PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 06 - 12 - 2007
NO. JUDUL : 2723
NO. INV. : S1200027230 01
NO. INDUK. : 002723

TUGAS AKHIR
PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP PENGEMBANGAN (SWELLING) TANAH LEMPUNG SUKOHARJO

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

CHRESSE SASONO

01 511 152

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

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP PENGEMBANGAN (SWELLING) TANAH LEMPUNG SUKOHARJO

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

Disusun oleh:

Chresse Sasono
01 511 152

Mengetahui ,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. Faisol AM,MS
Tanggal :

Disetujui Oleh ,
Dosen Pembimbing

DR.Ir.Edy Purwanto DEA
Tanggal : 7/11-2007

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah... kuucapkan puji syukur kehadirat Alloh SWT yang telah memberikan limpahan berkah, rahmat dan hidayahnya kepada penyusun dalam perjuangannya untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini hingga memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil.

Kedua orang tuaku yang aku cintai, Bapak Darsono dan Ibu Diana Wati yang tidak henti-hentinya mendoakan dan memberikan aku kesempatan untuk dapat menuntut ilmu hingga ke jenjang strata 1 (satu) serta berhasil mendapatkan gelar ST. Semoga aku dapat membahagiakan bapak dan ibu sekalian, serta berguna bagi nusa dan agama.

Sahabat ku seperjuangan, mas Mardi, mas Pandio, mas Miat, mas Nono yang telah memberikan semangat serta doanya hingga Tugas Akhir ini terselesaikan, "*Semoga kalian dalam keadaan bahagia selalu; Senang susah kita hadapi bersama* ".

Buat pakde, budhe, om, paklik, bulik, terima kasih atas dorongan dan nasehatnya. Keponakan-keponakanku yang gendut dan cantik Dina dan Bela, "*Ikuti selalu nasihat orang tuamu Ok* ".

Dosen-dosen di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, terima kasih atas jasa baikmu yang telah membimbing dan memberiku ilmu pengetahuan dan bekal ilmu di akhirat nanti.

Anak–anak Taekwondo AA-YKPN, Sabum Ricky, Muhclas, Novi, Didik, Ade, Danang, tidak ketinggalan juga anak-anak Pasar Mangkubumi Yogyakarta, Official Hotel Wisata Indah Solo dan pak Suwito Pimpinan PT.PERKASA,

Terima kasih atas doa kalian semua, "*Semoga Alloh paring manfaat lan barokah, Amin..*".

Tak lupa pada Hakim Syah Budi Dalimunthe, SH yang telah menemani dan menjadi partner setia TA-ku. Temen-temen setiaku Vety, Ria, Tivik dan Puput yang telah memberikan semangat dan bantuannya hingga kita berhasil. "*Kalian memang temen-temenku yang baik* ".

Matur nuwun juga kepada Om Yudi dan Pak Sugiyono yang telah memberikan banyak pengertian dan pengarahannya semoga Allah membalas semua jasamu.

Pada bocah-bocah temen TA yang lain; Widi, Ade, Ajay, Joko sama Suci dan masih banyak lagi yang belum aku sebutin "*Ojo nesu dab* ". Terima kasih atas semua bantuannya, aku tidak akan melupakan budi baik kalian selama kita berteman dan berjuang bersama di laboratorium Mekanika Tanah FTSP. UII. Makasih yaw..!

By : Chresse Sasono

Tidaklah ada karya manusia yang dapat sempurna, demikian juga tugas akhir ini yang pasti banyak kekurangan yang perlu dibenahi yang dikarenakan ilmu dan wawasan dari penyusun. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2007

Penyusun

ABSTRAKSI

Tanah lunak mempunyai daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi dan pengembangan yang besar oleh karena pori-pori tanah banyak terisi air. Banyaknya fenomena pengembangan tanah di lapangan mendorong penyusun untuk melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui sifat mampat, berkurangnya angka pori dan pengembangan pada tanah oleh beban yang bekerja diatasnya.

Guna mendukung berbagai perencanaan, Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis,sifat dan mekanik tanah, mengetahui hubungan beban terhadap pengembangan yang terjadi dengan uji konsolidasi dan untuk mengetahui nilai CBR tanah, dengan uji CBR laboratorium.

Berdasarkan sistem klasifikasi "segitiga" USCS, termasuk tanah berlempung (clays) sedangkan pada sistem klasifikasi Unified termasuk dalam golongan tanah CH yaitu tanah Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, termasuk kedalam kelompok A-7-5 (37). Beban yang diaplikasikan semakin besar maka nilai pengembangan (Swelling) tanah semakin kecil. Nilai CBR tanah asli sebesar 9,13 persen.

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 xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Batasan Penelitian 3
1.5 Manfaat Masalah 3
1.6 Lokasi Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Tinjauan Umum 4
2.2.1 Penelitian Mengenai Tanah Lempung 5
BAB III LANDASAN TEORI 10
3.1 Tanah 10
3.2 Sistem Klasifikasi Tanah 10
3.2.1 Klasifikasi Tanah USCS 11
3.2.2 Klasifikasi Tanah Sistem Unified 12
3.2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO 14
3.3 Analisis Ukuran Butiran 18
3.3.1 Tanah Berbutir Kasar 18

3.3.2 Tanah Berbutir Halus 18
3.4 Sifat – Sifat Tanah 20
3.4.1 Hubungan Antar Partikel 20
3.4.2 Batas Atterberg 22
3.5 Pemadatan Tanah 24
3.6 Konsolidasi dan Penurunan 25
3.6.1 Konsolidasi 25
3.6.2 Uji Konsolidasi 26
3.6.3 Kembang Susut Tanah Lempung 29
3.7 Uji Pengembangan (Uji Swelling) 32
3.7.1 Uji Tekanan Pengembangan 34
3.7.2 Variasi Potensi Pengembangan 34
3.7.3 Proses Pembasahan 35
3.8 CBR (California Bearing Ratio) 36
3.8.1 Percobaan CBR Laboratorium 37
BAB IV METODE PENELITIAN 39
4.1 Rencana Penelitian 39
4.2 Pekerjaan Persiapan 39
4.3 Pekerjaan Lapangan 39
4.4 Pekerjaan Laboratorium 40
4.4.1 Pemodelan Benda UJi 40
4.4.2 Uji CBR 42
4.4.3 Uji Swelling Pressure 44
BAB V HASIL PENELITIAN 48
5.1 Hasil Pengujian Tanah Asli 48
5.1.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah 48
a. Tanah 48
b. Tujuan Penelitian 48
5.1.2 Sifat Mekanik Tanah 55
a. Kadar Air Tanah 55
b. Pengujian Berat Jenis Tanah 56

c. Pengujian Berat Volume Tanah 56
d. Pengujian Batas Konsistensi Tanah 57
e. Pengujian Pemadatan Tanah (Proktor Standar) 60
5.2 Uji Konsolidasi 61
5.2.1 Analisis Cv dan Cc dari uji Konsolidasi 63
5.2.2 Analisis Pengembangan (Swelling) 69
5.2.3 Pengembangan (Swelling) 73
5.3 Uji Swelling Pressure 78
5.4 Uji CBR 83
BAB VI PEMBAHASAN 87
6.1 Klasifikasi Lempung Tanah Asli 87
6.1.1 Analisis Distribusi Butiran 87
6.1.2 Sistem USCS 87
6.1.3 Sistem Kasifikasi Unified 88
6.1.4 Sistem Kasifikasi AASHTO 89
6.2 Uji Konsolidasi 91
6.3 Swelling (Pengembangan) 92
6.4 Uji Swelling Pressure 94
6.5 Uji CBR 96
BABVII KESIMPULAN DAN SARAN 97
7.1 Kesimpulan 97
7.2 Saran 97
DAFTAR PUSTAKA 98
LAMPIRAN 99

Gambar 5.10	Grafik Hubungan Beban dan Angka Pori II	68
Gambar 5.11	Grafik Hubungan Pembebanan dan Koefisien Konsolidasi ..	68
Gambar 5.2.1	Grafik Log Waktu vs SwellingI.....	71
Gambar 5.2.2	Grafik Tegangan Effektif vs Pembacaan DialI.....	71
Gambar 5.2.3	Grafik Log Waktu vs Swelling II	73
Gambar 5.2.4	Grafik Tengangan Effektif vs Pembacaan Dial II)	73
Gambar 5.31	Grafik Hubungan beban dan penetrasi uji CBR sampel I	76
Gambar 6.1	Klasifikasi Tanah USCS	78
Gambar 6.2	Klasifikasi Sistem Unified	79

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah mempunyai peranan penting dalam pembangunan suatu proyek, yang mana tanah adalah komponen pokok yang perlu diperhatikan, terutama harus mengetahui terlebih dahulu jenis tanah dan sifat tanah tersebut, karena dua unsur tersebut mempunyai peranan penting dalam menentukan tanah yang baik maupun tanah yang jelek, untuk mengatasi hal tersebut banyak usaha-usaha yang dapat dilakukan, untuk mengetahui apakah tanah tersebut layak dingunakan atau tidak, maka sebagai peyusun ingin melakukan suatu penelitian, yang berjudul Pengaruh Pembebanan Terhadap Pengembangan (Swelling) Tanah Lempung.

Penelitian ini dapat berhasil apabila di dukung oleh methode dan teori yang mendukung, tanah lempung secara fisik dan teknis kurang memenuhi syarat untuk pelaksanaan pembangunan proyek bangunan. Menurut seorang Ilmuwan (Terzaghi dan Peck, 1967 serta Wesley, 1977), konsistensi tanah lempung dibagi atas beberapa jenis, yaitu lempung keras (hard clay), lempung sangat kaku (very stiff clay), lempung kaku (stif clay), lempung sedang (medium clay), lempung lunak (soft clay), banyak menimbulkan masalah dalam setiap pekerjaan bangunan sipil.

Mineral lempung adalah hasil pelapukan tanah akibat reaksi kimia yang menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, selain itu bersifat kohesif dan plastis.

Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan.

Kondisi tanah lempung yang kurang memenuhi syarat untuk bangunan antara lain adalah :

1. Mempunyai kekuatan yang kecil atau rendah
2. Pengembanganya besar sehingga secara fisik dan teknis kurang memenuhi persyaratan untuk pekerjaan bangunan dan berpotensial menimbulkan kerusakan pada bangunan diatasnya.

Kerusakan pada bangunan umumnya berupa retak-retak pada lantai, bangunan atau jalan aspal yang bergelombang akibat penurunan yang tidak merata dan akibat pengembangan (**Swelling)** yang besar.

Setelah kita lihat, sangat besar artinya penelitian tentang pengembangan tanah lempung setelah dibebani, dengan meninjau sifat pengembanganya. Untuk itu penyusun akan mengangkat topik dalam penelitian tugas akhir ini dengan judul : **"Pengaruh Pembebanan Terhadap Pengembangan (Swelling) Tanah Lempung Sukoharjo".** dengan contoh tanah diambil dari daerah Sukoharjo dengan kondisi tanah terganggu ***(disturbed)*** dan kondisi tanah tidak terganggu ***(undisturbed).***

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Seberapa besar pengembangan yang terjadi pada tanah lempung tersebut, setelah diberikan pembebanan.
2. Seberapa besar hubungan antara beban dan nilai pengembangan (Swelling) yang terjadi pada tanah Sukoharjo.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jenis tanah dari daerah Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah berdasarkan sifat fisik dan mekanik tanah.
2. Mengetahui hubungan antara pengembangan **(Swelling)** dengan pembebanan dengan uji konsolidasi.
3. Mengetahui CBR tanah dengan uji CBR laboratorium.

2.2.1 Penelitian Mengenai Tanah Lempung

1. Nama : Rokhmat Junaedi (99 511 002)
Yhohan Setiawan (99 511 185)

Tahun : 2004

Judul : "Pengaruh Energi Pemadatan Terhadap Pengembangan (Swelling) Tanah Lempung".

Rumusan Masalah :

1. Seberapa besar pengaruh energi pemadatan terhadap besarnya pengembangan tanah tersebut.
2. Mengetahui hubungan antara kadar air optimum dengan pengembanganya (Swelling).

Tujuan Penelitian :

1. Mengetahui dan menganalisis sifat-sifat mekanis tanah lempung yang diambil dari daerah Salaman, Magelang.
2. Menganalisis dan mengetahui pengaruh energi pemadatan terhadap pengembangan (Swelling) tanah lempung.

Hasil Penelitian :

1. Pada pengujian di laboratorium, dari uji standar proctor didapat berat kering γd sebesar 1,34 gr/cm^3, dan kadar air optimum sebesar 34,32 %, dan nilai (LL) 69,40 %, dan nilai (PL) 44,68 %, dan untuk nilai (IP) sebesar 24,72 %.
2. Untuk free swell test maksimum didapat nilai sebesar 60 %.

2. Nama : Ferdian Arie. W (99 511 146)

Tahun : 2003

Judul : "Pengaruh Pemadatan dan Pembasahan terhadap Pengembangan (Swelling) Tanah Lempung".

Rumusan Masalah :

1. Seberapa besar pengembangan tanah ketika, tanah itu dipadatkan.
2. Mengetahui hubungan antara kadar air optimum dengan pengembanganya (Swelling).

Tujuan Penelitian :

1. Mengetahui dan menganalisis sifat-sifat mekanis tanah lempung.
2. Menganalisis dan mengetahui pengembangan (Swelling) yang terjadi dari contoh tanah setelah tanah tersebut dipadatkan.

Hasil Penelitian :

1. Pada pengujian di laboratorium, dari uji standar proctor didapat berat kering γd sebesar 1,34 gr/cm^3, dan kadar air optimum sebesar 34,32 %, dan nilai (LL) 76,36 %, dan nilai (PL) 46,08 %, dan untuk nilai (IP) sebesar 30,28 %, dan Gs sebesar 2,7.
2. Untuk free swell test maksimum didapat nilai sebesar 65 %.
3. Hasil uji konsolidasi, diperoleh swelling untuk A= 5,1%, B = 5,45% dan C = 5,48%.

3.Nama : One.Y.Dekawanto (90 310 155)

: Riyanto (92 310 070)

Tahun : 2000

Judul : "Pengaruh Kondisi Tanah Setempat Terhadap Kerusakan Jalan Kasongan Kasihan".

Rumusan Masalah :

1. Bagaimana propertis dari tanah lempung.
2. Seberapa besar kekuatan material tanah lempung

Tujuan Penelitian :

1. Mengetahui sifat tanah pada jalan Kasongan-Kasihan
2. Mengetahui daya dukung tanah ditinjau dari CBR tanah (California Bearing Ratio)

Hasil Penelitian :

1. Nilai CBR laboratorium tertinggi yang bisa dicapai adalah sebesar 4,8755 %, nilai CBR maksimum yang biasa dicapai oleh tanah setempat, tidak biasa mencapai 5 %.
2. Nilai Swellingnya atau pengembanganya didapat sebesar 4 %
3. Hasil minimum CBR terendah dari tanah asli sebesar 2,5 % termasuk nilai yang tidak memasuki syarat CBR sebesar 5 %

4.Nama : Rendra Suryansyah Pakaya (95 310 252)

: Ayu Sri Nirmala (96 310 048)

Tahun : 2002

Judul : "Pengaruh Sulfur Belerang terhadap Tanah lempung untuk SubGrade Jalan".

Rumusan Masalah :

Seberapa besar nilai kekuatan material pada lapisan tanah dasar (SubGrade), sehingga dapat menguranggi lapis perkerasan.

Tujuan Penelitian :

1. Mengetahui jenis tanah, sifat fisik dan mekanis tanah lempung.
2. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh campuran tanah dengan sulfur pada stabilisasi tanah dasar dengan jenis tanah yang mempunyai sifat plastisitas seperti pada tanah lempung, ditinjau dari daya dukung tanah lempung yang ditunjukan dengan nilai CBR

Hasil Penelitian :

1. Berdasarkan sistem klasifikasi "segitiga" USCS, termasuk tanah lempung kelanauan (*silty clay*) sedangkan pada sistem klasifikasi *Unified* termasuk dalam golongan tanah CH yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi (*fat clays*).
2. Pada pengujian di Laboratorium, tanah lempung Sokka, Kebumen, Jawa Tengah memiliki kadar air sebesar 42.893 %, berat jenis (Gs) 2.57, berat volume 1.748 gr/cm^3, batas cair (LL) 55 %, batas plastis (PL) 28.73 % dan indeks plastis (IP) 26.27 %.
3. Hasil dari pengujian proktor standar didapat berat volume kering (γ_d) sebesar 1,548 gr/cm^3 dengan kadar air optimum (w_{opt}) 22.84 %, dan pengujian
4. Sifat penyusutan tanah asli bertambah sebesar 19,84 %

5.Nama : Hendra Wijayamoko (96 511 021)

Tahun : 2001

Judul : "Pengaruh Campuran Pasir Krasak dengan tanah Lempung sebagai Perkuatan Jalan Raya ".

Rumusan Masalah :

1. Seberapa besar kemampuan pasir sebagai stabilitator tanah lempung.

Tujuan Penelitian :

1. Mengetahui jenis tanah, sifat fisik dan mekanis tanah lempung.
2. Mengetahui kekuatan material tanah dengan uji CBR laboratorium.
3. Mengetahui penurunan dan pengembangan tanah dengan uji Konsolidasi

Hasil Penelitian :

1. Berdasarkan sistem klasifikasi "segitiga" USCS, termasuk tanah lempung kelanauan (*silty clay*) sedangkan pada sistem klasifikasi *Unified* termasuk dalam golongan tanah CH yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi (*fat clays*).
2. Pada pengujian di Laboratorium, kadar air sebesar 42.893 %, berat jenis (Gs) 2.57, berat volume 1.74 gr/cm^3, batas cair (LL) 70,9 %, batas plastis (PL) 41,39 %.
3. Hasil dari pengujian CBR laboratorium dengan pemeraman 21 hari dengan peningkatan sebesar 42 %, untuk pengujian pengembangan tanah asli hasilnya mengalami penurunan sebesar 45,13 %.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Tanah.

Secara umum tanah terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanah (solid), air (water), dan pori (void) yaitu udara yang terdapat dalam ruangan antara butir-butir tersebut (L.D. Wesley, 1977).

Pembentukan tanah dari bahan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dapat terjadi akibat adanya pengaruh erosi, air, angin, es, manusia atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca, sedangkan pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbon dioksida, air yang mengandung asam atau alkali dan proses kimia yang lain (H.C. Hardiyatmo, 1992).

Untuk membedakan serta menunjukkan dengan tepat masing-masing sifat bahan-bahan ini, dipakai metode sistematik sehingga untuk tanah tertentu dapat diberikan nama yang tepat dan istilah tentang sifatnya, metode sistematik ini disebut Sistem Klasifikasi Tanah.

3.2 Sistem Klasifikasi Tanah.

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda juga mempunyai sifat yang berbeda-beda, sistem klasifikasi tanah berguna untuk tujuan rekayasa yang didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitasnya.

Sistem klasifikasi tanah bertujuan membagi tanah dalam beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang mirip diberi simbol nama yang sama, ada tiga (3) sistem klasifikasi yang umum dan banyak dipakai, yaitu :

1. Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*).
2. Sistem Unified.

Tabel 3.1 Sistem klasifikasi Unified

Kriteria untuk Menetapkan Simbol Kelompok dan Nama Kelompok berdasarkan hasil Pengujian Laboratorium[A]				Klasifikasi Tanah	
				Simbol Kelompok	Nama Kelompok[B]
TANAH BERBUTIR KASAR Lebih dari 50% tertahan pada ayakan No. 200	KERIKIL fraksi kasar yang tertahan pada ayakan No. 4 > 50 %	*Kerikil bersih*, dengan material halus < 5 %[C]	Cu ≥ 4 dan 1 ≤ Cc ≤ 3[E]	GW	Kerikil bergradasi baik[F]
			Cu < 4 dan atau 1 > Cc > 3[E]	GP	Kerikil bergradasi buruk[F]
		Kerikil dengan material halus > 12 %[C]	Kelompok halus seperti ML atau OH	GM	Kerikil lanauan[F,G,H]
			Kelompok halus seperti CL atau CH	GC	Kerikil lempungan[F,G,H]
	PASIR fraksi kasar yang lolos ayakan No. 4 ≤ 50 %	*Pasir bersih* dengan material halus < 5 %[D]	Cu ≥ 6 dan 1 ≤ Cc ≤ 3[E]	SW	Pasir bergradasi baik[I]
			Cu < 6 dan atau 1 > Cc > 3[E]	SP	Pasir bergradasi buruk[I]
		Pasir dengan material halus > 12 %[D]	Kelompok halus seperti ML atau OH	SM	Pasir lanauan[G,H,I]
			Kelompok halus seperti CL atau CH	SC	Pasir lempungan[G,H,I]
TANAH BERBUTIR HALUS 50 % atau lebih lolos ayakan No. 200	LANAU dan LEMPUNG Batas Cair (LL) < 50 %	Anorganik	PI > 7 pada / di atas garis "A"[J]	CL	Lempung kurus[K,L,M]
			PI < 4 di bawah garis "A"[J]	ML	Lanau[K,L,M]
		Organik	Batas Cair – kering oven / Batas Cair – tak dikeringkan < 0,75	OL	Lempung organik[K,L,M,N] Lanau Organik[K,L,M,O]
	LANAU dan LEMPUNG Batas Cair (LL) ≥ 50 %	Anorganik	PI pada / di atas garis "A"[J]	CH	Lempung gemuk[K,L,M]
			PI di bawah garis "A"[J]	MH	Lanau elastis[K,L,M]
		Organik	Batas Cair – kering oven / Batas Cair – tak dikeringkan < 0,75	OH	Lempung organik[K,L,M,P] Lanau organik[K,L,M,Q]

3.2.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah guna perencanaan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Karena sistem ini ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut.

Penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya.

Sistem klasifkasi AASHTO, dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Sistem Klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok, tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris.

Pada sistem ini tanah dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

a. tanah granular, yang lolos ayakan # 200 < 35% (kelompok A-1 sampai A-3).

b. tanah lanau lempung, jika lolos ayakan # 200 > 35%.

Indeks kelompok digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dapat dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F - 35)[0{,}2 + 0{,}005\,(LL - 40)] + 0{,}01\,(F - 15)(PI - 10) \quad \text{.....(3.1.2)}$$

Dengan :

GI : indeks kelompok (*group index*).

LL : batas cair (%).

PI : indeks plastisitas (%).

F : persen material lolos saringan No.200 (0,0075 mm).

Indeks kelompok yang diperoleh, nilainya dibulatkan ke angka utuh terdekat. Jika negatif diangap nol. Khusus kelompok A-2-6 dan A-2-7 nilai indeks kelompok dihitung dari rumus diatas dari bagian PI saja. Makin rendah indeks kelompok bahan tersebut makin baik untuk subgrade.

Bila nilai indeks kelompok (GI) semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. Tanah granuler diklasifikasikan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedang A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan No. 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung lanau. Perbedaan keduanya didasarkan pada batas-batas Atterberg.

Garis *A* dari Casagrande dan garis *U* digambarkan bersama-sama. Tanah organik tinggi seperti tanah gambut (*peat*) diletakkan dalam kelompok A-8.

Menurut Stokes, kecepatan mengendap butiran dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\mu} D^2 \quad \text{.....(3.2)}$$

Dengan :

v = kecepatan, sama dengan jarak/waktu (L/t).

γ = berat volume air (g/cm^3).

γ_s = berat volume butiran padat (g/cm^3).

μ = kekentalan air absolut (g.det/cm^2).

D = diameter butiran tanah (mm).

Dengan menganggap γ_w = 1 gr/cm^3,

$$D(mm) = K \sqrt{\frac{L\,(cm)}{t\,(detik)}} \quad \text{.....(3.3)}$$

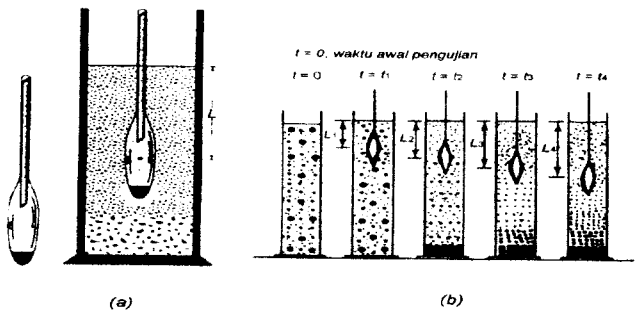
Keterangan :

K = konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh temperatur (t°C) suspensi dan berat jenis butir tanah (G_s).

L = kedalaman efektif, yang nilainya ditentukan oleh jenis hidrometer yang dipakai dan pembacaan hidrometer pada suspensi yang dipakai.

t = waktu pembacaan..

Pada uji Hidrometer, tanah benda uji sebelumnya harus dibebaskan dari zat organik, kemudian tanah dilarutkan ke dalam air destilasi yang telah dicampuri dengan bahan pendeflokulasi (*defloculating agent*) agar partikel-partikel larutan menjadi bagian yang terpisah satu dengan yang lain. Gambar 3.5 adalah gambar alat uji hidrometer.



Gambar 3.5 Alat Uji Hidrometer

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus-rumus sebagai berikut :

1. Kadar air *(Moisture content/water content)*

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat partikel padat dalam tanah, yaitu :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\ \% \quad \text{.....(3.4)}$$

2. Angka pori *(Void ratio)*

Angka pori adalah perbandingan volume pori dan volume partikel padat, yaitu

$$e = \frac{V_v}{V_s} \text{ x } 100\% \quad \text{.....(3.5)}$$

3. Porositas *(Porosity)*

Porositas adalah perbandingan antara volume pori dengan volume keseluruhannya.

$$n = \frac{V_v}{V} \text{ x } 100\% \quad \text{.....(3.6)}$$

$$n = \frac{e}{1+e} \quad \text{.....(3.7)}$$

4. Derajat kejenuhan *(Degree of saturation)*

$$S_r = \frac{V_w}{V_r} \times 100\ \% \quad \text{.....(3.8)}$$

6. Berat volume kering *(Dry density)*

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} (\text{ gr/cm}^3\ ) \quad \text{.....(3.9)}$$

7. Berat volume jenuh *(Saturated density)*

$$\gamma_{sat.} = \frac{W_w + W_s}{V} (\text{ gr/cm}^3\ ) \quad \text{.....(3.10)}$$

8. Berat volume basah *(Submerged / wet density)*

$$\gamma_b = \frac{W_w + W_s}{V} (\text{ gr/cm}^3\ ) \quad \text{.....(3.11)}$$

2. Batas plastis (*Plastic limit)*

Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air dimana tanah dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

$$PL = \left(\frac{Wp - Wk}{Wk}\right) \times 100\% \quad \text{.....(3.12)}$$

PL = batas plastis tanah.

Wp = berat tanah basah kondisi plastis.

Wk = berat tanah kering.

3. Batas susut *(Shringkage limit)*

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanahnya.

Batas susut dinyatakan dalam persamaan:

$$SL = \left(\frac{V_o}{W_0} - \frac{1}{G_s}\right) \times 100\% \quad \text{.....(3.13)}$$

SL = batas susut tanah.

V_0 = volume benda uji kering.

W_0 = berat benda uji kering.

Gs = berat jenis tanah.

4. Indeks plastisitas *(Plasticity index)*

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas akan merupkan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukan sifat keplastisan tanahnya.

$$PI = LL - PL \quad \text{.....(3.14)}$$

Dengan :

PI = indek plastisitas.

LL = batas cair.

Pl = batas plastis.

Tabel 3.3 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam tanah	kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non plastis
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: mekanika tanah, H.C. Hardiyatmo, 2002

3.5 Pemadatan Tanah

Pemadatan (*Compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara, tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini, Alat Uji Proktor Standar dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut ini.

Gambar 3.9 Alat Uji Proktor Standar

Hubungan berat volume tanah kering (γd) dengan berat volume tanah (γb) dan kadar air (w) dinyatakan :

$$\gamma d = \frac{\gamma b}{1 + w} \quad \text{.....(3.5.1)}$$

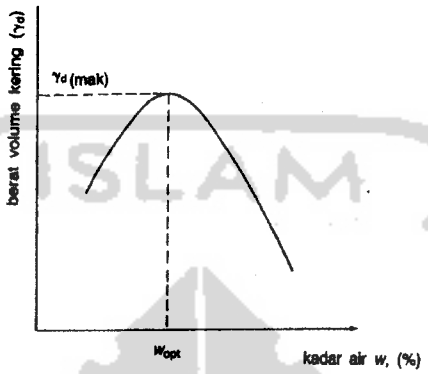
Dengan :

γd = berat volume tanah kering (gram/cm^3).

γb = berat volume tanah (gram/cm^3).

w = kadar air (%).

Setelah dilakukan pemadatan kerapatan butiran, kadar air dan kerapatan keringnya ditentukan. Proses ini diulangi sedikitnya lima kali dengan kadar air yang berbeda untuk jenis tanah yang sama. Dengan menggambarkan hubungan antara berat volume kering dengan kadar air, akan diperoleh kurva di bawah seperti Gambar 3.10 berikut ini.



Gambar 3.10 Hubungan berat volume kering dan kadar air

Sumber : H. C Hardiyatmo, 2002

Kurva tersebut menunjukkan bahwa untuk suatu metode tertentu akan diperoleh suatu nilai tertentu, yaitu dikenal sebagai kadar air optimum (w opt) yang akan menghasilkan nilai berat volume kering maksimum. 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

3.6.1 Konsolidasi

Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, proses tersebut dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga tanah.

