

PERPUSTAKAAN FTSP UII  
HADIAH/BELI

TGL. TERIMA : 29-11-2007  
NO. JUDUL : 2626  
NO. INV. : 5120002626001  
NO. INTRUS : 002626

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN LUMPUR LAPINDO  
BRANTAS PADA TANAH LEMPUNG SEREN  
TERHADAP PENURUNAN PADA UJI KONSOLIDASI**

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

*624.173*



*hae*

*xvii, 107 p; Gbl : 28*

**SYAMSUL BACHRI M.  
02 511 204**

*• Sub. Tanah  
• Settlement - lumpur la-  
pindo*

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

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

# LEMBAR PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH PENAMBAHAN LUMPUR LAPINDO BRANTAS PADA TANAH LEMPUNG SEREN TERHADAP PENURUNAN PADA UJI KONSOLIDASI

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



Disetujui :  
Dosen Pembimbing

Ir. Akhmad Marzuko, MT

Tanggal :

## HALAMAN PERSEMBAHAN

**Alhamdulillahirobbil'alamin**, Akhirnya purna sudah satu langkah penting dalam hidupku, terpaan dan bermacam cobaan dalam menempuh ilmu di Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia telah berhasil ku lewati. Akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan.

*Karya kecilku ini aku persembahkan untuk :*

- ▼ Bapakku tercinta H. Muchlis Muchdar dan ibu Hj. Ria Muchlis atas doa, pengorbanan dan kasih sayangnya.
- ▼ Kakak dan adik-adikku tercinta, Henny, mas Dhono, Serly, Day, Aan, Ella serta keponakanku yang cantik dan lucu-lucu Jesnita dan Aurel.
- ▼ Alm. Kakek dan nenekku H. Muchdar dan Hj. Kasaming "Harapan dan doa Kalian dulu kini sudah terkabul"
- ▼ Ayu' Cunongku...makasih banyak atas Suport dan pengorbanannya. "cepat lulus jadi apoteker yank!!"
- ▼ Partner penelitianku sekaligus sobat dan temanku serumah selama kuliah, Budi Santoso dan seluruh keluarga, makasih banyak atas doa dan dukungannya kepada kami
- ▼ Teman-teman penelitian "Lapindo Team" mas Danu dan mas azis, "Kita benar-benar Tim yang Kompak"
- ▼ Temen-temen seperjuangan di Teknik Sipil angkatan 2002
- ▼ Temen-temen lainnya yang telah support thanks semua.
- ▼ Tak lupa pada dosen-dosen serta pegawai-pegawai yang ada di Teknik Sipil FTSP UII "terima kasih atas bimbingan dan jasa jasanya selama ini"

Terakhir sembah sujud syukur kami untuk penguasa hidup kami ALLAH SWT yang selalu melindungi dan membimbing setiap langkahku. Terima kasih untuk setiap Anugrah, Kebesaran, dan "tanda tanya" Nya.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh*

Puji syukur Alhamdulillah dipanjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa sholawat serta salam dipanjatkan kehadiran Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat serta pengikutnya sampai akhir zaman.

Tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Penambahan Lumpur Lapindo Brantas Pada Tanah Lempung Seren Terhadap Penurunan Pada Uji Konsolidasi”** diajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari sumbangan pemikiran dan bimbingan dari berbagai pihak yang sangat membantu, sehingga penyusun dapat menyelesaikan semua hambatan yang terjadi selama penyusunan hingga selesainya tugas akhir ini. Pada kesempatan ini dengan penuh hormat dan kerendahan hati penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu:

1. Bapak DR. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT, selaku Dosen Pembimbing,
4. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku Dosen Penguji dan selaku Kepala Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

5. Bapak Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku Dosen Penguji.
6. Ibu dan Bapakku tercinta di Kendari, yang telah membimbing sejak kecil hingga kini dan selalu memberi dorongan baik moral maupun materil selama pelaksanaan pendidikan, penelitian dan penulisan tugas akhir ini.
7. Pak Sugi dan Pak Yudi, selaku laboran Laboratorium Mekanika Tanah,
8. Teman-teman penelitian, Budi, Danu dan Aziz atas kerjasama dan bantuannya selama penelitian. Serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Penyusun menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan ilmu, kemampuan dan pengalaman penyusun dalam penelitian dan penulisan. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan guna perbaikan dan pengembangan selanjutnya.

Akhir kata, penyusun berharap semoga tugas akhir ini bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi kita semua, semoga Allah SWT meridhoi, Amin.  
*Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh*

Yogyakarta, April 2007

Penyusun

## **ABSTRAKSI**

*Tanah memiliki peran yang sangat penting dalam hal pelaksanaan suatu pekerjaan proyek yang berkaitan dengan rekayasa Teknik Sipil, yaitu dalam hal memikul beban konstruksi bangunan yang berada di atasnya, atau dengan kata lain, tanah yang baik harus memiliki daya dukung yang tinggi. Namun tidak semua tanah dilapangan memiliki daya dukung yang baik, salah satunya adalah tanah lempung. Tanah ini kurang menguntungkan karena lempung memiliki sifat kembang susut, terlebih bila kembang susutnya tersebut tinggi atau yang dikenal dengan istilah lempung ekspansif. Lempung jenis ekspansif ini akan membuat bangunan yang berada di atasnya akan mengalami retak-retak, bila pada kondisi airnya sedikit (kering) yang disebabkan karena terjadinya pengembangan (swelling) pada lempung tersebut, dan akan menyebabkan penurunan (Settlement) pada bangunan, bila kondisi airnya banyak yang disebabkan karena kondisi tanahnya yang sangat lunak sekali. Kondisi ini jelas sangat merugikan bagi dunia konstruksi.*

*Untuk perbaikan kondisi lempung tersebut, salah satunya dapat coba dilakukan dengan cara dicampur dengan menggunakan lumpur Lapindo. Penggunaan lumpur Lapindo sebagai bahan campuran tanah lempung mengingat ketersediaanya yang cukup banyak dilapangan dan tanpa harus membelinya, sehingga dari segi ekonomis sangat menguntungkan bila nanti diaplikasikan dilapangan. Selain itu penggunaan lumpur Lapindo ini untuk mengurangi dampak lingkungan yang terjadi, dengan cara pemanfaatan lumpur secara optimal yang salah satunya dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk tanah lempung. Adapun variasi campuran yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15% terhadap berat kering tanah, dengan masa pemeruman 1, 3, 7, dan 14 hari. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penurunan (Settlement) tanah lempung yang dicampur dengan menggunakan lumpur Lapindo.*

*Dari hasil penelitian tanah lempung yang dicampur menggunakan lumpur Lapindo, diketahui penurunan tanah lempung yang terjadi makin kecil seiring makin banyaknya kadar lumpur yang digunakan dan semakin lamanya waktu pemeraman, yaitu dari campuran sebanyak 15 % dengan masa pemeraman 14 hari didapatkan penurunan sebesar 0.20 cm atau lebih kecil 43.68 % dari tanah asli sebesar 0.36 cm.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Mengenai Lumpur Lapindo.....	5
2.2 Penelitian Mengenai Konsolidasi dan Penurunan.....	7
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>9</b>
3.1 Tinjauan Umum .....	9
3.2 Klasifikasi Tanah.....	11
3.2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO .....	13
3.2.2 Sistem Klasifikasi USCS.....	14
3.2.3 Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> .....	17

3.3	Batas-Batas Konsistensi .....	19
3.4	Tanah Lempung.....	20
3.4.1	Mineral Tanah Lempung.....	21
3.5	Stabilisasi Tanah .....	22
3.6	Pengujian Proktor Standar.....	23
3.7	Pengujian Konsolidasi.....	25
3.8	Penurunan .....	30
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>34</b>
4.1	Metode Pelaksanaan Penelitian .....	34
4.1.1	Pekerjaan Persiapan.....	34
4.1.2	Pekerjaan Lapangan .....	34
4.1.3	Pekerjaan Laboratorium .....	35
4.1.3.1	Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah .....	35
4.1.3.2	Pengujian Sifat-Sifat Mekanis Tanah.....	43
4.2	Bahan Penelitian.....	48
4.3	Jumlah Sampel Pengujian .....	48
4.4	Bagan Alir Penelitian .....	50
<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>51</b>
5.1	Sifat Fisik Tanah .....	51
5.2	Pengujian Analisis Distribusi Butiran .....	51
5.2.1	Pengujian Analisis Hidrometer.....	51
5.2.2	Pengujian Analisis Saringan.....	56
5.3	Sifat Mekanis Tanah.....	58
5.3.1	Pengujian Kadar Air.....	58
5.3.2	Pengujian Berat Volume .....	58
5.3.3	Pengujian Berat Jenis .....	59
5.3.4	Pengujian Batas Cair .....	60
5.3.5	Pengujian Batas Plastis.....	61
5.3.6	Pengujian Batas Susut .....	62
5.3.7	Pengujian Proktor Standar .....	62



5.4	Pengujian Konsolidasi.....	65
5.4.1	Pengujian Konsolidasi Tanah Asli .....	65
5.4.2	Pengujian Tanah + Lumpur Lapindo 5 % .....	82
5.4.3	Pengujian Tanah + Lumpur Lapindo 10 % .....	84
5.4.4	Pengujian Tanah + Lumpur Lapindo 15 % .....	86
<b>BAB VI PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN .....</b>		<b>89</b>
6.1	Klasifikasi Tanah Lempung .....	89
6.1.1	Sistem Klasifikasi Tekstur Segitiga USCS .....	89
6.1.2	Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> .....	90
6.1.3	Sistem Klasifikasi AASHTO .....	91
6.2	Klasifikasi Lumpur Lapindo .....	92
6.2.1	Sistem Klasifikasi Tekstur Segitiga USCS .....	92
6.2.2	Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> .....	93
6.2.3	Sistem Klasifikasi AASHTO .....	94
6.3	Analisis Penurunan.....	95
6.3.1	Penurunan Tanah Asli .....	96
6.3.2	Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 5 % .....	99
6.3.3	Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 10 % .....	100
6.3.4	Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 15 % .....	101
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>105</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>107</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Hasil uji Toksikologis (kadar racun) Lumpur Lapindo.....	5
<b>Tabel 3.1</b>	Klasifikasi Tanah ... ..	12
<b>Tabel 3.2</b>	Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah .....	12
<b>Tabel 3.3</b>	Sistem Klasifikasi Sifat, Macam Tanah dan Kohesi Menurut Atterberg.....	13
<b>Tabel 3.4</b>	Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO .....	16
<b>Tabel 3.5</b>	Sistem Klasifikasi Tanah Unified.....	18
<b>Tabel 4.1</b>	Jumlah sampel pengujian .....	48
<b>Tabel 5.1</b>	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Lumpur Lapindo (Sampel 1) .....	52
<b>Tabel 5.2</b>	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Lumpur Lapindo (Sampel 2) .....	52
<b>Tabel 5.3</b>	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Lempung (Sampel 1) .....	52
<b>Tabel 5.4</b>	Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Lempung (Sampel 2) .....	53
<b>Tabel 5.5</b>	Hasil Pengujian Analisis Saringan Lumpur Lapindo (Sampel 1) .....	53
<b>Tabel 5.6</b>	Hasil Pengujian Analisis Saringan Lumpur Lapindo (Sampel 2) .....	54
<b>Tabel 5.7</b>	Prosentase Hasil Uji Analisis Butiran Lumpur Lapindo .....	55
<b>Tabel 5.8</b>	Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Lempung (Sampel 1) .....	56
<b>Tabel 5.9</b>	Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Lempung (Sampel 2) .....	57
<b>Tabel 5.10</b>	Prosentase Hasil Uji Analisis Butiran Tanah Lempung .....	57
<b>Tabel 5.11</b>	Hasil Pengujian Kadar Air.....	58
<b>Tabel 5.12</b>	Hasil Pengujian Berat Volume.....	59
<b>Tabel 5.13</b>	Hasil Pengujian Berat Jenis.....	59
<b>Tabel 5.14</b>	Hasil Pengujian Batas Plastis .....	61
<b>Tabel 5.15</b>	Hasil Pengujian Batas-Batas Konsistensi .....	61
<b>Tabel 5.16</b>	Hasil Pengujian Batas Susut.....	62
<b>Tabel 5.17</b>	Hasil Pengujian Proktor Standar (Sampel 1).....	63
<b>Tabel 5.18</b>	Hasil Pengujian Proktor Standar (Sampel 2).....	64
<b>Tabel 5.19</b>	Hasil rata-rata pengujian Proktor Standar .....	65
<b>Tabel 5.20</b>	Data parameter tanah sebelum pengujian.....	67

<b>Tabel 5.21</b>	Pembacaan dial beban 0.25 kg/cm <sup>2</sup> dan 0.50 kg/cm <sup>2</sup> .....	68
<b>Tabel 5.22</b>	Pembacaan dial 0.50 kg/cm <sup>2</sup> dan 1.00 kg/cm <sup>2</sup> .....	70
<b>Tabel 5.23</b>	Pembacaan dial beban 1.00 kg/cm <sup>2</sup> dan 2.00 kg/cm <sup>2</sup> .....	74
<b>Tabel 5.24</b>	Hasil nilai Cc, $\sqrt{t_{90}}$ , dan Cv tanah asli (sampel 1).....	77
<b>Tabel 5.25</b>	Data parameter sesudah pengujian .....	79
<b>Tabel 5.26</b>	Hasil nilai Cc, $\sqrt{t_{90}}$ , dan Cv tanah asli (sampel 2).....	80
<b>Tabel 5.27</b>	Hasil rata-rata nilai Cc, $\sqrt{t_{90}}$ , dan Cv tanah asli .....	81
<b>Tabel 5.28</b>	Hasil rata-rata nilai angka pori (e) tanah + lumpur lapindo 5 % .....	82
<b>Tabel 5.29</b>	Hasil rata-rata nilai Cc tanah + lumpur lapindo 5 % .....	83
<b>Tabel 5.30</b>	Hasil rata-rata nilai angka pori (e) tanah + lumpur lapindo 10 % .....	84
<b>Tabel 5.31</b>	Hasil rata-rata nilai Cc tanah + lumpur lapindo 10 % .....	86
<b>Tabel 5.32</b>	Hasil rata-rata nilai angka pori (e) tanah + lumpur lapindo 15 % .....	86
<b>Tabel 5.33</b>	Hasil rata-rata nilai Cc tanah + lumpur lapindo 15 % .....	88
<b>Tabel 6.1</b>	Hasil penurunan tanah asli (sampel 1).....	97
<b>Tabel 6.2</b>	Hasil penurunan tanah asli (sampel 2).....	98
<b>Tabel 6.3</b>	Hasil rata-rata penurunan tanah asli .....	98
<b>Tabel 6.4</b>	Hasil penurunan tanah + lumpur lapindo 5 % .....	99
<b>Tabel 6.5</b>	Hasil penurunan tanah + lumpur lapindo 10 % .....	100
<b>Tabel 6.6</b>	Hasil penurunan tanah + lumpur lapindo 15 % .....	102

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Fase Tanah .....	9
<b>Gambar 3.2</b>	Klasifikasi Tanah sistem USCS .....	14
<b>Gambar 3.3</b>	Batas-Batas Atterberg .....	19
<b>Gambar 3.4</b>	Alat Pengujian Proktor Standar .....	23
<b>Gambar 3.5</b>	Kurva Hubungan Antara Kadar Air Dengan Berat Volume Kering .....	24
<b>Gambar 3.6</b>	Hubungan Angka Pori dan Tekanan .....	25
<b>Gambar 3.7</b>	Alat Konsolidometer .....	26
<b>Gambar 3.8</b>	Perubahan Tinggi Contoh Tanah Pada Uji Konsolidasi Satu Dimensi .....	27
<b>Gambar 3.9</b>	Indeks Pemampatan $C_c$ .....	28
<b>Gambar 3.10</b>	Metode Akar Waktu .....	30
<b>Gambar 3.11</b>	Sifat Khusus Grafik Hubungan $\Delta H$ atau $e$ Terhadap $\log t$ .....	29
<b>Gambar 4.1</b>	Peralatan Pengujian Kadar air .....	33
<b>Gambar 4.2</b>	Peralatan Pengujian Berat Jenis .....	34
<b>Gambar 4.3</b>	Peralatan Pengujian Batas cair .....	36
<b>Gambar 4.4</b>	Peralatan Pengujian Batas Plastis .....	38
<b>Gambar 4.5</b>	Peralatan Pengujian Analisis Hidrometer .....	39
<b>Gambar 4.6</b>	Alat Uji Proktor Standar .....	42
<b>Gambar 4.7</b>	Alat Uji Konsolidasi .....	44
<b>Gambar 4.8</b>	Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir .....	48
<b>Gambar 5.1</b>	Grafik Analisis Butiran Lumpur Lapindo (Sampel 1) .....	54
<b>Gambar 5.2</b>	Grafik Analisis Butiran Lumpur Lapindo (Sampel 2) .....	55
<b>Gambar 5.3</b>	Grafik Analisis Butiran Tanah Lempung (Sampel 1) .....	56
<b>Gambar 5.4</b>	Grafik Analisis Butiran Tanah Lempung (Sampel 2) .....	57
<b>Gambar 5.5</b>	Grafik hubungan antara ketukan dan kadar air sampel 1 .....	60
<b>Gambar 5.6</b>	Grafik hubungan antara ketukan dan kadar air sampel 2 .....	60

<b>Gambar 5.7</b>	Kurva hubungan kadar air dengan berat volume tanah kering (sampel 1).....	63
<b>Gambar 5.8</b>	Kurva hubungan kadar air dengan berat volume tanah kering (sampel 2).....	64
<b>Gambar 5.9</b>	Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 0.25 kg/cm <sup>2</sup> dan 0.50 kg/cm <sup>2</sup> .....	70
<b>Gambar 5.10</b>	Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 0.50 kg/cm <sup>2</sup> dan 1.00 kg/cm <sup>2</sup> .....	73
<b>Gambar 5.11</b>	Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 1.00 kg/cm <sup>2</sup> dan 2.00 kg/cm <sup>2</sup> .....	76
<b>Gambar 5.12</b>	Grafik hubungan antara angka pori dan pembebanan.....	78
<b>Gambar 5.13</b>	Grafik hubungan antara koefisien konsolidasi dan pembebanan.....	78
<b>Gambar 5.14</b>	Grafik hubungan angka pori dan pembebanan tanah + lumpur 5% dengan masa pemeraman berbeda .....	83
<b>Gambar 5.15</b>	Grafik hubungan angka pori dan pembebanan tanah + lumpur 10% dengan masa pemeraman berbeda .....	85
<b>Gambar 5.16</b>	Grafik hubungan angka pori dan pembebanan tanah + lumpur 15% dengan masa pemeraman berbeda .....	87
<b>Gambar 6.1</b>	Diagram Klasifikasi Tekstur Segitiga USCS Tanah Lempung ..	90
<b>Gambar 6.2</b>	Diagram Klasifikasi <i>Unified</i> Tanah Lempung.....	91
<b>Gambar 6.3</b>	Diagram Klasifikasi Tekstur Segitiga USCS Lumpur Lapindo..	93
<b>Gambar 6.4</b>	Diagram Klasifikasi <i>Unified</i> Lumpur Lapindo .....	94
<b>Gambar 6.5</b>	Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman (tanah + lumpur 5 %).....	99
<b>Gambar 6.6</b>	Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman (tanah + lumpur 10 %).....	101
<b>Gambar 6.7</b>	Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman (tanah + lumpur 15 %).....	102
<b>Gambar 6.8</b>	Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman pada campuran lumpur yang berbeda .....	103

## DAFTAR NOTASI

$W_s$	=	Berat butiran padat	(gram)
$W_w$	=	Berat air	(gram)
$W$	=	Berat total	(gram)
$V_s$	=	Volume butiran padat	(cm <sup>3</sup> )
$V_w$	=	Volume air	(cm <sup>3</sup> )
$V_a$	=	Volume udara	(cm <sup>3</sup> )
$V_v$	=	Volume rongga/pori	(cm <sup>3</sup> )
$V$	=	Volume total	(cm <sup>3</sup> )
$w$	=	Kadar air	(%)
$\gamma_b$	=	Berat volume tanah basah	(gr/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_d$	=	Berat volume tanah kering	(gr/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_w$	=	Berat volume air	(gr/cm <sup>3</sup> )
$G_s$	=	Berat jenis	
$LL$	=	Batas Cair	(%)
$PL$	=	Batas Plastis	(%)
$PI$	=	Indeks Plastisitas	(%)
$e$	=	Angka pori	(%)
$C_c$	=	Indeks Pemampatan	
$C_v$	=	Koefisien Konsolidasi	(cm <sup>2</sup> /detik)
$\sqrt{t_{90}}$	=	Akar waktu konsolidasi 90%	(menit)
$S_r$	=	Derajat kejenuhan	(%)
$H_t$	=	Tinggi bagian padat	(cm)
$\Delta H$	=	Perubahan tebal	(cm)
$\Delta e$	=	Perubahan angka pori	(%)
$S_c$	=	Penurunan konsolidasi primer	(cm)

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Pengujian Kadar Air Tanah
- Lampiran 2** Pengujian Berat Jenis Tanah
- Lampiran 3** Pengujian Berat Volume Tanah
- Lampiran 4** Pengujian Analisis Granuler Tanah Lempung
- Lampiran 5** Pengujian Analisis Granuler Lumpur Lapindo
- Lampiran 6** Pengujian Batas Cair
- Lampiran 7** Pengujian Batas Susut
- Lampiran 8** Pengujian Pematatan (Proctor Standar)
- Lampiran 9** Pengujian Konsolidasi Tanah Asli 1
- Lampiran 10** Pengujian Konsolidasi Tanah Asli 2
- Lampiran 11** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
0 Hari, Sampel 1
- Lampiran 12** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
0 Hari, Sampel 2
- Lampiran 13** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
1 Hari, Sampel 1
- Lampiran 14** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
1 Hari, Sampel 2
- Lampiran 15** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
3 Hari, Sampel 1
- Lampiran 16** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
3 Hari, Sampel 2
- Lampiran 17** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
7 Hari, Sampel 1
- Lampiran 18** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
7 Hari, Sampel 2
- Lampiran 19** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
14 Hari, Sampel 1

- Lampiran 20** Pengujian Konsolidasi Tanah + 5 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
14 Hari, Sampel 2
- Lampiran 21** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
0 Hari, Sampel 1
- Lampiran 22** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
0 Hari, Sampel 2
- Lampiran 23** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
1 Hari, Sampel 1
- Lampiran 24** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
1 Hari, Sampel 2
- Lampiran 25** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
3 Hari, Sampel 1
- Lampiran 26** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
3 Hari, Sampel 2
- Lampiran 27** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
7 Hari, Sampel 1
- Lampiran 28** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
7 Hari, Sampel 2
- Lampiran 29** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
14 Hari, Sampel 1
- Lampiran 30** Pengujian Konsolidasi Tanah + 10 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
14 Hari, Sampel 2
- Lampiran 31** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
0 Hari, Sampel 1
- Lampiran 32** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
0 Hari, Sampel 2
- Lampiran 33** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
1 Hari, Sampel 1
- Lampiran 34** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
1 Hari, Sampel 2



- Lampiran 35** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
3 Hari, Sampel 1
- Lampiran 36** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
3 Hari, Sampel 2
- Lampiran 37** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
7 Hari, Sampel 1
- Lampiran 38** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
7 Hari, Sampel 2
- Lampiran 39** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
14 Hari, Sampel 1
- Lampiran 40** Pengujian Konsolidasi Tanah + 15 % Lumpur Lapindo Pemeraman  
14 Hari, Sampel 2
- Lampiran 41** Analisis Penurunan Tanah Asli
- Lampiran 42** Analisis Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 5 %
- Lampiran 43** Analisis Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 10 %
- Lampiran 44** Analisis Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 15 %

- c. Pengujian pemadatan tanah (Proktor Standar)
  - d. Pengujian konsolidasi
6. Pembebanan pada benda uji konsolidasi terdiri dari 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8 dan 16 kg/cm<sup>2</sup>.
  7. Perhitungan konsolidasi hanya sebatas pada konsolidasi primer saja.
  8. Analisis Penurunan hanya pada tanah *normally consolidated*.
  9. Sifat dan unsur-unsur kimia yang terkandung dalam tanah dan lumpur yang digunakan tidak ditinjau tetapi hanya terbatas pada sifat fisik dan mekanisnya saja.
  10. Penelitian sampel dilakukan dilaboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan manfaat khususnya bagi dunia konstruksi sebagai alternatif bahan campur yang lebih ekonomis untuk meningkatkan daya dukung tanah lempung, mengingat ketersediaannya yang cukup banyak dan belum dimanfaatkan secara optimal.
2. Memperoleh pengetahuan tentang pengaruh penurunan yang terjadi pada tanah lempung setelah adanya penambahan lumpur Lapindo jika diberi pembebanan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Mengenai Lumpur Lapindo

Berdasarkan pengujian toksikologis di 3 laboratorium terakreditasi (Sucofindo, Corelab dan Bogorlab) diperoleh kesimpulan ternyata lumpur Sidoarjo tidak termasuk limbah B3 baik untuk bahan anorganik seperti Arsen, Barium, Boron, Timbal, Raksa, Sianida Bebas dan sebagainya, maupun untuk bahan organik seperti Trichlorophenol, Chlordane, Chlorobenzene, Chloroform dan sebagainya. Hasil pengujian menunjukkan semua parameter bahan kimia itu berada di bawah baku mutu.

