa Marga mengalami kerugian sebesar Rp 12 miliar (belum termasuk bulan Januari-Maret 2007).

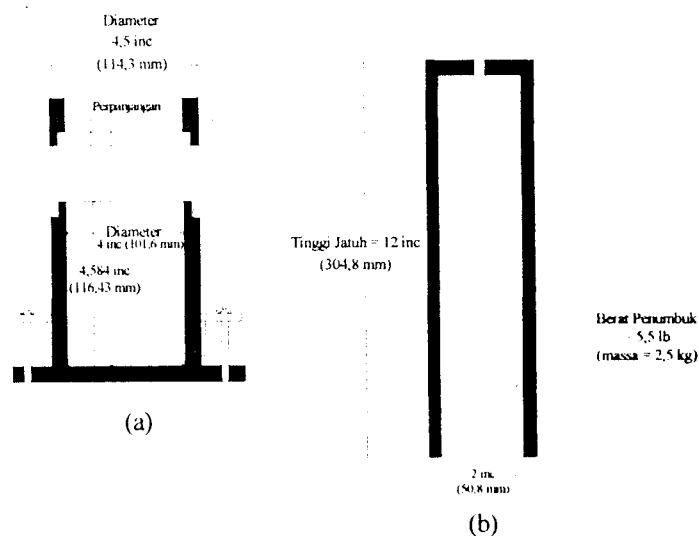
3.6 Pemadatan Tanah

Pemadatan yaitu proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi pengurangan volume udara, yang bertujuan untuk memperbaiki karakteristik tanah seperti γ , e , c , ϕ 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 3.5 di bawah ini :



Gambar 3.5 Alat uji Proctor Standar : (a) cetakan, (b) penumbuk
(Braja M. Das, 1988)

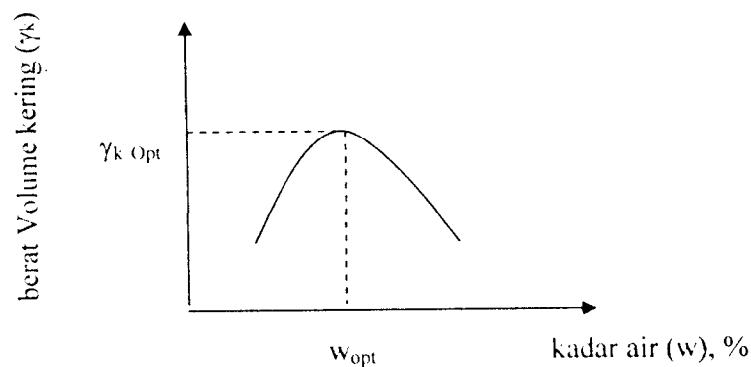
Pengujian ini bertujuan untuk mencari kadar air dan berat volume dan mencari hubungan antara keduanya. Apabila diketahui berat tanah basah didalam cetakan yang volumenya diketahui, maka berat volume tanah basah dapat langsung dihitung berdasarkan persamaan :

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan : γ_b = berat volume tanah basah
 W = berat tanah basah dalam cetakan
 V = volume cetakan

Sedangkan hubungan berat volume kering (γ_k) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(3.7)$$



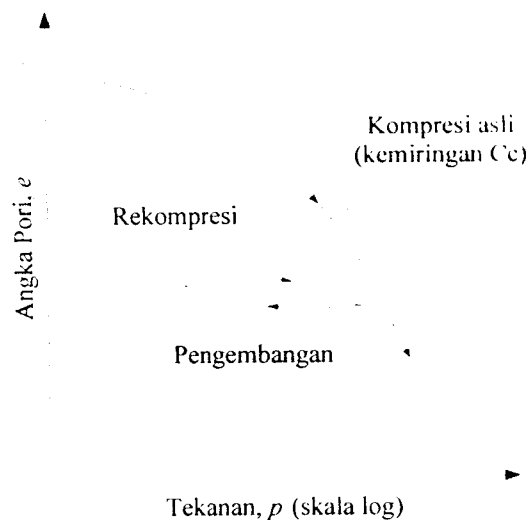
Gambar 3.6 Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering
 (HC, Hardiyatmo, 2002)

Dari Gambar 3.6 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.

3.6 Konsolidasi dan Penurunan

Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga tanah. (H.C. Hardiyatmo, 2002).

Dalam konsolidasi ada dua istilah yang dikenal, *overconsolidated* yaitu suatu keadaan tanah yang pernah menerima pembebanan yang lebih besar dari pada pembebanan yang ada sekarang. Sedangkan istilah yang kedua *normally consolidated* yaitu tanah yang tidak atau belum pernah menerima beban yang lebih besar dari pembebanan sekarang.



Gambar 3.7 Hubungan angka pori dan tekanan (R.F. Craig, 1989)

Dari Gambar 3.7 di atas, *normally consolidated* ditunjukkan oleh garis linear (atau hampir linear) dan disebut garis kompresi asli (*virgin compression line*). Sedangkan *overconsolidated* ditunjukkan oleh garis rekompresi atau pengembangan, kurva rekompresi akhirnya bergabung lagi dengan garis kompresi asli. Untuk mengetahui lapisan tanah merupakan lapisan *normally consolidated*

atau *overconsolidated* digunakan nilai banding *overconsolidation* (*overconsolidation ratio, OCR*) dinyatakan dalam persamaan :

$$OCR = \frac{P_c}{P_o} \dots\dots\dots(3.8)$$

OCR : *Overconsolidation ratio*

P_c : Tekanan prakonsolidasi (kg/m^2).

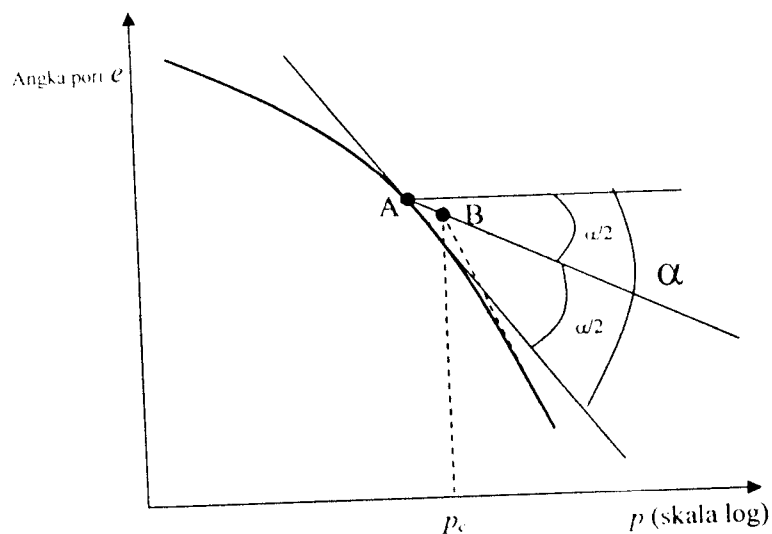
P_o : tekanan overburden efektif (kg/m^2).

Untuk : *normally consolidated*, $P_c = P_o$, $OCR = 1$

Overconsolidated, $P_c > P_o$, $OCR > 1$

Underconsolidated, $P_c < P_o$, $OCR < 1$

Ada beberapa cara untuk menentukan nilai tekanan prakonsolidasi (p_c), tetapi yang banyak digunakan adalah cara Casagrande 1936, yaitu dengan menggunakan grafik *e versus log p* seperti pada Gambar 3.8 berikut.

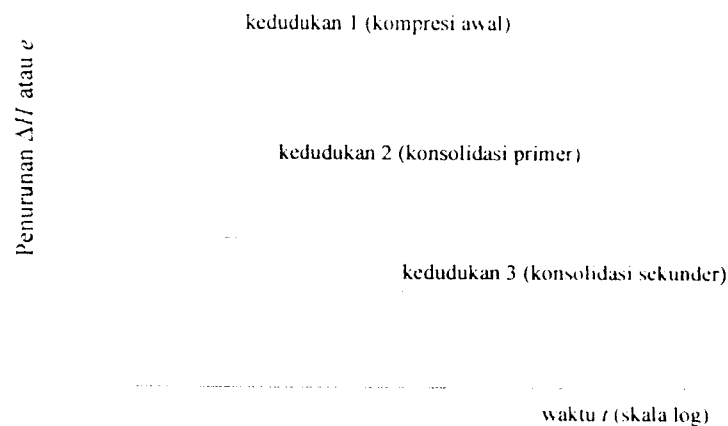


Gambar 3.8 Menentukan tekanan prakonsolidasi p_c dengan cara grafis.

Untuk menentukan besarnya tekanan prakonsolidasi (p_c) yang diberikan oleh Casagrade sebagai berikut (lihat Gambar 3.8)

1. Dengan melakukan pengamatan secara visual, tentukan titik A dimana grafik e versus $\log p$ mempunyai jari-jari kelengkungan paling minimum
2. Gambarkan garis horizontal melalui titik A (sejajar absis).
3. gambarkan sebuah garis singgung pada kurva lewat titik A.
4. Bagi dua sudut yang dibentuk oleh butir (2) dan (3).
5. Perpanjang bagian lurus dari kurva pemampatan aslinya sampai memotong garis bagi sudut butir (4). Titik potong dari dua garis ini adalah *tekanan prakonsolidasi* (p_c) yang dicari, yaitu titik B

Penurunan konsolidasi terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak di bawah muka air tanah. Penurunan yang terjadi memerlukan waktu yang lamanya tergantung pada kondisi lapisan tanahnya. Seperti pada Gambar 3.9 di bawah ini :



Gambar 3.9 Sifat khusus grafik hubungan ΔH atau e terhadap $\log t$
(H.C. Hardiyatmo, 2002)

Penurunan konsolidasi terbagi dari tiga kedudukan atau tiga fase yaitu :

- a.) Fase awal, yaitu fase dimana penurunan terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Penurunan disini terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanahnya.

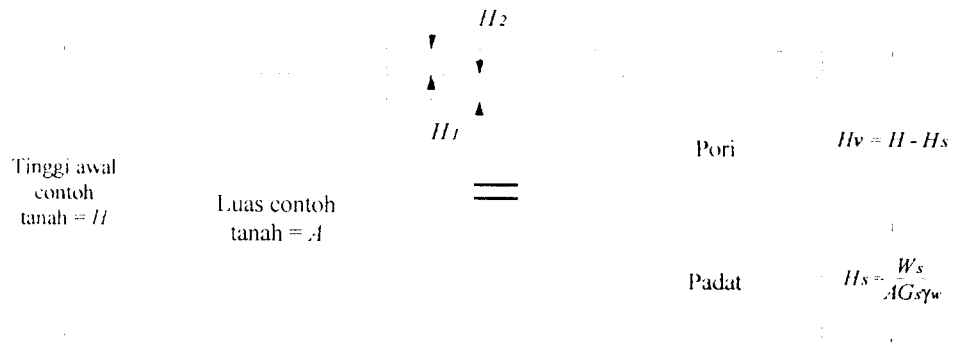
- b.) Fase konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanahnya akibat adanya tekanan.
- c.) Fase konsolidasi sekunder, merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer dimana prosesnya berjalan sangat lambat. Penurunannya jarang diperhitungkan karena pengaruhnya biasanya sangat kecil.

Setelah mendapatkan grafik antara waktu dan penurunan untuk besar pembebanan yang bermacam-macam dari percobaan di laboratorium, selanjutnya penting bagi kita untuk mempelajari perubahan angka pori terhadap tekanan. Urutan pelaksanaannya sebagai berikut :

1. Hitung tinggi butiran padat, H_s pada contoh tanah (Gambar 3.10)

$$H_s = \frac{W_s}{AG_s \gamma_w} \dots\dots\dots(3.9)$$

- Dimana :
- W_s = berat kering contoh tanah
 - A = luas penampang contoh tanah
 - G_s = berat spesifik contoh tanah
 - γ_w = berat volume air



Gambar 3.10 perubahan tinggi contoh tanah pada uji konsolidasi satu dimensi. (Braja M. Das, 1988)

2. Hitung tinggi awal dari ruang pori, H_v

$$H_v = H - H_s \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana H = tinggi awal contoh tanah

3. Hitung angka pori awal, e_o , dari contoh tanah :

$$e_o = \frac{V_v}{V_s} = \frac{H_v.A}{H_s.A} = \frac{H_v}{H_s} \dots\dots\dots(3.11)$$

4. Untuk penambahan beban pertama p_1 (beban total/luas penampang contoh tanah), yang menyebabkan penurunan ΔH_1 , hitung perubahan angka pori:

$$\Delta e_1 = \frac{\Delta H_1}{H_s} \dots\dots\dots(3.12)$$

ΔH_1 didapatkan dari pembacaan awal dan akhir pada skala ukur untuk beban sebesar p_1

5. Hitung angka pori yang baru, e_1 setelah konsolidasi yang disebabkan oleh penambahan tekanan p_1 :

$$e_1 = e_o - \Delta e_1 \dots\dots\dots(3.13)$$

Untuk beban berikutnya, yaitu p_2 (*catatan* : p_2 sama dengan beban kumulatif persatuan luas contoh tanah), yang menyebabkan penambahan pemampatan sebesar ΔH_2 , angka pori e_2 pada saat akhir konsolidasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$e_2 = e_1 - \frac{\Delta H_2}{H_s} \dots\dots\dots(3.14)$$

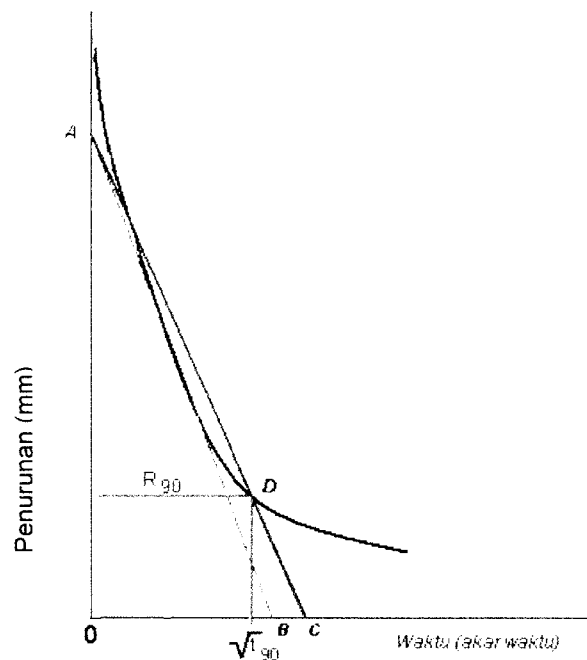
Dengan melakukan cara yang sama, angka pori pada saat akhir konsolidasi untuk semua penambahan beban dapat diperoleh. Tekanan total (p) dan angka pori yang bersangkutan (e) pada akhir konsolidasi digambar pada kertas semi logaritma. Bentuk umum dari grafik e versus $\log p$ adalah seperti ditunjukkan dalam gambar 3.7. Setelah itu indeks pemampatan didapat.

Indeks pemampatan atau kompresi (C_c) adalah kemiringan dari bagian lurus grafik e - $\log p$, untuk dua titik yang terletak pada bagian lurus dari grafik dalam gambar 3.11 nilai C_c dapat dinyatakan dalam persamaan :

Indeks pemampatan kembali atau indeks rekompresi (C_r), adalah kemiringan dari kurva pelepasan beban dan pembebanan kembali pada grafik e - $\log p$ dari Gambar 3.7 definisi C_r adalah:

$$C_r = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{e_1 - e_2}{\log p_2' - \log p_1'} = \frac{e_1 - e_2}{\log(p_2'/p_1')} \dots\dots\dots(3.18)$$

Kecepatan penurunan konsolidasi dapat dihitung dengan koefisien konsolidasi C_v , salah satu metode yang umum digunakan untuk menentukan harga C_v dari uji konsolidasi satu dimensi adalah metode akar waktu (*square root of time method*). Kurva teoritis yang terbentuk biasanya linier sampai dengan kira-kira 60% konsolidasi. Karakteristik cara akar waktu ini adalah untuk menentukan derajat konsolidasi $U=90\%$ (Gambar 3.12).



Gambar 3.12 Metode akar waktu (Taylor, 1948)

Cara untuk menentukan C_v yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Gambar suatu garis AB melalui bagian awal dari kurva.

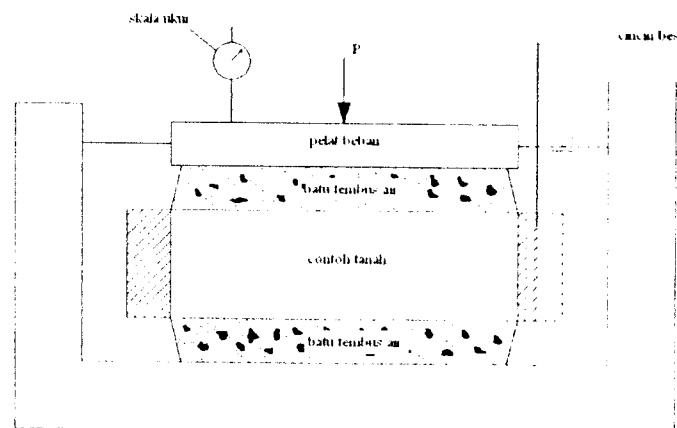
2. Gambar suatu garis AC sehingga $OC = 1,15 OB$. Absis titik D , yang merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi, memberikan waktu untuk tercapainya konsolidasi 90% ($\sqrt{t_{90}}$).
3. T_v Untuk konsolidasi $U=90\%$ adalah 0,848 jadi.

$$T_{90} = \frac{C_v t_{90}}{H^2_{dr}} \dots\dots\dots(3.19)$$

Atau

$$C_v = \frac{0,848 H^2_{dr}}{t_{90}} \dots\dots\dots(3.20)$$

Pengujian konsolidasi biasanya dilakukan di laboratorium dengan alat *konsolidometer* atau *oedometer*. Contoh tanah yang mewakili elemen tanah yang mudah mampat pada lapisan tanah yang diselidiki, dimasukkan kedalam cincin besi. Bagian atas dan bawah benda uji dibatasi oleh batu tembus air (*porous stone*). Beban P diterapkan di atas benda uji, dan penurunan diukur dengan arloji pembacaan (*dial gauge*). Beban diterapkan dalam periode 24 jam, dengan benda uji selalu terendam air. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.13 di bawah ini:



Gambar 3.13 Skema alat pengujian konsolidasi (H.C. Hardiyatmo , 2002)

Dengan penambahan beban yang baru dikerjakan secara periodik terhadap tanah. Penyelidikan-penyelidikan (Leonards, 1962) telah menemukan bahwa hasil terbaik akan diperoleh apabila beban digandakan dua kali dari beban sebelumnya

yaitu 0.25, 0.50, 1, 2, 4, dan 8 kg/cm². Setelah mencapai 8 kg/cm² beban dikurangi dua langkah yaitu pada pembebanan sebesar 2 kg/cm² dan dikurangi sampai pada beban 0,25 kg/cm² untuk mendapatkan *rebound curve* (kurva pengembangan). Dengan demikian baik besarnya penurunan maupun kecepatannya dapat diketahui. Pada saat percobaan selesai, berat kering dari contoh tanah ditentukan.

Pengetahuan yang didapat dari analisis hasil uji konsolidasi, maka kita dapat menghitung kemungkinan penurunan yang disebabkan oleh konsolidasi primer di lapangan, dengan menganggap bahwa konsolidasi tersebut adalah satu dimensi. Penurunan akibat konsolidasi primer diberikan menurut persamaan di bawah ini :

$$S_c = H \frac{\Delta e}{1 + e_0} \dots\dots\dots (3.21)$$

Untuk lempung yang terkonsolidasi secara normal dimana e versus $\log p$ merupakan garis lurus maka :

$$\Delta e = C_c [\log (P_o + \Delta P) - \log P_o] \dots\dots\dots (3.22)$$

Di mana C_c adalah kemiringan kurva e versus $\log p$ dan didefinisikan sebagai indeks pemampatan (*compression index*).

Masukan persamaan (3.22) ke dalam persamaan (3.21), maka persamaan yang didapat adalah:

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \dots\dots\dots (3.23)$$

S_c = Penurunan Konsolidasi primer yang terjadi

C_c = Compression index, didapat dari uji konsolidasi

e_0 = Initial void ratio (angka pori awal)

H = Tinggi lapisan lempung

P_o = Tekanan yang terjadi ditengah lapisan lempung

Δp = Tekanan vertical efektif ditengah lapisan lempung

Untuk suatu lapisan lempung yang tebal akan lebih teliti bila lapisan tanah tersebut dibagi menjadi beberapa sub-lapisan dan perhitungan penurunan dilakukan secara terpisah antara sub-lapisan. Jadi, penurunan total dari seluruh lapisan tersebut adalah:

$$S_c = \sum \left[\frac{CcHi}{1+e_o} \log \left(\frac{Po(i) + \Delta P(i)}{Po(i)} \right) \right] \dots\dots\dots(3.24)$$

H_i = Tebal sub-lapisan i

$P_o(i)$ = Tekanan efektif overburden untuk sub-lapisan i

$\Delta P(i)$ = Penambahan tekanan vertikal untuk sub-lapisan i

Untuk lempung yang terlalu terkonsolidasi nilai perubahan angka pori (Δe) dipertimbangkan dengan dua kondisi yaitu :

Apabila $(P_o + \Delta P) \leq P_c$ maka

$$\Delta e = C_s [\log (P_o + \Delta P) - \log P_o] \dots\dots\dots(3.25)$$

Dari persamaan-persamaan (3.21) dan (3.25)

$$S_c = \frac{C_s H}{1+e_o} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \dots\dots\dots(3.26)$$

C_s = indeks pemuaian (*swell index*)

Apabila $(P_o + \Delta P) > P_c$

$$S_c = \frac{C_s H}{1+e_o} \log \frac{P_c}{P_o} + \frac{C_c H}{1+e_o} \log \left(\frac{P_o + \Delta P}{P_c} \right) \dots\dots\dots(3.27)$$

Akan tetapi, apabila kurva e versus $\log p$ tersedia, mungkin saja bagi kita untuk memilih Δe dengan mudah dari grafik tersebut untuk rentang (range) tekanan yang sesuai. Kemudian harga-harga yang diambil dari kurva tersebut dimasukkan ke dalam persamaan (3.21) untuk menghitung besarnya S_c (Penurunan konsolidasi primer).

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tahapan Penelitian

4.1.1 Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian penting dilakukan, agar dalam pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil sesuai yang diinginkan. Adapun metode pelaksanaan dalam penelitian ini meliputi persiapan, pekerjaan lapangan dan pekerjaan laboratorium.

4.1.2 Pekerjaan Persiapan

Sebagai awal dalam pelaksanaan penelitian ini, maka dilakukan pekerjaan persiapan. Pekerjaan ini meliputi studi pendahuluan, mengumpulkan informasi mengenai lumpur lapindo untuk mengetahui tentang parameter kandungan kimia yang terdapat di dalamnya berada di bawah baku mutu (PP Nomor 18/1999). Penentuan tempat pengambilan sampel lumpur lapindo, konsultasi dan koordinasi dengan narasumber yang terkait serta pengurusan perijinan penelitian dan pengajuan proposal.

4.1.3 Pekerjaan Lapangan

Pada tahap ini pekerjaan yang dilakukan adalah pengambilan sampel yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian yaitu lumpur Lapindo. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara terganggu (*disturbed*), dan tidak terganggu (*undisturbed*). Pengambilan sampel tanah terganggu tidak perlu ada usaha atau perlakuan khusus yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut. Sedangkan untuk sampel tanah tak terganggu (*undisturbed*) prosedur *sampling* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi dengan meminta bantuan tim koordinasi lapangan penanggulangan lumpur lapindo menunjukan lokasi yang aman agar pengambilan sampel berjalan dengan baik.
2. Mempersiapkan alat-alat untuk pekerjaan pengambilan sampel.

3. Pengambilan sampel tanah tak terganggu menggunakan tabung berupa silinder berdinding tipis dengan diameter tertentu, dengan cara menekan tabung kedalam tanah, memutar-mutar kemudian mengangkat tabung tersebut.
4. Tabung sudah berisi tanah kemudian dilapisi dengan plastik dan ditutup rapat yang bertujuan untuk mengetahui kadar air asli di lapangan. Usahakan susunan tanahnya tetap sama, sehingga sifat-sifat asli tanahnya masih tetap utuh.

4.1.4 Pekerjaan Laboratorium

Pekerjaan laboratorium meliputi pengujian sampel lumpur Lapindo dalam kondisi terganggu (*disturbed*) dan tanah tidak terganggu (*undisturbed*). Adapun jenis pengujian yang dilaksanakan adalah.

1. Pengujian jenis dan sifat fisik
 - a. Pengujian Analisa saringan (ASTM D 422-72).
 - b. Pengujian Analisa hidrometer (ASTM D 421-72).
2. Pengujian sifat-sifat mekanis

Pengujian sifat-sifat mekanis tanah yang dilakukan meliputi :

 - a. Pengujian kadar air (ASTM D 2216-71).
 - b. Pengujian berat jenis tanah (ASTM D 854-72).
 - c. Pengujian berat volume tanah
 - d. Pengujian batas-batas konsistensi (*Atterberg Limits*) :
 - Pengujian batas cair (ASTM D 423-66).
 - Pengujian batas plastis (ASTM D 424-74).
 - Pengujian batas susut (ASTM D 427-74).

3. Pemodelan Benda Uji

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini lumpur Lapindo yang berasal dari Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Sampel tanah yang digunakan untuk pembuatan benda uji ini adalah tanah yang tidak terganggu (*undisturbed*) dan tanah yang sudah terganggu (*disturbed*)

sehingga nantinya dalam Uji Konsolidasi ada dua jenis benda uji yaitu jenis *undisturbed* dan jenis *disturbed* yang mempunyai nilai γ_d maksimum dan kadar air optimum yang diperoleh dari Uji Proctor standar. Kepadatan terbaik dari benda uji diperoleh apabila berat volume kering (γ_d) dan kadar air (w optimum) benda uji adalah sama dengan γ_d mak dan w optimum tanah yang diperoleh dari uji pemadatan Proctor standar.

Secara umum langkah kerja pembuatan sampel benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Menumbuk bongkahan lumpur Lapindo jenis *disturbed*, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 4 hingga dianggap cukup.
- b. Mencari kadar air tanah jenis sampel *disturbed* dan *undisturbed*. Untuk memperoleh kadar air sampel dimasukkan ke oven, didapat nilai kadar air

$$\text{Kadar air (w)} = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

Dengan :

W1 = Berat Container

W2 = Berat Cont.+ tanah basah

W3 = Berat Cont + tanah kering

- c. Menimbang sampel lumpur Lapindo (W_t) gram, sesuai dengan berat tanah yang akan dibutuhkan untuk dapat memenuhi satu seri pengujian, kemudian ditambahkan air (W_a) dalam cc dan diaduk sampai rata (homogen) untuk mendapatkan pemadatan yang terbaik. Penambahan air dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$W_a = W_t \times \left[\left(\frac{100 + w_{\text{optimum}}}{100 + w_{\text{awal}}} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots(4.2)$$

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

- d. Membersihkan cetakan benda uji untuk masing-masing pengujian, bila perlu diberi pelumas 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 di bawah ini :

$$\gamma_b = \gamma_d (1 + w_{\text{optimum}}) \dots\dots\dots(4.3)$$

$$W = \gamma_b \cdot V \dots\dots\dots(4.4)$$

Dengan :

W = berat tanah untuk 1 buah benda uji (gr)

γ_b = berat volume basah (gr/cm^3)

γ_d = berat volume kering yang diperoleh dari uji proktor (gr/cm^3)

w optimum = kadar air optimum (%)

V = volume cetakan (cm^3)

- f. Membuat tanah benda uji dengan memasukkan tanah pada cetakan benda uji. Sampel benda uji adalah lumpur Lapindo tanpa campuran, dan metode pemasangannya adalah mendatar disetiap satu satuan benda uji.
- g. Setelah proses pembuatan sampel tanah benda uji selesai, maka dapat dilakukan jalannya pengujian.

4.1.4.1 Pengujian Kepadatan Tanah

Pengujian kepadatan tanah dilakukan dengan uji Proctor standar yang mengacu pada standar ASTM D 698-70.

1. Tujuan percobaan :

Menentukan hubungan kadar air dengan kepadatan tanah apabila dipadatkan dengan alat pemadat tertentu.

2. Alat-alat yang digunakan :

- a. Mold pemadat dengan diameter 4" = 10,20 cm.
- b. Palu pemadat dengan diameter 2" = 5,05 cm.
- c. Timbangan/neraca dengan ketelitian 1 gram.
- d. Jangka sorong.
- e. Saringan No.4 (# 4,75 mm).
- f. Pisau perata.
- g. Loyang.
- h. Satu set alat pemeriksa kadar air.

3. Persiapan benda uji

- a. Tanah sampel dari lapangan dikeringkan terlebih dahulu sehingga menjadi gembur. Pengeringan dilakukan di udara atau dengan alat pengering lain dengan suhu sekitar 60° C, kemudian gumpalan tanah ditumbuk tetapi butir asli tidak pecah.
- b. Tanah yang sudah ditumbuk disaring dengan saringan No.4.
- c. Jumlah sampel untuk pengujian kurang lebih sebanyak 15 kg.
- d. Benda uji dibagi dalam 6 bagian, tiap bagian dicampur dengan air yang ditentukan dan diaduk sampai merata. Penambahan air diatur sehingga diperoleh benda uji seperti berikut :
 - Tiga buah sampel dengan kadar air kira-kira dibawah optimum dan tiga buah sampel yang lain diatas optimum.
 - Perbedaan kadar air masing-masing antara 3% sampai 5%.
 - Masing-masing benda uji dimasukkan ke dalam kantong plastik dan didiamkan selama 12 jam sampai kadar air merata.

4. Prosedur pengujian

- a. Timbang berat cetakan dan keping alas dengan ketelitian 5 gram.
- b. Cetakan leher dan keping alas dipasang jadi satu dan ditempatkan pada landasan yang kokoh.
- c. Ambil salah satu dari kelima sampel tanah yang sudah disiapkan, diaduk dan dipadatkan dalam cetakan dengan cara sebagai berikut :
 - Jumlah seluruh cetakan tanah harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas dari 5 mm.
 - Pemadatan dilakukan dengan alat tumbuk standard dengan berat 2,477 kg dengan tinggi jatuh 30,48 cm.
 - Tanah dipadatkan dalam tiga lapis, tiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali tumbukan.
- d. Melepas leher sambung, kemudian kelebihan tanah dipotong dari bagian keliling dengan pisau perata. Timbang cetakan yang berisi benda uji beserta keping alas dengan ketelitian 5 gram (W2).

- e. Benda uji dikeluarkan dengan alat ekstruder dan ambil sebagian kecil dari benda uji untuk pengujian kadar air, kemudian tentukan nilai kadar airnya.

5. Analisis hasil pengujian

- a. Hitung berat volume tanah basah

$$\gamma = \left(\frac{W_2 - W_1}{V} \right) \dots \dots \dots (4.5)$$

- b. Hitung kadar air sampel tanah yang digunakan.

- c. Hitung berat volume kering dengan rumus :

$$\gamma_d = \left(\frac{\gamma}{1 + w} \right) \dots \dots \dots (4.6)$$

- d. Buat kurva hubungan antara kadar air (w) sebagai absis dan berat volume kering sebagai ordinat (γ_d).

- e. Puncak kurva merupakan nilai (γ_d) maksimum, dari titik puncak kurva ditarik garis vertikal memotong absis, pada titik ini merupakan kadar air optimumnya.

4.1.4.2 Pengujian Konsolidasi dan Penurunan

Pengujian Konsolidasi dan penurunan mengacu pada standar ASTM D-2436.

1. Tujuan percobaan :

Untuk menentukan angka pori (e), koefisien konsolidasi (Cv), serta sifat pemampatan tanah atau indeks kompresi (Cc) suatu jenis tanah, yaitu sifat-sifat perubahan isi dan proses keluarnya air dari dalam tanah yang diakibatkan adanya perubahan tekanan vertikal pada tanah tersebut.

2. Alat-alat yang digunakan :

- a. Satu set alat konsolidasi (*rapidmeter*) yang terdiri dari alat pembebanan dan sel konsolidasi.
- b. Arloji pengukur dengan ketelitian 0,01 mm.
- c. Beban-beban normal.
- d. Alat pengeluar contoh tanah (*extruder*).

- e. Pemotong (pisau).
 - f. Pemegang cincin contoh.
 - g. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr.
 - h. Oven dengan pengatur suhu 110° C.
 - i. Stopwatch.
3. Persiapan benda uji dan prosedur pengujian
- a. Timbang cincin cetak bagian sel konsolidasi dengan ketelitian 0,01 gr
 - Dalam penelitian ini sampel tanah *undisturbed* cukup lunak, masukkan tanah ke dalam cincin cetak. Dengan menekan cincin ke dalam tanah yang telah didorong keluar dari tabung sampel *undisturbed* secukupnya. Potong tanah rata bagian atas dan bawah cincin cetak, kemudian ditimbang.
 - Untuk sampel tanah *disturbed* dengan kadar air optimum yang akan digunakan sebagai benda uji adalah tanah padat yang diperoleh dari hasil pengujian pemadatan atau uji proctor standar sehingga akan diperoleh kadar air optimum guna mencapai kepadatan terbaik. Untuk sampel tanah agak keras, contoh tanah dapat dipotong dan dibubut sehingga sesuai dengan cincin tempat benda uji. Masukkan tanah dalam cincin konsolidasi dan potong hingga permukaannya rata dengan cincin bagian atas dan bawahnya, kemudian ditimbang.
 - Setelah didapatkan contoh tanah yang telah diinginkan segera dilakukan pembuatan benda uji yaitu dengan memasukkan tanah ke dalam sel konsolidasi dengan menekan tanah secara hati hati sehingga didapatkan permukaan tanah disisi atas dan bawah tempat benda uji yang halus dan rata.
 - Periksa alat alat dalam keadaan normal dengan memeriksa bahwa lengan beban telah seimbang dan batu pori dalam keadaan bersih dan tidak tersumbat.
 - Batu pori ditempatkan bagian atas dan bawah cincin, sehingga benda uji yang sudah dilapisi kertas saring terapis oleh oleh dua buah batu pori kemudian dimasukkan kedalam sel konsolidasi.

- Sel konsolidasi yang sudah berisi benda uji diletakkan pada alat konsolidasi, sehingga bagian yang runcing dari lengan beban penumpu/penyentuh tepat pada alat perata pembebanan pada sel konsolidasi.
 - Kedudukan arloji diatur kemudian dibaca dan dicatat.
 - Selama proses pengujian sel konsolidasi harus tetap penuh dengan air.
 - Pada beberapa macam tanah tertentu, ada kemungkinan pembebanan pertama mengalami pengembangan (*swelling*) setelah sel konsolidasi diisi dengan air. Bila hal tersebut terjadi segera dipasang beban selanjutnya kemudian dilakukan pembacaan penurunan seperti diatas.
4. Pembebanan dan pembacaan penurunan :
- a. Beban pertama dipasang sehingga tekanan pada benda uji sebesar $0,25 \text{ kg/cm}^2$, kemudian arloji dibaca pada saat 9,6 detik, 21,6 detik, 38,4 detik, 1 menit, 2,25 menit, 4 menit, 9 menit, 16 menit, 25 menit, 36 menit, 47 menit hingga 1440 menit/ 24 jam.
Setelah 1 menit pembacaan, sel konsolidasi diisi air (sebelum pembacaan 4 menit). Benda uji harus selalu terendam air, dengan muka air kira-kira sama tinggi dengan permukaan atas benda uji.
 - b. Setelah pembacaan menunjukkan angka yang tetap atau setelah 24 jam, catat pembacaan arloji yang terakhir yang kemudian dilanjutkan memasang beban yang kedua sebesar dua kali beban pertama sehingga tekanan menjadi dua kalinya.
 - c. Setelah pembacaan maksimum dan sudah menunjukkan pembacaan tetap pembebanan dikurangi dalam dua langkah yaitu 4 kg/cm^2 (beban rebound).
 - d. Setelah pembacaan terakhir dicatat, cincin dan benda uji dikeluarkan dari sel konsolidasi ditimbang, lalu dikeringkan.
 - e. Benda uji dikeluarkan dari cincin kemudian dilakukan pengujian kadar air, dan hitung berat kering serta tinggi sampel keringnya.

5. Analisis hasil pengujian

- a. Berat tanah basah dihitung sebelum dan sesudah pengujian dan berat kering. Berat isi dan kadar air benda uji dihitung sebelum dan sesudah percobaan selesai.
- b. Gambar kurva hubungan antar akar waktu (Taylor, 1948) dalam menit sebagai absis dengan penurunan sebagai ordinat, untuk setiap pembebanan seperti pada Gambar 3.11.
- c. Hitung koefisien konsolidasi = C_v (cm^2/menit) bagi masing-masing tahap pembebanan, yang dapat dilakukan dengan kurva diatas dengan cara sebagai berikut :
 - Tarik atau perpanjang bagian lurus awal kurva ke atas sampai memotong sumbu ordinat (t_0), yaitu titik A, panjang garis ini merupakan garis B.
 - Perpanjangan garis B tersebut sebesar 0,15 A, pada ujung perpanjangan garis ini adalah titik C.
 - Hubungkan garis dari O ke titik C, garis ini memotong kurva penurunan pada titik D.
 - Titik D menunjukkan akar $\sqrt{t_{90}}$ dengan t_{90} adalah waktu untuk mencapai konsolidasi 90%.
 - Hitung $C_v = \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}}$ (4.7)

Dengan :

d = setengah tinggi contoh tanah rata-rata (cm).

$d = \frac{1}{2} \cdot H$.

$H = \frac{1}{2} (H_1 + H_2 \text{ untuk dua arah aliran})$.

$H = d$ untuk satu arah aliran.

$H_1 =$ tebal sampel pada awal setiap beban.

$H_2 =$ tebal akhir pada akhir setiap beban.

- d. Hitung indeks kompresi (*compration indeks*) atau C_c .
 e. Hitung tinggi efektif (tebal bagian padat) benda uji :

$$H_t = \frac{W_k}{A \cdot G_s} \text{ (cm)} \dots \dots \dots (4.8)$$

Dengan :

W_k = berat kering benda uji.

A = luas benda uji (cm^2).

G_s = berat jenis tanah.