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan, pemampatan disebabkan,

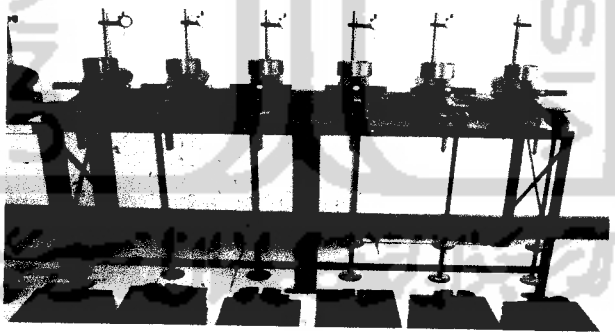
adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab yang lain.

Menurut BM Das 1988, Secara umum, penurunan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu:

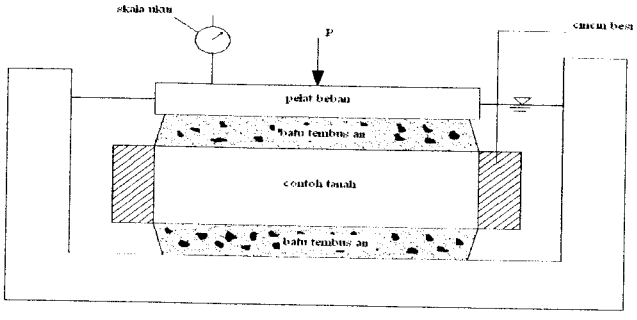
1. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
2. Penurunan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

3.6.2 Uji Konsolidasi

Uji konsolidasi dilakukan di laboratorium dengan alat oedometer atau konsolidometer. Gambar skematis alat ini dapat dilihat pada gambar 3.8. 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 didalam sel tempat benda uji. Ilustrasi sel tempat benda uji konsolidasi dapat kita lihat pada Gambar 3.11 berikut ini :



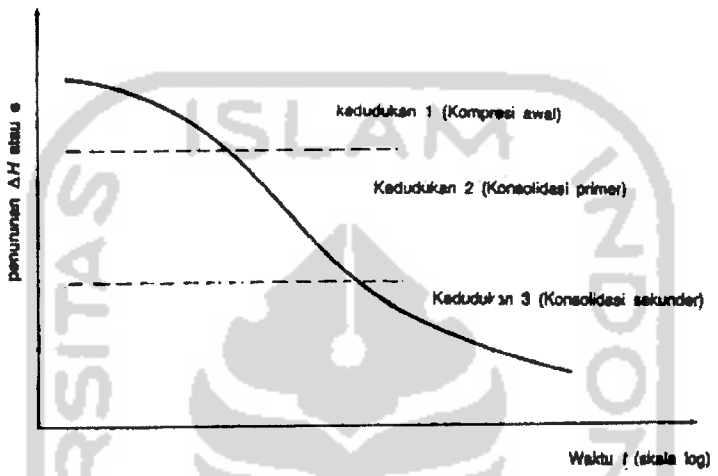
Gambar 3.11 Alat Uji Konsolidasi



Gambar 3.12 Ilustrasi sel tempat benda Uji Konsolidasi

Penelitian Leonard (1962) menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh jika penambahan beban adalah dua kali beban sebelumnya, dengan urutan besar beban : 0,25; 0,50; 1; 2; 4; 8; 16 kg/cm^2.

Untuk tiap penambahan beban, deformasi dan waktu dicatat, kemudian diplot pada grafik semi logaritmis. Gambar 3.13 dibawah memperlihatkan sifat khusus dari grafik hubungan antara penurunan (ΔH) dan logaritma waktu (log t).



Gambar 3.13 Sifat khusus grafik hubungan ΔH atau e terhadap log t

Sumber: H. C. Hardiyatmo, 2003

Indeks pemampatan (Cc) adalah kemiringan dari bagian lurus grafik *e*-log P untuk dua titik yang terletak pada bagian lurus dari grafik dalam Gambar 3.14 nilai Cc dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Cc = \frac{e_1 - e_2}{\log P_1 - \log P_2} = \frac{\Delta e}{\log (P_2/P_1)} \quad \text{.....(3.6.1)}$$

Untuk tanah *normally consolidated*, Terzaghi dan Peck (1967) (H.C Hardiyatmo, 1994), memberikan hubungan angka kompresi Cc sebagai berikut :

$$Cc = 0{,}009\,(LL - 10) \quad \text{.....(3.6.2)}$$

Dengan LL adalah batas cair (*liquid limit*). Persamaan ini dapat digunakan untuk tanah lempung tak organik yang mempunyai sensitivitas rendah rendah sampai sedang dengan kesalahan 30% (rumus ini seharusnya tidak digunakan untuk sensitivitas lebih dari 4).

Koefisien konsolidasi:

$$Cv = \frac{0{,}848\,(d/2)^2}{t_{90}} \quad \text{.....(3.6.8)}$$

Tebal rata-rata :

$$d = \frac{1}{2}\,(H_1 - H_2) \quad \text{.....(3.6.9)}$$

Keterangan :

W_k = berat kering.

G = berat jenis.

H_0 = tebal sampel mula-mula.

H_1 = tebal sampel pada awal setiap beban.

H_2 = tebal sampel pada akhir pembebanan.

3.6.3 Kembang-Susut Tanah Lempung

Tanah-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. Derajat pengembangan bergantung dari berbagai faktor antara lain : tipe dan jumlah mineral lempung, susunan tanah, kosentrasi garam dalam air pori, valensi kation, sementasi, adanya bahan-bahan organic, Perubahan volume tanah yang besar membahayakan bangunan.

Pengembangan lempung adalah hasil dari bertambahnya tebal lapisan ion *diffuse* ketika ada air ketika ada air, Ion-ion *monovalent exchangeable sodium* akan menyebabkan pengembangan lebih besar daripada ion-ion kalsium *divalent.*

Pengaruh susut pada tanah-tanah berbutir halus menjadi masalah penting, Retak akibat susut dapat muncul secara lokal, jika tekanan kapiler melampaui kohesi atau kuat tarik tanah, Retak akibat pengeringan permukaan yang sering dijumpai pada lempung lunak dapat berpengaruh jelek, contohnya dalam struktur perkerasan jalan yang dibangun diatasnya.

Retak akibat susut disebabkan oleh penguapan permukaan saat musim panas, penurunan muka air tanah, tetapi ketika musim hujan, tanah akan mendapatkan air lagi, dan volume tanah bertambah dan tanah mengembang. Perubahan volume akibat proses kembang-susut sering merusakan bangunan gedung ringan dan perkerasan jalan raya.

Pada umumnya perkerasan jalan atau pembangunan gedung dilaksanakan pada musim panas, sehingga tanah permukaan pada kondisi kering. Bangunan yang menutup tanah mencegah penguapan, sehingga tanah dibawah bangunan bertambah kadar airnya oleh akibat kapiler yang menyebabkan tanah lempung mengembang. Jika tekanan yang ditahan oleh perkerasan atau bangunan kurang dari tekanan pengembangan *(swelling pressure)*, maka permukaan tanah akan naik akibatnya bangunan yang ada diatasnya rusak.

Pada prosess kembang-susut, tanah tidak sepenuhnya kembali keposisi semula. Lempung menjadi overconsolidated dan berkurang kemudahmampatanya akibat dari bertambahnya tegangan efektif. Pengembangan merupakan proses yang agak kompleks dibandingkan dengan penyusutan (Yong dan Warketin), Gangguan tanah atau pembentukan kembali tanah lempung dapat menambah sifat mudah mengembang, Untuk memprediksi sifat kembang-susut tanah, dapat dilakukan uji pengembangan di laboratorium.

Dibawah ini terdapat Tabel 3.3 menunjukan kemungkinan potensi ekspansif tanah hasil dari pengumpulan data uji pengembangan pada lempung dan tanah-tanah ekspansif oleh Holtz (1969) dan USBR (1974), Sedang Table 3.4 dari hasil pengalaman Chen (1988) pada area Rocky Mountain.

Contoh tanah yang mengembang secara vertikal dan perubahan tinggi dibagi tinggi awal adalah potensi pengembanganya (dinyatakan dalam persen).

Pengujian dapat dilakukan pada alat uji konsolidasi konvesional (konsolidometer). Tetapi,akibat belum adanya prosedur standar pengujian. Spesifikasi dari pengujian bervariasi dan hasil pengujian menjadi berbeda dan tidak selalu dapat dibandingkan.

Diameter contoh tanah pada umumnya sekitar 50 – 112 mm dan tinggi 12 – 37 mm. Jika diameter contoh tanah lebih besar, maka akan berpengaruh pada pengurangan gesekan dinding, sehingga contoh akan cenderung mengembang lebih besar. Contoh tanah,dapat berupa contoh asli ***(undisturbed)*** maupun dibentuk ***(remolded)***.

Jika dibentuk, maka harus diperhatikan kepadatan, kadar air dan bagaimana pemeraman contoh tanahnya. Kadar air awal dapat berupa kadar air ditempat, kadar air optimum atau kering udara. Beban terbagi rata, ditentukan besarnya. Umumnya, berkisar di antara 2,9 – 71,8 kPa.

Snethen (1984) juga menyarankan bahwa beban yang diterapkan harus mempertimbangkan kemungkinan adanya beban luar, seperti beban pondasi. Dengan kriteria pengujian Snethen, klasifikasi tanah ekspansif diperlihatkan pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Klasifikasi tanah ekspansif didasarkan pada uji pengembangan tanah tak terganggu pada tekanan ***Overburden*** di tempat (Snethen,1984)

Potensi pengembangan	Klasifikasi pengembangan
< 0,5	Rendah
0,5 – 1,5	Sedang
> 1,5	Tinggi

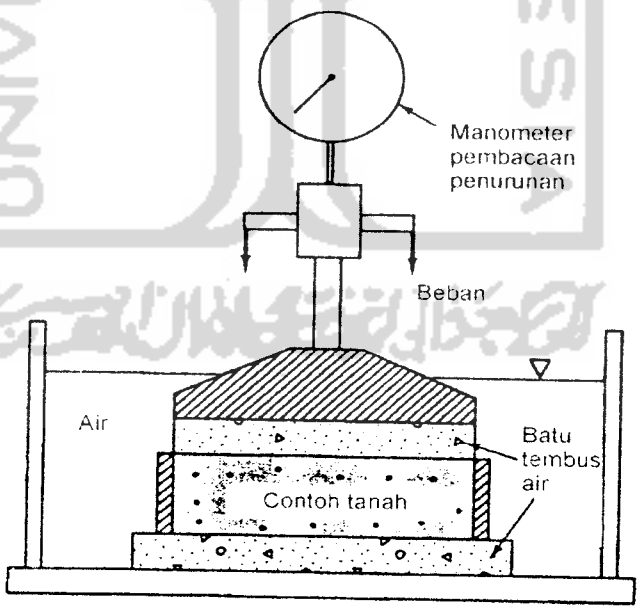
3.7.3 Proses Pembasahan

Regangan pengembangan yang terjadi di lapangan tidak selalu sama dengan di laboratorium. Hal ini disebabkan tanah di lapangan belum tentu jenuh sempurna. Rasio regangan aktual terhadap regangan potensi pengembangan disebut ***koefisien pembasahan*** .

Derajat kejenuhan sangat bergantung pada beberapa hal seperti :

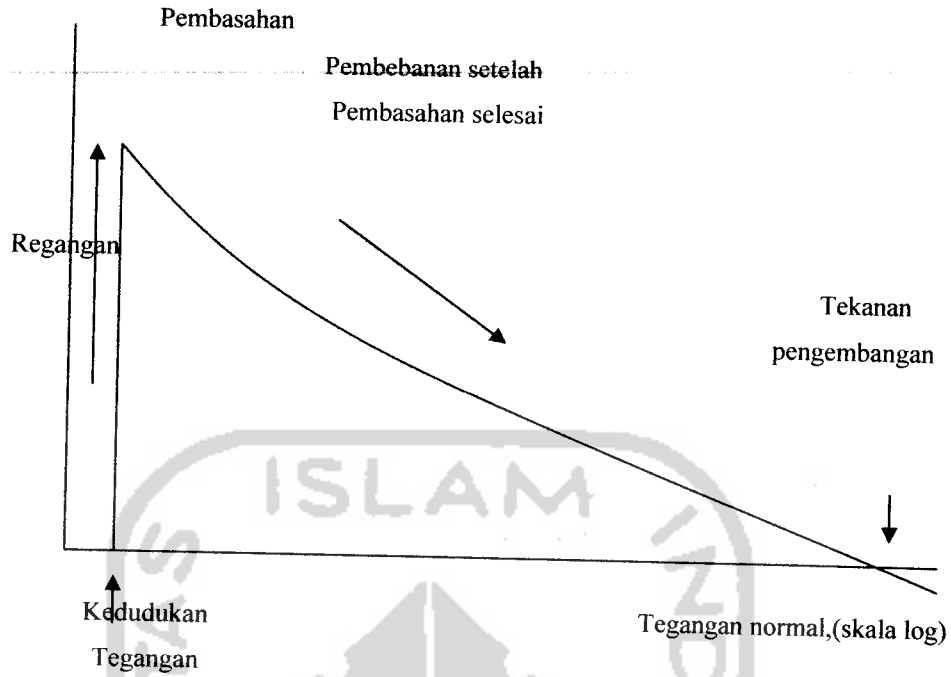
1. Kecepatan dan lama waktu air merembes ke dalam tanah akibat pembasahan dan rembesan keluar akibat penguapan
2. Kecepatan air masuk ke tanah
3. Kondisi tanah berlapis-lapis

Untuk pengujian pengembangan tanah dapat dilakukan juga dengan cara ***Uji Swelling Pressure***, uji beban ini dilakukan dengan mengukur pengembangan pada akhir pembebanan dari uji pengembangan dengan melepas beban perlahan-lahan sampai kembali ke volumenya semula, pada cara ini cenderung menghasilkan tekanan pengembangan. Gambar 3.15 dibawah ini merupakan Alat Uji Pengembangan



Gambar 3.15 Alat Uji Pengembangan

Sumber : Mekanika Tanah I, H. C. Hardiyatmo, 2002



Gambar 3.16 Penentuan Tekanan Pengembangan dengan Pelepasan pada akhir Pembebanan pada Uji Pengembangan

Sumber : Mekanika Tanah I, H. C. Hardiyatmo, 2002

3.8 CBR (California Bearing Ratio)

Pengujian CBR dimaksudkan untuk menentukan kekuatan tanah atau campuran agregat yang dipadatkan pada kadar air tertentu. Uji ini dikembangkan oleh California State Highway Departement, Amerika Serikat, 1930. CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan (dapat berupa tanah maupun material perkerasan jalan) dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Biasanya pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material perkerasan jalan raya.

Prinsip pengujian CBR adalah dengan menembus sampel tanah dengan kepadatan tertentu dalam suatu tabung dengan menggunakan alat penekan standar.

Alat penembus atau penetrasi yang digunakan adalah sebuah piston berpenampang bulat dengan luas 3 in^2 dan kecepatan konstan sebesar 0,05 in per menit dan diukur beban yang diperlukan.

$$CBR = \frac{\text{Beban hasil penetrasi}}{\text{Beban terhadap bahan standar}} \times 100\% \quad \text{.....(3.8.1)}$$

Tabel 3.7 Hubungan antara nilai penetrasi dengan beban standar untuk pemeriksaan CBR

Penetrasi		Beban		Tekanan
(in)	(mm)	(KN)	(lbs)	(lbs/m^2)
0,1	2	11,5		
	2,5	13,24	3000	1000
	4	17,6		
0,2	5	19,96	4500	1500
		22,2		
		26,3		
		30,3		
		33,5		

Sumber : Praktikum mekanika tanah, 2004

Untuk mendapatkan design CBR, harus memperhitungkan dua faktor yaitu :

- Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
- Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah pemadatan selasai.

Salah satu cara untuk melakukan test CBR adalah dengan uji CBR laboratorium.

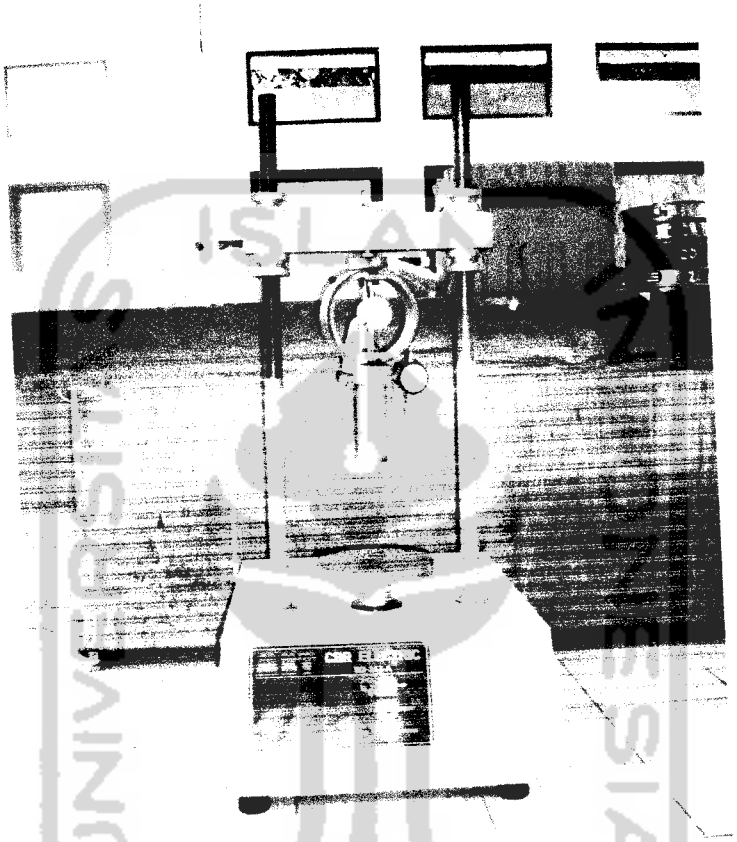
3.8.1 Percobaan CBR Laboratorium

CBR laboratorium biasanya digunakan antara lain untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan lapangan terbang. Untuk menentukan nilai CBR laboratorium harus disesuaikan dengan peralatan dan data hasil pengujian *compaction standard modified* dibuat mendekati $\pm$ kadar air optimum.

Dengan menggunakan dongkrak mekanis sebuah piston penetrasi ditekan supaya masuk tanah dengan kecepatan 0,05 inci per menit. Luas piston tersebut adalah 3 inci persegi. Untuk menentukan beban yang bekerja pada piston ini dipakai sebuah "*proving ring*" yang di terpasang antara piston dan dongkrak.

Pada nilai-nilai tertentu, beban yang bekerja pada piston tercatat sehingga kemudian dapat dibuat grafik beban terhadap penetrasi.

Gambar 3.17 dibawah ini merupakan gambar alat uji CBR laboratorium.



Gambar 3.17 Alat uji CBR laboratorium

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Rencana Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahapan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan lapangan dan pekerjaan laboratorium. Perencanaan penelitian penting dilakukan agar dalam pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan baik sehingga mendapatkan hasil sesuai yang diinginkan serta tepat waktu.

4.2 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan pekerjaan awal dari semua rangkaian kegiatan penelitian. Tahapan persiapan itu meliputi studi pendahuluan, konsultasi dengan beberapa narasumber, pengajuan proposal, mengurus perijinan penelitian baik dalam pekerjaan lapangan dan pekerjaan di laboratorium Mekanika Tanah UII.

4.3 Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah mengambil sampel tanah yang akan diujikan, tanah yang akan diambil adalah tanah lempung (tanah kohesif), yang berasal dari Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah yaitu dengan dua tahap cara pengambilanya, pertama dengan cara pengambilan ***Disturbed Soil*** (tanah terganggu) dan ***Undisturbed Soil*** (tanah tidak terganggu), dan jumlah tanah yang diambil sekitar 70 kg.

4.4 Pekerjaan Laboratorium

Pekerjaan laboratorium pada pemeriksaan sifat-sifat fisik tanah lempung yang meliputi berbagai pengujian, kode alat dan jumlah sampelnya yang meliputi antara lain :

No.	Nama Pengujian	Standar Alat	Jumlah Sampel
1	Uji Analisis Saringan	ASTM D 422-72	2
2	Uji Analisis Hidrometer	ASTM D 421-72	2
3	Uji Kadar Air	ASTM D 2216-71	2
4	Uji Berat Jenis	ASTM D 854-72	2
5	Uji Batas Cair & Plastis	ASTM D 423-66	2
6	Uji Proktor Standar	ASTM D 424-74	2
7	Uji CBR	ASTM D 1883-73	2
8	Uji Konsolidasi	ASTM D 2436-21	2

4.4.1 Pemodelan Benda Uji

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah berbutir halus yang berasal dari daerah Sukoharjo, Solo Jawa Tengah. Tanah yang digunakan untuk pembuatan benda uji ini adalah tanah yang sudah terganggu (*disturb*) sehingga nantinya dalam pengujian yang akan dilakukan (Uji Konsolidasi, Uji Swelling Pressure dan CBR laboratorium) akan digunakan tanah benda uji yang mempunyai nilai γd mak dan W.optimum yang diperoleh dari Uji Proctor standar. Kepadatan terbaik dari benda uji diperoleh apabila berat volume kering (γd) dan kadar air (W.optimum) benda uji adalah sama dengan γd mak dan W.optimum tanah yang diperoleh dari uji pemadatan Proctor standar.

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

a. Menumbuk bongkahan tanah *disturb*, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 4 sebanyak tanah yang dianggap cukup.
b. Mencari kadar air tanah (w asli, %).
c. Menimbang sejumlah tanah (Wt) gram, sesuai dengan berat tanah yang akan dibutuhkan untuk dapat memenuhi satu seri pengujian.

d. kemudian ditambahkan air (Wa) cc dan diaduk sampai rata (homogen) untuk mendapatkan pemadatan yang terbaik. Penambahan air dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Wa = Wt \times [(\frac{100 + w.optm}{100 + w.asli}) - 1] \quad \text{.....(4.1)}$$

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

e. Membersihkan cetakan benda uji untuk masing-masing pengujian, olesi dengan pelumas jika perlu agar tanah benda uji tidak lengket pada cetakan.

f. Menghitung dan menimbang sejumlah tanah yang harus dimasukkan kedalam cetakan untuk membuat satu benda uji. Berat tanah tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus dibawah ini :

$$\gamma b = \gamma d\ (1 + w.optm) \quad \text{.....(4.2)}$$

$$W = \gamma b \,.\, V \quad \text{.....(4.3)}$$

Dengan :

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

γb = berat volume basah (gr/cm^3)

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

w.optm = kadar air optimum (%)

V = volume cetakan (cm^2)

g. Membuat tanah benda uji dengan memasukkan tanah pada cetakan benda uji. Tanah benda uji adalah tanah berbutir halus murni, dimana metode pemasangannya adalah dengan arah horizontal/mendatar disetiap satu satuan benda uji. Pada masing-masing pengujian yang akan dilakukan (Uji Konsolidasi, Swelling Pressure dan CBR laboratorium).

h. Setelah proses pembuatan sampel tanah benda uji selesai, maka dapat dilakukan jalannya pengujian.

Untuk pekerjaan laboratorium pada pemeriksaan sifat-sifat mekanik tanah lempung yang meliputi berbagai pengujian yang meliputi antara lain :

4.4.2 Uji CBR

Pengujian CBR laboratorium mengacu pada standar ASTM D 1883–73
Alat yang digunakan :

a. Mesin penetrasi minimal berkapasitas 4,45 ton (10.000 lb) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm (0,05 inc) per menit.

b. Cetakan logam berbentuk silinder dengan diameter dalam 152,4 + 0,6609 mm (6 inc + 0,0026 inc).

c. Piringan pemisah dari logam (*spencer disk*) dengan diameter 150,8 mm dan tebal 61,4 mm.

d. Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksaan pemadatan.

e. Torak penetrasi logam berdiameter 49,5 mm, luas 1935 mm dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm.

f. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan 0,01 gram.

1. Persiapan benda uji dan prosedur pengujian

a. Benda uji

a. Ambil contoh tanah kering udara sebanyak 5 kg.
b. Campur tanah tersebut dengan air sampai kadar air optimum (nilai kadar optimum dilihat pada pengujian pemadatan).
c. Untuk mencapai kadar air optimum tersebut diperlukan penambahan air dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Penambahan air} = 500 \times \frac{100 + B}{100 + A} - 1 \text{ (cc)} \quad \text{.....(4.4)}$$

Keterangan :

A = kadar air mula-mula.

B = kadar air optimum.

500 = berat contoh (gr).

Setelah dicampur hingga rata, masukkan contoh tanah tadi ke dalam kantong plastik, diikat kemudian diamkan selama 24 jam.

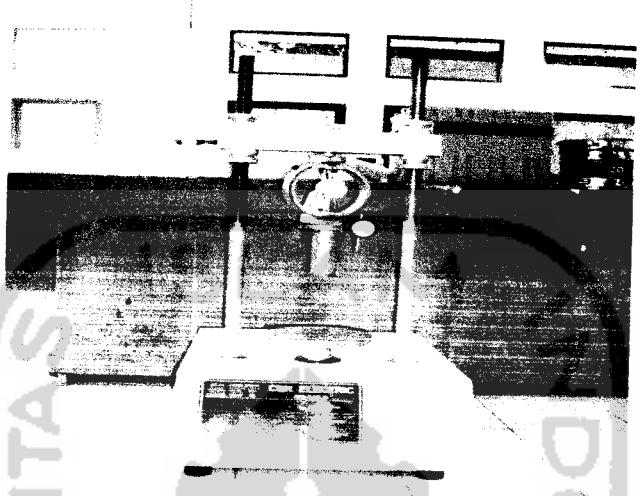
a. Timbang cetakan (*mold*) lalu catat beratnya. Pasang cetakan pada keeping alas dan masukkan spencer disk di dalamnya kemudian pasang kertas filter diatasnya.
b. Padatkan contoh tanah yang sudah dicampur air pada keadaan optimum ke dalam cetakan, kemudian laksanakan pemadatan sesuai dengan percobaan pemadatan. Jumlah tumbukan yang dibutuhkan adalah 56 kali. Untuk benda uji yang diperkuat dengan geotekstil jumlah tumbukan yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan benda uji yang akan dibuat.
c. Buka leher sambungan (*collar*) dan ratakan tanah dengan pisau.
d. Tambal lubang-lubang yang mungkin terjadi karena lepasnya butir-butir kasar dengan bahan yang lebih halus. Timbang benda uji beserta cetakannya kemudian catat beratnya.

b. Prosedur pengujian

a. Letakkan benda uji beserta keping alas diatas mesin penetrasi. Letakkan keping pemberat diatas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg (10 pound).
b. Berikan pembebanan secara teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit (0,005 inc/menit). Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,0035 inc (0,64 mm), hingga mencapai penetrasi 0,5 inchi.
c. Catat beban maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12,5 mm(0,5 inchi).

d. Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25 mm.

Gambar 4.1 dibawah ini merupakan gambar alat Uji CBR laboratorium



Gambar 4.1 Alat uji CBR laboratorium

4.4.3 Uji Swelling Pressure

Pengujian Swelling laboratorium mengacu pada standar ASTM D 4546–96

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 (*exstruder*).
e. Pemotong (pisau).
f. Pemegang cincin contoh.
g. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr.
h. Oven dengan pengatur suhu 110° C.
i. Stopwatch.

PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

1. Prosedur Pelaksanaan

a. Letakan sampel kering yang sudah lolos saringan no.40 kedalam alat Konsolidometer

b. Kemudian, contoh tanah tersebut genanggi dengan air biar mengembang

c. Sesudah pengembangan selesai beri beban sesuai dengan keinginan, sampai tanah tersebut kembali ke volume semula.

d. Pengujian dilakukan dengan 2 buah benda uji, kemudian diambil rata-rata

$$\text{Rumus Swelling} = \frac{Ht - Ho}{Ho} * 100\%$$

Dengan :

Ht = Tinggi Akhir

Ho = Tinggi Awal

Gambar 4.2 dibawah ini merupakan gambar alat Uji Pengembangan

Gambar 4.2 Alat Uji Swelling

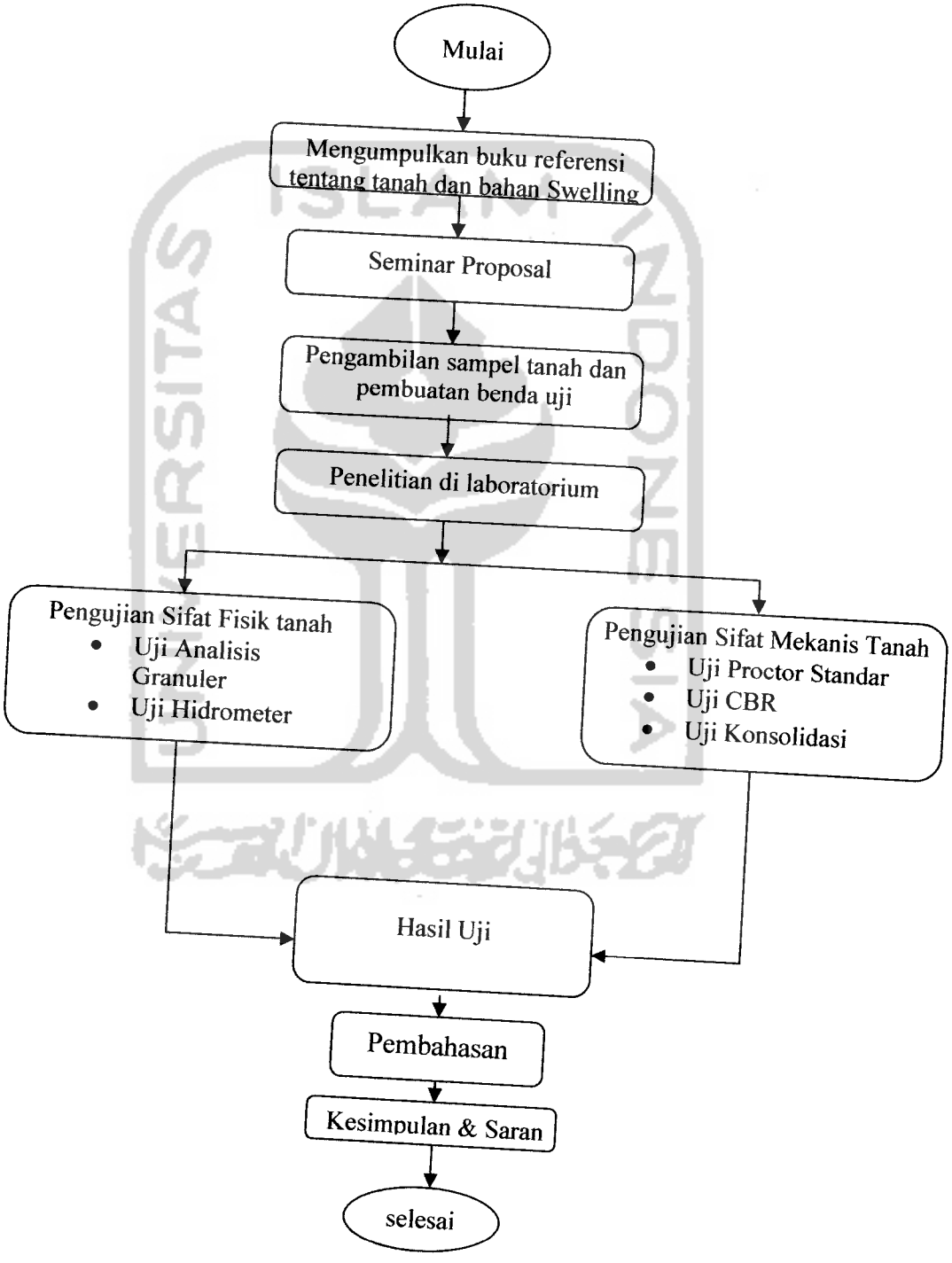
Tabel 4.1 dibawah ini merupakan Pengujian Sampel Tanah Asli (Undisturbed)

Uji yang dilaksanakan	Sampel tanah asli
Sifat-sifat tanah	• Pengujian Kadar air tanah • Pengujian Analisis granuler • Pengujian Berat Volume • Pengujian Berat jenis • Pengujian Batas cair • Pengujian Batas plastis

Tabel 4.2 dibawah ini merupakan Pengujian Sampel Tanah (Disturbed)

Uji yang dilaksanakan	Sampel tanah + air
Penambahan kadar air pada proktor	5%,10%,15%,20%,25%
Kadar air yang dingunakan	Optimum (dari uji proktor)
Pengujian Swelling Pressure	Optimum (dari uji proktor)
Pengujian Konsolidasi	Optimum (dari uji proktor)
Pengujian CBR	Optimum (dari uji proktor)

Prosedur penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini



BAB V
HASIL PENELITIAN

Dari penelitian yang telah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Falkutas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia , dengan menggunakan tanah lempung yang diambil dari Sukoharjo, Solo, diperoleh hasil yang meliputi sifat-sifat tanah dan mekanika tanah *Undisturbed* dan *Disturbed*

5.1. Hasil Pengujian Tanah Asli

Berikut ini akan disajikan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan pada tanah asli yang meliputi pengujian sifat fisik tanah meliputi; distribusi butiran , yaitu analisis saringan dan analisis hidrometer, sedangkan sifat mekanik tanah meliputi; kadar air, berat jenis, berat volume, batas konsistensi, pemadatan tanah (Proktor Standar),*Swelling Pressure* dan Uji CBR (*California Bearing Ratio*).

5.1.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

a. Tanah

b. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui butir-butir tanah serta prosentasenya berdasarkan batas-batas klasifikasi jenis tanah, sehingga dapat diketahui jenis tanah yang diuji. Untuk analisis susunan butiran tanah ini dilakukan dua pengujian yaitu:

1. Pengujian Analisis Saringan

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui diameter butir-butir tanah, dan komposisi butiran tanah yang berasal dari Tanah Lempung Sukoharjo dengan menggunakan seperangkat saringan. Hasil Penyajian di presentasikan seperti pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Analisis Saringan I

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 = 0,10	e6 = 59,90	99,83	e6 = d7 + e7
20	0.850	d3 0,25	e7 = 59,65	99,42	e5 = d6 + e6
40	0.425	d4 = 0,10	e9 = 59,55	99,25	e4 = d5 + e5
60	0.250	d5 = 0,15	e10 = 59,40	99,00	e3 = d4 +e4
140	0.106	d6 = 0,90	e11 = 58,50	97,50	e2 = d3 + e3
200	0.075	d7 = 0,30	e12 = 58,20	97,00	e1 = d2 + e2
		Sd = 1,80			

Tabel 5.2. Hasil Pengujian Analisis Saringan II

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 = 0,25	e6 = 59,75	99,58	e6 = d7 + e7
20	0.850	d3 0,27	e7 = 59,48	99,13	e5 = d6 + e6
40	0.425	d4 = 0,20	e9 = 59,28	98,80	e4 = d5 + e5
60	0.250	d5 = 0,21	e10 = 59,07	98,45	e3 = d4 +e4
140	0.106	d6 = 0,95	e11 = 58,12	96,87	e2 = d3 + e3
200	0.075	d7 = 0,55	e12 = 57,57	95,95	e1 = d2 + e2
		Sd = 2,43			

2. Pengujian Hidrometer.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui ukuran diameter butir-butir tanah yang lebih kecil dari 0,075 mm atau yang lolos saringan no. 200. Dan komposisi butiran tanah yang berasal dari Tanah Lempung Sukoharjo. Hasil Penyajian di presentasikan seperti pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4

Tabel 5.3. Hasil Pengujian Hidrometer I

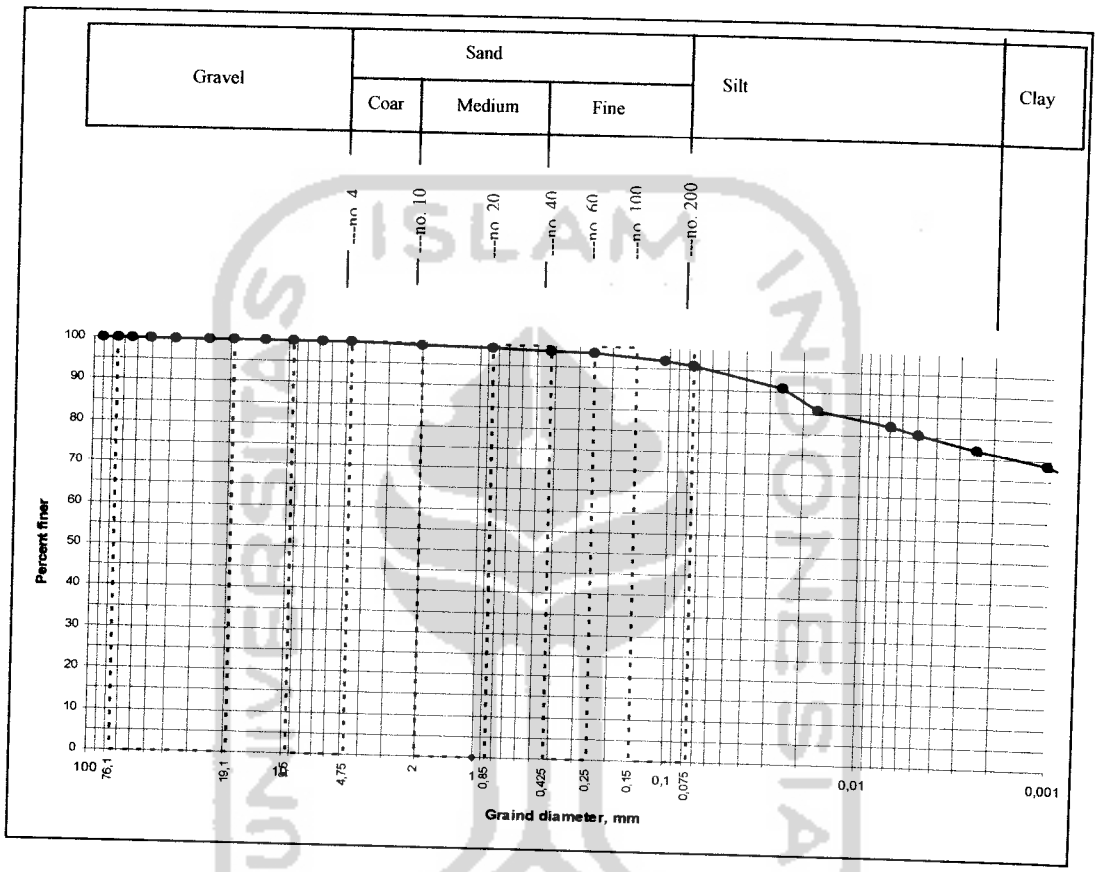
Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1- R2+Cr	P K2 x R (%)
11.03										
11.05	2	49	-2,0	27	50	8,108	0,0128	0,025776	52,3	89,06
11.08	5	47	-2,0	27	48	8,436	0,0128	0,016628	50,3	85,66
11.33	30	46	-2,0	27	47	8,600	0,0128	0,006854	49,3	83,96
12.03	60	42	-2,0	27	43	9,254	0,0128	0,005028	45,3	77,14
15.13	250	39	-2,0	27	40	9,746	0,0128	0,002528	42,3	72,03
11.03	1440	37	-2,0	27	38	10,073	0,0128	0,001071	40,3	68,63

Tabel 5.4. Hasil Pengujian Hidrometer II.

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc= R1- R2+Cr	P K2 x R (%)
11.15										
11.17										
11.20	2	50	-2,0	27	51	7,945	0,0128	0,025515	53,3	90,77
11.45	5	45	-2,0	27	44	9,091	0,0128	0,017262	46,3	78,85
12.15	30	43	-2,0	27	46	8,763	0,0128	0,006919	48,3	82,25
15.25	60	40	-2,0	27	41	9,582	0,0128	0,005116	43,3	73,74
11.15	250	35	-2,0	27	36	10,401	0,0128	0,002611	38,3	65,22

Dari hasil Analisis Saringan dan Analisis Hidrometer didapat ukuran butiran dari tanah berbutir halus, seperti tercantum dalam Gambar 5.1 & 5.2 dan Tabel 5.5 , 5.6 & 5.7 dibawah ini,

Pengujian Pertama,

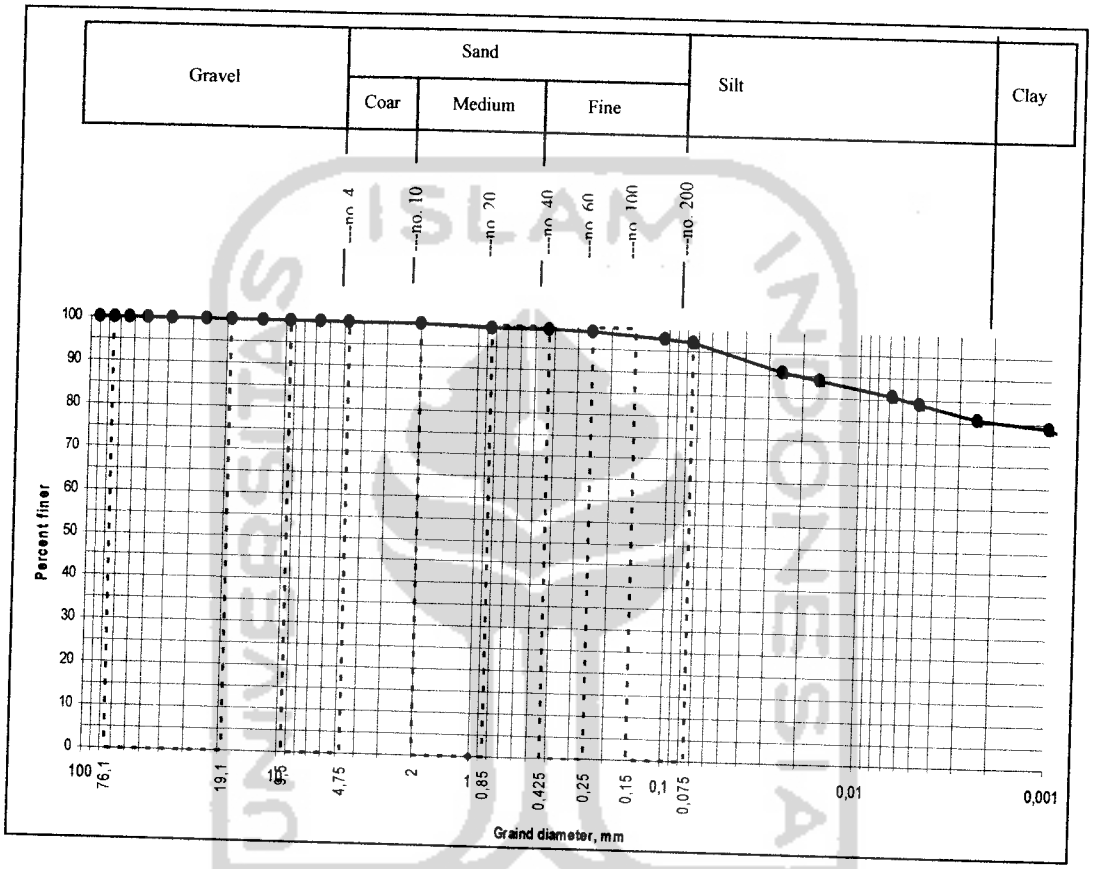


Gambar 5.1. *Grain Size Analysis* I

Tabel 5.5. *Grain Size Analysis* I

Finer #200	97,00 %
Gravel	-
Sand	3,00 %
Silt	44,74 %
Clay	52,26 %

Pengujian Kedua,



Gambar 5.2. *Grain Size Analysis* II

Tabel 5.6. *Grain Size Analysis* II

Finer #200	95,95 %
Gravel	-
Sand	4,05 %
Silt	43,69 %
Clay	52,26 %

Dari hasil kedua pengujian diatas dapat diambil rata-rata, hasil rata-rata distribusi butiran tanah dari Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah dapat dilihat pada Tabel 5.7 dibawah ini,

Tabel 5.7. *Grain Size Analysis*

	Sampel I	Sampel II	Rata – Rata
Finer #200	97,00 %	95,95 %	96,48 %
Gravel	-	-	-
Sand	3,00 %	4,05 %	3,52 %
Silt	44,74 %	43,69 %	44,22 %
Clay	52,26 %	52,26 %	52,26 %

3. Sifat Phisik Tanah Berdasarkan Visual

Tanah dari Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah berwarna merah agak kecoklatan, lengket dan sedikit mengandung pasir, pada sistem USCS termasuk jenis tanah lempung (Clay), dan pada sistem Unified termasuk jenis tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi atau CH

5.1.2 Sifat Mekanik Tanah

a. Kadar Air Tanah

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya kadar air yang terkandung dalam tanah. Kadar air tanah yaitu nilai perbandingan antara berat air dalam satuan tanah dengan berat kering tanah tersebut. Hasil pengujian kadar air ditunjukkan pada Tabel 5.8. berikut ini:

Tabel 5.8. Hasil Pengujian Kadar Air

No.	Pengujian	I	
		a	b
1	Berat Container (W1), gr	21,73	21,98
2	Berat Container + Tanah basah (W2), gr	54,9	55,12
3	Berat Container + Tanah Kering (W3), gr	47,33	47,12
4	Berat Air (Wa), gr	7,57	8
5	Berat Tanah Kering (wt), gr	25,6	25,14
6	Kadar Air (Wa/Wt) x 100%	29,57	31,82
	Kadar Air Rata-rata (%)	30,7	

Contoh perhitungan kadar air (w) :

$$w = \frac{Ww}{Ws} * 100\%$$

$$w = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} * 100\%$$

$$w = \frac{54,9 - 47,33}{47,33 - 21,73} * 100\%$$

$$w = 29,57\ \%$$

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapat kadar air rata-rata tanah lempung Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah sebesar 30,7 %

b. Pengujian Berat Jenis Tanah

Tujuan pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai perbandingan antara berat butir-butir tanah dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama pada suhu tertentu, biasanya diambil suhu 27,5° C. Hasil dari pengujian berat jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 5.9

Tabel 5.9. Hasil Pengujian Berat Jenis

1	No. Pengujian			I	
2	Berat piknometer kosong	(W_1) gram		21.39	20.94
3	Berat piknometer + tanah kering	(W_2) gram		29.46	29.24
4	Berat piknometer + tanah + air	(W_3) gram		65.18	61.57
5	Berat piknometer + air	(W_4) gram		60.26	56.53
6	Temperatur	(t °)		27.00	27.00
7	BJ pada temperatur (t °)			0.997080	0.997080
8	BJ pada temperatur (27,5 °)			0.996410	0.996410
9	Berat jenis tanah Gs (t °) =	W2 - W1		2,56	2,55
		(W4 - W1) - (W3 - W2)			
10	Berat jenis tanah pada 27,5 ° =	Gs (t °)	Bj air t °	2,56	2,55
			Bj air 27,5 °		
11	Berat jenis rata-rata	Gs rt		2,55	

Contoh perhitungan berat jenis tanah :

$$Gs\ (t^o) = \frac{(29{,}46 - 21{,}39)}{(60{,}26 - 21{,}39) - (65{,}18 - 29{,}46)}$$

$$= 2{,}56$$

$$Gs\ (27{,}5^o\ C) = 2{,}55 * \frac{0{,}99683}{0{,}99641}$$

$$= 2{,}56$$

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapat berat jenis tanah Lempung Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah sebesar 2,55

c. Pengujian Berat Volume Tanah

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah, berat volume tanah adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total.

Hasil pengujian berat volume tanah adalah sebagai berikut:

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah

1	No. Pengujian		I	II
2	Diameter ring	(d) cm	6,42	6,42
3	Tinggi ring	(t) cm	2,22	2,2
4	Volume ring	(V) cm	71,86	71,180
5	Berat ring	(W_1) gram	67,82	67,28
6	Berat ring + tanah	(W_2) gram	204,33	197,15
7	Berat tanah	(W_2-W_1) gram	136,51	129,87
8	Berat volume tanah	$(\gamma) = \frac{W_2 - W_1}{V}$ gram/cm^3	1,900	1,825
9	Berat volume rata-rata (γ_{rt})		1,862	

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapat berat volume tanah Lempung Sukoharjo, Solo , Jawa Tengah sebesar 1,862 gr/cm^3.

d. Pengujian Batas Konsistensi Tanah

Adapun tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Pengujian batas konsistensi yang dilakukan meliputi: Pengujian Batas Cair,Batas Plastis dan Indeks Plastisitas. Hasil pengujian batas konsistensi tanah adalah sebagai berikut:

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel I

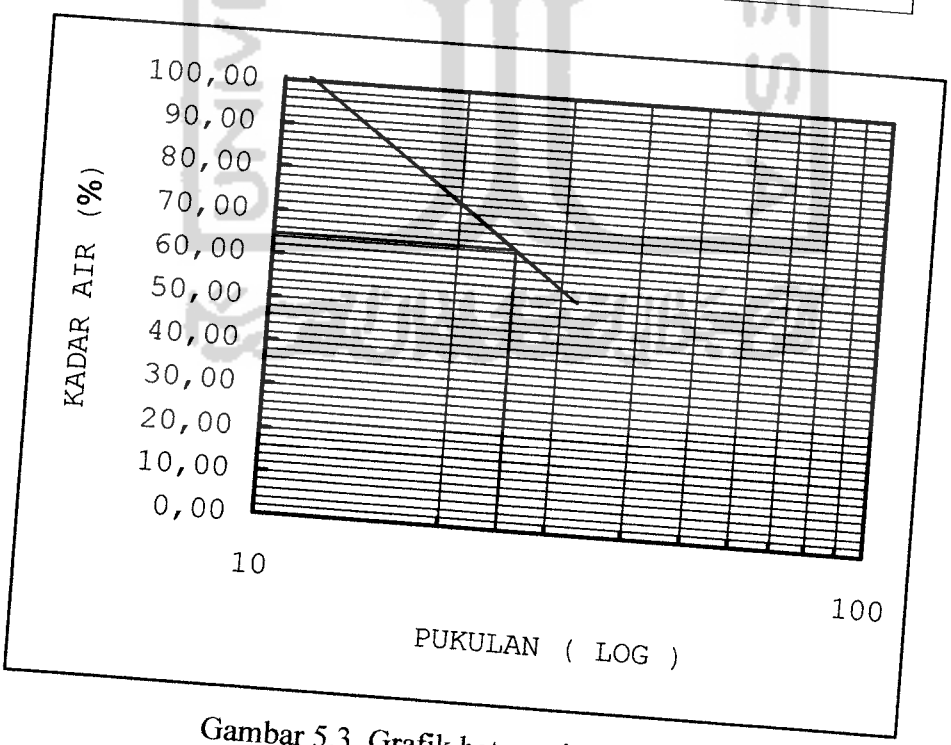
No	No. Pengujian	I		II		III		IV	
1	NO CAWAN	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Berat cawan (gr)	19,76	20,05	20,21	22,76	21,97	22,02	21,65	21,12
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	34,88	36,00	35,08	34,10	33,00	31,00	34,00	34,26
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	27,86	28,67	28,47	29,13	28,52	27,31	30,23	30,12
5	Berat air (3)-(4)	7,02	7,33	6,61	4,97	4,48	3,69	3,77	4,14
6	Berat tanah kering (4)-(2)	8,10	8,62	8,26	6,37	6,55	5,29	8,98	9,00
7	$w = \frac{(5)}{(6)} * 100\%$	86,67	85,03	80,02	78,02	68,40	69,75	43,94	46,00
8	w Rata-rata	85,85		79,02		69,08		44,97	
9	Pukulan		14		20		27		32

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Batas Plastis Sampel I

No.			
1	No Cawan	1	2
2	Berat Cawan, gr	22,23	20,97
3	Berat Cawan + Tanah Basah, gr	54,90	56,00
4	Berat Cawan + Tanah Kering, gr	47,33	47,12
5	Berat Air (3)-(4), gr	7,57	8,88
6	Berat Tanah Kering (4)-(2), gr	25,10	26,15
7	Kadar Air = $\frac{(5)}{(6)} * 100\%$	30,16	33,96
8	Kadar Air Rata-rata, %	32,06	

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Batas Cair,Plastis,dan Indeks Plastisitas Sampel I

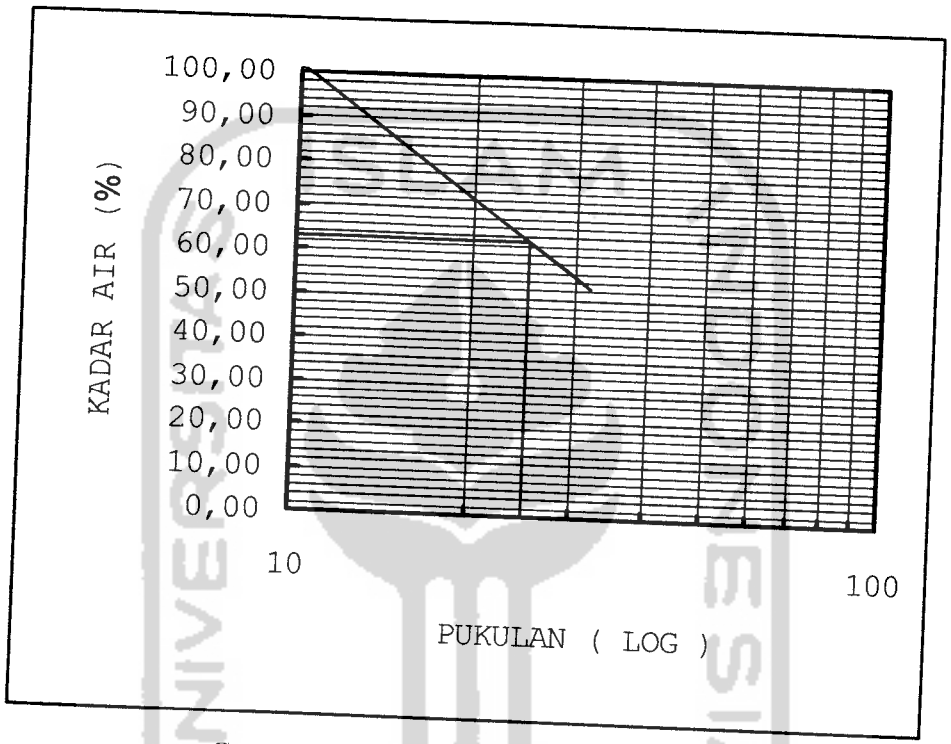
BATAS CAIR	64,40 %
BATAS PLASTIS	32,06 %
INDEKS PLASTISITAS	32,34 %



Gambar 5.3 Grafik batas cair sampel I

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Batas Cair,Plastis,dan Indeks Plastisitas Sampel II

BATAS CAIR	62,85%
BATAS PLASTIS	31,43%
INDEX PLASTISITAS	31,41%



Gambar 5.4 Grafik batas cair sampel II

Dari pengujian-pengujian batas cair dan batas plastis, maka didapatkan rerata yang dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini :

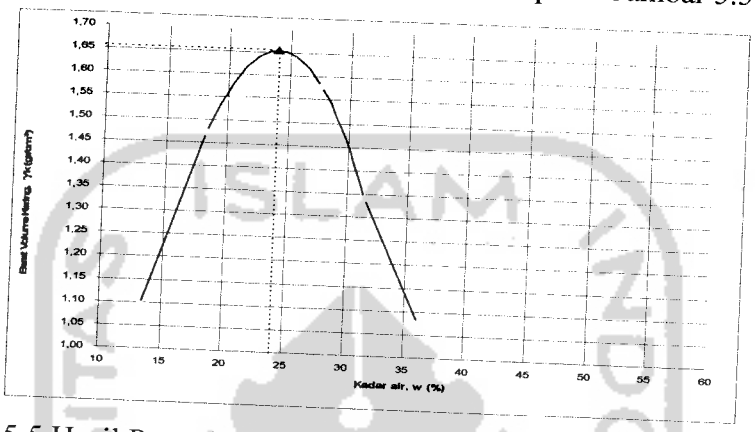
Tabel 5.15 Hasil Rata-rata Batas Konsistensi Tanah

	I	II	Rata-rata
Batas Cair (LL)	64,40 %	62,85 %	63,62 %
Batas Plastis (PL)	32,06 %	31,43 %	31,74 %
Indeks Plastis (PI)	32,34 %	31,41 %	31,87 %

e. Pengujian Pemadatan Tanah (Proktor Standar)

Pengujian pemadatan tanah (proktor standar) dilakukan untuk mendapatkan harga kadar air (w) optimum dan berat volume kering (γ_d) maksimum dari sampel tanah.

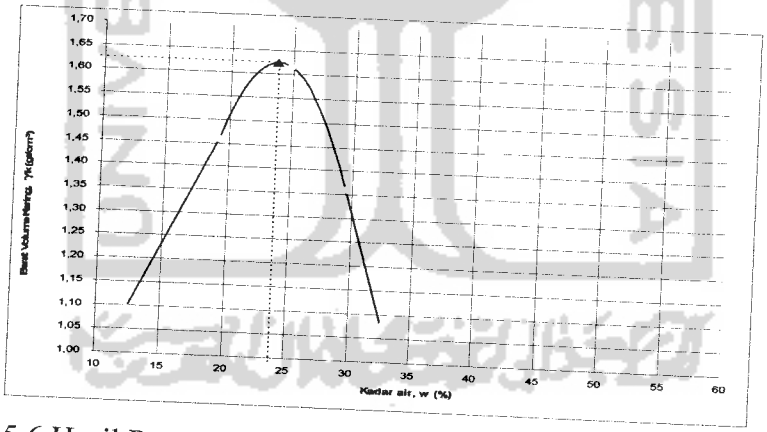
Hasil pengujian Standar Proktor ditunjukkan pada Gambar 5.5 berikut ini:



Gambar 5.5 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah (Proktor Standar) Sampel I

Berat volume kering maksimum (γ_d) : 1,65 gr/cm³

Kadar air optimum (w) : 23,93 %



Gambar 5.6 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah (Proktor Standar) Sampel II

Berat volume kering maksimum (γ_d) : 1,62 gr/cm³

Kadar air optimum (w) : 23,77 %

Tabel 5.16 Hasil rata-rata Uji Proktor Standar sampel I dan II

	I	II	Rata-rata
(γ_d)	1,65 gr/cm3	1,62 gr/cm3	1,63 gr/cm3
(wopt)	23,99 %	23,77 %	23,53 %

5.2 Uji Konsolidasi

Uji Konsolidasi dilakukan untuk mendapatkan nilai Indeks Kompresi (Cc), Nilai Koefisien Konsolidasi (Cv) dan waktu yang diperlukan suatu lapisan tanah lempung hingga penurunan 90% selesai (t_{90}).