**Tabel 2.1 Hasil uji Toksikologis (kadar racun) Lumpur Lapindo.**

Beberapa hasil pengujian		
Parameter	Hasil uji maks	Baku Mutu (PP Nomor 18/1999)
Arsen	0,045 Mg/L	5 Mg/L
Barium	1,066 Mg/L	100 Mg/L
Boron	5,097 Mg/L	500 Mg/L
Timbal	0,05 Mg/L	5 Mg/L
Raksa	0,004 Mg/L	0,2 Mg/L
Sianida Bebas	0,02 Mg/L	20 Mg/L
Trichlorophenol	0,017 Mg/L	2 Mg/L (2,4,6 Trichlorophenol) 400 Mg/L (2,4,4 Trichlorophenol)

(Sumber: [http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir\\_lumpur\\_panas\\_Sidoarjo\\_2006](http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir_lumpur_panas_Sidoarjo_2006)).

Sedangkan Pemanfaatan lumpur panas Lapindo di Porong, Sidoarjo untuk bahan bangunan dinilai aman bagi kesehatan. Hal itu disampaikan Prof Mukono, ahli Kesehatan Masyarakat Unair di seminar nasional Pemanfaatan Lumpur Porong Sidoarjo Sebagai Bahan Bangunan di ITS. Meski mengandung senyawa phenol, seng, tembaga dan krom, karena tidak langsung kontak fisik dengan manusia, bahan bangunan dari lumpur, aman bagi kesehatan. Di seminar itu juga terungkap, sedikitnya ada delapan item bahan bangunan yang bisa dibuat dengan

bahan dasar lumpur panas Lapindo. Diantaranya, keramik, campuran beton (geopolimer), pasir multiguna, paving blok, batu bata, beton, genteng , dan paving.

Selain itu menurut Luluk Sumiarto, Dirjen Migas Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral juga menyimpulkan, lumpur Sidoarjo mengandung senyawa mineral yang mirip *pozolanic* material. Dari hasil uji laboratorium diperoleh bahwa senyawa mineral itu didominasi senyawa kaolinite dan feldspar, namun di beberapa tempat terdapat kandungan Phenol yang melebihi baku mutu. Menurut Diagram Winkler, lumpur Porong diklasifikasikan ke dalam kelas IV, dimana berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bata berdinging tipis, berongga, keramik dan material bahan bangunan lainnya. Penelitian yang sudah dilakukan oleh Balai Besar Keramik menunjukkan bahwa lumpur tersebut sangat cocok untuk material dasar keramik seperti genteng, bata dan hiasan. tambahnya, telah dimulai beberapa penelitian untuk memanfaatkan lumpur Porong. Yang pertama, pasir multi guna dengan mencampurkan lumpur dengan kapur dan semen yang masih dalam batasan skala laboratorium. Kemudian telah dicoba pula dikembangkan beton *geopolimer* (beton tanpa semen) dengan bahan dasar lumpur yang dicampurkan dengan *fly ash* yang diaktifkan dengan berbagai larutan aktifator. Hasilnya didapatkan binder atau perekat yang cukup menjanjikan dengan kekuatan yang mendekati campuran semen. Namun, setelah diterapkan pada campuran beton, banyak kendala yang terjadi, sehingga hasilnya tak sesuai dengan campuran bindernya. Untuk itu masih diperlukan penelitian lebih lanjut, agar didapatkan beton *geopolimer* yang mempunyai sifat mekanik baik,” kata Triwulan.

Selanjutnya penggunaan lumpur Porong sebagai bahan bata dengan menambahkan kapur dan semen (tanpa dibakar). Uji coba di lapangan telah dilakukan dengan melibatkan pengrajin bata lokal. Kendala yang dihadapi, sulitnya pelaksanaannya di lapangan khususnya pada proses pengadukan, jika dibandingkan dengan pembuatan bata biasa.

(Sumber : “<http://www.its.ac.id/berita.php?nomer=3123>”)

## **2.2 Penelitian Mengenai Konsolidasi dan Penurunan**

### **1. Hubungan Antara Beban Dan Penurunan Lumpur Lapindo Pada Uji Konsolidasi (Iskandar Zulkarnain, 2007)**

#### **Rumusan Masalah :**

Bagaimana hubungan antara penurunan dan kecepatan proses konsolidasi yang terjadi pada lumpur Lapindo setelah diberikan pembebanan, serta bagaimana hubungan antara beban dan penurunan yang terjadi pada lumpur Lapindo Brantas.

#### **Tujuan Penelitian**

Mengetahui jenis tanah berdasarkan sifat fisik dan mekanis lumpur Lapindo, mengetahui besar penurunan maksimum dan kecepatan proses konsolidasi pada lumpur Lapindo setelah adanya pembebanan, mengetahui bagaimana hubungan antara beban dan penurunan pada lumpur Lapindo.

#### **Hasil Penelitian**

Dari Pengujian sifat fisik dan mekanis didapatkan untuk kadar air sebesar 38.86 %, berat volume  $1.70 \text{ gr/cm}^3$ , berat jenis (Gs) 2.63, batas cair (LL) 63.73 %, batas plastis (PL) 31.71 %, batas susut (SL) 20.93 %, Indeks Plastisitas (IP) 32.02 %, kadar air optimum 25.77 %, berat volume kering maksimum  $1.462 \text{ gr/cm}^3$ . Untuk penurunan terbesar pada benda uji dengan kadar air optimum terjadi pada tegangan maksimum  $8 \text{ kg/cm}^2$  sebesar 0.096 mm. Nilai Cv maksimum pada kadar air optimum sebesar  $0.000473 \text{ cm}^2/\text{detik}$ . Hubungan antara beban dan penurunan adalah semakin besar beban menunjukkan kecenderungan penurunan semakin besar.

**2. Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Limbah Padat Tekstil (*Sludge*) dan Batu Zeolit Terhadap Penurunan. (Hendry Purnama, 2004)**

**Rumusan Masalah :**

Bagaimana pengaruh penurunan tanah lempung yang distabilisasi terhadap penambahan limbah padat Tekstil (*Sludge*) dan batu Zeolit dengan kadar prosentase tertentu

**Tujuan Penelitian :**

Mengetahui jenis tanah, mengetahui pengaruh konsistensi dan penurunan tanah setelah distabilisasi menggunakan limbah padat Tekstil (*Sludge*) dan batu Zeolit dengan prosentase tertentu

**Hasil Penelitian :**

Salah satu dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan campuran *Sludge* dan Zeolit dapat menurunkan nilai indeks kompresi (Cc) pada pengujian konsolidasi. Yang mana pada tanah asli didapatkan nilai indeks kompresinya sebesar 0,236 lalu menurun menjadi 0,221 pada campuran tanah asli + *Sludge* (TS) 5 %. Kemudian untuk campuran tanah asli + *Sludge* + Zeolit (TSZ) 7% didapatkan nilai indeks kompresinya sebesar 0,090. Selain itu pada penelitian ini juga didapatkan pengurangan besar penurunan yang terjadi. Yang mana penurunan yang terjadi pada tanah asli sebesar 4,09 cm menurun menjadi sebesar 4,00 cm atau lebih kecil 2,20 % dari tanah asli pada campuran TS 5 %. Sedangkan untuk campuran TSZ 7 % penurunan yang terjadi sebesar 1,55 cm atau lebih kecil 62,10 % dari tanah asli.

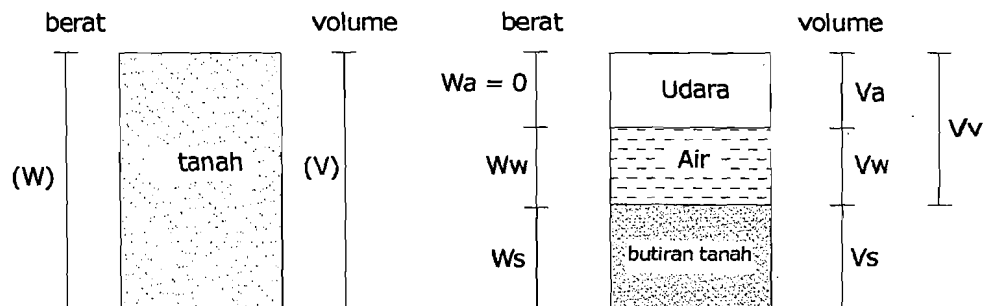
## BAB III LANDASAN TEORI

### 3.1 Tinjauan Umum

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*void space*) yang berisi air dan/atau udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat atau oksida yang tersenyawa di antara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik. (R.F Craig, 1989).

Tanah juga dapat diartikan sebagai suatu agregat butir-butir mineral dengan bagian-bagian organik dan non organik. Terjadinya lapisan tanah adalah merupakan proses sedimentasi/pengendapan partikel-partikel hasil pelapukan batuan baik secara alamiah, mekanis dan kimiawi. Selain itu tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda, seperti yang terlihat pada gambar 3.1 yaitu :

1. Tanah yang benar-benar kering, terdiri dari dua fase yang disebut partikel padat dan udara pengisi pori, yang disebut dengan udara pori.
2. Tanah yang jenuh sempurna (*fully saturated*) terdiri dari dua fase yaitu partikel padat dan air pori.
3. Tanah jenuh sebagian terdiri dari tiga fase yaitu partikel padat, udara pori dan air pori.



**Gambar 3.1** Diagram Fase Tanah (H.C. Hardiyatmo, 2002)

Keterangan :  $W_s$  = berat butiran padat

$W_w$  = berat air

$V_s$  = volume butiran padat

$V_w$  = volume air

$V_a$  = volume udara

$V_v$  = volume pori

Dari ketiga bagian tanah tersebut memberikan beberapa pengertian penting yang menggambarkan sifat-sifat mekanis tanah :

a). Angka Pori atau *Void Ratio* ( $e$ )

Yaitu perbandingan antara volume pori ( $V_v$ ) dengan volume partikel padat ( $V_s$ ).

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_a + V_w}{V_s} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :  $e$  = Angka Pori (% atau desimal)

$V_v$  = Volume Pori ( $\text{cm}^3$ )

$V_s$  = Volume Partikel Pada ( $\text{cm}^3$ )

b). Kadar Air atau *Water Content* ( $w$ )

Yaitu Perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat butiran padat ( $W_s$ ).

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :  $w$  = Kadar Air (%)

$W_w$  = Berat Air (gram)

$W_s$  = Berat Padat Tanah (gram)

c). Berat Volume Tanah atau *Unit Weight* ( $\gamma$ )

Yaitu perbandingan antara berat tanah dan volume tanah.

$$\gamma = \frac{W_w + W_s}{V} \text{ (gr/ cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.3)$$

d). Berat Volume Butiran Padat atau *Unit Weight Of Particles* ( $\gamma_s$ )

Yaitu perbandingan antara berat butiran padat dengan Volume butiran padat.



$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \text{ (gr/ cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.4)$$

e). Berat Volume Air atau *Unit Weight Of Water* ( $\gamma_w$ )

Yaitu perbandingan antara berat air dengan Volume air.

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \text{ (gr/ cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.5)$$

f). Berat volume Kering atau *Dry Density* ( $\gamma_d$ )

Yaitu perbandingan berat butiran padat dengan volume total tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \text{ (gr/ cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.6)$$

g). Berat Volume Basah ( $\gamma_b$ )

Yaitu Perbandingan antara berat total tanah dengan volume total tanah.

$$\gamma_b = \frac{W_s + W_w + W_a}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} \text{ (gr/ cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.7)$$

h). Berat Jenis atau *Specific Gravity* ( $G_s$ )

Yaitu Perbandingan antara volume butiran padat ( $V_s$ ) dengan berat volume air.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan :  $G_s$  - Berat Jenis (% atau desimal)

$\gamma_s$  - Berat Volume Tanah ( $\text{cm}^3$ )

$\gamma_w$  = Berat Volume Air ( $\text{cm}^3$ )

### 3.2 Klasifikasi Tanah

Seperti yang kita ketahui bersama bahwa sifat dan jenis tanah di alam ini sangat bervariasi. Hal ini ditentukan oleh perbandingan banyaknya fraksi-fraksi (kerikil, pasir, lanau dan lempung) serta gradasinya. Selain itu hal tersebut juga ditentukan oleh sifat plastisitas butir halus, dan secara umum tanah dapat diklasifikasikan sebagai berikut ini.

- 1). Tanah Kohesif yaitu tanah berbutir halus seperti : lempung dan lanau.
- 2). Tanah Tidak Kohesif yaitu tanah berbutir kasar seperti : pasir dan kerikil.

Kualifikasi tanah berdasarkan diameter butirannya dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini.

**Tabel 3.1** Klasifikasi Tanah

Jenis tanah	Batas-batas ukuran
Berangkal (Boulder)	> 8 inci
Kerakal	3 – 8 inci
Kerikil (Gravel)	2 – 3 inci
Pasir Kasar (Course Sand)	0,6 – 2 mm
Pasir sedang (Medium sand)	0,2 – 0,6 mm
Pasir Halus (Fine Sand)	0,06 – 0,2 mm
Lanau (Silt)	0,002 – 0,06 mm
Lempung (Clay)	< 0,002 mm

Sumber : L.D. Wesley (1977)

Braja M. Das (1995), membagi ukuran golongan tanah dari beberapa sistem klasifikasi yang ada, seperti yang terlihat pada tabel 3.2 berikut ini.

**Tabel 3.2** Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
<i>American Society for Testing Material (ASTM)</i>	75 – 4,75	4,75 – 0,0075	0,075 – 0,005	0,005 – 0,001
<i>Massachusetts Institute of Technologi (MIT)</i>	2	2 – 0,006	0,006 – 0,002	< 0,002
<i>US Departement of Agriculture (USDA)</i>	2	2 – 0,005	0,005 – 0,002	< 0,002
<i>American Association of State Highway and Transportation Officials (AASTHO)</i>	76,2 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	< 0,002
<i>Unified Soils Classification System (USCS)</i>	76,2 - 475	4,75 – 0,075	Halus (Lanau dan Lempung) < 0,0075	

Klasifikasi tanah menurut Atterberg didasarkan atas Indeks Plastisitas (IP) tanah. Indeks Plastisitas (IP) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Jika tanah mempunyai Indeks Plastisitas tinggi, maka tanah

mengandung banyak butiran lempung. Jika Indeks Plastisitas rendah, maka tanah seperti lanau dengan sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai Indeks Plastisitas, sifat, macam tanah dan kohesi menurut Atterberg adalah sebagai berikut ini.

**Tabel 3.3** Sistem klasifikasi sifat, macam tanah dan kohesi menurut Atterberg

IP	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lanau berlempung	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

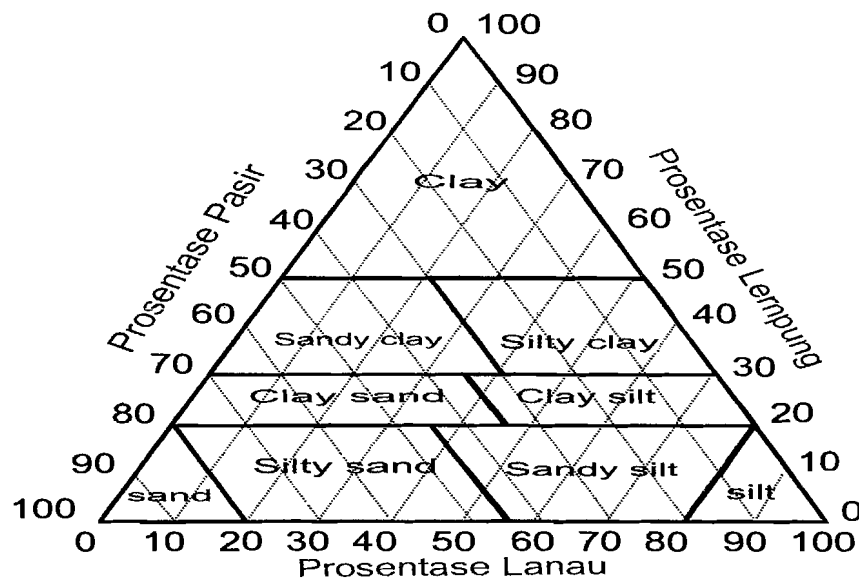
(Sumber : Mekanika tanah, H.C Hardiyatmo, 1992)

Sistem klasifikasi yang sering digunakan dalam rekayasa sipil adalah sistem klasifikasi USCS (*Unified Soils Classification System*), sistem klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) dan sistem klasifikasi *Unified*.

### 3.2.1 Sistem Klasifikasi USCS

Menurut sistem ini, tanah (*soils*) terdiri dari berbagai ukuran partikel pasir, lanau dan lempung. Klasifikasi tanah dilakukan untuk membedakan klasifikasi teksturnya berdasarkan persentase distribusi ukuran partikelnya. Sistem klasifikasi USCS, menentukan bahwa *pasir* adalah partikel dengan diameter antara 2 - 0,05 mm, *lanau* adalah partikel dengan diameter antara 0,05 – 0,002 mm, dan *lempung* adalah partikel dengan diameter < 0,002 mm.

Gambar 3.2 berikut ini adalah gambar Grafik Segitiga Klasifikasi Tekstur yang digunakan untuk menentukan klasifikasi tekstur tanah yang tepat.



Gambar 3.2 Klasifikasi tanah sistem USCS

### 3.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem AASHTO mengklasifikasikan tanah sebagai bahan *subgrade* untuk konstruksi jalan. Sistem ini membagi tanah menjadi tujuh kelompok dengan simbol A-1 sampai A-7. Untuk jenis tanah A-1 sampai A-3 adalah tanah berbutir (*granular*) dengan tidak lebih 35% bahan melalui saringan no. 200, sedangkan tanah yang lebih dari 35% lolos saringan no. 200 diklasifikasikan kedalam A-4 sampai A-7. seperti yang terlihat pada tabel 3.4. Untuk lebih memperinci sifat tanah, bagi bahan yang mengandung tanah butir halus, pada simbol (sub) kelompok ditambah pengenal yang disebut Indeks Kelompok. Makin besar indeks kelompok, tanahnya makin jelek. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F - 35) [ 0,2 + 0,005(LL - 40) ] + 0,01(F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots(3.9)$$

dengan :

GI = Indeks kelompok

F = Persentase butir yang lolos ayakan No. 200

LL = Batas cair

PI = Indeks plastisitas

Parameter yang digunakan untuk mengklasifikasi tanah pada sistem ini.

1. Analisis ukuran Butir
  - a) Kerikil, butiran tanah yang lolos saringan diameter 75 mm dan tertahan saringan no.10 (2 mm).
  - b) Pasir, butiran tanah yang lolos saringan no. 10 (2 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,074 mm).
  - c) Lanau dan lempung, butiran tanah yang lolos saringan no. 200
2. Plastisitas
  - a) Berlanau, butiran yang lolos saringan no. 200 mempunyai  $PI \leq 10$
  - b) Berlempung, butiran yang lolos saringan no. 200 mempunyai  $PI \geq 11$
3. Bila ditemukan batuan ( $> 75$  mm) didalam contoh tanah, maka batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu dan prosentasenya dicatat.

**Tabel 3.4 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO**

Klasifikasi Umum	material granuler ( $< 35\%$ lolos saringan no. 200)							Bahan-bahan Lanau-Lempung ( $> 35\%$ lolos saringan no. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Analisis Saringan (% lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 maks	-	-	-	-	-	-	-	-
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	N.P	N.P	10 maks	10 maks	10 maks	11 min	10 maks	10 maks	10 maks	11 min
Indeks kelompok (G)	0	0	0	0	0	4 maks	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			

Sumber : Bowles, J.E, 1986

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

N.P = Non Plastis

### 3.2.3 Sistem Klasifikasi Unified

Sistem *Unified* pada mulanya diperkenalkan oleh Cassagrande pada tahun 1942. Untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang pada Perang Dunia II. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

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

Simbol-simbol lain yang digunakan adalah :

W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)

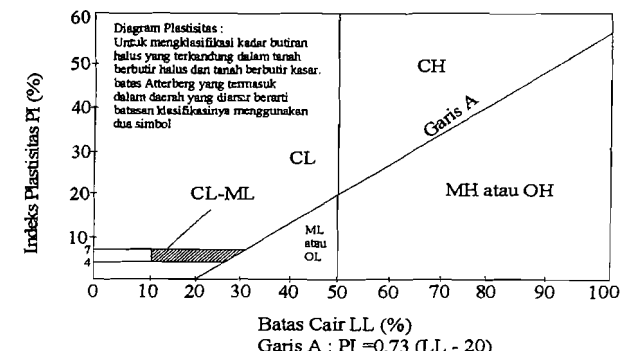
L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ( $LL < 50$ )

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ( $LL > 50$ )

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Sedangkan untuk tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas seperti yang terlihat pada **tabel 3.5**. garis diagonal pada bagan plastisitas dinamakan garis *A* , dan garis ini diberikan dalam persamaan :

$$PI = 0,73 (LL - 20)$$

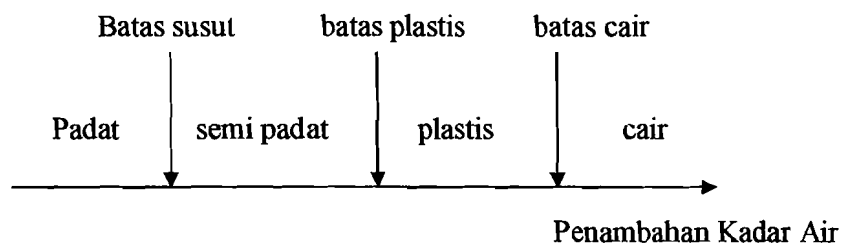
**Tabel 3.5 Sistem Klasifikasi Tanah Unified**

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis		Nama jenis	
tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	pasir lebih dari 50% fraksi kerikil 50% atau lebih dari kasar lolos saringan no. 4 (fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm))	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil Gradasi baik dan campuran pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, C_c = \frac{(D_{20})^2}{D_{20} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW  Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol  $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, C_c = \frac{(D_{20})^2}{D_{20} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW  Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
			GP	Kerikil Gradasi buruk dan campuran pasir kerikil, atau tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung		
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung		
		pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW		Pasir Gradasi baik, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
				SP		Pasir Gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
	Kerikil banyak kandungan butiran halus		SM	pasir berlanau, campuran pasir lanau		
			SC	pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	tanah berbutir halus $\geq 50\%$ lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200 : GW, GP, SW, SP, lebih dari 12% lolos saringan no. 200 : GM, GC, SM, SC, 5%-12% lolos saringan no. 200. batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel  Diagram Plastisitas : Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang arsir berada batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol  	
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean clays")		
OL			lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau dan lempung batas cair > 50%		MH	lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elasis.			
		CH	lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fatclays")			
		OH	lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
		Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi				manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		



### 3.3 Batas-Batas Konsistensi Tanah

Seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Oleh karena itu batas-batas konsistensi tanah sering juga disebut dengan batas-batas Atterberg. Ilmuwan tersebut menjelaskan bilamana kadar airnya tinggi, campuran tanah dan air menjadi sangat lembek seperti cairan. Atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan dalam empat keadaan yaitu padat, semi padat, plastis dan cair seperti pada gambar 3.3 berikut ini :



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

Atterberg membagi batas-batas konsistensi tanah terdiri atas tiga keadaan yaitu :

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

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

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

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

$$PL = \left( \frac{W_p - W_k}{W_k} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.10)$$

PL = Batas plastis tanah

W<sub>p</sub> = Berat tanah basah kondisi plastis

W<sub>k</sub> = Berat tanah kering

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

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

$$SL = \left( \frac{V_0 - 1}{W_0 - G_s} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.11)$$

Keterangan :     SL = batas susut tanah  
                       V<sub>0</sub> = volume benda uji kering  
                       W<sub>0</sub> = berat benda uji kering  
                       G<sub>s</sub> = Berat jenis tanah

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

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

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (3.12)$$

Keterangan :     PI = Indeks plastisitas  
                       LL = Batas Cair  
                       PL = Batas plastis

## 3.4 Tanah Lempung

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

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

berkurang. Dengan kata lain lempung bersifat memiliki kembang susut akibat basah dan kering.