- f. Hitung angka pori awal (e_0)

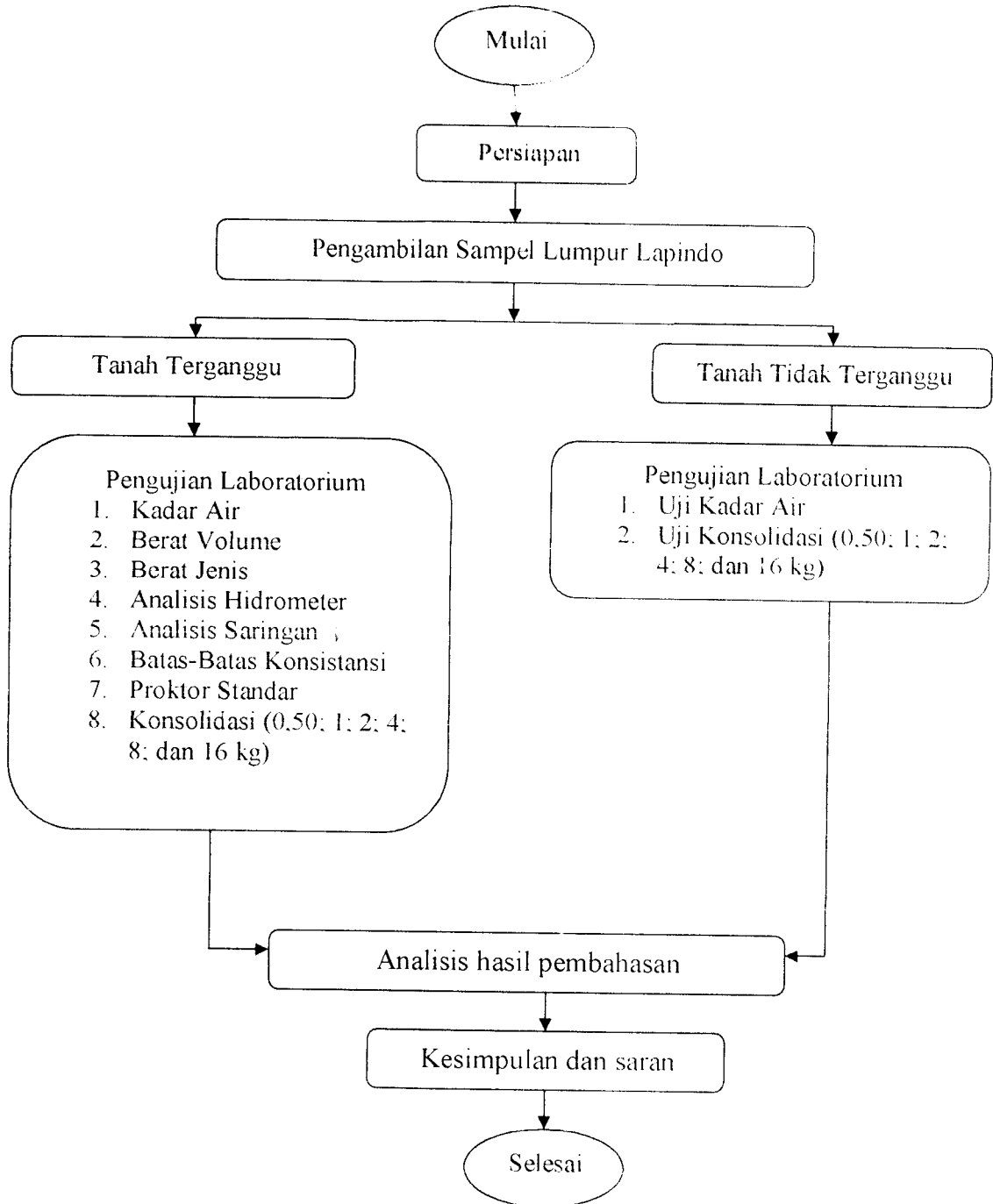
$$e_0 = \frac{H_0 - H_t}{H_t} = \frac{\Delta H}{H_t} \dots \dots \dots (4.9)$$

- g. Hitung angka pori saat pembebanan :

$$e_1 = \frac{H_1 - H_t}{H_t} \text{ atau } e_1 = e_0 - \Delta e \dots \dots \dots (4.10)$$

- h. Hitung derajat kejenuhan sebelum dan sesudah pengujian :

$$S_r = \frac{w \cdot G_s}{e} \times 100\% \dots \dots \dots (4.11)$$



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian



BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Dari hasil pengujian sifat fisik tanah diketahui bahwa sifat fisik butiran lumpur Lapindo dari Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur adalah sebagai berikut ini.

- Bentuk butiran tanah rata-rata bulat.
- Warna butiran tanah rata-rata abu-abu tua.
- Ukuran butiran halus rata-rata berukuran 0.007 mm sebanyak 50,52 %.

5.1.1 Hasil Pengujian Analisis Granuler

Pengujian untuk mengetahui ukuran diameter butiran tanah yang lebih kecil dari 0.075 mm atau butiran yang lolos saringan no. 200. Maka dilakukan pengujian hidrometer, pengujian terbagi atas tiga sampel, hasil pengujian seperti pada Tabel 5.1a s/d 5.1c berikut ini.

Tabel 5.1a. Hasil Pengujian Hidrometer Sampel I

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1- R2+Cr	P K2 x R
										(%)
10.40										
10.42	2	42	-2.0	27	43	9.254	0.0125	0.026941	45.3	75.85
10.45	5	35	-2.0	27	36	10.401	0.0125	0.018063	38.3	64.13
10.70	30	30	-2.0	27	31	11.219	0.0125	0.007659	33.3	55.76
11.40	60	25	-2.0	27	26	12.038	0.0125	0.00561	28.3	47.39
14.50	250	19	-2.0	27	20	13.020	0.0125	0.002858	22.3	37.34
10.40	1440	9	-2.0	27	10	14.658	0.0125	0.001264	12.3	20.59

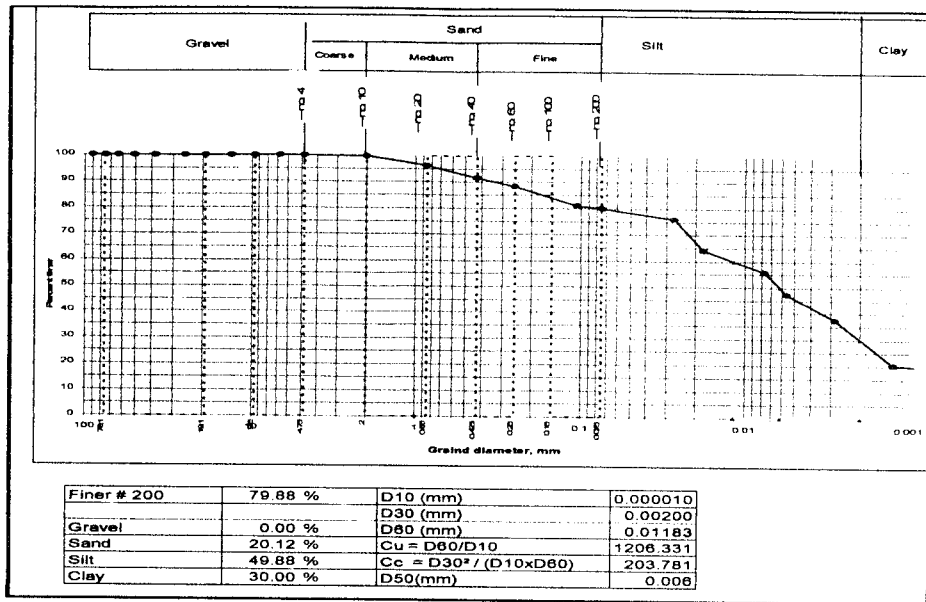
Tabel 5.1b. Hasil Pengujian Hidrometer Sampel II

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1- R2+Cr	P K2 x R (%)
10.40										
10.42	2	41	-2.0	27	42	9.418	0.0125	0.027178	44.3	74.18
10.45	5	36	-2.0	27	37	10.237	0.0125	0.017921	39.3	65.80
10.70	30	32	-2.0	27	33	10.892	0.0125	0.007546	35.3	59.11
11.40	60	26	-2.0	27	27	11.874	0.0125	0.005572	29.3	49.06
14.50	250	17	-2.0	27	18	13.348	0.0125	0.002894	20.3	33.99
10.40	1440	11.6	-2.0	27	12.6	14.232	0.0125	0.001245	14.9	24.95

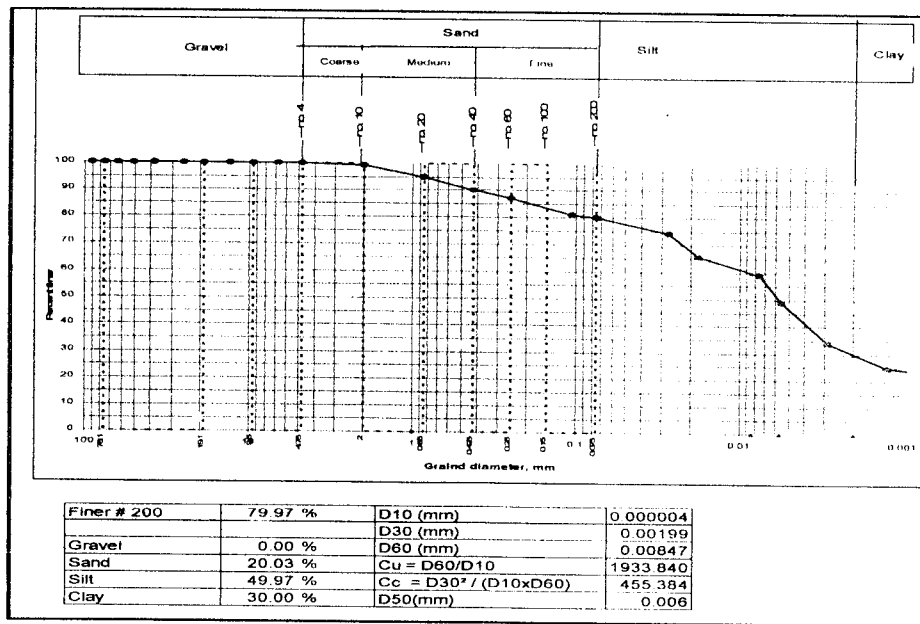
Tabel 5.1c. Hasil Pengujian Hidrometer Sampel III

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1- R2+Cr	P K2 x R (%)
10.40										
10.42	2	41	-2.0	27	42	9.418	0.0125	0.027178	44.3	74.18
10.45	5	35	-2.0	27	36	10.401	0.0125	0.018063	38.3	64.13
10.70	30	21	-2.0	27	22	12.693	0.0125	0.008147	24.3	40.69
11.40	60	15	-2.0	27	16	13.675	0.0125	0.005979	18.3	30.64
14.50	250	4	-2.0	27	5	15.476	0.0125	0.003116	7.3	12.22
10.40	1440	1.5	-2.0	27	2.5	15.886	0.0125	0.001315	4.8	8.04

Untuk mengetahui persentase butir-butir tanah yang lebih besar dari 0.075 mm atau yang tertahan saringan no. 200. Maka dilakukan uji analisis distribusi butiran, pengujian ini terbagi atas tiga sampel, hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.1a s/d 5.1c berikut ini.



Gambar 5.1a Grafik hasil uji analisa distribusi butiran sampel I



Gambar 5.1b Grafik hasil uji analisa distribusi butiran sampel II

5.2 Hasil Pengujian Sifat-sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah di Laboratorium meliputi pengujian : Kadar Air, Berat Jenis, Berat Volume Tanah, Batas Cair, Batas Plastis, Batas Susut, dan Indeks Plastisitas. Pengujian menggunakan tiga buah sampel, Nilai yang akan dipakai adalah nilai rata-rata dari hasil pengujian.

5.2.1 Kadar Air Tanah

Hasil pengujian kadar air tanah dilakukan dengan dua kondisi yaitu pada kondisi *undisturbed* dan kondisi *disturbed*. Hasil dari pengujian kadar air sampel lumpur Lapindo ditunjukkan pada Tabel 5.3a s/d 5.3b.

Tabel 5.3a Hasil pengujian kadar air (*undisturbed*)

No	No. Pengujian		1	2	3
1	Berat cawan kosong (W_1)	gram	22.10	21.65	21.50
2	Berat cawan + tanah basah (W_2)	gram	59.70	47.06	29.58
3	Berat cawan + tanah kering (W_3)	gram	44.99	37.00	26.42
4	Berat air ($W_2 - W_3$)	%	14.71	10.06	3.16
5	Berat tanah kering ($W_3 - W_1$)	gram	22.89	15.35	4.92
6	Kadar air (W)	$\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	64.26	65.54	64.23
7	Kadar air rata-rata (W_{rt})	%	64.68		

Tabel 5.3b Hasil pengujian kadar air (*disturbed*)

No	No. Pengujian		1	2	3
1	Berat cawan kosong (W_1)	gram	21.66	22.04	22.36
2	Berat cawan + tanah basah (W_2)	gram	43.30	44.11	41.86
3	Berat cawan + tanah kering (W_3)	Gram	37.25	37.84	36.48
4	Berat air ($W_2 - W_3$)	%	5.96	4.31	7.21
5	Berat tanah kering ($W_3 - W_1$)	Gram	15.59	15.80	124.12
6	Kadar air (W)	$\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	38.81	39.68	38.10
7	Kadar air rata-rata (W_{rt})	%	38.86		

Perhitungan kadar air (w) kondisi *undisturbed* pada pengujian I:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

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

$$w = \frac{59.70 - 44.99}{44.99 - 22.10} \times 100\%$$

$$= 64.26\%$$

5.2.2 Berat Volume Tanah

Sampel tanah yang digunakan dalam pengujian berat volume tanah dalam kondisi *disturbed*. Hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4 Hasil pengujian berat volume tanah

No	No Pengujian	I	II	III
1	Diameter Ring (d) cm	6.4	6.4	6.4
2	Tinggi Ring (t) cm	2.2	2.2	2.2
3	Volume Ring (V) cm	70.74	70.74	70.74
4	Berat Ring (W1) cm	68.94	68.94	68.94
5	Berat Ring + Tanah (W2) gr	190.8	185.97	190.21
6	Berat Tanah (W2-W1) gr	121.96	117.03	121.07
7	Berat Volume tanah $\gamma = \frac{W2 - W1}{V}$ gr/cm ³	1.72	1.65	1.71
8	Berat Volume rata-rata gr/cm ³	1.70		

Perhitungan berat volume tanah pada pengujian I:

$$\gamma = \frac{W2 - W1}{V}$$

$$= \frac{190.8 - 68.94}{70.74}$$

$$= 1,72 \text{ gr/cm}^3.$$

5.2.3 Pengujian Berat Jenis Tanah

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya nilai perbandingan antara berat butir-butir tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada suhu tertentu, pada umumnya $27,5^{\circ} \text{C}$. Hasil dari pengujian berat jenis sampel lumpur Lapindo ditunjukkan pada Tabel 5.5 berikut:

Tabel 5.5 Hasil uji berat jenis tanah

No	No. Pengujian	1	2	3
1	Berat piknometer (W ₁) gram	20,1	29,47	30,06
2	Berat piknometer + tanah kering (W ₂) gram	30,54	39,08	44,30
3	Berat piknometer + tanah + air (W ₃) gram	75,53	84,48	88,00
4	Berat piknometer + air (W ₄) gram	69,07	78,52	79,15
5	Temperatur (t °)	26	26	26
6	BJ pd temperatur (t °)	0,997	0,997	0,997
7	BJ pd temperatur (27,5 °)	0,996	0,996	0,996
8	Berat jenis tanah G _s (t °) = $\frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,62	2,63	2,64
9	Bj tanah pada 27,5 ° = $G_s(t^{\circ}) \frac{Bj \text{ air } t^{\circ}}{Bj \text{ air } 27,5^{\circ}}$	2,62	2,63	2,64
10	Bj rata-rata (G _s rt)	2,63		

Perhitungan berat jenis tanah pada pengujian sampel I:

$$G_s (t^{\circ}) = \frac{(30.54 - 20.10)}{(73.53 - 20,10) - (73.53 - 30.54)}$$

$$= 2,62$$

$$G_s (27,5^{\circ} C) = 2,57 \times \frac{0,99733}{0,99641}$$

$$= 2,63$$

5.2.4 Pengujian Batas-Batas Konsistensi

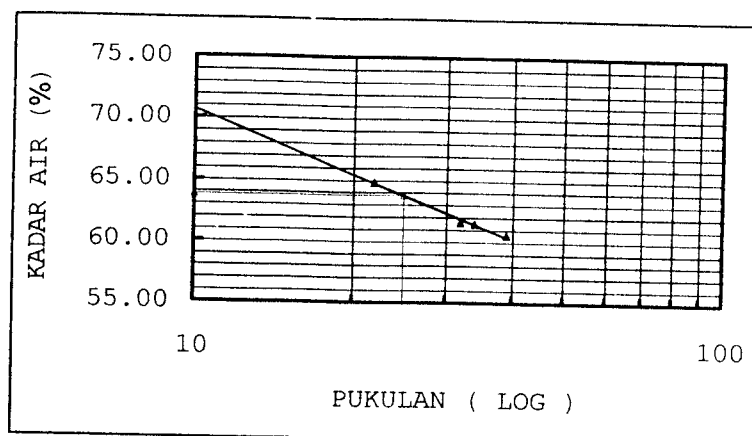
Pengujian batas konsistensi yang dilakukan meliputi: Pengujian Batas Cair, Batas Plastis, dan Batas Susut.

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas cair dan plastis. Hasil perhitungan batas cair ditunjukkan pada Tabel 5.6 dan dalam grafik pada Gambar 5.2 berikut ini.

Tabel 5.6 Hasil pengujian batas cair

No	Pengujian	1	2	3	4
1	Kadar air	64,80	61,55	61,43	60,52
2	Pukulan	22	32	34	39



Gambar 5.2 Grafik batas cair

Dari Gambar 5.2 didapat batas cair sampel lumpur Lapindo sebesar 63,73%.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Dari pengujian batas plastis sampel lumpur Lapindo mempunyai batas plastis 31,71%. Dengan didapatnya nilai batas cair dan batas plastis maka didapat nilai indeks plastisitas sampel lumpur Lapindo sebesar 32,02%.

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Dari pengujian batas susut, sampel lumpur Lapindo Sidoarjo mempunyai batas susut sebesar 20,93%.

Hasil pengujian sifat-sifat mekanis lumpur Lapindo dari Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini

Tabel 5.7 Nilai hasil uji sifat-sifat mekanis lumpur Lapindo

No.	Sifat mekanis tanah	Hasil
1	Kadar air <i>disturbed</i> (w)	38,86 %
2	Berat volume tanah (γ)	1,70
3	Berat jenis (Gs)	2.63
4	Batas cair (LL)	63,73 %
5	Batas plastis (PL)	31,71 %
6	Batas susut (SL)	20.93 %
7	Indeks plastisitas (IP)	32,02 %

5.3 Uji Proktor Standar

Pengujian proktor standar bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah di dalam silinder berukuran tertentu menggunakan cetakan, sampel tanah lolos saringan no. 4. Kegunaan pengujian proktor standar untuk mencari nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) dari suatu sampel tanah. Hasil pengujian proktor standar pada sampel I dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Hasil uji Proktor standar sampel I

No. Pengujian	1	2	3	4	5
Volume silinder (cm ³)	954,17	954,17	954,17	954,17	954,17
Berat tanah basah (gr)	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula (%)	13,46	13,46	13,46	13,46	13,46
Penambahan Air (%)	5	10	15	20	25
Penambahan Air (ml)	100	200	300	400	500
Berat silinder + tanah padat (gr)	3380	3481	3530	3482	3464
Berat tanah padat (gr)	1620	1721	1770	1722	1704
Berat volume tanah (gr/cm ³)	1,698	1,804	1,855	1,805	1,786
Kadar air rata-rata (%)	18,46	23,06	28,11	32,14	38,10
Berat volume tanah kering	1,433	1,466	1,448	1,366	1,293

Perhitungan berat volume tanah basah :

$$\gamma_b = \frac{W}{V(m^3)}$$

$$\gamma_b = \frac{1620 \text{ gr}}{954,17 \text{ m}^3}$$

$$\gamma_b = 1,698 \text{ gr/cm}^3$$

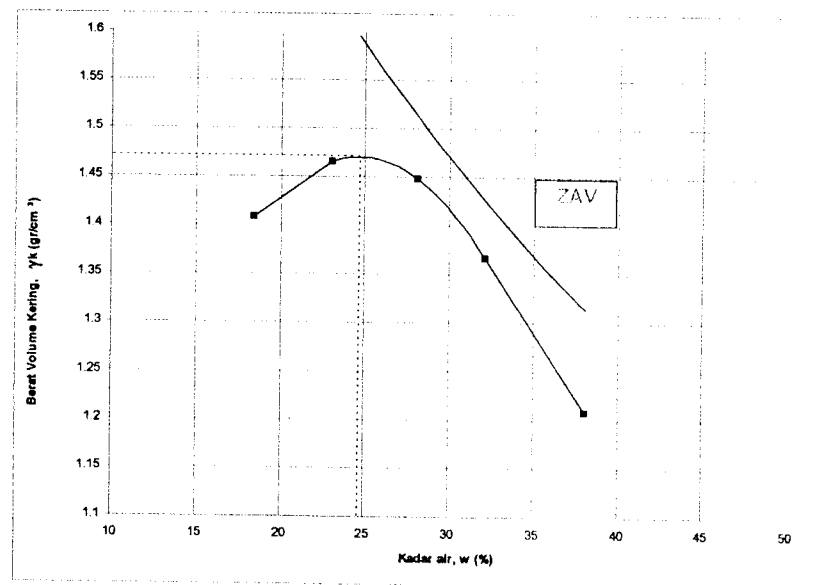
Perhitungan berat volume tanah kering :

$$\gamma_k = \frac{\gamma}{1 + w}$$

$$\gamma_k = \frac{1,698}{1 + 0,1846}$$

$$\gamma_k = 1,433 \text{ gr/cm}^3$$

Kurva hubungan antara kadar air (w) dan berat volume tanah kering (γ_d) dibuat dengan kadar air (w) sebagai *absis* sedangkan berat volume kering (γ_d) sebagai *ordinat*. Puncak kurva merupakan nilai (γ_d) maksimum, kemudian dari titik puncak kurva ditarik garis vertikal memotong *absis*, pada titik ini adalah merupakan kadar air optimumnya. Kurva hasil pengujian kapadatan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut:



Gambar 5.3 Hasil uji kepadatan tanah

Gambar 5.3 diatas menunjukkan hasil uji proktor standar/kepadatan tanah dengan nilai berat volume kering maksimum 1,470 gr/cm³ dan kadar air optimum sebesar 24,64 %.

Pada percobaan selanjutnya untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (w optimum) dan nilai berat volume kering maksimum (γ_k) pada sampel II dan sampel III dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Hasil Uji Pemadatan sampel I, II, III

No uji	Jenis sampel	Nilai	
		w optimum	γ_k (gr/cm ²)
1	Tanah asli (<i>disturbed</i>) I	24,64	1,470
2	Tanah asli (<i>disturbed</i>) II	25,11	1,456
3	Tanah asli (<i>disturbed</i>) III	25,55	1,461

5.4 Uji Konsolidasi

Pengujian konsolidasi dilaksanakan untuk mendapatkan hubungan antara beban dan penurunan pada lumpur lapindo serta nilai Indeks Kompresi (C_c), nilai Koefisien Konsolidasi (C_v) dan waktu yang diperlukan suatu lapisan tanah hingga penurunan 90% selesai (t_{90}). Sampel yang digunakan untuk uji konsolidasi ini adalah lumpur Lapindo jenis tidak terganggu (*undisturbed*) dan Sample tanah asli terganggu (*disturbed*) dengan kadar air yang optimum.

5.4.1 Uji konsolidasi Tanah Tidak Terganggu (*Undisturbed*)

Berikut adalah perhitungan untuk benda uji pada pengujian pertama untuk Tanah tidak terganggu (*undisturbed*) adalah sebagai berikut :

Data parameter tanah dan ring sebelum pengujian :

Berat jenis tanah	(Gs)	= 2,63
Berat ring	(W ₀)	= 40,77 gram
Diameter ring	(d)	= 5 cm
Tinggi ring		= 2,1 cm
Luas ring	(A ₀)	= 19,6349 cm ²
Volume ring	(V ₀)	= 41,2334 cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air tanah} \quad (w) &= 64,63 \% \\
 \text{Berat ring + tanah basah } (W_1) &= 107,83 \text{ gr} \\
 \text{Berat tanah basah} \quad (W_b) &= W_1 - W_0 \\
 &= 107,83 - 40,77 \\
 &= 67,06 \text{ gr} \\
 \text{Berat volume tanah basah } (\gamma_b) &= \frac{W_b}{V} \\
 &= \frac{67,06}{41,2334} \\
 &= 1,626 \text{ gr/cm}^3 \\
 \text{Berat tanah kering} \quad (W_k) &= \frac{W_b}{1 + w} \\
 &= \frac{67,06}{1 + 0,6463} \\
 &= 40,7332 \text{ gr} \\
 \text{Berat volume tanah kering } (\gamma_d) &= \frac{W_k}{V} \\
 &= \frac{40,7332}{41,2334} \\
 &= 0,9878 \text{ gr/cm}^3 \\
 \text{Tinggi bagian padat} \quad (H_t) &= \frac{W_k}{G_s \cdot A_0} \\
 &= \frac{40,7332}{2,63 \cdot 19,6349} \\
 &= 0,79 \text{ cm} \\
 \text{Angka pori} \quad (e_0) &= \frac{H_0 - H_t}{H_t} \\
 &= \frac{2,10 - 0,79}{0,79} \\
 &= 1,7046
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Derajat kejenuhan} \quad (Sr) &= \left(\frac{w_o \cdot G_s}{e_o} \right) \times 100 \% \\
 &= \left(\frac{0,6463 \cdot 2,63}{1,7046} \right) \times 100 \% \\
 &= 99,71958 \%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan parameter tanah sebelum pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.10 di bawah ini :

Tabel 5.10 Parameter tanah sebelum pengujian konsolidasi

Parameter	Nilai	Satuan
Berat ring + tanah basah (W1)	107,83	gr
Berat tanah basah (Wb)	67,06	gr
Berat volume tanah basah (γ_b)	1,626	gr/cm ³
Berat tanah kering (Wk)	40,7332	gr
Berat volume tanah kering (γ_d)	0,9878	gr/cm ³
Tinggi bagian padat (Ht)	0,79	cm
Angka pori (e_o)	1,7046	-
Derajat kejenuhan (Sr)	99,71958	%

Perhitungan uji konsolidasi untuk beban 0,00 kg dan beban 0,50 kg sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Pembacaan beban 0,00 kg,} \quad (H_1) &= 10,000 \text{ mm} \\
 \text{Pembacaan beban 0,50 kg,} \quad (H_2) &= 7,420 \text{ mm} \\
 \text{Tinggi bagian padat (Ht)} &= 0,79 \text{ cm} \\
 \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_1 - H_2 \\
 &= 10,000 - 7,420 \\
 &= 2,580 \text{ mm} \\
 &= 0,258 \text{ cm} \\
 \text{Perubahan angka pori } (\Delta e_1) &= \frac{\Delta H}{Ht}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.258}{0.79} \\
 &= 0.327 \\
 \text{Angka pori } (e_0) &= \frac{H_0 - H_t}{H_t} \\
 &= \frac{2,10 - 0.79}{0.79} \\
 &= 1.7046 \\
 \text{Tebal akhir } (H) &= H_0 - \Delta H \\
 &= 2,10 - (0,258) \\
 &= 1,842 \text{ cm} \\
 \text{Tebal rata-rata } (d) &= \left(\frac{H_0 + H}{2} \right) \\
 &= \left(\frac{2,10 + 1,842}{2} \right) \\
 &= 1,9710 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan uji konsolidasi untuk beban 0,50 kg dan beban 1,00 kg.

Pembacaan beban 0,50 kg, (H_1) = 7,420 mm

Pembacaan beban 1,00 kg, (H_2) = 6.730 mm

$$H_1 = 1,842 \text{ cm (tebal akhir beban 0,00 kg dan 0,50 kg)}$$

$$H_t = 0,79 \text{ cm}$$

$$e_0 = 1,7046$$

$$\Delta e_1 = 0,327$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_1 - H_2 \\
 &= 7,420 - 6,730 \\
 &= 0.690 \text{ mm} \\
 &= 0,0690 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

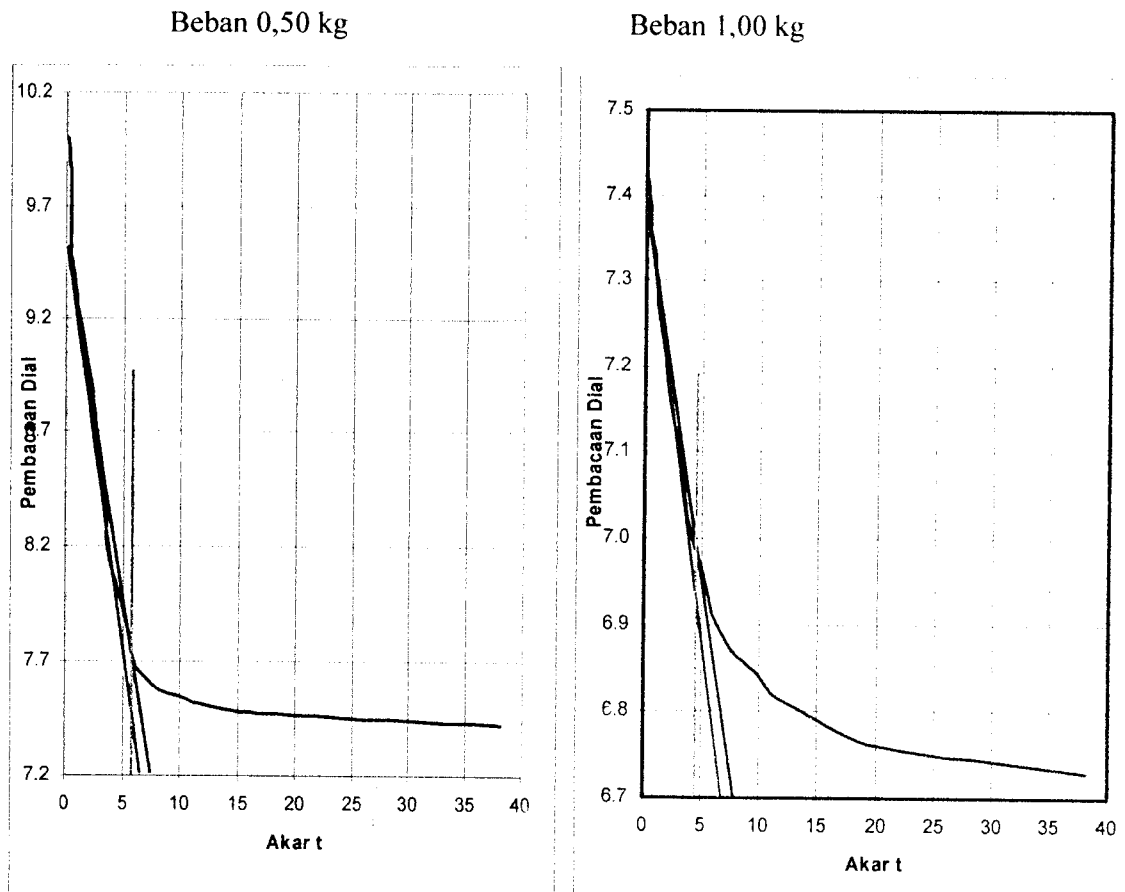
$$\text{Perubahan angka pori } (\Delta e_2) = \frac{\Delta H}{H_t}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,069}{0,79} \\
 &= 0,08734 \\
 \text{Angka pori (} e_1 \text{)} &= e_0 - \Delta e_1 \\
 &= 1,7046 - (0,327) \\
 &= 1,378 \\
 \text{Indeks kompresi (} C_c \text{)} &= \frac{\Delta e_2}{\log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)} \\
 &= \frac{0,8734}{\log \left(\frac{0,50}{0,25} \right)} \\
 &= 0,291 \\
 \text{Tebal akhir (} H_2 \text{)} &= H_1 - \Delta H \\
 &= 1,842 - 0,069 \\
 &= 1,7730 \text{ cm} \\
 \text{Tebal rata-rata (} d \text{)} &= \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) \\
 &= \left(\frac{1,842 + 1,773}{2} \right) \\
 &= 1,8075 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Pembacaan dial pembebanan dan akar waktu penurunan pada uji konsolidasi untuk beban 0,50 kg dan beban 1,00 kg terdapat pada Tabel 5.11 dan grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu dapat dilihat pada Gambar 5.4.

Tabel 5.11 Pembacaan dial untuk beban 0,50 kg dan 1,00 kg.

Waktu Pembacaan		Pembacaan dial	
t	\sqrt{t}	0.50 kg	1.00 kg
0	0	10.000	7.420
5,40"	0.3	9.800	7.380
15,00"	0.3	9.500	7.369
29,40"	0.5	9.455	7.348
1,00"	0.7	9.340	7.320
2,25"	1.0	9.225	7.260
4,00"	1.6	9.035	7.210
6,25"	2.2	8.878	7.156
9,00"	2.8	8.510	7.110
12,25"	3.4	8.370	7.060
16,00"	3.6	8.180	7.022
25,00"	5.0	7.882	6.960
36,00"	5.8	7.705	6.914
49,00"	7.0	7.620	6.882
64,00"	8.0	7.575	6.862
81,00"	9.6	7.550	6.848
100,00"	10.5	7.532	6.830
121,00"	11.0	7.518	6.820
144,00"	12.0	7.508	6.810
225,00"	15.0	7.480	6.790
400,00"	20.0	7.465	6.760
1440,00"	38.0	7.420	6.730



Gambar 5.4 Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 0,50 kg dan 1,00 kg

Akar waktu ($\sqrt{t_{90}}$) yang dihasilkan dari pembacaan grafik untuk beban 0,50 kg adalah 5,61 menit, sehingga $t_{90} = 5,61^2 \cdot 60 = 1888,32$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 0,00 kg dan 0,50 kg yaitu 1,9710 cm.

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}} \\
 &= \frac{0,848 (1,9710/2)^2}{1888,32} \\
 &= 0,0004361 \text{ cm}^2/\text{detik}.
 \end{aligned}$$

Akar waktu ($\sqrt{t_{90}}$) untuk pembebanan 1,00 kg adalah 4,42 menit, sehingga $t_{90} = 4,42^2 \cdot 60 = 1172,18$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 0,25 kg/cm² dan 1,00 kg yaitu 1,8075 cm.

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}} \\ &= \frac{0,848 (1,8075/2)^2}{1172,18} \\ &= 0,0005908 \text{ cm}^2/\text{detik}. \end{aligned}$$

Perhitungan untuk beban 1,00 kg dan beban 2,00 kg

Pembacaan beban 1,00 kg, (H_1) = 6,730 mm

Pembacaan beban 2,00 kg, (H_2) = 5,880 mm

$$H_2 = 1,7730 \text{ cm (tebal akhir beban 0,50 kg dan 1,00 kg)}$$

$$H_t = 0,79 \text{ cm}$$

$$e_1 = 1,378$$

$$\Delta e_2 = 0,087$$

Analisis :

$$\begin{aligned} \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_1 - H_2 \\ &= 6,730 - 5,880 \\ &= 0,85 \text{ mm} \\ &= 0,085 \text{ cm} \end{aligned}$$

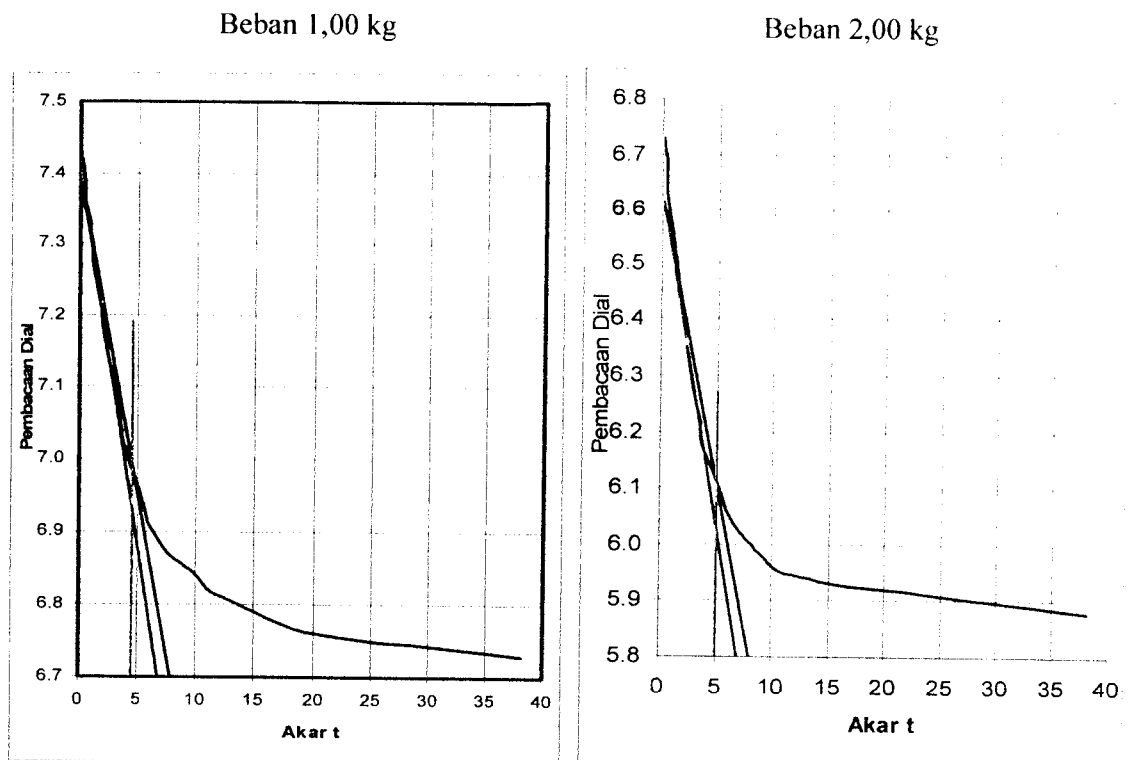
$$\begin{aligned} \text{Perubahan angka pori } (\Delta e_3) &= \frac{\Delta H}{H_t} \\ &= \frac{0,085}{0,79} \\ &= 0,108 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori (} e_2 \text{)} &= e_1 - \Delta e_2 \\
 &= 1,290 \\
 \\
 \text{Indeks kompresi (} C_c \text{)} &= \frac{\Delta e_3}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{0,108}{\log\left(\frac{1,00}{0,50}\right)} \\
 &= 0,358 \\
 \\
 \text{Tebal akhir (} H_1 \text{)} &= H_2 - \Delta H \\
 &= 1,7730 - 0,085 \\
 &= 1,6880 \text{ cm} \\
 \\
 \text{Tebal rata-rata (} d \text{)} &= \left(\frac{H_2 + H_3}{2}\right) \\
 &= \left(\frac{1,7730 + 1,6880}{2}\right) \\
 &= 1,7305 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Pembacaan dial pembebanan dan akar waktu penurunan pada uji konsolidasi untuk beban 1,00 kg dan beban 2,00 kg dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan pada gambar 5.5 berikut ini.