Data parameter tanah dan ring Sampel I :

Berat Jenis Tanah (Gs) = 2,55 (lihat hal 56)

Berat Ring Wo (gr) = 116,86

Diameter (cm) = 7,5

Luas Ring (cm^2) = 44,178

Tinggi Ho (cm) = 2

Volume Vo (cm^3) = 88,357

Kadar Air (%) = 23,53 (Optimum Proktor Standar)

Tabel 5.17 Nilai parameter tanah sebelum & sesudah pengujian Sampel I & II

SEBELUM PENGUJIAN	HASIL
KADAR AIR, %	23,53
BERAT RING + TANAH BASAH, gr	245,38
BERAT VOLUME TANAH BASAH, gr	1,455
BERAT VOLUME TANAH KERING, gr	1,177
TINGGI BAGIAN PADAT, (Ht)	0,923
ANGKA PORI, (eo)	1,165
DERAJAT KEJENUHAN, (Sr), %	51,48
SETELAH PENGUJIAN	
BERAT RING + TANAH BASAH	258,16
BERAT RING + TANAH KERING, gr	223,33
KADAR AIR, %	32,71
ANGKA PORI, (e)	0,539
DERAJAT KEJENUHAN, (Sr), %	71,6

Perhitungan sebelum pengujian untuk sampel I :

Berat ring + tanah basah (W_1) = 245,38 gr

Berat tanah basah (Wb) = W_1-W_0

= 245,38 - 116,86

= 128,52 gr

Berat volume tanah basah (γb) $= \dfrac{Wb}{V}$

$= \dfrac{128,52}{88,3573}$

$= 1,455 \text{ gr/cm}^3$

Berat tanah kering (Wk) $= \dfrac{Wb}{1+w}$

$= \dfrac{128,52}{1+0.2353}$

$= 104,039 \text{ gr}$

Berat volume tanah kering (γd) $= \dfrac{Wk}{V}$

$= \dfrac{104,039}{88,3573}$

$= 1,177 \text{ gr/cm}^3$

Tinggi bagian padat (Ht) $= \dfrac{Wk}{Gs \cdot A_0}$

$= \dfrac{104,039}{2,55 \cdot 44,1786}$

$= 0,923 \text{ cm}$

Angka pori (e_0) $= \dfrac{H_0 - Ht}{Ht}$

$= \dfrac{2,00 - 0,923}{0,923}$

$= 1,165$

Derajat kejenuhan (Sr) $= \left(\dfrac{W_0 \cdot Gs}{e_0} \right) x\ 100\ \%$

$= \left(\dfrac{0,2353 \cdot 2,55}{1,1668} \right) x\ 100\ \%$

$= 51,48\ \%$

Perhitungan sesudah pengujian Sampel I :

Berat ring + tanah basah (W_2) = 258,16 gr

Berat ring + tanah kering (W_3) = 223,330 gr

Berat tanah kering (Wk) $= W_3 - W_o$

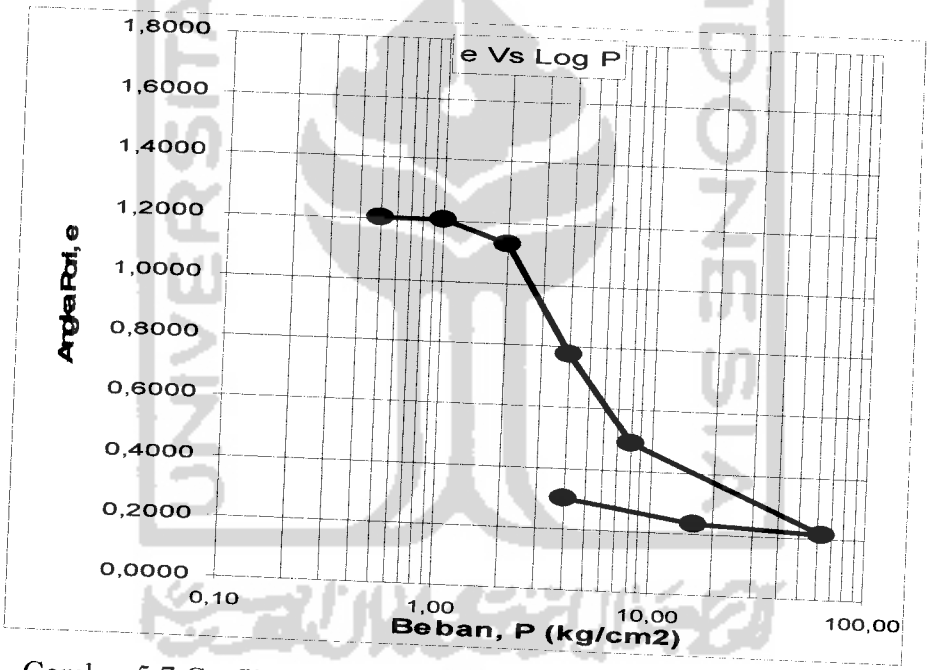
$= 223,330 - 116,86$

$= 106,47$ gr

Kadar Air (wsp) $= \left(\frac{W2 - W3}{Wk}\right) x\ 100\ \%$

$= \left(\frac{258,16 - 223,330}{106,47}\right) x\ 100\ \%$

$= 32,71\ \%$



Gambar 5.7 Grafik hubungan beban dan angka pori untuk sampel I

5.2.1 Analisis Cv (Koefisien Konsolidasi) & Cc (Indeks Pemampatan) dari Uji Konsolidasi

1. Pengujian konsolidasi beban 4 kg/cm^2 dan beban 8 kg/cm^2

Pada sampel I :

Pembacaan beban 4 kg, (H_1) = 0,168 mm

Pembacaan rebound beban 8 kg, (H_2) = 1,22 mm

Tinggi bagian padat (Ht) = 0,923 cm

Analisis :

Perubahan tebal $(\Delta H) = H_2 - H_1$

$= 1{,}22 \text{ mm} - 0{,}168 \text{ mm}$

$= 1{,}052 \text{ mm}$

$= 0{,}1052 \text{ cm}$

Perubahan angka pori $(\Delta e_1) = \dfrac{\Delta H}{Ht}$

$= \dfrac{0{,}1052}{0{,}923}$

$= 0{,}1139$

Angka pori $(e_0) = \dfrac{H_0 - Ht}{Ht}$

$= \dfrac{2{,}0 - 0{,}923}{0{,}923}$

$= 1{,}165$

Tebal akhir $(H) = H_0 - \Delta H$

$= 2{,}0 \text{ cm} - 0{,}1052 \text{ cm}$

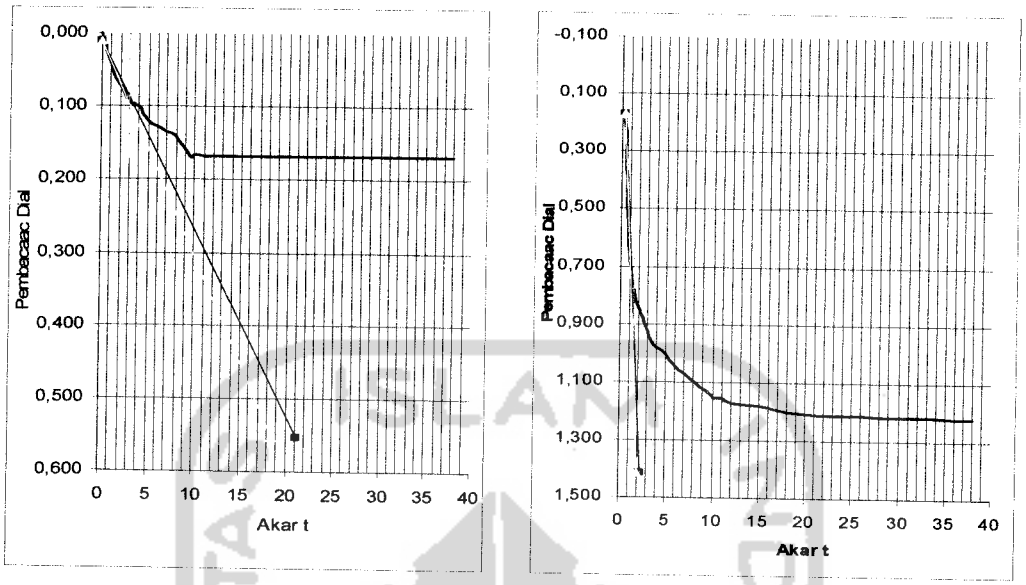
$= 1{,}8948 \text{ cm}$

Tebal rata-rata $(d) = \left(\dfrac{H_0 + H}{2}\right)$

$= \left(\dfrac{2 + 1{,}8948}{2}\right)$

$= 1{,}9474 \text{ cm}$

Beban 4 kg/cm^2 Beban 8 kg/cm^2



Gambar 5.8 Grafik hubungan antara penurunan & akar waktu beban 4 kg/cm^2 dan 8 kg/cm^2 untuk sampel I

Akar waktu ($\sqrt{t_{90}}$) yang dihasilkan dari pembacaan gambar untuk beban 4kg/cm^2 adalah 3,08 menit, sehingga t_{90} = 3,08^2.60 = 569,184 detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 4 kg/cm^2 dan 8kg/cm^2 yaitu 1,9474 cm.

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

$$= \frac{0{,}848.(1{,}9474/2)^2}{569{,}184}$$

$$= 0{,}001412516 \text{ cm}^2/\text{detik}$$

$$Cc = \frac{\Delta e1}{\log \frac{p2}{p1}}$$

$$= \frac{0{,}1139}{\log \frac{8}{4}}$$

$$= 0{,}378$$

Dari hasil nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah sampel I diperoleh :

Angka pori awal (e_0) = 1,166

Angka pori akhir (e_r) = 0,539 (lihat Tabel 5.17 halaman 61)

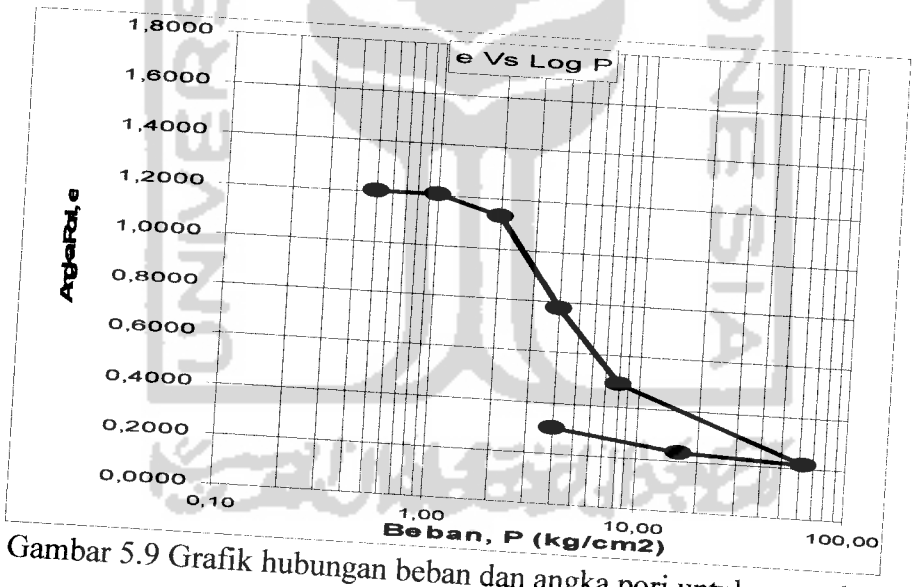
Sehingga :

$$\text{Cc total} = \frac{\Delta_e}{\log\left(\frac{P_2}{P}\right)}$$

$$= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$= \frac{1{,}166 - 0{,}539}{\log\left(\frac{64}{1}\right)}$$

$$= 0{,}347$$



Gambar 5.9 Grafik hubungan beban dan angka pori untuk sampel II

2. Pengujian konsolidasi beban 4 kg/cm^2 dan beban 8 kg/cm^2

Pada sampel II :

Pembacaan beban 4 kg, (H_1) = 0,64 mm

Pembacaan rebound beban 8 kg, (H_2) = 1,26 mm

Tinggi bagian padat (Ht) = 0,908 cm

Analisis :

Perubahan tebal $(\Delta H) = H_2 - H_1$

$= 1{,}26 \text{ mm} - 0{,}64 \text{ mm}$

$= 0{,}62 \text{ mm}$

$= 0{,}062 \text{ cm}$

Perubahan angka pori $(\Delta e_1) = \dfrac{\Delta H}{Ht}$

$= \dfrac{0{,}062}{0{,}908}$

$= 0{,}06828$

Angka pori $(e_0) = \dfrac{H_0 - Ht}{Ht}$

$= \dfrac{2 - 0{,}908}{0{,}908}$

$= 1{,}202$

Tebal akhir $(H) = H_0 - \Delta H$

$= 2{,}0 \text{ cm} - 0{,}062 \text{ cm}$

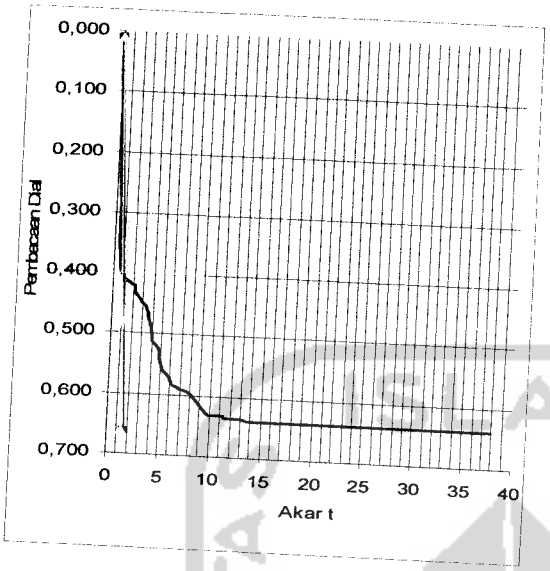
$= 1{,}938 \text{ cm}$

Tebal rata-rata $(d) = \left(\dfrac{H_0 + H}{2}\right)$

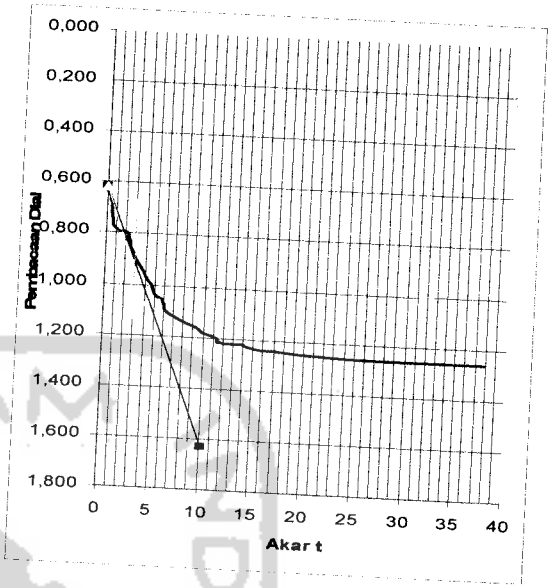
$= \left(\dfrac{2 + 1{,}938}{2}\right)$

$= 1{,}969 \text{ cm}$

Beban 4 kg/cm^2



Beban 8 kg/cm^2



Gambar 5.10 Grafik hubungan antara penurunan & akar waktu beban 4 kg/cm^2 dan 8 kg/cm^2 untuk sampel II

Akar waktu ($\sqrt{t_{90}}$) yang dihasilkan dari pembacaan gambar untuk beban 4kg/cm^2 adalah 0,55 menit, sehingga $t_{90} = 1{,}2^2.60 = 86{,}4$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 4 kg/cm^2 dan 8kg/cm^2 yaitu 1,969 cm.

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

$$= \frac{0{,}848.(1{,}969/2)^2}{86{,}4}$$

$$= 0{,}0094994 \text{ cm}^2/\text{detik}$$

$$Cc = \frac{\Delta e1}{\log \frac{p2}{p1}}$$

$$= \frac{0{,}06828}{\log \frac{8}{4}}$$

$$= 0{,}227$$

Dari hasil nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah sampel II diperoleh :

Angka pori awal (e_0) = 1,202

Angka pori akhir (e_r) = 0,30

$$\text{Cc total} = \frac{\Delta_e}{\log\left(\frac{P_2}{P}\right)}$$

$$= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$= \frac{1{,}202 - 0{,}30}{\log\left(\frac{64}{1}\right)}$$

$$= 0{,}49$$

5.2.2 Analisis Pengembangan (Swelling) dari Uji Konsolidasi

1. Pengujian konsolidasi beban 64 kg/cm^2 dan rebound beban 16 kg/cm^2

Pada sampel I :

Pembacaan beban 64 kg, (H_1) = 6,930 mm

Pembacaan rebound beban 16 kg, (H_2) = 6,200 mm

Tinggi bagian padat (Ht) = 0,923 cm

Analisis :

Perubahan tebal $(\Delta H) = H_2 - H_1$

$= 6{,}20 \text{ mm} - 6{,}930 \text{ mm}$

$= -0{,}73 \text{ mm} = -0{,}073 \text{ cm}$

Perubahan angka pori $(\Delta e_1) = \frac{\Delta H}{Ht}$

$$= \frac{-0{,}073}{0{,}923}$$

$$= -0{,}079$$

Angka pori $(e_0) = \frac{H_0 - Ht}{Ht}$

$= \frac{2,0 - 0,923}{0,923}$

$= 1,166$

Tebal akhir $(H) = H_0 - \Delta H$

$= 2,0 \text{ cm} - (- 0,073 \text{ cm})$

$= 2,073 \text{ cm}$

Tebal rata-rata $(d) = \left(\frac{H_0 + H}{2}\right)$

$= \left(\frac{2,0 + 2,073}{2}\right)$

$= 2,0365 \text{ cm}$

$Cc = \frac{\Delta_e}{\log\left(\frac{P_2}{P}\right)}$

$= \frac{-0,079}{\log\left(\frac{64}{16}\right)}$

$= 0,131$

2. Pengujian konsolidasi untuk beban 64 kg/cm^2 dan rebound beban 16 kg/cm^2

Pada sampel II :

Pembacaan beban 64 kg/cm^2, $(H_1) = 8,991$ mm

Pembacaan rebound beban 16 kg/cm^2, $(H_2) = 8,800$ mm

Tinggi bagian padat (Ht) $= 0,908$ cm

Angka pori akhir $(e_r) = 0,300$

Analisis :

Perubahan tebal $(\Delta H) = H_2 - H_1$

$= 8,800 - 8,991$

$= - 0,191$ mm

$= - 0,0191$ cm

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

$= \frac{-0,0191}{0,908}$

$= -0,02103$

Angka pori $(e_0) = \frac{H_0 - Ht}{Ht}$

$= \frac{2,0 - 0,908}{0,908}$

$= 1,202$

Tebal akhir $(H) = H_0 - \Delta H$

$= 2,0 \text{ cm} - (-0,02103 \text{ cm})$

$= 2,02103 \text{ cm}$

Tebal rata-rata $(d) = \left(\frac{H_0 + H}{2}\right)$

$= \left(\frac{2,0 + 2,02103}{2}\right)$

$= 2,0105 \text{ cm}$

$Cc = \frac{\Delta_e}{\log\left(\frac{P_2}{P}\right)}$

$= \frac{-0,02103}{\log\left(\frac{64}{16}\right)}$

$= 0,035$

Nilai Cc,Cv,t_{90} dari kedua sampel dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 dibawah ini.

Tabel 5.18 Nilai Cc,Cv, t_{90} untuk penurunan pada beban 1 kg/cm^2 s/d 64 kg/cm^2

Beban (kg/cm2)	Sampel I			Sampel II			Cc Rata-rata
	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv (cm2/dtk)	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv (cm2/dtk)	
1	-	-	-	0,003	1,24	0,00919	0,003
2	-	-	-	0,231	0,240	0,24527	0,231
4	0,378	3,08	0,001412	0,227	0,550	0,04528	0,302
8	0,558	1,48	0,006012	0,955	3,00	0,00142	0,756
16	0,891	1,20	0,007953	0,957	0,80	0,01678	0,903
32	0,605	0,61	0,024278	0,916	0,920	0,00916	0,760
64	0,138	1,00	0,00683	0,237	1,250	0,003399	0,188

Tabel 5.19 Nilai Cc,Cv, t_{90} untuk pengembangan pada rebound beban 16 kg/cm^2 dan 4 kg/cm^2

Beban (kg/cm2)	Sampel I			Sampel II			Cc Rata-rata
	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv (cm2/dtk)	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv (cm2/dtk)	
16	0,131	-	-	0,035	-	-	0,083
4	0,075	-	-	0,011			0,043

5.2.3 Pengembangan (Swelling)

Untuk menghitung besarnya prosentase pengembangan dari uji Konsolidasi dari masing-masing benda uji diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\text{Swelling} = \frac{\Delta H}{Ht} x100\%$$

Dengan :

ΔH = Beda tinggi sebelum dan setelah pengembangan (cm)
Ho = Tinggi tanah sebelum pembebanan (cm)
Ht = Tinggi tanah setelah pembebanan (cm)

1. Contoh perhitungan untuk sampel A1 untuk rebound beban 16 kg :

Tinggi sampel (Ho) = 2 cm

Pembacaan dial : Dial pembebanan terakhir = 8,991 mm
Dial setelah Rebound = 8,80 mm

Perhitungan :

ΔH = 8,991 – 8,8
= 0,191 mm
= 0,0191 cm

Ht = Ho - ΔH
= 2 – 0,0191
= 1,9809 cm

$$\textit{Swelling} = \frac{0,0191}{1,9809} x100\%$$

= 0,96 %

2. Contoh perhitungan untuk sampel B1 untuk rebound beban 16 kg :

Tinggi sampel (Ho) = 2 cm

Pembacaan dial : Dial pembebanan terakhir = 7,265 mm
Dial setelah Rebound = 7,021 mm

Perhitungan :

ΔH = 7,265 – 7,021
= 0,244 mm = 0,0244 cm

$$Ht = Ho - \Delta H$$
$$= 2 - 0{,}0244$$
$$= 1{,}9756 \text{ cm}$$
$$\textit{Swelling} = \frac{0{,}0244}{1{,}9756} * 100\%$$
$$= 1{,}235\ \%$$

3. Contoh perhitungan untuk sampel A2 untuk rebound beban 4 kg :

Tinggi sampel (Ho) = 2 cm

Pembacaan dial : Dial pembebanan terakhir = 8,80 mm

Dial setelah Rebound = 8,192 mm

Perhitungan :

$$\Delta H = 8{,}80 - 8{,}192$$
$$= 0{,}608 \text{ mm}$$
$$= 0{,}0608 \text{ cm}$$
$$Ht = Ho - \Delta H$$
$$= 2 - 0{,}0608$$
$$= 1{,}9392 \text{ cm}$$
$$\textit{Swelling} = \frac{0{,}0608}{1{,}9392} x100\%$$
$$= 3{,}135\ \%$$

4. Contoh perhitungan untuk sampel B2 untuk rebound beban 4 kg :

Tinggi sampel (Ho) = 2 cm

Pembacaan dial : Dial pembebanan terakhir = 6,544 mm

Dial setelah Rebound = 6,066 mm

Perhitungan :

$$\Delta H = 6{,}544 - 6{,}066$$
$$= 0{,}478 \text{ mm}$$
$$= 0{,}0478 \text{ cm}$$
$$Ht = Ho - \Delta H$$
$$= 2 - 0{,}0478$$
$$= 1{,}9522 \text{ cm}$$

$$\textbf{\textit{Swelling}} = \frac{0,0478}{1,9522} * 100\%$$

$$= 2,44\ \%$$

5. Contoh perhitungan untuk sampel A3 untuk rebound beban 16 kg :

Tinggi sampel (Ho) = 2 cm

Pembacaan dial : Dial pembebanan terakhir = 6,930 mm

Dial setelah Rebound = 6,810 mm

Perhitungan :

$\Delta H = 6,930 - 6,810$

$= 0,12$ mm

$= 0,012$ cm

$Ht = Ho - \Delta H$

$= 2 - 0,012$

$= 1,988$ cm

$$\textbf{\textit{Swelling}} = \frac{0,012}{1,988} x100\%$$

$= 0,60\ \%$

6. Contoh perhitungan untuk sampel B3 untuk rebound beban 16 kg :

Tinggi sampel (Ho) = 2 cm

Pembacaan dial : Dial pembebanan terakhir = 5,544 mm

Dial setelah Rebound = 5,310 mm

Perhitungan :

$\Delta H = 5,544 - 5,310$

$= 0,234$ mm

$= 0,0234$ cm

$Ht = Ho - \Delta H$

$= 2 - 0,0234$

$= 1,9766$ cm

$$\textbf{\textit{Swelling}} = \frac{0,0234}{1,9766} * 100\%$$

$= 1,18\ \%$

7. Contoh perhitungan untuk sampel A4 untuk rebound beban 4 kg :

Tinggi sampel (Ho) = 2 cm

Pembacaan dial : Dial pembebanan terakhir = 7,612 mm

Dial setelah Rebound = 7,184 mm

Perhitungan :

$\Delta H = 7{,}612 - 7{,}184$

$= 0{,}428$ mm

$= 0{,}0428$ cm

$Ht = Ho - \Delta H$

$= 2 - 0{,}0428$

$= 1{,}9572$ cm

$$\textit{Swelling} = \frac{0{,}0428}{1{,}9572} * 100\%$$

$= 2{,}18\ \%$

8. Contoh perhitungan untuk sampel B4 untuk rebound beban 4 kg :

Tinggi sampel (Ho) = 2 cm

Pembacaan dial : Dial pembebanan terakhir = 6,810 mm

Dial setelah Rebound = 6,184 mm

Perhitungan :

$\Delta H = 6{,}810 - 6{,}184$

$= 0{,}626$ mm

$= 0{,}0626$ cm

$Ht = Ho - \Delta H$

$= 2 - 0{,}0626$

$= 1{,}9374$ cm

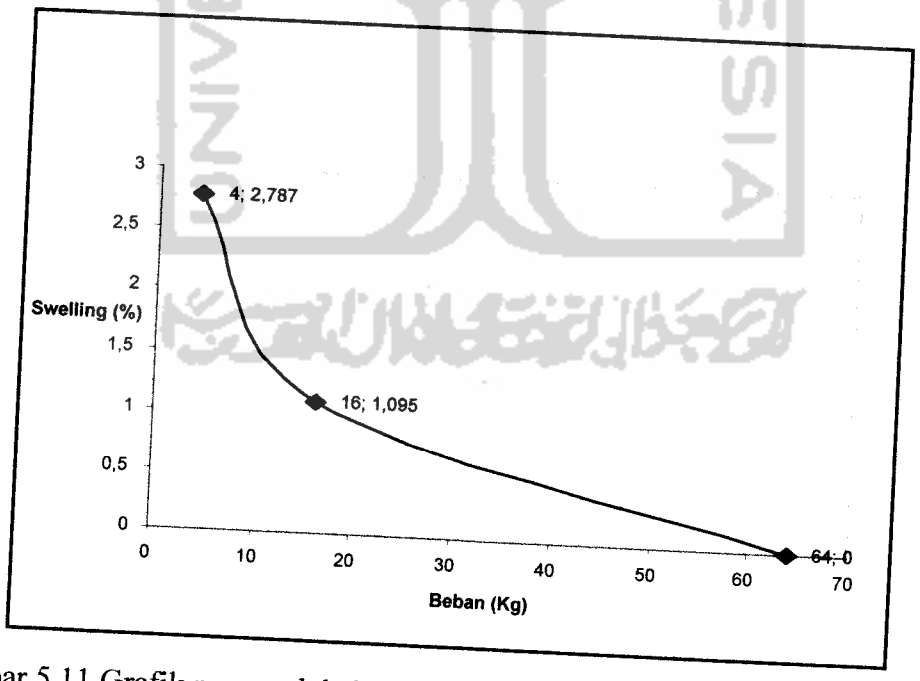
$$\textit{Swelling} = \frac{0{,}0626}{1{,}9374} x100\%$$

$= 3{,}231\ \%$

Hasil nilai rata-rata Swelling dari uji sampel A1-A4 dan B1-B4 dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5.20 Hasil pengembangan (Swell) rata-rata dari sampel A1-A4 dan B1-B4 dari rebound beban 16 kg dan 4 kg

Sampel	Ho (Cm)	Rebound Akhir (mm)	Beban Akhir (mm)	ΔH (cm)	Ht (cm)	Swelling (%)	Swelling rata-rata (%)
A1	2	8,8	8,991	0,0191	1,9809	0,96	1,095
B1	2	7,021	7,265	0,0244	1,9756	1,23	
A2	2	8,192	8,80	0,0608	1,9392	3,13	2,787
B2	2	6,066	6,544	0,0478	1,9522	2,44	
A3	2	6,810	6,930	0,012	1,988	0,60	0,89
B3	2	5,310	5,544	0,0234	1,9766	1,18	
A4	2	7,184	7,612	0,0428	1,9572	2,18	2,705
B4	2	6,184	6,810	0,0626	1,9374	3,23	



Gambar 5.11 Grafik pengaruh beban terhadap pengembangan (Swelling) sampel A1-B1 dan A2-B2 pada beban 4 kg;16 kg; dan 64 kg.

5.3 Uji Swelling Pressure (Tekanan Pengembangan)

Uji beban dilakukan dengan mengukur pengembangan pada akhir pembebanan dari uji pengembangan dengan melepaskan beban perlahan-lahan sampai kembali ke volumenya semula.