### 3.4.1 Mineral Tanah Lempung

Mineral lempung adalah susunan kelompok partikel yang terjadi karena pelapukan tanah akibat reaksi kimia, yang berukuran koloid dengan diameter ukuran butiran lebih kecil dari 0,002 mm (H.C. Hardiyatmo 1992). Sebagian besar mineral lempung mempunyai struktur berlapis yang berikatan satu sama lain berbentuk lembaran yang bentuk dasarnya berupa *tetrahedral silica oksigen* dan *octahedral aluminat hidrat*. Berikut adalah beberapa jenis mineral lempung yang banyak dijumpai :

#### 1. Kaolinite

Struktur mineral ini terdiri dari lapisan *tetrahedral silica* yang berganti-ganti dengan puncak yang tertanam di dalam satuan *oktahedral alumina (gibsit)*, yang disebut satuan dasar 1 : 1. Lempung *kaolinit* banyak dipakai untuk barang-barang tembikar dan keramik. Karena tidak mengandung besi didalamnya, sehingga tidak ada perubahan warna apabila dibakar pada panas yang tinggi. Mineral ini biasanya terdapat didaerah-daerah dengan curah hujan tinggi aktivitas kurang aktif.

#### 2. Illite

Merupakan istilah umum untuk kelompok lempung yang pertama kalinya dijumpai di Illinois, USA. Mineral ini terdiri atas lapisan *gibsit oktahedral* yang terletak diantara 2 lapisan *silika tetrahedral* dan menghasilkan mineral 1 : 2 dimana beberapa posisi *silika* akan terisi oleh atom Aluminium. Jenis lempung ini biasa dijumpai pada daerah dengan curah hujan sedang dan beraktivitas sedang.

#### 3. Montmorillonite

*Montmorillonite* adalah nama yang diberikan untuk lempung di Montmorillon, Perancis, 1847. mineral ini terdiri atas lapisan *gibsit oktahedral* yang terletak diantara 2 lapisan *silika tetrahedral*, dengan satuan 1 : 2. lempung jenis ini banyak terdapat pada daerah kering dan aktivitasnya paling aktif.

### 3.5 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah dasar bertujuan untuk mengubah struktur tanah atau sifat tanah sehingga dapat memenuhi persyaratan dalam meningkatkan daya dukung tanah. Apabila suatu tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas, sifat merembes tinggi, daya dukung sangat rendah atau sifat lain yang tidak diinginkan maka tanah tersebut harus distabilisasi. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan salah satu cara berikut (Bowless,JE,1986) :

- 1). Menambah kerapatan tanah,
- 2). Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi dan atau tahanan geser yang timbul,
- 3). Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis dari material tanah.
- 4). Menurunkan muka air tanah.
- 5). Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Dilapangan akan banyak dijumpai jenis tanah lempung yang mengembang (ekspansif). Pengembangan lempung ini terjadi ketika kadar air bertambah dari nilai referensinya. Penyusutan terjadi ketika kadar air berada dibawah nilai referensinya sampai kepada batas susut. Biasanya suatu tanah lempung dapat diperkirakan akan mempunyai perubahan volume yang besar (mengembang) apabila indeks plastis  $I_p \geq 20$ . Terdapat beberapa prosedur untuk menstabilkan (mengurangi perubahan volume) pada tanah jenis ini.

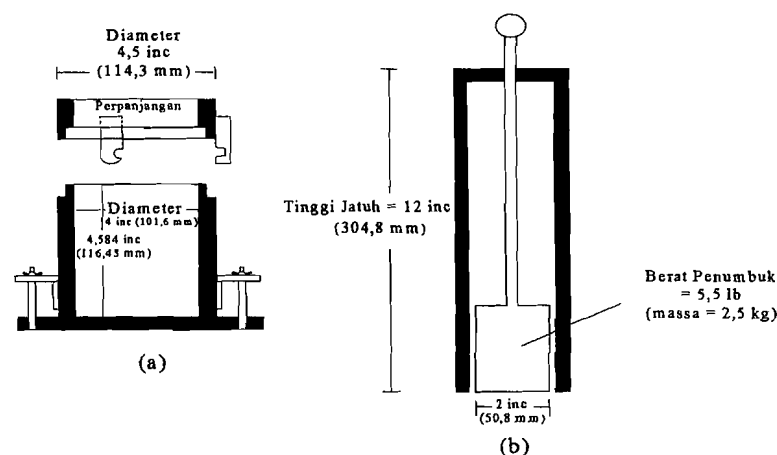
1. Tanah bahan pencampur seperti gamping yang terhidrasi (mati). Biasanya 2 sampai 4 % akan mengurangi  $I_p$  sampai kurang dari 20.
2. Padatkan tanah pada keadaan yang lebih basah dari optimum (3 sampai 4 persen). Ini menjamin terdapatnya struktur lempung yang cukup terpencair, dan pada saat yang sama menghasilkan kerapatan kering yang rendah.
3. Mengontrol perubahan kadar air dari nilai referensinya ( $w$  pada saat lempung itu akhirnya dipergunakan sebagai pendukung pondasi).

### 3.6 Pengujian Proktor Standar

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

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

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



**Gambar 3.4** Alat uji Proktor Standar : (a) cetakan, (b) penumbuk

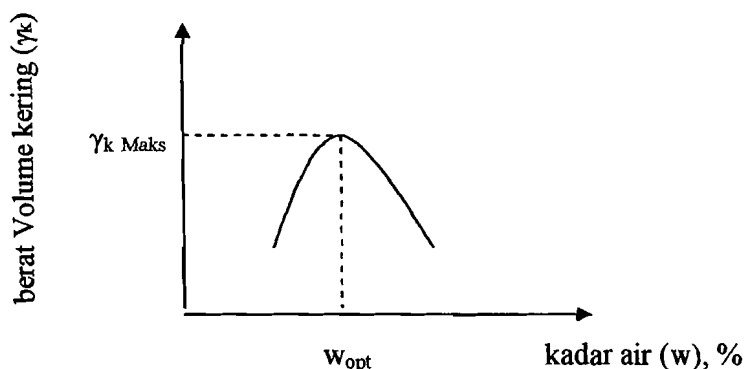
Pengujian ini bertujuan untuk mencari kadar air dan berat volume dan mencari hubungan antara keduanya. Apabila diketahui berat tanah basah didalam cetakan yang volumenya diketahui, maka berat volume tanah basah dapat langsung dihitung berdasarkan persamaan :

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(3.13)$$

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

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

$$\gamma_k = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(3.14)$$



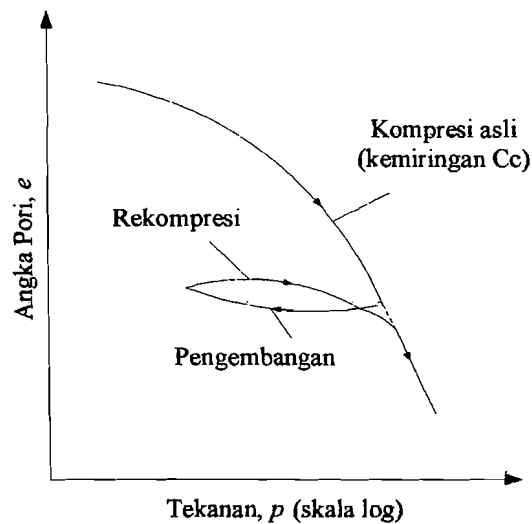
**Gambar 3.5** Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering  
 ( HC, Hardiyatmo, 1992 )

Dari kurva diatas dapat dilihat nilai kadar air yang terbaik untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum kadar air pada keadaan ini disebut kadar air optimum (*Optimum Moisture Content, OMC*)

### 3.7 Pengujian Konsolidasi

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

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

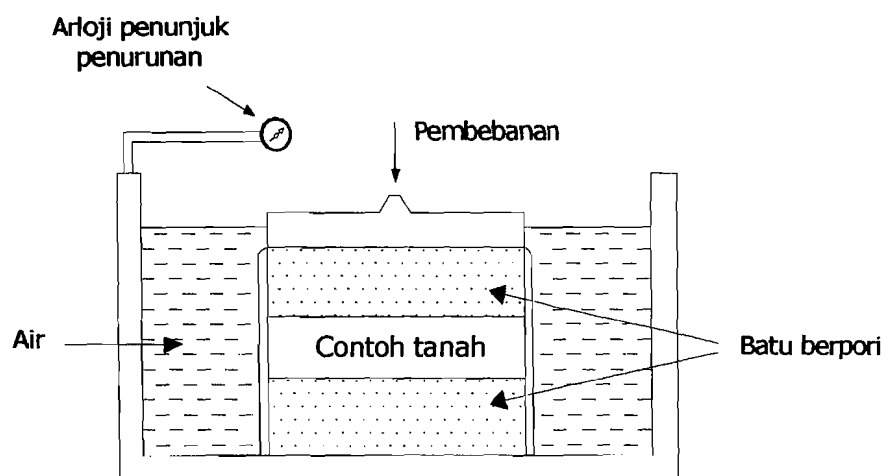


**Gambar 3.6** Hubungan angka pori dan tekanan (R.F. Craig, 1989)

Dari gambar diatas *normally consolidasi* ditunjukkan oleh garis linear (atau hampir linear) dan disebut garis kompresi asli (*virgin compression line*). Sedangkan *overconsolidasi* ditunjukkan oleh garis rekompresi atau pengembangan, kurva rekompresi akhirnya bergabung lagi dengan garis kompresi asli.

Pengujian konsolidasi dilakukan di laboratorium dengan alat *konsolidometer* atau *oedometer*. Contoh tanah yang mewakili elemen tanah yang mudah mampat pada lapisan tanah yang diselidiki, dimasukkan kedalam cincin

besi. Bagian atas dan bawah benda uji dibatasi oleh batu tembus air (*porous stone*). Beban  $P$  diterapkan diatas benda uji, dan penurunan diukur dengan arloji pembacaan (*dial gauge*). Beban diterapkan dalam periode 24 jam, dengan benda uji selalu terendam air. Seperti yang terlihat pada gambar 3.6 Penambahan beban adalah dua kali beban sebelumnya, dengan urutan besar beban : 0,25; 0,50; 1; 2; 4; 8; 16  $\text{kg/cm}^2$ . Akan tetapi beban maksimal yang digunakan bergantung pada berapa besarnya beban yang diantisipasi dilapangan. Untuk tiap penambahan beban selama pengujian, tegangan yang terjadi adalah berupa tegangan efektif. Pada saat pengujian selesai, berat kering tanah ditentukan dan hasil pengujian diplot pada grafik semi logaritmis, yaitu grafik antara waktu dan penurunan.



**Gambar 3.7** Alat Konsolidometer (B.M Das, 1988)

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

1. Hitung tinggi butiran padat,  $H_s$  pada contoh tanah (Gambar 3.8)

$$H_s = \frac{W_s}{AG_s \gamma_w} \dots \dots \dots (3.15)$$

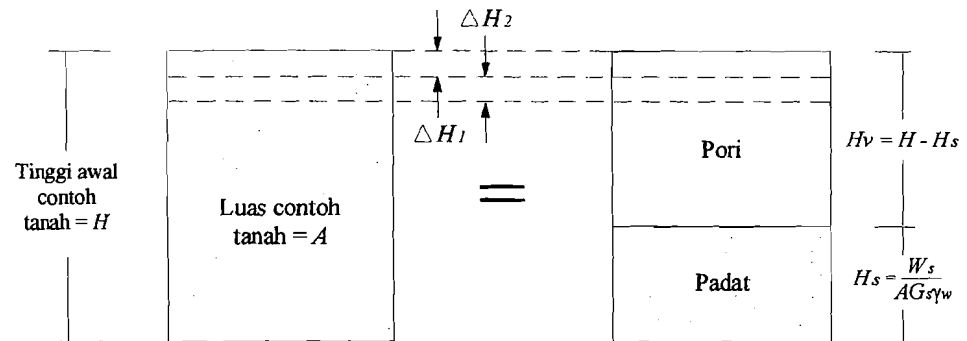
Dimana :  $W_s$  = berat kering contoh tanah

$A$  = luas penampang contoh tanah



$G_s$  = berat spesifik contoh tanah

$\gamma_w$  = berat volume air



**Gambar 3.8** perubahan tinggi contoh tanah pada uji konsolidasi satu dimensi.

2. Hitung tinggi awal dari ruang pori,  $H_v$

$$H_v = H - H_s \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana H = tinggi awal contoh tanah

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

$$e_o = \frac{V_v}{V_s} = \frac{H_v.A}{H_s.A} = \frac{H_v}{H_s} \dots\dots\dots(3.17)$$

4. Untuk penambahan beban pertama  $p_1$  (beban total/luas penampang contoh tanah), yang menyebabkan penurunan  $\Delta H_1$ , hitung perubahan angka pori:

$$\Delta e_1 = \frac{\Delta H_1}{H_s} \dots\dots\dots(3.18)$$

$\Delta H_1$  didapatkan dari pembacaan awal dan akhir pada skala ukur untuk beban sebesar  $p_1$

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

$$e_1 = e_o - \Delta e_1 \dots\dots\dots(3.19)$$

Untuk beban berikutnya, yaitu  $p_2$  (catatan :  $p_2$  sama dengan beban kumulatif persatuan luas contoh tanah), yang menyebabkan penambahan pemampatan sebesar  $\Delta H_2$ , angka pori  $e_2$  pada saat akhir konsolidasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$e_2 = e_1 - \frac{\Delta H_2}{H_s} \dots \dots \dots (3.20)$$

Dengan melakukan cara yang sama, angka pori pada saat akhir konsolidasi untuk semua penambahan beban dapat diperoleh. Tekanan total ( $p$ ) dan angka pori yang bersangkutan ( $e$ ) pada akhir konsolidasi digambar pada kertas semi logaritma. Bentuk umum dari grafik  $e$  versus  $\log p$  adalah seperti ditunjukkan dalam gambar 3.9. Dan setelah itu indeks pemampatan didapat.

Indeks pemampatan atau kompresi ( $C_c$ ) adalah kemiringan dari bagian lurus grafik  $e-\log p'$ , untuk dua titik yang terletak pada bagian lurus dari grafik dalam gambar 3.9 nilai  $C_c$  dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log p_2' - \log p_1'} = \frac{\Delta e}{\log \left( \frac{p_2'}{p_1'} \right)} \dots \dots \dots (3.21)$$

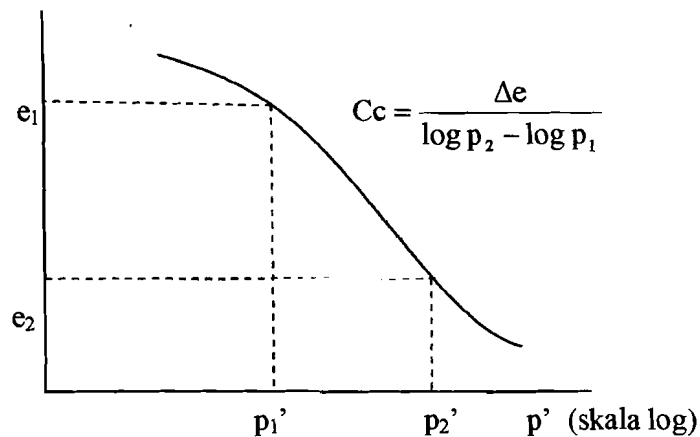
Keterangan :  $C_c$  = indeks pemampatan

$e_1$  = angka pori awal

$e_2$  = angka pori kedua

$p_1$  = tegangan efektif pada angka pori awal

$p_2$  = tegangan efektif pada angka pori kedua



**Gambar 3.9** Indeks Pemampatan  $C_c$  (H.C. Hardiyatmo , 1994)

Kecepatan penurunan konsolidasi dapat dihitung dengan menggunakan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ). Kecepatan penurunan perlu diperhitungkan bila penurunan konsolidasi yang terjadi pada struktur diperkirakan besar. Bila penurunan sangat kecil, kecepatan penurunan tidak begitu penting diperhatikan.

Untuk suatu penambahan beban yang diberikan pada suatu contoh tanah, ada dua metode grafis yang umum dipakai untuk menentukan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) dari uji konsolidasi satu dimensi di laboratorium. Metode pertama dinamakan metode logaritma waktu (*logarithm of time method*), yang diperkenalkan oleh Cassagrande dan Fadum (1940). Metode kedua dinamakan metode akar waktu (*square root of time method*), yang diperkenalkan oleh Taylor (1942).

Prosedur umum untuk mendapatkan harga  $C_v$  dengan metode akar waktu pada gambar 3.10 adalah sebagai berikut ini.

- Gambarkan grafik hubungan penurunan vs akar waktu dari data hasil uji konsolidasi pada beban tertentu yang diterapkan.
- Titik  $U = 0\%$  diperoleh dengan memperpanjang garis dari bagian awal kurva yang lurus sehingga memotong ordinat di titik  $P$  dan memotong absis di titik  $Q$ . Anggapan kurva awal berupa garis lurus adalah konsisten dengan anggapan bahwa kurva awal berbentuk parabola
- Garis lurus  $PR$  di gambar dengan absis  $OR$  sama dengan 1,15 kali absis  $OQ$ . Perpotongan dari  $PR$  dan kurva merupakan titik  $R_{90}$  pada absis. Dari sini diperoleh  $\sqrt{t_{90}}$ .
- $T_v$  untuk derajat konsolidasi  $U = 90\%$  adalah 0,848. pada keadaan ini koefisien konsolidasi  $C_v$  dinyatakan oleh persamaan :

$$C_v = \frac{0,848 \cdot d^2}{t_{90}}$$

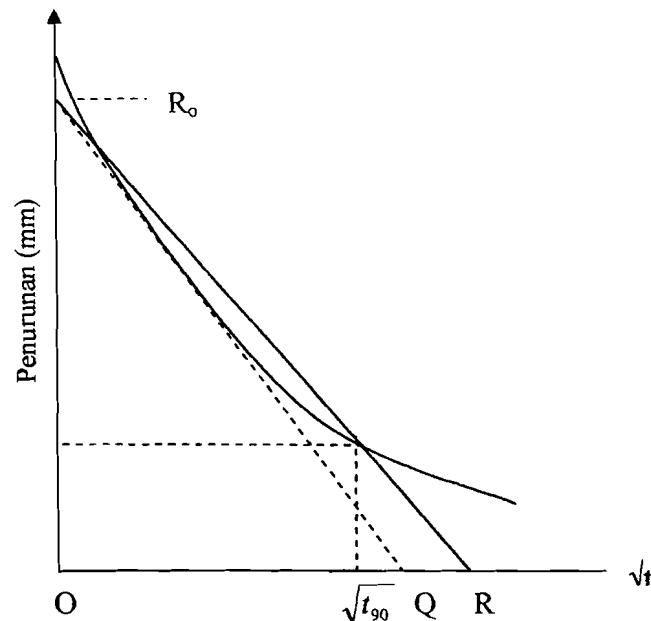
Dengan :

$C_v$  = koefisien konsolidasi arah vertikal

$T_{90}$  = waktu untuk tercapainya konsolidasi 90 %

$d$  =  $H$  untuk aliran satu arah

=  $\frac{1}{2} H$  untuk aliran dua arah



**Gambar 3.10** Metode Akar Waktu (Tayllor,1948)

### 3.8 Penurunan

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Sebagian besar penurunan diakibatkan oleh pengurangan angka pori. Hampir semua jenis tanah akan berkurang angka porinya ( $e$ ), bila beban vertikal bertambah dan akan bertambah angka porinya bila bebannya dikurangi. Tambahan tegangan di dalam tanah akibat beban fondasi bangunan akan selalu diikuti oleh regangan yang menghasilkan penurunan pada struktur.

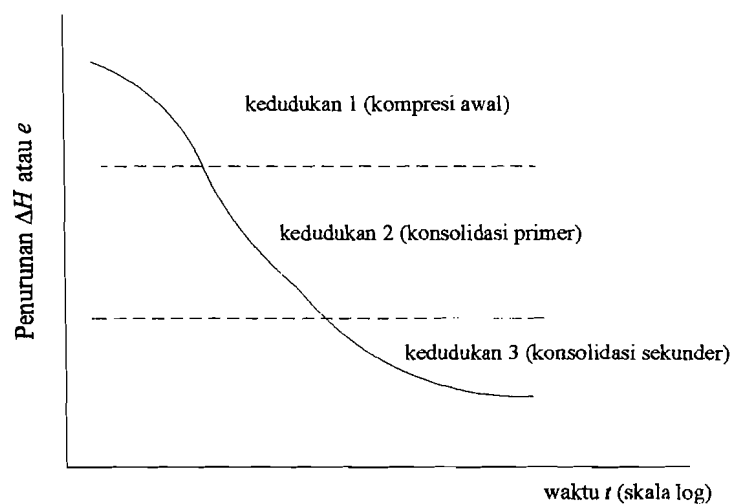
Ada beberapa sebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja di atas tanah :

1. Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah.
2. Kerusakan atau terjadi defleksi yang besar pada fondasi.
3. Distorsi geser (*shear distortion*) dari tanah pendukungnya.
4. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.

Secara umum menurut Braja M. Das, 1988, penurunan (*settlement*) pada tanah disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu

1. Penurunan segera (*immedite settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Penurunan segera banyak diperhatikan pada fondasi bangunan yang terletak pada tanah granuler atau tanah berbutir kasar
2. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Penurunan konsolidasi terbagi atas penurunan konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder

Penurunan konsolidasi terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak dibawah muka air tanah. Penurunan yang terjadi memerlukan waktu yang lamanya tergantung pada kondisi lapisan tanahnya. Seperti pada gambar dibawah ini :



**Gambar 3.11** sifat khusus grafik hubungan  $\Delta H$  atau  $e$  terhadap  $\log t$   
(H.C. Hardiyatmo, 2003)

Dari gambar diatas dapat dilihat penurunan konsolidasi terbagi dari tiga kedudukan atau tiga fase yaitu :

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

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

Untuk perhitungan penurunan konsolidasi primer ditinjau dari lapisan tanah lempung jenuh dengan dengan tebal  $H$ . Akibat adanya beban yang bekerja, lapisan tanah menerima tambahan tegangan sebesar  $\Delta p$ . Dianggap regangan arah lateral adalah nol. Pada akhir konsolidasi, terdapat tambahan tegangan efektif vertikal sebesar  $(\Delta p)$ . Sebagai akibat penambahan tegangan dari  $p_o'$  ke  $p_l'$  (dengan  $p_l' = p_o' + \Delta p$ ) terjadi pengurangan angka pori dari  $e_o$  ke  $e_l$ . pengurangan volume persatuan volume lempung dinyatakan oleh persamaan angka pori sebagai berikut :

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta H}{H} = \frac{e_o - e_l}{1 + e_o} = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \dots\dots\dots(3.22)$$

- Dengan :  $V$  = volume awal  
 $H$  = tebal lapisan tanah awal  
 $\Delta V$  = perubahan volume  
 $\Delta H$  = perubahan tebal  
 $e_o$  = angka pori awal  
 $e_l$  = angka pori pada perubahan volume tertentu  
 $\Delta e$  = perubahan angka pori

Karena regangan lateral nol, pengurangan volume per volume satuan sama dengan pengurangan tebal persatuan tebalnya, yaitu penurunan persatuan ketinggian atau panjangnya. besarnya penurunan lapisan tanah setebal  $H$  dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$S_c = \frac{e_o - e_l}{1 + e_o} H = \frac{\Delta e}{1 + e_o} H \dots\dots\dots(3.23)$$

Dengan  $S_c$  = penurunan konsolidasi primer total atau ultimit

Untuk lempung tertentu, penurunan konsolidasi primer total dinyatakan oleh persamaan-persamaan berikut ini. Bila didefinisikan :  $p_1' = p_o' + \Delta p$

- a. penurunan untuk lempung *normally consolidated* ( $p_c' = p_o'$ ) dengan tegangan efektif sebesar  $p_1'$ ,

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_1'}{p_o'} \dots\dots\dots(3.24)$$

- b. untuk lempung *overconsolidated* ( $p_c' > p_o'$ ) penurunan konsolidasi primer total dinyatakan oleh persamaan yang bergantung nilai  $p_1'$ :

1. Bila,  $p_1' < p_c'$

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_1'}{p_o'} \dots\dots\dots(3.25)$$

2. Bila,  $p_1' > p_c'$

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_c'}{p_o'} + C_c \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_1'}{p_c'} \dots\dots\dots(3.26)$$

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p} \text{ pada kurva penambahan beban atau pada } p' > p_c'$$

$$C_r = \frac{\Delta e}{\Delta \log p} \text{ pada kurva pelepasan beban atau pada } p' < p_c'$$

Dengan :  $C_r$  = indeks pemampatan kembali

$C_c$  = indeks pemampatan

$H$  = tebal lapisan tanah

$p_c'$  = tekanan prakonsolidasi

$e_o$  = angka pori awal

$\Delta p$  = tambahan tegangan akibat beban fondasi

$p_o'$  = tekanan *overburden* efektif mula-mula sebelum dibebani

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Metode Pelaksanaan Penelitian

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

#### 4.1.1 Pekerjaan Persiapan

Sebagai awal dalam pelaksanaan penelitian ini, maka dilakukan pekerjaan persiapan. Pekerjaan ini meliputi studi pendahuluan, penentuan tempat pengambilan sampel tanah lempung dan bahan stabilisasi, konsultasi dan koordinasi dengan narasumber yang terkait, pengurusan perijinan penelitian dan pengajuan proposal.