Tabel 5.12 Pembacaan dial untuk beban 1,00 kg dan beban 2,00 kg

Waktu Pembacaan		Pembacaan dial	
t	\sqrt{t}	1.00 kg	2.00 kg
0	0	7.420	6.730
5,40"	0.3	7.380	6.680
15,00"	0.3	7.369	6.650
29,40"	0.5	7.348	6.610
1,00"	0.7	7.320	6.570
2,25"	1.0	7.260	6.532
4,00"	1.6	7.210	6.428
6,25"	2.2	7.156	6.345
9,00"	2.8	7.110	6.270
12,25"	3.4	7.060	6.219
16,00"	3.6	7.022	6.178
25,00"	5.0	6.960	6.102
36,00"	5.8	6.914	6.060
49,00"	7.0	6.882	6.022
64,00"	8.0	6.862	5.999
81,00"	9.6	6.848	5.966
100,00"	10.5	6.830	5.954
121,00"	11.0	6.820	5.948
144,00"	12.0	6.810	5.945
225,00"	15.0	6.790	5.932
400,00"	20.0	6.760	5.920
1440,00"	38.0	6.730	5.880



Gambar 5.5 Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 1,00 kg dan beban 2,00 kg

Akar waktu ($\sqrt{90}$) untuk pembebanan 1,00 kg adalah 4,42 menit, sehingga $t_{90} = 4,42^2 \cdot 60 = 1172,18$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan $0,25 \text{ kg/cm}^2$ dan 1,00 kg yaitu 1,8075 cm.

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}} \\ &= \frac{0,848 (1,8075/2)^2}{1172,18} \\ &= 0,0005908 \text{ cm}^2/\text{detik}. \end{aligned}$$

Akar waktu untuk ($\sqrt{90}$) untuk pembebanan 2,00 kg adalah 4,86 menit, sehingga $t_{90} = 4,86^2 \cdot 60 = 1417,176$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 1,00 kg dan 2,00 kg yaitu 1,7305 cm.

$$C_v = \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}}$$

$$= \frac{0,848(1,7305/2)^2}{1417,176}$$

$$= 0,000447 \text{ cm}^2/\text{detik}$$

Perhitungan untuk beban 2,00 kg dan beban 4,00 kg

Pembacaan beban 1,00 kg/cm², (H₁) = 5,880 mm

Pembacaan beban 2,00 kg/cm², (H₂) = 4,881 mm

H₃ = 1,6880 cm (tebal akhir beban 1,00 kg dan 2,00 kg)

H_t = 0,79 cm

e₂ = 1,290

Δe₃ = 0,180

$$\begin{aligned} \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_1 - H_2 \\ &= 5,880 - 4,881 \\ &= 1,00 \text{ mm} \\ &= 0,100 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perubahan angka pori } (\Delta e_4) &= \frac{\Delta H}{H_t} \\ &= \frac{0,100}{0,79} \\ &= 0,127 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori } (e_3) &= e_2 - \Delta e_4 \\ &= 1,182 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Indeks kompresi } (Cc) &= \frac{\Delta e_4}{\log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)} \\ &= \frac{0,127}{\log \left(\frac{2,00}{1,00} \right)} \\ &= 0,421 \end{aligned}$$

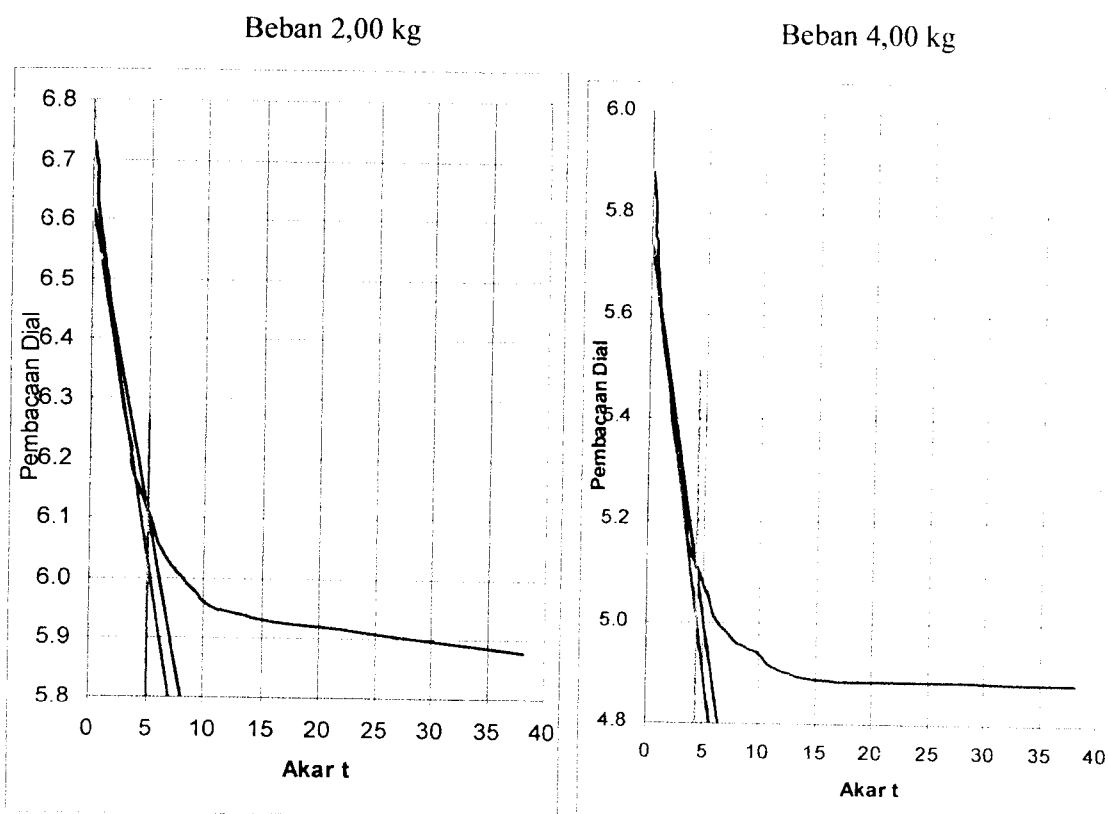
$$\begin{aligned} \text{Tebal akhir (H}_1\text{)} &= H_2 - \Delta H \\ &= 1,6880 - 0,100 \\ &= 1,5880 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal rata-rata (d)} &= \left(\frac{H_3 + H_4}{2} \right) \\ &= \left(\frac{1,6880 + 1,5880}{2} \right) \\ &= 1,6381 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pembacaan dial pembebanan dan akar waktu penurunan untuk beban 2,00 kg dan beban 4,00 kg dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan pada Gambar 5.6 berikut ini.

Tabel 5.13 Pembacaan dial untuk beban 2,00 kg dan beban 4,00 kg

Waktu Pembacaan		Pembacaan dial	
t	\sqrt{t}	2.00 kg	4.00 kg
0	0	6.730	5.880
5,40"	0.3	6.680	5.820
15,00"	0.3	6.650	5.775
29,40"	0.5	6.610	5.730
1,00"	0.7	6.570	5.665
2,25"	1.0	6.532	5.549
4,00"	1.6	6.428	5.460
6,25"	2.2	6.345	5.360
9,00"	2.8	6.270	5.284
12,25"	3.4	6.219	5.206
16,00"	3.6	6.178	5.150
25,00"	5.0	6.102	5.067
36,00"	5.8	6.060	5.013
49,00"	7.0	6.022	4.980
64,00"	8.0	5.999	4.959
81,00"	9.6	5.966	4.941
100,00"	10.5	5.954	4.925
121,00"	11.0	5.948	4.915
144,00"	12.0	5.945	4.903
225,00"	15.0	5.932	4.889
400,00"	20.0	5.920	4.886
1440,00"	38.0	5.880	4.881



Gambar 5.6 Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 2,00 kg dan beban 4,00 kg

Akar waktu untuk ($\sqrt{90}$) untuk pembebanan 2,00 kg adalah 4,86 menit, sehingga $t_{90} = 4,86^2 \cdot 60 = 1417,176$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 1,00 kg dan 2,00 kg yaitu 1,7305 cm.

$$\begin{aligned}
 Cv &= \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}} \\
 &= \frac{0,848 (1,7305/2)^2}{1417,176} \\
 &= 0,000447 \text{ cm}^2/\text{detik}.
 \end{aligned}$$

Akar waktu untuk ($\sqrt{t_{90}}$) untuk pembebanan 4,00 kg adalah 4,38 menit, sehingga $t_{90} = 4,38^2 \cdot 60 = 1151,064$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 4,00 kg dan 8,00 kg yaitu 1,6381 cm.

$$C_v = \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}}$$

$$= \frac{0,848 (1,6381/2)^2}{1151,064}$$

$$= 0,000494 \text{ cm}^2/\text{detik.}$$

Perhitungan untuk beban 4,00 kg dan beban 8,00 kg

Pembacaan beban 4,00 kg, (H_1) = 4,881 mm

Pembacaan beban 8,00 kg, (H_2) = 3,860 mm

$$H_4 = 1,588 \text{ cm (tebal akhir beban 1,00 kg dan 2,00 kg)}$$

$$H_t = 0,79 \text{ cm}$$

$$e_3 = 1,181$$

$$\Delta e_4 = 0,127$$

$$\begin{aligned} \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_1 - H_2 \\ &= 4,881 - 3,860 \\ &= 1,02 \text{ mm} \\ &= 0,102 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perubahan angka pori } (\Delta e_4) &= \frac{\Delta H}{H_t} \\ &= \frac{0,102}{0,79} \\ &= 0,129 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori } (e_3) &= e_2 - \Delta e_4 \\ &= 1,056 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Indeks kompresi } (C_c) &= \frac{\Delta e_4}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} = \frac{0,129}{\log\left(\frac{4,00}{2,00}\right)} \\ &= 0,430 \end{aligned}$$

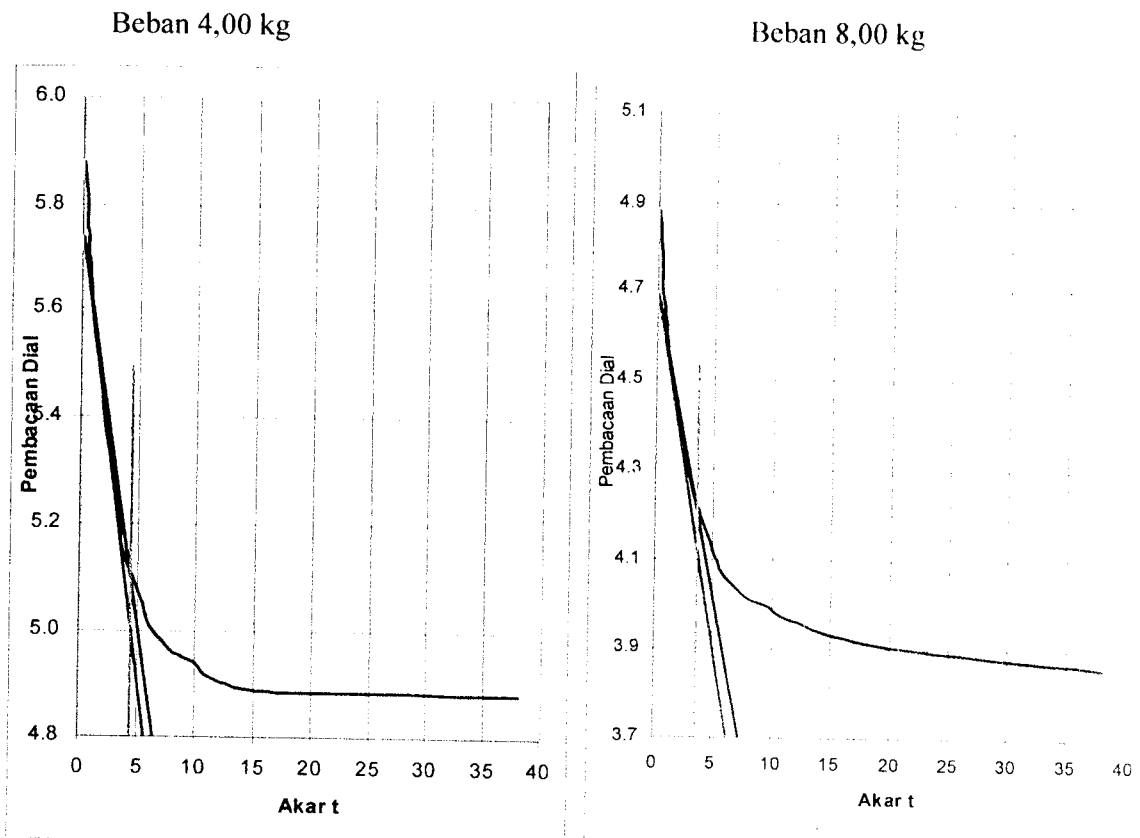
$$\begin{aligned} \text{Tebal akhir (H}_1\text{)} &= H_3 - \Delta H \\ &= 1,588 - 0,102 \\ &= 1,486 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal rata-rata (d)} &= \left(\frac{H_4 + H_5}{2} \right) \\ &= \left(\frac{1,588 + 1,486}{2} \right) \\ &= 1,537 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pembacaan dial pembebanan dan akar waktu penurunan untuk beban 4,00 kg dan beban 8,00 kg dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan pada Gambar 5.7 berikut ini.

Tabel 5.14 Pembacaan dial untuk beban 4,00 kg dan beban 8,00 kg

Waktu Pembacaan		Pembacaan dial	
t	\sqrt{t}	4.00 kg	8.00 kg
0	0	0.000	0.000
5,40"	0.3	5.820	4.755
15,00"	0.3	5.775	4.716
29,40"	0.5	5.730	4.678
1,00"	0.7	5.665	4.624
2,25"	1.0	5.549	4.528
4,00"	1.6	5.460	4.453
6,25"	2.2	5.360	4.364
9,00"	2.8	5.284	4.292
12,25"	3.4	5.206	4.230
16,00"	3.6	5.150	4.219
25,00"	5.0	5.067	4.110
36,00"	5.8	5.013	4.062
49,00"	7.0	4.980	4.032
64,00"	8.0	4.959	4.010
81,00"	9.6	4.941	3.994
100,00"	10.5	4.925	3.976
121,00"	11.0	4.915	3.968
144,00"	12.0	4.903	3.959
225,00"	15.0	4.889	3.932
400,00"	20.0	4.886	3.904
1440,00"	38.0	4.881	3.860



Gambar 5.7 Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 4,00 kg dan beban 8,00 kg

Akar waktu untuk ($\sqrt{90}$) untuk pembebanan 4,00 kg adalah 4,38 menit, sehingga $t_{90} = 4,38^2 \cdot 60 = 1151,064$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 4,00 kg dan 8,00 kg yaitu 1,6381 cm.

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}} \\
 &= \frac{0,848 (1,6381/2)^2}{1151,064} \\
 &= 0,000494 \text{ cm}^2/\text{detik}.
 \end{aligned}$$

Akar waktu untuk ($\sqrt{t_{90}}$) untuk pembebanan 8,00 kg adalah 3,49 menit, sehingga $t_{90} = 3,49^2 \cdot 60 = 730,806$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 8,00 kg dan 16,00 kg yaitu 1,537 cm.

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}} \\ &= \frac{0,848 (1,537/2)^2}{730,806} \\ &= 0,000685 \text{ cm}^2/\text{detik}. \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung untuk pembebanan 8,00; 16,00; kg dan beban rebound 4,00 dan 0,50 kg dengan cara yang sama seperti diatas. Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ dapat dilihat pada Tabel 5.15 di bawah ini.

Tabel 5.15 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ sampel *undisturbed* I

Load (kg)	Pressure (kg/cm ²)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,50	0,25	0,291	5,61	0,0004361
1,00	0,50	0,358	4,42	0,0005908
2,00	1,00	0,421	4,86	0,0004479
4,00	2,00	0,430	4,38	0,0004941
8,00	4,00	0,392	3,49	0,0006853
16,00	8,00	0,213	4,89	0,0003061

Data parameter setelah pengujian :

Pembacaan beban rebound 4,00 kg, (H_1) = 2,990 mm

Pembacaan beban rebound 0,50 kg, (H_2) = 3.500 mm

Berat cincin (W_0) = 40,77 gr

Berat cincin + tanah basah (W_2) = 99,24 gr

Berat cincin + tanah kering (W_3) = 81,81 gr

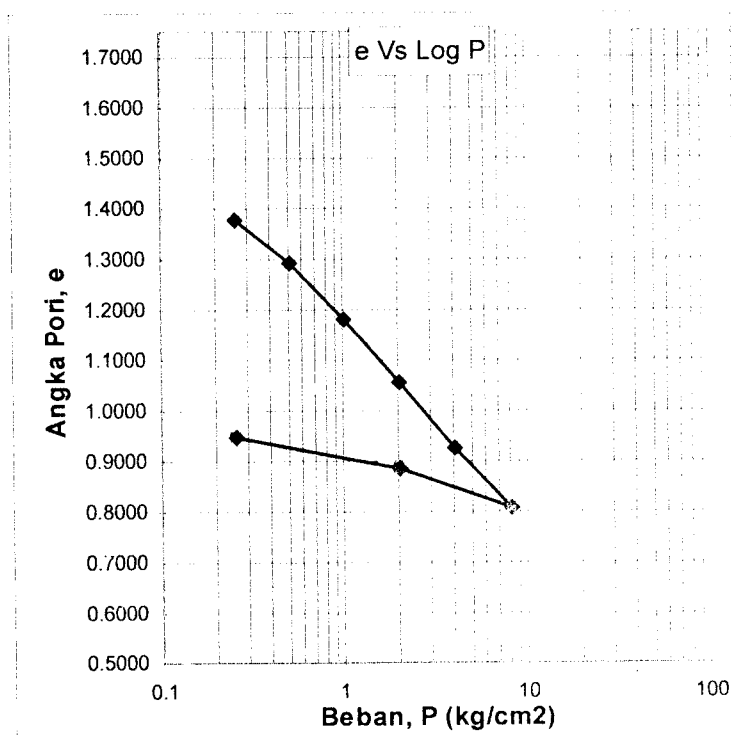
Berat tanah kering	(W_k)	$= W_3 - W_0$ $= 81,81 - 40,77$ $= 41,040 \text{ gr}$
Kadar air	(w_r)	$= \frac{W_2 - W_3}{W_k}$ $= \frac{99,24 - 81,81}{41,040}$ $= 42,47 \%$
Perubahan tebal (ΔH)		$= H_2 - H_1$ $= 2,990 - 3,500$ $= - 0,051 \text{ cm}$
Perubahan angka pori	(Δe_r)	$= \frac{\Delta H}{H_t}$ $= \frac{- 0,051}{0,79}$ $= - 0,065$
Angka pori	(e_{sp})	$= e_{r1} - \Delta e_r$ $= 0,936 - (- 0,065)$ $= 0,949$
Derajat kejenuhan	(S_r)	$= \left(\frac{w_r \cdot G_s}{e_{sp}} \right) \times 100 \%$ $= \left(\frac{0,4247 \cdot 2,63}{1,00} \right) \times 100 \%$ $= 117,6 \%$

Dari hasil perhitungan pada pengujian parameter tanah sesudah pengujian untuk sampel tanah *undisturbed* dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

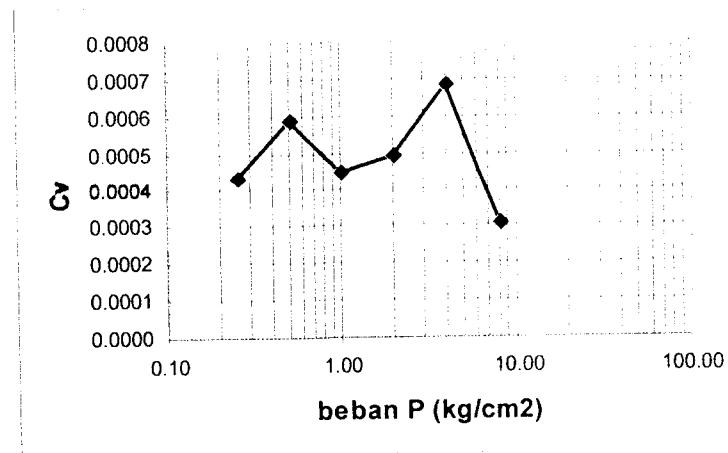
Tabel 5.16 Hasil perhitungan parameter tanah sesudah pengujian

Berat ring + tanah basah, W_2 (gr)	99,24
Berat ring + tanah kering, W_3 (gr)	81,81
Kadar air, (w) (%)	42,47
Angka pori, (e) (%)	0,949
Derajat kejenuhan, (Sr) (%)	117,6

Grafik hubungan tegangan efektif dan angka pori dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan grafik hubungan pembebanan dan koefisien konsolidasi dapat dilihat pada gambar 5.9 di bawah ini.



Gambar 5.8 Grafik hubungan tegangan efektif dan angka pori pada sampel *undisturbed 1*



Gambar 5.9 Grafik hubungan pembebanan dan koefisien konsolidasi pada sampel *undisturbed* I

Perhitungan C_c total

Angka pori awal (e_0) = 1,705

Angka pori akhir (e_r) = 0,808

$$\begin{aligned}
 C_c \text{ total} &= \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{1,705 - 0,808}{\log\left(\frac{8}{0,25}\right)} \\
 &= 0,5954
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan-perhitungan dengan cara yang sama untuk sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed*) II dan (*undisturbed*) III untuk pembebanan yang sama (beban 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 4,00; 8,00 serta beban rebound 2,00; dan 0,25 kg/cm²) seperti contoh perhitungan pada tanah sampel I dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan tabel 5.18 di bawah ini.

Tabel 5.17 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah tidak terganggu (*undisturbed*) II

Beban (kg)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,50	0,354	5,16	0,0005060
1,00	0,382	5,1	0,0004226
2,00	0,450	4,71	0,0004483
4,00	0,437	4,76	0,0003894
8,00	0,437	4,51	0,0003785
16,00	0,181	4,96	0,0002710

Dari hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah *undisturbed* II diperoleh:

$$\text{Angka pori awal } (e_0) = 1,660$$

$$(e_r) = 0,675$$

$$\begin{aligned} C_c \text{ total} &= \frac{\Delta_e}{\log\left(\frac{P_2}{P}\right)} \\ &= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\ &= \frac{1,697 - 0,699}{\log\left(\frac{8}{0,25}\right)} \\ &= 0,6634 \end{aligned}$$

Tabel 5.18 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah tidak terganggu (*undisturbed*) III

Beban (kg)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,50	0,412	4,56	0,00060249
1,00	0,506	6,7	0,00022208
2,00	0,413	4,56	0,00042245
4,00	0,397	4,45	0,00038745
8,00	0,404	4,87	0,00028478
16,00	0,151	4,05	0,00035991

Dari hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah *undisturbed* III diperoleh:

Angka pori awal (e_0) = 1,590

Angka pori akhir (e_r) = 0,588

Sehingga

$$\begin{aligned}
 C_c \text{ total} &= \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{1,735 - 0,672}{\log\left(\frac{8}{0,25}\right)} \\
 &= 0,7061
 \end{aligned}$$

Nilai C_c total rata-rata lumpur Lapindo untuk sampel *undisturbed* I, II, dan III dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut:

Tabel 5.19 Nilai Cc total rata-rata sampel *undisturbed* I, II, III

Jenis sampel	Cc total	Cc total rata-rata
Sampel <i>undisturbed</i> I	0,59549	0,6551
Sampel <i>undisturbed</i> II	0,66348	
Sampel <i>undisturbed</i> III	0,70619	

Nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ dari ketiga sampel diatas akan diambil nilai rata-rata sampel lumpur Lapindo *undisturbed* I, II, dan III dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut:

Tabel 5.20 Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ sampel lumpur Lapindo *undisturbed* I, II dan III

Beban (kg)	Sampel I			Sampel II			Sampel III			Rata-rata		
	C_c	C_v	$\sqrt{t_{90}}$	C_c	C_v	$\sqrt{t_{90}}$	C_c	C_v	$\sqrt{t_{90}}$	C_c	C_v	$\sqrt{t_{90}}$
0,50	0,290587	0,000436	5,61	0,353714	0,000506007	5,16	0,411978	0,000602498	4,56	0,352093	0,000515	5,11
1,00	0,357969	0,000591	4,42	0,381874	0,000422685	5,1	0,505508	0,000222088	6,7	0,415117	0,000412	5,40
2,00	0,420719	0,000448	4,86	0,450143	0,000448329	4,71	0,413314	0,000422455	4,56	0,428058	0,00044	4,71
4,00	0,429984	0,000494	4,38	0,437342	0,000389424	4,76	0,39728	0,000387457	4,45	0,421535	0,000424	4,53
8,00	0,39166	0,000685	3,49	0,437342	0,000378574	4,51	0,404406	0,000284787	4,87	0,411136	0,00045	4,29
16,00	0,212676	0,000306	4,89	0,181337	0,000271042	4,96	0,15143	0,000359917	4,05	0,181814	0,000312	4,63

5.4.2 Uji konsolidasi Tanah Dengan Kadar Air Optimum

Hasil analisis uji konsolidasi pada pengujian pertama untuk sampel tanah dengan kadar air optimum, dengan cara yang sama maka didapat parameter tanah sebelum pengujian seperti pada Tabel 5.21 berikut:

Tabel 5.21 Parameter tanah sebelum pengujian

Parameter	Nilai	Satuan
Berat ring + tanah basah (W1)	116,65	gr
Berat tanah basah (Wb)	75,88	gr
Berat volume tanah basah (γ_b)	1,840	gr/cm ³
Berat tanah kering (Wk)	59,244	gr
Berat volume tanah kering (γ_d)	1,471	gr/cm ³
Tinggi bagian padat (Ht)	1,17	cm
Angka pori (e_0)	0,7879	-
Derajat kejenuhan (Sr)	83,8	%

Hasil pengujian konsolidasi dengan beban 0.50, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, dan 16.00 kg didapatkan nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.22 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ sampel I dengan kadar air optimum

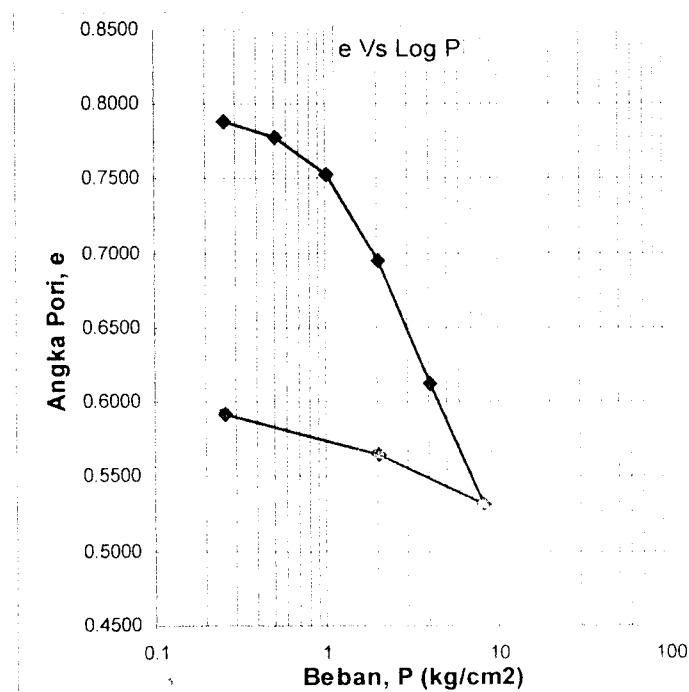
Beban (kg)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,50	0,033	0	0
1,00	0,082	4,77	0,0006810
2,00	0,195	6,15	0,0004017
4,00	0,274	6,37	0,0003570
8,00	0,268	7,93	0,0002118
16,00	0,156	9,85	0,0001240

Parameter hasil sesudah pengujian pada sampel I dengan kadar air optimum terdapat pada Tabel 5.23 di bawah ini.

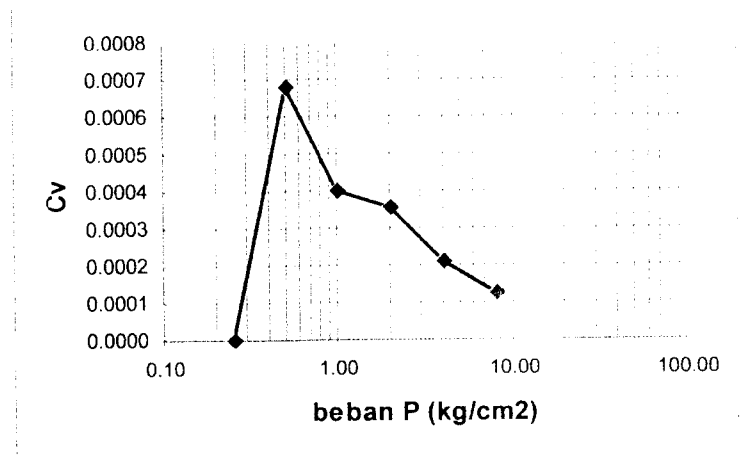
Tabel 5.23 Hasil perhitungan parameter tanah sesudah pengujian

Berat ring + tanah basah, W_2 (gr)	119,45
Berat ring + tanah kering, W_3 (gr)	103,89
Kadar air, (w) (%)	24.65
Angka pori, (e) (%)	0,593
Derajat kejenuhan, (Sr) (%)	109,40

Grafik hubungan antara tegangan efektif dan angka pori dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan grafik hubungan pembebanan dan koefisien konsolidasi dapat dilihat pada Gambar 5.11 di bawah ini.



Gambar 5.10 Grafik hubungan tegangan efektif dan angka pori



Gambar 5.11 Grafik hubungan pembebanan dan koefisien konsolidasi

Perhitungan C_c total pada sampel I dengan kadar air optimum

Angka pori awal (e_0) = 0,788

Angka pori akhir (e_r) = 0,531

$$\begin{aligned}
 C_c \text{ total} &= \frac{\Delta e}{\log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)} \\
 &= \frac{e_0 - e_r}{\log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)} \\
 &= \frac{0,788 - 0,531}{\log \left(\frac{8}{0,25} \right)} \\
 &= 0,1705
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dengan cara yang sama untuk sampel tanah dengan kadar air optimum II dan III untuk pembebanan yang sama (beban 0,50; 1,00; 2,00; 4,00; 8,00; 16,00 serta beban rebound 4,00; dan 0,50 kg/cm²) seperti contoh perhitungan pada tanah sampel I dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Tabel 5.25 berikut ini.

Tabel 5.24 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah dengan kadar air optimum II

Beban (kg)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,50	0,015	0	0
1,00	0,045	5,70	0,0004783
2,00	0,122	6,31	0,0003863
4,00	0,180	6,93	0,0003110
8,00	0,245	8,00	0,0002211
16,00	0,083	9,08	0,0001586

Dari hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah dengan kadar air optimum II diperoleh:

$$\text{Angka pori awal } (e_0) = 0,738$$

$$(e_r) = 0,556$$

$$\begin{aligned} C_c \text{ total} &= \frac{\Delta_e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\ &= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\ &= \frac{0,738 - 0,556}{\log\left(\frac{8}{0,25}\right)} \\ &= 0,1212 \end{aligned}$$

Tabel 5.25 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah dengan kadar air optimum III

Beban (kg)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,50	0,048	7,25	0,0002769
1,00	0,131	7,42	0,0002596
2,00	0,220	6,06	0,0003776
4,00	0,280	8,23	0,0001925
8,00	0,305	9,60	0,0001292
16,00	0,154	10,23	0,0001018

Dari hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah dengan kadar air optimum III diperoleh:

$$\text{Angka pori awal } (e_0) = 0,804$$

$$\text{Angka pori akhir } (e_r) = 0,490$$

$$\begin{aligned} C_c \text{ total} &= \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\ &= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\ &= \frac{0,772 - 0,464}{\log\left(\frac{8}{0,25}\right)} \\ &= 0,2050 \end{aligned}$$

Nilai C_c total rata-rata sampel lumpur lapindo dengan kadar air optimum I, II, dan III dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut:

Tabel 5.26 Nilai Cc total rata-rata sampel lumpur Lapindo dengan kadar air optimum I, II, III

Jenis sampel	Cc total	Cc rata-rata
Sample kadar air optimum I	0,1705	0,1655
Sampel kadar air optimum II	0,1212	
Sampel kadar air optimum III	0,2050	

Nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ dari lumpur Lapindo dengan kadar air optimum sampel I, II dan III diatas akan diambil nilai rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut:

Tabel 5.27 Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ sampel lumpur Lapindo dengan kadar air optimum I, II dan III

Beban (kg)	Sampel I			Sampel II			Sampel III			Rata-rata		
	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v
0,50	0,03309	0	0	0,01457	0	0	0,04818	7,25	0,0002769	0,03195	2,41	0,00009233
1,00	0,08173	4,77	0,0006810	0,04482	5,7	0,0004783	0,13103	7,42	0,0002596	0,08586	5,96	0,00047303
2,00	0,19543	6,15	0,0004017	0,12182	6,31	0,0003863	0,21975	6,06	0,0003776	0,17900	6,17	0,00038858
4,00	0,27406	6,37	0,0003570	0,18040	6,93	0,0003110	0,28027	8,32	0,0001925	0,24491	7,20	0,00028689
8,00	0,26840	7,93	0,0002118	0,24755	8,00	0,0002211	0,30524	9,60	0,0001292	0,27280	8,51	0,00018742
16,00	0,15555	9,86	0,0001240	0,08250	9,08	0,0001586	0,15424	10,23	0,0001018	0,13076	9,72	0,00012818

5.5 Analisis Penurunan

Dengan pengetahuan yang didapat dari hasil uji konsolidasi, maka kita dapat menghitung kemungkinan penurunan di lapangan yang disebabkan oleh konsolidasi primer di lapangan, nilai penurunan dari perhitungan kali ini adalah secara mekanis untuk membandingkan dengan nilai penurunan yang diperoleh dari pengamatan selama pengujian di laboratorium.

Rumus yang digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi adalah: (Braja M. Das 1988, Hal 194)

$$S = H \frac{\Delta e}{1 + e_0}$$

S = *Settlement* yang terjadi

H = Tebal lempung

Δe = Perubahan angka Pori

e_0 = Angka pori awal

Perhitungan penurunan pada lumpur Lapindo *undisturbed* untuk beban 0,00-0,50 kg

Diketahui:

$$H = 2,10$$

$$\Delta e = 0,327$$

$$e_0 = 1,705$$

$$S = 2,10 \frac{0,327}{1 + 1,705}$$

$$= 0,25396 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan penurunan yang terjadi secara mekanis adalah sama dengan penurunan selama pengujian di laboratorium untuk pembebanan 0,50 kg pada tanah *undisturbed* yaitu sebesar 0,254 mm.

Selanjutnya untuk hitungan penurunan pembebanan 0.50, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00 dan 16 kg, dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Penurunan pada sampel undisturbed

Beban (Kg)	Penurunan : $S = H \frac{\Delta e}{1 + e_0}$ (mm)			
	Undisturbed I	Undisturbed II	Undisturbed III	Rata-rata
0,50	0,254	0,295	0,314	0,288
1,00	0,068	0,083	0,093	0,370
2,00	0,084	0,089	0,114	0,466
4,00	0,098	0,106	0,093	0,566
8,00	0,101	0,103	0,089	0,664
16,00	0,092	0,103	0,091	0,759

Dari Tabel 5.28 di atas untuk lumpur Lapindo jenis *undisturbed* dengan kadar air 64,63 % penurunan rata-rata terbesar terjadi pada pembebanan awal yaitu pada beban 0,50 kg yaitu sebesar 0,288 mm.

Hasil hitungan penurunan untuk lumpur Lapindo dengan kadar air optimum dapat dilihat pada Tabel 5.29 di bawah ini.

Tabel 5.29 Penurunan pada sampel dengan kadar air optimum

Beban (Kg)	Penurunan : $S = H \frac{\Delta e}{1 + e_0}$ (mm)			
	w optimum I	w optimum II	w optimum III	Rata-rata
0,50	0,000	0,000	0,020	0,007
1,00	0,012	0,005	0,037	0,018
2,00	0,041	0,022	0,081	0,048
4,00	0,110	0,066	0,156	0,111
8,00	0,207	0,132	0,251	0,197
16,00	0,302	0,221	0,355	0,292

Dari Tabel 5.29 di atas untuk lumpur Lapindo *disturbed* dengan kadar air optimum yaitu sebesar 25,11 % penurunan rata-rata terbesar terjadi pada pembebanan 16,00 kg sebesar 0,292 mm.

5.6 Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Pada Uji Konsolidasi

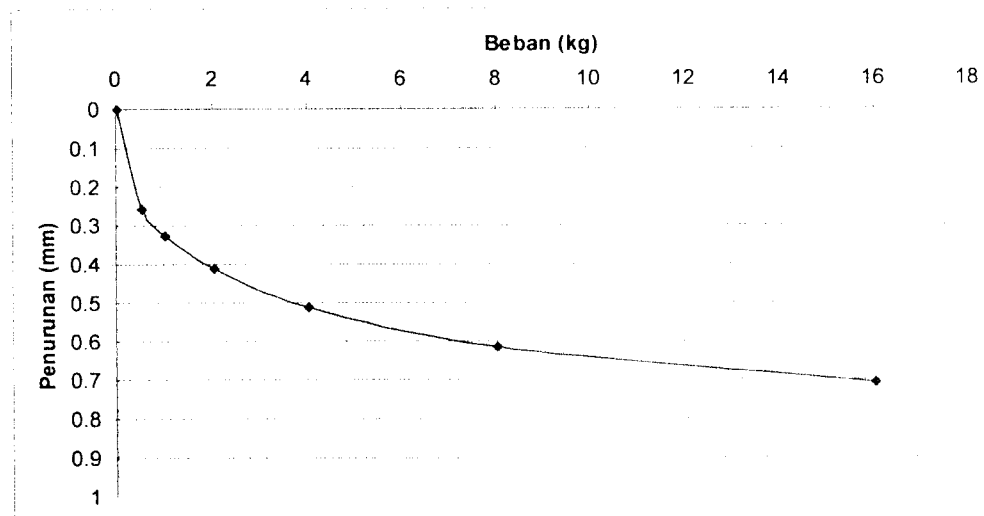
Penurunan yang terjadi akibat pembebanan pada lumpur Lapindo pada uji konsolidasi dengan menggunakan variasi beban yang ditambahkan yaitu 0.50, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, dan 16.00 kg, waktu pengujian 24 jam, dengan sampel *undisturbed* dan kadar air optimum.

5.6.1 Sampel Tanah Undisturbed

Hasil rata-rata pengujian dari 3 sampel tanah *undisturbed* dengan kadar air 64,63 % seperti pada Tabel 5.30 s/d 5.32 dan Gambar 5.12 s/d 5.13 berikut ini.