Untuk lebih jelasnya dibawah ini adalah hasil dari uji Swelling Pressure sampel I yang hasilnya sebagai berikut :

Data parameter tanah dan ring

Berat Jenis Tanah = 2,55

Berat Ring (gr) = 116,86

Diameter (cm) = 7,5

Luas Ring (cm^2) = 44,178

Tinggi Ho (cm) = 2

Volume Vo (cm^3) = 88,357

Kadar Air = 23,53 (Optimum Proktor Standar)

Tabel 5.21 Nilai parameter tanah sebelum pengujian Sampel I & II

Sampel	I	II
Berat Cup, gr	21,73	21,98
Berat Cup + tanah basah, gr	54,90	55,12
Berat Cup + tanah kering, gr	47,33	47,12
Kadar air, %	23,93	23,77
Kadar air rata-rata, %	23,53	
Berat ring + tanah basah, gr	271,45	
Berat volume tanah basah, gr	1,750	
Berat volume tanah kering, gr	1,533	

Tabel 5.22 Nilai parameter tanah setelah pengujian sampel I & II

Berat ring + tanah basah, gr	284,31	276,65
Berat ring + tanah kering, gr	245,84	237,96
Kadar air, %	29,82	27,82

Pembacaan dial pengujian Swelling Pressure sampel I pada Tabel 5.24 dibawah ini.

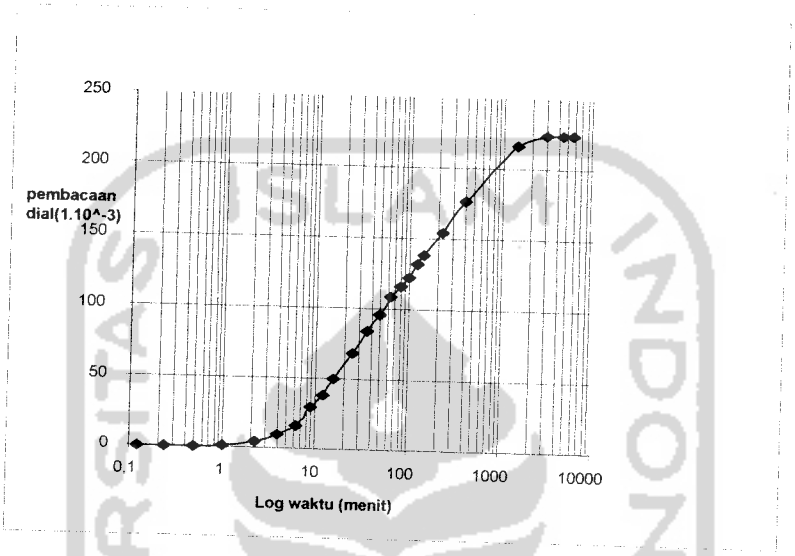
Tabel 5.23 Pembacaan dial pada uji Swelling Pressure I

waktu	kPa	Dial
0,12	0,1	0
0,24	6,9	0
0,5	6,9	0
1	6,9	1
2,25	6,9	4
4	6,9	6
6,25	6,9	16
9	6,9	30
12,25	6,9	38
16	6,9	50
25	6,9	68
36	6,9	84
49	6,9	96
64	6,9	108
81	6,9	116
100	6,9	122
121	6,9	132
144	6,9	138
225	6,9	154
400	6,9	177
1440	6,9	216
2880	6,9	223
4320	6,9	223
5760	6,9	223
1	6,9	223
2,25	13,8	180
4	27,6	64
6,25	55,2	-10,00

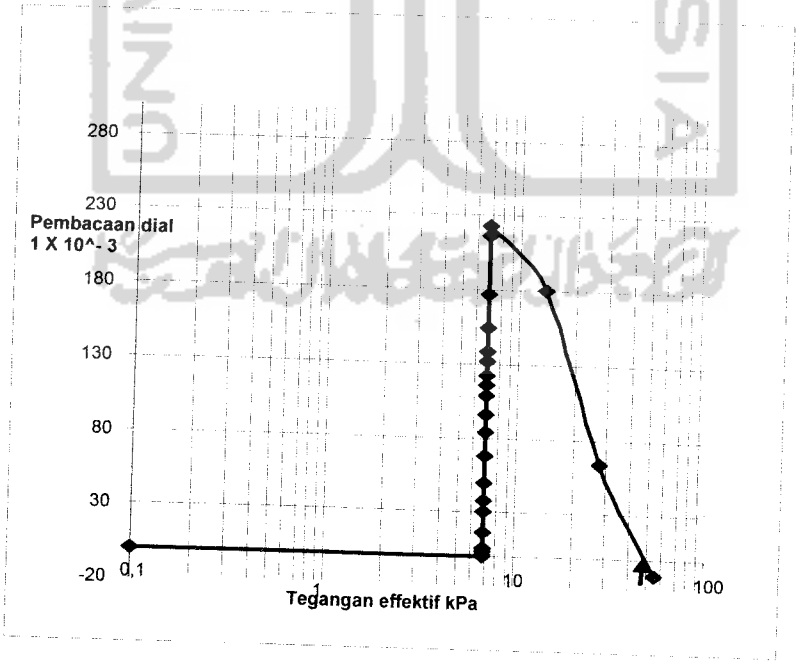
Pada sampel I pengembangan terbesar terjadi pada pembacaan dial sebesar $223x10^{-3}$m dengan beban awal 3,105 kg dengan tekanan pengembanganya sebesar 6,9 kN/m^2 setelah itu diberi beban 2 kalinya dari 3,105 kg menjadi 6,201 kg; 12,402 kg dan 24,804 kg.

Tanah tersebut kembali ke volume awal dimana tekanan pada volume asli (Tekanan Pengembangan) didapat nilai sebesar 55,2 kN/m^2.

Dibawah ini merupakan grafik dari hasil uji Sweeling Pressure sampel I, yaitu Nilai Pengembanganya pada Gambar 5.12 dan Tekanan Pengembanganya pada Gambar 5.13



Gambar 5.12 Grafik log waktu vs Swelling



Gambar 5.13 Grafik Tegangan effektif vs Pembacaan dial

Pembacaan dial pengujian Swelling Pressure sampel II pada Tabel 5.25 dibawah ini.

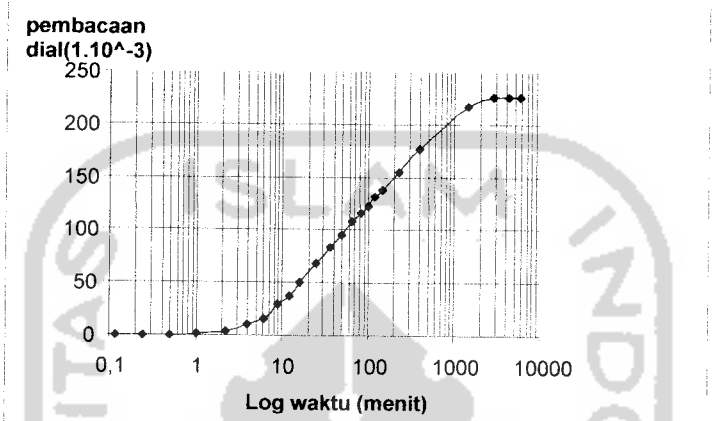
Tabel 5.24 Pembacaan dial pada uji Swelling Pressure II

waktu	kPa	Dial
0,12	0,1	0
0,24	6,9	0
0,5	6,9	0
1	6,9	1
2,25	6,9	4
4	6,9	6
6,25	6,9	16
9	6,9	30
12,25	6,9	38
16	6,9	50
25	6,9	68
36	6,9	84
49	6,9	96
64	6,9	108
81	6,9	116
100	6,9	122
121	6,9	132
144	6,9	138
225	6,9	154
400	6,9	177
1440	6,9	216
2880	6,9	225
4320	6,9	225
5760	6,9	225
1	6,9	225
2,25	13,8	**160**
4	27,6	**60**
6,25	55,2	**-12,00**

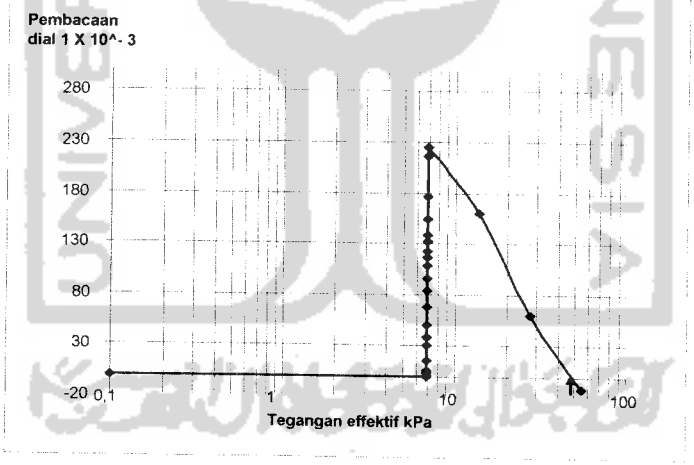
Pada sampel II pengembangan terbesar terjadi pada pembacaan dial sebesar $225x10^{-3}$m dengan beban awal 3,105 kg dengan tekanan pengembanganya sebesar 6,9 kN/m^2 setelah itu diberi beban 2 kalinya dari 3,105 kg menjadi 6,201 kg; 12,402 kg dan 24,804 kg.

Tanah tersebut kembali ke volume awal dimana tekanan pada volume asli (Tekanan Pengembangan) didapat nilai sebesar 55 kN/m^2.

Dibawah ini merupakan grafik dari hasil uji Sweeling Pressure sampel II, yaitu Nilai Pengembanganya pada Gambar 5.14 dan Tekanan Pengembanganya pada Gambar 5.15



Gambar 5.14 Grafik log waktu vs Swelling



Gambar 5.15 Grafik Tegangan effektif vs Pembacaan dial

Tabel 5.25 Nilai rata-rata Tekanan Pengembangan sampel I dan II

Tekanan Pengembangan	I	II
Nilai	55,2 kN/m^2	55 kN/m^2 .
Rata- rata	55,75 kN/m^2	

5.4 Uji CBR

Dari pengujian yang dilakukan didapatkan hasil pemeriksaan nilai CBR untuk sampel I adalah sebagai berikut :

Data sebelum pengujian

Kadar Air = 23,53 % (Optimum Standar Proktor)

Berat jenis tanah = 2,55

Berat cetakan = 4189 gr

Diameter = 15,2 cm

Tinggi = 17,8 cm

Volume (V) = 3264,86 cm^3

Angka kalibrasi = 13,7

Data alat penumbuk :

Diameter = 5.005 cm

Tinggi jatuh = 30,48 cm

Berat = 2,505 gr

Jumlah lapis = 3

Jumlah tumbukan tiap lapis = 56

Data parameter tanah :

Berat tanah + cetakan = 7620 gr

Berat tanah (W) = 3431 gr

Berat volume tanah basah, $\gamma b = \frac{W}{V}$

$= \frac{3431}{3264,86}$

$= 1,051 \text{ gr/cm}^3$

Berat volume tanah kering, $\gamma d = \frac{\gamma b}{1+w}$

$= \frac{1,051}{1+0,2353}$

$= 0,850 \text{ gr/cm}^3.$

Untuk lebih jelasnya perhitungan parameter tanah sebelum pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.26 dibawah ini.

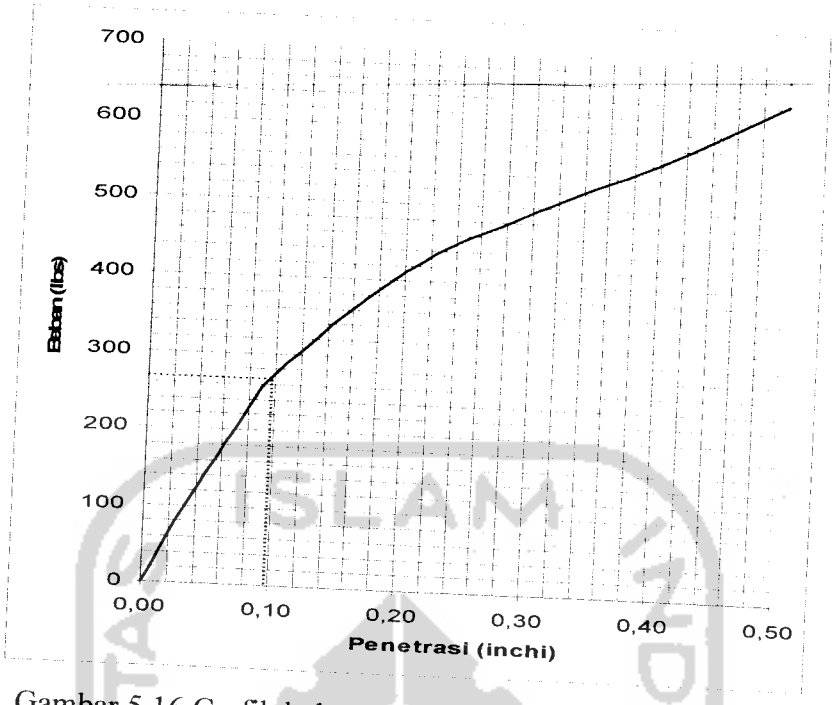
Tabel 5.26 Hasil parameter tanah sebelum pengujian Sampel I

Berat tanah + cetakan	7620	gr
Berat tanah, (W)	3431	gr
Berat volume tanah basah, (γb)	1,051	gr/cm³
Berat volume tanah kering, (γd)	0,850	gr/cm³

Tabel 5.27 Hasil pemeriksaan nilai penetrasi Uji CBR sampel I

Waktu (menit)	Penetrasi (inc)	Dial	Beban (lbs)	Penetrasi (lbs) Beban/3	Tekanan dikoreksi (%)
0	0,000	0	0	0	
1/4	0,013	4	54,8	18,27	
1/2	0,025	8	109,6	36,5	
1	0,050	12	164,4	54,8	
11/2	0,075	15	205,5	68,5	
2	**0,100**	**20**	**274**	**91,33**	**91,33**
3	0,150	26.5	363,05	121,01	
4	**0,200**	**30**	**411**	**137**	**137**
6	0,300	36	493,2	164,4	
8	0,400	41	561,7	187,23	
10	0,500	47	643,9	214,633	

Berdasarkan data dari hasil pemeriksaan nilai penetrasi uji CBR pada tanah asli sampel I akan diperoleh Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut ini.



Gambar 5.16 Grafik hubungan beban dan penetrasi uji CBR sampel I

Nilai CBR :

a. Penetrasi 0,1" = $\frac{\text{tekanan dikoreksi}}{1000}$ x 100 %

= $\frac{91,33}{1000}$ x 100 %

= 9,13 %

b. Penetrasi 0,2" = $\frac{\text{tekanan dikoreksi}}{1500}$ x 100%

= $\frac{137}{1500}$ x100%

= 9,13 %

Dari hasil penetrasi CBR terkoreksi didapatkan hasil :

- Penetrasi 0,1" : 9,13 %
- Penetrasi 0,2" : 9,13 %

Setelah pengujian

Data kadar air tanah :

Kadar air tanah rata-rata (w_{rt}) setelah pengujian : 18,96 %.

Pada percobaan selanjutnya untuk mendapatkan nilai penetrasi 0,1" dan 0,2" pada sampel II secara analitis juga dilakukan perhitungan seperti contoh diatas. Selanjutnya dibuat tabel hasil pengujian CBR yang dapat dilihat pada

Tabel 5.28 Hasil pengujian CBR laboratorium sampel I dan II

Percobaan	Jenis Sampel	Penetrasi	
		0,1" (%)	0,2"(%)
1	A1	9,13	9,13
2	A2	9,13	8,83

Dari hasil perhitungan diatas maka nilai CBR sampel tanah asli yang akan dingunakan adalah nilai CBR yang terbesar yaitu pada penetrasi 0,1" dengan nilai 9,13%

BAB VI
PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas karakteristik lempung dari Sukoharjo,Solo, Jawa Tengah, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

6.1 Klasifikasi Lempung tanah asli

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

1. Analisis Distribusi Butiran
2. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification* (USCS)
3. Sistem Klasifikasi *Unified*
4. Sistem Klasifikasi AASHTO

6.1.1 Analisis Distribusi Butiran

Hasil dari pengujian Analisa Butiran Saringan dapat diketahui tanah Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah mengandung :

Pasir : 3,52 %

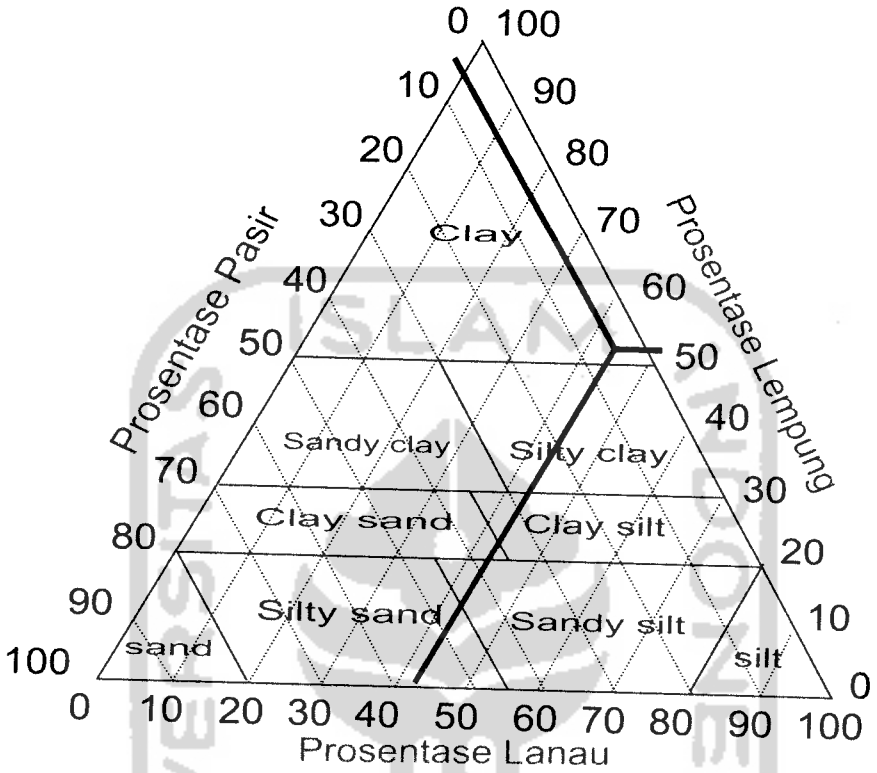
Lanau : 44,22 %

Lempung : 52,26 %

Maka tanah yang berasal dari Sukoharjo, disebut tanah lempung kelanauan mengandung pasir

6.1.2 Sistem Klasifikasi Unified Soil Classification (USCS)

Setelah didapat hasil prosentase analisis buturan, kemudian diplotkan berdasarkan sistem klasifikasi tanah *USCS,* sehingga diketahui jenis tanah yang diuji, seperti pada Gambar 6.1



Gambar 6.1. Klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2003

Dari sistem klasifikasi tanah *USCS*, dapat ditentukan bahwa tanah Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah termasuk tanah lempung ***(Clay)***.

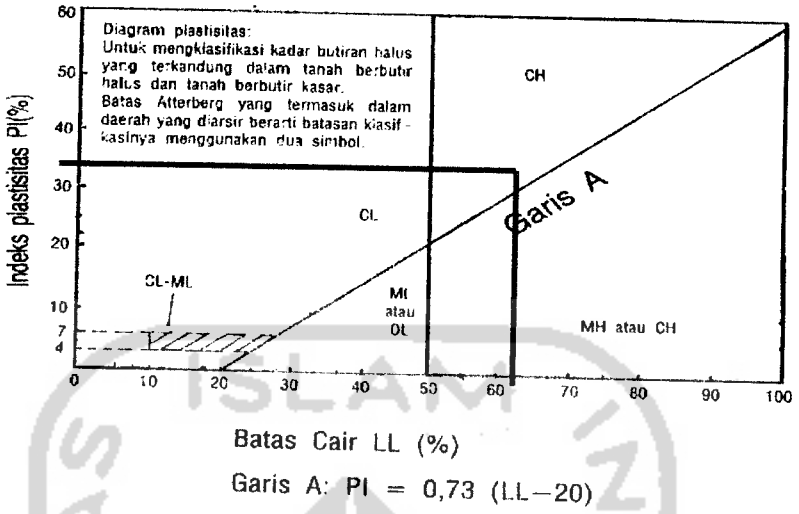
6.1.3 Sistem Klasifikasi Unified

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

Batas Cair (LL) = 63,62 %

Indeks Plastis (IP) = 31,87 %

Dari hasil batas cair dan index plastisnya kemudian diplotkan pada gambar sistem klasifikasi Unified, seperti pada Gambar 6.2



Gambar 6.2 Klasifikasi tanah berdasarkan sistem *unified*

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2004

Pada grafik unifed diatas didapat titik pertemuan yang diplotkan antara batas cair dan indeks plastisnya (PI) pada CH yang diklasifikasikan sebagai lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)

6.1.4 Sistem Klasifikasi AASHTO

Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg, maka diperoleh data sebagai berikut. :

1. % lolos saringan no. 200 >35 %, ditunjukkan dengan penjumlahan lempung 52,26 % dan lanau 44,22 % menjadi 96,48 %.
2. Batas Cair (LL) = 63,62 %
3. Indeks Plastisitas (IP) = 31,74 %
4. Batas Plastis (PL) = 31,87 % >30 %

Tabel 6.1 Klasifikasi tanah Sistem AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)						Tanah-tanah lanau - lempung (>35% lolos saringan no.200)			
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
	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)										
2,00 mm (no. 10)	50 maks	–	–	–	–	– –	–	–	–	–
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min	–	–	– –	–	–	–	–
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks 35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40										
Batas cair (LL)	–	–	–	40 maks	41 min	40 maks 41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		np	10 maks	10 maks	11 min 11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (GI)	0		0	0		4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	pecahan batu, kerikil dan pasir		pasir halus	kerikil berlanau atau berlempung dan pasir			tanah berlanau		tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik						sedang sampai buruk			

Catatan: Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL).
Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7-5;
untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6.
np = nonplastis.

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2004

Nilai indeks kelompok dapat dihitung dengan persamaan :

GI = (F-35){0,2 + 0,005 (LL -40)} + 0,01 (F-15) (PI-10)

Dimana :

GI = Indeks Kelompok

F = Persen material lolos saringan no. 200

LL = Batas cair

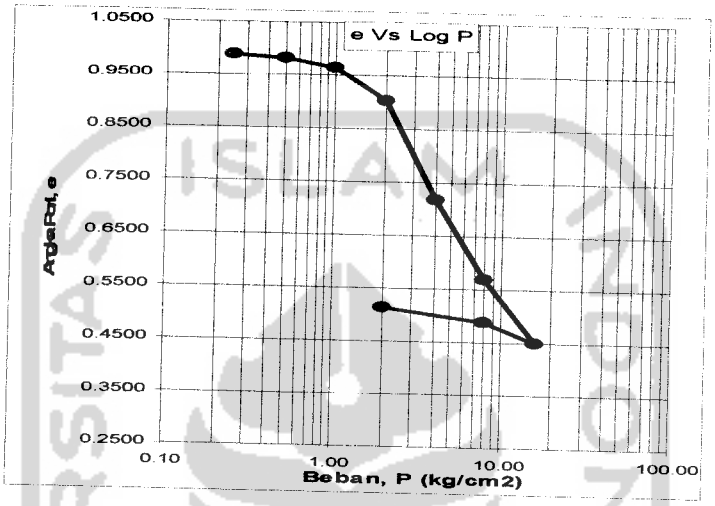
IP = Indeks Plastis

GI = (96,47-35){0,2 + 0,005(62,45-40)}+ 0,01 x (96,47-15) x (30,39-10)

= **37**

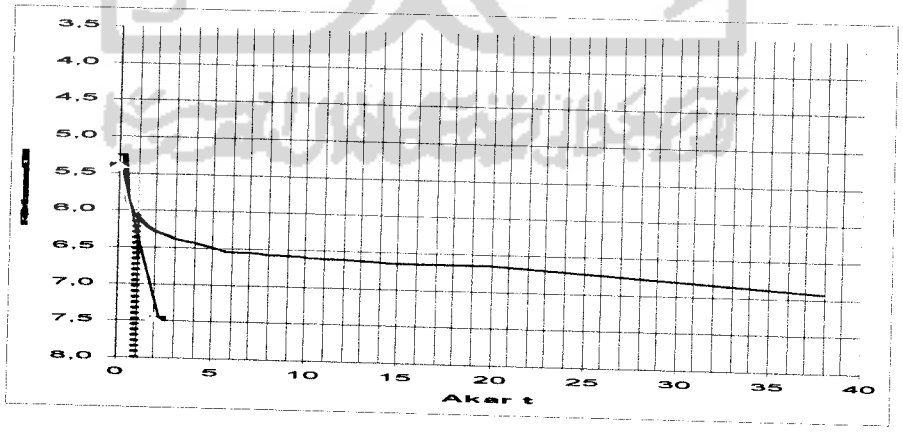
Dari hasil batas plastis (PL) = 31,87 % > 30% dan (GI) = 37, berdasarkan Tabel 6.1 Sistem Klasifikasi AASHTO tanah Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah, termasuk dalam kelompok A-7-5 (37) dengan klasifikasi tanah berlempung sedang sampai buruk.

6.2 Uji Konsolidasi



Gambar 6.3 Grafik hubungan beban dan angka pori

Gambar diatas ini menunjukan bahwa berkurangnya nilai angka pori atau berkurangnya volume tanah dipengaruhi oleh beban, jadi semakin besar beban yang diberikan kepada tanah tersebut semakin kecil rongga porinya atau volume tanah tersebut.



Gambar 6.4 Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 64 kg/cm^2

Gambar diatas menunjukan bahwa waktu yang diperlukan suatu lapisan tanah lempung hingga penurunan 90% selesai pada saat diberi beban 64 kg/cm^2, akar waktu ($\sqrt{t_{90}}$) yang dihasilkan dari pembacaan grafik sebesar 1menit.

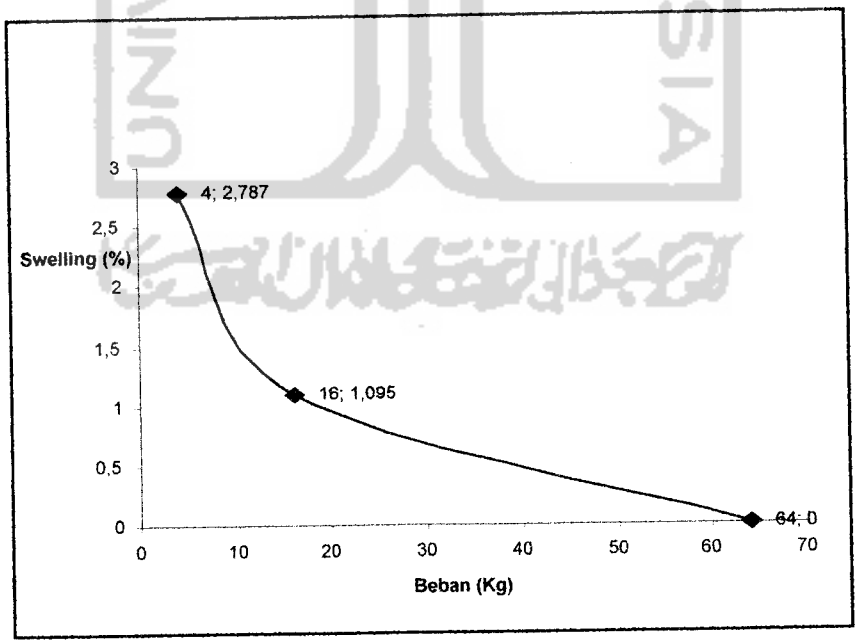
Hasil dari pengujian konsolidasi berdasarkan grafik e log P didapat nilai Cc rata-rata dari kedua sampel tanah sebesar 0,13 dan 0,95 sesuai dengan jenis tanah Sukoharjo,Solo, Jawa Tengah adalah jenis tanah lempung Medium s/d Lunak sesuai dengan Tabel 6.2 dibawah ini.