#### 4.1.2 Pekerjaan Lapangan

Pada tahap ini pekerjaan yang dilakukan adalah pengambilan sampel yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian yaitu tanah lempung berjenis *expansif*. Yang pengambilannya dilakukan dengan cara terganggu (*disturb*), dan tidak terganggu (*undisturb*). Pengambilan sampel tanah terganggu tidak perlu ada usaha atau perlakuan khusus yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut. Sedangkan untuk sampel tanah tak terganggu memerlukan perlakuan khusus yaitu pengambilannya menggunakan tabung berupa silinder berdinding tipis dengan diameter tertentu, yang bertujuan untuk mengetahui kadar air asli dilapangan. Dan diusahakan susunan tanahnya tetap sama, sehingga sifat-sifat asli tanahnya masih tetap utuh. Sedangkan pengambilan sampel lumpur lapindo sebagai bahan stabilisasi diambil dari daerah Porong, Sidoarjo, Jawa Timur yang berada tidak jauh dari pusat semburan lumpur yang terjadi.



### 4.1.3 Pekerjaan Laboratorium

Tahap ini berupa pengujian tanah sampel dan lumpur lapindo yang meliputi pemeriksaan atau pengujian sifat-sifat fisik dan sifat mekanis yang terdiri dari :

#### 4.1.3.1 Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah

##### 1. Pengujian Kadar Air

- a. Tujuan Percobaan : Menguji dan menentukan kadar air sampel tanah.
- b. Alat-alat yang digunakan :
  1. Timbangan / neraca ketelitian 0,01 gram.
  2. Oven.
  3. Desikator.
  4. Cawan.



Gambar 4.1 Peralatan Pengujian Kadar air

- c. Prosedur Pelaksanaan :
  1. Cawan dibersihkan, kemudian ditimbang beratnya ( $W_1$ ) gram.
  2. Sampel tanah dimasukkan dalam cawan dan ditimbang beratnya ( $W_2$ ) gram.
  3. Setelah dioven selama 16-24 jam, tanah didinginkan dalam desikator.
  4. Setelah dingin tanah kering dan cawan ditimbang beratnya ( $W_3$ ) gram.

5. Hitung kadar air ( $w$ ), dengan rumus :

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

Keterangan :  $w$  = kadar air  
 $W1$  = berat cawan  
 $W2$  = berat cawan + tanah basah  
 $W3$  = berat cawan + tanah kering

## 2. Pengujian berat jenis

a. Tujuan percobaan

Menentukan berat jenis sampel tanah yaitu pebandingan berat butir tanah dengan berat air destilasi diudara pada volume yang sama dengan temperatur tertentu (27,5° C).

b. Alat-alat yang digunakan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
2. Piknometer.
3. Oven, Desikator.
4. Mortar ( Cawan Porselin), spatel (Penumbuk berkepala karet/kayu ).
5. Saringan no. 40
6. Termometer.
7. Air destilasi (dalam *wash bottle*).



**Gambar 4.2** Peralatan Pengujian Berat Jenis

c. Prosedur Pelaksanaan :

1. Membersihkan dan mengeringkan seluruh piknometer, kemudian ditimbang beratnya ( $W_1$ ) gram.
2. Menghancurkan sampel tanah dalam mortar, kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam.
3. Setelah sampel tanah kering, diambil dan didinginkan dalam desikator selama 10 sampai 15 menit, setelah dingin dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak 10 gram, piknometer beserta tutupnya ditimbang beratnya ( $W_2$ ) gram.
4. Menambahkan air destilasi ke dalam piknometer sampai dengan  $\frac{1}{2}$  atau  $\frac{1}{3}$  penuh, kemudian piknometer dipanaskan selama 10 sampai 15 menit dengan sesekali piknometer dimiringkan untuk membantu keluarnya udara yang terperangkap diantara butir-butir tanah, kemudian didinginkan.
5. Menambahkan air destilasi ke dalam piknometer sampai penuh, diukur suhu air dan ditutup kemudian ditimbang beratnya ( $W_3$ ) gram.
6. Mengosongkan dan membersihkan piknometer, kemudian diisi air destilasi sampai penuh dan ditimbang beratnya ( $W_4$ ) gram.
- 7 Menghitung berat volume kemudian dihitung berat jenisnya. Dengan rumus:

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots(4.2)$$

Keterangan :  $W_1$  = berat piknometer

$W_2$  = berat piknometer + tanah kering

$W_3$  = berat piknometer + tanah + air

$W_4$  = berat piknometer + air

### 3. Pemeriksaan Batas Cair Tanah

#### a. Tujuan percobaan

Menentukan batas cair tanah, yaitu kadar air tanah pada keadaan antara cair dan plastis.

#### b. Alat-alat yang digunakan :

1. Mangkuk Cassagrande
2. Alat Pembarut (*grooving tool*)
3. Mortar dan spatel
4. Saringan no. 40
5. Air destilasi
6. Satu set alat pemeriksa kadar air



**Gambar 4.3** Peralatan Pengujian Batas cair

#### c. Prosedur Pelaksanaan

1. Sampel tanah yang lolos saringan no. 40 dicampur dengan air dalam mortar, kemudian diaduk dengan spatel hingga homogen.
2. Memasukkan sampel tanah kedalam mangkuk Cassagrande dan meratakannya dengan spatel.
3. Membelah tepat ditengah sampel tanah menjadi dua bagian yang simetris dengan alat pembarut.
4. Memutar pegangan mangkuk Cassagrande dengan kecepatan 2 pukulan perdetik sehingga mangkuk terangkat dan jatuh dengan

ketinggian 1 cm, pemutaran pegangan mangkuk dilakukan hingga belahan kedua tanah bertemu sepanjang 12,7 mm (1/2") sambil dihitung jumlah pukulannya.

5. Mengambil sebagian sampel untuk dicari kadar airnya, untuk menentukan batas cair ditentukan empat kali percobaan yang dibuat dengan dua variasi di bawah 25 kali pukulan dan dua variasi diatas 25 kali pukulan. Dengan rumus :

$$w = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan :  $w$  = kadar air

$W1$  = berat cawan

$W2$  = berat cawan + tanah basah

$W3$  = berat cawan + tanah kering

6. Dari masing-masing kadar air kemudian dihubungkan untuk mencari kadar air pada jumlah ketukan 25, yaitu dengan membuat kurva hubungan antara kadar air dengan banyaknya pukulan.

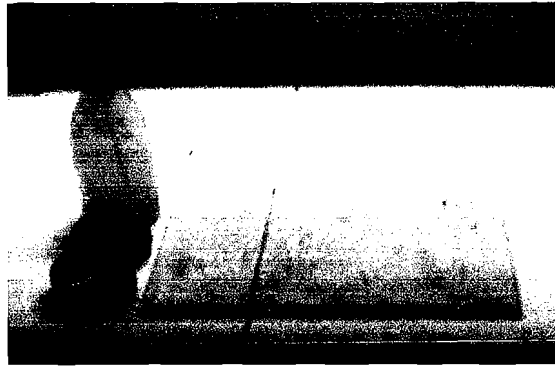
#### 4. Pemeriksaan Batas Plastis Tanah

##### a. Tujuan Percobaan

Menentukan batas plastis tanah, yaitu kadar air minimum bagi tanah tersebut yang masih dalam keadaan plastis.

##### b. Alat-alat yang digunakan

1. pelat kaca
2. Mortar dan spatel
3. Saringan no. 40
4. Seperangkat alat pengujian kadar air.



**Gambar 4.4** Peralatan Pengujian Batas Plastis

c. **Prosedur Pelaksanaan**

1. Mencampur tanah dengan air destilasi secara merata dalam mortar hingga tanah mudah dibentuk, kemudian membuat bulatan tanah sedemikian rupa sehingga tidak lengket bila ditckan dengan tangan dan tidak melekat pada pelat kaca.
2. Menggelintir tanah tersebut di atas pelat kaca hingga mencapai diameter 3 mm dan kelihatan mulai retak-retak. Serta tidak dapat dibuat batangan tanah dengan diameter lebih kecil dari 3 mm.
3. Menentukan kadar air dari pilinan tanah yang telah retak tersebut sesuai dengan rumus :

$$w = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\% \dots\dots\dots(4.4)$$

Keterangan :     $w$     = kadar air  
                            $W1$     = berat cawan  
                            $W2$     = berat cawan + tanah basah  
                            $W3$     = berat cawan + tanah kering

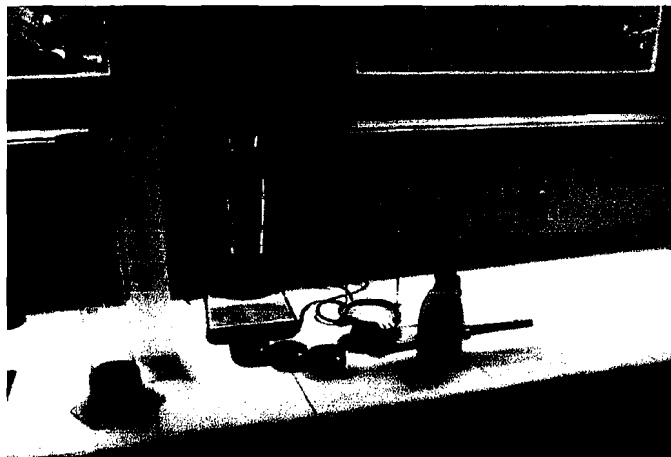
**5. Pengujian Analisis Hidrometer**

a. **Tujuan percobaan**

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

**b. Alat-alat yang digunakan**

1. Hidrometer
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Gelas silinder kapasitas 1000 cc dengan diameter 6,35 cm, tinggi 45,70 cm
4. Alat pengaduk suspensi
5. Mortar dan spatel
6. Termometer, stopwatch, air destilasi
7. Bahan reagen (water glass) dan oven.



**Gambar 4.5** Peralatan Pengujian Analisis Hidrometer

**c. Prosedur Pelaksanaan**

1. Membuat larutan standar yaitu diambil dari reagen sebanyak 2 gram, kemudian dilarutkan dalam 300 cc air destilasi hingga larut pada gelas ukur.
2. Membuat suspensi (campuran sampel tanah dengan larutan standar) yaitu diambil sampel tanah sebanyak kurang lebih 50-60 gram kering oven kemudian dimasukkan dalam gelas ukur dan direndam selama  $\pm 30$  menit.
3. Rendaman sampel tanah kemudian diaduk dengan mixer selama  $\pm 10$  menit hingga menjadi suspensi, dan dimasukkan dalam tabung pengendapan lalu dikocok sebanyak 60 kali.

4. Setelah itu alat hydrometer dan termometer dimasukkan kedalam tabung secara perlahan-lahan sehingga tidak menimbulkan guncangan.
5. Lakukan pembacaan hidrometer sebagai berikut :
  - i. Kira-kira 20 atau 25 detik sebelum pembacaan suspensi, masukkan hidrometer secara hati-hati dan pelan-pelan sehingga tidak menimbulkan guncangan, kemudian skala dibaca yang ditunjuk oleh puncak meniskus muka air = R1
  - ii. setelah pembacaan R1 selesai dilakukan maka hidrometer dipindahkan secara pelan-pelan ketabung berikutnya dan dibaca skalanya = R2
  - iii. Setelah pembacaan hidrometer selesai, lalu diukur suhu suspensi dengan termometer.
  - iv. Pembacaan dilakukan pada setiap menit (T) ke 2, 5, 30, 60, 250, dan 1440 menit.
  - v. Setelah pembacaan terakhir, suspensi dituang diatas saringan no 200, kemudian sampel tanah yang tertahan dicuci dengan bantuan kuas sampai air yang keluar dari ayakan benar-benar bersih.

## **6. Pengujian Analisis Saringan**

### **a. Tujuan percobaan**

Menentukan persentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no. 200

### **b. Alat-alat yang digunakan**

1. Satu set saringan no : 10, 20, 40, 60, 140 dan 200 serta pan saringan
2. Kuas
3. Timbangan ketelitian 0,01 gr
4. Mesin Penggetar
5. Oven



c. Prosedur pelaksanaan

1. Dari pengujian Analisis Hidrometer, sudah didapatkan butiran tanah yang tertinggal pada saringan no. 200 yang sudah dikeringkan.
2. Butiran tanah yang tertahan pada saringan no. 200 disaring dengan satu set saringan yang disusun dengan urutan dari atas mulai no 10, 20, 40, 60, 140, 200 dan pan.
3. Letakkan susunan saringan tersebut pada mesin penggetar dan digetarkan selama 3-5 menit.
4. Timbang butir-butir tanah yang tertahan pada masing-masing saringan.

#### 4.1.3.2 Pengujian Sifat-Sifat Mekanis Tanah

##### 1. Pengujian Proktor Standar (Kepadatan Tanah)

a. Tujuan Percobaan

Mencari nilai kepadatan maksimum (Maximum Dry Density/MDD) dan kadar air optimum (Optimum Moisture Content/OMC) dari suatu sampel tanah.

b. Alat-alat yang digunakan :

1. Cetakan Silinder 102 mm (4 inc)
2. Alat pengeluar sampel tanah (ekstruder)
3. Timbangan kapasitas 11,5 kg dengan ketelitian 5 gram
4. Alat perata dari besi
5. Saringan 50 mm (2 inc), 19 mm (3/4 inc) dan no. 4
6. Talam, penumbuk dari kayu, pengaduk, sendok
7. Satu unit alat pengujian kadar air.



**Gambar 4.6** Alat Uji Proktor Standar

**c. Prosedur pelaksanaan**

1. Sampel tanah dikeringkan terlebih dahulu kemudian ditumbuk dan disaring menggunakan saringan no. 4
2. Benda uji dibagi menjadi 6 bagian kemudian dicampur air dan diaduk sampai merata. Penambahan air harus diatur sehingga diperoleh tiga sampel memiliki kadar air dibawah optimum dan tiga sampel lainnya diatas optimum. Kemudian dimasukkan dalam plastik dan disimpan selama 12 jam sampai kadar air merata.
3. Ditimbang cetakan dan keping alas dengan ketelitian 5 gram (W1 gram).
4. Cetakan , leher dan keping alas dipasang jadi satu dan ditempatkan pada landasan yang kokoh.
5. Salah satu dari sampel yang sudah disiapkan diambil, di aduk dan dipadatkan dalam cetakan dengan cara :
  - i. Jumlah seluruh tanah harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak lebih dari 5 mm
  - ii. Pemadatan dilakukan dengan alat tumbuk standart dengan berat 2,495 kg (5,5 lb) dengan tinggi jatuh 30,5 cm (12 inc)

- iii. Tanah dipadatkan dalam tiga lapis, tiap lapis ditumbuk dengan 25 kali tumbukan.
6. Leher sambung dilepas, potong kelebihan tanah dari bagian keliling dengan pisau perata. Timbang cetakan yang berisi benda uji beserta keping alas dengan ketelitian 5 gram (W2)
7. Benda uji dikeluarkan dengan alat ekstruder dan ambil sebagian kecil dari benda uji untuk pengujian kadar air kemudian ditentukan nilai kadar airnya. Untuk sampel tanah yang lain juga dilakukan hal yang sama.
8. Kemudian dihitung berat volume tanah basah, tanah kering, kurva hubungan antara kadar air ( $w$ ) dan berat volume kering sebagai ordinat ( $\gamma_d$ ), serta garis Zero Air Void (ZAV).

## 2. Pengujian Konsolidasi

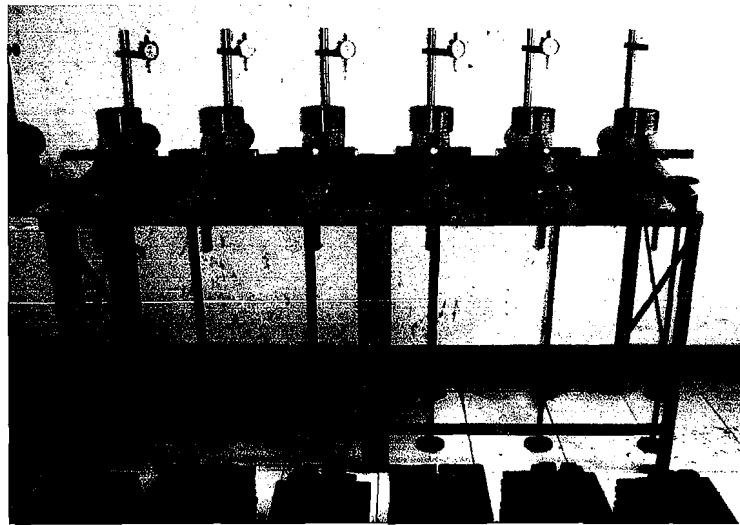
### a. Tujuan Percobaan

Untuk memperoleh data tanah tentang sifat pemampatan, perubahan isi dan proses keluarnya air dari dalam tanah karena adanya perubahan tekanan vertikal pada tanah tersebut guna memperkirakan kecepatan dan besar penurunan suatu konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah lempung.

### b. Alat-alat yang digunakan

1. Satu set alat konsolidasi (oedometer) yang terdiri dari alat pembebanan dan sel konsolidasi.
2. Arloji pengukur (*dial gauge*) dengan ketelitian 0,01 mm dan panjang gerak minimal 1 cm,
3. Beban-beban yang digunakan untuk pembebanan gantung.
4. Alat pengeluar contoh tanah (ekstruder).
5. Pemotong yang terdiri dari pisau tipis dan tajam serta gergaji kawat.
6. Neraca dengan ketelitian 0,10 dan 0,01 gram.
7. Oven dengan pengatur suhu sampai 110° C dan Stopwatch





**Gambar 4.7** Alat Uji Konsolidasi

**c. Prosedur Pelaksanaan**

**1. Persiapan**

- i. Cincin (bagian sel konsolidasi) dibersihkan dan dikeringkan, kemudian ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,10 gram
- ii. Sebelum contoh tanah dikeluarkan dari tabung, ujungnya diratakan dahulu dengan mengeluarkan contoh 1-2 cm. Kemudian dipotong dengan pisau. Permukaan ujung contoh harus rata dan tegak lurus sumbu.
- iii. Cincin dipasang pada pemegangnya, kemudian diatur sehingga bagian yang tajam berada 0,50 cm dari ujung tabung contoh.
- iv. Contoh dikeluarkan dari tabung dan langsung dimasukkan kedalam cincin dan ujungnya diratakan. Perataan harus dilakukan dengan hati-hati sehingga tidak menekan benda uji.

**2. Pelaksanaan**

- i. Benda uji dan cincin ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,01 gram.
- ii. Batu berpori bagian bawah dimasukkan kedalam cincin, dilapisi dengan kertas saring (filter) kemudian contoh tanah dimasukkan

dan dilapisi kertas filter dan terakhir ditutup dengan batu berpori, lalu dimasukkan ke dalam sel konsolidasi.

- iii. Sel konsolidasi yang sudah berisi benda uji diletakkan pada alat konsolidasi, sehingga bagian yang runcing plat penumpu menyentuh tepat pada alat pembebanan.
- iv. Kedudukan arloji pengukur diatur, kemudian dibaca dan dicatat.
- v. Beban pertama dipasang sehingga tekanan pada benda uji sebesar  $= 0,25 \text{ kg/cm}^2$ , kemudian arloji pengukur dibaca dan dicatat pada waktu : 5,40 detik, 15 detik, 29,40 detik, 1 menit, 2,25 menit, 4 menit, 6,25 menit, 9 menit, 12,25 menit, 16 menit, 25 menit, 36 menit, 49 menit, 1,04 jam, 1,21 jam, 1,40 jam, 2,01 jam, 2,24 jam, 3,45 jam, 6,40 jam dan 24 jam.  
Setelah 1 menit pembacaan, sel konsolidasi diisi dengan air.
- vi. Setelah pembacaan menunjukkan angka yang tetap atau setelah 24 jam, dicatat pembacaan arloji pengukur yang terakhir. Kemudian pasang beban yang kedua sebesar beban yang pertama, sehingga tekanan menjadi dua kali tekanan pertama  $= 0,50 \text{ kg/cm}^2$ . Baca dan catat arloji pengukur dengan interval waktu seperti di atas.
- vii. Untuk selanjutnya penambahan beban dilakukan dengan cara yang sama. Beban-beban tersebut harus menimbulkan tekanan normal terhadap benda uji berturut-turut sebesar  $= 0,25; 0,50; 1; 2; 4; 8$  dan  $16 \text{ kg/cm}^2$ .
- viii. Besar beban maksimum ini biasanya tergantung pada kebutuhan, sesuai dengan beban yang akan bekerja terhadap lapisan tanah tersebut. Setelah pembebanan maksimum dan sesudah menunjukkan pembacaan yang tetap, kurangilah beban dua langkah sampai mencapai beban yang pertama. Misal : Jika dipakai harga-harga tekanan dari:  $0,25$  sampai  $16 \text{ kg/cm}^2$ . maka sebaliknya beban dikurangi dari  $16,00$  menjadi  $4,00 \text{ kg/cm}^2$  sesudah itu dari  $4,00$  menjadi  $1,00 \text{ kg/cm}^2$  dan dari  $1,00$  menjadi

0,25 kg/cm<sup>2</sup>. Pada waktu beban dikurangi, setiap pembebanan harus dibiarkan bekerja sekurang-kurangnya selama 5 jam. Arloji pengukur hanya perlu dibaca sesudah 5 jam, yaitu sesaat sebelum beban dikurangi lagi.

- ix. Segera setelah pembacaan terakhir dicatat, keluarkanlah cincin dan benda uji dari sel konsolidasi. Ambillah batu pori bagian atas, benda uji dan batu pori bagian bawah. Kemudian keringkan permukaan atas dan bawah benda uji.
- x. Keluarkan benda uji dari cincin, kemudian timbang beratnya dan masukkan ke dalam oven untuk dihitung berat keringnya dan kadar airnya.
- xi. Kemudian dihitung berat tanah basah, berat isi dan kadar air benda uji sebelum dan sesudah percobaan serta berat tanah kering.

#### 4.2 Bahan Penelitian

Sampel tanah yang digunakan adalah tanah lempung yang bersifat ekspansif yaitu tanah yang memiliki sifat kembang susut yang tinggi. Tanah tersebut diambil dari daerah Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah. Sedangkan Lumpur Lapindo yang digunakan diambil dari daerah Siring, Porong, Sidoarjo, Jawa Timur.