Tabel 5.30 Penurunan akibat pembebanan pada sampel undisturbed I

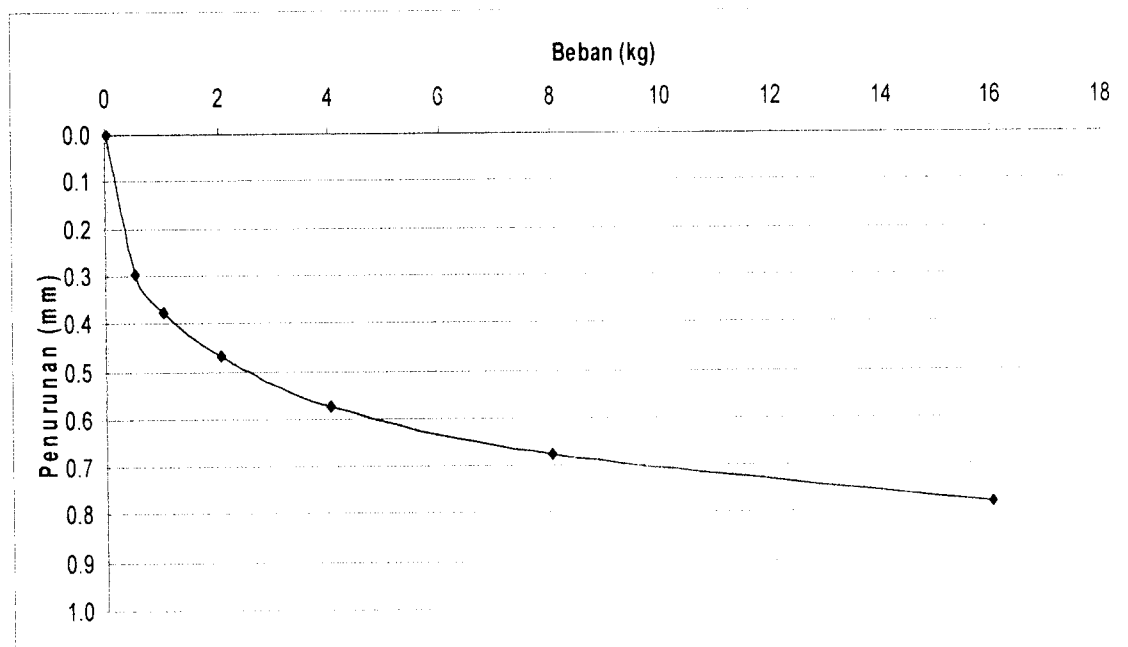
Beban (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Dial terakhir (mm)	Perubahan Tebal (mm)	Penurunan (mm)
0	0	10,000	0	0
0,50	0,25	7,420	0,258	0,258
1,00	0,50	6,730	0,069	0,327
2,00	1,00	5,880	0,085	0,412
4,00	2,00	4,880	0,099	0,511
8,00	4,00	3,860	0,102	0,614
16,00	8,00	2,930	0,093	0,707



Gambar 5.12 Grafik hubungan penurunan pada sampel undisturbed I

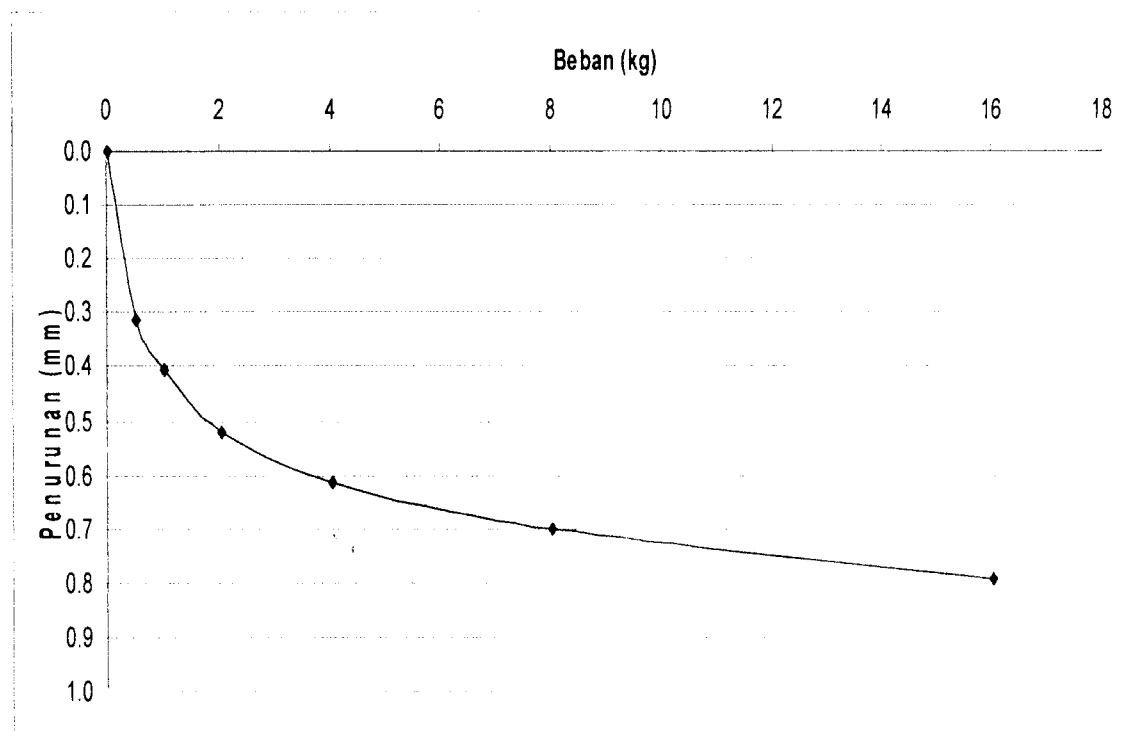
Tabel 5.31 Penurunan akibat pembebanan pada sampel undisturbed II

Beban (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Dial terakhir (mm)	Perubahan tebal (mm)	Penurunan (mm)
0	0	10,000	0,000	0,000
0,50	0,25	7,054	0,295	0,295
1,00	0,50	6,225	0,083	0,378
2,00	1,00	5,330	0,090	0,468
4,00	2,00	4,275	0,106	0,574
8,00	4,00	3,250	0,103	0,677
16,00	8,00	2,225	0,103	0,780

**Gambar 5.13** Grafik penurunan pada sampel undisturbed II

Tabel 5.32 Hasil penurunan akibat pembebanan pada sampel undisturbed III

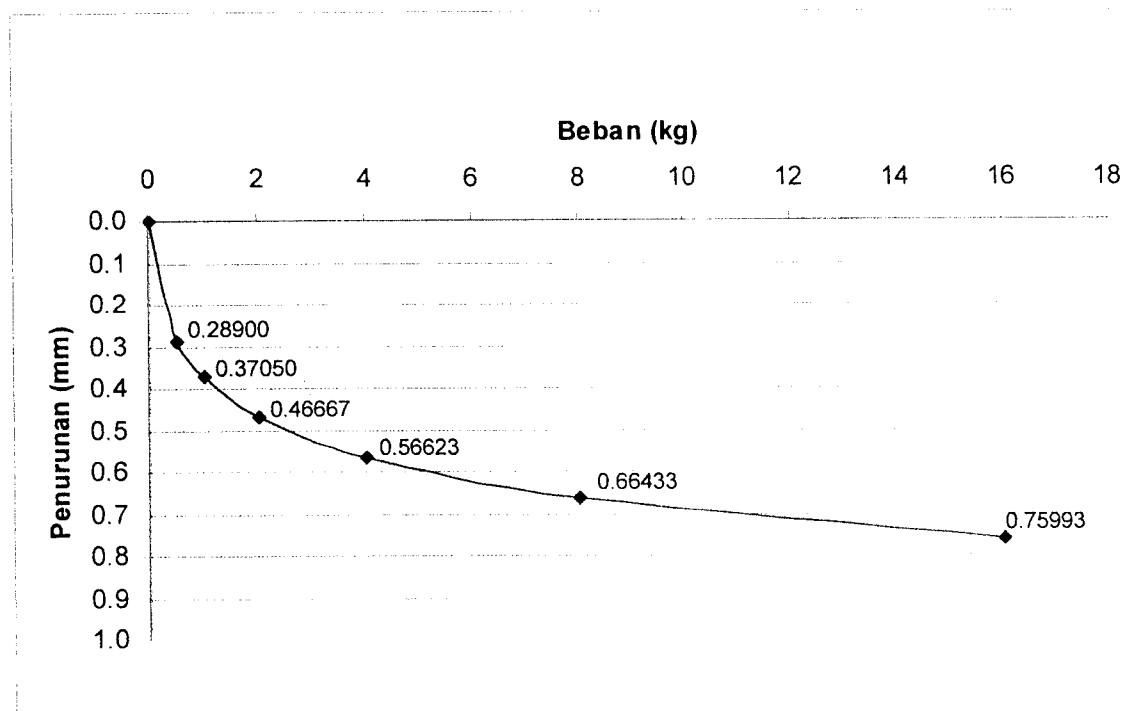
Beban (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Dial terakhir (mm)	Perubahan tebal (mm)	Penurunan (mm)
0	0	10,000	0,000	0,000
0,50	0,25	6,860	0,314	0,314
1,00	0,50	5,935	0,093	0,407
2,00	1,00	4,800	0,114	0,520
4,00	2,00	3,872	0,093	0,613
8,00	4,00	2,980	0,089	0,702
16,00	8,00	2,072	0,091	0,793

**Gambar 5.14** Grafik penurunan pada sampel undisturbed III

Hasil rata-rata penurunan dari 3 sampel tanah *undisturbed* di atas dapat dilihat pada Tabel 5.33 dan Gambar 5.15

Tabel 5.33 Hasil penurunan rata-rata sampel *undisturbed*

Beban (kg)	Tekanan (kg/cm ²)	penurunan (mm) Sampel 1	penurunan (mm) Sampel 2	penurunan (mm) Sampel 3	penurunan (mm) Rata-rata
0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,50	0,25	0,258	0,295	0,314	0,289
1,00	0,50	0,327	0,378	0,407	0,371
2,00	1,00	0,412	0,468	0,520	0,467
4,00	2,00	0,512	0,574	0,613	0,566
8,00	4,00	0,614	0,677	0,702	0,664
16,00	8,00	0,707	0,780	0,793	0,760



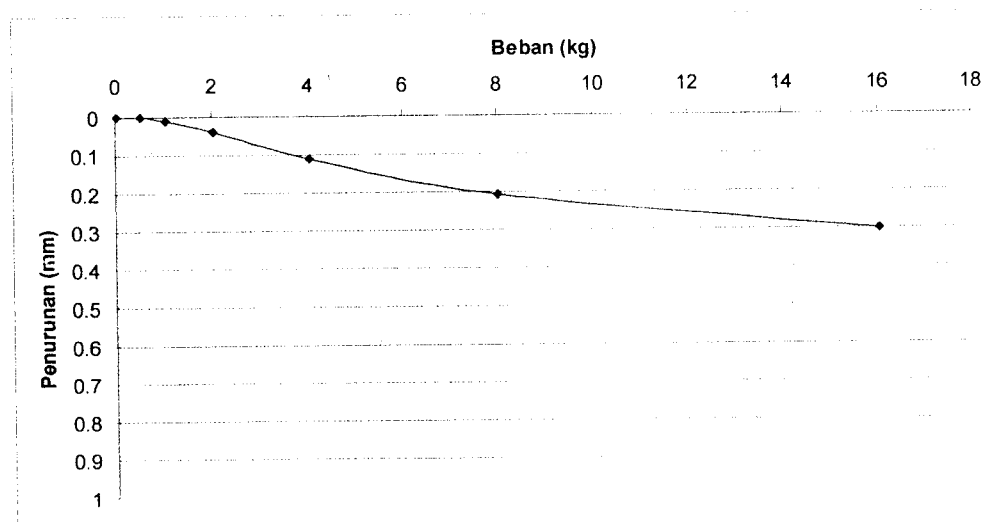
Gambar 5.15 Grafik penurunan rata-rata sampel *undisturbed*

5.6.2 Sampel Tanah Dengan Kadar Air Optimum

Hasil rata-rata pengujian dari 3 sampel tanah *disturbed* dengan kadar air optimum sebesar 25,11 % seperti pada Tabel 5.34 s/d 5.36 dan Gambar 5.16 s/d 5.18 berikut ini.

Tabel 5.34 Hasil penurunan sampel *disturbed* dengan kadar air optimum I

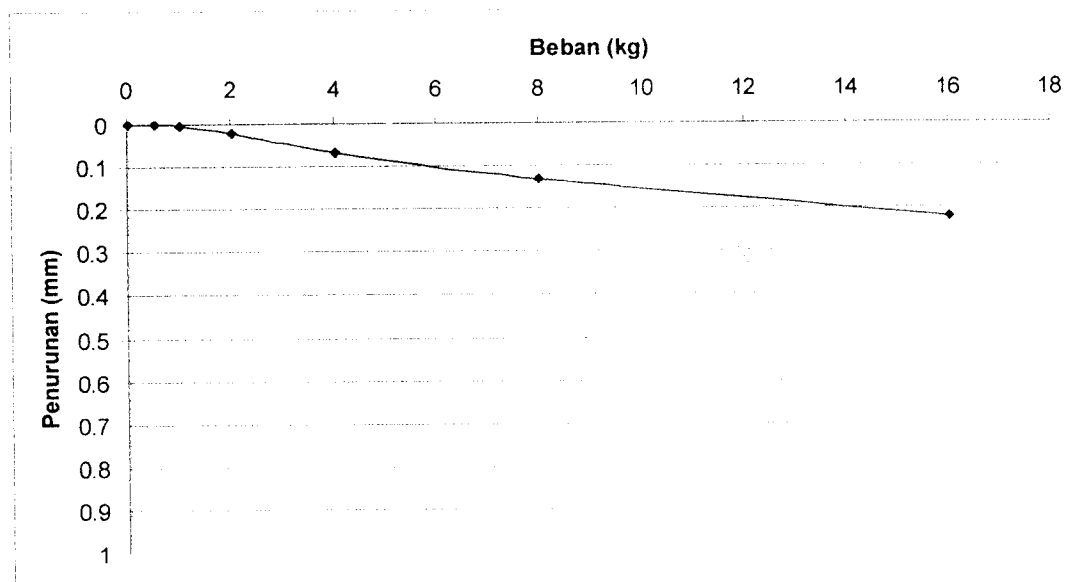
Beban (kg)	Tekanan (kg/cm ²)	dial terakhir (mm)	Perubahan Tebal (mm)	penurunan (mm)
0	0	10,115	0	0
0.50	0,25	10,115	0	0
1,00	0,50	10,038	0,0117	0,0117
2,00	1,00	9,749	0,0289	0,0406
4,00	2,00	9,058	0,0691	0,1097
8,00	4,00	8,089	0,0969	0,2066
16,00	8,00	7,140	0,0949	0,3015



Gambar 5.16 Grafik penurunan sampel *disturbed* dengan kadar air optimum I

Tabel 5.35 Hasil penurunan sampel *disturbed* dengan kadar air optimum II

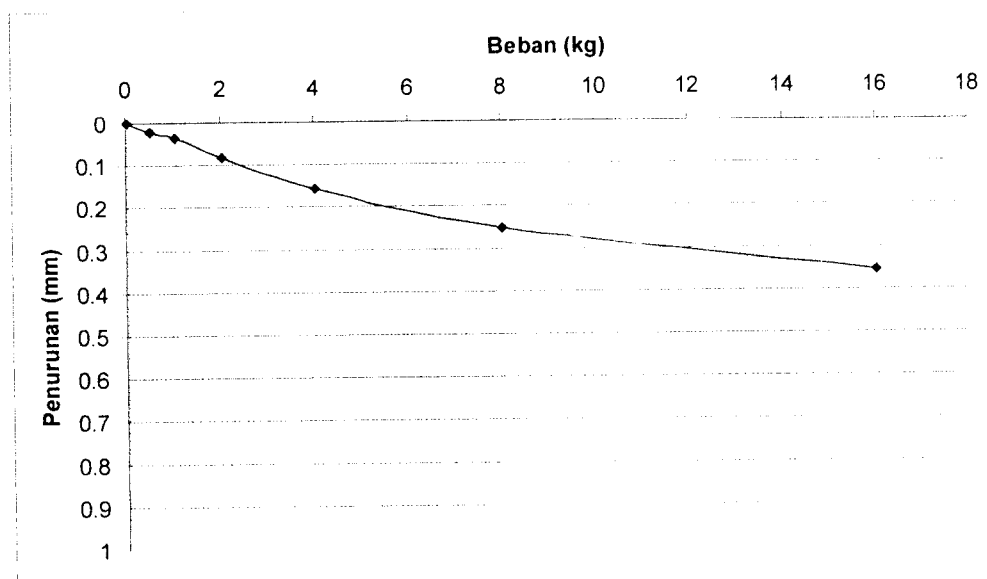
Beban (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	dial terakhir (mm)	Perubahan Tebal (mm)	penurunan (mm)
0	0	10,355	0	0
0,50	0,25	10,355	0	0
1,00	0,50	10,302	0,0053	0,0053
2,00	1,00	10,139	0,0163	0,0216
4,00	2,00	9,696	0,0443	0,0659
8,00	4,00	9,040	0,0656	0,1315
16,00	8,00	8,150	0,089	0,2205



Gambar 5.17 Grafik penurunan sampel *disturbed* dengan kadar air optimum II

Tabel 5.36 Hasil penurunan sampel *disturbed* dengan kadar air optimum III

Beban (kg)	Tekanan (kg/cm ²)	dial terakhir (mm)	Perubahan Tebal (mm)	penurunan (mm)
0	0	10,218	0	0
0,50	0,25	10,016	0,0202	0,0202
1,00	0,50	9,852	0,0164	0,0366
2,00	1,00	9,406	0,0446	0,0812
4,00	2,00	8,658	0,0748	0,156
8,00	4,00	7,704	0,0954	0,2514
16,00	8,00	6,665	0,1039	0,3553

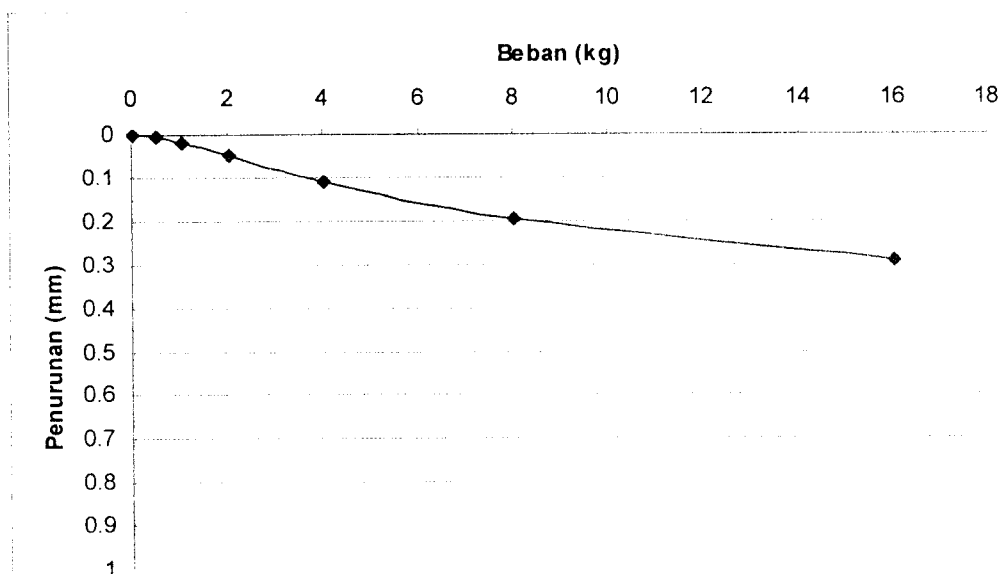


Gambar 5.18 Grafik penurunan sampel *disturbed* dengan kadar air optimum III

Hasil rata-rata penurunan dari 3 sampel tanah dengan kadar air optimum di atas dapat dilihat pada Tabel 5.37 dan Gambar 5.19

Tabel 5.37 Hasil penurunan rata-rata sampel *disturbed* dengan kadar air optimum

Beban (kg)	Tegangann (kg/cm ²)	penurunan (mm) Sampel 1	penurunan (mm) Sampel 2	penurunan (mm) Sampel 3	penurunan (mm) Rata-rata
0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0.50	0,25	0,000	0,000	0,020	0,007
1,00	0,50	0,012	0,005	0,037	0,018
2,00	1,00	0,041	0,022	0,081	0,048
4,00	2,00	0,110	0,066	0,156	0,111
8,00	4,00	0,207	0,132	0,251	0,197
16,00	8,00	0,302	0,221	0,355	0,292

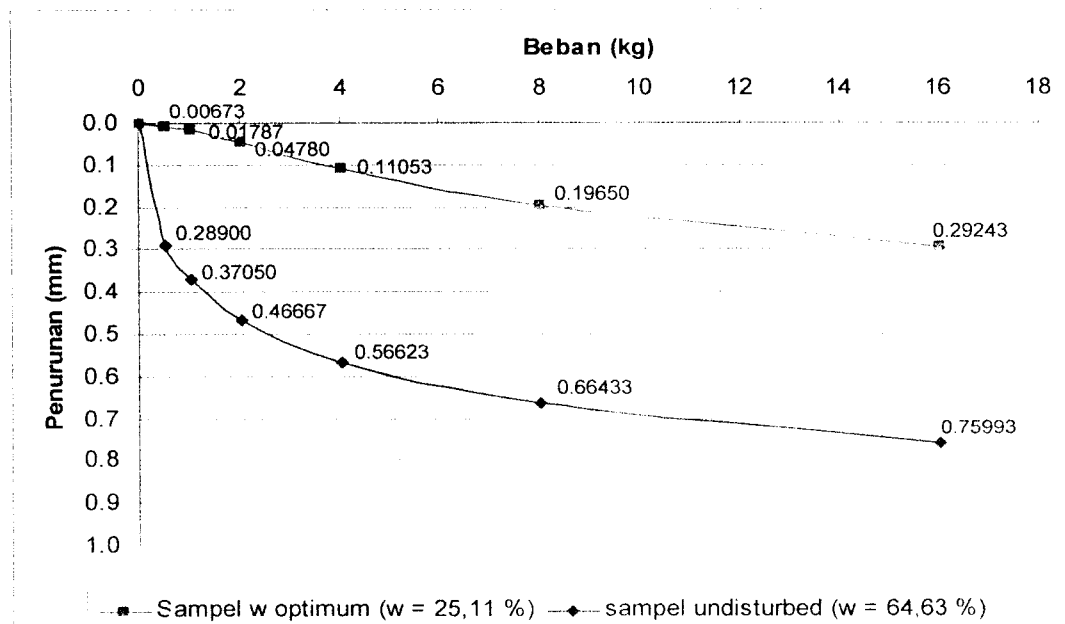
**Gambar 5.19** Grafik penurunan rata-rata sampel *disturbed* dengan kadar air optimum

Perbandingan hasil rata-rata penurunan dari 3 sampel tanah *undisturbed* dan penurunan sampel *disturbed* (w optimum) dapat dilihat pada Tabel 5.38 dan Gambar 5.20 berikut ini.



Tabel 5.38 Perbandingan hasil penurunan rata-rata sampel *undisturbed* dan sampel *disturbed* kadar air optimum

Beban (kg)	Tegangann (kg/cm ²)	penurunan rata-rata sampel <i>undisturbed</i> (mm)	penurunan rata-rata sampel <i>disturb</i> w opt (mm)
0,00	0,00	0,00000	0,00000
0,50	0,25	0,28900	0,00673
1,00	0,50	0,37050	0,01787
2,00	1,00	0,46667	0,04780
4,00	2,00	0,56623	0,11053
8,00	4,00	0,66433	0,19650
16,00	8,00	0,75993	0,29243



Gambar 5.20 Perbandingan penurunan rata-rata sampel *undisturbed* dan *disturbed* kadar air optimum

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Klasifikasi Tanah

Berdasarkan data hasil pengujian sampel dan untuk mendapatkan klasifikasi karakteristik tanah maka dipakai beberapa sistem yang ada yaitu:

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

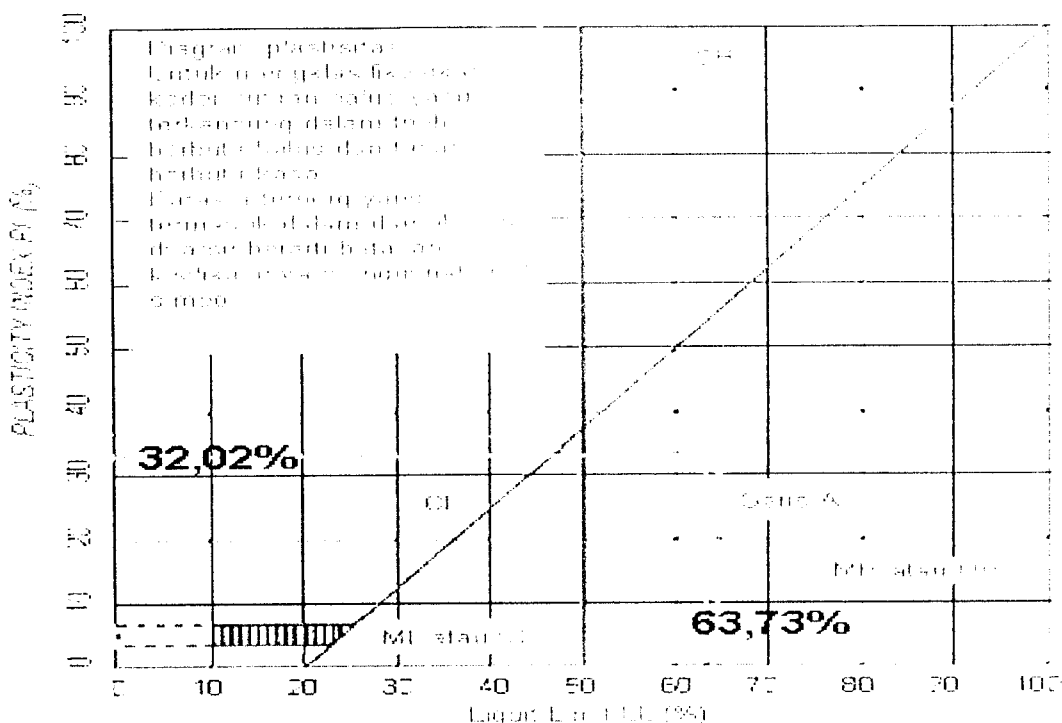
6.1.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Pada klasifikasi *Unified* lumpur lapindo termasuk tanah berbutir halus karena prosentase lolos saringan no.200 pada uji distribusi butiran adalah 80,52 %. Klasifikasi tanah berbutir halus didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah pada diagram plastisitas, dari hasil pengujian lumpur lapindo diperoleh data sebagai berikut :

$$\text{Batas Cair (LL)} = 63,73 \%$$

$$\text{Indeks Plastisitas (PI)} = 32,02 \%$$

Hasil dari perhitungan tersebut di atas digambar pada diagram plastisitas seperti pada Gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1 Diagram plastisitas berdasarkan sistem Unified

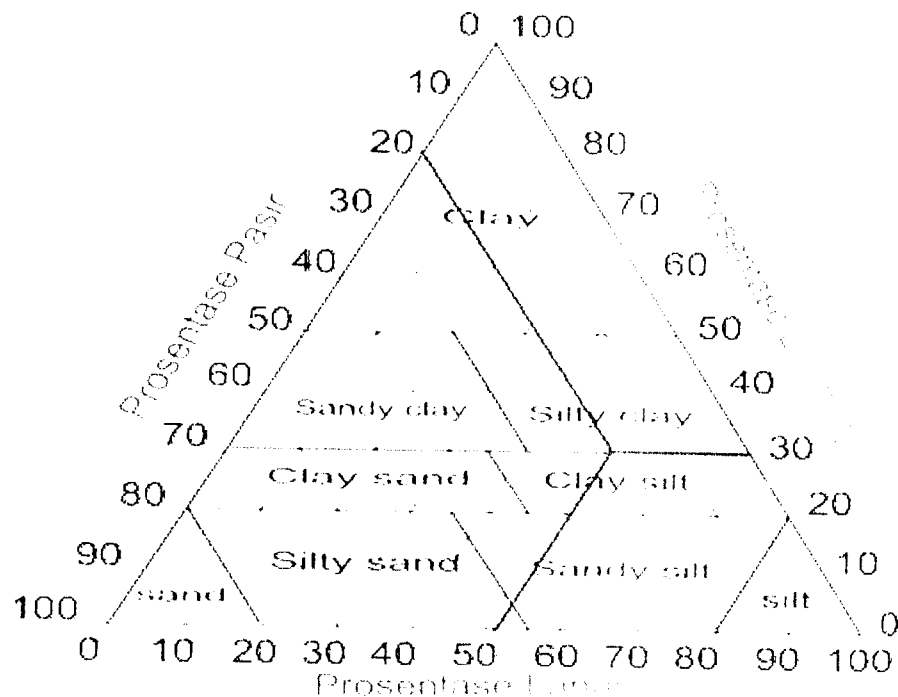
Gambar 6.1 Diagram plastisitas berdasarkan sistem *Unified*

Pada diagram plastisitas didapatkan titik pertemuan yang diplotkan antara batas cair dan indeks plastisitasnya yaitu pada kelompok MH dengan nama lanau elastis atau lanau yang mempunyai kompresibilitas tinggi.

Nilai rata-rata uji analisa distribusi butiran rata-rata dari ketiga sampel didapatkan prosentase rata-rata sebagai berikut :

- Pasir = 19,48 %
- Lanau = 50,52 %
- Lempung = 30,00 %

Hasil tersebut diplotkan pada sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah atau segitiga USCS maka diketahui jenis tanah yang diuji, seperti pada Gambar 6.2 berikut ini.

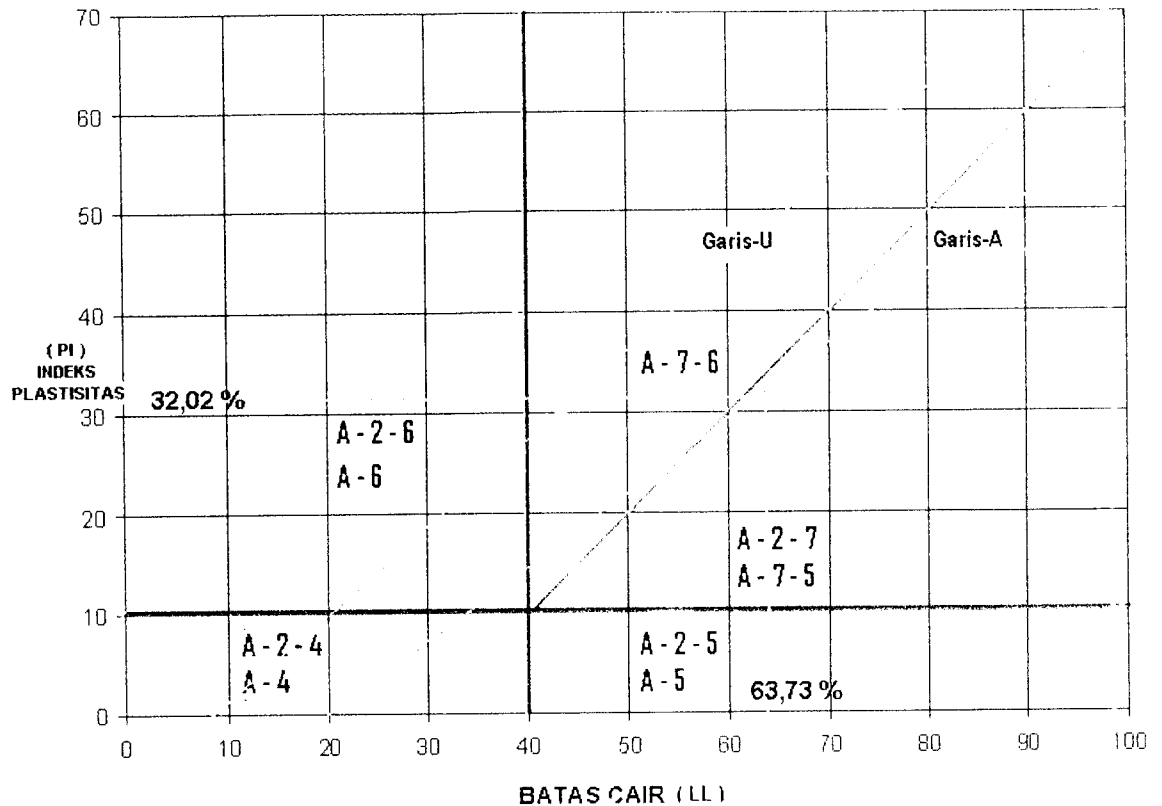


Gambar 6.2 Grafik klasifikasi tekstural segitiga USCS

Dari sistem klasifikasi tekstur tanah segitiga USCS di atas dapat ditentukan bahwa lumpur Lapindo termasuk tanah Lanau Lempung (*Clay Silt*).

6.1.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Menurut Sistem klasifikasi tanah AASHTO (*the American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*), lumpur lapindo termasuk dalam klasifikasi tanah lanau lempung karena prosentase lolos saringan no.200 lebih besar dari 35 %, kemudian dengan batas cair 63,73 % dan indeks plastisitas 32.02 % maka lumpur lapindo termasuk dalam golongan A-7 karena batas cairnya lebih dari 41 % dan indeks plastisitasnya lebih dari 11 %, seperti pada Gambar 6.3 berikut:



Gambar 6.3 Grafik plastisitas sistem klasifikasi AASHTO

Melihat hasil grafik plastisitas diatas maka lumpur Lapindo termasuk kelompok tanah A-7 yaitu tanah lanau-lempung. Sedangkan berdasarkan nilai batas plastisitasnya kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 yaitu :

Untuk A-7-5. $PI > 30$

Untuk A-7-6. $PI < 30$

Harga GI dituliskan dalam kurung setelah nama kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks group dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 GI &= (F - 35)[0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \\
 &= (80,52-35)[0,2 + 0,005 (63,73 - 40)] + 0,01 (80,52 - 15)(32,02 - 10) \\
 &= 28,53 \approx 28
 \end{aligned}$$

Sehingga lumpur dikelompokkan ke dalam A-7-5 (28). (Braja. M. Das. 1988)

6.2 Hasil Uji Konsolidasi dan Penurunan

Pada hasil uji konsolidasi yang telah dilaksanakan didapat Nilai indeks pemampatan (C_c), kemudian yang akan dipakai adalah nilai C_c yang terbesar disetiap pembebanan yang dilakukan pada jenis sampel tanah. Selanjutnya dari nilai tersebut akan diambil nilai rata-rata.

Untuk nilai C_c terbesar dari sampel *undisturbed* berikut nilai C_c terbesar rata-rata adalah seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6.1 di bawah ini.

Tabel 6.1 Nilai C_c terbesar dan C_c terbesar rata-rata tanah *undisturbed*

Jenis sampel	Pada beban	C_c	C_c terbesar rata-rata
<i>undisturbed</i> I	4,00 dan 8,00 kg	0,429	0,461
<i>undisturbed</i> II	2,00 dan 4,00 kg	0,450	
<i>undisturbed</i> III	1,00 dan 2,00 kg	0,505	

Untuk nilai C_c terbesar dari sampel *disturbed* dengan kadar air optimum berikut nilai C_c terbesar rata-rata adalah seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6.2 di bawah ini

Tabel 6.2 Nilai C_c terbesar dan C_c terbesar rata-rata tanah dengan w optimum

Jenis sampel	Pada beban	C_c	C_c terbesar rata-rata
w optimum I	4,00 dan 8,00 kg	0,274	0,274
w optimum II	8,00 dan 16,00 kg	0,244	
w optimum III	8,00 dan 16,00 kg	0,305	

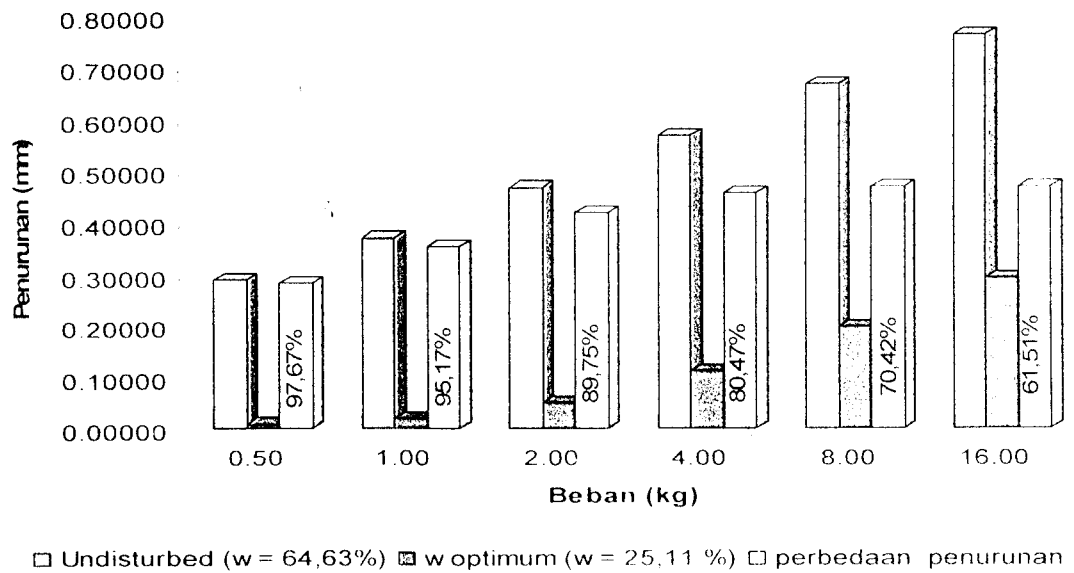
Dari Tabel 6.1 dan Tabel 6.2 di atas dapat dilihat bahwa nilai indeks pemampatan (C_c) sampel dengan kadar air optimum lebih kecil di bandingkan dengan nilai C_c sampel *undisturbed*, sedangkan nilai C_c total rata-rata untuk

undisturbed adalah 0,6551 (Tabel 5.19) dan C_c total rata-rata sampel dengan w optimum adalah 0,1668 (Tabel 5.26). hal ini menunjukkan bahwa semakin besar angka pori awal dari tanah, maka makin besar pemampatannya.