Tabel 6.2 Nilai Cc yang menentukan jenis tanah

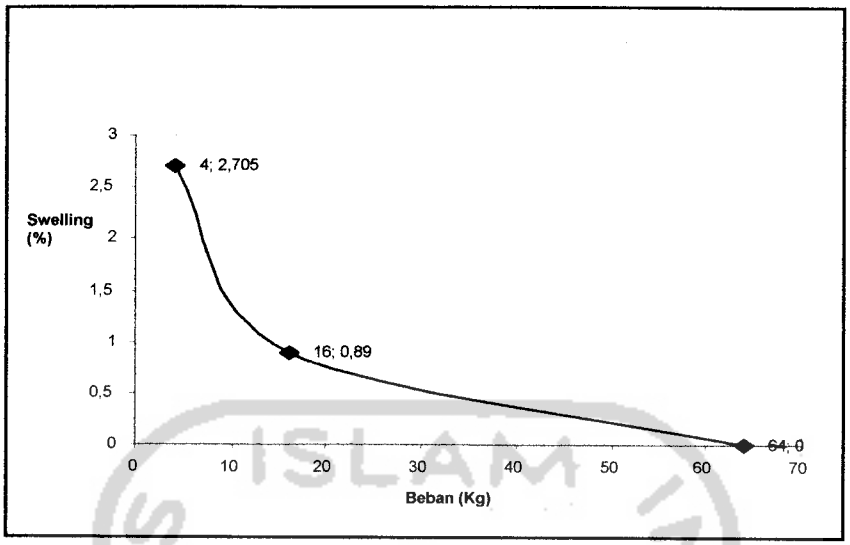
Jenis Tanah	Cc
Pasir padat	0,005 – 0,01
Pasir tidak padat	0,025 – 0,05
Lempung agak keras	0,03 – 0,06
Lempung kenyal (Stiff)	0,06 – 1,15
Lempung medium s/d lunak	0,150 – 1,00
Lempung sangat lunak	> 1,00
Tanah organik	1,00 – 4,500
Batu/cadas	0,00

Sumber : Pratikum Mekanika Tanah, 2001

6.3 Swelling (Pengembangan)



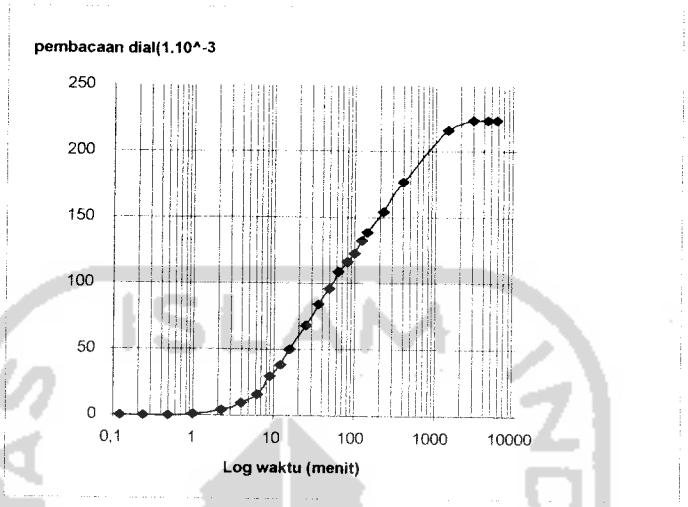
Gambar 6.5 Grafik pengaruh beban terhadap pengembangan (Swelling) sampel A1-B1 dan A2-B2 pada beban 4 kg;16 kg; dan 64 kg



Gambar 6.6 Grafik pengaruh beban terhadap pengembangan (Swelling) sampel A3-B3 dan A4-B4 pada beban 4 kg;16 kg; dan 64 kg

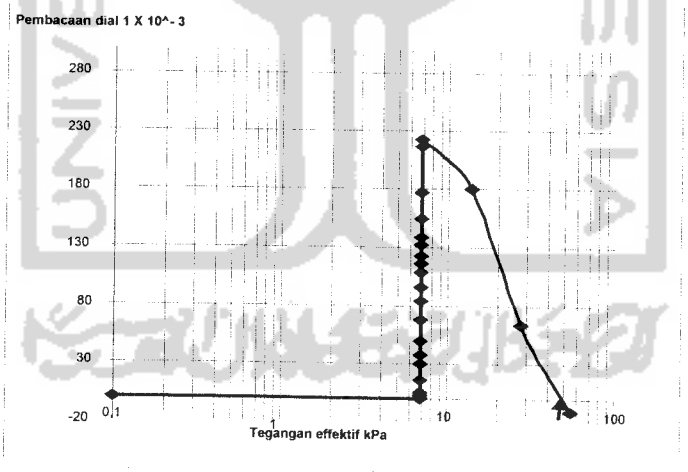
Gambar 6.5 dan Gambar 6.6 menunjukan bahwa pada waktu tanah diberi beban sampai dengan 64 kg/cm^2, tanah tersebut akan mengalami penurunan dan ketika beban tersebut dikurangi (Rebound) tanah tersebut akan mengembang, pengembangan tersebut terjadi pada saat rebound beban 16 kg/cm^2 pengembanganya sebesar 0,89 % dan pada beban 4 kg/cm^2 pengembanganya sebesar 2,705 %, jadi pada intinya semakin besar beban yang diberikan semakin kecil swellingnya (Pengembanganya).

6.4 Uji Swelling Pressure (Tekanan Pengembangan)



Gambar 6.7 Grafik log waktu vs Swelling

Gambar diatas menunjukan selisih waktu yang berbeda-beda dengan nilai peningkatan pengembangan yang berbeda-beda pula.



Gambar 6.8 Grafik Tegangan effektif vs Pembacaan dial

Grafik diatas menjelaskan pengembangan terbesar terjadi pada pembacaan dial sebesar $223x10^{-3}$m dengan beban awal 3,105 kg dengan tekanan pengembanganya sebesar 6,9 kN/m^2 setelah itu diberi beban 2 kalinya dari 3,105 kg menjadi 6,201 kg; 12,402 kg dan 24,804 kg.

Tanah tersebut kembali ke volume awal dimana tekanan pada volume asli (Tekanan Pengembangan) didapat nilai sebesar 55,2 kN/m^2 .

Untuk sampel I :

Tekanan Pengembangan awal pada (H1) = 6,9 kN/m^2

Tekanan Pengembangan akhir pembebanan (H2) = 52,5 kN/m^2

$$\text{Potensi Tekanan Pengembangan} = \frac{H2 - H1}{H1} * 100\%$$

$$= \frac{52{,}5\ \text{kN/m2} - 6{,}9\ \text{kN/m2}}{6{,}9\ \text{kN/m2}} * 100\%$$

$$= 660\ \%$$

Untuk sampel II :

Tekanan Pengembangan awal pada (H1) = 6,9 kN/m^2

Tekanan Pengembangan akhir pembebanan (H2) = 55 kN/m^2

$$\text{Potensi Tekanan Pengembangan} = \frac{H2 - H1}{H1} * 100\%$$

$$= \frac{55\ \text{kN/m2} - 6{,}9\ \text{kN/m2}}{6{,}9\ \text{kN/m2}} * 100\%$$

$$= 697\ \%$$

Pada hasil uji Swelling Pressure sampel I dan II didapat hasil 660 % dan 697 %, berdasarkan Chen,1988 dapat dilihat pada Tabel 6.3 dibawah ini.

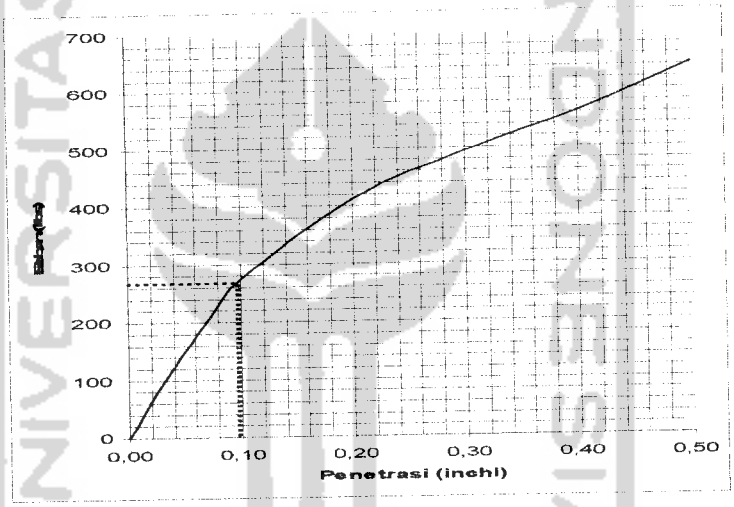
Tabel 6.3 Potensi pengembangan (Chen, 1988)

Potensi Pengembangan	Persen Lolos Saringan No. 200	Batas Cair (LL)	N-SPT	Kemungkinan Ekspansi(%)	Tekanan Pengembangan (kPa)
Sangat tinggi	>95	>60	>30	>10	>1000
Tinggi	60-95	40-60	20-30	3-10	250-1000
Sedang	30-60	30-40	10-20	1-5	150-250
Rendah	<30	<30	<10	<1	<50

Pada intinya bahwa pengembangan yang terjadi pada kedua sampel tersebut sangat dipengaruhi besar dan kecilnya kadar air maupun berat volume kering maksimum yang ada pada kedua sampel tersebut, semakin besar berat volume kering maksimum,maka kecepatan air untuk meresap kedalam tanah semakin banyak, sehingga pengembangan tanah semakin besar.

sedangkan apabila kadar air tanah tersebut tinggi, maka untuk air meresap semakin sulit, maka kemungkinan potensi pengembanganya kecil,dan dari hasil nilai batas cair sebesar 63,62% tanah tersebut mempunyai tekanan pengembangan yang sangat tinggi.

6.5 Uji CBR



Gambar 6.9 Grafik hubungan beban dan penetrasi uji CBR sampel I

Gambar diatas menunjukan semakin besar beban yang diberikan kepada tanah tersebut semakin besar nilai penetrasi yang didapat.

Nilai penetrasi dingunakan untuk mengukur seberapa besar kekuatan material tanah tersebut, ketika tanah tersebut setelah di bebani.

Dari hasil penetrasi CBR terkoreksi didapatkan hasil :

- Penetrasi 0,1" : 9,13 %
- Penetrasi 0,2" : 9,13 %

Dari hasil perhitungan diatas maka nilai CBR sampel tanah asli yang akan dingunakan adalah nilai CBR yang terbesar yaitu pada penetrasi 0,1" dengan nilai 9,13%

BAB VII
KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat disampaikan dari hasil penelitian adalah seperti berikut ini.

1. Berdasarkan sifat fisiknya, tanah butir halus yang berasal dari Sukoharjo, Solo, Jawa Tengah berwarna merah agak kecoklatan, lengket, dan sedikit mengandung pasir.

   Berdasarkan sistem klasifikasi "segitiga" USCS, termasuk tanah lempung (*clays*) sedangkan pada sistem klasifikasi *Unified* termasuk dalam golongan tanah CH yaitu tanah Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, termasuk kedalam kelompok A-7-5 (37).
2. Semakin besar beban yang kita berikan terhadap tanah tersebut, semakin kecil Swellingnya.
3. Tanah asli mempunyai nilai CBR sebesar 9,13 %

7.2 SARAN

1. Pada waktu mengerjakan si peneliti supaya lebih cermat dalam menghitung, agar di dapatkan hasil yang sesuai.
2. Penelitian dapat ditindak lanjuti dengan penelitian mengenai Penyusutan tanah lempung Sukoharjo dengan pengurangan kadar air yang bervariasi

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, E. Joseph, 1986, SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH (MEKANIKA TANAH), Penerbit Erlangga, Jakarta.

Das, M. Braja, 1994, MEKANIKA TANAH, (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid 2, Erlangga, Jakarta.

Das, M. Braja, 1988, MEKANIKA TANAH, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Ferdian Arie.W 1999, Pengaruh Pemadatan dan Pembasahan terhadap Pengembangan (Swelling) Tanah Lempung"., Tugas Akhir Mahasiswa S1, JTS, FTSP-UII, Yogyakarta, (tidak dipublikasikan).

Hardiyatmo, H. C., 2002, MEKANIKA TANAH I, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hardiyatmo, H. C., 2003, MEKANIKA TANAH II, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hardiyatmo, H. C., 2006, MEKANIKA TANAH I, Edisi keempat, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hendarsin, L. Shirley, 2003, INVESTIGASI REKAYASA GEOTEKNIK UNTUK PERENCANAAN BANGUNAN TEKNIK SIPIL, Jilid 1, Politeknik Negeri Bandung.

Holtz, R.D dan Kovacs, W.D., An Introduction to Geotechnical Engineering, Englewood Clifts, NEW JERSEY, 1981

Lambe, T.W., Soil Mechanics, John Wiley and Son., New York, 1969.

One.Y.Dekawanto dan Riyanto, 2000, Pengaruh Kondisi Tanah Setempat terhadap Kerusakan Jalan Kasongan Kasihan, Tugas Akhir Mahasiswa S1, JTS FTSP-UII, Yogyakarta, (tidak dipublikasikan).

Rokhmat Junaedi dan Yhohan Setiawan, 2004, Pengaruh Energi Pemadatan Terhadap Pengembangan (Swelling) Tanah Lempung, Tugas Akhir Mahasiswa S1, JTS FTSP-UII, Yogyakarta, (tidak dipublikasikan).

Skempton, A.W., The Pore Pressure Coefficient A dan B Geothechnique, (1954)

Wesley, L. D., 1997, MEKANIKA TANAH, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIATISME

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

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

Yogyakarta, 07 Agustus 2007

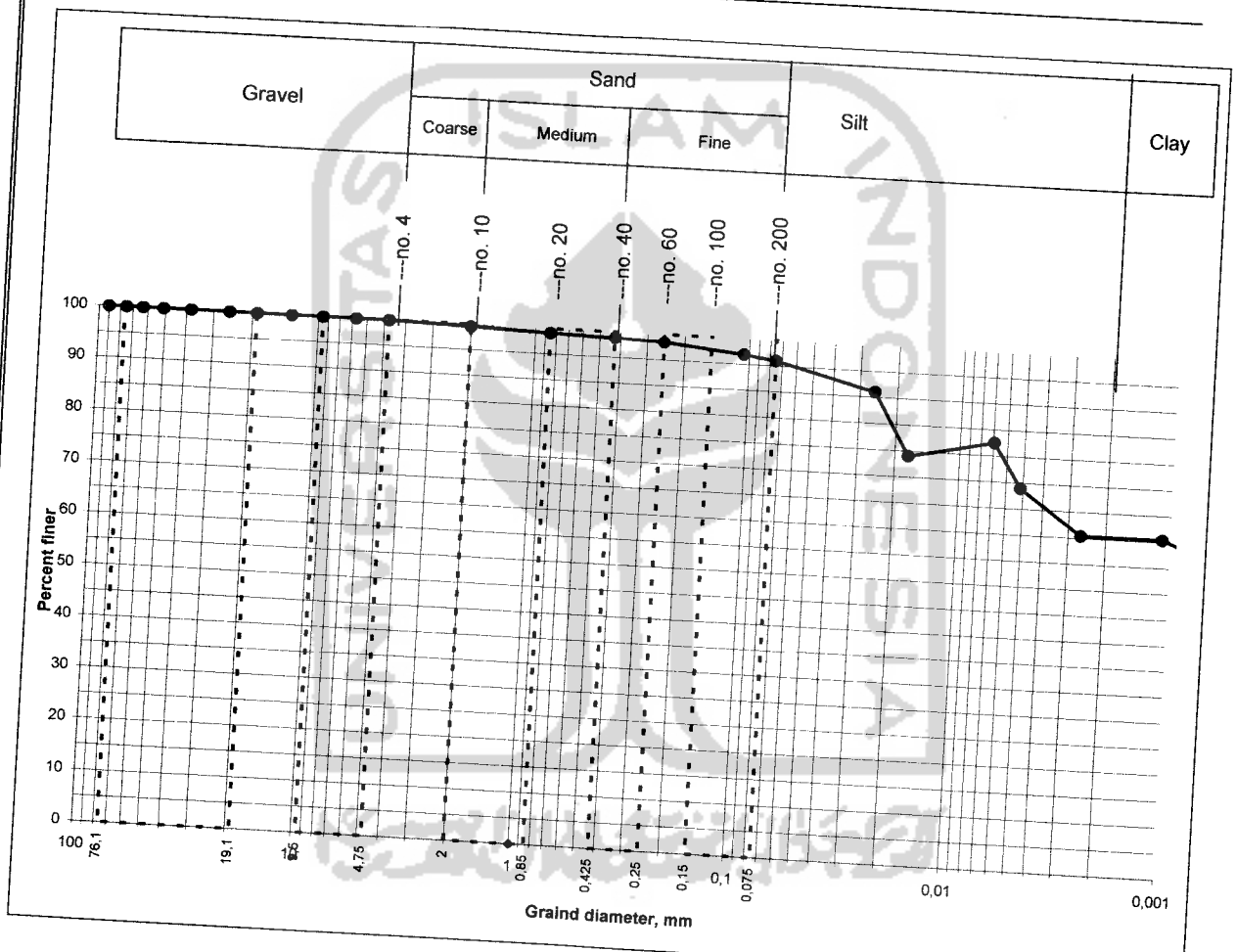
Penulis

Chresse Sasono

SOIL MECHANIC LABORATORY
FACULTY OF ENGINEERING AND PLANNING
INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY

GRAIN SIZE ANALYSIS
ASTM D1140 - 54

Project	: Tugas Akhir
Location	:Sukoharjo, Solo , Jawa Tengah
Sample no.	: 2
Depth	: -
Kode	: 2
Tested by	: Chresse Sasono
Date	: 28 Maret 2007
Berat jenis	: 2,55



Finer # 200	95,95 %	D10 (mm)	0,000000
		D30 (mm)	0,00001
Gravel	0,00 %	D60 (mm)	0,00051
Sand	4,05 %	Cu = D60/D10	1223,934
Silt	43,69 %	Cc = D30² / (D10xD60)	17,183
Clay	52,26 %	D50(mm)	0,000

Yogyakarta

Dr.Ir. Edy Purwanto, DEA

GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir
Sample no : 2
Depth : 1.5 m
Kode : 2

Tested by : Chresse Sasono
Date : 28 Maret 2007
Location : Sukoharjo, Solo , Jawa Tengah
:

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr
Specific Gravity , Gs = 2,550
K2 = a/W x 100 = 1,70724

Hydromoter type = 152 H
Hydr. Correction, a = 1,024
Meniscus corretion, 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 = 0,25	e6 =	59,75	99,58	e6 = d7 + e7
20	0,850	d3 0,27	e7 =	59,48	99,13	e5 = d6 + e6
40	0,425	d4 = 0,20	e9 =	59,28	98,80	e4 = d5 + e5
60	0,250	d5 = 0,21	e10 =	59,07	98,45	e3 = d4 +e4
140	0,106	d6 = 0,95	e11 =	58,12	96,87	e2 = d3 + e3
200	0,075	d7 = 0,55	e12 =	57,57	95,95	e1 = d2 + e2
		Sd = 2,43				

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										
10.45	2	50	-2	27	51	7,945	0,0128	0,025515	53,3	90,77
10.70	5	45	-2	27	44	9,091	0,0128	0,017262	46,3	78,85
11.40	30	43	-2	27	46	8,763	0,0128	0,006919	48,3	82,25
14.50	60	40	-2	27	41	9,582	0,0128	0,005116	43,3	73,74
10.40	250	35	-2	27	36	10,401	0,0128	0,002611	38,3	65,22

Remarks :

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

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

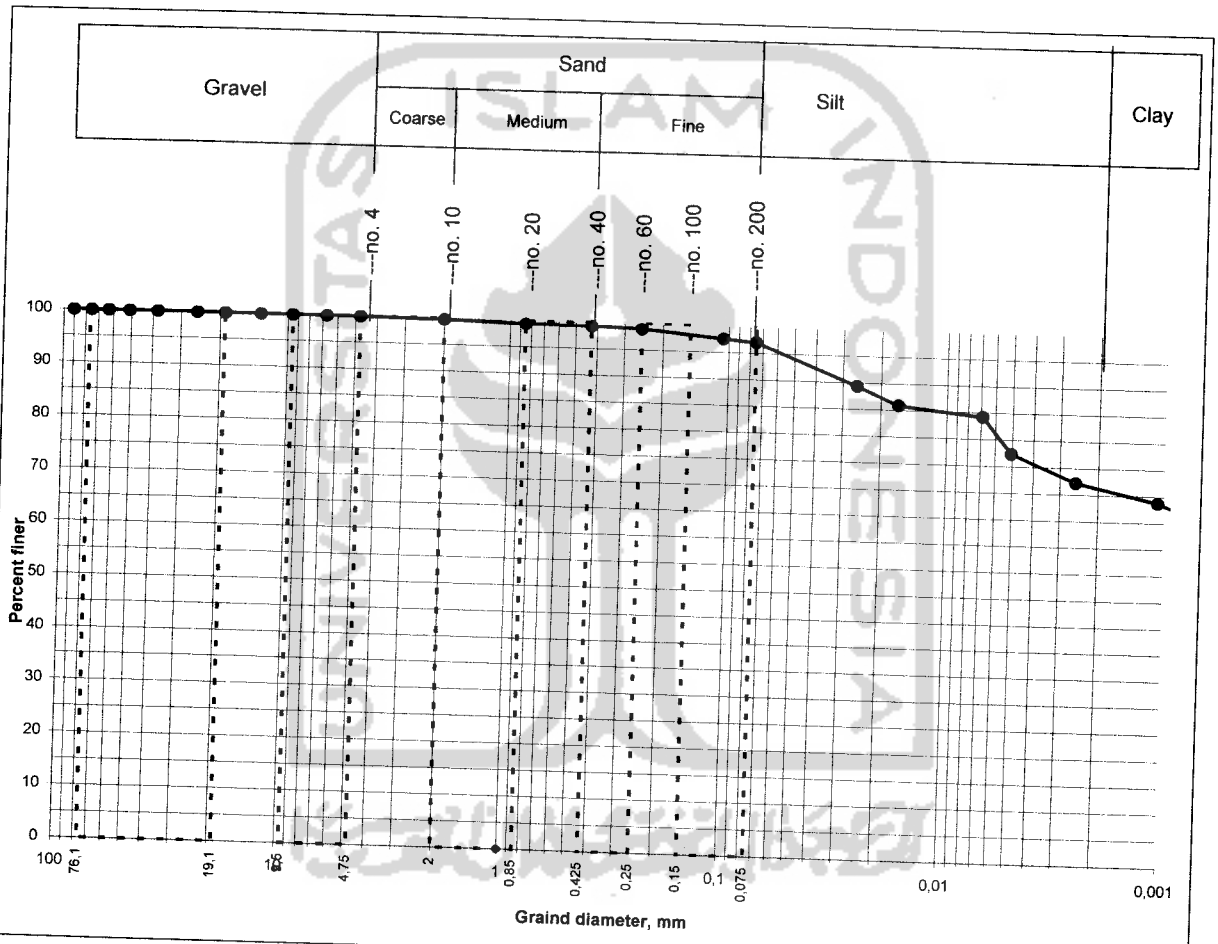
SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

SOIL MECHANIC LABORATORY

FACULTY OF ENGINEERING AND PLANNING
INDONESIAN ISLAMIC UNIVERSITY

GRAIN SIZE ANALYSIS
ASTM D1140 - 54

Project	: Tugas Akhir
Location	:Sukoharjo, Solo , Jawa Tengah
Sample no.	: 1
Depth	: -
Kode	: 1
Tested by	: Chresse Sasono
Date	: 22 Maret 2007
Berat jenis	: 2,55



Finer # 200	97,00 %	D10 (mm)	0,000000
		D30 (mm)	0,00001
Gravel	0,00 %	D60 (mm)	0,00033
Sand	3,00 %	Cu = D60/D10	850,102
Silt	44,74 %	Cc = D30² / (D10xD60)	14,852
Clay	52,26 %	D50(mm)	0,000

Yogyakarta

Dr.Ir. Edy Purwanto, DEA

GRAIN SIZE ANALYSIS

Project	: Tugas Akhir	Tested by	: Chresse Sasono
Sample no	: 1	Date	: 22 Maret 2007
Depth	: 1.5 m	Location	:Sukoharjo, Solo , Jawa Tengah
Kode	: 1		:

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil =	60 gr	Hydromoter type =	152 H
Specific Gravity , Gs =	2,550	Hydr. Correction, a =	1,024
K2 = a/W x 100 =	1,70724	Meniscus corretion, 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 =	0,10	e6 =	59,90	99,83	e6 = d7 + e7
20	0,850	d3	0,25	e7 =	59,65	99,42	e5 = d6 + e6
40	0,425	d4 =	0,10	e9 =	59,55	99,25	e4 = d5 + e5
60	0,250	d5 =	0,15	e10 =	59,40	99,00	e3 = d4 +e4
140	0,106	d6 =	0,90	e11 =	58,50	97,50	e2 = d3 + e3
200	0,075	d7 =	0,30	e12 =	58,20	97,00	e1 = d2 + e2
		Sd =	1,80				

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	49	-2,0	27	50	8,108	0,0128	0,025859	52,3	89,29
10.45	5	47	-2,0	27	48	8,436	0,0128	0,016682	50,3	85,87
10.70	30	46	-2,0	27	47	8,600	0,0128	0,006876	49,3	84,17
11.40	60	42	-2,0	27	43	9,254	0,0128	0,005044	45,3	77,34
14.50	250	39	-2,0	27	40	9,746	0,0128	0,002536	42,3	72,22
10.40	1440	37	-2,0	27	38	10,073	0,0128	0,001074	40,3	68,80

Remarks :

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

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

SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PENGUJIAN KADAR AIR

Proyek : Tugas Akhir
Asal Sampel : Sukoharjo, SOLO

Dikerjakan : Chresse Sasono
Tanggal : 17-04-07

No.	Pengujian	I	
		a	b
1	Berat Container (W1)	21,73	21,98
2	Berat Container + Tanah basah (W2)	54,9	55,12
3	Berat Container + Tanah Kering (W3)	47,33	47,12
4	Berat Air (Wa)	7,57	8
5	Berat Tanah Kering (wt)	25,6	25,14
6	Kadar Air (Wa/Wt) x 100%	29,57	31,82
	Kadar Air Rata-rata (%)	30,7	

Diperiksa Oleh :

Dr. Ir. Edy Purwanto,CES,DEA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PENGUJIAN BERAT JENIS

PROYEK : Tugas Akhir
ASAL : Sukoharjo, SOLO
No Sampel :

DIKERJAKAN : Chresse Sasono
TANGGAL : 12 Maret 2007

1	No. Pengujian		I	
2	Berat piknometer kosong	(W_1) gram	21.39	20.94
3	Berat piknometer + tanah kering	(W_2) gram	29.46	29.24
4	Berat piknometer + tanah + air	(W_3) gram	65.18	61.57
5	Berat piknometer + air	(W_4) gram	60.26	56.53
6	Temperatur	(t°)	27.00	27.00
7	BJ pada temperatur (t°)		0.997080	0.997080
8	BJ pada temperatur (27,5 $^\circ$)		0.996410	0.996410
9	Berat jenis tanah Gs (t°) =	$\frac{W2 - W1}{(W4 - W1) - (W3 - W2)}$	2,56	2,55
10	Berat jenis tanah pada 27,5 $^\circ$ =	Gs (t°) $\frac{\text{Bj air } t^\circ}{\text{Bj air } 27,5^\circ}$	2,56	2,55
11	Berat jenis rata-rata	Gs rt	2,55	

SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA

Kepala Laboratorium :

Dr. Ir. Edy Purwanto,CES,DEA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PENGUJIAN BERAT VOLUME

Proyek : Tugas Akhir
Asal Sampel : Sukoharjo, SOLO

Dikerjakan : Chresse Sasono
Tanggal : 18-04-07

1	No Pengujian	1	2
2	Diameter ring (d)	6,42	6,42
3	Tinggi cincin (t)	2,22	2,2
4	Volume ring (V)	71,860	71,180
5	Berat ring (W1)	67,82	67,28
6	Berat ring + tanah basah (W2)	204,33	197,15
7	Berat tanah basah (W2-W1)	136,51	129,87
8	Berat volume tanah (γ)	1,900	1,825
9	Berat volume rata-rata (gr/cm³)	1,862	

Diperiksa Oleh :

Dr. Ir. 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 : Sukoharjo, SOLO
SAMPLE NO. : 2

Tanggal : 19-04-07
Dikerjakan : Chresse Sasono

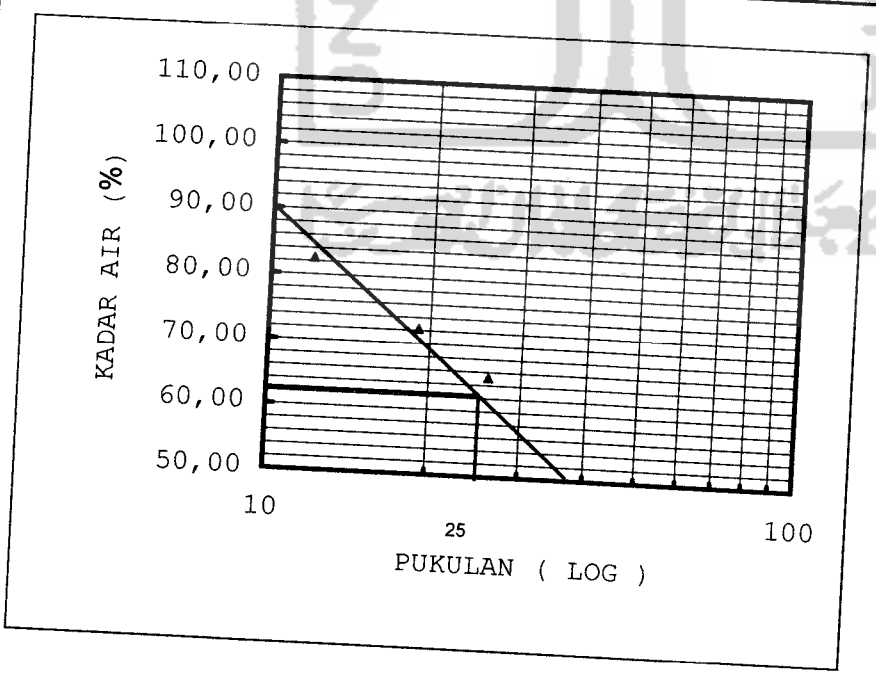
NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
1	NO CAWAN	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Berat cawan kosong	21,96	21,29	22,07	22,02	22,04	22,77	21,83	22,77
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	33,21	34,16	32,87	34,52	31,73	30,98	33,45	34,25
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	27,86	28,67	28,47	29,13	28,52	27,31	30,23	30,12
5	Berat air (3) - (4)	5,35	5,49	4,40	5,39	3,21	3,67	3,22	4,13
6	Berat tanah kering (4) - (2)	5,90	7,38	6,40	7,11	6,48	4,54	8,40	7,35
7	KADAR AIR = (5)/(6) x 100 % =	90,68	74,39	68,75	75,81	49,54	80,84	38,33	56,19
8	KADAR AIR RATA-RATA =	82,53		72,28		65,19		47,26	
9	PUKULAN	12		19		26		37	

PENGUJIAN BATAS PLASTIS

NO			
1	NO CAWAN	1	2
2	BERAT CAWAN KOSONG	20,50	22,01
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	35,20	34,56
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	32,02	31,23
5	BERAT AIR (3)-(4)	3,95	3,33
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	11,52	9,22
7	KADAR AIR = (5)/(6) ----x 100 % =	34,29	36,12
8	KADAR AIR RATA-RATA =	35,20	