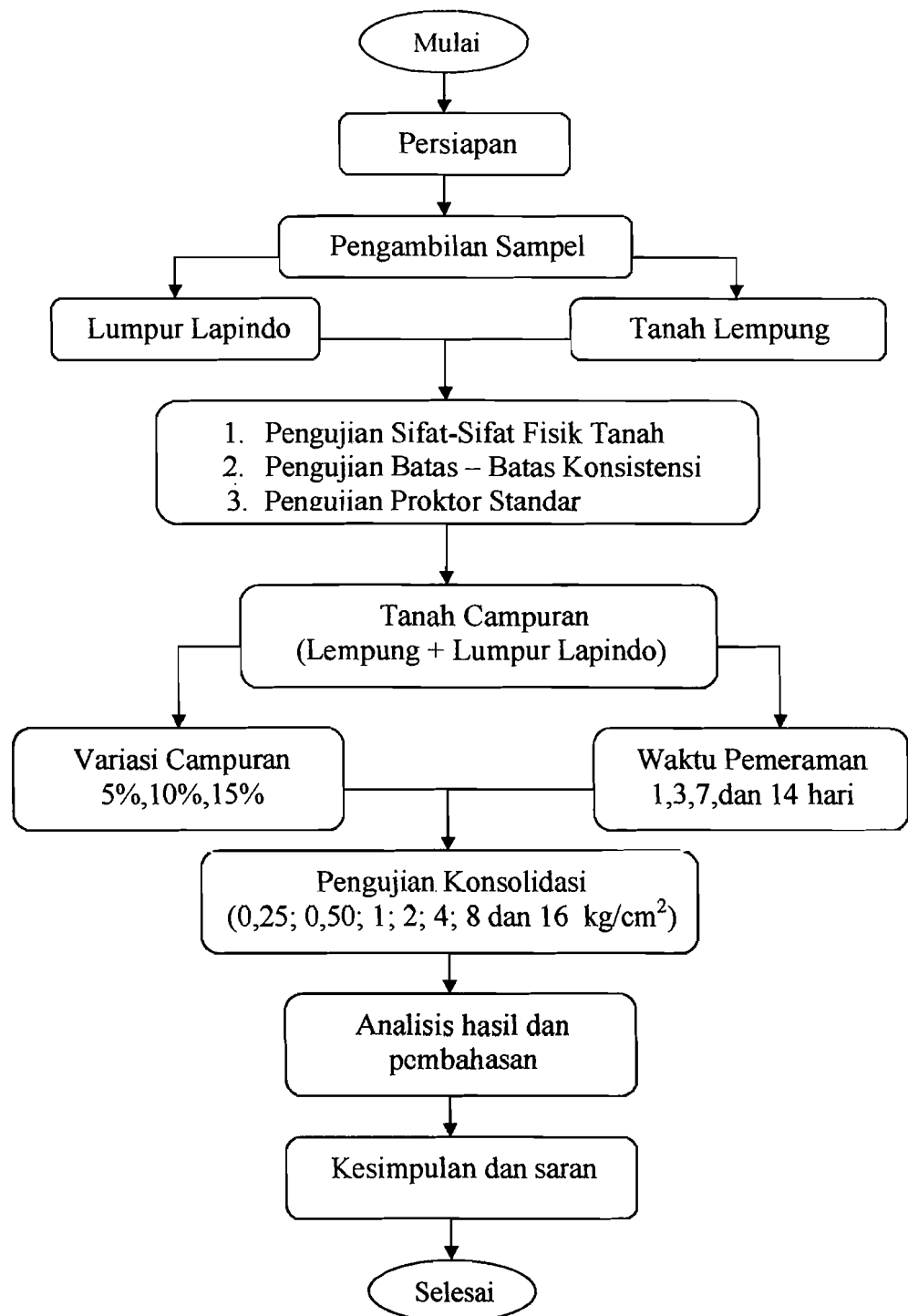
#### 4.3 Jumlah Sampel Pengujian

Adapun jumlah sampel pengujian yang dilakukan di Laboratorium seperti yang tertera pada Tabel 4.1 adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Jumlah sampel pengujian

No.	Jenis Pengujian	jumlah sampel	satuan
1	Analisis Distribusi Butiran	2	buah
2	Pengujian Kadar Air	2	buah
3	Pengujian Berat Volume	2	buah

4	Pengujian Berat Jenis	2	buah
5	Pengujian Batas Cair	2	buah
6	Pengujian Batas Plastis	2	buah
7	Pengujian Proktor	2	buah
8	Pengujian Konsolidasi Tanah Asli	2	buah
9	Pengujian Konsolidasi + 5 % Lumpur Lapindo		buah
	• Pemeraman 0 Hari	2	buah
	• Pemeraman 1 Hari	2	buah
	• Pemeraman 3 Hari	2	buah
	• Pemeraman 7 Hari	2	buah
	• Pemeraman 14 Hari	2	buah
10	Pengujian Konsolidasi + 10 % Lumpur Lapindo		buah
	• Pemeraman 0 Hari	2	buah
	• Pemeraman 1 Hari	2	buah
	• Pemeraman 3 Hari	2	buah
	• Pemeraman 7 Hari	2	buah
	• Pemeraman 14 Hari	2	buah
11	Pengujian Konsolidasi + 15% Lumpur Lapindo		
	• Pemeraman 0 Hari	2	buah
	• Pemeraman 1 Hari	2	buah
	• Pemeraman 3 Hari	2	buah
	• Pemeraman 7 Hari	2	buah
	• Pemeraman 14 Hari	2	buah



**Gambar 4.8** Bagan Alir Penelitian



## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN**

Bab ini akan menguraikan hasil penelitian yang telah didapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan dilaboratorium. Pengujian tersebut meliputi pengujian tentang sifat-sifat fisik dan mekanis tanah, serta pengujian konsolidasi pada tanah yang dicampur dengan lumpur Lapindo.

#### **5.1 Sifat Fisik Tanah**

Berdasarkan dari hasil penelitian sampel tanah yang berasal dari desa Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah mempunyai sifat fisik berwarna abu-abu, lengket dan berukuran  $< 0,002$  mm berdasarkan dari hasil pengujian analisis distribusi butiran.

#### **5.2. Pengujian Analisis Distribusi Butiran**

Pengujian ini terdiri dari pengujian analisis hidrometer dan analisis saringan, yang bertujuan untuk mengetahui prosentase dari masing-masing diameter butiran pada lumpur Lapindo dan tanah lempung.

##### **5.2.1 Pengujian Analisis Hidrometer**

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir untuk tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan no. 10. Adapun dari hasil pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, untuk lumpur Lapindo dan tanah lempung dapat dilihat berikut ini.

### 5.2.1.1 Pengujian Analisis Hidrometer Pada Lumpur Lapindo

Hasil pengujian hidrometer pada lumpur Lapindo dapat dilihat pada tabel

5.1 dan tabel 5.2 berikut ini :

**Tabel 5.1** Hasil pengujian analisis hidrometer pada lumpur Lapindo (Sampel 1)

Time T (menit)	R1	R2	t	$R'_{R1+m}$	L	K	D (mm)	$R_c = R1-R2+Cr$	$P_{K2 \times R}$ (%)
2	39	-2.0	27	40	9.746	0.0125	0.027647	42.3	70.83
5	36	-2.0	27	37	10.237	0.0125	0.017921	39.3	65.80
30	30	-2.0	27	31	11.219	0.0125	0.007659	33.3	55.76
60	24	-2.0	27	25	12.202	0.0125	0.005648	27.3	45.71
250	17	-2.0	27	18	13.348	0.0125	0.002894	20.3	33.99
1440	14	-2.0	27	15	13.839	0.0125	0.001228	17.3	28.97

**Tabel 5.2** Hasil pengujian analisis hidrometer pada lumpur Lapindo (Sampel 2)

Time T (menit)	R1	R2	t	$R'_{R1+m}$	L	K	D (mm)	$R_c = R1-R2+Cr$	$P_{K2 \times R}$ (%)
2	41	-2.0	27	42	9.418	0.0126	0.027262	44.3	74.35
5	36	-2.0	27	37	10.237	0.0126	0.017976	39.3	65.96
30	32	-2.0	27	33	10.892	0.0126	0.007570	35.3	59.24
60	26	-2.0	27	27	11.874	0.0126	0.005589	29.3	49.17
250	17	-2.0	27	18	13.348	0.0126	0.002903	20.3	34.07
1440	12	-2.0	27	13	14.166	0.0126	0.001246	15.3	25.68

### 5.2.1.2 Pengujian Analisis Hidrometer Pada Tanah Lempung

Untuk hasil pengujian hidrometer pada tanah lempung dapat dilihat pada tabel 5.3 dan tabel 5.4 berikut ini :

**Tabel 5.3** Hasil pengujian analisis hidrometer pada tanah lempung (Sampel 1)

Time T (menit)	R1	R2	t	$R'_{R1+m}$	L	K	D (mm)	$R_c = R1-R2+Cr$	$P_{K2 \times R}$ (%)
2	52	-2.0	26	53	7.617	0.0129	0.025237	55.3	93.71
5	52	-2.0	26	53	7.617	0.0129	0.015961	55.3	93.71
30	48	-2.0	26	49	8.272	0.0129	0.006791	51.3	86.93
60	46	-2.0	26	47	8.600	0.0129	0.004896	49.3	83.54
250	42	-2.0	26	43	9.254	0.0129	0.002488	45.3	76.76
1440	39	-2.0	26	40	9.746	0.0129	0.001064	42.3	71.68

**Tabel 5.4** Hasil pengujian analisis hidrometer pada tanah lempung (Sampel 2)

Time T (menit)	R1	R2	t	R' R1 + m	L	K	D (mm)	Rc = R1-R2+Cr	P K2 x R (%)
2	53	-2.0	26	54	7.453	0.0129	0.024964	56.3	95.40
5	52	-2.0	26	53	7.617	0.0129	0.015961	55.3	93.71
30	49	-2.0	26	50	8.108	0.0129	0.006723	52.3	88.62
60	47	-2.0	26	48	8.436	0.0129	0.004849	50.3	85.23
250	43	-2.0	26	44	9.091	0.0129	0.002466	46.3	78.46
1440	38	-2.0	26	39	9.909	0.0129	0.001073	41.3	69.98

### 5.2.2 Pengujian Analisis Saringan

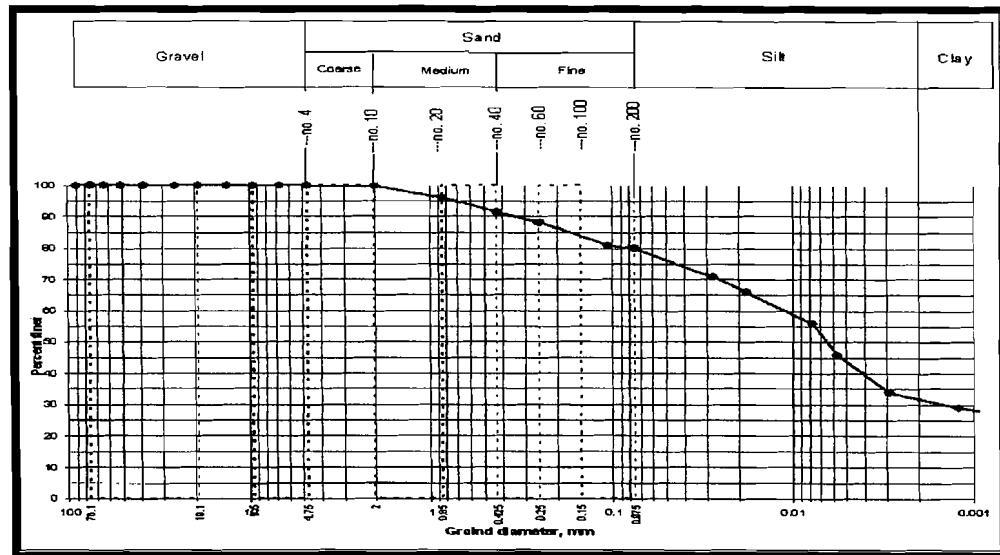
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui diameter butir-butir tanah yang lebih dari 0,075 mm atau yang tertahan saringan no. 200. sehingga jenis tanah yang digunakan untuk sampel pada tanah lempung dan lumpur Lapindo dapat diketahui melalui pengujian ini. Adapun hasil pengujian analisis saringan dapat dilihat berikut ini :

#### 5.2.2.1 Pengujian Analisis Saringan Pada Lumpur Lapindo

Untuk hasil pengujian analisis saringan pada lumpur Lapindo dapat dilihat pada tabel 5.5, tabel 5.6, gambar 5.1 dan gambar 5.2 berikut ini :

**Tabel 5.5** Hasil pengujian analisis saringan pada lumpur Lapindo (sampel 1)

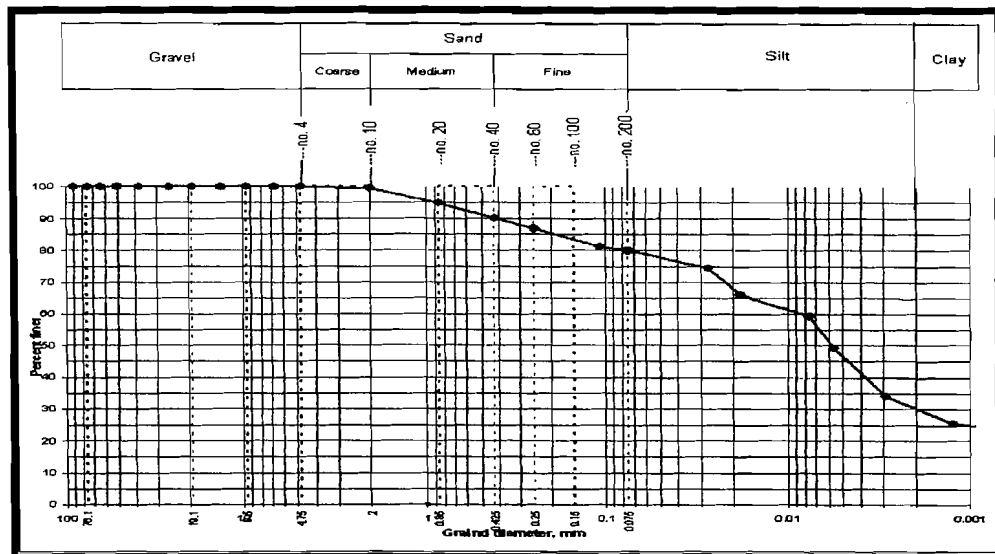
No Saringan	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat lolos (gr)	Persen berat lebih kecil
3/4	19	0.00	e1 = 60.00	100.00
	13.2	0.00	e2 = 60.00	100.00
3/8	9.5	0.00	e3 = 60.00	100.00
1/4	6.7	0.00	e4 = 60.00	100.00
4	4.750	d1 = 0.00	e5 = 60.00	100.00
10	2.000	d2 = 0.21	e6 = 59.79	99.65
20	0.850	d3 = 2.07	e7 = 57.72	96.20
40	0.425	d4 = 2.80	e8 = 54.92	91.53
60	0.250	d5 = 2.06	e9 = 52.86	88.10
140	0.106	d6 = 4.32	e10 = 48.54	80.90
200	0.075	d7 = 0.61	e11 = 47.93	79.88



Gambar 5.1 Grafik analisis butiran pada lumpur Lapindo (sampel 1)

Tabel 5.6 Hasil pengujian analisis saringan pada lumpur Lapindo (sampel 2)

No Saringan	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat lolos (gr)	Persen berat lebih kecil
3/4	19	0.00	e1 = 60.00	100.00
	13.2	0.00	e2 = 60.00	100.00
3/8	9.5	0.00	e3 = 60.00	100.00
1/4	6.7	0.00	e4 = 60.00	100.00
4	4.750	d1 = 0.00	e5 = 60.00	100.00
10	2.000	d2 = 0.46	e6 = 59.54	99.23
20	0.850	d3 = 2.61	e7 = 56.93	94.88
40	0.425	d4 = 2.88	e8 = 54.05	90.08
60	0.250	d5 = 1.89	e9 = 52.16	86.93
140	0.106	d6 = 3.55	e10 = 48.61	81.02
200	0.075	d7 = 0.63	e11 = 47.98	79.97



**Gambar 5.2** Grafik analisis butiran pada lumpur Lapindo (sampel 2)

Berdasarkan dari hasil pengujian analisis hidrometer dan analisis saringan yang telah didapatkan dari kedua sampel diatas , maka berdasarkan gambar 5.1 dan 5.2 didapatkan prosentase dari masing-masing jenis tanah pada lumpur Lapindo sebagai berikut :

**Tabel 5.7** Prosentase hasil uji analisis butiran Lumpur Lapindo

Sampel	Pasir (%)	Lanau (%)	Lempung (%)
1	21.40	48.63	29.97
2	20.03	49.97	30.00
<b>Rata-rata</b>	<b>20.72</b>	<b>49.30</b>	<b>29.98</b>

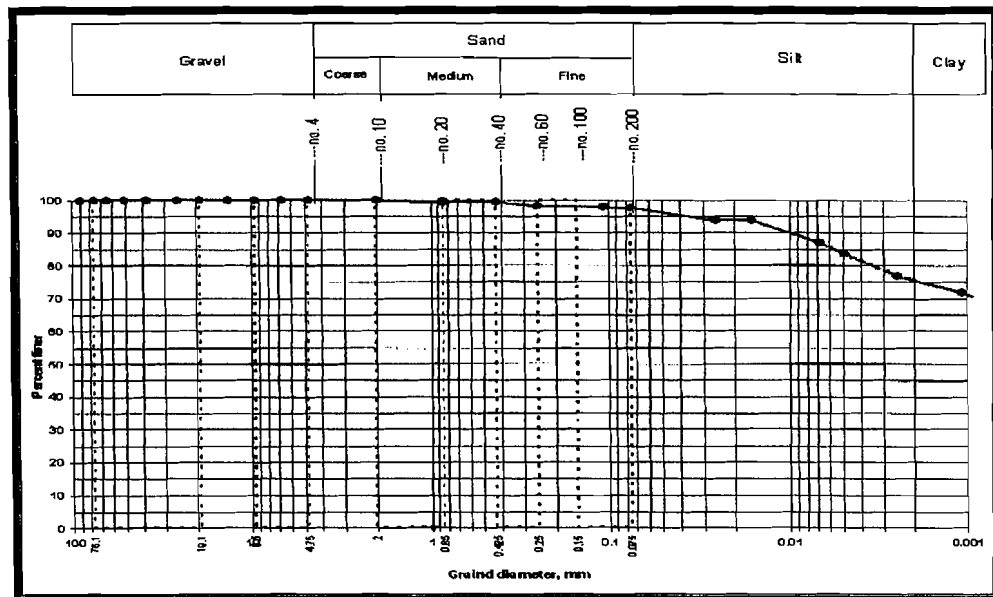
Dari hasil prosentase rata-rata diatas dapat dilihat bahwa jumlah prosentase tanah berbutir halus pada lumpur Lapindo adalah sebesar 79.28 % yaitu jumlah prosentase dari tanah lanau sebesar 49.30% dan tanah lempung sebesar 29.98 %. Sedangkan untuk tanah berbutir kasar didapatkan sebesar 20.72% yang terdiri dari pasir.

### 5.2.2.2 Pengujian Analisis Saringan Pada Tanah Lempung

Untuk hasil pengujian analisis saringan pada tanah lempung dapat dilihat pada tabel 5.8, tabel 5.9, gambar 5.3, dan gambar 5.4 berikut ini :

**Tabel 5.8** Hasil pengujian analisis saringan pada tanah lempung

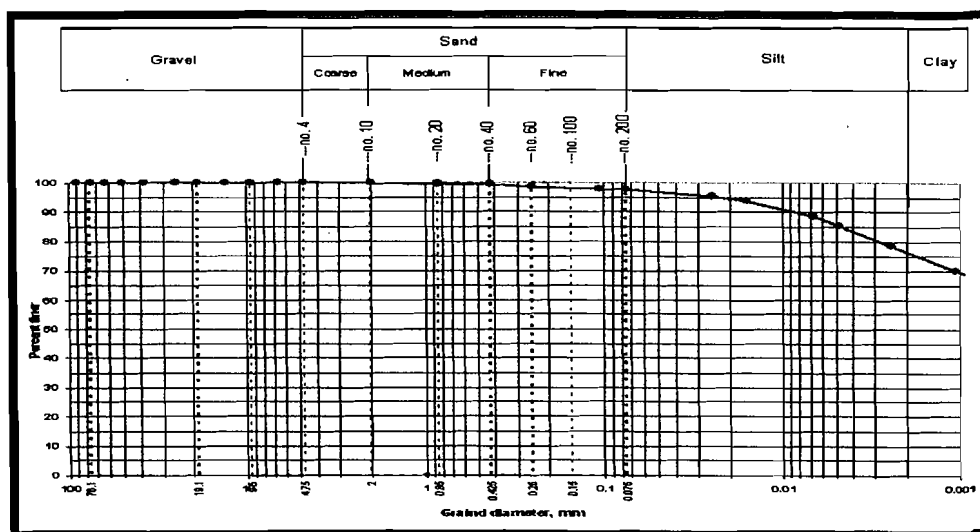
No Saringan	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat lolos (gr)	Persen berat lebih kecil
3/4	19	0.00	e1 = 60.00	100.00
	13.2	0.00	e2 = 60.00	100.00
3/8	9.5	0.00	e3 = 60.00	100.00
1/4	6.7	0.00	e4 = 60.00	100.00
4	4.750	d1 = 0.00	e5 = 60.00	100.00
10	2.000	d2 = 0.04	e6 = 59.96	99.93
20	0.850	d3 = 0.22	e7 = 59.74	99.57
40	0.425	d4 = 0.13	e8 = 59.61	99.35
60	0.250	d5 = 0.58	e9 = 59.03	98.38
140	0.106	d6 = 0.34	e10 = 58.69	97.82
200	0.075	d7 = 0.19	e11 = 58.50	97.50



**Gambar 5.3** Grafik Analisis Butiran pada Tanah Lempung (sampel 1)

**Tabel 5.9** Hasil pengujian analisis saringan pada tanah lempung

No Saringan	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat lolos (gr)	Persen berat lebih kecil
3/4	19	0.00	e1 = 60.00	100.00
	13.2	0.00	e2 = 60.00	100.00
3/8	9.5	0.00	e3 = 60.00	100.00
1/4	6.7	0.00	e4 = 60.00	100.00
4	4.750	d1 = 0.00	e5 = 60.00	100.00
10	2.000	d2 = 0.05	e6 = 59.95	99.92
20	0.850	d3 = 0.18	e7 = 59.77	99.62
40	0.425	d4 = 0.11	e8 = 59.66	99.43
60	0.250	d5 = 0.60	e9 = 59.06	98.43
140	0.106	d6 = 0.37	e10 = 58.69	97.82
200	0.075	d7 = 0.21	e11 = 58.48	97.47

**Gambar 5.4** Grafik Analisis Butiran pada Tanah Lempung (sampel 2)

Berdasarkan dari hasil pengujian analisis hidrometer dan analisis saringan yang telah didapatkan dari kedua sampel diatas , maka berdasarkan gambar 5.3 dan 5.4 didapatkan prosentase dari masing-masing jenis tanah pada tanah lempung sebagai berikut :

**Tabel 5.10** Prosentase hasil uji analisis butiran tanah

Sampel	Pasir (%)	Lanau (%)	Lempung (%)
1	2.50	22.04	75.46
2	2.53	21.14	76.32
<b>Rata-rata</b>	<b>2.52</b>	<b>21.59</b>	<b>75.89</b>

Dari hasil prosentase rata-rata diatas dapat dilihat bahwa jumlah prosentase tanah berbutir halus adalah sebesar 97.48% yaitu jumlah prosentase dari tanah lanau sebesar 21.59 % dan tanah lempung sebesar 75.89 %. Sedangkan untuk tanah berbutir kasar didapatkan sebesar 2.52 % yang terdiri dari pasir.

### 5.3 Sifat Mekanis Tanah

#### 5.3.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar air yang terkandung pada sampel tanah. Adapun hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 5.11 berikut ini :

**Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kadar Air**

No	No Pengujian	1	2	3	4
1	Berat Container (W1) gr	12.85	12.67	12.75	12.78
2	Berat Container + Tanah Basah (W2) gr	72.85	72.67	66.93	71.11
3	Berat Container + Tanah Kering (W3) gr	50.87	50.57	46.97	49.84
4	Berat Air (Wa) gr	21.98	22.10	19.96	21.27
5	Berat Tanah Kering (Wt) gr	38.02	37.90	34.22	37.06
6	Kadar Air (Wa/Wt) x 100%	57.81	58.31	58.33	57.39
7	Kadar Air rata-rata (%)	<b>57.96</b>			

Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa kadar air tanah sampel yang diambil dari daerah Purworejo sebesar 57.96 %.

#### 5.3.2 Pengujian Berat Volume

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perbandingan antara berat tanah termasuk air yang dikandungnya dengan volume tanah seluruhnya. Hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada tabel 5.12 berikut ini :



**Tabel 5.12** Hasil Pengujian Berat Volume

No	No Pengujian	1	2
1	Diameter ring (d)	6.25	6.19
2	Tinggi cincin (t)	1.99	2.37
3	Volume ring (V)	61.021	71.285
4	Berat ring (W1)	67.51	82.41
5	Berat ring + tanah basah (W2)	185.72	211.48
6	Berat tanah basah (W2-W1)	118.21	129.07
7	Berat volume tanah (v)	1.937	1.811
8	Berat volume rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.874</b>	

Berdasarkan hasil pengujian berat volume tanah maka didapatkan tanah sampel yang digunakan mempunyai berat volume sebesar 1.874 gr/cm<sup>3</sup>.