Perbandingan penurunan pada setiap tahap pembebanan dapat dilihat pada Tabel 6.3 dan Gambar 6.4 berikut ini

Tabel 6.3 Perbandingan Penurunan

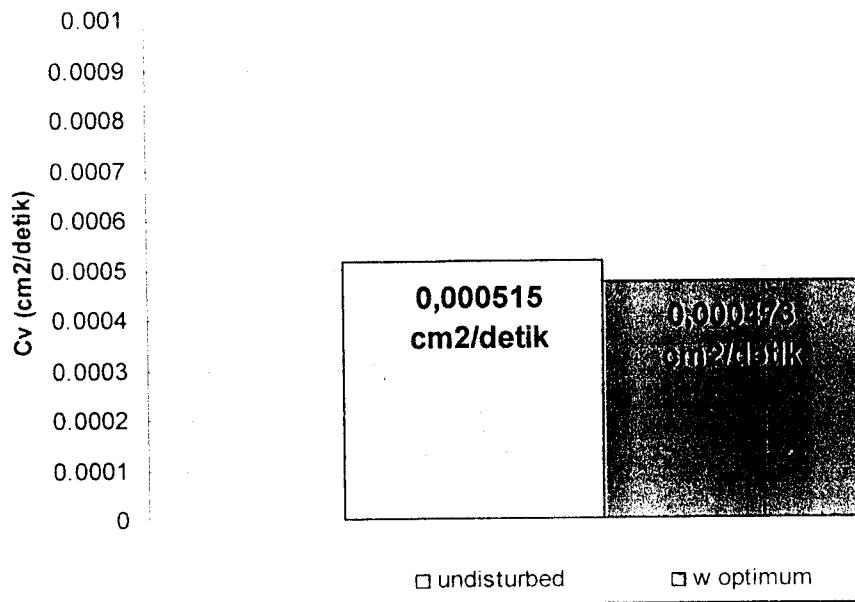
Beban (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Penurunan rata-rata sampel <i>undisturbed</i> (mm)	Penurunan rata-rata Sample <i>disturbed</i> w optimum (mm)	Perbedaan penurunan (mm)	Perberiaan penurunan (%)
0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000	0
0,50	0,25	0,28900	0,00673	0,28227	97,67
1,00	0,50	0,37050	0,01787	0,35263	95,17
2,00	1,00	0,46667	0,04780	0,41887	89,75
4,00	2,00	0,56623	0,11053	0,45570	80,47
8,00	4,00	0,66433	0,19650	0,46783	70,42
16,00	8,00	0,75993	0,29243	0,46750	61,60



Gambar 6.4 Perbandingan penurunan antara sampel *undisturbed* dan sampel *disturbed* kadar air optimum

Dari Tabel 6.3 dan Gambar 6.3 di atas menunjukkan bahwa pebebanan semakin bertambah besar, penurunan menunjukkan kecenderungan semakin besar juga. Penurunan terhadap sampel (*undisturbed*) dan sampel dengan kadar air optimum relatif berbeda, perbedaan penurunan total pada pengujian pembebanan 16 kg dengan tegangan 8 kg/cm² adalah 0,4675 mm, atau sebesar 61,52 %, sedangkan penurunan maksimum sampel *undisturbed* terjadi pada awal pembebanan 0.50 kg dengan tegangan 0,25 kg/cm² sebesar 0,288 mm (Tabel 5.28) dan penurunan terbesar pada sampel dengan kadar air optimum 0.096 mm penurunan tersebut terjadi pada beban 16 kg dengan tegangan 8 kg/cm². Hal ini disebabkan karena angka pori rata-rata sampel *undisturbed* dengan sampel kadar air (*w* optimum) mempunyai perbedaan 54,67 %. Kadar air sampel tidak terganggu (*undisturbed*) adalah 63.64 % dan kadar air optimum 25,11 % perbedaannya sebesar 61.14 %. hal ini juga berpengaruh terhadap penurunan yang terjadi. Persentase perbedaan penurunan semakin berkurang seiring bertambahnya pembebanan sebab peningkatan penekanan menyebabkan konsolidasi sehingga pemampatan tanah akan berkurang. Tetapi secara umum grafik penurunan menunjukkan bahwa semakin besar beban maka penurunan juga semakin besar. Pemampatan tanah akibat pembebanan yang semakin bertambah akan mengurangi sedikit demi sedikit laju penurunan. Penurunan akibat dari pemampatan tanah yang dinamik sangat ditentukan oleh besarnya massa tanah, besarnya beban, dan jenis tanahnya.

Perbedaan nilai koefisien konsolidasi (*C_v*) rata-rata sampel *undisturbed* 0,000425 cm²/detik dengan derajat konsolidasi *U* 90 % dan *T_v* 0.848, dan *C_v* sampel (*w* optimum) 0,000259 cm²/detik dengan perbedaan 0,000166 cm²/detik, atau sebesar 39,01 %. Nilai *C_v* maksimum pada pengujian sampel *undisturbed* 0,000515 cm²/detik dan sampel *disturbed* dengan kadar air optimum 0,000473 cm²/detik perbedaannya sebesar 8,14 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.5 berikut.



Gambar 6.5 Perbandingan C_v maksimum sampel undisturbed dan sampel disturbed w optimum

Gambar 6.5 di atas menunjukkan bahwa koefisien konsolidasi (C_v) pada benda uji berbeda, sampel *undisturbed* lebih cepat penurunannya. Sedangkan sampel dengan kadar air optimum sedikit lebih lambat, karena mempunyai kadar air terbaik (w optimum) dan berat volume kering terbesar (γ_k maks) atau kepadatan maksimum. Nilai angka pori yang terkandung pada benda uji juga berpengaruh terhadap penurunan, sebab apabila rongga pori besar maka proses penurunan juga berlangsung cepat.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan sifat fisiknya, lumpur Lapindo berwarna abu-abu tua, lengket, sedikit mengandung pasir. Pada sistem klasifikasi *Unified*, termasuk dalam golongan tanah MH yaitu tanah lanau yang mempunyai kompresibilitas tinggi. Sedangkan menurut klasifikasi *UASHTO* dikelompokkan kedalam A-7-5 (28) yaitu jenis lanau berlempung.
2. Penurunan terbesar pada benda uji *undisturbed* terjadi pada awal awal pembebanan 0.50 kg dengan tegangan 0,25 kg/cm² sebesar 0,288 mm sedangkan pada benda uji dengan kadar air optimum, pada beban 16 kg dengan tegangan maksimum 8 kg/cm² sebesar 0,096 mm. Nilai Cv maksimum pada pengujian sampel *undisturbed* 0,000515 cm²/detik dan sampel *disturbed* dengan kadar air optimum 0,000473 cm²/detik perbedaannya sebesar 8,14 %.
3. Hubungan antara beban dan penurunan adalah semakin besar beban menunjukkan kecenderungan penurunan semakin besar. Besar Penurunan (S_c) sampel *undisturbed* 0,75993 mm, Sedangkan $S_c (w_{opt})$ 0,29243 mm. Perbedaan penurunan total pada pengujian beban 16 kg dengan tegangan 8 kg/cm² (S_c) 0,46750 mm atau sebesar 61,60 %. Cv rata-rata sampel *undisturbed* 0,000425 cm²/detik dengan derajat konsolidasi U 90 % dan T_v 0,848, dan Cv sampel (w_{opt}) 0,000259 cm²/detik dengan perbedaan 0,000166 cm²/detik, atau sebesar 39,01 %. Nilai C_c rata-rata *undisturbed* 0,6551 dan sampel kadar air (w_{opt}) C_c rata-rata 0,1668. Perbedaan angka pori sebelum pengujian 54,67 % dan 27,77 % pada akhir pengujian.

7.2 Saran

1. Penelitian lanjutan dapat mencoba meneliti jenis tanah yang sama dengan menambahkan bahan perkuatan tanah, dan penambahan beban yang lebih besar.
2. Perlu ketelitian yang lebih cermat dalam pembacaan dial pada alat konsolidasi.
3. Perhitungan dengan suatu program harus ditunjang dalam ketelitian dalam proses perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1986, *Sifat-sifat Dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R. F., 1989, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das Braja M., 1988, *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*, jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Das Braja M., 1994, *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*, jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Diatri Naratih, 2000, *Perubahan Parameter Pemurunan Dan Kuat Geser Tanah Pada Penggunaan Lime Column*. Tugas Akhir Mahasiswa S1 JTS FTSP-UH.
- Dunn, dkk., 1980, *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*, IKIP Semarang Press, Semarang.
- Fauzan Aprilianör dan Andi Prima. 2003. *Studi Eksperimental Perubahan Hubungan Load-Displacement tanah pada penggunaan lime column*. Tugas Akhir Mahasiswa S1 JTS FTSP-UH.
- Hardiyatmo, H. C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002, *Mekanika Tanah II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Rachmat Satrya dan Monita Olivia, 1998. *Studi Komparasi Daya Dukung Dan Pemurunan Pada Tanah Lempung Kasongan Dengan Godean*. Tugas Akhir Mahasiswa S1 JTS FTSP-UH.
- Rutin Sutikno dan Hadar Yumantoko, 2005, *Studi Eksperimental Perubahan Load-Displacement Akibat Penggunaan Kolom Pasir Di Tanah Lempung Untuk Perbaikan Daya Dukung Tanah*. Tugas Akhir Mahasiswa S1 JTS FTSP-UH.
- Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa, 2005, *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*, Edisi kedelapan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Terzaghi, K., Ralph B. Peck, 1991, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*, jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Terzaghi, K., and Peck, R., 1976, *Soil Mechanics in Engineering Practices, 2nd Edition*, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.

- Wesley, L.D. 1977, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- . 2004, *Panduan Praktikum Mekanika Tanah*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Lampiran 1

Hasil Uji Hidrometer dan Analisa Saringan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIATISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Apabila kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Yogyakarta: Juni 2007

Penulis



Iskandar Aulkarnain

GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir Tested by : Lapindo Cs
 Sample no : 1 Date : Januari 2007
 Depth : 1.25 m Location : Porong, sidoarjo, Jawa Timur
 Kode : 1

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr Hydrometer type = 152 H
 Specific Gravity, G_s = 2.630 Hydr. Correction, a = 1.005
 $K_2 = a/W \times 100$ = 1.67438 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 = 0.21	e6 = 59.79	99.65	e6 = d7 + e7
20	0.850	d3 = 2.07	e7 = 57.72	96.20	e5 = d6 + e6
40	0.425	d4 = 2.80	e9 = 54.92	91.53	e4 = d5 + e5
60	0.250	d5 = 2.06	e10 = 52.86	88.10	e3 = d4 + e4
140	0.106	d6 = 4.32	e11 = 48.54	80.90	e2 = d3 + e3
200	0.075	d7 = 0.61	e12 = 47.93	79.88	e1 = d2 + e2
		Sd = 12.07			

Hidrometer Analysis

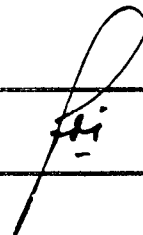
Time	elapsed time min T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1-R2·Cr	P K2 x R (%)
10.40										
10.42	2	42	-2.0	27	43	9.254	0.0125	0.026941	45.3	75.85
10.45	5	35	-2.0	27	36	10.401	0.0125	0.018063	38.3	64.13
10.70	30	30	-2.0	27	31	11.219	0.0125	0.007659	33.3	55.76
11.40	60	25	-2.0	27	26	12.038	0.0125	0.00561	28.3	47.39
14.50	250	19	-2.0	27	20	13.020	0.0125	0.002858	22.3	37.34
10.40	1440	9	-2.0	27	10	14.658	0.0125	0.001264	12.3	20.59

Remarks :

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

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

SOIL MECHANICS LABORATORY
 CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

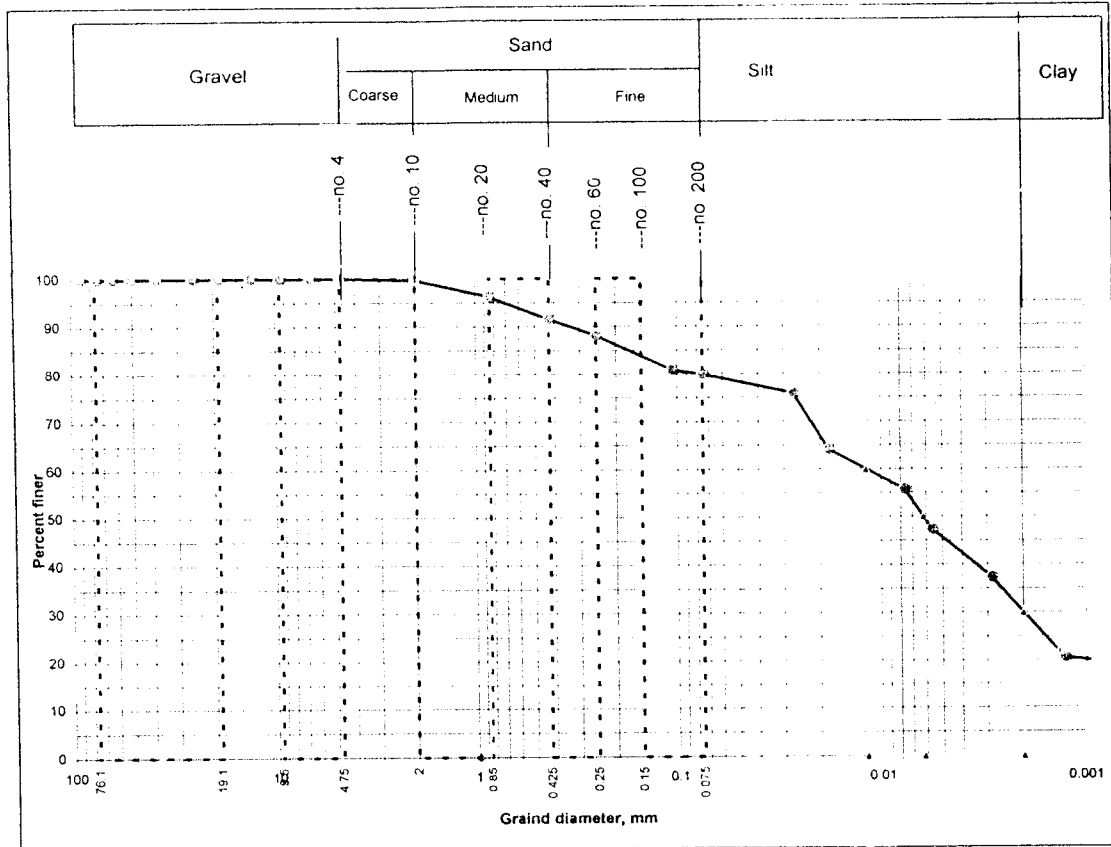




SOIL MECHANIC LABORATORY
FACULTY OF ENGINEERING AND PLANNING
INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY

GRAIN SIZE ANALYSIS
ASTM D1140 - 54

Project : Tugas Akhir
 Location : Porong, sidoarjo, Jawa Timur
 Sample no. : 1
 Depth : 1,25 m
 Kode : 1
 Tested by : Lapindo Cs
 Date : January 2007
 Berat jenis : 2,63



Finer # 200	79.88 %	D10 (mm)	0.000010
		D30 (mm)	0.00200
Gravel	0.00 %	D60 (mm)	0.01183
Sand	20.12 %	$C_u = D_{60}/D_{10}$	1206.331
Silt	49.88 %	$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	203.781
Clay	30.00 %	D50(mm)	0.006

Yogyakarta : Maret 2007

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA

GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir Tested by : Lapindo Cs
 Sample no : 2 Date : Januari 2007
 Depth : 1.25 m Locat.on : Porong, sidoarjo, Jawa Timur
 Kode : 1

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr Hydrometer type = 152 H
 Specific Gravity, G_s = 2.630 Hydr. Correction, a = 1.005
 K₂ = a/W x 100 = 1.67438 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 - Sd
10	2.000	d2 = 0.46	e6 = 59.54	99.23	e6 = d7 + e7
20	0.850	d3 = 2.61	e7 = 56.93	94.88	e5 = d6 + e6
40	0.425	d4 = 2.98	e9 = 54.05	90.08	e4 = d5 + e5
60	0.250	d5 = 1.39	e10 = 52.16	86.93	e3 = d4 + e4
140	0.106	d6 = 3.55	e11 = 48.61	81.02	e2 = d3 + e3
200	0.075	d7 = 0.63	e12 = 47.98	79.97	e1 = d2 + e2
		Sd = 12.02			

Hidrometer Analysis

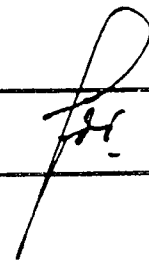
Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1-R2+Cr	P K2 x R (%)
10:30										
10:31	2	41	-2.0	27	42	9.418	0.0125	0.027178	44.3	74.18
10:35	5	33	-2.0	27	37	10.237	0.0125	0.017921	39.3	65.80
10:37	30	23	-2.0	27	33	10.892	0.0125	0.007546	35.3	59.11
11:30	60	23	-2.0	27	27	11.874	0.0125	0.005572	29.3	49.06
14:30	250	17	-2.0	27	18	13.348	0.0125	0.002894	20.3	33.99
16:30	1440	11.6	-2.0	27	12.6	14.232	0.0125	0.001245	14.9	24.95

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

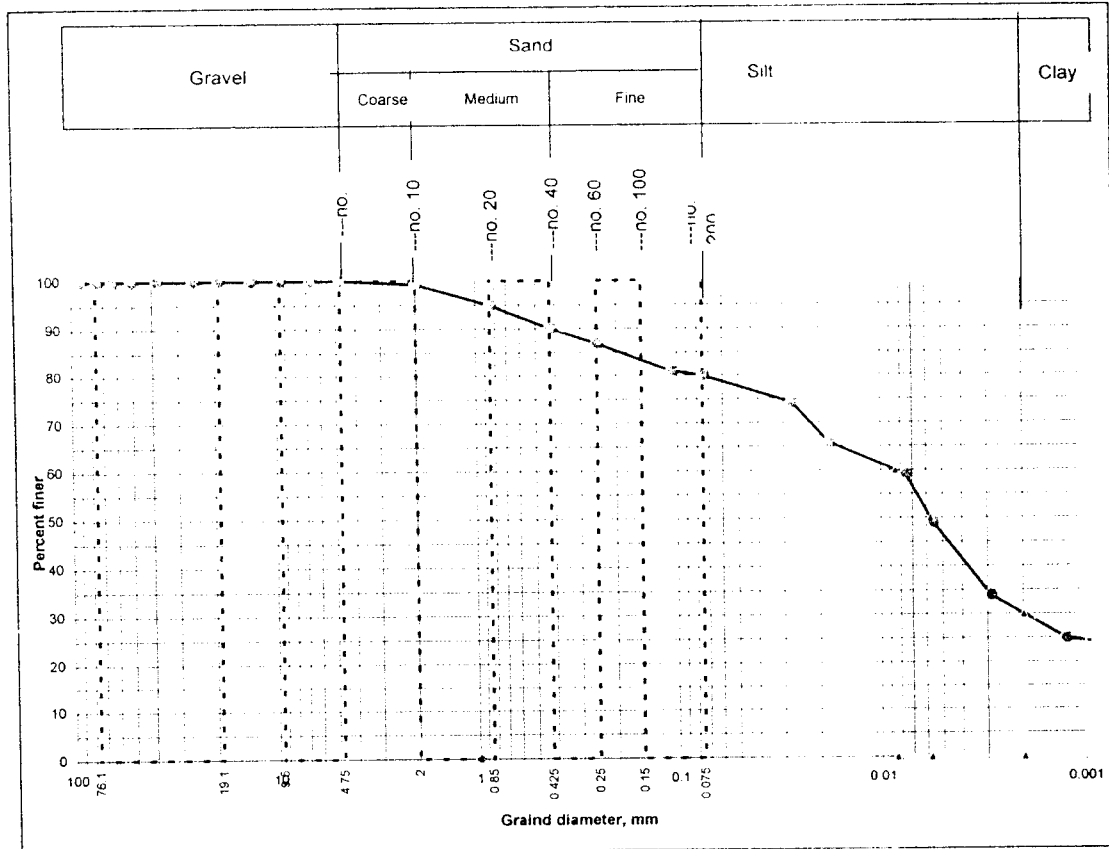




SOIL MECHANIC LABORATORY
FACULTY OF ENGINEERING AND PLANNING
INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY

GRAIN SIZE ANALYSIS
ASTM D1140 - 54

Project : Tugas Akhir
 Location : Porong, Sidoarjo, Jawa Timur
 Sample no. : 2
 Depth : 1.25m
 Kode : 1
 Tested by : Lapindo Cs
 Date : Januari 2007
 Berat jenis : 2.63



Finer # 200	79.97 %	D10 (mm)	0.000004
		D30 (mm)	0.00199
Gravel	0.00 %	D60 (mm)	0.00847
Sand	20.03 %	$C_u = D_{60}/D_{10}$	1933.840
Silt	49.97 %	$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	455.384
Clay	30.00 %	D50 (mm)	0.006

Yogyakarta ; Januari 2007

Dr. Ir. H. Eddy Purwanto, CES, DEA

GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir
 Sample no : 3
 Depth : 1.25 m
 Kode : 1

Tested by : Lapindo Cs
 Date : Januari 2007
 Location : Porong, Sidoarjo, Jawa Timur

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr
 Specific Gravity, $G_s = 2.630$
 $K_2 = a/W \times 100 = 1.67438$

Hydrometer type = 152 H
 Hydr. Correction, $a = 1.005$
 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	$e_1 = 60.00$	100.00	
	13.2	0	$e_2 = 60.00$	100.00	
3/8	9.5	0	$e_3 = 60.00$	100.00	
1/4	6.7	0	$e_4 = 60.00$	100.00	
4	4.750	$d_1 = 0.00$	$e_5 = 60.00$	100.00	$e_7 = W - S_d$
10	2.000	$d_2 = 0.29$	$e_6 = 59.71$	99.52	$e_6 = J_7 + e_7$
20	0.850	$d_3 = 2.12$	$e_7 = 57.59$	95.98	$e_5 = d_6 + e_6$
40	0.425	$d_4 = 2.68$	$e_9 = 54.91$	91.52	$e_4 = d_5 + e_5$
60	0.250	$d_5 = 1.72$	$e_{10} = 53.19$	88.65	$e_3 = d_4 + e_4$
140	0.106	$d_6 = 3.61$	$e_{11} = 49.58$	82.63	$e_2 = d_3 + e_3$
200	0.075	$d_7 = 0.55$	$e_{12} = 49.03$	81.72	$e_1 = d_2 + e_2$
		$S_d = 10.97$			

Hidrometer Analysis

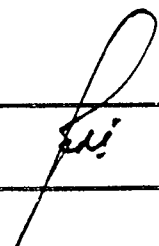
Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' $R_1 + m$	L	K	D (mm)	Rc= $R_1 - R_2 + Cr$	P $K_2 \times R$ (%)
10.40										
10.42	2	41	-2.0	27	42	9.418	0.0125	0.027178	44.3	74.18
10.45	5	35	-2.0	27	36	10.401	0.0125	0.018063	38.3	64.13
10.70	30	21	-2.0	27	22	12.693	0.0125	0.008147	24.3	40.69
11.40	60	15	-2.0	27	16	13.675	0.0125	0.0059.9	18.3	30.64
14.50	250	4	-2.0	27	5	15.476	0.0125	0.003116	7.3	12.22
10.40	1440	1.5	-2.0	27	2.5	15.886	0.0125	0.001315	4.8	8.04

Remarks :

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

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

SOIL MECHANICS LABORATORY
 CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

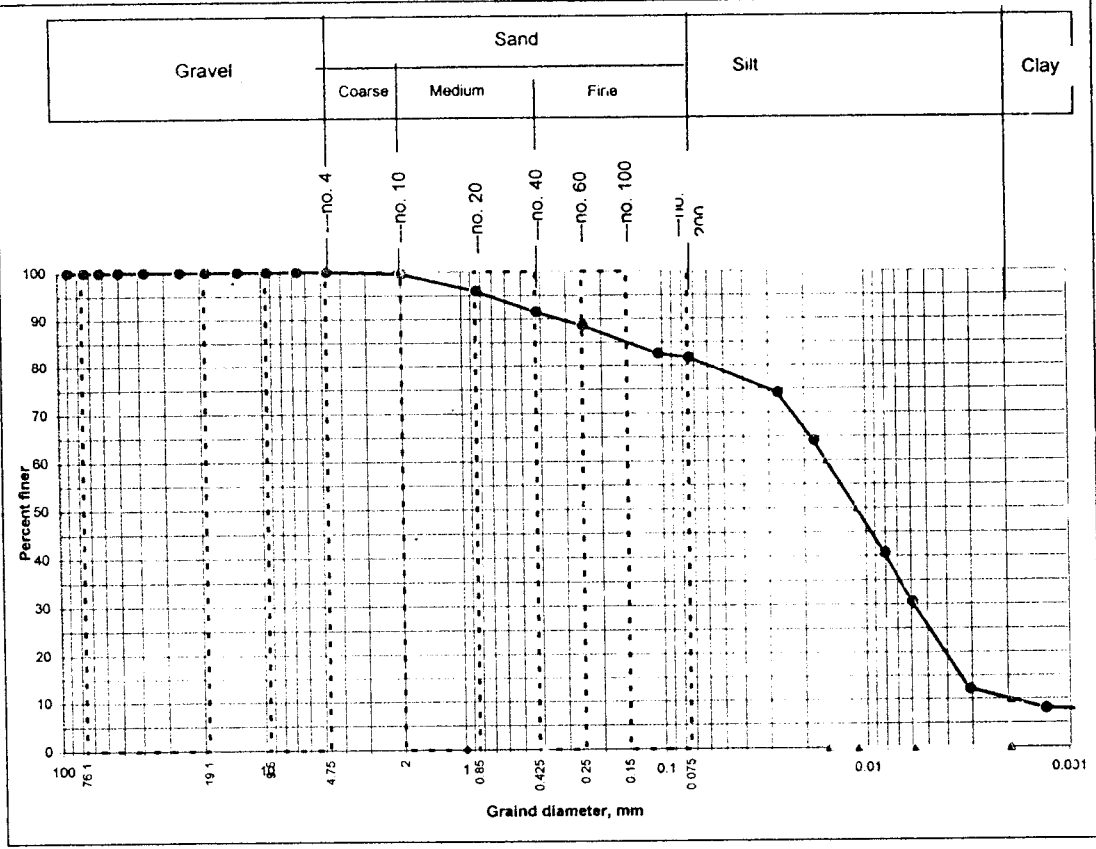




SOIL MECHANIC LABORATORY
FACULTY OF ENGINEERING AND PLANNING
INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY

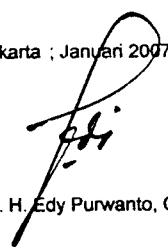
GRAIN SIZE ANALYSIS
ASTM D1140 - 54

Project : Tugas Akhir
 Location : Porong, sidoarjo, Jawa Timur
 Sample no. : 3
 Depth : 1.25m
 Kode : 1
 Tested by : Lapindo Cs
 Date : Januari 2007
 Berat jenis : 2,63



Finer # 200	81.72 %	D10 (mm)	0.001971
		D30 (mm)	0.00585
Gravel	0.00 %	D60 (mm)	0.01570
Sand	18.28 %	Cu = D60/D10	7.965
Silt	51.72 %	Cc = D30 ² / (D10xD60)	2.965
Clay	30.00 %	D50(mm)	0.011

Yogyakarta ; Januari 2007


 Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA

Lampiran 2

Hasil Uji Kadar AirTanah



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

Kadar Air


PROYEK : Tugas Akhir
Asal Sampel : Porong, Sidoarjo, Jawa Timur
Jenis Sampel : Undisturbed

DIKERJAKAN : Iskandar Zulkarnain
TANGGAL : 17 feb 2007

	NO. Pengujian	1	2	3
1	Berat cawan kosong (W_1) gram	22 10	21 65	21 50
2	Berat cawan + tanah basah (W_2) gram	59 70	47 06	29 58
3	Berat cawan + tanah kering (W_3) gram	44 99	37 00	26.42
4	Berat air ($W_2 - W_3$) %	14 71	10 06	3.16
5	Berat tanah kering ($W_3 - W_1$) g gram	22 89	15 35	4.92
6	Kadar air (W) $\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \%$	64 26	65 54	64.23
7	Kadar air rata-rata (W_n)	64 68		

Yogyakarta, April 2007

Kepala Operasional Laboratorium


DR. Ir. Edi Purwanto, CES, DEA



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

Kadar Air

PROYEK : Tugas Akhir
Asal Sampel : Porong, Sidoarjo, Jawa Timur
Jenis Sampel : Disturbed

DIKERJAKAN : Iskandar Zulkarnain
TANGGAL : 17 feb 2007

NO. Pengujian		1	2	3
1	Berat cawan kosong (W ₁) gram	21.66	22.04	22.36
2	Berat cawan + tanah basah (W ₂) gram	43.3	44.11	41.86
3	Berat cawan + tanah kering (W ₃) gram	37.25	37.84	36.48
4	Berat air (W ₂ - W ₃) %	6.05	6.27	5.38
5	Berat tanah kering (W ₃ - W ₁) gram	15.59	15.80	14.12
6	Kadar air (W) $\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	38.81	39.68	38.10
7	Kadar air rata-rata (W _n) %	38.86		

Yogyakarta, April 2007

Kepala Operasional Laboratorium


DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA

Lampiran 3

Hasil Uji Berat Volume Tanah



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BERAT VOLUME TANAH

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Sidoarjo
Kedalaman : 1 Meter

Dikerjakan : Lapindo 99
Tanggal : Jan-07

NO	NO. PENGUJIAN		I	II	III
1	Diameter ring	(d) cm	6.4	6.4	3.9
2	Tinggi Ring	(t) cm	2.2	2.2	2.2
3	Volume ring	(V) cm ³	70.74	70.74	70.74
4	Berat ring	(W1) gram	68.94	68.94	68.94
5	Berat ring + tanah	(W2) gram	190.8	185.97	190.21
6	Berat tanah	(W2-W1) gram	121.86	117.03	121.27
7	Berat Volume Tanah	$(\gamma) = \frac{W_2 - W_1}{V} \text{ gram / cm}^3$	1.72	1.65	1.71
8	Berat Volume Rata - Rata	(γ_n)	1.70		

Yogyakarta, Februari 2007
Kepala Operasional Laboratorium

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



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, Fax (0274) 895330. Jogjakarta.

PENGUJIAN BATAS CAIR

PROYEK : Tugas Akhir
 LOKASI : Lapindo,porong,sidoarjo,jatim

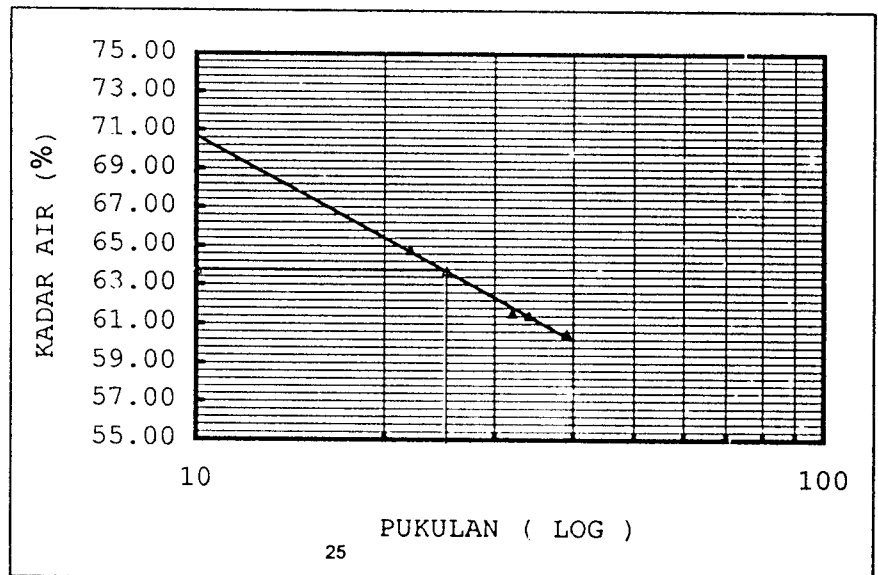
Tanggal 22/01/2007
 Dikerjakan lapindo99

NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	22.24	22.17	21.97	22.24	21.64	22.05	21.88	21.72
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	29.99	33.76	35.02	36.85	33.67	35.22	29.96	33.31
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	26.96	29.18	30.06	31.27	29.10	30.20	26.90	28.96
5	Berat air (3) - (4)	3.03	4.58	4.96	5.58	4.57	5.02	3.06	4.35
6	Berat tanah kering (4) - (2)	4.72	7.01	8.09	9.03	7.46	8.15	5.02	7.24
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	64.26	65.34	61.31	61.79	61.26	61.60	60.96	60.08
8	KADAR AIR RATA-RATA =		64.80		61.55		61.43		60.52
9	PUKULAN		22		32		34		39

PENGUJIAN BATAS PLASTIS

NO		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	21.66	21.88
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	35.57	35.63
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	32.21	32.33
5	BERAT AIR (3)-(4)	3.36	3.30
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	10.55	10.45
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	31.85	31.58
8	KADAR AIR RATA-RATA =	31.71	

KESIMPULAN
 FLOW INDEX : 7.080
 BATAS CAIR : 63.73
 BATAS PLASTIS : 31.71
 INDEX PLASTISITAS : 32.02



Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, Fax (0274) 895330. Jogjakarta.

PENGUJIAN BATAS CAIR

PROYEK : Tugas Akhir
 LOKASI : Lapindo,porong,sidoarjo,jatim
 JENIS SAMPEL : Disturbed 2

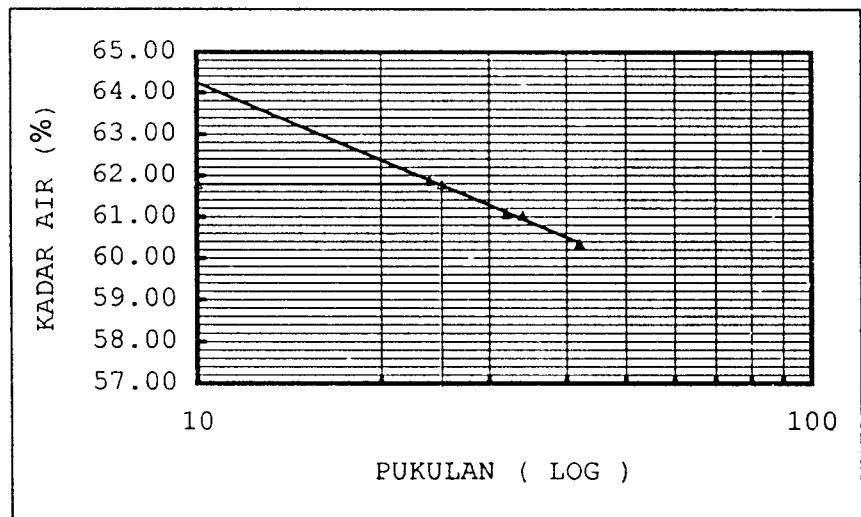
Tanggal 22/01/2007
 Dikerjakan lapindo99

NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	21.60	21.85	21.64	21.66	21.49	21.54	21.89	21.79
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	32.55	30.75	31.13	37.80	31.98	37.23	31.20	34.94
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	28.35	27.36	27.55	31.65	28.00	31.29	27.69	30.00
5	Berat air (3) - (4)	4.20	3.39	3.58	6.15	3.98	5.94	3.51	4.94
6	Berat tanah kering (4) - (2)	6.75	5.51	5.91	9.99	6.51	9.75	5.80	8.21
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	62.22	61.52	60.58	61.56	61.14	60.92	60.52	60.17
8	KADAR AIR RATA-RATA =		61.87		61.07		61.03		60.34
9	PUKULAN		24		32		34		42

PENGUJIAN BATAS PLASTIS

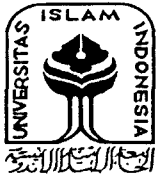
NO			
		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	21.66	21.88
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	35.57	35.63
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	32.21	32.33
5	BERAT AIR (3)-(4)	3.36	3.30
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	10.55	10.45
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	31.85	31.58
8	KADAR AIR RATA-RATA =	31.71	

KESIMPULAN
 FLOW INDEX : 2.573
 BATAS CAIR : 61.78
 BATAS PLASTIS : 31.71
 INDEX PLASTISITAS : 30.06



Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



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

PENGUJIAN BATAS SUSUT TANAH

PROYEK : Tugas Akhir
 Asal sampel : Porong, Sidoarjo, Jawa Timur
 No. sampel : 1

Dikerjakan : Lapindo 99
 Tanggal : 22 Feb 2007

1	No. Pengujian	1		2		3	
2	Berat jenis	2.63		2.63		2.63	
3	Berat cawan susut (w1) gram	40.06	39.64	38.13	46.34	38.24	38.18
4	Berat cawan + tanah basah (w2) gram	65.09	62.64	62.53	68.99	62.74	62.76
5	Berat cawan + tanah kering (w3) gram	55.07	51.96	52.25	58.43	52.49	52.63
6	Berat air raksa yg terdesak + gelas ukur (w4) gram	172.51	150.25	175.09	149.16	187.57	189.04
7	Berat gelas ukur (w5) gram	60.3	60.25	60.3	60.25	60.25	60.25
8	Berat air raksa (w4 - W5) gram	112.21	90	114.79	88.91	127.32	128.79
9	Volume tanah kering : $V_o = (w4 - w5)/13,60$	8.25074	6.6176	8.44044	6.5375	9.3618	9.4696
10	Batas susut tanah : $SL = [(V_o/(w3 - w1)) - (1/G_s)] \times 100\%$	16.9454	15.692	21.7537	16.051	27.674	27.513
11	Batas susut tanah rata-rata (SL) rata-rata	20.93801018					

Yogyakarta, April 2007

Kepala Operasional Laboratorium

DR. Ir. Eddy Purwanto, CES, DEA

Lampiran 6

Hasil Uji Proktor Standar



PEMADATAN TANAH

Proctor test

PROYEK : Tugas Akhir
 Asal Sampel : Lapindo, porong, Sidoarjo, Jawa Timur
 NO Sampel : 1
 DIKERJAKAN : lapindo 99
 TANGGAL : 17/01/2007

Tipe Pemadatan : Standart Tipe A

DATA SILINDER		
1	Diameter (ϕ) cm	10.19
2	Tinggi (H) cm	11.7
3	Volume (V) cm ³	954.17
4	Berat gram	1760

DATA PENUMBUK		
1	Berat (kg)	2.505
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan /lapis	25
4	Tinggi jatuh (cm)	30.48

Data Tanah	
Jenis tanah	tanah asli (<i>disturbed</i>)
Berat Jenis	2.63

PENAMBAHAN AIR

1	Berat tanah absah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula	%	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46
3	Penambahan air	%	5	10	15	20	25
4	Penambahan air	ml	100	200	300	400	500