KESIMPULAN

FLOW INDEX	:	**27,670**
BATAS CAIR	:	**62,45**
BATAS PLASTIS	:	**31,97**
INDEX PLASTISITAS	:	**30,47**



Diperiksa Oleh :

Dr. Ir. 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 : Sukoharjo, SOLO
SAMPLE NO. : 1

Tanggal : 19-04-07
Dikerjakan : Chresse Sasono

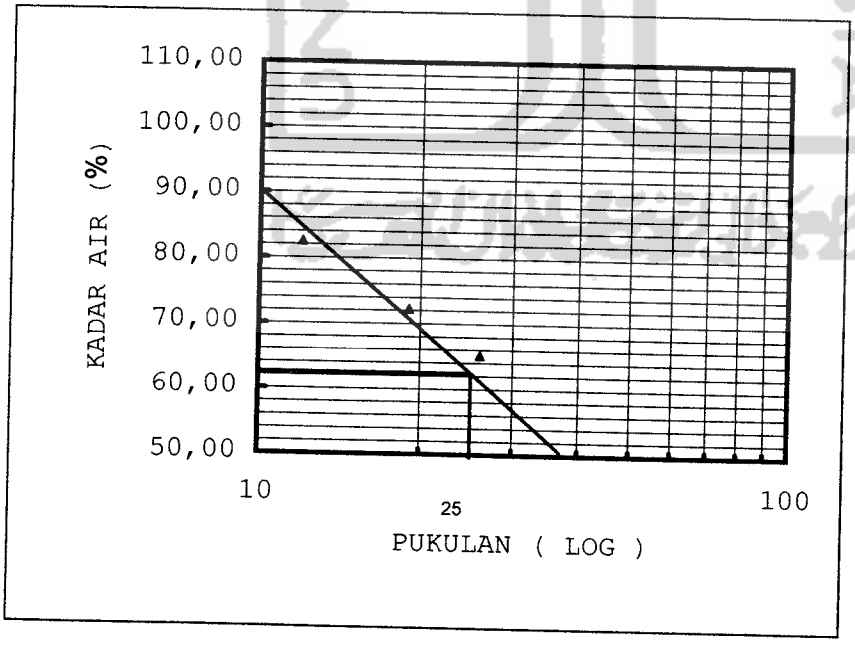
NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
1	NO CAWAN	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Berat cawan kosong	21,96	21,29	22,07	22,02	22,04	22,77	21,83	22,77
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	33,21	34,16	32,87	34,52	31,73	30,98	33,45	34,25
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	27,86	28,67	28,47	29,13	28,52	27,31	30,23	30,12
5	Berat air (3) - (4)	5,35	5,49	4,40	5,39	3,21	3,67	3,22	4,13
6	Berat tanah kering (4) - (2)	5,90	7,38	6,40	7,11	6,48	4,54	8,40	7,35
7	KADAR AIR = (5)/(6) x 100 % =	90,68	74,39	68,75	75,81	49,54	80,84	38,33	56,19
8	KADAR AIR RATA-RATA =	82,53		72,28		65,19		47,26	
9	PUKULAN	12		19		26		37	

PENGUJIAN BATAS PLASTIS

NO			
1	NO CAWAN	1	2
2	BERAT CAWAN KOSONG	20,50	22,01
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	35,20	34,56
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	32,02	31,23
5	BERAT AIR (3)-(4)	3,95	3,33
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	11,52	9,22
7	KADAR AIR = (5)/(6) ----x 100 % =	34,29	36,12
8	KADAR AIR RATA-RATA =	35,20	

KESIMPULAN

FLOW INDEX	:	**27,670**
BATAS CAIR	:	**62,45**
BATAS PLASTIS	:	**32,14**
INDEX PLASTISITAS	:	**30,31**



Diperiksa Oleh :

Dr. Ir. 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 : Sukoharjo, SOLO
NO Sampel : 1
DIKERJAKAN : Chresse Sasono
TANGGAL : 21/04/2007

Data Tanah

Jenis tanah : Tanah Lempung

Berat Jenis : 2,55

Tipe Pemadatan : Standart Tipe A

	DATA SILINDER	
1	Diameter (ø) cm	10,16
2	Tinggi (H) cm	11,6
3	Volume (V) cm³	940,45
4	Berat gram	1863
	DATA PENUMBUK	
1	Berat (kg)	2,53
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan /lapis	25
4	Tinggi jatuh (cm)	30,48

PENAMBAHAN AIR

Berat tanah absah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Penambahan air	%	5	10	15	20	25
Penambahan air	ml	100	200	300	400	500

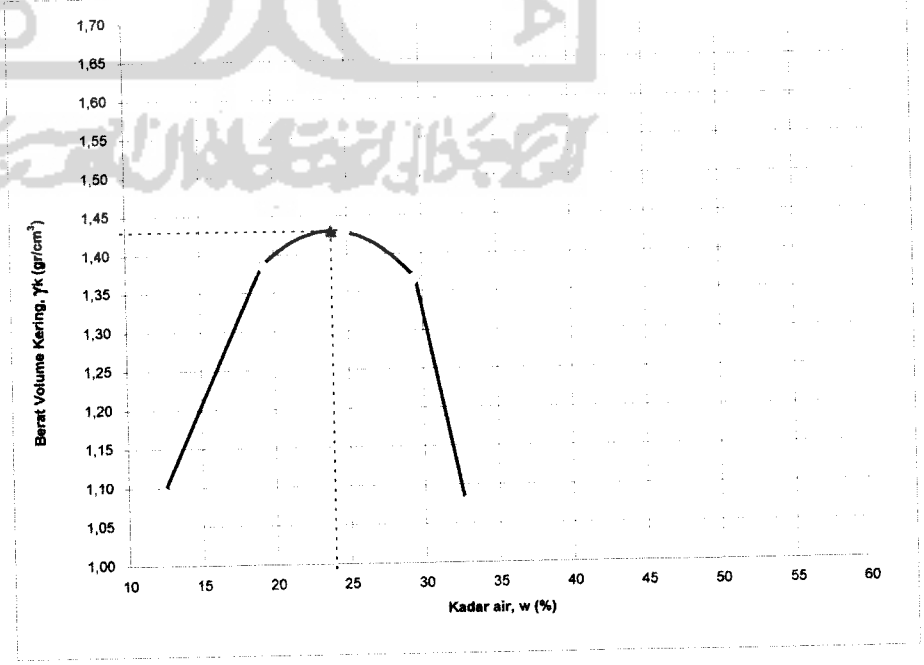
PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER (BERAT VOLUME TANAH, γ)

Nomor pengujian		1	2	3	4	5
Berat silinder + tanah padat	gram	3130	3418	3540	3530	3500
Berat tanah padat	gram	1156	1555	1677	1667	1012
Berat volume tanah	gr/cm³	1,229	1,653	1,783	1,773	1,076

PENGUJIAN KADAR AIR, w

NOMOR PERCOBAAN		1		2		3		4		5	
Nomor cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Berat cawan kosong	gram	21,18	21,87	22,01	22,43	21,99	22,02	21,81	22,41	22,05	21,28
Berat cawan + tanah basah	gram	27,02	27,50	27,04	26,71	28,54	28,66	30,55	28,76	33,52	32,54
Berat cawan + tanah kering	gram	26,87	26,48	26,16	26,08	27,26	27,32	28,59	27,29	30,67	29,79
Kadar air = w	%	2,64	22,13	21,20	17,26	24,29	25,28	28,91	30,12	33,06	32,31
Kadar air rata-rata		12,38		19,23		24,79		29,52		32,69	
Berat volume tanah kering	gr/cm³	1,094		1,387		1,429		1,369		1,076	

BERAT VOLUME KERING MAKSIMUM (gr/cm³)
1,430
KADAR AIR OPTIMUM (%)
23,93



Mengetahui,
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Edy Purwanto, DEA

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

PEMADATAN TANAH
Proctor test

PROYEK : Tugas Akhir
Asal Sampel : Sukoharjo, SOLO
NO Sampel : 2
DIKERJAKAN : Chresse Sasono
TANGGAL : 21/04/2007

Data Tanah

Jenis tanah : Tanah Lempung

Berat Jenis : 2,55

Tipe Pemadatan : Standart Tipe A

	DATA SILINDER	
1	Diameter (ø) cm	10,16
2	Tinggi (H) cm	11,6
3	Volume (V) cm³	940,45
4	Berat gram	1863
	DATA PENUMBUK	
1	Berat (kg)	2,53
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan /lapis	25
4	Tinggi jatuh (cm)	30,48

PENAMBAHAN AIR

Berat tanah absah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Penambahan air	%	5	10	15	20	25
Penambahan air	ml	100	200	300	400	500

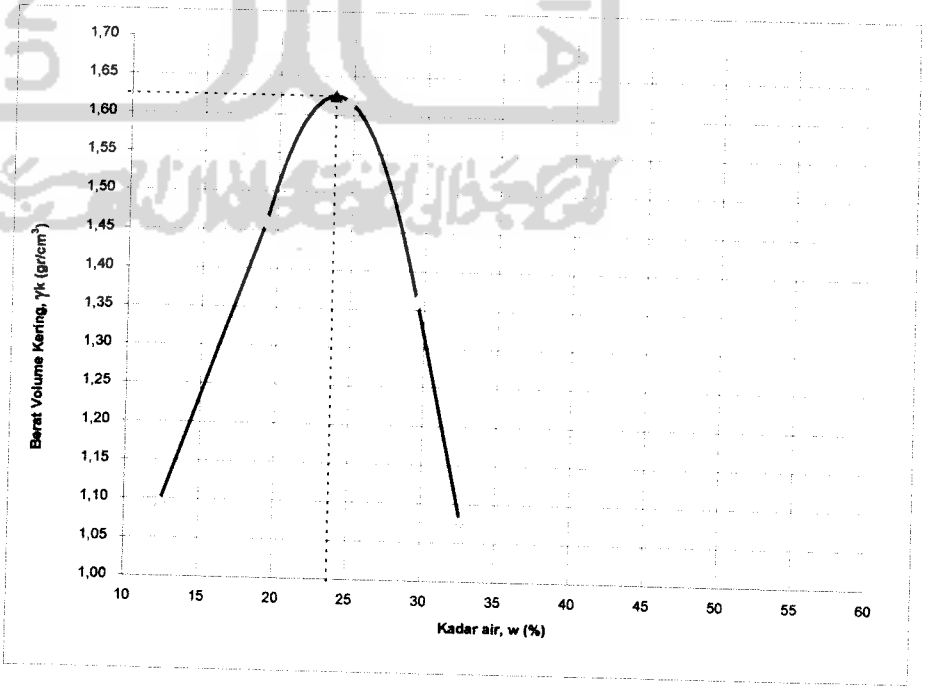
PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER (BERAT VOLUME TANAH, γ)

Nomor pengujian		1	2	3	4	5
Berat silinder + tanah padat	gram	3000	3500	3760	3520	3600
Berat tanah padat	gram	1156	1637	1897	1657	1012
Berat volume tanah	gr/cm³	1,229	1,741	2,017	1,762	1,076

PENGUJIAN KADAR AIR, w

NOMOR PERCOBAAN		1		2		3		4		5	
Nomor cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Berat cawan kosong	gram	21,18	21,87	22,01	22,43	21,99	22,02	21,81	22,41	22,05	21,28
Berat cawan + tanah basah	gram	27,02	27,50	27,04	26,71	28,54	28,66	30,55	28,76	33,52	32,54
Berat cawan + tanah kering	gram	26,87	26,48	26,16	26,08	27,26	27,32	28,59	27,29	30,67	29,79
Kadar air = w	%	2,64	22,13	21,20	17,26	24,29	25,28	28,91	30,12	33,06	32,31
Kadar air rata-rata		12,38		19,23		24,79		29,52		32,69	
Berat volume tanah kering	gr/cm³	1,094		1,460		1,616		1,360		1,076	

BERAT VOLUME KERING MAKSIMUM (gr/cm³)
1,625
KADAR AIR OPTIMUM (%)
23,77



Mengetahui,
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Edy Purwanto, DEA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UJI KONSOLIDASI

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO

Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono
sampel : 2

Beban P (Kg)			1,00	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00	16,00	4,00
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm^2)								
Jam	t	$\sqrt{t}$									
	0	0	0,000	0,004	0,008	0,640	1,260	3,871	6,488	8,991	8,800
	5,40"	0,3	0,000	0,008	0,240	0,660	1,740	4,000	7,040		
	15,00"	0,9	0,000	0,008	0,400	0,780	3,000	4,800	7,612		
	29,40"	2,1	0,004	0,008	0,420	0,800	3,300	5,400	8,100		
	1,00"	2,2	0,004	0,008	0,430	0,820	3,435	5,560	8,160		
	2,25"	2,7	0,004	0,008	0,440	0,880	3,520	6,084	8,300		
	4,00"	3,4	0,004	0,008	0,460	0,920	3,580	6,132	8,403		
	6,25"	4,2	0,004	0,008	0,516	0,976	3,625	6,180	8,479		
	9,00"	4,7	0,004	0,008	0,524	1,004	3,668	6,210	8,547		
	12,25"	5,1	0,004	0,008	0,558	1,036	3,700	6,240	8,642		
	16,00"	5,9	0,004	0,008	0,572	1,056	3,724	6,260	8,748		
	25,00"	6,3	0,004	0,008	0,584	1,100	3,764	6,296	8,815		
	36,00"	8,0	0,004	0,008	0,596	1,144	3,788	6,324	8,958		
	49,00"	9,3	0,004	0,008	0,620	1,160	3,824	6,352	8,949		
1,04'	64,00"	9,9	0,004	0,008	0,632	1,184	3,828	6,360	8,966		
1,21'	81,00"	11,3	0,004	0,008	0,632	1,200	3,836	6,380	8,983		
1,40'	100,00"	11,5	0,004	0,008	0,636	1,216	3,842	6,384	8,980		
2,01'	121,00"	12,9	0,004	0,008	0,636	1,224	3,848	6,390	8,987		
2,24'	144,00"	13,9	0,004	0,008	0,640	1,224	3,864	6,396	8,984		
3,45'	225,00"	15,0	0,004	0,008	0,640	1,236	3,864	6,404	8,990		
6,40'	400,00"	25,7	0,004	0,008	0,640	1,260	3,871	6,440	8,990		
24,0'	1440,00"	37,9	0,004	0,008	0,640	1,260	3,871	6,488	8,991	8,800	8,192

Yogyakarta,
Kepala Operasional Laboratorium

Dr.Ir.Edy Purwanto,DEA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HITUNGAN UJI KONSOLIDASI

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO

Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono
sampel : 2

Berat Jenis Tanah	2,55	Luas ring (cm2)	44,17865
Berat ring (gr)	118,86	Tinggi (Ho) (cm)	2
Diameter (cm)	7,5	Volume Vo (cm3)	88,35729

Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal	Perubahan angka pori $\Delta e=\frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e=e_1-\Delta e$	$Cc=\frac{\Delta e}{\log\frac{P_2}{P_1}}$	tebal akhir H=H1-ΔH	1/2 tebal rata-rata d=(H1+H2)/2	$\sqrt{t}$ 90	t_{90} (detik)	Cv $\frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm^2/det)
(kg/cm^2)	(mm)	(cm)								
0,00	0,0000			1,202			1			
		0,000	0,000			2,000				
1,00	0,0000			1,202			0,9998			
		0,0008	0,001		0,003	1,999		1,240	92,256	0,00919181
2,00	0,0080			1,201			0,9838			
		0,0632	0,070		0,231	1,936		0,240	3,456	0,24527223
4,00	0,6400			1,132			0,9525			
		0,0620	0,068		0,227	1,874		0,550	18,15	0,04522024
8,00	1,2600			1,063			0,871725			
		0,2611	0,287		0,955	1,613		3,000	540	0,00142473
16,00	3,8710			0,776			0,741025			
		0,2617	0,288		0,957	1,351		0,800	38,4	0,01678122
32,00	6,4880			0,488			0,613025			
		0,2503	0,276		0,916	1,101		0,920	50,784	0,00916927
64,00	8,9910			0,212			0,555225			
		-0,019	-0,021		0,035	1,120		1,250	93,75	0,00339923
16,00	8,80			0,233			0,5752			
		-0,061	-0,067		0,111	1,181				
4,00	8,192			0,300						

Yogyakarta,
Kepala Operasional Laboratorium

Dr.Ir.Edy Purwanto,DEA

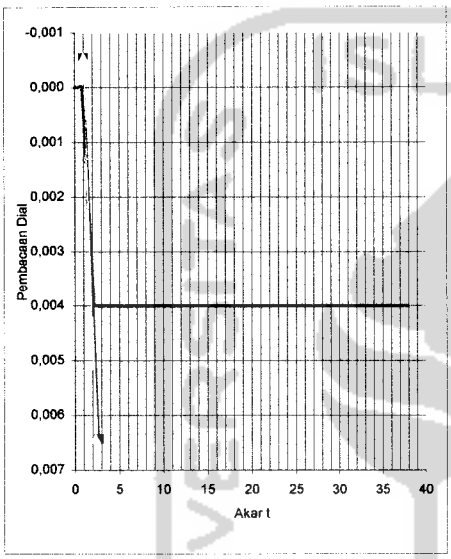
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO
No. Titik 0
kedalaman 0

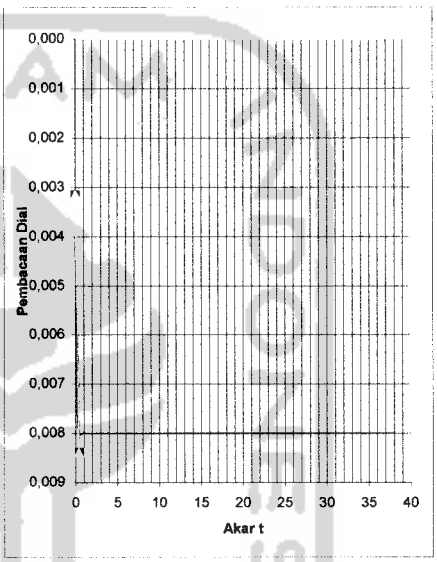
Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono

Beban 1 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 1,24

Beban 2 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 0,24

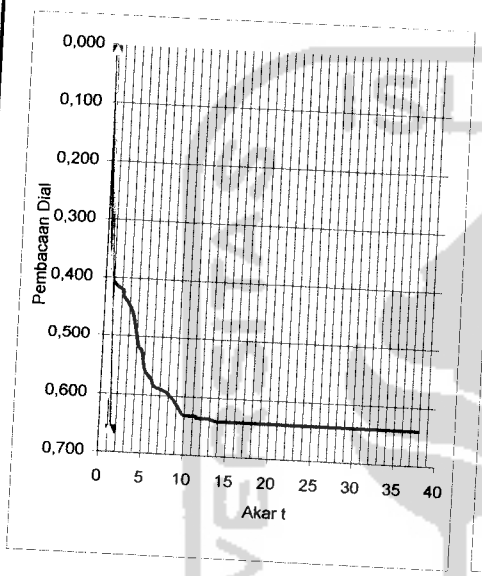
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO
No. Titik 0
kedalaman 0

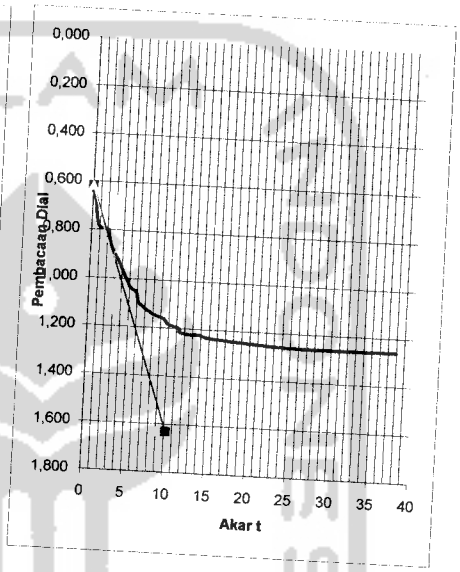
Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono

Beban 4,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 0,55

Beban 8,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 3

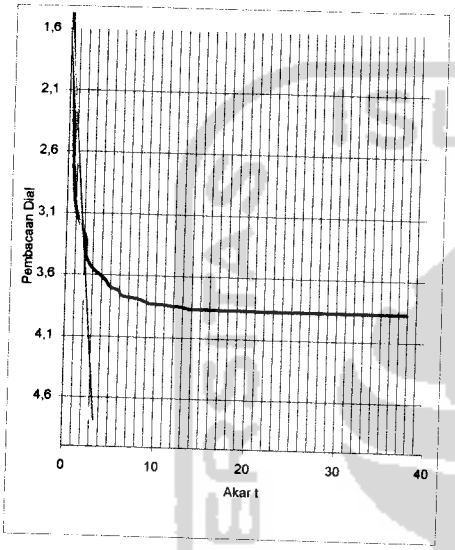
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO
No. Titik 0
kedalaman 0

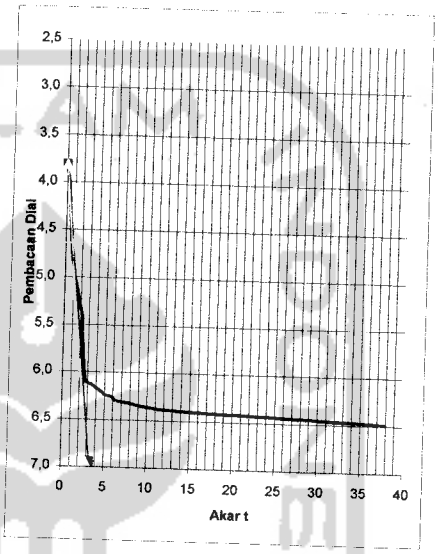
Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono

Beban 16,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 0,8

Beban 32,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 0,92

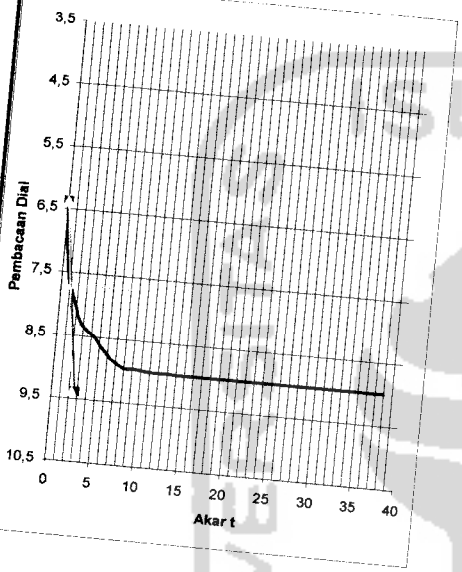
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO
No. Titik 0
kedalaman 0

Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono

Beban 64,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 1,25

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

KESIMPULAN UJI KONSOLIDASI

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO

Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono
sampel : 2

Data Parameter tanah dan ring

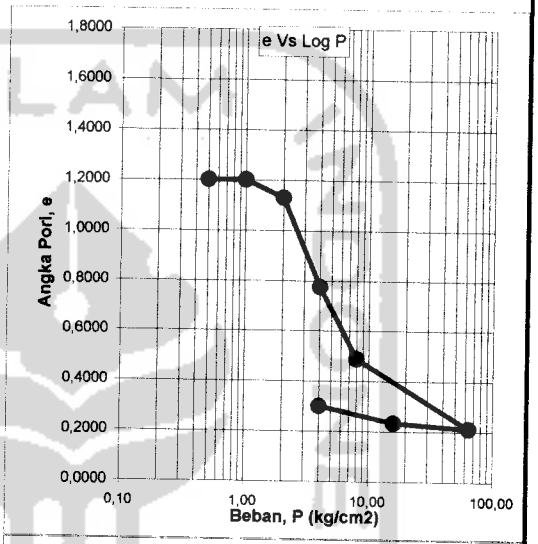
Berat Jenis Tanah	2,55
Berat ring (gr)	116,86
Diameter (cm)	7,5
Luas ring (cm2)	44,178647
Tinggi (Ho) (cm)	2
Volume Vo (cm3)	88,357293

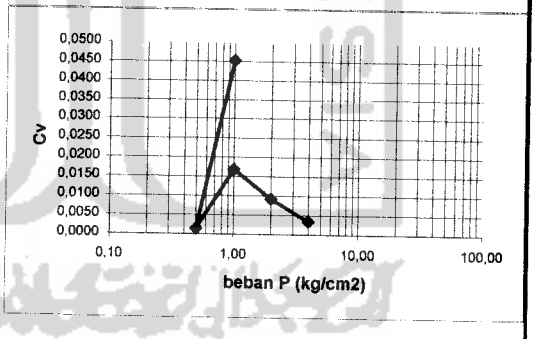
Sebelum pengujian

Kadar air		
Berat Container (cup), gr	22,19	22,22
Berat Cup + tanah basah, gr	26,61	26,58
Berat Cup + tanah kering, gr	25,72	25,68
Kadar air %	25,21	26,01
Kadar air rata-rata %	25,61	

Berat ring + tanah basah, gr	245,38
Berat volume tanah basah	1,455
Berat volume tanah kering	1,158
Tinggi bagian padat (Ht)	0,908
Angka pori (e)	1,2021304
Derajad kejenuhan (Sr)	0,5432907

Setelah pengujian	
Berat ring + tanah basah, gr	258,160
Berat ring + tanah kering, gr	223,330
Kadar air, %	32,713
Angka pori (e)	0,300
Derajad Kejanuhan (Sr)	2,892





Yogyakarta,
Kepala Operasional Laboratorium

Dr.Ir.Edy Purwanto,DEA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UJI KONSOLIDASI

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO

Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono
sampel : 1

Beban P (Kg)			1,00	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00	16,00	4,00
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm2)								
Jam	t	$\sqrt{t}$									
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,168	1,220	2,772	5,248	6,930	6,200
	5,40"	0,3	0,000	0,000	0,014	0,180	1,560	3,080	5,242		
	15,00"	0,5	0,000	0,000	0,020	0,300	1,800	4,000	5,844		
	29,40"	0,7	0,000	0,000	0,030	0,440	2,120	4,600	6,048		
	1,00"	1,0	0,000	0,000	0,040	0,680	2,180	4,680	6,100		
	2,25"	1,5	0,000	0,000	0,060	0,784	2,240	4,820	6,200		
	4,00"	2,0	0,000	0,000	0,072	0,844	2,264	4,872	6,280		
	6,25"	2,5	0,000	0,000	0,084	0,880	2,316	4,932	6,324		
	9,00"	3,0	0,000	0,000	0,094	0,924	2,344	4,964	6,380		
	12,25"	3,5	0,000	0,000	0,096	0,964	2,368	5,004	6,406		
	16,00"	4,0	0,000	0,000	0,100	0,980	2,384	5,016	6,430		
	25,00"	5,0	0,000	0,000	0,121	1,004	2,416	5,060	6,484		
	36,00"	5,8	0,000	0,000	0,126	1,040	2,444	5,080	6,544		
	49,00"	7,0	0,000	0,000	0,135	1,072	2,464	5,096	6,548		
1,04'	64,00"	8,0	0,000	0,000	0,141	1,096	2,484	5,116	6,568		
1,21'	81,00"	9,6	0,000	0,000	0,169	1,137	2,540	5,124	6,580		
1,40'	100,00"	10,0	0,000	0,000	0,167	1,156	2,540	5,140	6,600		
2,01'	121,00"	11,0	0,000	0,000	0,168	1,156	2,596	5,144	6,608		
2,24'	144,00"	12,0	0,000	0,000	0,168	1,172	2,620	5,160	6,616		
3,45'	225,00"	15,0	0,000	0,000	0,168	1,180	2,644	5,168	6,642		
6,40'	400,00"	20,0	0,000	0,000	0,168	1,208	2,644	5,196	6,642		
24,0'	1440,00"	37,9	0,000	0,000	0,168	1,220	2,772	5,248	6,930	6,200	5,784

Yogyakarta,
Kepala Operasional Laboratorium

Dr.Ir.Edy Purwanto,DEA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HITUNGAN UJI KONSOLIDASI

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Sukoharjo, SOLO

Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono
sampel : 1

Berat Jenis Tanah	2,55	Luas ring (cm2)	44,17864669
Berat ring (gr)	118,86	Tinggi (Ho) (cm)	2
Diameter (cm)	7,5	Volume Vo (cm3)	88,35729338

Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal	Perubahan angka pori $\Delta e=\frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e=e_i-\Delta e$	$Cc=\frac{\Delta e}{\log\frac{P_2}{P_1}}$	tebal akhir H=H1-ΔH	1/2 tebal rata-rata d=(H1+H2)/2	$\sqrt{t}$ 90	t_{90} (detik)	$Cv=\frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm^2/det)
(kg/cm²)	(mm)	(cm)								
0,00	0,0000			1,166			2			
1,00	0,0000	0,000	0,000			2,000				
2,00	0,0000	0,0000	0,000	1,166	0,000	2,000	2	0,000	0	#DIV/0!
4,00	0,1680	0,0168	0,018	1,166	0,060	1,983	1,9916	0,000	0	#DIV/0!
8,00	1,2200	0,1052	0,114	1,147	0,378	1,878	1,9306	3,080	569,184	0,001477364
16,00	2,7720	0,1552	0,168	1,034	0,558	1,723	1,8004	1,480	131,424	0,006012371
32,00	5,2480	0,2476	0,268	0,866	0,891	1,475	1,599	1,200	86,4	0,007953534
64,00	6,9300	0,1682	0,182	0,597	0,605	1,307	1,3911	0,610	22,326	0,024278501
16,00	6,20	-0,073	-0,079	0,415	0,131	1,380	1,3435	1,000	60	0,006837563
4,00	5,784	-0,042	-0,045	0,494	0,075	1,422	1,4008			
				0,539						