### 5.3.3 Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada suhu tertentu, biasanya diambil suhu 27° C. Hasil pengujian dari berat jenis tanah lempung dapat dilihat pada tabel 5.13 berikut ini :

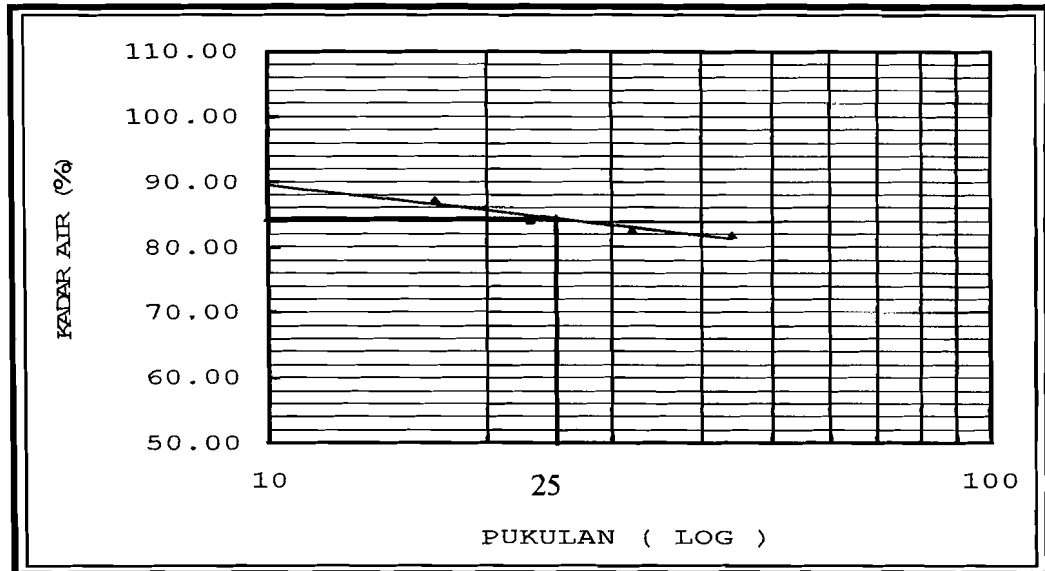
**Tabel 5.13** Hasil Pengujian Berat Jenis

No	No. Pengujian	1	2	3	4
1	Berat Piknometer (W1)	18.98	18.19	18.36	18.60
2	Berat Piknometer + Tanah Kering (W2)	28.63	27.14	27.34	28.23
3	Berat Piknometer + Tanah + Air (W3)	49.62	48.21	48.20	48.56
4	Berat Piknometer + Air (W4)	43.78	42.67	42.70	42.67
5	Temperatur (t°)	25	25	25	25
6	Bj air pada temperatur	0.99708	0.99708	0.99682	0.99682
7	Bj air pada 27.5 °C	0.99641	0.99641	0.99641	0.99641
8	Berat tanah kering (Wt)	9.65	8.95	8.98	9.63
9	A = Wt + W4	53.43	51.62	51.68	52.3
10	I = A - W3	3.81	3.41	3.48	3.74
11	Berat jenis, Gs (t°) = Wt/I	2.53	2.62	2.58	2.57
12	Gs pada 27.5°C = Gs(t°) . [Bj air °t / Bj air t 27.5]	2.535	2.626	2.582	2.576
13	Berat jenis rata-rata Gs	<b>2.58</b>			

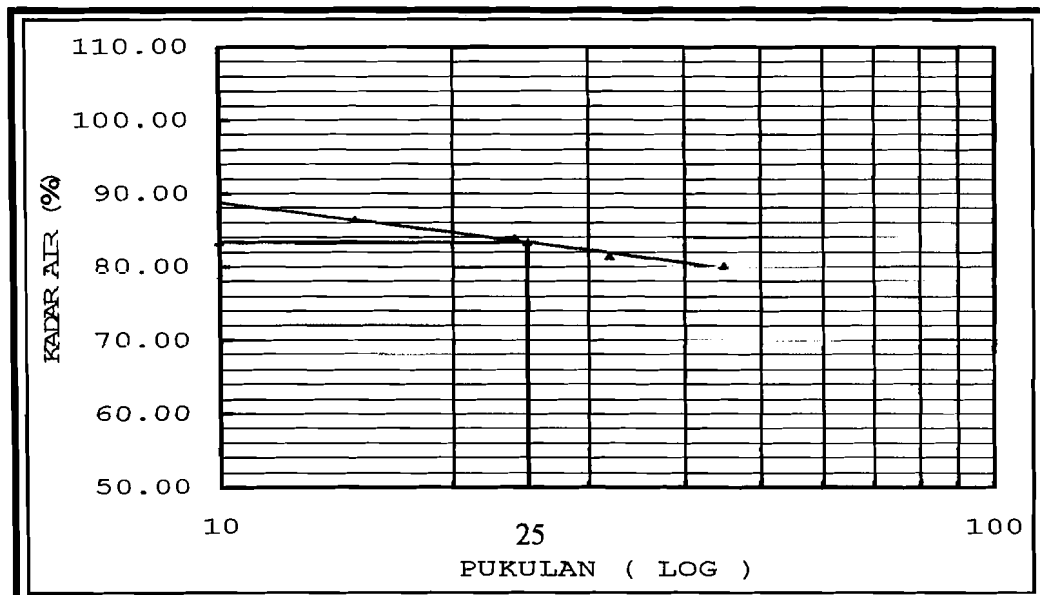
Dari hasil pengujian berat jenis yang dilakukan maka diketahui berat jenis sampel tanah yang berasal dari Purworejo sebesar 2.58.

### 5.3.4 Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit* atau LL)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas cair tanah dan untuk mengetahui jenis serta sifat-sifat tanah dari bagian tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan no.40. Adapun hasil pengujian batas cair dapat dilihat pada gambar 5.5 dan 5.6 dibawah ini :



**Gambar 5.5** Grafik hubungan antara ketukan dan kadar air (sampel 1)



**Gambar 5.6** Grafik hubungan antara ketukan dan kadar air (sampel 2)

Dari hasil pengujian batas cair berdasarkan kedua gambar diatas dapat dilihat pada ketukan 25 didapatkan kadar airnya sebesar 84.45 % untuk sampel 1 dan 83.35 % untuk sampel 2.

### 5.3.5 Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit* atau PL)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi batas plastis. Hasil dari pengujian batas plastis untuk kedua sampel dapat dilihat pada tabel 5.14 berikut ini :

**Tabel 5.14** Hasil Pengujian Batas Plastis

No	No. Pengujian	1		2	
1	Berat container ( $W_1$ ) (gr)	21.80	21.82	21.78	21.60
2	Berat Cont. + Tanah Basah ( $W_2$ ) (gr)	40.16	39.96	38.48	37.21
3	Berat Cont. + Tanah Kering ( $W_3$ ) (gr)	34.14	33.95	33.01	32.15
4	Berat Air (3)-(4)	6.02	6.01	5.47	5.06
5	Berat Tanah Kering (4)-(2)	12.34	12.13	11.23	10.55
6	Kadar Air = $\frac{(5)}{(6)} \times 100 \%$	48.78	49.55	48.71	47.96
7	Kadar Air Rata-Rata (%)	<b>49.17</b>		<b>48.34</b>	

Berdasarkan dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis diatas, maka Indeks Plastisitas dapat diketahui untuk masing-masing sampel, dengan menggunakan rumus  $PI = LL - PL$  sehingga didapatkan rerata sebagai berikut :

**Tabel 5.15** Hasil Pengujian Batas-Batas Konsistensi

Sampel	Jenis Pengujian		Indeks Plastisitas (%)
	Batas Cair (LL) %	Batas Plastis (PL) %	
1	84.45	49.17	35.28
2	83.35	48.34	35.02
<b>Rata-Rata</b>	<b>83.90</b>	<b>48.76</b>	<b>35.15</b>

### 5.3.6 Pengujian Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut tanah adalah kadar air maksimum pada sebuah sampel tanah sedemikian rupa, sehingga pengurangan kadar air selanjutnya tidak menyebabkan berkurangnya volume tanah. Hasil dari pengujian batas susut ini dapat dilihat pada tabel 5.16 dibawah ini :

**Tabel 5.16** Hasil Pengujian Batas Susut

No	No. Pengujian	1	2
1	Berat jenis tanah, $G_s$	2.58	2.58
2	Berat cawan susut, $W_1$ (gr)	38.09	39.62
3	Berat cawan susut+tanah basah, $W_2$ (gr)	59.92	61.22
4	Berat cawan susut+tanah kering, $W_3$ (gr)	48.01	49.44
5	Berat air, $W_a$ (gr)	11.91	11.78
6	Berat tanah kering, $W_o$ (gr)	9.92	9.82
7	Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur, $W_r$ (gr)	146.87	147.96
8	Berat gelas ukur, $W_4$ (gr)	60.41	60.41
9	Volume tanah kering, $V_o$ (gr)	6.36	6.44
10	Batas susut tanah, $SL = \left[ \frac{V_o}{W_o} \right] - \left[ \frac{1}{G_s} \right] \times 100\%$	25.33	26.80
11	Batas susut tanah rata-rata, SL (%)	<b>26.07</b>	

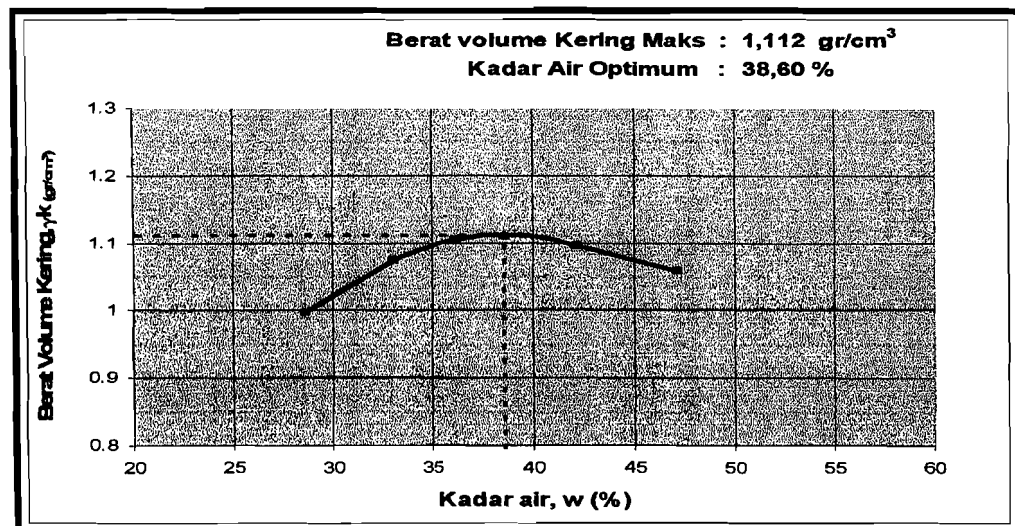
Dari hasil pengujian batas susut diatas, maka diketahui batas susut tanah lempung Purworejo sebesar 26.07 %.

### 5.3.7 Pengujian Proktor Standar

Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*), dengan cara memadatkan tanah yang lolos saringan no. 4 dalam suatu cetakan yang berbentuk silinder. Yang mana hasil dari pengujian ini akan digunakan sebagai acuan untuk digunakan dalam pencampuran sampel pengujian konsolidasi. Berikut ini adalah hasil pengujian proktor standar yang telah dilakukan.

**Tabel 5.17** Hasil Pengujian Proktor Standar (Sampel 1)

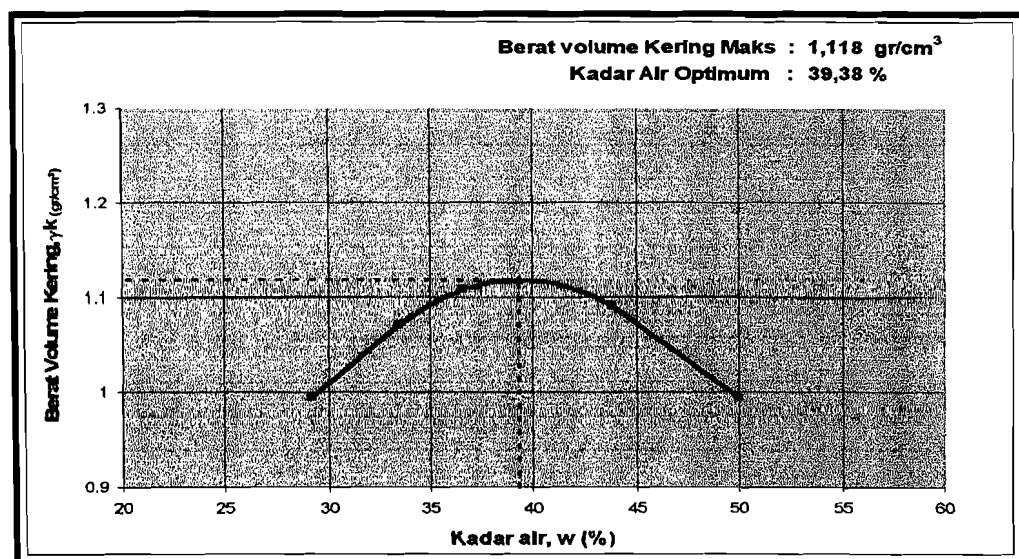
No. Pengujian	1	2	3	4	5
Volume silinder (cm <sup>3</sup> )	940.45	940.45	940.45	940.45	940.45
Berat tanah basah (gr)	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula (%)	15.73	15.73	15.73	15.73	15.73
Penambahan air (%)	10	15	20	25	30
Penambahan Air (ml)	200	300	400	500	600
Berat silinder + tanah padat (gr)	3081	3220	3290	3341	2870
Berat tanah padat (gr)	1206	1345	1415	1466	995
Berat volume tanah (gr/cm <sup>3</sup> )	1.283	1.430	1.505	1.559	1.058
Kadar air rata-rata (%)	28.67	33.10	36.16	42.19	47.17
Berat volume tanah kering	0.997	1.075	1.105	1.096	1.058

**Gambar 5.7** Kurva hubungan kadar air dengan berat volume tanah kering (sampel 1)

Dari gambar 5.7 diatas menunjukkan hasil uji proctor standar/kepadatan tanah dengan nilai berat volume kering maksimum 1.112 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum sebesar 38.60 %.

**Tabel 5.18** Hasil Pengujian Proktor Standar (Sampel 2)

No. Pengujian	1	2	3	4	5
Volume silinder (cm <sup>3</sup> )	940.45	940.45	940.45	940.45	940.45
Berat tanah basah (gr)	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula (%)	15.73	15.73	15.73	15.73	15.73
Penambahan air (%)	10	15	20	25	30
Penambahan Air (ml)	200	300	400	500	600
Berat silinder + tanah padat (gr)	3082	3219	3298	3351	2810
Berat tanah padat (gr)	1207	1344	1423	1476	935
Berat volume tanah (gr/cm <sup>3</sup> )	1.283	1.429	1.513	1.569	0.994
Kadar air rata-rata (%)	29.12	33.47	36.59	43.85	49.99
Berat volume tanah kering	0.994	1.071	1.108	1.091	0.994

**Gambar 5.8** Kurva hubungan kadar air dengan berat volume tanah kering (sampel 2)

Dari gambar 5.8 diatas menunjukkan hasil uji proctor standar/kepadatan tanah dengan nilai berat volume kering maksimum 1.118 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum sebesar 39.38 %.

Berdasarkan hasil kadar air optimum dan berat volume tanah kering maksimum dari kedua gambar diatas, maka didapatkan rerata dari kedua data tersebut seperti yang terlihat pada tabel 5.19 dibawah ini. Yang mana hasil dari rerata tersebut, yang digunakan sebagai acuan dalam pencampuran sampel benda uji pada pengujian Konsolidasi.

**Tabel 5.19** Hasil rata-rata pengujian Proktor Standar

Pengujian	1	2	Rata-Rata
Kadar Air Optimum (%)	38.60	39.38	<b>38.99</b>
Berat Volume Tanah Kering Maks ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1.112	1.118	<b>1.115</b>

#### 5.4 Pengujian Konsolidasi

Pengujian konsolidasi dilakukan pada sampel tanah asli dan sampel tanah yang telah ditambah lumpur Lapindo. Yang mana jumlah sampel benda uji untuk tanah asli dan tanah campuran lumpur Lapindo masing-masing sebanyak 2 buah. Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai angka pori ( $e$ ), nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ), waktu yang diperlukan tanah hingga penurunan 90 % ( $t_{90}$ ) selesai, dan besarnya penurunan tanah yang terjadi. Adapun analisis dan hasil pengujian dapat dilihat dibawah ini.

##### 5.4.1 Pengujian Konsolidasi Tanah Asli

Berikut ini adalah contoh perhitungan pengujian konsolidasi tanah asli untuk sampel 1.

Data parameter tanah dan ring alat pengujian :

Berat jenis tanah	( $G_s$ ) = 2.58
Berat ring	( $W_1$ ) = 116.95 gram
Diameter ring	( $d$ ) = 7.5 cm
Luas ring	( $A$ ) = 44.1786 $\text{cm}^2$
Tinggi ring	( $H_0$ ) = 2.00 cm
Volume ring	( $V_0$ ) = 88.3573 $\text{cm}^3$

Parameter sebelum pengujian :

$$\text{Kadar air tanah} \quad (w) = 37.79 \% = 0.3779$$

$$\text{Berat ring + tanah basah} \quad (W_2) = 271.99 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume tanah basah} \quad (\gamma_b) &= \frac{W_b}{V_o} \\ &= \frac{(271.99 - 116.95)}{88.3573} \\ &= 1.755 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume tanah kering} \quad (\gamma_d) &= \frac{\gamma_b}{1 + w} \\ &= \frac{1.755}{1 + 0.3779} \\ &= 1.273 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah kering} \quad (W_k) &= \frac{W_b}{1 + w} \\ &= \frac{(271.99 - 116.95)}{1 + 0.3779} \\ &= 112.5191 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bagian padat} \quad (H_t) &= \frac{W_k}{G_s \cdot A_o} \\ &= \frac{112.5191}{2.58 \times 44.1787} \\ &= 0.987 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori} \quad (e_o) &= \frac{H_o - H_t}{H_t} \\ &= \frac{2.00 - 0.987}{0.987} \\ &= 1.0259 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Derajat kejenuhan} \quad (S_r) &= \left( \frac{w \cdot G_s}{e_o} \right) \times 100 \% \\ &= \left( \frac{0.3779 \times 2.58}{1.0259} \right) \times 100 \% \\ &= 95.0246 \% \end{aligned}$$



Untuk lebih jelasnya perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel berikut ini

**Tabel 5.20** Data parameter tanah sebelum pengujian

Berat ring + tanah basah ( $W_2$ )	271.99 gram
Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ )	1.755 gr/cm <sup>3</sup>
Berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ )	1.273 gr/cm <sup>3</sup>
Tinggi bagian padat ( $H_t$ )	0.987 cm
Angka pori ( $e$ )	1.0259
Derajat kejenuhan ( $S_r$ )	95.0246 %

**a). Pengujian Konsolidasi dengan beban 0.00 kg/cm<sup>2</sup> dan 0.25 kg/cm<sup>2</sup>**

Pembacaan akhir dial beban 0.00 kg/cm<sup>2</sup>, ( $H_1$ ) = - 0.0030 mm

Pembacaan akhir dial beban 0.25 kg/cm<sup>2</sup>, ( $H_2$ ) = - 0.0030 mm

Tinggi bagian padat ( $H_t$ ) = 0.987 cm

Angka pori awal ( $e_0$ ) = 1,0259

Dari data tersebut diatas kemudian dianalisis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_2 - H_1 \\ &= - 0.0030 - (-0.0030) \\ &= 0.0000 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perubahan angka pori } (\Delta e_1) &= \frac{\Delta H}{H_t} \\ &= \frac{0.000}{0.987} \\ &= 0.0000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori } (e_1) &= e_0 - \Delta e \\ &= 1.0259 - 0.0000 \\ &= 1.0259 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal akhir (H)} &= H_0 - \Delta H \\ &= 2.000 - 0.000 \\ &= 2.000 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

$$= \frac{2.00 + 2.00}{2}$$

$$= 2.00 \text{ cm}$$

b). Pengujian Konsolidasi untuk beban  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  dan  $0.50 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 5.21 pembacaan dial beban  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  dan  $0.50 \text{ kg/cm}^2$

Waktu Pembacaan		Pembacaan Dial	
t	$\sqrt{t}$	0.25 kg/cm <sup>2</sup>	0.50 kg/cm <sup>2</sup>
0	0	-0.003	-0.003
5.40"	0.3	-0.003	-0.001
15.00"	0.5	-0.003	-0.001
29.40"	0.7	-0.003	-0.001
1.00"	1.0	-0.003	-0.001
2.25"	1.5	-0.003	-0.001
4.00"	2.0	-0.003	-0.001
6.25"	2.5	-0.003	-0.001
9.00"	3.0	-0.003	-0.001
12.25"	3.5	-0.003	-0.001
16.00"	4.0	-0.003	-0.001
25.00"	5.0	-0.003	-0.001
36.00"	6.0	-0.003	-0.001
49.00"	7.0	-0.003	-0.001
64.00"	8.0	-0.003	-0.001
81.00"	9.0	-0.003	-0.001
100.00"	10.0	-0.003	-0.001
121.00"	11.0	-0.003	-0.001
144.00"	12.0	-0.003	-0.001
225.00"	15.0	-0.003	-0.001
400.00"	20.0	-0.003	-0.001
1440.00"	37.9	-0.003	-0.001

Dari tabel pembacaan diatas maka didapatkan data sebagai berikut :

Pembacaan akhir dial beban  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  , ( $H_1$ ) = - 0.003 mm

Pembacaan akhir dial beban  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  , ( $H_2$ ) = - 0.001 mm

Tinggi bagian padat ( $H_t$ ) = 0.987 cm

$H_1 = 2.000 \text{ cm}$  (tebal akhir beban  $0.00 \text{ kg/cm}^2$  dan  $0.25 \text{ kg/cm}^2$ )

Angka pori awal ( $e_1$ ) = 1.0259

Dari data tersebut diatas kemudian dianalisis sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_2 - H_1 \\ &= -0.001 - (-0.003) \\ &= 0.002 \text{ mm} = 0.0002 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perubahan angka pori } (\Delta e_2) &= \frac{\Delta H}{Ht} \\ &= \frac{0.0002}{0.987} \\ &= 0.0002\end{aligned}$$

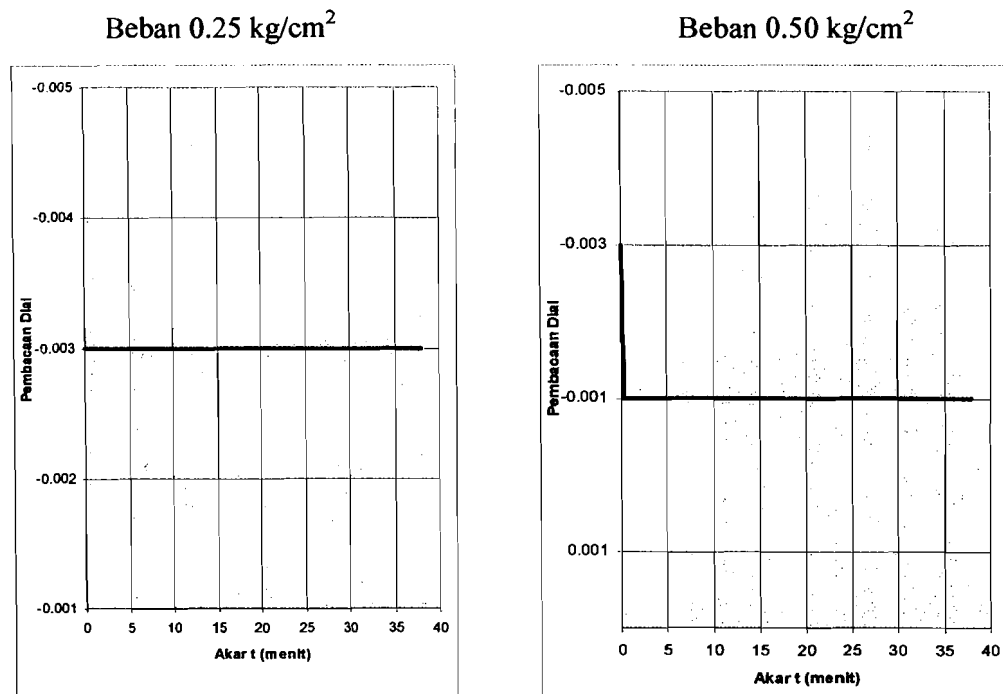
$$\begin{aligned}\text{Angka pori } (e_2) &= e_1 - \Delta e_2 \\ &= 1.0259 - 0.0002 \\ &= 1.0257\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Indeks kompresi } (Cc) &= \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\ &= \frac{0.0002}{\log\left(\frac{0.50}{0.25}\right)} \\ &= 0.0007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal akhir } (H) &= H_1 - \Delta H \\ &= 2.000 - 0.0002 \\ &= 1.9998 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal rata-rata } (d) &= \frac{H_1 + H}{2} \\ &= \frac{2.000 + 1.9998}{2} \\ &= 1.9999 \text{ cm}\end{aligned}$$