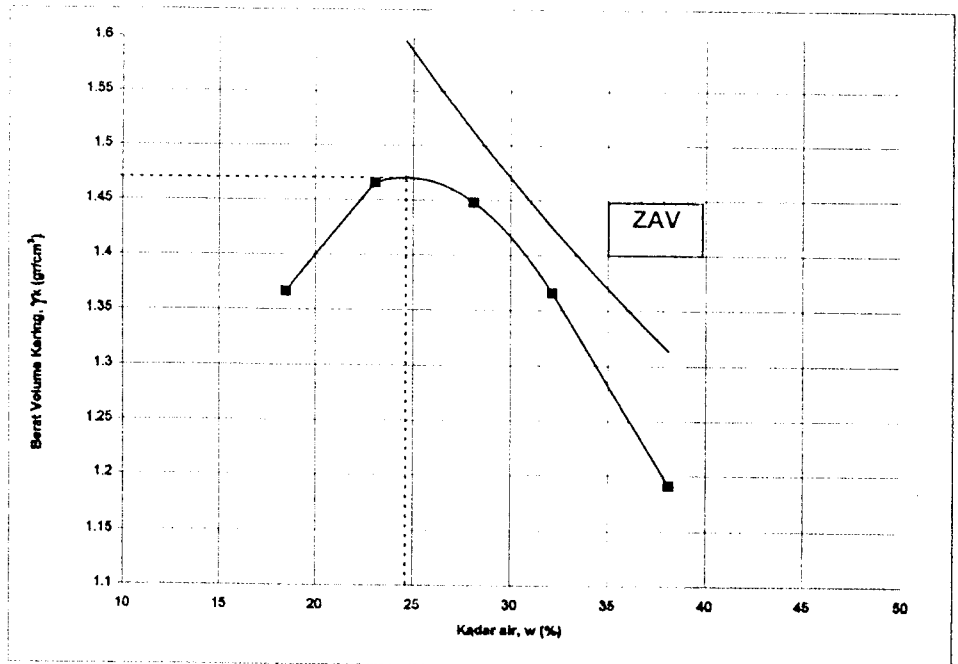
PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER (BERAT VOLUME TANAH, γ)

1	Nomor pengujian	1	2	3	4	5	
2	Berat silinder + tanah padat	gram	3380	3481	3530	3482	3464
3	Berat tanah padat	gram	1620	1721	1770	1722	1704
4	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.698	1.804	1.855	1.805	1.786

PENGUJIAN KADAR AIR, w

1	NOMOR PERCOBAAN	1	2	3	4	5						
2	Nomor cawan	a	b	a	b	a	b	a	b			
3	Berat cawan kosong	gram	21.90	21.92	21.61	21.93	21.90	21.90	21.80	21.84	21.94	21.88
4	Berat cawan + tanah basah	gram	46.23	61.39	37.56	40.72	38.71	44.30	37.12	30.01	38.89	44.14
5	Berat cawan + tanah kering	gram	42.62	54.95	34.52	37.26	35.04	39.36	33.38	28.03	34.19	38.03
8	Kadar air = w	%	17.42	19.50	23.55	22.57	27.93	28.29	32.30	31.99	38.37	37.83
9	Kadar air rata-rata		18.46		23.06		28.11		32.14		38.10	
10	Berat volume tanah kering	gr/cm ³	1.433		1.466		1.448		1.366		1.293	

BERAT VOLUME KERING
MAKSIMUM (gr/cm³)
1.470
KADAR AIR OPTIMUM
(%)
24.64



Mengetahui,
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, 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 : Tugas Akhir
 Asal Sampel : Lapindo, porong, Sidoarjo, Jawa Timur
 NO Sampel : 1
 DIKERJAKAN : Lapindo 99
 TANGGAL : 17/01/2007

Tipe Pemadatan : Standart Tipe A

DATA SILINDER		
1	Diameter (ϕ) cm	10.19
2	Tinggi (H) cm	11.7
3	Volume (V) cm ³	954.17
4	Berat gram	1760
DATA PENUMBUK		
1	Berat (kg)	2.505
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan /lapis	25
4	Tinggi jatuh (cm)	30.48

Data Tanah	
Jenis tanah	Tanah asli (<i>disturbed</i>)
Berat Jenis	2.63

PENAMBAHAN AIR

1	Berat tanah absah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula	%	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46
3	Penambahan air	%	5	10	15	20	25
4	Penambahan air	ml	100	200	300	400	500

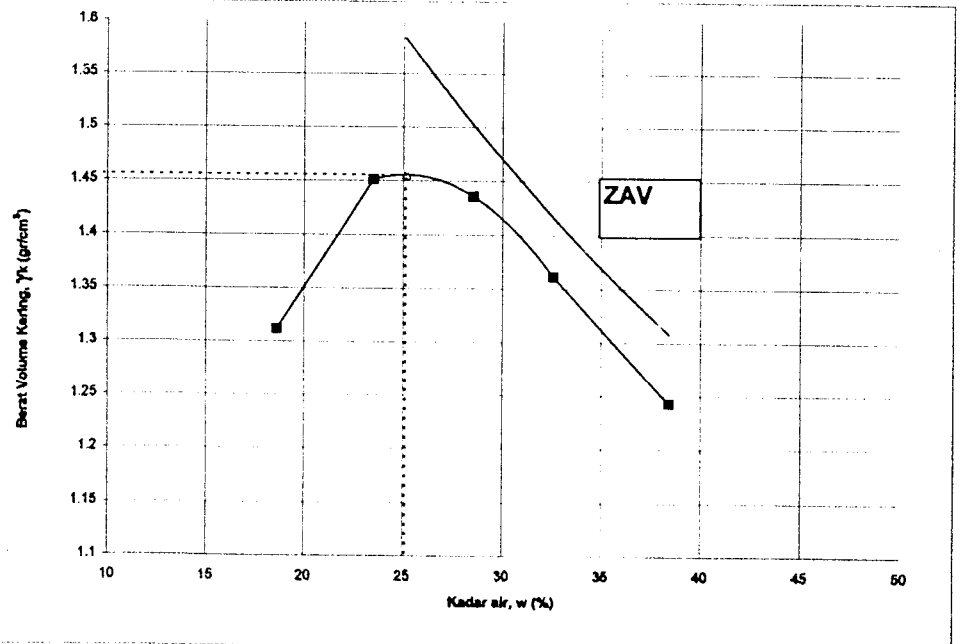
PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER (BERAT VOLUME TANAH, γ)

1	Nomor pengujian		1	2	3	4	5
2	Berat silinder + tanah padat	gram	3380	3470	3521	3482	3453
3	Berat tanah padat	gram	1620	1710	1761	1722	1693
4	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.698	1.792	1.846	1.805	1.774

PENGUJIAN KADAR AIR, w

1	NOMOR PERCOBAAN		1	2	3	4	5					
2	Nomor cawan		a	b	a	b	a	b	a	b		
3	Berat cawan kosong	gram	21.60	21.75	21.98	21.95	21.48	22.10	21.60	21.73	21.94	21.88
4	Berat cawan + tanah basah	gram	48.75	62.63	37.10	37.48	31.80	32.95	35.21	31.85	38.72	44.06
5	Berat cawan + tanah kering	gram	44.61	56.02	34.27	34.48	29.50	30.55	32.20	29.13	34.09	37.87
8	Kadar air = w	%	17.99	19.29	23.03	23.94	28.68	28.40	28.40	36.76	38.11	38.71
9 ^s	Kadar air rata-rata		18.64		23.48		28.54		32.58		38.41	
10	Berat volume tanah kering	gr/cm ³	1.431		1.451		1.436		1.361		1.282	

BERAT VOLUME KERING
MAKSIMUM (gr/cm³)
1.456
KADAR AIR OPTIMUM (%)
25.11



Mengetahui,
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



PEMADATAN TANAH

Proctor test

PROYEK : Tugas Akhir
 Asal Sampel : Lapindo, porong, Sidoarjo, Jawa Timur
 NO Sampel : 1
 DIKERJAKAN : Lapindo 99
 TANGGAL : 17/01/2007

Tipe Pemadatan : Standart Tipe A

DATA SILINDER		
1	Diameter (ϕ) cm	10.19
2	Tinggi (H) cm	11.7
3	Volume (V) cm ³	954.17
4	Berat gram	1760

DATA PENUMBUK		
1	Berat (kg)	2.505
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan /lapis	25
4	Tinggi jatuh (cm)	30.48

Data Tanah

Jenis tanah : asli 3

Berat Jenis : 2.63

PENAMBAHAN AIR

1	Berat tanah absah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula	%	13.46	13.46	13.46	13.46	13.46
3	Penambahan air	%	5	10	15	20	25
4	Penambahan air	ml	100	200	300	400	500

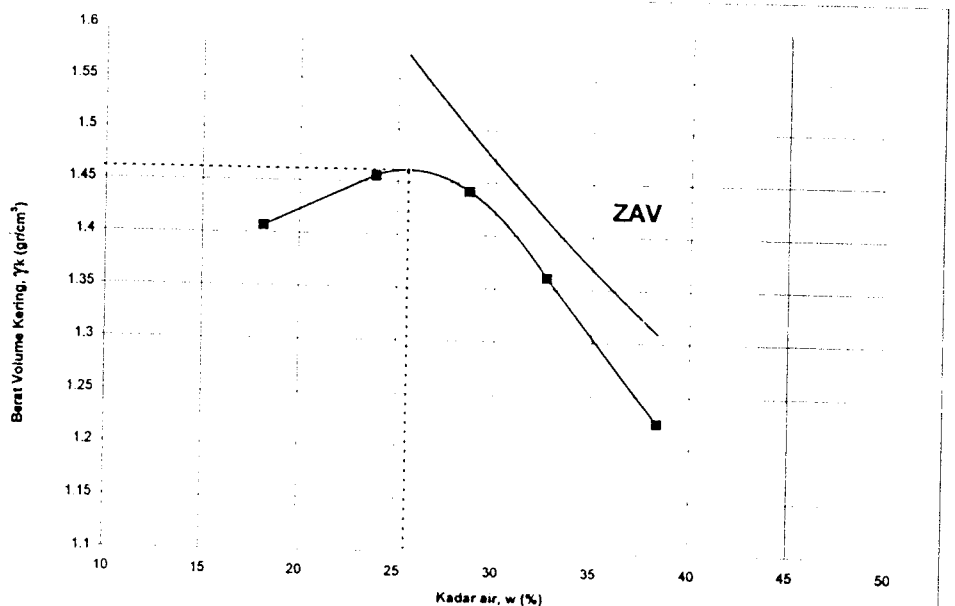
PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER (BERAT VOLUME TANAH, γ)

1	Nomor pengujian		1	2	3	4	5
2	Berat silinder + tanah padat	gram	3397	3481	3530	3482	3473
3	Berat tanah padat	gram	1637	1721	1770	1722	1713
4	Berat volume tanah	gr/cm ³	1.716	1.804	1.855	1.805	1.795

PENGUJIAN KADAR AIR, w

1	NOMOR PERCOBAAN		1	2	3	4	5					
2	Nomor cawan		a	b	a	b	a	b	a	b		
3	Berat cawan kosong	gram	22.00	21.92	22.25	22.12	19.91	19.75	21.60	21.73	21.94	21.84
4	Berat cawan + tanah basah	gram	48.14	62.51	37.21	37.83	32.56	33.30	35.51	31.24	38.79	44.07
5	Berat cawan + tanah kering	gram	44.15	56.22	34.13	35.01	29.50	30.55	31.94	29.00	34.16	37.84
8	Kadar air = w	%	18.01	18.34	25.93	21.88	31.91	25.46	34.53	30.81	37.89	38.84
9	Kadar air rata-rata		18.18		23.90		28.69		32.67		38.36	
10	Berat volume tanah kering	gr/cm ³	1.452		1.456		1.442		1.360		1.298	

BERAT VOLUME KERING
MAKSIMUM (gr/cm³)
1.461
KADAR AIR OPTIMUM (%)
25.55



Mengetahui,
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA

Lampiran 7

Hasil Uji Konsolidasi



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PEMBACAAN PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Tanggal : 9 Maret 2007

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

No. Sampel : Undisturbed 1

kedalaman : 1.00 meter

Beban P (Kg)			0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	4.00	0.50
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm ²)							
Jam	t	\sqrt{t}	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2.00	0.25
	0	0	10.000	7.420	6.730	5.880	4.881	3.860	2.930	2.990
	5,40"	0.3	9.800	7.380	6.680	5.820	4.755	3.790		
	15,00"	0.3	9.500	7.369	6.650	5.775	4.716	3.760		
	29,40"	0.5	9.455	7.348	6.610	5.730	4.678	3.725		
	1,00"	0.7	9.340	7.320	6.570	5.665	4.624	3.680		
	2,25"	1.0	9.225	7.260	6.532	5.549	4.528	3.585		
	4,00"	1.6	9.035	7.210	6.428	5.460	4.453	3.501		
	6,25"	2.2	8.878	7.156	6.345	5.360	4.364	3.430		
	9,00"	2.8	8.510	7.110	6.270	5.284	4.292	3.365		
	12,25"	3.4	8.370	7.060	6.219	5.206	4.230	3.305		
	16,00"	3.6	8.180	7.022	6.178	5.150	4.219	3.258		
	25,00"	5.0	7.882	6.960	6.102	5.067	4.110	3.184		
	36,00"	5.8	7.705	6.914	6.060	5.013	4.062	3.136		
	49,00"	7.0	7.620	6.882	6.022	4.980	4.032	3.102		
1,04'	64,00"	8.0	7.575	6.862	5.999	4.959	4.010	3.082		
1,21'	81,00"	9.6	7.550	6.844	5.966	4.941	3.994	3.059		
1,40'	100,00"	10.5	7.532	6.830	5.954	4.925	3.976	3.050		
2,01'	121,00"	11.0	7.518	6.820	5.948	4.915	3.968	3.038		
2,24'	144,00"	12.0	7.508	6.810	5.945	4.903	3.959	3.029		
3,45'	225,00"	15.0	7.480	6.790	5.932	4.889	3.932	3.016		
6,40'	400,00"	20.0	7.465	6.760	5.920	4.886	3.904	3.005		
24,0'	1440,00"	38.0	7.420	6.730	5.880	4.881	3.860	2.930	2.990	3.500

Yogyakarta, April 2007

Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto / CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HITUNGAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
 No. Titik : Undisturbed 1
 kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 9 Maret 2007
 dikerjakan : Iskar.dar Zulkamain

Berat Jenis Tanah : 2.63 Luas ring (cm²) : 19.635
 Berat ring (gr) : 40.77 Tinggi (H₀) (cm) : 2.1
 Diameter (cm) : 5 Volume V₀ (cm³) : 41.2334

Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta i}{H_i}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$Cc = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$	tebal akhir H=H ₁ -ΔH	1/2 tebal rata-rata d=(H ₁ +H ₂)/2	\sqrt{t}_{90}	t ₉₀	$Cv = \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)				(cm)	(cm)		(detik)	(cm ² /det)
0.00	10.000			1.705			0.9855			
		0.258	0.327			1.842		5.61	1888.326	0.000436146
0.25	7.420			1.378			0.90375			
		0.069	0.087		0.291	1.773		4.42	1172.184	0.000590876
0.50	6.730			1.290			0.86525			
		0.085	0.108		0.358	1.688		4.86	1417.176	0.000447977
1.00	5.880			1.182			0.819025			
		0.100	0.127		0.421	1.588		4.38	1151.064	0.000494186
2.00	4.881			1.056			0.768525			
		0.102	0.129		0.430	1.486		3.49	730.806	0.000685346
4.00	3.860			0.926			0.71975			
		0.093	0.118		0.392	1.393		4.89	1434.726	0.000306189
8.00	2.930			0.808						
		-0.060	-0.076		0.126					
2.00	2.990			0.884						
		-0.051	-0.065		0.072					
0.25	3.500			0.949						
0.00										

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



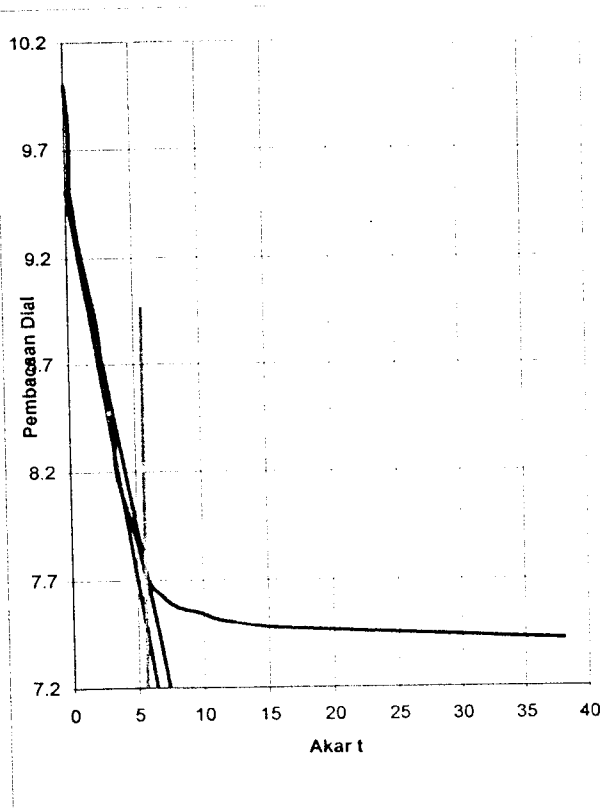
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : Undisturbed 1
kedalaman : 1.00 meter

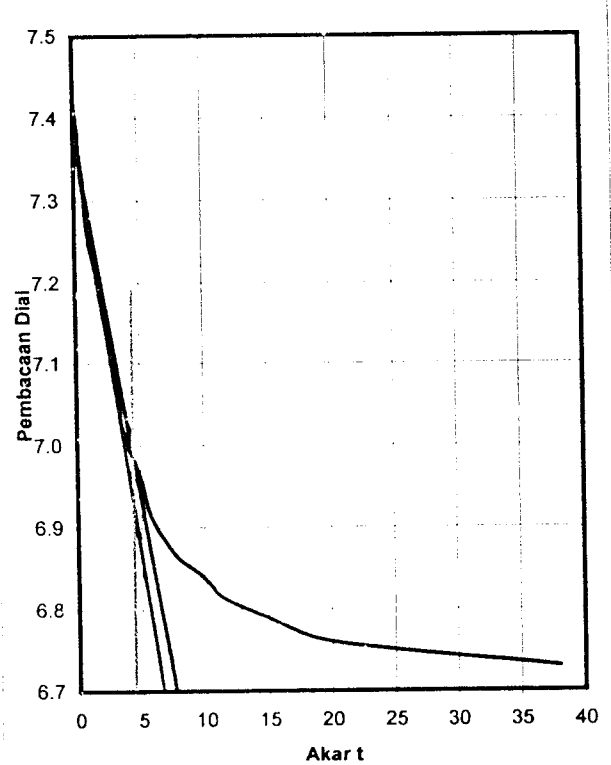
Tanggal : 9 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 0.25 kg/cm²



\sqrt{t} : 5.61
t₉₀ : 31.4721 menit
t₉₀ : 1888.326 detik

Beban 0.5 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.42
t₉₀ : 19.5364 menit
t₉₀ : 1172.184 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidcarjo, Jawa Timur.

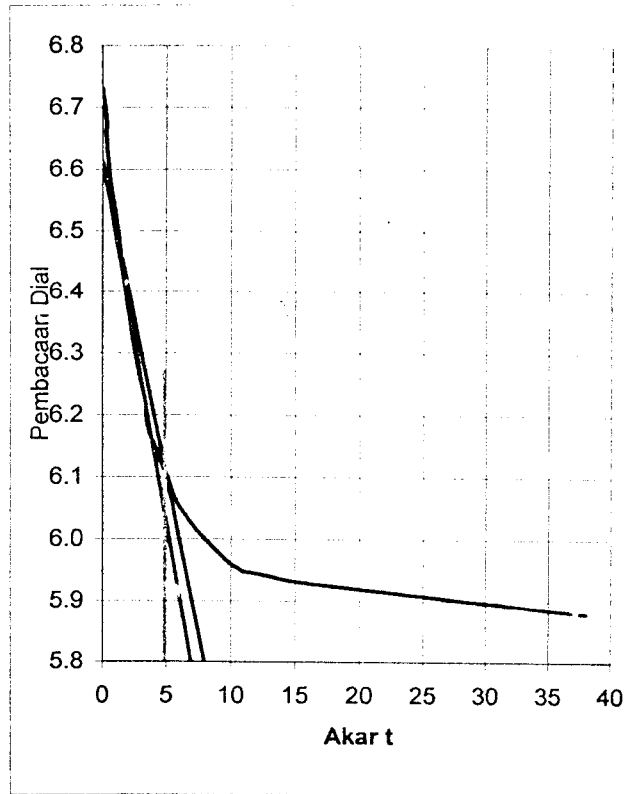
No. Titik : Undisturbed 1

kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 9 Maret 2007

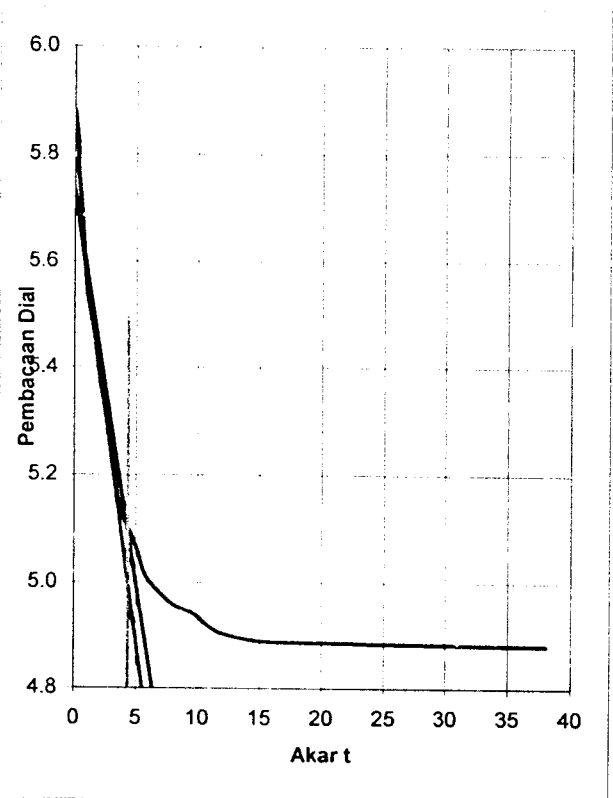
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 1.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.86
t90 : 23.6196 menit
t90 : 1417.176 detik

Beban 2.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.38
t90 : 19.1844 menit
t90 : 1151.064 detik



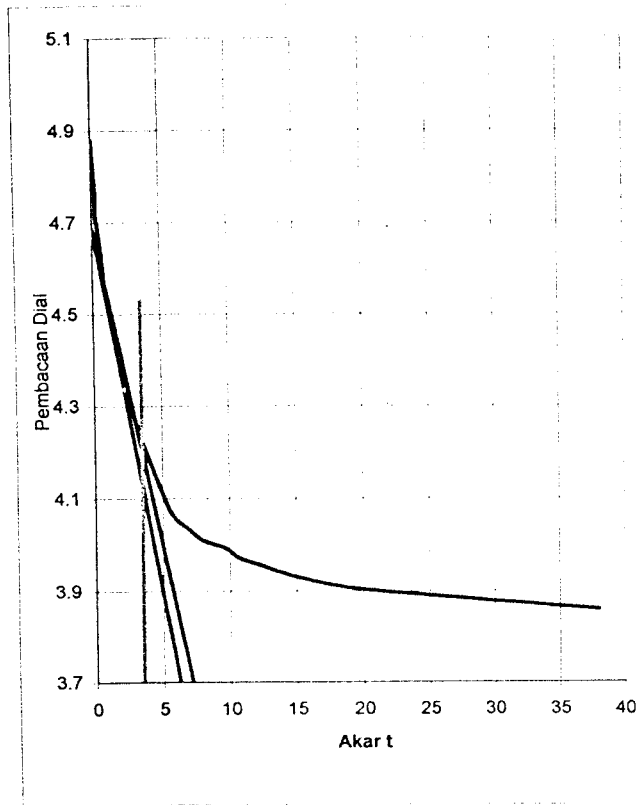
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : Undisturbed 1
kedalaman : 1.00 meter

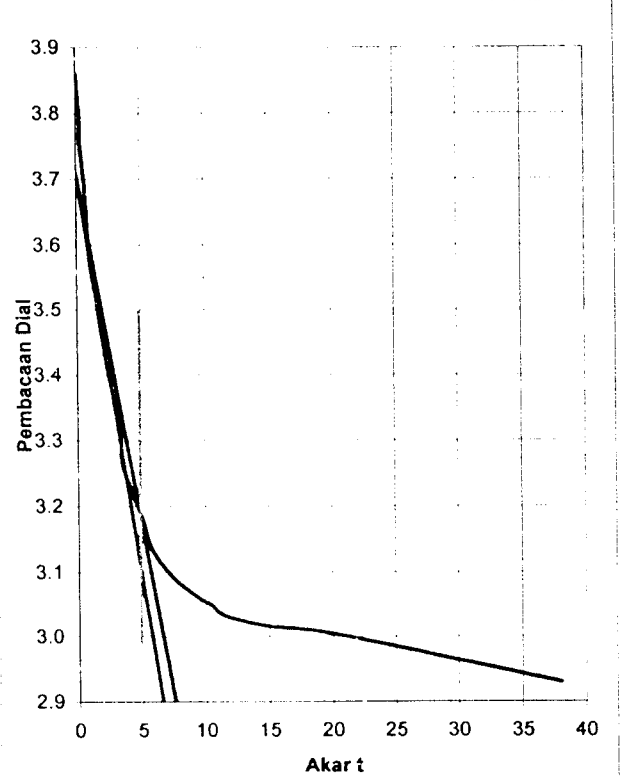
Tanggal : 9 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 4.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 3.49
t₉₀ : 12.1801 menit
t₉₀ : 730.806 detik

Beban 8.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.89
t₉₀ : 23.9121 menit
t₉₀ : 1434.726 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

KESIMPULAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : Undisturbed 1
kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 9 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Data Parameter tanah dan ring

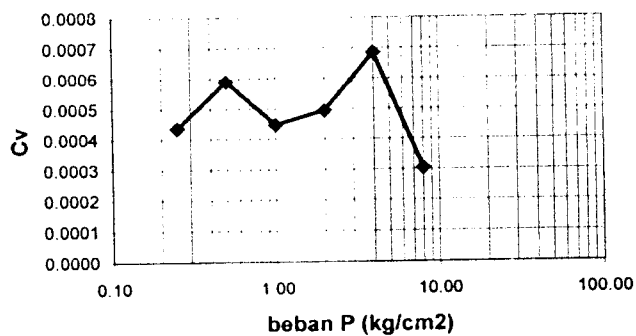
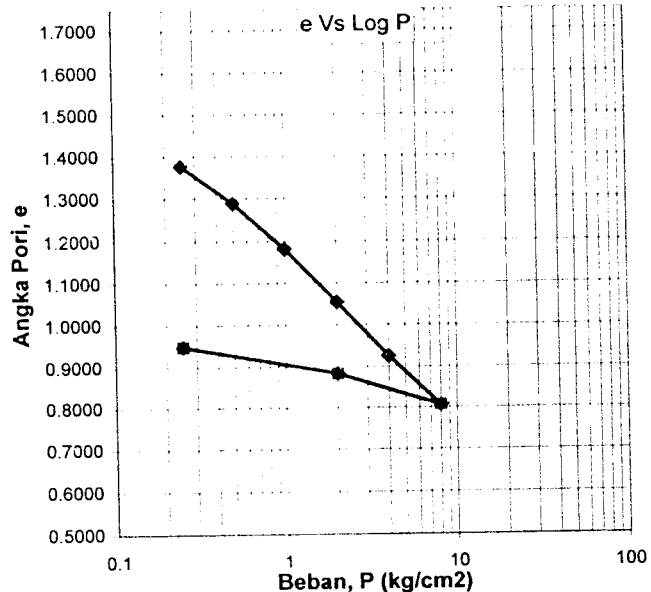
Berat Jenis Tanah 2.63
Berat ring (gr) 40.77
Diameter (cm) 5
Luas ring (cm²) 19.63495
Tinggi (H_o) (cm) 2.1
Volume V_o (cm³) 41.2334

Kadar air		
Berat Container (cup), gr	22.10	21.65
Berat Cup + tanah basah, gr	59.70	47.06
Berat Cup + tanah kering, gr	44.99	37.05
Kadar air %	64.26	65.00
Kadar air rata-rata %	64.63	

Berat ring + tanah basah, gr	107.83
Berat volume tanah basah	1.626
Berat volume tanah kering	0.988
Tinggi bagian padat (H _t)	0.79
Angka pori (e)	1.7046
Derajat kejenuhan (S _r)	99.71958

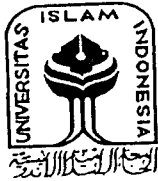
Setelah pengujian	
Berat ring + tanah basah, gr	99.24
Berat ring + tanah kering, gr	81.81
Kadar air, %	42.47076
Angka pori (e)	0.949017
Derajat Kejenuhan (S _r)	117.6988

Cc 0.595492



Yogyakarta, April 2007
Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PEMBACAAN PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
 No. Sampel : Undisturbed 2
 kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 9 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban P (Kg)			0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	4.00	0.50
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm ²)							
Jam	t	\sqrt{t}	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2,00 (*)	0,25 (*)
	0	0	10.000	7.054	6.225	5.330	4.275	3.250	2.225	2.290
	5,40"	0.3	9.400	6.990	6.165	5.250	4.210	3.170		
	15,00"	0.5	9.250	6.960	6.125	5.210	4.160	3.120		
	29,40"	0.6	9.145	6.940	6.080	5.179	4.120	3.084		
	1,00"	0.8	9.000	6.900	6.050	5.116	4.060	3.025		
	2,25"	1.5	8.765	6.830	5.965	5.010	3.954	2.930		
	4,00"	2.0	8.550	6.770	5.890	4.920	3.870	2.848		
	6,25"	2.5	8.330	6.702	5.822	4.826	3.778	2.760		
	9,00"	2.8	8.060	6.650	5.754	4.749	3.708	2.680		
	12,25"	3.6	7.920	6.596	5.689	4.676	3.636	2.620		
	16,00"	3.8	7.760	6.555	5.650	4.664	3.580	2.569		
	25,00"	5.0	7.480	6.482	5.575	4.543	3.510	2.486		
	36,00"	5.8	7.348	6.439	5.525	4.490	3.464	2.438		
	49,00"	7.0	7.278	6.404	5.493	4.456	3.431	2.404		
1,04'	64,00"	8.0	7.238	6.380	5.465	4.430	3.410	2.380		
1,21'	81,00"	9.6	7.206	6.360	5.420	4.410	3.398	2.362		
1,40'	100,00"	10.0	7.188	6.342	5.412	4.404	3.380	2.349		
2,01'	121,00"	10.7	7.170	6.330	5.404	4.397	3.363	2.335		
2,24'	144,00"	12.0	7.158	6.320	5.400	4.372	3.352	2.325		
3,45'	225,00"	15.0	7.130	6.300	5.386	4.350	3.330	2.310		
6,40'	400,00"	20.0	7.100	6.270	5.365	4.302	3.300	2.292		
24,0'	1440,00"	38.0	7.054	6.225	5.330	4.275	3.250	2.225	2.290	2.830

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto / CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HITUNGAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
 No. Titik : Undisturbed 2
 kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 9 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Berat Jenis Tanah : 2.63 Luas ring (cm²) : 19.63495
 Berat ring (gr) : 40.77 Tinggi (H₀) (cm) : 2.1
 Diameter (cm) : 5 Volume V₀ (cm³) : 41.2334

Beban (kg/cm ²)	Pembacaan akhir dial (mm)	Perubahan tebal ΔH (cm)	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$	tebal akhir H=H ₁ -ΔH (cm)	1/2 Tebal rata-rata d=(H ₁ +H ₂)/2 (cm)	$\sqrt{t_{90}}$	t ₆₀ (det:k)	Cv = $\frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm ² /det)
0.00	10.000			1.697			0.97635			
		0.295	0.378			1.805		5.16	1597.536	0.000506007
0.25	7.054		0.106	1.319			0.881975	5.1	1560.6	0.000422685
		0.083	0.115		0.354	1.723				
0.50	6.225		0.136	1.212			0.838875	4.71	1331.046	0.000448329
		0.090	0.132		0.382	1.633				
1.00	5.330		0.132	1.097			0.790125	4.76	1359.456	0.000389424
		0.106	0.132		0.450	1.528				
2.00	4.275		0.132	0.962			0.738125	4.51	1220.406	0.000378574
		0.103	0.132		0.437	1.425				
4.00	3.250		0.132	0.800			0.686875	4.96	1476.096	0.000271042
		0.103	0.132		0.437	1.323				
8.00	2.225		-0.083	0.699						
		-0.065	-0.083		0.139					
2.00	2.290		-0.069	0.782						
		-0.054	-0.069		0.077					
0.25	2.830			0.851						
0.00										

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



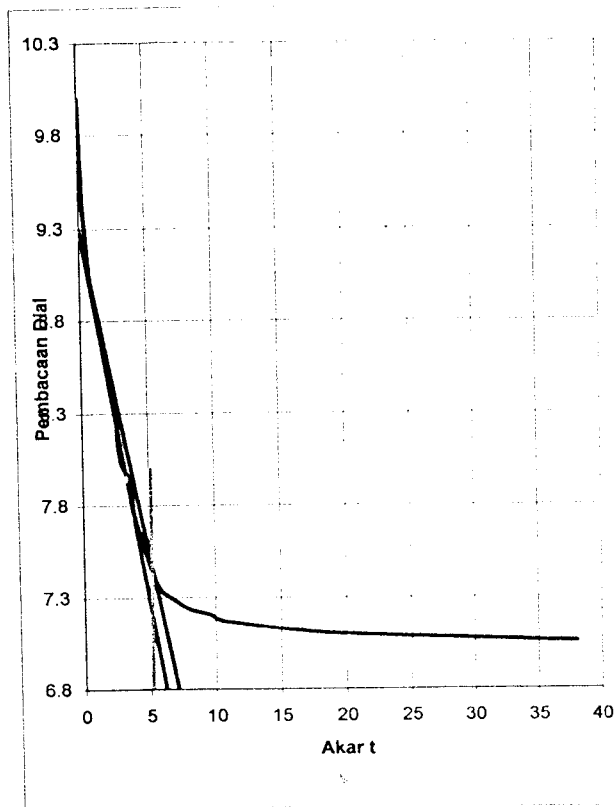
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : Undisturbed 2
kedalaman : 1.00 meter

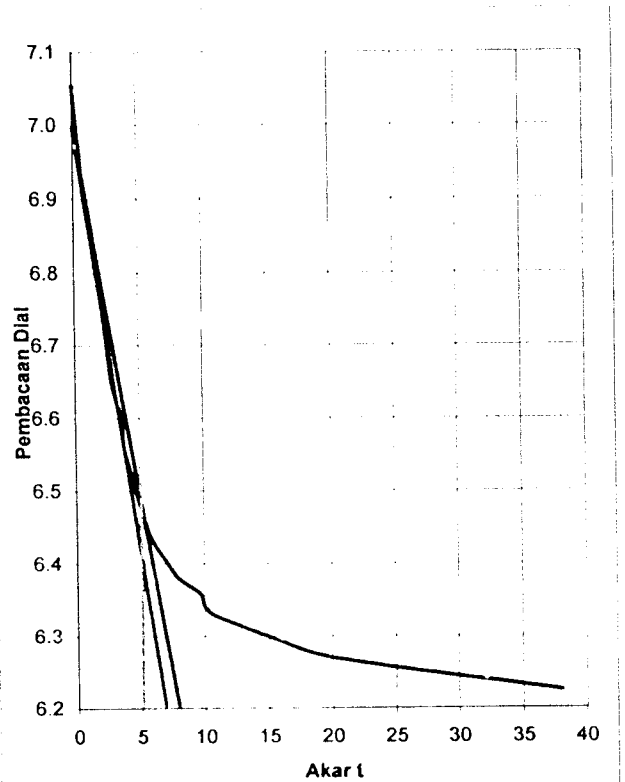
Tanggal : 9 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 0.25 kg/cm²



\sqrt{t} : 5.16
t₉₀ : 26.6256 menit
t₉₀ : 1597.536 detik

Beban 0.5 kg/cm²



\sqrt{t} : 5.1
t₉₀ : 26.01 menit
t₉₀ : 1560.6 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

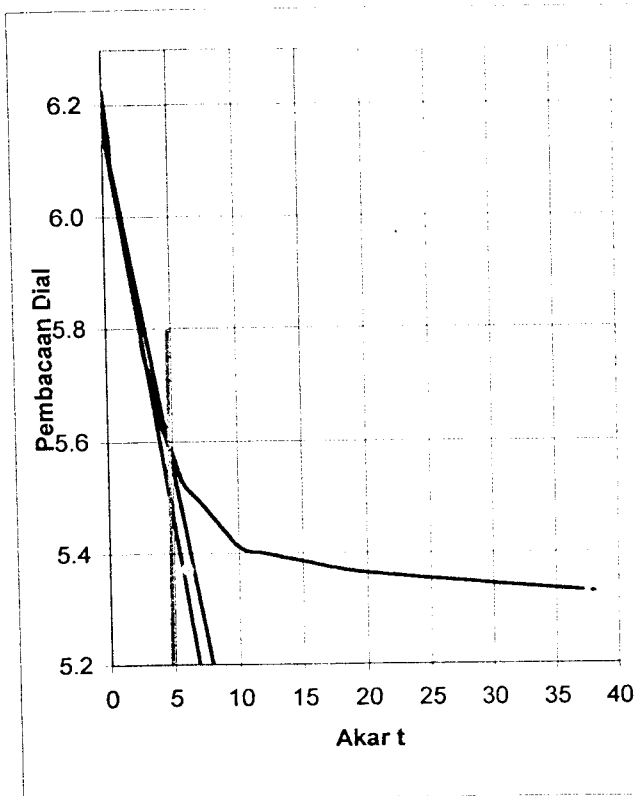
No. Titik : Undisturbed 2

kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 9 Maret 2007

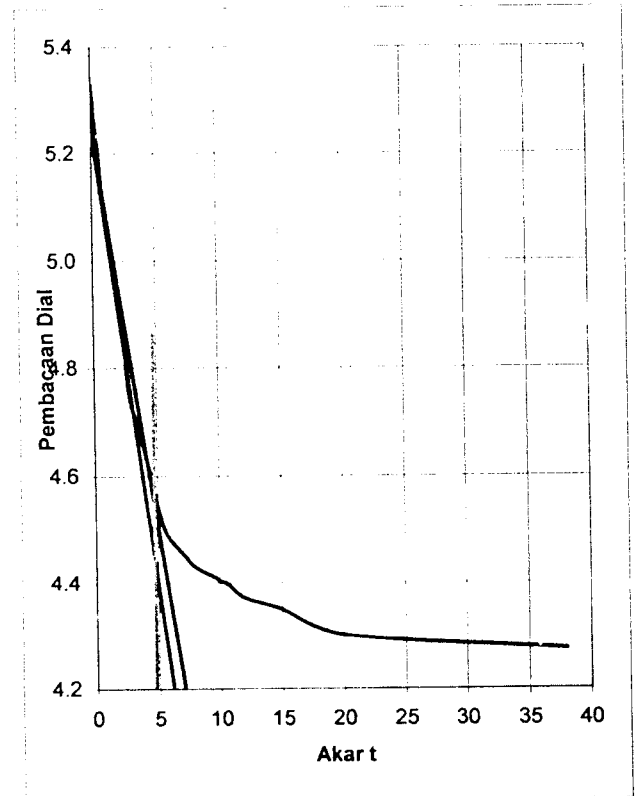
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 1.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.71
t₉₀ : 22.1841 menit
t₉₀ : 1331.046 detik