Yogyakarta,
Kepala Operasional Laboratorium

Dr.Ir.Edy Purwanto,DEA

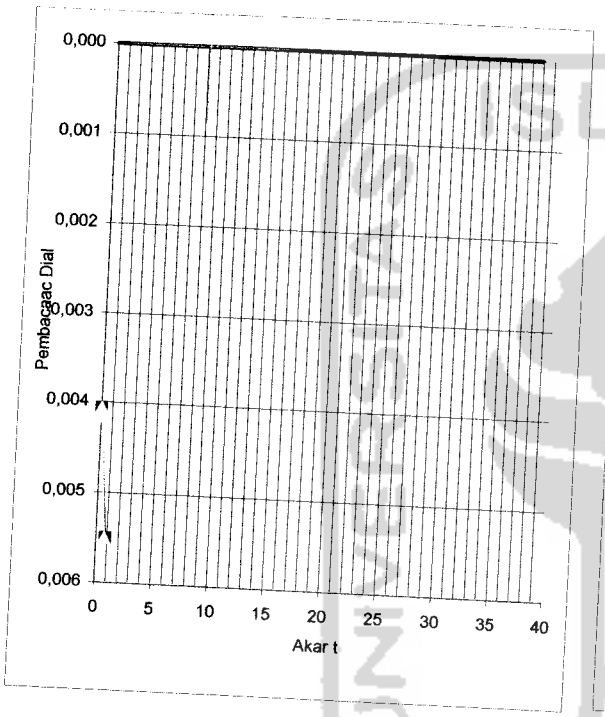
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

yek :Tugas Akhir
asi :Sukoharjo, SOLO
Titik 0
lalaman 0

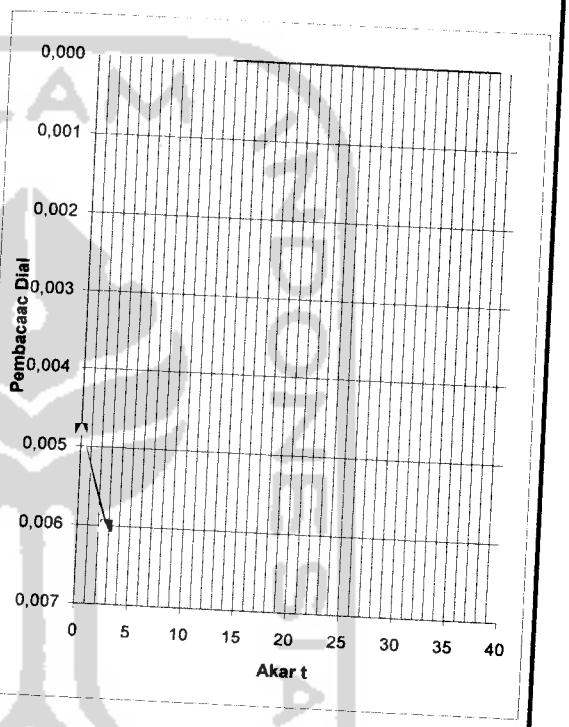
Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono

oan 1 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 0

Beban 2 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 0

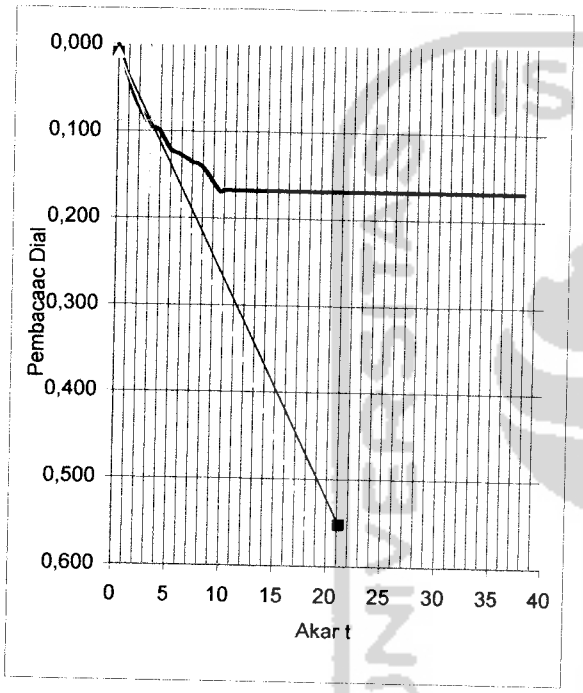
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

yek : Tugas Akhir
asi :Sukoharjo, SOLO
Titik 0
alaman 0

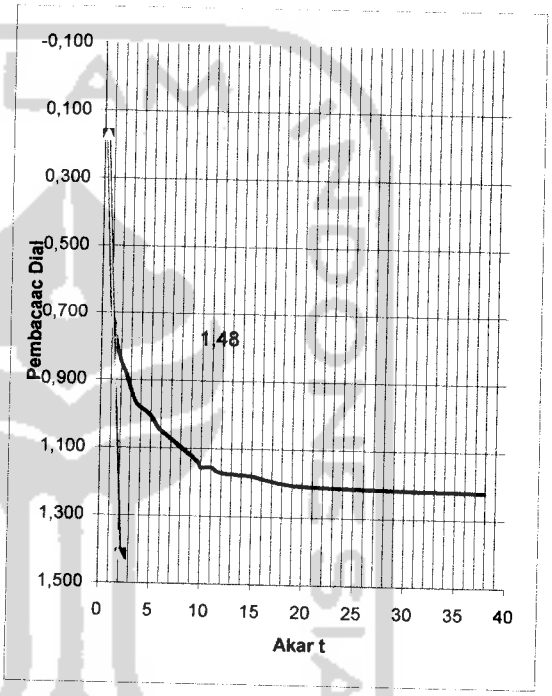
Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono

ban 4,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 3,08

Beban 8,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 1,48

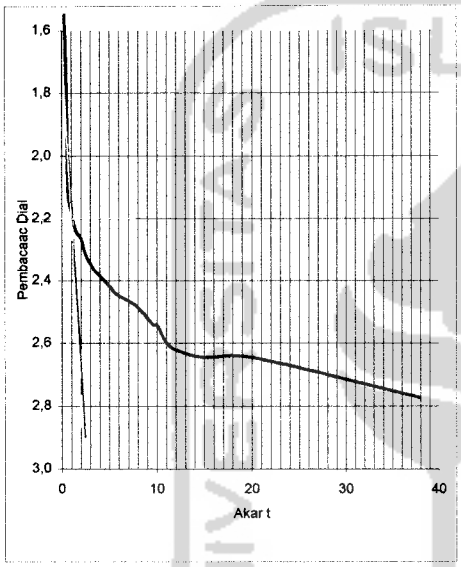
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO
No. Titik 0
kedalaman 0

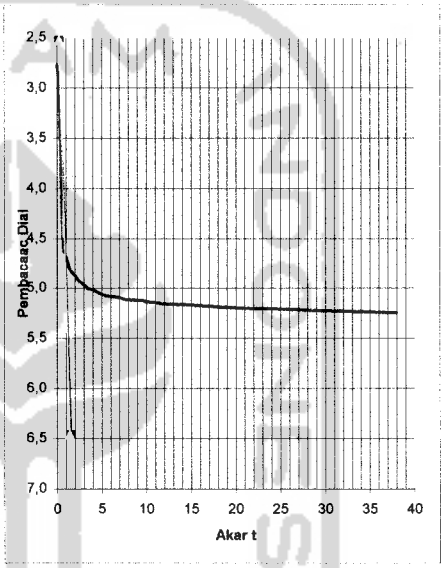
Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono

Beban 16,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 1,2

Beban 32,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 0,61

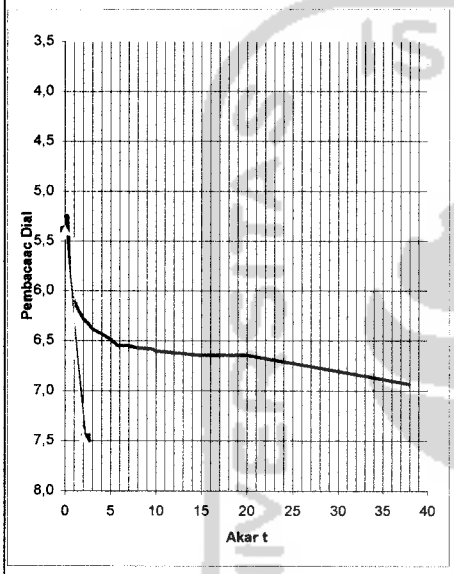
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

GRAFIK PENURUNAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO
No. Titik 0
kedalaman 0

Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono

Beban 64,00 kg/cm^2



$\sqrt{t}$: 1

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL-FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

KESIMPULAN UJI KONSOLIDASI

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO

Tanggal : 21/05/07
dikerjakan : Chresse Sasono
sampel : 1

Data Parameter tanah dan ring

Berat Jenis Tanah	2,56
Berat ring (gr)	110,56
Diameter (cm)	7,5
Luas ring (cm2)	44,178647
Tinggi (Ho) (cm)	2
Volume Vo (cm3)	88,357293

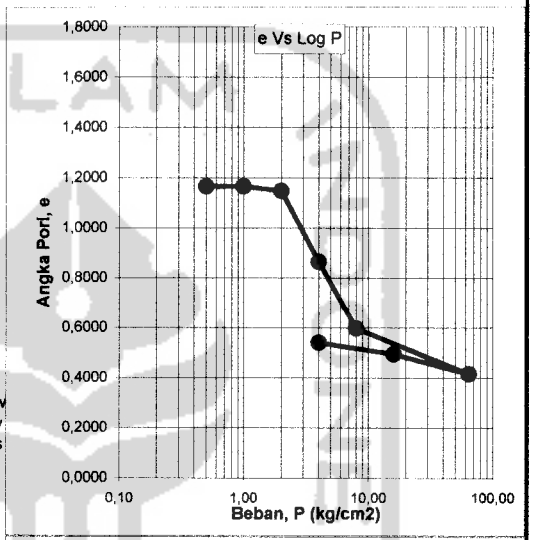
Sebelum pengujian

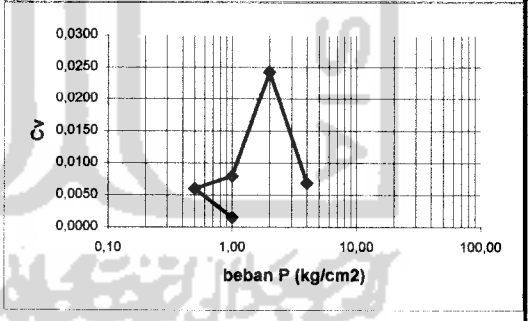
Kadar air		
Berat Container (cup), gr	[illegible]	[illegible]
Berat Cup + tanah basah, gr	[illegible]	[illegible]
Berat Cup + tanah kering, gr	[illegible]	[illegible]
Kadar air %	23,99	23,08
Kadar air rata-rata %	23,53	

Berat ring + tanah basah, gr	[illegible]
Berat volume tanah basah	[illegible]
Berat volume tanah kering	1,177
Tinggi bagian padat (Ht)	0,923
Angka pori (e)	1,16569
Derajad kejenuhan (Sr)	0,5148041

Setelah pengujian	
Berat ring + tanah basah, gr	[illegible]
Berat ring + tanah kering, gr	[illegible]
Kadar air, %	32,713
Angka pori (e)	0,539
Derajad Kejanuhan (Sr)	1,583

vw
vv
vs





Yogyakarta,
Kepala Operasional Laboratorium

Dr.Ir.Edy Purwanto,DEA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

KESIMPULAN UJI SWELLING POTENSIAL

Proyek #REF!
Lokasi Sukoharjo, Solo

Dikerjakan : Chresse Sasono
Tanggal : 02/06/07

Data parameter tanah dan ring	
Berat Jenis Tanah	2,55
Berat ring (gr)	116,86
Diameter (cm)	7,5
Luas ring (cm2)	44,17865
Tinggi (Ho) (cm)	2
Volume Vo (cm3)	88,35729

Sebelum pengujian

Kadar air, %		
Berat Container (cup), gr	21,73	21,48
Berat Cup + tanah basah, gr	54,90	55,12
Berat Cup + tanah kering, gr	47,33	47,12
Kadar air %	23,93	23,77
Kadar air rata-rata %	23,53	

Berat ring + tanah basah, gr	271,45
Berat volume tanah basah	1,750
Berat volume tanah kering	1,416

Setelah pengujian

Kadar air, %	
Berat ring + tanah basah, gr	284,31
Berat ring + tanah kering, gr	245,84
Kadar air, %	29,82478

DATA :

OMC = 23,93 % **$Wmula^2$ = 7 %**

MDD = 1,43

$\gamma bmaks = \gamma dmaks * (1 + w)$

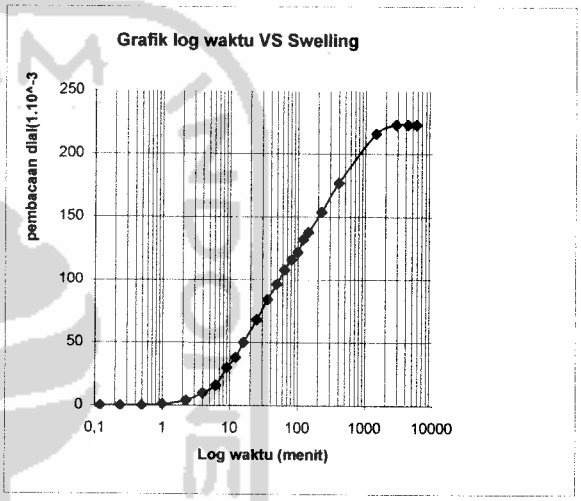
$= 1,43 * (1 + 0,2393)$

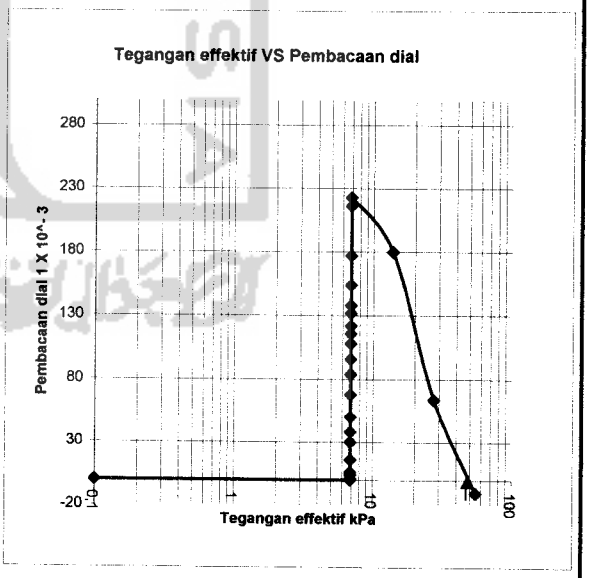
$= 1,75$

$W = \gamma bmaks * 88,35 = 154,61$ gr (2X)

Penambahan Air = $300x\left(\frac{100+0,2393}{100+0,07}-1\right)$

= 48 gram





Kepala Operasional Laboratorium,

Dr. Ir. Edy Purwanto CES, DEA

UJI SWELLING POTENSIAL

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0,12	0	0,1	0
0,24	0	6,9	0
0,5	0	6,9	0
1	1	6,9	1
2,25	4	6,9	4
4	10	6,9	6
6,25	16	6,9	16
9	30	6,9	30
12,25	38	6,9	38
16	50	6,9	50
25	68	6,9	68
36	84	6,9	84
49	96	6,9	96
64	108	6,9	108
81	116	6,9	116
100	122	6,9	122
121	132	6,9	132
144	138	6,9	138
225	154	6,9	154
400	177	6,9	177
1440	216	6,9	216
2880	223	6,9	223
4320	223	6,9	223
5760	223	6,9	223
1		6,9	223
2,25		13,8	180
4		27,6	64
6,25		55,2	-10,00
9			
12,25			
36			
49			
64			
81			
100			
121			
144			
225			
400			
1440			
2880			
4320			

Mencari Beban :

→ **1 lbs = 0,4536**

1 lbs = 0,07030 kg/cm2

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

P = 0,07030 X 44,17

= 310,5 gr

→ **310,5 kg**

→ **620,1 kg (2x)**

→ **1240,2 kg (2x)**

→ **2480,4 kg (2x)**

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UJI SWELLING POTENSIAL

Proyek :Tugas Akhir
Lokasi :Sukoharjo, SOLO

Dikerjakan : Chresse Sasono
Tanggal : 02 Juni 2007

Beban P (Kg)			310,5 kg	620,1 kg	1240,2 kg	2480,4 kg					
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm2)								
Jam	t	√t									
	0	0	0	223	180	64					
	5,40"	0,3	0	220	180	64					
	15,00"	0,5	0	218	124	50					
	29,40"	0,7	1	218	119	48					
	1,00'	1,0	4	218	117	46					
	2,25'	1,5	10	218	104	44					
	4,00"	2,0	16	218	100	42					
	6,25"	2,5	30	218	97	34					
	9,00"	3,0	38	218	96	32					
	12,25"	3,5	50	218	95	30					
	16,00"	4,0	68	218	93	26					
	25,00"	5,0	84	218	90	18					
	36,00"	5,8	96	218	90	16					
	49,00"	7,0	108	218	90	15					
1,04'	64,00"	8,0	116	218	90	10					
1,21'	81,00"	9,6	122	218	84	9					
1,40'	100,00"	10,0	132	218	80	5					
2,01'	121,00"	11,0	138	218	80	3					
2,24'	144,00"	12,0	154	218	80	-5					
3,45'	225,00"	15,0	177	218	76	-6					
6,40'	400,00"	20,0	216	218	76	-8					
24,0'	1440,00"	37,9	223	180	64	-10					

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL -FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

PENGUJIAN C B R LABORATORIUM
SNI-1744-1989-F

Proyek : TUGAS AKHIR
Lokasi : Sukoharjo, SOLO
Titik : 1
Jumlah Pukulan 56 x 3 lapis

Tanggal : 18/06/07
Dikerjakan : Chresse Sasono

	Sebelum	Sesudah
Berat tanah + cetakan	7620	
Berat cetakan	4189	
Berat tanah basah	3431	
Isi cetakan	3264,86	
Berat isi basah	1,051	
Berat isi kering	0,883	

Penetrasi

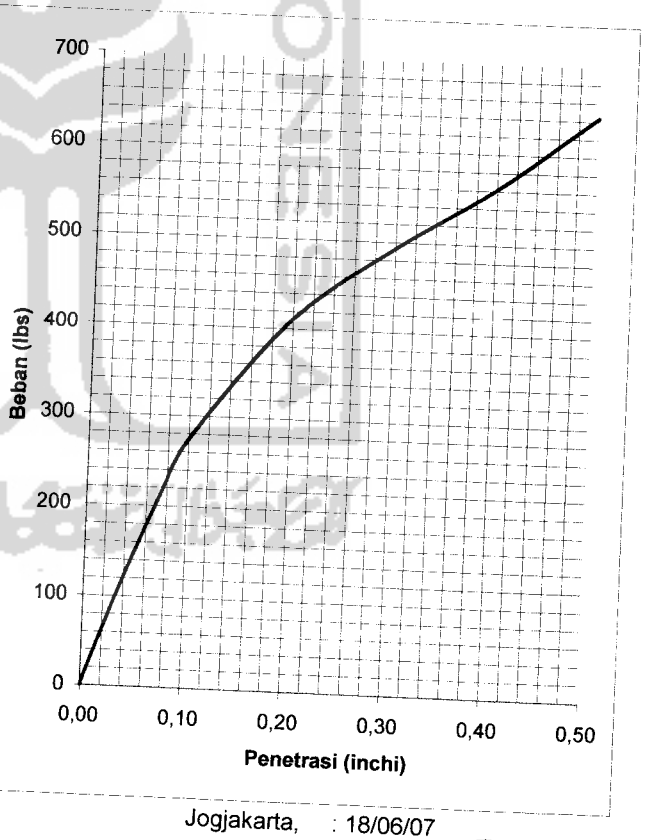
Waktu (menit)	Penetrasi (inc)	Pembacaan Arloji Beban Atas	Pembacaan Arloji Beban Bawah	Beban (lbs) Atas	Beban (lbs) Bawah
0	0,000	0	0	0	0
1/4	0,013	4	4	54,8	55,72
1/2	0,025	8	7	109,6	97,51
1	0,050	12	11	164,4	153,23
11/2	0,075	15	14,5	205,5	201,985
2	0,100	20	18,5	274	257,705
3	0,150	26,5	23	363,05	320,39
4	0,200	30	27	411	376,11
6	0,300	36	33	493,2	459,69
8	0,400	41	39	561,7	543,27
10	0,500	47	41	643,9	571,13

0

Kadar Air	I	II
Tanah basah + cawan (W2 gr)	29,04	29,53
Tanah kering + cawan (W3 gr)	27,86	28,35
Cawan kosong (W1 gram)	21,53	22,23
Air (W1-W2 gram) ... (1)	1,18	1,18
Tanah kering (W2-W3 gram) ... (2)	6,33	6,12
Kadar Air (1)/(2)x100 %	18,64	19,28
kadar air rata-rata	18,96	

	Harga C B R 0,1"	0,2"
Atas		
	9,13 %	**9,13 %**
	0,1"	0,2"
Bawah		
	%	%

ATAS



Jogjakarta, : 18/06/07
DiPeriksa oleh :

Dr.Ir.Edy Purwanto, DEA
Kalab. Mekanika Tanah

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL -FTSP
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

PENGUJIAN C B R LABORATORIUM
SNI-1744-1989-F

Proyek : TUGAS AKHIR
Lokasi : Sukoharjo, SOLO
Titik : 1
Jumlah Pukulan 56 x 3 lapis

Tanggal : 18/06/07
Dikerjakan : Chresse Sasono

	Sebelum	Sesudah
Berat tanah + cetakan	7749	
Berat cetakan	4189	
Berat tanah basah	3560	
Isi cetakan	3264,86	
Berat isi basah	1,090	
Berat isi kering	0,920	

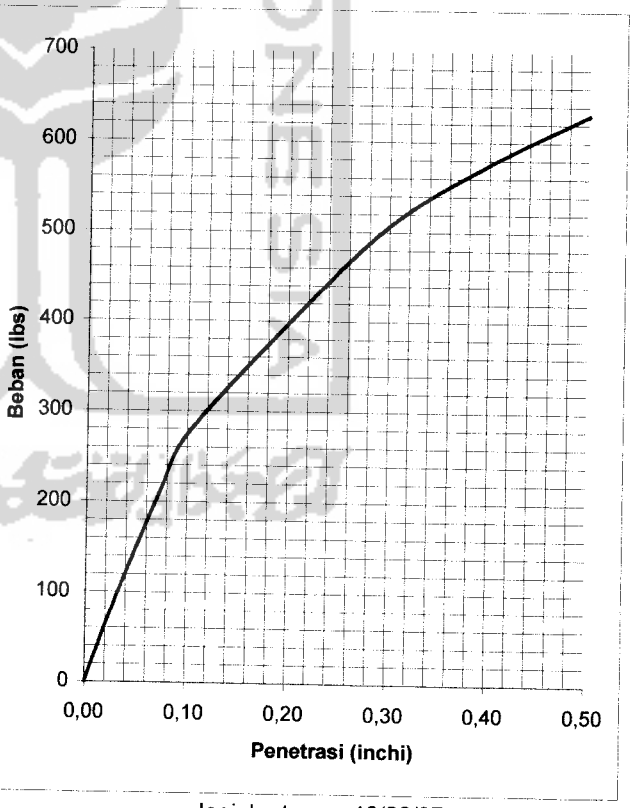
Penetrasi

Waktu (menit)	Penetrasi (inc)	Pembacaan Arloji Beban Atas	Pembacaan Arloji Beban Bawah	Beban (lbs) Atas	Beban (lbs) Bawah
0	0,000	0	0	0	0
1/4	0,013	5	4	68,5	55,72
1/2	0,025	9	7	123,3	97,51
1	0,050	14	11	191,8	153,23
11/2	0,075	16	14,5	219,2	201,985
2	0,100	20	18,5	274	257,705
3	0,150	25	23	342,5	320,39
4	0,200	29	27	397,3	376,11
6	0,300	37	33	506,9	459,69
8	0,400	42	39	575,4	543,27
10	0,500	46	41	630,2	571,13
				0	

Kadar Air	I	II
Tanah basah + cawan (W2 gr)	30,53	32,32
Tanah kering + cawan (W3 gr)	29,09	30,76
Cawan kosong (W1 gram)	21,44	22,19
Air (W1-W2 gram) ... (1)	1,44	1,56
Tanah kering (W2-W3 gram) ... (2)	7,65	8,57
Kadar Air (1)/(2)x100 %	18,82	18,20
kadar air rata-rata	18,51	

	Harga C B R	
	0,1"	0,2"
Atas		
	9,13 %	**8,83 %**
	0,1"	0,2"
Bawah		
	%	%

ATAS

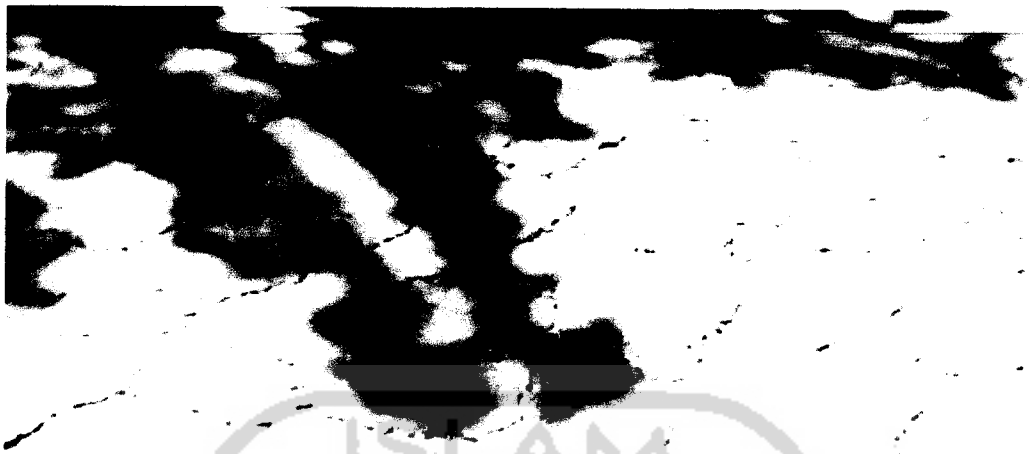


Jogjakarta, : 18/06/07
DiPeriksa oleh :

Dr.Ir.Edy Purwanto, DEA
Kalab. Mekanika Tanah

GAMBAR

KERUSAKAN JALAN SUKOHARJO AKIBAT KEMBANG-SUSUT TANAH LEMPUNG



FM-UII-AA-FPU-09

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UNTUK DOSEN

KARTU PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR MAHASISWA

PERIODE KE : 3 (Maret 2007 - Ags 2007)

NAMA MAHASISWA	NO. MHS.	BIDANG STUDI
CHRISSE SASONO	01511152	TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Pembebanan Terhadap Pengembangan (Swelling) Tanah Lempung Sukoharjo

Dosen Pembimbing I : EDY PURWANTO, Dr
Dosen Pembimbing II: EDY PURWANTO, Dr

Jogjakarta, 2/28/2007
an. Dekan

Ir. H.Faisol AM, MS.

Catatan:
Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FM-UII-AA-FPU-09

UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA	NO. MHS.	BIDANG STUDI
CHRISSE SASONO	01511152	TEKNIK SIPIL

PERIODE KE : 3 (Maret 2007 - Ags 2007)

No.	Kegiatan	BULAN KE:					
		MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang-Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : **EDY PURWANTO, Dr**
Dosen Pembimbing II: **EDY PURWANTO, Dr**

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Pembebanan Terhadap Pengembangan (Swelling) Tanah Lempung Sukoharjo

Jogjakarta, 2/28/2007
an. Dekan

Ir. H. Faisol AM, MS.

Catatan:
Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	KONSULTASI KE :	T TA
	2/10-'07	- Hasil Penelitian di tampilkan dalam bentuk : —* Graphik untuk masing² beban —* Contoh Hitungan & dibuat Tabel. —* Dalam Bab. Pembahasan tampilkan graphik & dibahas.	
	18/10-'07	— Perbaiki sesuai koreksian tersebut juga bagian hasil penelitian & hitungan.	
	24/10-'07	- Perbaiki sesuai koreksi - Tambah daftar Pustaka	
	25/10-'07	acc untuk maju Sidang TA	

acc untuk
maju Pendadaran TA

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TAN TANG
	16/04-'07	- Perbaiki sesuai koreksian. - Tambahkan teori tentang Sudelinz. - Lengkapi dg: - daftar Pustaka, daftar isi	
	8/05-'07	Acc untuk Seminar Proposal.	
	14/05-'07	- Perbaiki & lengkapi laporan sesuai buku pedoman penulisan TA Pemlitbrasa di perbanyak	
	17/09-'07	- Perbaiki sesuai koreksian - Khusus Jd bg. Penelitian, tahapan di urut yg benar. - Format penulisan di buat sama & konsisten - lengkapi dg daftar isi, kata pengantar, abstraksi.	
	19/09-'07	- Perbaiki kesimpulan & saran & Abstraksi	
	24/09-'07	- Perbaiki Bab II Tinjauan Pustaka. - Perbaiki cara tuliskan kesimpulan & saran, kesimpulan & abstraksi	
	28/09-'07	- Perbaiki tulisan & hasil penelitian	