Untuk mencari nilai  $\sqrt{t_{90}}$  didasarkan atas metode akar waktu (Taylor, 1948). Yang mana cara mendapatkannya seperti yang telah dijelaskan pada landasan teori sebelumnya. Berikut adalah grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu untuk beban  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  dan  $0.50 \text{ kg/cm}^2$



**Gambar 5.9** Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 0.25 kg/cm<sup>2</sup> dan 0.50 kg/cm<sup>2</sup>

Dari kedua gambar diatas terlihat bahwa akar waktu ( $\sqrt{t_{90}}$ ) yang dihasilkan dari grafik diatas untuk beban 0.25 kg/cm<sup>2</sup> dan beban 0.50 kg/cm<sup>2</sup> adalah 0 menit sehingga nilai  $C_v$  nya juga sama dengan 0 cm<sup>2</sup>/det. Nilai  $C_v$  dapat dicari jika  $\sqrt{t_{90}}$  tidak sama dengan 0 yaitu dengan menggunakan rumus :

$$C_v = \frac{0.848(d/2)^2}{t_{90}}$$

**c). Pengujian Konsolidasi untuk beban 0.50 kg/cm<sup>2</sup> dan 1.00 kg/cm<sup>2</sup>**

**Tabel 5.22** pembacaan dial beban 0.50 kg/cm<sup>2</sup> dan 1.00 kg/cm<sup>2</sup>

Waktu Pembacaan		Pembacaan Dial	
t	$\sqrt{t}$	0.50 kg/cm <sup>2</sup>	1.00 kg/cm <sup>2</sup>
0	0	-0.003	-0.001
5.40"	0.3	-0.001	0.002
15.00"	0.5	-0.001	0.002

Lanjutan tabel 5.22

29.40"	0.7	-0.001	0.002
1.00"	1.0	-0.001	0.002
2.25"	1.5	-0.001	0.002
4.00"	2.0	-0.001	0.002
6.25"	2.5	-0.001	0.002
9.00"	3.0	-0.001	0.002
12.25"	3.5	-0.001	0.002
16.00"	4.0	-0.001	0.008
25.00"	5.0	-0.001	0.027
36.00"	6.0	-0.001	0.048
49.00"	7.0	-0.001	0.064
64.00"	8.0	-0.001	0.079
81.00"	9.0	-0.001	0.093
100.00"	10.0	-0.001	0.107
121.00"	11.0	-0.001	0.119
144.00"	12.0	-0.001	0.132
225.00"	15.0	-0.001	0.156
400.00"	20.0	-0.001	0.170
1440.00"	37.9	-0.001	0.188

Dari tabel pembacaan diatas maka didapatkan data sebagai berikut :

Pembacaan akhir dial beban  $0.50 \text{ kg/cm}^2$ ,  $(H_1) = -0.001 \text{ mm}$

Pembacaan akhir dial beban  $1.00 \text{ kg/cm}^2$ ,  $(H_2) = 0.188 \text{ mm}$

Tinggi bagian padat  $(H_t) = 0.987 \text{ cm}$

$H_1 = 1.9998 \text{ cm}$  (tebal akhir beban  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  dan  $0.50 \text{ kg/cm}^2$ )

Angka pori  $(e_2) = 1.0257$

Dari data tersebut diatas kemudian dianalisis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_2 - H_1 \\ &= 0.188 - (-0.001) \\ &= 0.189 \text{ mm} = 0.0189 \text{ cm} \end{aligned}$$

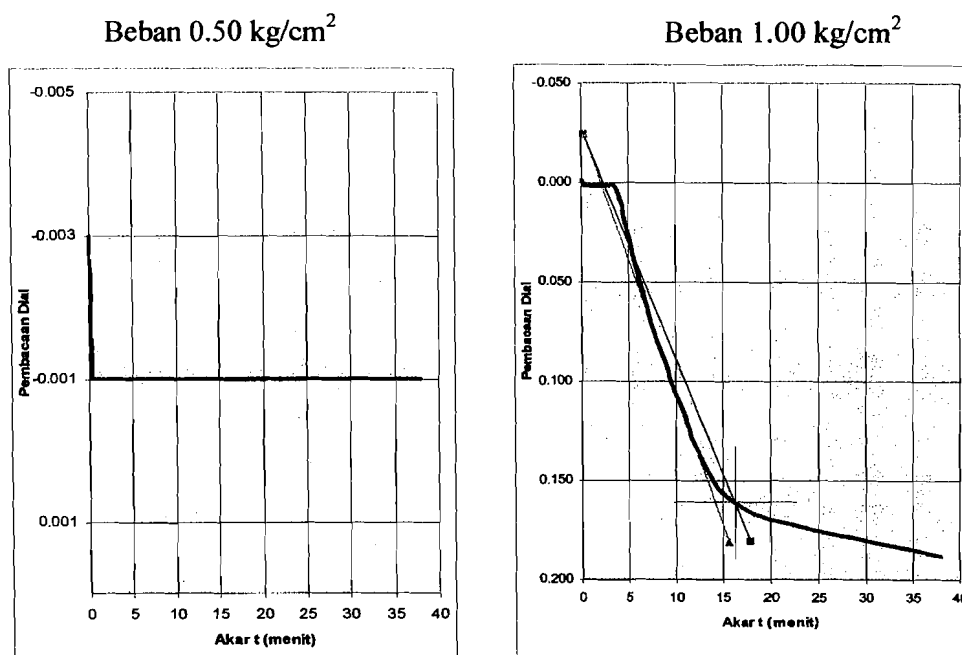
$$\begin{aligned} \text{Perubahan angka pori } (\Delta e_3) &= \frac{\Delta H}{H_t} \\ &= \frac{0.0189}{0.987} \\ &= 0.0191 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Angka pori } (e_3) &= e_2 - \Delta e_3 \\ &= 1.0257 - 0.0191 \\ &= 1.0066\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Indeks kompresi } (Cc) &= \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\ &= \frac{0.0191}{\log\left(\frac{1.00}{0.50}\right)} \\ &= 0.0636\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal akhir } (H) &= H_1 - \Delta H \\ &= 1.9998 - 0.0189 \\ &= 1.9809 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal rata-rata } (d) &= \frac{H_1 + H}{2} \\ &= \frac{1.9998 + 1.9809}{2} \\ &= 1.9904 \text{ cm}\end{aligned}$$



**Gambar 5.10** Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 0.50 kg/cm<sup>2</sup> dan 1.00 kg/cm<sup>2</sup>

Dari gambar diatas terlihat untuk grafik dengan beban 0.50 kg/cm<sup>2</sup> akar waktunya ( $\sqrt{t_{90}}$ ) adalah 0 menit. Sehingga untuk nilai  $C_v$  nya juga sama dengan 0 cm<sup>2</sup>/det yaitu dengan menggunakan rumus :

$$C_v = \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$$

Sedangkan untuk grafik dengan beban 1.00 kg/cm<sup>2</sup> akar waktunya ( $\sqrt{t_{90}}$ ) didapatkan sebesar 16.23 menit dan nilai  $d = 1.9421$  cm. Dengan demikian maka :

$$\begin{aligned} t_{90} &= 16,23^2 \cdot 60 \\ &= 15804.77 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{0,848 \cdot (d/2)^2}{t_{90}} \\ &= \frac{0,848 \cdot \left(\frac{1,9421}{2}\right)^2}{15804,77} \\ &= 0.0002126 \text{ cm}^2/\text{det} \end{aligned}$$

d). Pengujian Konsolidasi untuk beban  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  dan  $2.00 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 5.23 pembacaan dial beban  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  dan  $2.00 \text{ kg/cm}^2$

Waktu Pembacaan		Pembacaan Dial	
t	$\sqrt{t}$	1.00 ( $\text{kg/cm}^2$ )	2.00 ( $\text{kg/cm}^2$ )
0	0	-0.001	0.188
5.40"	0.3	0.002	0.280
15.00"	0.5	0.002	0.342
29.40"	0.7	0.002	0.362
1.00"	1.0	0.002	0.376
2.25"	1.5	0.002	0.394
4.00"	2.0	0.002	0.410
6.25"	2.5	0.002	0.430
9.00"	3.0	0.002	0.449
12.25"	3.5	0.002	0.472
16.00"	4.0	0.008	0.485
25.00"	5.0	0.027	0.522
36.00"	6.0	0.048	0.552
49.00"	7.0	0.064	0.584
64.00"	8.0	0.079	0.612
81.00"	9.0	0.093	0.639
100.00"	10.0	0.107	0.673
121.00"	11.0	0.119	0.701
144.00"	12.0	0.132	0.729
225.00"	15.0	0.156	0.783
400.00"	20.0	0.170	0.839
1440.00"	37.9	0.188	0.964

Dari tabel pembacaan diatas maka didapatkan data sebagai berikut :

Pembacaan akhir dial beban  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  , ( $H_1$ ) = 0.188 mm

Pembacaan akhir dial beban  $2.00 \text{ kg/cm}^2$  , ( $H_2$ ) = 0.964 mm

Tinggi bagian padat ( $H_t$ ) = 0.987 cm

$H_1 = 1.9809 \text{ cm}$  (tebal akhir beban  $0.50 \text{ kg/cm}^2$  dan  $1.00 \text{ kg/cm}^2$ )

Angka pori ( $e_3$ ) = 1.0066

Dari data tersebut diatas kemudian dianalisis sebagai berikut :

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

$$= 0.964 - 0.188$$

$$= 0.776 \text{ mm} = 0.0776 \text{ cm}$$



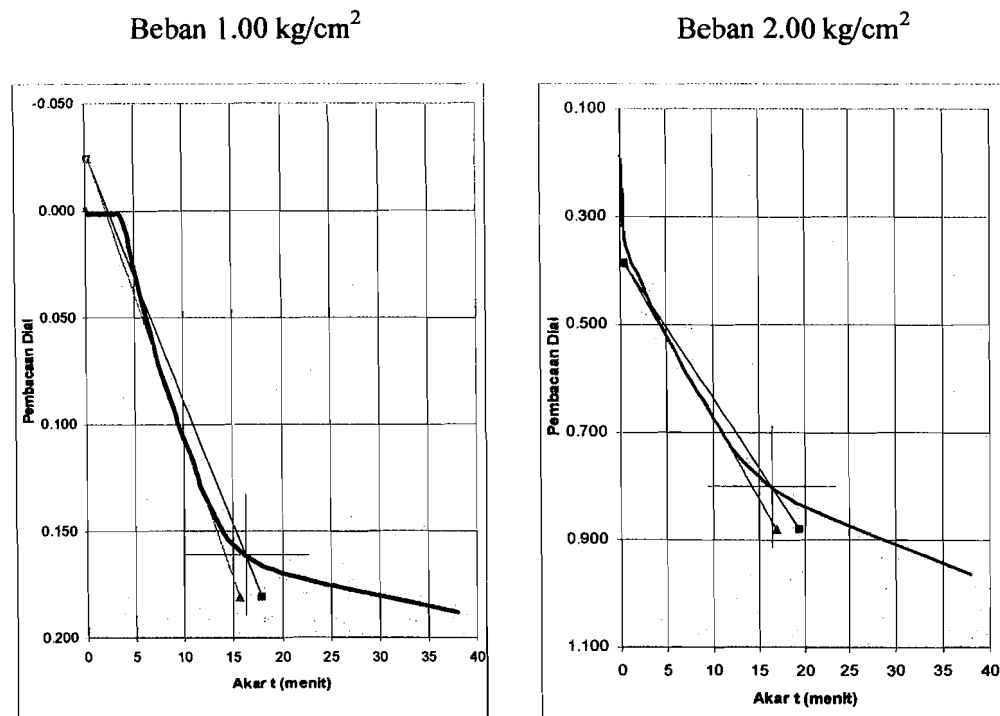
$$\begin{aligned}\text{Perubahan angka pori } (\Delta e_4) &= \frac{\Delta H}{H_t} \\ &= \frac{0.0779}{0.987} \\ &= 0.0786\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Angka pori } (e_4) &= e_3 - \Delta e_4 \\ &= 1.0066 - 0.0786 \\ &= 0.9280\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Indeks kompresi } (C_c) &= \frac{\Delta e}{\log \left( \frac{P_2}{P_1} \right)} \\ &= \frac{0.0786}{\log \left( \frac{2.00}{1.00} \right)} \\ &= 0.2611\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal akhir } (H) &= H_1 - \Delta H \\ &= 1.9809 - 0.0776 \\ &= 1.9033 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal rata-rata } (d) &= \frac{H_1 + H}{2} \\ &= \frac{1.9809 + 1.9033}{2} \\ &= 1.9421 \text{ cm}\end{aligned}$$



**Gambar 5.11** Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 1.00 kg/cm<sup>2</sup> dan 2.00 kg/cm<sup>2</sup>

Dari gambar diatas terlihat untuk grafik dengan beban 1.00 kg/cm<sup>2</sup> akar waktunya ( $\sqrt{t_{90}}$ ) adalah 16.23 menit. Sehingga untuk nilai  $t_{90}$  dan  $C_v$  nya dapat dicari sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_{90} &= 16.23^2 \times 60 \\
 &= 15804.77 \text{ detik} \\
 C_v &= \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}} \\
 &= \frac{0.848 \times \left(\frac{1,9421}{2}\right)^2}{15804.77} \\
 &= 0.0002126 \text{ cm}^2/\text{det}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk grafik dengan beban 2.00 kg/cm<sup>2</sup> akar waktunya ( $\sqrt{t_{90}}$ ) didapatkan sebesar 16.51 menit dan nilai  $d = 1.8616$  cm. Dengan demikian maka :

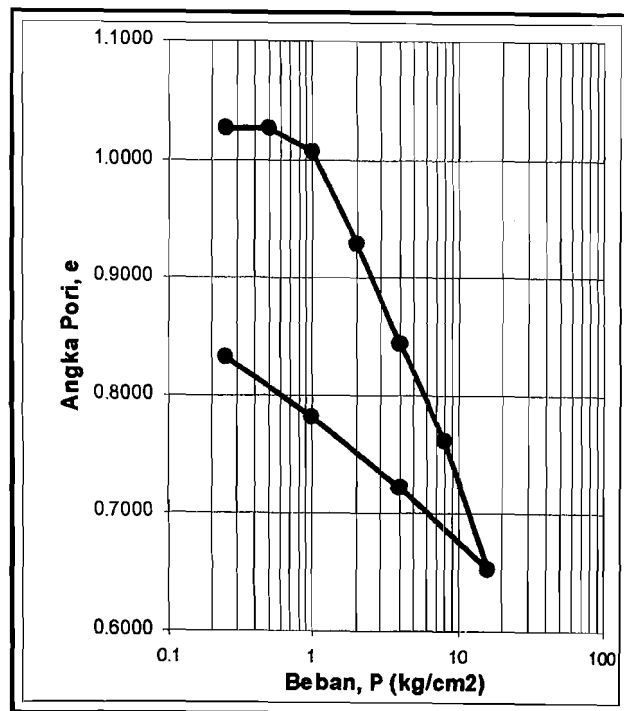
$$\begin{aligned}
 t_{90} &= 16.51^2 \times 60 \\
 &= 16354.81 \text{ detik} \\
 C_v &= \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}} \\
 &= \frac{0.848 \times \left(\frac{1,8616}{2}\right)^2}{16354.81} \\
 &= 0.0001956 \text{ cm}^2/\text{det}
 \end{aligned}$$

Kemudian untuk beban-beban selanjutnya yaitu 4.00; 8.00; 16.00 kg/cm<sup>2</sup> dan beban rebound 4.00; 1.00; 0.25 kg/cm<sup>2</sup> dapat dicari dengan cara yang sama. Sehingga hasilnya didapat seperti pada tabel dibawah ini :

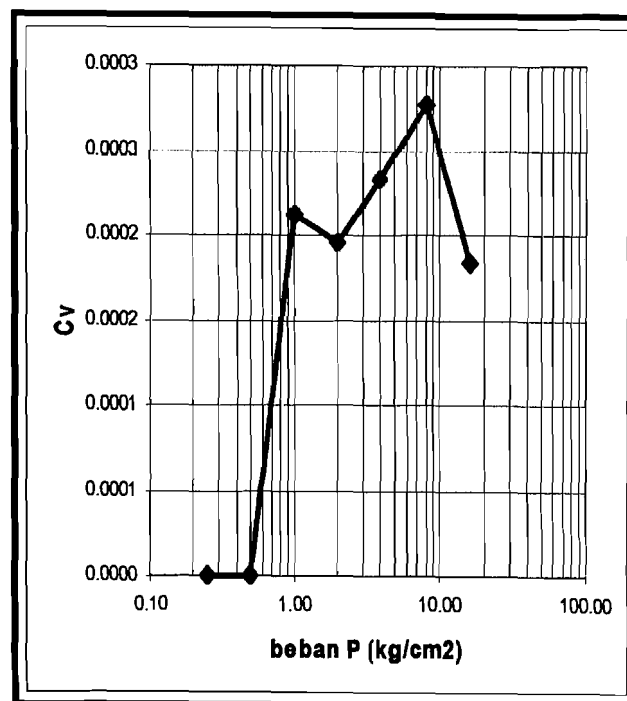
**Tabel 5.24** Hasil nilai  $C_c$ ,  $\sqrt{t_{90}}$ , dan  $C_v$  tanah asli (sampel 1)

Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	$C_c$	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	$t_{90}$ (detik)	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /det)
0.25	0.0007	0.00	0.00	0
0.50	0.0636	0.00	0.00	0
1.00	0.2611	16.23	15805	0.0002126
2.00	0.2806	16.51	16355	0.0001956
4.00	0.2729	14.49	12598	0.0002333
8.00	0.3611	12.70	9677.4	0.0002774
16.00	0.1144	14.78	13107	0.0001837

Berdasarkan data yang telah didapat dari tabel diatas maka kita dapat mengetahui grafik hubungan antara angka pori dan pembebanan (gambar 5.12) serta grafik koefisien konsolidasi dan pembebanan (gambar 5.13)



Gambar 5.12 Grafik hubungan antara angka pori dan pembebanan



Gambar 5.13 Grafik hubungan antara koefisien konsolidasi dan pembebanan

Parameter sesudah pengujian :

$$\text{Berat ring + tanah basah } (W_3) = 276.85 \text{ gram}$$

$$\text{Berat ring + tanah kering } (W_4) = 237.68 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air } (w) &= \frac{W_3 - W_4}{W_4 - W_1} \times 100 \% \\ &= \frac{276.85 - 237.68}{237.68 - 116.95} \times 100 \% \\ &= 32.44 \% \end{aligned}$$

$$\text{Angka pori } (e) = 0.8319 \text{ (angka pori pada beban rebound akhir)}$$

$$\begin{aligned} \text{Derajad kejenuhan } (Sr) &= \left( \frac{w \cdot G_s}{e_{sp}} \right) \times 100 \% \\ &= \left( \frac{0.3244 \times 2.58}{0.8319} \right) \times 100 \% \\ &= 100.615 \% \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya hasil parameter sesudah pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 5.25** Data parameter sesudah pengujian

Berat ring + tanah basah	(W <sub>3</sub> )	276.85 gram
Berat ring + tanah kering	(W <sub>4</sub> )	237.68 gram
Kadar air	(w)	32.44 %
Angka pori	(e)	0.8319
Derajad kejenuhan	(Sr)	100.615 %

Dengan cara yang sama seperti perhitungan pada sampel 1 maka untuk sampel 2 pengujian tanah asli didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 5.26** Hasil nilai  $C_c$ ,  $\sqrt{t_{90}}$ , dan  $C_v$  tanah asli (sampel 2)

Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	$C_c$	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /det)
0.25	0.0011	0.00	0.00
0.50	0.1219	0.00	0.00
1.00	0.1640	12.77	0.00034057
2.00	0.3181	13.61	0.00028761
4.00	0.3808	14.05	0.00025109
8.00	0.2116	18.22	0.00013383
16.00	0.1102	16.19	0.00015371

Untuk kelengkapan hasil pengujian data tanah asli baik sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada lampiran 8 dan lampiran 9.

Selanjutnya berdasarkan nilai hasil  $C_c$ ,  $\sqrt{t_{90}}$ , dan  $C_v$  dari sampel 1 maupun sampel 2 maka didapatkan rerata seperti yang terlihat pada tabel 5.27 dibawah ini.

**Tabel 5.27** Hasil rata-rata nilai  $C_c$ ,  $\sqrt{t_{90}}$ , dan  $C_v$  tanah asli

Beban	Sampel 1			Sampel 2			Rata-rata		
	$C_c$	$\sqrt{t_{90}}$	$C_v$	$C_c$	$\sqrt{t_{90}}$	$C_v$	$C_c$	$\sqrt{t_{90}}$	$C_v$
0.25	0.0007	0.00	0.00	0.0011	0.00	0.00	<b>0.0009</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
0.50	0.0636	0.00	0.00	0.1219	0.00	0.00	<b>0.0928</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
1.00	0.2611	16.23	0.0002126	0.1640	12.77	0.00034057	<b>0.2126</b>	<b>14.50</b>	<b>0.00027659</b>
2.00	0.2806	16.51	0.0001956	0.3181	13.61	0.00028761	<b>0.2994</b>	<b>15.06</b>	<b>0.00024161</b>
4.00	0.2729	14.49	0.0002333	0.3808	14.05	0.00025109	<b>0.3269</b>	<b>14.27</b>	<b>0.00024220</b>
8.00	0.3611	12.70	0.0002774	0.2116	18.22	0.00013383	<b>0.2864</b>	<b>15.46</b>	<b>0.00020561</b>
16.00	0.1144	14.78	0.0001837	0.1102	16.19	0.00015371	<b>0.1123</b>	<b>15.49</b>	<b>0.00016871</b>

Dari tabel 5.27 diatas terlihat bahwa nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) terbesar untuk tanah asli berada pada beban  $4.00 \text{ kg/cm}^2$  yaitu sebesar 0.3269 dan koefisien konsolidasi terbesar berada pada beban  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  yaitu sebesar  $0.00027659 \text{ cm}^2/\text{det}$ .

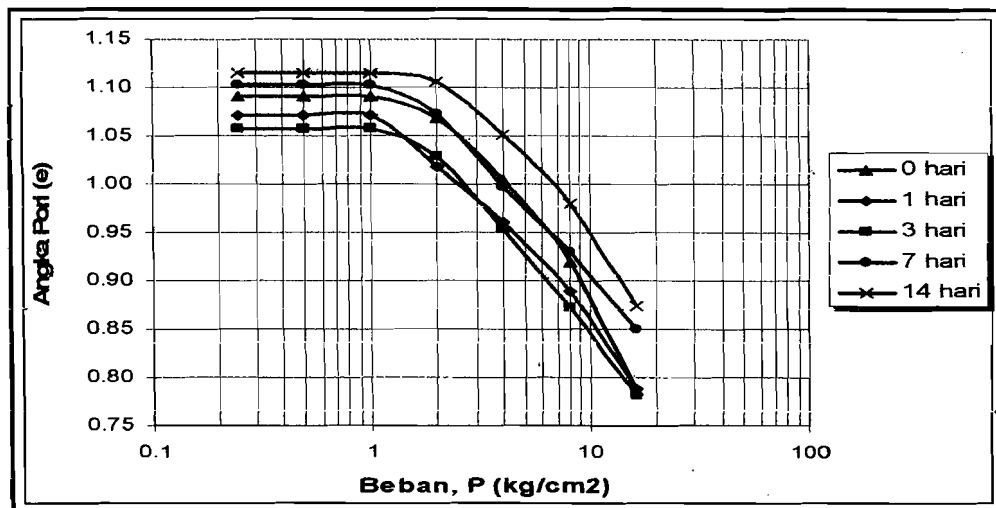
#### 5.4.2 Pengujian Konsolidasi Tanah + Lumpur Lapindo 5%

Untuk perhitungan konsolidasi tanah asli + lumpur Lapindo 5% sama dengan cara perhitungan tanah asli. Adapun hasil data pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 10 sampai lampiran 19. Untuk semua pengujian sampel benda uji tanah yang dicampur dengan lumpur Lapindo dilakukan dengan cara pemeraman dengan waktu pemeraman 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 14 hari untuk masing-masing sampel. Berikut adalah hasil pengujian rata-rata untuk angka pori ( $e$ ) dan Indeks pemampatan ( $C_c$ ). Yang mana nilai dari kedua data tersebut yang digunakan dalam perhitungan penurunan tanah lempung yang terjadi.