Beban 2.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.76
t₉₀ : 22.6576 menit
t₉₀ : 1359.456 detik



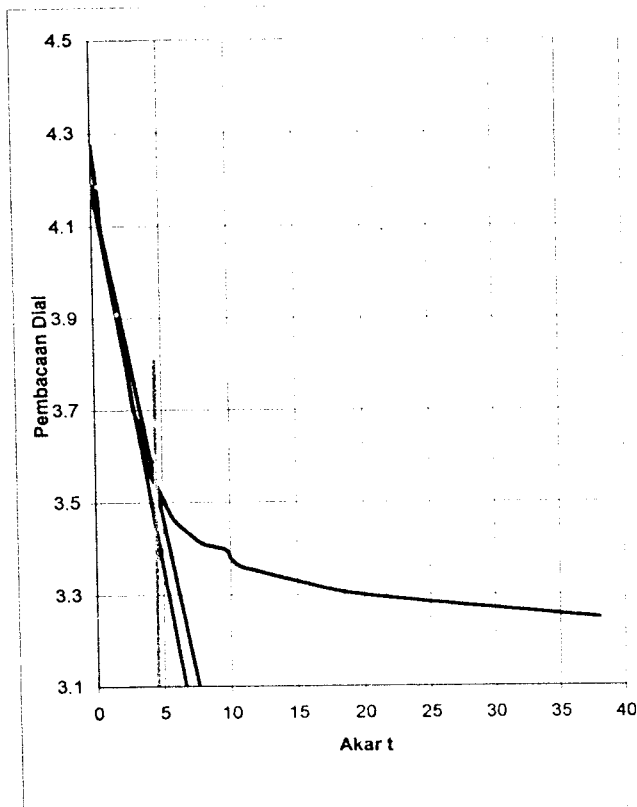
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : Undisturbed 2
kedalaman : 1.00 meter

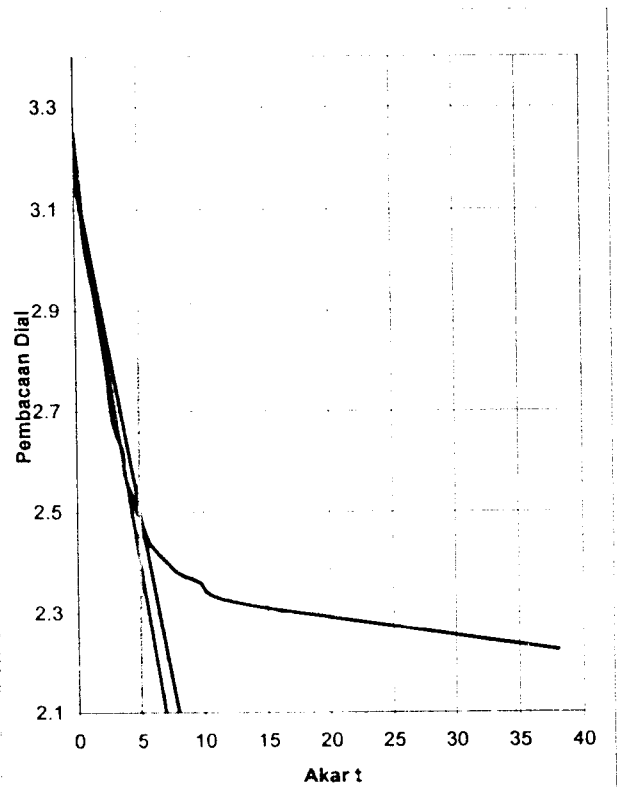
Tanggal : 9 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 4.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.51
t₉₀ : 20.3401 menit
t₉₀ : 1220.406 detik

Beban 8.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.96
t₉₀ : 24.6016 menit
t₉₀ : 1476.096 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

KESIMPULAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : Undisturbed 2
kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 9 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Data Parameter tanah dan ring

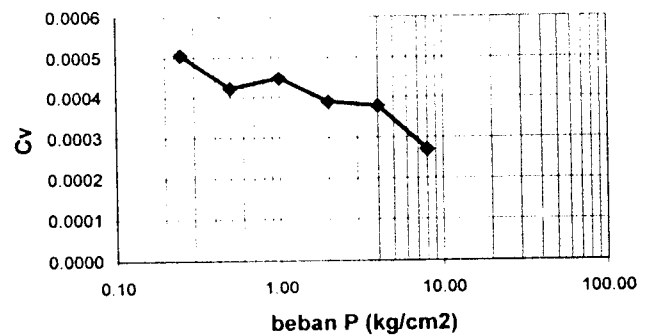
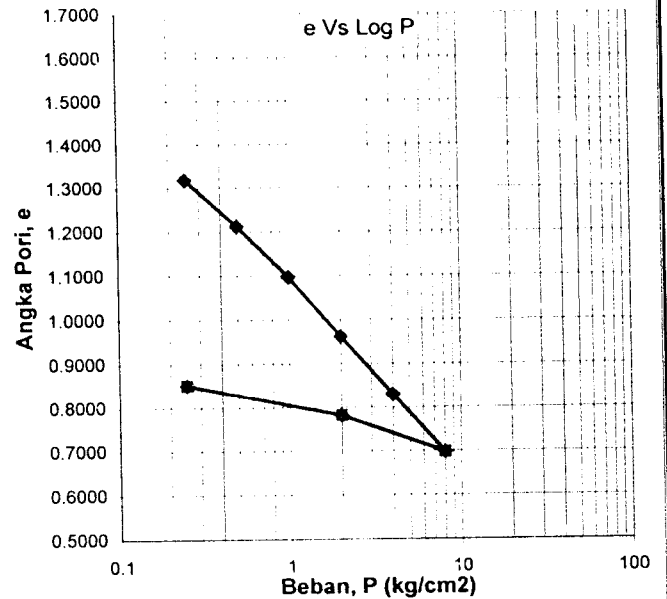
Berat Jenis Tanah 2.63
Berat ring (gr) 40.77
Diameter (cm) 5
Luas ring (cm²) 19.63495
Tinggi (H_o) (cm) 2.1
Volume V_o (cm³) 41.2334

Kadar air		
Berat Container (cup), gr	22.10	21.65
Berat Cup + tanah basah, gr	59.70	47.06
Berat Cup + tanah kering, gr	44.99	37.05
Kadar air %	64.26	65.00
Kadar air rata-rata %	64.63	

Berat ring + tanah basah, gr	106.96
Berat volume tanah basah	1.605
Berat volume tanah kering	0.975
Tinggi bagian padat (H _t)	0.78
Angka pori (e)	1.697284
Derajat kejenuhan (Sr)	100.1494

Setelah pengujian	
Berat ring + tanah basah, gr	96.21
Berat ring + tanah kering, gr	80.20
Kadar air, %	40.6036
Angka pori (e)	0.851493
Derajat Kejenuhan (Sr)	125.4121

C_c 0.66348



Yogyakarta, April 2007
Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PEMBACAAN PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

No. Sampel : Undisturbed 3

kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 15 Maret 2007

dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban P (Kg)			0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	4.00	0.50
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm ²)							
Jam	t	\sqrt{t}	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2.00 (*)	0.25 (*)
	0	0	10.000	6.860	5.935	4.800	3.872	2.980	2.072	2.130
	5,40"	0.3	9.250	6.810	5.690	4.760	3.800	2.900		
	15,00"	0.5	9.160	6.789	5.615	4.680	3.780	2.870		
	29,40"	0.7	9.040	6.765	5.550	4.650	3.745	2.830		
	1,00"	1.0	8.900	6.742	5.500	4.580	3.690	2.780		
	2,25"	1.5	8.620	6.690	5.300	4.490	3.593	2.680		
	4,00"	2.0	8.415	6.600	5.270	4.410	3.570	2.605		
	6,25"	2.5	8.035	6.535	5.210	4.323	3.465	2.525		
	9,00"	3.0	7.810	6.490	5.134	4.262	3.383	2.471		
	12,25"	3.6	7.600	6.430	5.085	4.202	3.320	2.410		
	16,00"	4.2	7.435	6.382	5.030	4.160	3.252	2.368		
	25,00"	5.0	7.200	6.280	4.965	4.099	3.200	2.304		
	36,00"	5.8	7.066	6.192	4.935	4.052	3.157	2.263		
	49,00"	7.0	7.000	6.150	4.902	4.022	3.132	2.238		
1,04'	64,00"	8.0	6.970	6.125	4.885	4.001	3.113	2.215		
1,21'	81,00"	9.4	6.950	6.088	4.870	3.987	3.100	2.194		
1,40'	100,00"	10.0	6.930	6.072	4.864	3.973	3.092	2.182		
2,01'	121,00"	11.0	6.925	6.063	4.859	3.962	3.080	2.171		
2,24'	144,00"	12.0	6.920	6.052	4.852	3.952	3.070	2.160		
3,45'	225,00"	15.0	6.910	6.030	4.842	3.931	3.050	2.112		
6,40'	400,00"	20.0	6.892	6.000	4.836	3.902	3.000	2.098		
24,0'	1440,00"	38.0	6.860	5.935	4.800	3.872	2.980	2.072	2.130	2.650

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HITUNGAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
 No. Titik : Undisturbed 3
 kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 15 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Berat Jenis Tanah : 2.63 Luas ring (cm²) : 19.63495
 Berat ring (gr) : 40.77 Tinggi (H₀) (cm) : 2.04
 Diameter (cm) : 5 Volume V₀ (cm³) : 40.05531

Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_1}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$Cc = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$	tebal akhir H=H ₁ -ΔH	1/2 Tebal rata-rata d=(H ₁ +H ₂)/2	$\sqrt{t_{90}}$	t ₉₀	$Cv = \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)				(cm)	(cm)		(detik)	(cm ² /det)
0.00	10.000			1.735			0.9415			
		0.314	0.421			1.726		4.56	1247.616	0.000602498
0.25	6.860			1.314			0.8399			
		0.093	0.124		0.412	1.634		6.7	2693.4	0.000222088
0.50	5.935			1.190			0.7884			
		0.114	0.152		0.506	1.520		4.56	1247.616	0.000422455
1.00	4.800			1.038			0.7368			
		0.093	0.124		0.413	1.427		4.45	1188.15	0.000387457
2.00	3.872			0.913			0.6913			
		0.089	0.120		0.397	1.338		4.87	1423.014	0.000284787
4.00	2.980			0.794			0.6463			
		0.091	0.122		0.404	1.247		4.05	984.15	0.000359917
8.00	2.072			0.672						
		-0.058	-0.078		0.129					
2.00	2.130			0.750						
		-0.052	-0.070		0.077					
0.25	2.650			0.820						
0.00										

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

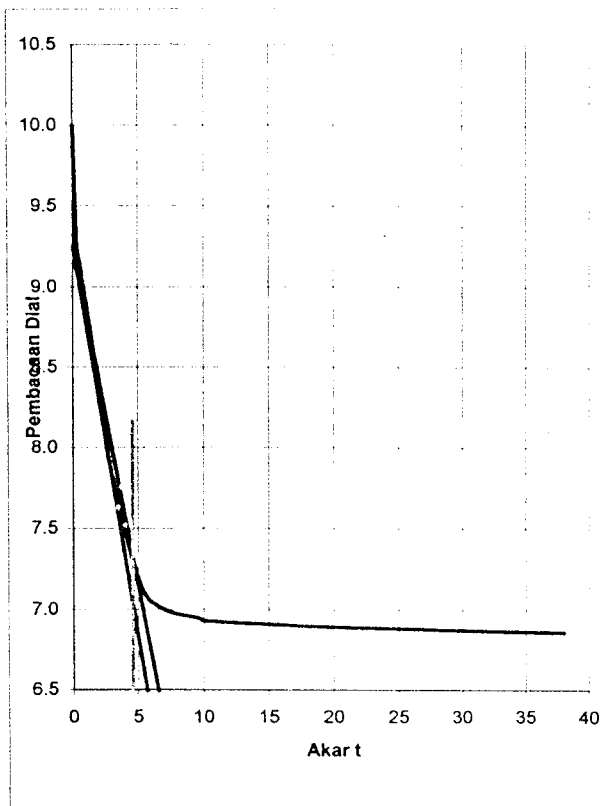
No. Titik : Undisturbed 3

kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 15 Maret 2007

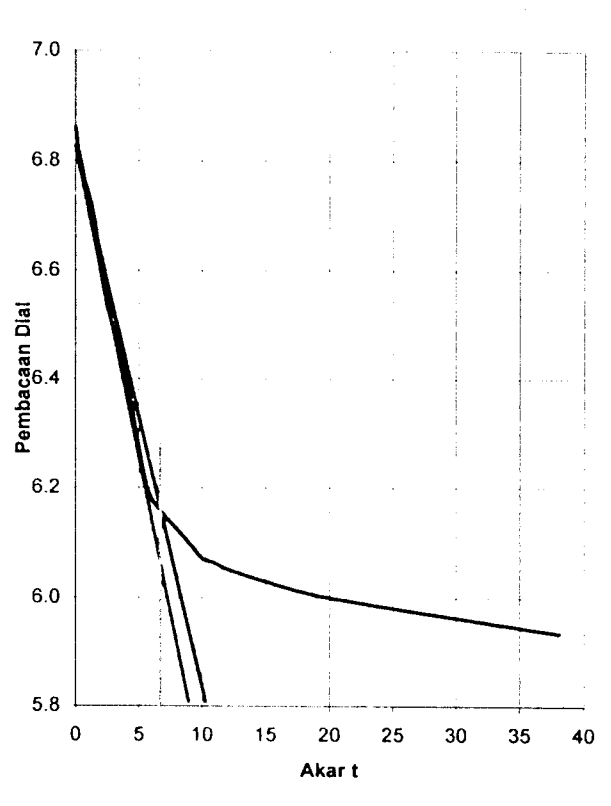
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 0.25 kg/cm²



$\sqrt{t_i}$: 4.56
t₉₀ : 20.7936 menit
t₉₀ : 1247.616 detik

Beban 0.5 kg/cm²



$\sqrt{t_i}$: 6.7
t₉₀ : 44.89 menit
t₉₀ : 2693.4 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Tanggal : 15 Maret 2007

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

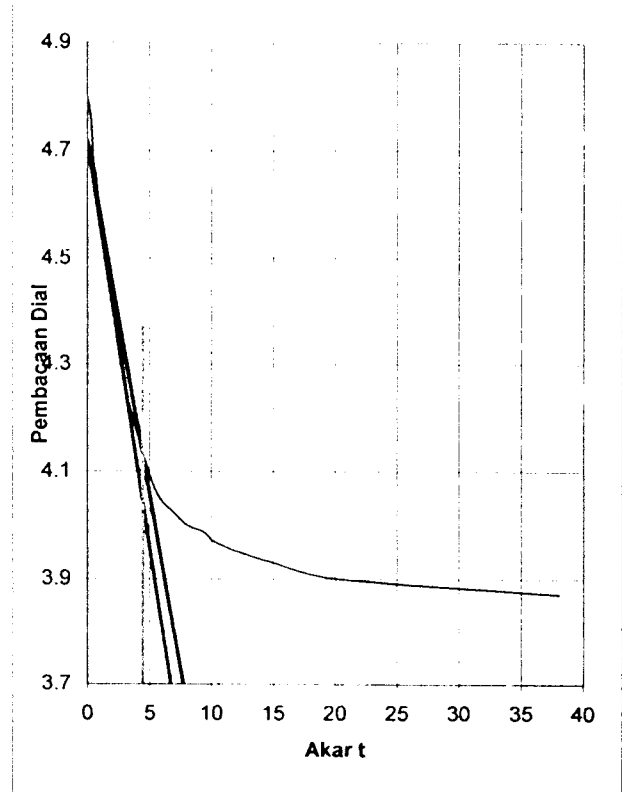
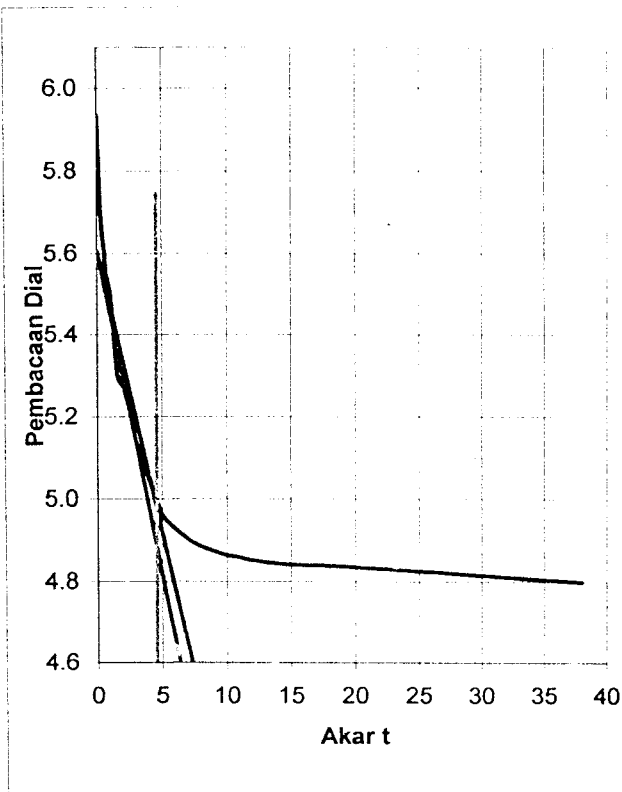
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

No. Titik : Undisturbed 3

kedalaman : 1.00 meter

Beban 1.00 kg/cm²

Beban 2.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.56
t90 : 20.7936 menit
t90 : 1247.616 detik

\sqrt{t} : 4.45
t90 : 19.8025 menit
t90 : 1188.15 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

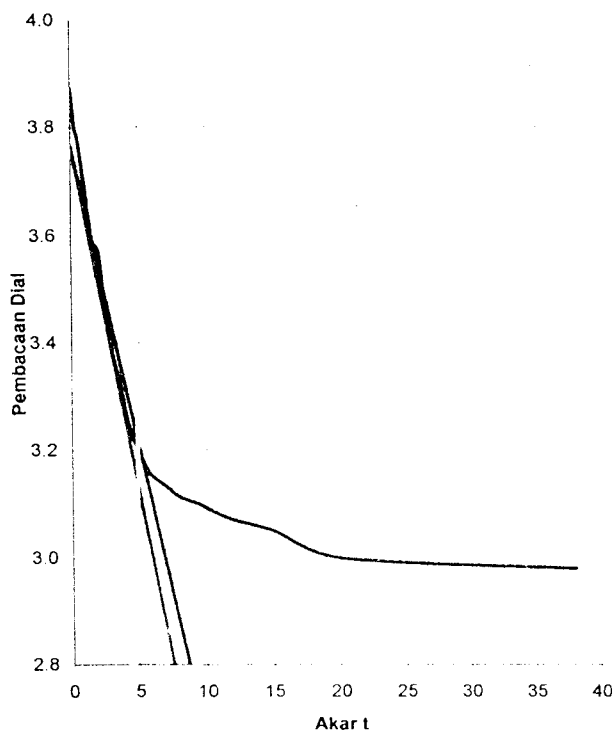
No. Titik : Undisturbed 3

kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 15 Maret 2007

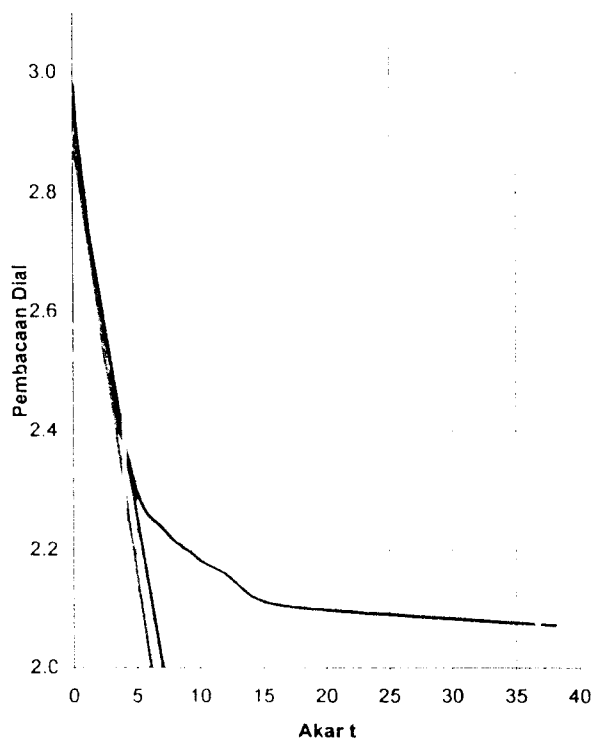
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 4.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.87
t₉₀ : 23.7169 menit
t₉₀ : 1423.014 detik

Beban 8.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 4.05
t₉₀ : 16.4025 menit
t₉₀ : 984.15 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

KESIMPULAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : Undisturbed 3
kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 15 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Data Parameter tanah dan ring

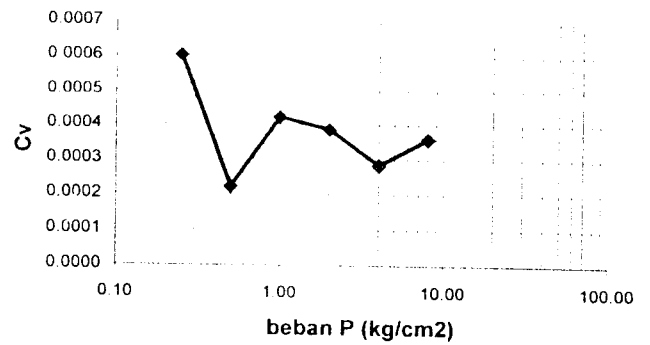
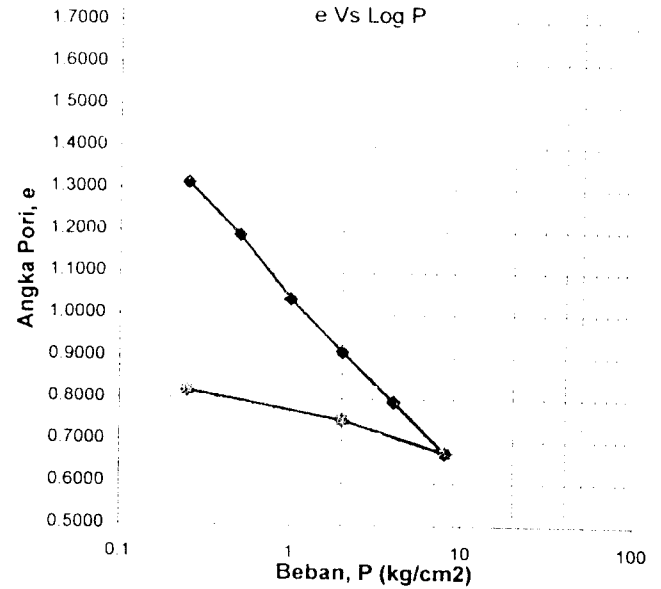
Berat Jenis Tanah : 2.63
Berat ring (gr) : 40
Diameter (cm) : 5
Luas ring (cm²) : 19.63495
Tinggi (H_o) (cm) : 2.04
Volume V_o (cm³) : 40.05531

Kadar air		
Berat Container (cup), gr	22.10	21.65
Berat Cup + tanah basah, gr	59.70	47.06
Berat Cup + tanah kering, gr	44.99	37.05
Kadar air %	64.26	65.00
Kadar air rata-rata %	64.63	

Berat ring + tanah basah, gr	103.41
Berat volume tanah basah	1.583
Berat volume tanah kering	0.962
Tinggi bagian padat (H _t)	0.75
Angka pori (e)	1.735093
Derajat kejenuhan (Sr)	97.96706

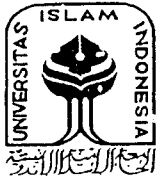
Setelah pengujian	
Berat ring + tanah basah, gr	98.81
Berat ring + tanah kering, gr	83.21
Kadar air, %	36.10275
Angka pori (e)	0.819641
Derajat Kejenuhan (Sr)	115.8436

Cc : 0.706197



Yogyakarta, 15 Februari 2007
Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PEMBACAAN PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
 No. Sampel : w optimum 1
 kedalaman : 1.00 meter
 Tanggal : 20 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban P (Kg)			0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	4.00	0.50
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm ²)							
Jam	t	\sqrt{t}	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2.00 (*)	0.25 (*)
	0	0	10.155	10.155	10.038	9.749	9.058	8.089	7.140	7.180
	5,40"	0.3	10.155	10.140	9.980	9.630	8.900	7.930		
	15,00"	0.3	10.155	10.130	9.955	9.500	8.830	7.880		
	29,40"	0.5	10.155	10.110	9.930	9.440	8.770	7.855		
	1,00"	0.9	10.155	10.100	9.910	9.360	8.626	7.819		
	2,25"	1.7	10.155	10.095	9.881	9.319	8.590	7.770		
	4,00"	2.0	10.155	10.090	9.872	9.289	8.560	7.724		
	6,25"	2.7	10.155	10.085	9.860	9.262	8.535	7.688		
	9,00"	3.3	10.155	10.080	9.844	9.250	8.498	7.652		
	12,25"	3.8	10.155	10.076	9.836	9.235	8.474	7.612		
	16,00"	4.1	10.155	10.072	9.828	9.219	8.452	7.580		
	25,00"	5.2	10.155	10.068	9.812	9.195	8.412	7.510		
	36,00"	6.1	10.155	10.064	9.808	9.175	8.378	7.448		
	49,00"	7.0	10.155	10.060	9.798	9.158	8.344	7.390		
1,04'	64,00"	8.0	10.155	10.058	9.792	9.147	8.314	7.342		
1,21'	81,00"	9.6	10.155	10.054	9.786	9.129	8.290	7.302		
1,40'	100,00"	10.0	10.155	10.052	9.782	9.120	8.279	7.276		
2,01'	121,00"	11.0	10.155	10.050	9.779	9.114	8.264	7.254		
2,24'	144,00"	12.0	10.155	10.049	9.775	9.108	8.255	7.236		
3,45'	225,00"	15.0	10.155	10.046	9.770	9.092	8.232	7.216		
6,40'	400,00"	20.0	10.155	10.040	9.764	9.080	8.205	7.190		
24,0'	1440,00"	38.0	10.155	10.038	9.749	9.058	8.089	7.140	7.180	7.500

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HITUNGAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
 No. Titik : w optimum 1
 kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Berat Jenis Tanah : 2.63 Luas ring (cm²) : 19.634954
 Berat ring (gr) : 40.77 Tinggi (H₀) (cm) : 2.1
 Diameter (cm) : 5 Volume V₀ (cm³) : 41.233404

Beban (kg/cm ²)	Pembacaan akhir dial (mm)	Perubahan tebal ΔH (cm)	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_0}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$	tebal akhir H=H ₁ -ΔH (cm)	1/2 Tebal rata-rata d=(H ₁ +H ₂)/2 (cm)	$\sqrt{t_{90}}$	t ₉₀ (detik)	C _v = $\frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm ² /det)
0.00	10.155			0.788			1.050		0	0
0.25	10.155	0.000	0.000	0.788		2.100	1.047075		0	0
0.50	10.038	0.012	0.010	0.778	0.033	2.088	1.036925	4.77	1365.174	0.000681026
1.00	9.749	0.029	0.025	0.753	0.082	2.059	1.012425	6.15	2269.35	0.000401781
2.00	9.058	0.069	0.059	0.695	0.195	1.990	0.970925	6.37	2434.614	0.000357019
4.00	8.089	0.097	0.083	0.612	0.274	1.893	0.922975	7.93	3773.094	0.00021187
8.00	7.140	0.095	0.081	0.531	0.268	1.799		9.85	5821.35	0.000124094
2.00	7.180	-0.040	-0.034	0.565	0.057					
0.25	7.500	-0.032	-0.027	0.593	0.030					
0.00										

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA

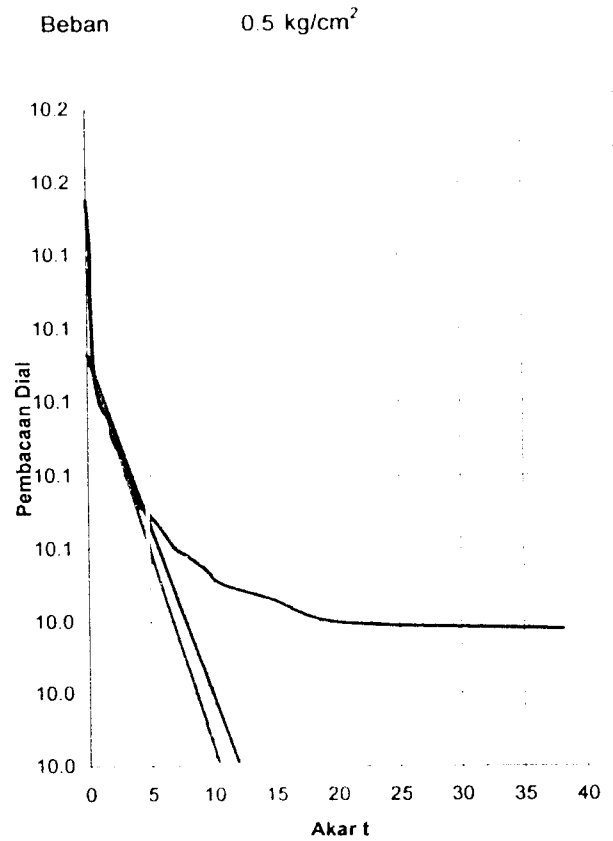
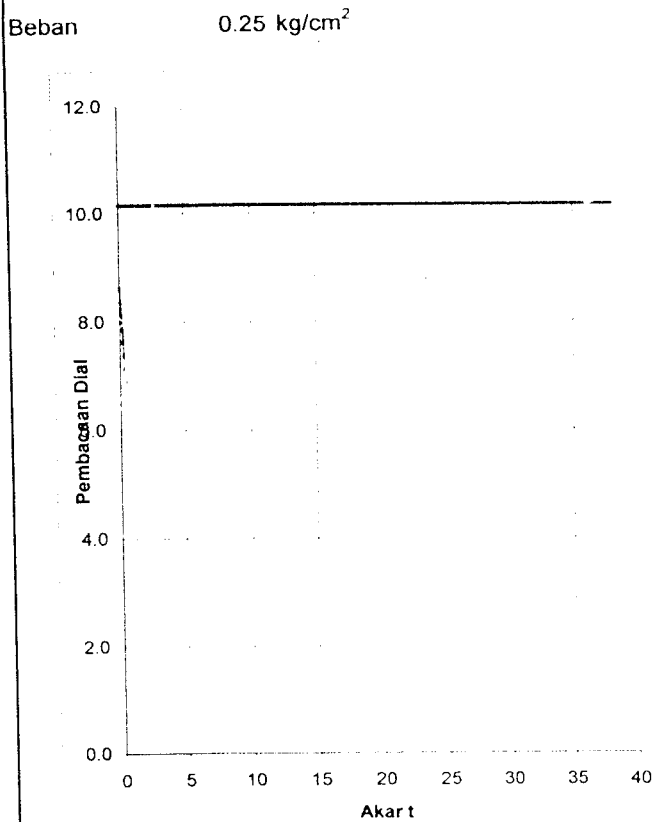


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : w optimum 1
kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain



\sqrt{t} : 0
t90 : 0 menit
t90 : 0 detik

\sqrt{t} : 4.77
t90 : 22.7529 menit
t90 : 1365.174 detik

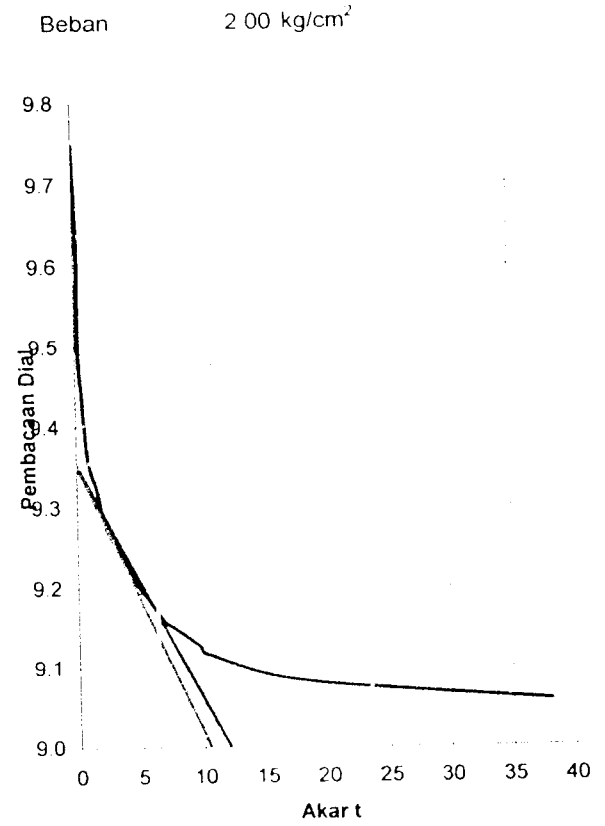
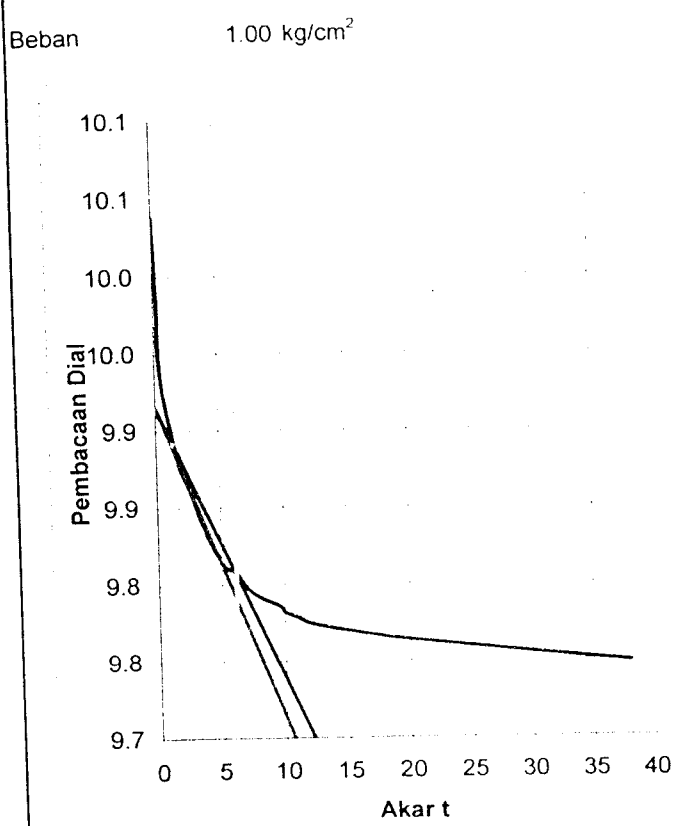


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
No. Titik : w optimum 1
kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain



\sqrt{t} : 6.15
t₉₀ : 37.8225 menit
t₉₀ : 2269.35 detik

\sqrt{t} : 6.37
t₉₀ : 40.5769 menit
t₉₀ : 2434.614 detik

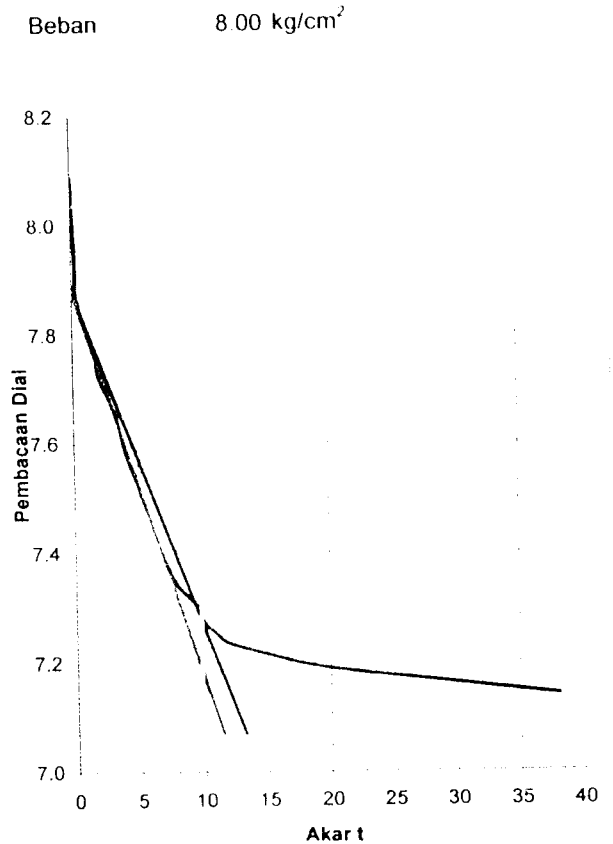
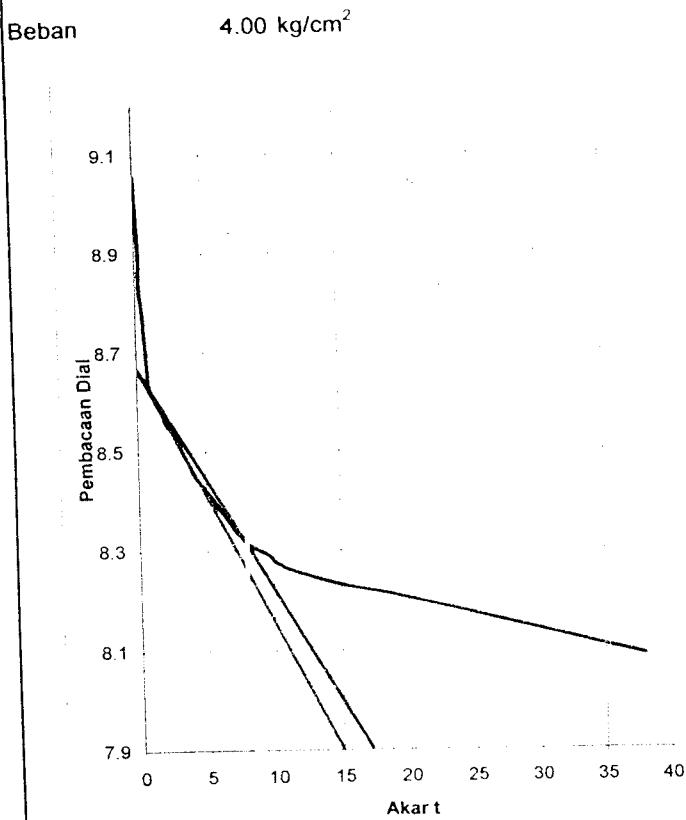


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
No. Titik : w optimum 1
kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain



\sqrt{t} : 7.93
t₉₀ : 62.8849 menit
t₉₀ : 3773.094 detik

\sqrt{t} : 9.85
t₉₀ : 97.0225 menit
t₉₀ : 5821.35 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

KESIMPULAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
No. Titik : w optimum 1
kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Data Parameter tanah dan ring

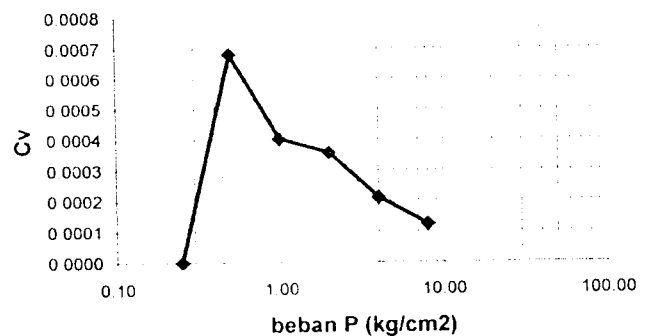
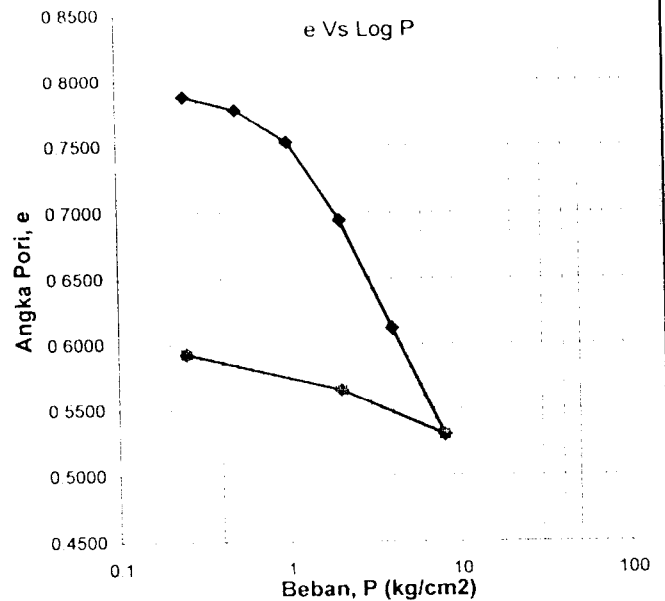
Berat Jenis Tanah 2.63
Berat ring (gr) 40.77
Diameter (cm) 5
Luas ring (cm²) 19.63495
Tinggi (H_o) (cm) 2.1
Volume V_o (cm³) 41.2334

Kadar air		
Berat Container (cup), gr	21.67	21.65
Berat Cup + tanah basah, gr	32.59	58.00
Berat Cup + tanah kering, gr	30.40	50.70
Kadar air %	25.09	25.13
Kadar air rata-rata %	25.11	

Berat ring + tanah basah, gr	116.65
Berat volume tanah basah	1.840
Berat volume tanah kering	1.471
Tinggi bagian padat (H _t)	1.17
Angka pori (e)	0.787973
Derajat kejenuhan (Sr)	83.80074

Setelah pengujian	
Berat ring + tanah basah, gr	119.45
Berat ring + tanah kering, gr	103.99
Kadar air, %	24.65146
Angka pori (e)	0.593
Derajat Kejenuhan (Sr)	109.4099

Cc 0.170549



Yogyakarta, April 2007
Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PEMBACAAN PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo. Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
 No. Sampel : w optimum 2
 kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban P (Kg)			0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	4.00	0.50
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm ²)							
Jam	t	√t	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2.00	0.25
	0	0	10.355	10.355	10.302	10.139	9.696	9.040	8.150	8.180
	5,40"	0.3	10.355	10.335	10.270	10.060	9.520	8.900		
	15,00"	0.2	10.355	10.330	10.260	9.945	9.420	8.880		
	29,40"	0.7	10.355	10.330	10.250	9.930	9.390	8.750		
	1,00"	0.8	10.355	10.328	10.240	9.916	9.372	8.720		
	2,25"	1.3	10.355	10.325	10.235	9.886	9.335	8.672		
	4,00"	2.0	10.355	10.322	10.220	9.870	9.310	8.627		
	6,25"	2.5	10.355	10.320	10.210	9.854	9.286	8.588		
	9,00"	2.9	10.355	10.318	10.208	9.838	9.265	8.562		
	12,25"	3.9	10.355	10.316	10.201	9.816	9.244	8.530		
	16,00"	4.1	10.355	10.314	10.198	9.814	9.232	8.500		
	25,00"	5.0	10.355	10.310	10.188	9.799	9.205	8.450		
	36,00"	5.8	10.355	10.309	10.182	9.786	9.180	8.400		
	49,00"	7.0	10.355	10.306	10.178	9.776	9.160	8.355		
1,04'	64,00"	8.0	10.355	10.304	10.171	9.764	9.140	8.320		
1,21'	81,00"	9.6	10.355	10.302	10.167	9.755	9.124	8.289		
1,40'	100,00"	10.0	10.355	10.302	10.164	9.749	9.114	8.270		
2,01'	121,00"	11.0	10.355	10.302	10.161	9.742	9.102	8.250		
2,24'	144,00"	12.0	10.355	10.302	10.159	9.739	9.098	8.236		
3,45'	225,00"	15.0	10.355	10.302	10.156	9.728	9.080	8.209		
6,40'	400,00"	20.0	10.355	10.302	10.148	9.720	9.068	8.197		
24,0'	1440,00"	38.0	10.355	10.302	10.139	9.696	9.040	8.150	8.180	8.500

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HITUNGAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
 No. Titik : w optimum 2
 kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkamain

Berat Jenis Tanah : 2.63 Luas ring (cm²) : 19.63495
 Berat ring (gr) : 40.77 Tinggi (H₀) (cm) : 2.1
 Diameter (cm) : 5 Volume V₀ (cm³) : 41.2334

Beban (kg/cm ²)	Pembacaan akhir dial (mm)	Perubahan tebal ΔH (cm)	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_0}$	Angka pori $e = e_1 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{p_2}{p_1}}$	tebal akhir H=H ₁ -ΔH (cm)	1/2 tebal rata-rata d=(H ₁ +H ₂)/2 (cm)	$\sqrt{t_{90}}$	t ₉₀ (detik)	$C_v = \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm ² /det)
0.00	10.355			0.738			1.0500			
0.25	10.355	0.000	0.000	0.738		2.100	1.0487	0.00	0.000	0
0.50	10.302	0.005	0.004	0.734	0.015	2.095	1.0433	5.70	1949.400	0.000478384
1.00	10.139	0.016	0.013	0.721	0.045	2.078	1.0281	6.31	2388.966	0.000386352
2.00	9.696	0.044	0.037	0.684	0.122	2.034	1.0007	6.93	2881.494	0.000311078
4.00	9.040	0.066	0.054	0.630	0.180	1.969	0.9620	8.00	3840.000	0.000221121
8.00	8.150	0.089	0.074	0.556	0.245	1.880		9.08	4946.784	0.000158644
2.00	8.180	-0.030	-0.025	0.581	0.041					
0.25	8.500	-0.032	-0.026	0.607	0.029					
0.00										

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

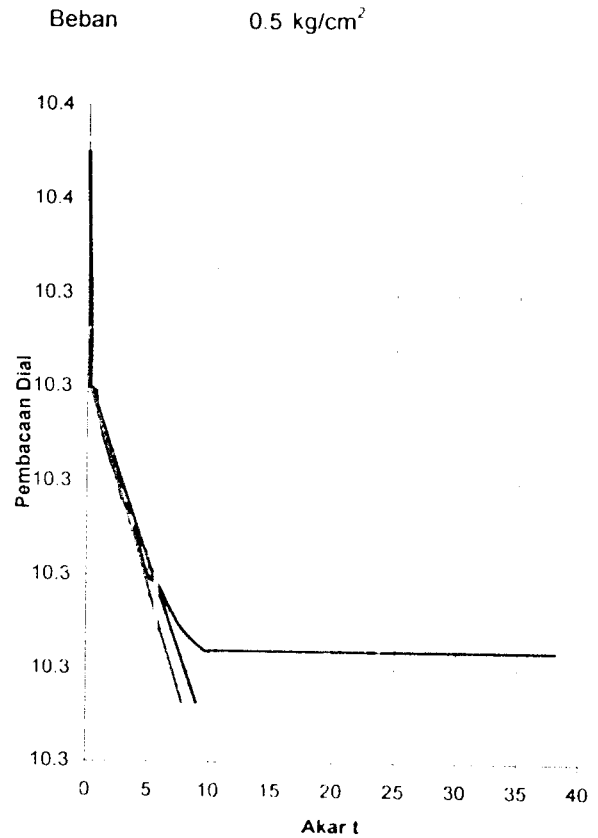
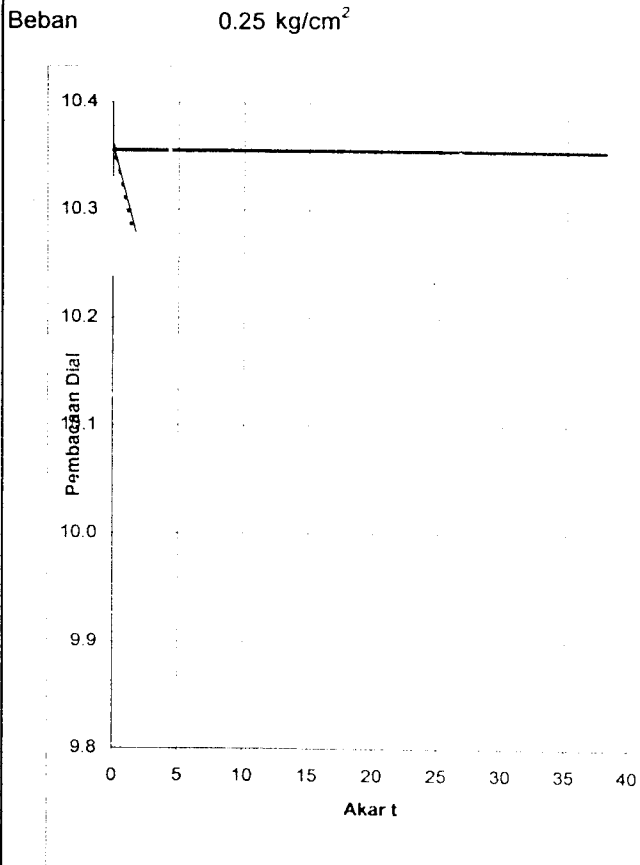
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

No. Titik : w optimum 2

Kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007

dikerjakan : Iskandar Zulkarnain



\sqrt{t} : 0
t90 : 0 menit
t90 : 0 detik

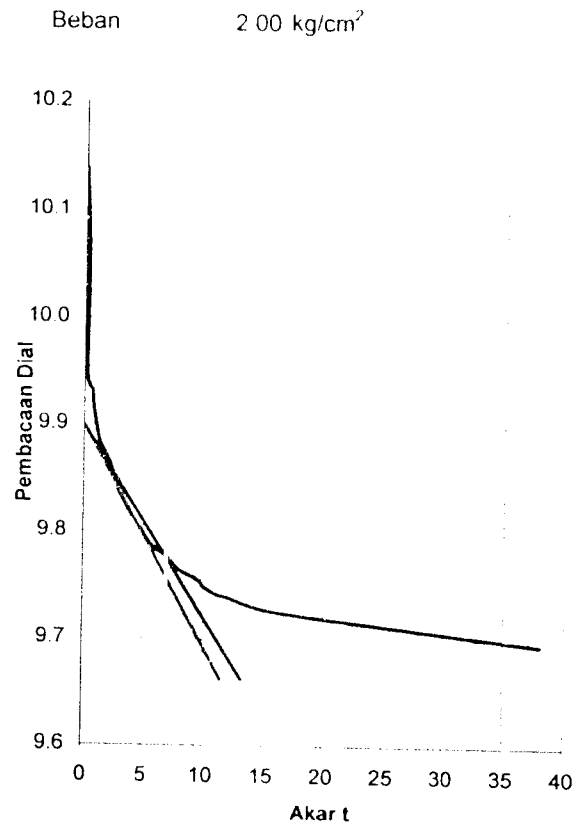
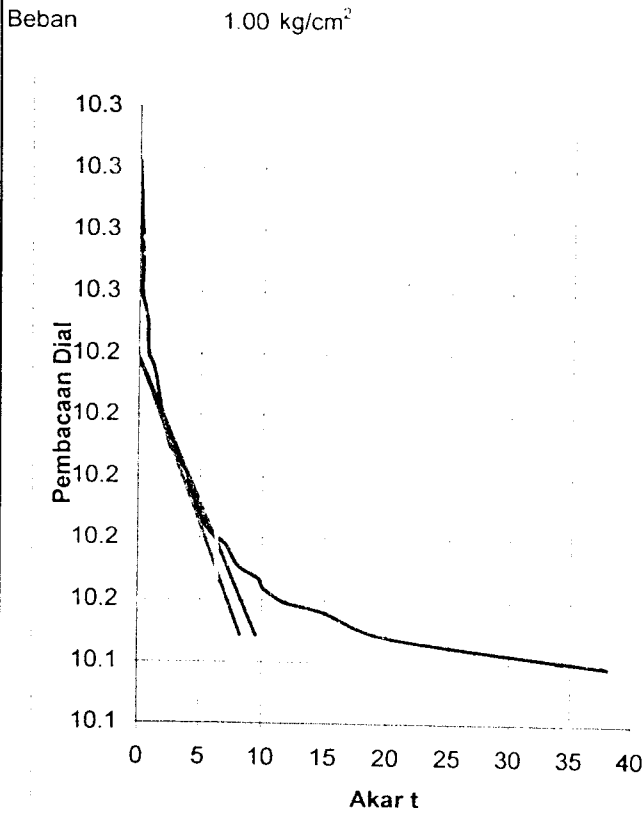
\sqrt{t} : 5.7
t90 : 32.49 menit
t90 : 1949.4 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
No. Titik : w optimum 2
kedalaman : 1.00 meter
Tanggal : 20 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain



\sqrt{t} : 6.31
t90 : 39.8161 menit
t90 : 2388.966 detik

\sqrt{t} : 6.93
t90 : 48.0249 menit
t90 : 2881.494 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

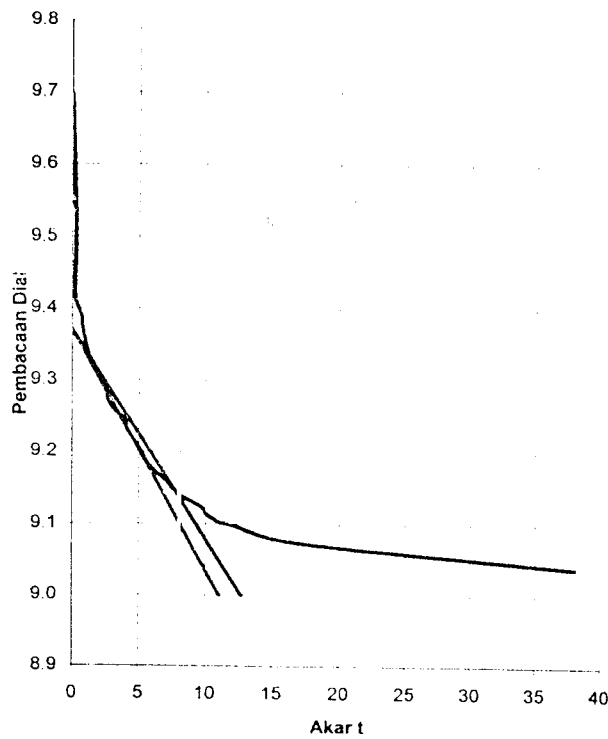
No. Titik : w optimum 2

kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007

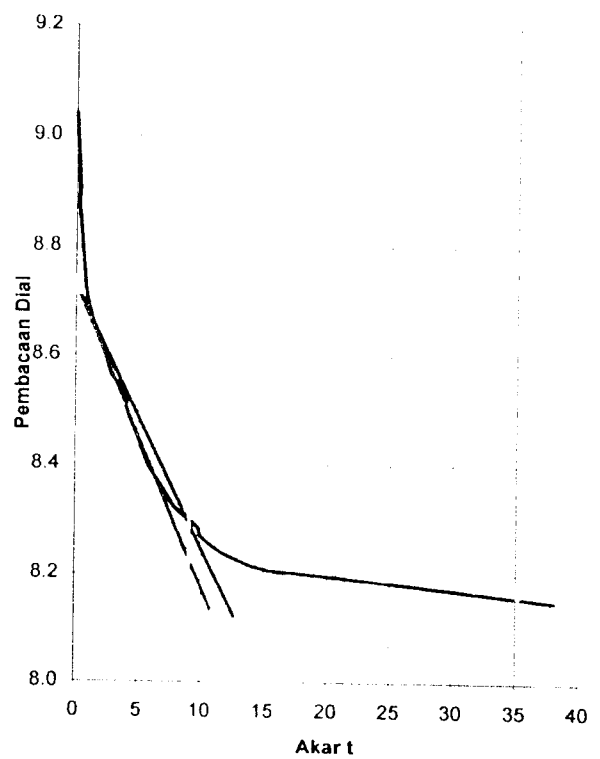
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Beban 4.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 8
t₉₀ : 64 menit
t₉₀ : 3940 detik

Beban 8.00 kg/cm²



\sqrt{t} : 9.08
t₉₀ : 82.4464 menit
t₉₀ : 4946.784 detik



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

KESIMPULAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
 No. Titik : w optimum 2
 kedalaman : 1.00 meter
 Tanggal : 20 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Data Parameter tanah dan ring

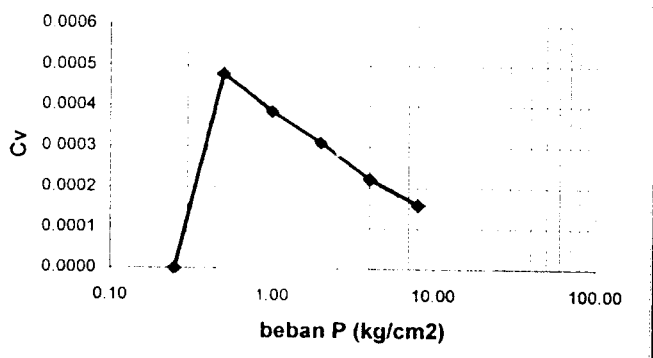
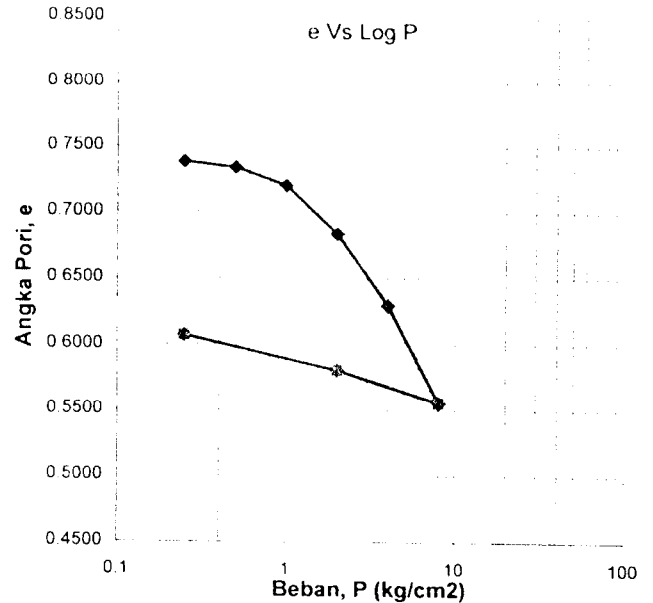
Berat Jenis Tanah : 2.63
 Berat ring (gr) : 40.77
 Diameter (cm) : 5
 Luas ring (cm²) : 19.63495
 Tinggi (H_o) (cm) : 2.1
 Volume V_o (cm³) : 41.2334

Kadar air		
Berat Container (cup), gr	21.67	21.65
Berat Cup + tanah basah, gr	32.59	58.00
Berat Cup + tanah kering, gr	30.40	50.70
Kadar air %	25.09	25.13
Kadar air rata-rata %	25.11	

Berat ring + tanah basah, gr	118.81
Berat volume tanah basah	1.893
Berat volume tanah kering	1.513
Tinggi bagian padat (H _t)	1.21
Angka pori (e)	0.738485
Derajat kejenuhan (Sr)	89.41644

Setelah pengujian	
Berat ring + tanah basah, gr	120.98
Berat ring + tanah kering, gr	104.31
Kadar air, %	26.23544
Angka pori (e)	0.607271
Derajat Kejenuhan (Sr)	113.6218

Cc : 0.121278



Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PEMBACAAN PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

Tanggal 20 Maret 2007

No. Sampel : w optimum 3

dikerjakan Iskandar Zulkarnain

kedalaman : 1.00 meter

Beban P (Kg)			0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	4.00	0.50
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial (mm) untuk beban (kg/cm ²)							
Jam	t	\sqrt{t}	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	2.00 (*)	0.25 (*)
	0	0	10.218	10.016	9.852	9.406	8.658	7.704	6.665	6.700
	5.40"	0.3	10.218	9.990	9.740	9.300	8.540	7.600		
	15.00"	0.2	10.218	9.982	9.720	9.140	8.420	7.490		
	29.40"	0.4	10.200	9.980	9.690	9.065	8.300	7.450		
	1.00'	0.6	10.130	9.970	9.650	9.020	8.250	7.405		
	2.25"	1.3	10.100	9.960	9.609	8.980	8.200	7.345		
	4.00"	1.9	10.095	9.951	9.582	8.950	8.168	7.310		
	6.25"	2.5	10.085	9.940	9.560	8.920	8.129	7.260		
	9.00"	3.0	10.078	9.930	9.545	8.898	8.100	7.222		
	12.25"	3.5	10.072	9.924	9.530	8.874	8.068	7.180		
	16.00"	4.0	10.067	9.919	9.520	8.856	8.042	7.140		
	25.00"	5.0	10.058	9.911	9.502	8.828	7.960	7.064		
	36.00"	5.8	10.050	9.902	9.490	8.800	7.942	6.998		
	49.00"	7.0	10.044	9.895	9.480	8.775	7.925	6.938		
1.04'	64.00"	7.3	10.040	9.891	9.476	8.760	7.910	6.928		
1.21'	81.00"	9.0	10.032	9.884	9.460	8.740	7.890	6.860		
1.40'	100.00"	10.0	10.030	9.882	9.455	8.731	7.874	6.804		
2.01'	121.00"	11.0	10.026	9.879	9.450	8.722	7.860	6.770		
2.24'	144.00"	12.0	10.023	9.876	9.448	8.714	7.850	6.755		
3.45'	225.00"	15.0	10.020	9.865	9.439	8.698	7.834	6.710		
6.40'	400.00"	20.0	10.020	9.860	9.420	8.672	7.820	6.690		
24.0'	1440.00"	38.0	10.016	9.852	9.406	8.658	7.804	6.665	6.700	6.980

Yogyakarta, April 2007

Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Purwanto, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HITUNGAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
 No. Titik : w optimum 3
 kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
 dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Berat Jenis Tanah : 2.63 Luas ring (cm²) : 19.635
 Berat ring (gr) : 40 Tinggi (H_o) (cm) : 2.04
 Diameter (cm) : 5 Volume V_o (cm³) : 40.0553

Beban (kg/cm ²)	Pembacaan akhir dial (mm)	Perubahan tebal V _H (cm)	Perubahan angka pori V _H e ₁ - e ₂	Angka pori e ₁	$C_c = \frac{V_c}{V_o} \log \frac{P_1}{P_2}$	tebal akhir H = H ₁ - ΔH (cm)	1/2 Tebal rata-rata d _v = (H ₁ + H ₂) / 2 (cm)	$\sqrt{t_{90}}$	t _v (detik)	C _v = $\frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm ² /det)
0.00	10.218			0.772			1.01485	7.25	3153.75	0.00027699
0.25	10.016	0.020	0.018	0.755		2.020	1.00742	7.42	3303.384	0.00025969
0.50	9.852	0.016	0.014	0.741	0.047	2.003	0.99035	6.06	2203.416	0.00037762
1.00	9.406	0.045	0.039	0.702	0.129	1.959	0.95000	5.23	4063.974	0.00019258
2.00	8.658	0.075	0.065	0.637	0.216	1.834	0.91315	4.61	5529.6	0.00012928
4.00	7.704	0.095	0.083	0.554	0.275	1.789	0.86832	4.23	6279.174	0.00010183
8.00	6.665	0.104	0.090	0.464	0.300	1.685				
2.00	6.700	-0.035	-0.030	0.494	0.051					
0.25	6.980	-0.028	-0.024	0.518	0.027					
0.00										

Yogyakarta, April 2007
 Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Puwanfo, CES, DEA



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir

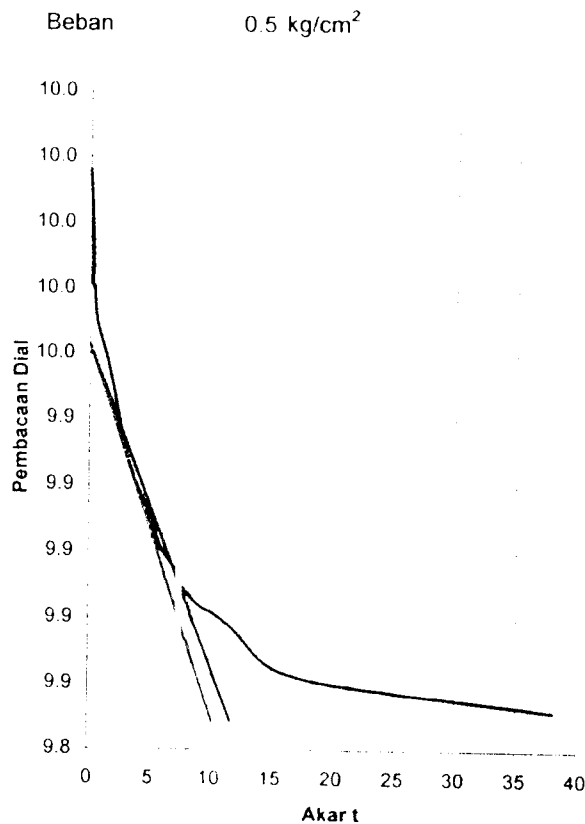
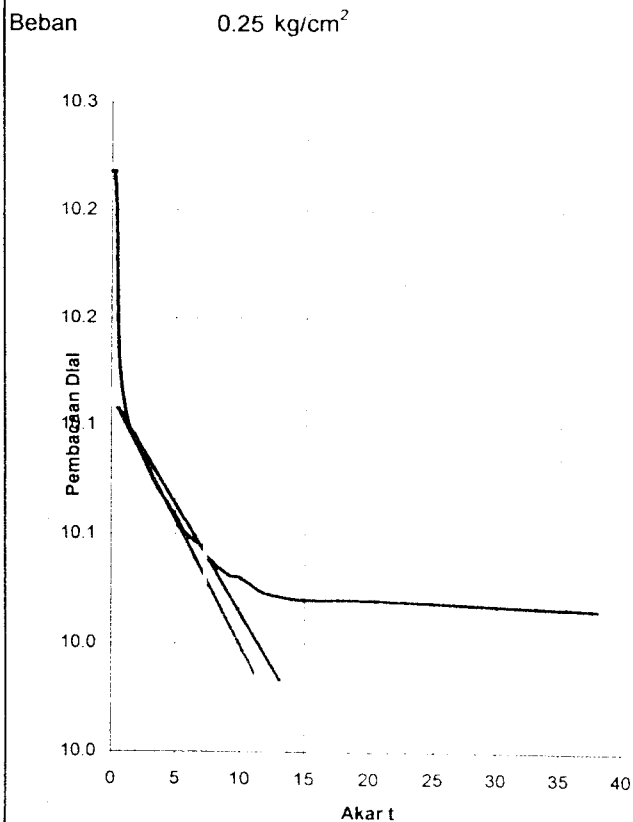
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

No. Titik : w optimum 3

kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007

dikerjakan : Iskandar Zulkamain



$\sqrt{t} : 7.25$
 $t_{90} : 52.5625 \text{ menit}$
 $t_{90} : 3153.75 \text{ detik}$

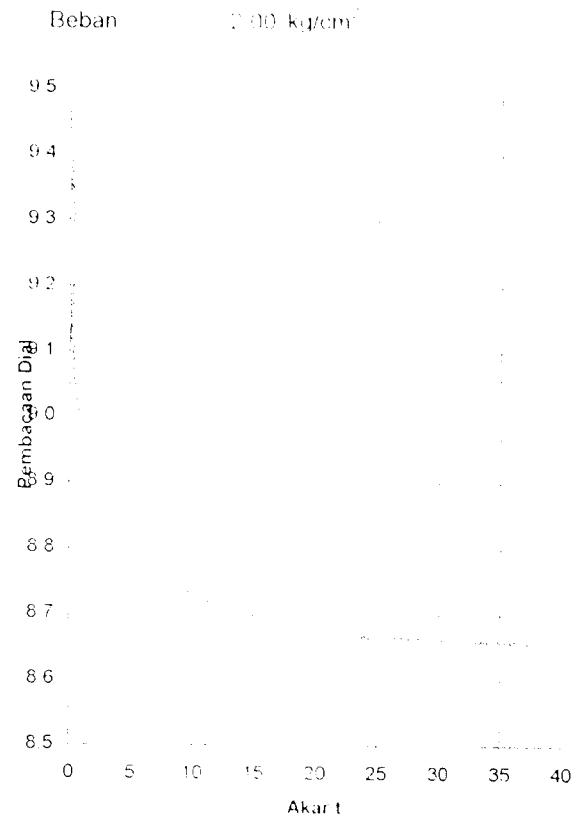
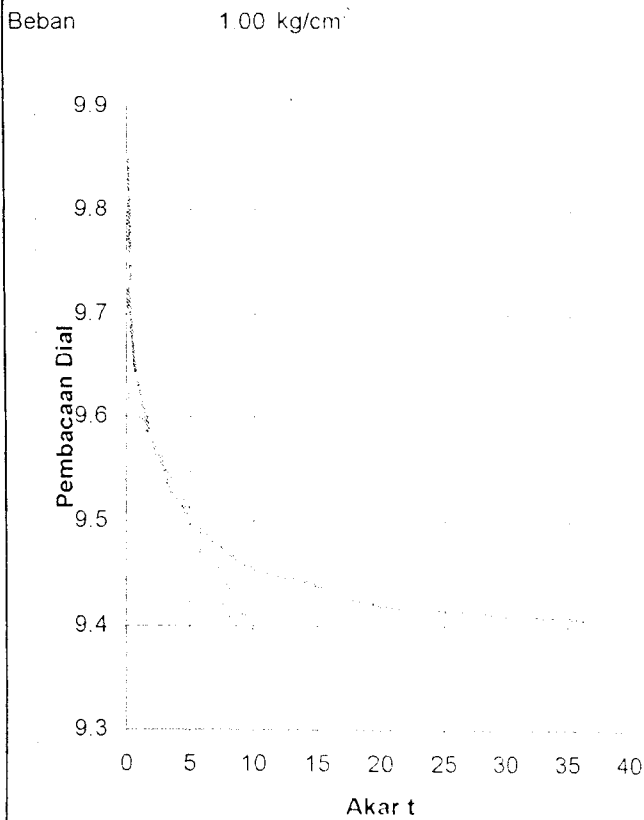
$\sqrt{t} : 7.42$
 $t_{90} : 55.0564 \text{ menit}$
 $t_{90} : 3303.384 \text{ detik}$



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
No. Titik : w optimum 3
kedalaman : 1.00 meter
Tanggal : 20 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain



$\sqrt{t} = 6.06$
t₉₀ : 36.7236 menit
t₉₀ : 2203.416 detik

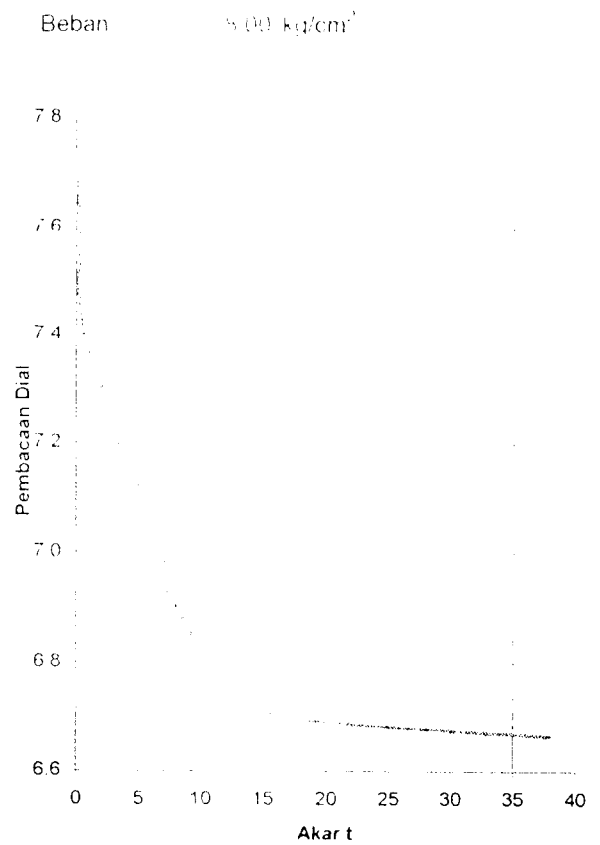
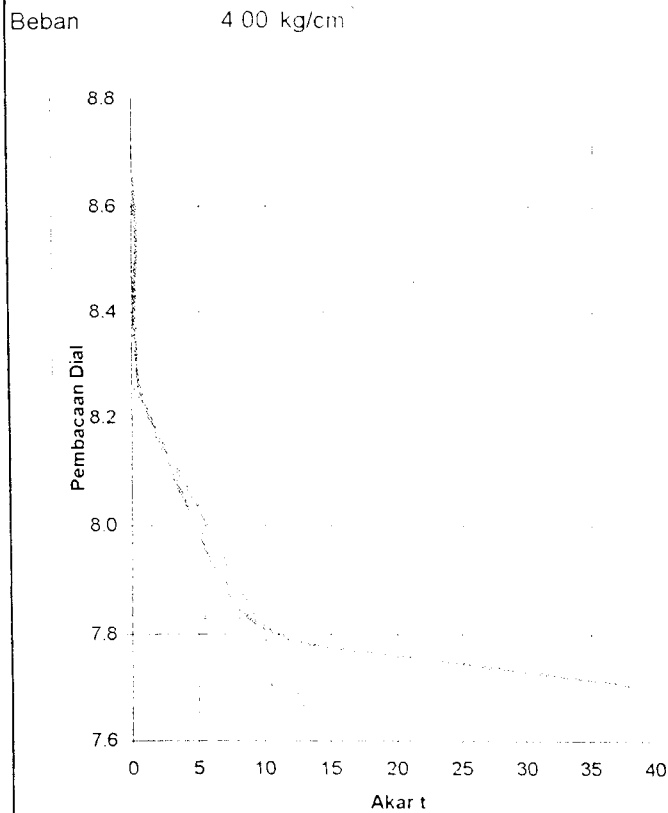
$\sqrt{t} = 8.25$
t₉₀ : 67.7529 menit
t₉₀ : 4063.974 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
No. Titik : w optimum 3
kedalaman : 1 00 meter
Tanggal : 20 Maret 2007
Pemeriksa : Iskandar Zulkarnain



\sqrt{t} : 9.6
t90 : 92.16 menit
t90 : 5529.6 detik

\sqrt{t} : 10.23
t90 : 104.6529 menit
t90 : 6279.174 detik



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

KESIMPULAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
No. Titik : w optimum 3
kedalaman : 1.00 meter

Tanggal : 20 Maret 2007
dikerjakan : Iskandar Zulkarnain

Data Parameter tanah dan ring

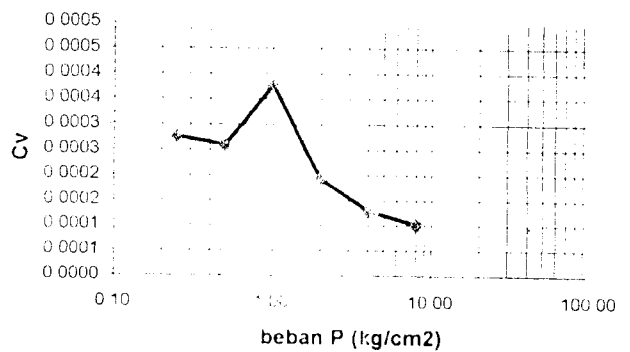
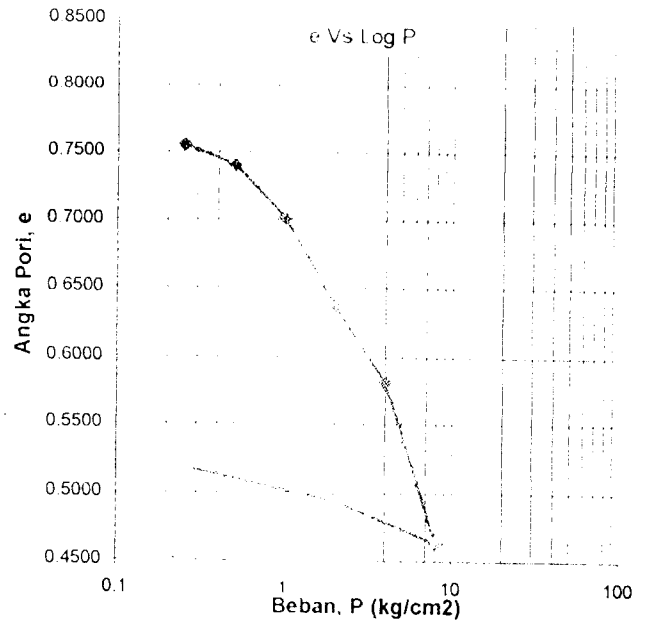
Berat Jenis Tanah : 2.63
Berat ring (gr) : 40
Diameter (cm) : 5
Luas ring (cm²) : 19.63495
Tinggi (H_o) (cm) : 2.04
Volume V_o (cm³) : 40.05531

Kadar air		
Berat Container (cup), gr	21.67	21.65
Berat Cup + tanah basah, gr	32.59	58.00
Berat Cup + tanah kering, gr	30.40	50.70
Kadar air %	25.09	25.13
Kadar air rata-rata %	25.11	

Berat ring + tanah basah, gr	114.36
Berat volume tanah basah	1.856
Berat volume tanah kering	1.484
Tinggi bagian padat (H _t)	1.15
Angka pori (e)	0.772392
Derajat kejenuhan (Sr)	85.49121

Setelah pengujian	
Berat ring + tanah basah, gr	115.01
Berat ring + tanah kering, gr	99.97
Kadar air, %	25.07921
Angka pori (e)	0.518436
Derajat Kejenuhan (Sr)	127.2256

Cc : 0.20509



Yogyakarta, 15 Februari 2007
Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. H. Edy Furwanto, CES, DEA