**Tabel 5.28** Hasil rata-rata nilai angka pori ( $e$ ) tanah + lumpur Lapindo 5 %

Angka Pori ( $e$ ) Beban ( $\text{kg/cm}^2$ )	Pemeraman				
	0 hari	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari
0.25	1.0908	1.0711	1.0579	1.1030	1.1158
0.50	1.0907	1.0708	1.0577	1.1028	1.1157
1.00	1.0905	1.0705	1.0575	1.1026	1.1154
2.00	1.0677	1.0185	1.0283	1.0730	1.1055
4.00	1.0050	0.9611	0.9529	0.9967	1.0512
8.00	0.9195	0.8900	0.8729	0.9303	0.9802
16.00	0.7861	0.7875	0.7824	0.8496	0.8737





**Gambar 5.14** Grafik Hubungan angka pori dan pembebanan tanah + lumpur 5% dengan masa pemeraman berbeda

Dari gambar diatas terlihat bahwa untuk masa pemeraman 1 dan 3 hari tanah yang dicampur lumpur lapindo sebanyak 5 %, nilai angka porinya menunjukkan angka yang makin kecil seiring makin lamanya masa pemeraman. Dan nilai angka pori akhir atau angka pori pada pembebanan maksimumnya menunjukkan angka yang relatif sama. Namun untuk masa pemeraman 7 dan 14 hari, angka pori yang dihasilkan lebih besar dari angka pori pada masa pemeraman 1 dan 3 hari.

**Tabel 5.29** Hasil rata-rata nilai  $C_c$  tanah + lumpur Lapindo 5 %

Angka Pori (e) Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	Pemeraman				
	0 hari	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari
0.25	0.0005	0.0007	0.0007	0.0005	0.0006
0.50	0.0007	0.0010	0.0007	0.0007	0.0009
1.00	0.0755	0.1730	0.0972	0.0983	0.0329
2.00	0.2087	0.1906	0.2503	0.2537	0.1804
4.00	0.2838	0.2361	0.2657	0.2205	0.2359
8.00	0.4434	0.3406	0.3008	0.2680	0.3541
16.00	0.1089	0.1063	0.0827	0.0817	0.1062

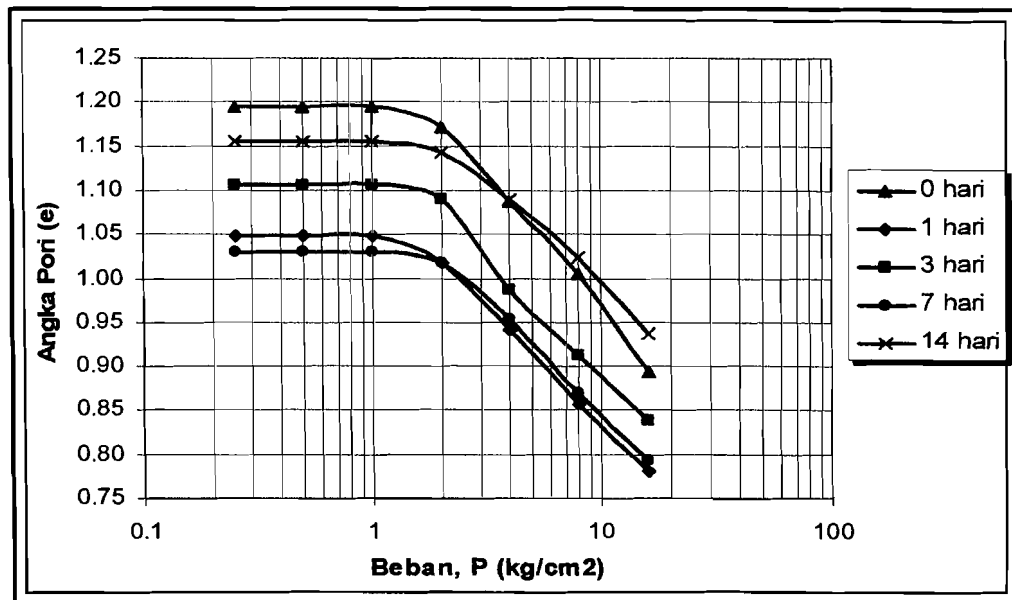
Berdasarkan tabel 5.29 diatas, terlihat bahwa untuk semua masa pemeraman, nilai indeks kompresi (Cc) terbesar untuk tanah yang dicampur lumpur Lapindo sebanyak 5 % berada pada pembebanan 8 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk nilai yang paling besar berada pada masa 0 hari yaitu sebesar 0.4434

#### 5.4.3 Pengujian Konsolidasi Tanah + Lumpur Lapindo 10 %

Berikut adalah hasil pengujian rata-rata untuk angka pori (e) dan Indeks pemampatan (Cc). Seperti yang terlihat pada tabel 5.30 dan 5.31 dibawah ini. Adapun data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 20 sampai lampiran 29.

**Tabel 5.30** Hasil rata-rata nilai angka pori (e) tanah + lumpur Lapindo 10 %

Angka Pori (e) Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	Pemeraman				
	0 hari	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari
0.25	1.1944	1.0489	1.1063	1.0299	1.1554
0.50	1.1942	1.0488	1.1061	1.0297	1.1552
1.00	1.1939	1.0486	1.1060	1.0295	1.1550
2.00	1.1718	1.0167	1.0899	1.0177	1.1438
4.00	1.0881	0.9406	0.9875	0.9528	1.0885
8.00	1.0049	0.8576	0.9117	0.8686	1.0244
16.00	0.8935	0.7799	0.8385	0.7927	0.9382



**Gambar 5.15** Grafik Hubungan angka pori dan pembebanan tanah + lumpur 10% dengan masa pemeraman berbeda

Dari gambar diatas terlihat bahwa nilai angka pori awal yang terbesar untuk tanah yang dicampur lumpur Lapindo sebanyak 10 %, berada pada masa 0 hari, sedangkan nilai angka pori awal terkecil berada pada masa pemeraman 7 hari. Selain itu, untuk nilai angka pori akhir terbesar berada pada masa pemeraman 14 hari dan nilai angka pori akhir terkecil berada pada masa pemeraman 1 hari. Ini menunjukkan bahwa besar kecilnya nilai angka pori awal maupun angka pori akhir tidak bergantung pada lama masa pemeramannya. Atau dengan kata lain, makin lama masa pemeramannya belum tentu nilai angka pori yang dihasilkan lebih kecil dari tanah campuran yang masa pemeramannya lebih cepat.

**Tabel 5.31** Hasil rata-rata nilai Cc tanah + lumpur Lapindo 10 %

Angka Pori (e) Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	Pemeraman				
	0 hari	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari
0.25	0.0007	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007
0.50	0.0009	0.0007	0.0005	0.0007	0.0009
1.00	0.0735	0.1059	0.0534	0.0395	0.0373
2.00	0.2783	0.2531	0.3402	0.2153	0.1833
4.00	0.2762	0.2756	0.2520	0.2799	0.2130
8.00	0.3700	0.2579	0.2431	0.2524	0.2866
16.00	0.1142	0.0886	0.1138	0.1105	0.0970

Berdasarkan tabel 5.31 diatas, terlihat bahwa nilai indeks kompresi (Cc) terbesar untuk masing-masing masa pemeraman berada pada pembebanan yang berbeda-beda. Lain halnya dengan tanah campuran lumpur Lapindo 5 %, yang berada pada pembebanan yang sama. Namun untuk nilai indeks kompresi yang paling besar untuk tanah yang dicampur lumpur 10 % berada pada masa pemeraman 3 hari yang berada pada pembebanan 2 kg/cm<sup>2</sup> yaitu sebesar 0.3402.

#### 5.4.4 Pengujian Konsolidasi Tanah + Lumpur Lapindo 15 %

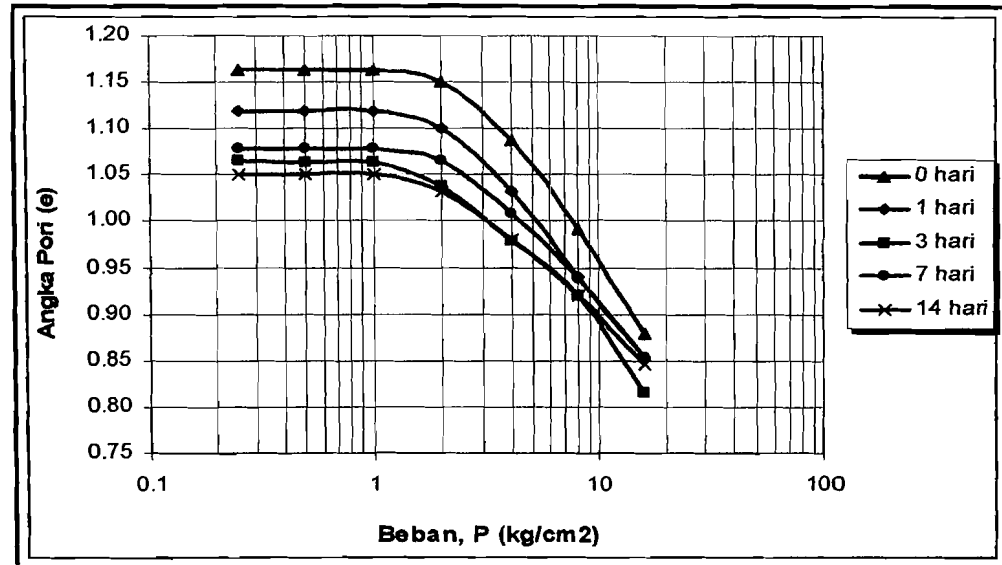
Berikut adalah hasil pengujian rata-rata untuk angka pori (e) dan Indeks pemampatan (Cc) seperti yang terlihat pada tabel 5.32 dan 5.33 dibawah ini. Adapun data hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 30 sampai lampiran 39.

**Tabel 5.32** Hasil rata-rata nilai angka pori (e) tanah + lumpur Lapindo 15 %

Angka Pori (e) Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	Pemeraman				
	0 hari	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari
0.25	1.1628	1.1195	1.0646	1.0789	1.0504
0.50	1.1626	1.1193	1.0644	1.0787	1.0502
1.00	1.1624	1.1191	1.0642	1.0786	1.0500

Lanjutan tabel 5.32

2.00	1.1510	1.0999	1.0370	1.0650	1.0317
4.00	1.0868	1.0318	0.9793	1.0074	0.9807
8.00	0.9916	0.9403	0.9204	0.9387	0.9203
16.00	0.8787	0.8526	0.8139	0.8526	0.8452



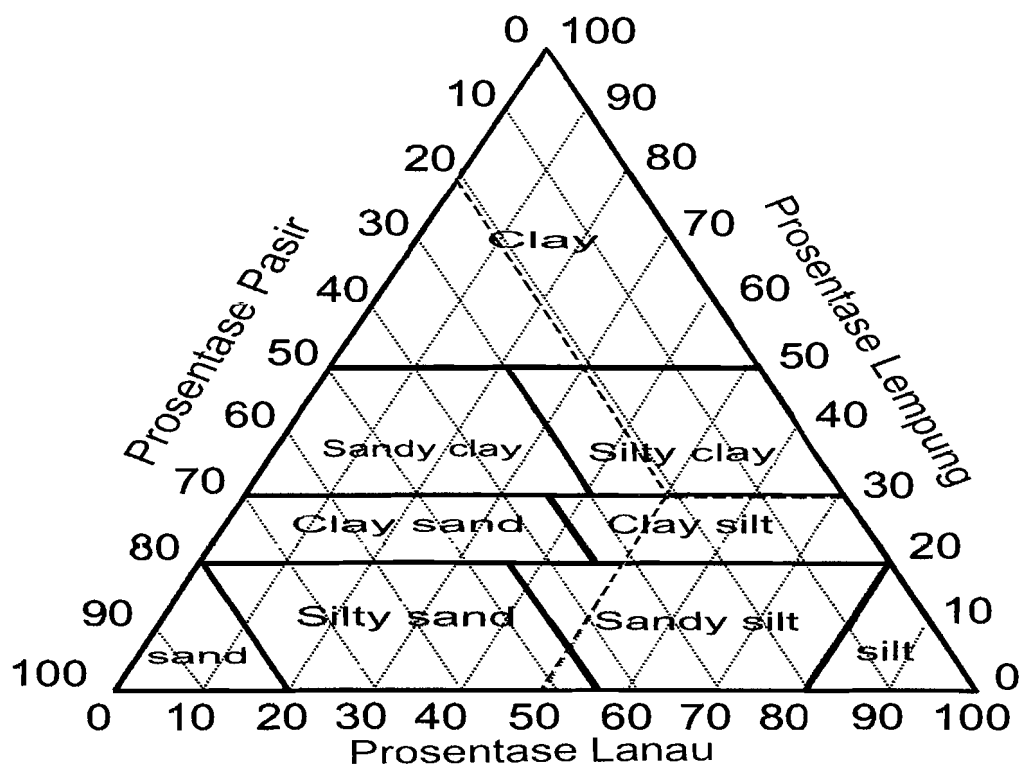
**Gambar 5.16** Grafik Hubungan angka pori dan pembebanan tanah + lumpur 15% dengan masa pemeraman berbeda

Dari gambar diatas terlihat bahwa tanah yang dicampur lumpur Lapindo sebanyak 15 %, untuk nilai angka pori awalnya menunjukkan kecenderungan makin kecil sesuai dengan lamanya masa pemeraman, yaitu makin lama masa pemeramannya maka angka pori yang dihasilkan juga makin kecil. Namun lain halnya dengan nilai angka pori akhirnya, besar kecilnya nilai angka pori akhir yang dihasilkan, tidak bergantung dengan lama masa pemeraman.

**Tabel 5.33** Hasil rata-rata nilai Cc tanah + lumpur Lapindo 15 %

Angka Pori (e) Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	Pemeraman				
	0 hari	1 hari	3 hari	7 hari	14 hari
0.25	0.0005	0.0007	0.0007	0.0005	0.0007
0.50	0.0007	0.0007	0.0007	0.0005	0.0007
1.00	0.0378	0.0637	0.0900	0.0451	0.0606
2.00	0.2135	0.2262	0.1921	0.1913	0.1696
4.00	0.3164	0.3040	0.1955	0.2283	0.2007
8.00	0.3748	0.2915	0.3541	0.2860	0.2495
16.00	0.1065	0.1053	0.1079	0.0915	0.0884

Berdasarkan tabel 5.33 diatas, terlihat bahwa nilai indeks kompresi (Cc) terbesar untuk masing-masing masa pemeraman hampir semua berada pada pembebanan 8 kg/cm<sup>2</sup>, kecuali untuk tanah campuran dengan masa pemeraman 1 hari yang berada pada pembebanan 4 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk nilai Cc yang paling besar berada pada sampel 0 hari yaitu sebesar 0.3748



**Gambar 6.3** Diagram klasifikasi Tekstur segitiga USCS Lumpur Lapindo

Dari gambar 6.3 diatas terlihat bahwa pertemuan ketiga garis dari prosentase antara pasir, lanau dan lempung berada pada zona *Clay Silt*. Berarti dapat disimpulkan bahwa lumpur Lapindo berdasarkan klasifikasi tekstur segitiga USCS termasuk jenis tanah lanau berlempung.

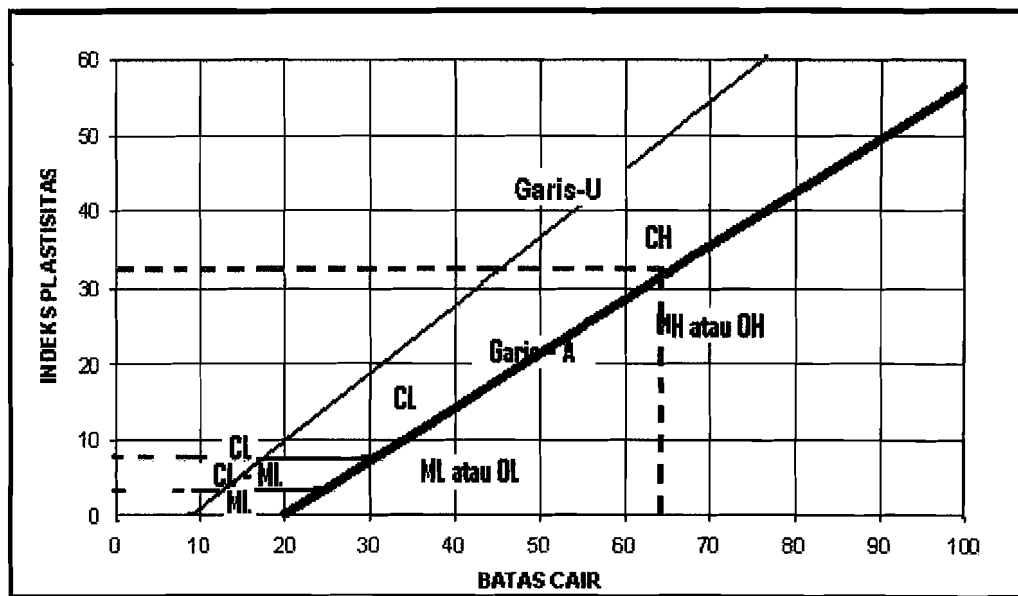
### 6.1.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

Untuk sistem klasifikasi ini, lumpur Lapindo yang akan diklasifikasikan menggunakan data hasil pengujian batas cair dan indeks plastisitas yang diambil dari peneliti lain tentang lumpur Lapindo. Yang mana kedua data tersebut kemudian diplotkan kedalam grafik sistem klasifikasi *Unified*, Dari hasil pengujian lumpur Lapindo yang pernah dilakukan didapatkan data sebagai berikut:

Batas Cair (LL) = 63.73 %

Indeks Plastisitas (IP) = 32.02 %

Dengan menghubungkan batas cair dan indeks plastisitas kedalam grafik sistem *Unified* maka didapatkan hasil seperti pada gambar 6.2 dibawah ini :



**Gambar 6.4** Klasifikasi tanah berdasarkan sistem *Unified* lumpur Lapindo

Dari grafik diatas terlihat bahwa titik pertemuan berada diatas garis A, maka berdasarkan klasifikasi tanah sistem *Unified*, lumpur Lapindo termasuk dalam kelompok CH yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi.

### 6.1.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Menurut sistem klasifikasi AASHTO, tanah dibagi menjadi kedalam 7 kelompok yaitu A-1 sampai A-7 termasuk sub-sub kelompok. Untuk klasifikasi ini menggunakan data dari pengujian analisa saringan dan batas-batas *Atterberg*. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan data-data tanah sebagai berikut :

1. Prosentase lolos saringan no. 200 adalah 79.28 % yaitu penjumlahan antara lanau 49.30 % dengan lempung sebesar 29.98 %. Berarti prosentase tersebut lebih besar dari 35%.
2. Batas Cair (LL) = 63.73 %
3. Indeks Plastisitas (IP) = 32.02 %
4. Batas Plastis (PL) = 31.71 % , ini berarti lebih besar dari 30 %



Berdasarkan data pengujian dari analisa saringan, batas cair dan batas plastis diatas maka nilai  $GI$  dapat dihitung berdasarkan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned} GI &= (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10) \\ &= (79.28 - 35) [0.2 + 0.005 (63.73 - 40)] + 0.01 (79.28 - 15)(32.02 - 10) \\ &= 28.26 \approx 28 \end{aligned}$$

Dari data yang diperoleh diatas berdasarkan tabel 3.4 pada bab III, maka sistem AASHTO mengklasifikasikan lumpur Lapindo kedalam kelompok A-7-5 (28) yaitu tanah berlempung.

### 6.3 Analisis Penurunan (*Settlement*)

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pencampuran menggunakan lumpur Lapindo terhadap penurunan yang terjadi, maka perlu dilakukan analisis penurunan tanah yang terjadi. Adapun data yang dipergunakan dalam menganalisis perhitungan penurunan adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari pengamatan di lapangan berupa pengamatan lapisan tanah pada lubang penggalian tanah sampel, dan sumur yang terdekat dari area penggalian tanah sampel yang kemudian dilengkapi dengan data yang diambil dari buku literatur.

Untuk penelitian ini data yang digunakan hanya data primer saja, yaitu data dari hasil pengujian konsolidasi dilaboratorium, dan pada kondisi *normally consolidated* ( $p_c = p_o$ ). Adapun persamaan yang digunakan dalam analisis penurunan ini adalah :

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \left( \frac{\Delta P + P_0}{P_0} \right) \dots\dots\dots (6.1)$$

Nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) dan angka pori awal ( $e_0$ ) yang digunakan berasal dari hasil pengujian konsolidasi untuk masing-masing sampel seperti yang telah diperlihatkan pada hasil pengujian konsolidasi sebelumnya. Sedangkan nilai ( $H$ ) yang digunakan diambil berdasarkan tinggi cincin uji konsolidasi yang dapat dilihat pada lampiran pengujian konsolidasi untuk masing-masing sampel.

Adapun nilai  $P_0$  dipakai beban awal pada percobaan, yaitu  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai  $\Delta P$  adalah selisih beban  $P$  dan  $P_0$ .

### 6.3.1 Penurunan Tanah Asli

Berikut adalah contoh perhitungan analisis penurunan tanah asli untuk sampel 1 :

Data parameter konsolidasi :

$$\text{Angka pori awal} \quad (e_0) = 1.0259$$

$$\text{Tinggi cincin benda uji} \quad (H) = 2.00 \text{ cm}$$

$$1). \text{ Untuk beban } 0.25 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 0.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Indeks pemampatan} \quad (C_c) = 0.0007$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih beban} \quad (\Delta P) &= 0.50 - 0.25 \\ &= 0.25 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left( \frac{\Delta P + P_0}{P_0} \right)$$

$$S_c = \frac{0.0007}{1+1.0259} \times 2.00 \times \log \left( \frac{0.25 + 0.25}{0.25} \right)$$

$$S_c = 0.000208 \text{ cm}$$

$$2). \text{ Untuk beban } 0.50 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 1.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Indeks pemampatan} \quad (C_c) = 0.0636$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih beban} \quad (\Delta P) &= 1.00 - 0.50 \\ &= 0.50 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left( \frac{\Delta P + P_0}{P_0} \right)$$

$$S_c = \frac{0.0636}{1+1.0259} \times 2.00 \times \log \left( \frac{0.50 + 0.50}{0.50} \right)$$

$$S_c = 0.018901 \text{ cm}$$

3). Untuk beban  $1.00 \text{ kg/cm}^2$  dan  $2.00 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Indeks pemampatan (Cc)} = 0.2611$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih beban } (\Delta P) &= 2.00 - 1.00 \\ &= 1.00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left( \frac{\Delta P + P_0}{P_0} \right)$$

$$S_c = \frac{0.2611}{1+1.0259} \times 2.00 \times \log \left( \frac{1.00+1.00}{1.00} \right)$$

$$S_c = 0.077594 \text{ cm}$$

Selanjutnya dengan cara yang sama untuk beban  $4.00, 8.00, 16.00 \text{ kg/cm}^2$  dapat dicari. Sehingga hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut ini :

**Tabel 6.1** Hasil penurunan tanah asli (sampel 1)

P ( $\text{kg/cm}^2$ )	Cc	eo	H (cm)	Sc (cm)
0.25				
	0.0007	1.0259	2	0.000208
0.50				
	0.0636	1.0259	2	0.018901
1.00				
	0.2611	1.0259	2	0.077594
2.00				
	0.2806	1.0259	2	0.083389
4.00				
	0.2729	1.0259	2	0.081101
8.00				
	0.3611	1.0259	2	0.107312
16.00				
<b>Penurunan Total</b>			<b>0.369 cm</b>	

Dari tabel diatas terlihat bahwa penurunan tanah asli yang terjadi untuk sampel 1 adalah sebesar  $0.369 \text{ cm}$  yang diperoleh dari penjumlahan penurunan tiap bebannya.

Untuk analisis penurunan tanah asli pada sampel 2 cara yang digunakan sama dengan pada sampel 1. Adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.2 dibawah ini :

**Tabel 6.2** Hasil penurunan tanah asli (sampel 2)

P (kg/cm <sup>2</sup> )	Cc	eo	H (cm)	Sc (cm)
0.25	0.0011	1.1093	2	0.000314
0.5				0.034794
1	0.164	1.1093	2	0.046811
2				0.090796
4	0.3808	1.1093	2	0.108692
8				0.060397
16	0.2116	1.1093	2	
<b>Penurunan Total</b>			<b>0.342 cm</b>	

Dari tabel diatas terlihat bahwa penurunan tanah asli yang terjadi untuk sampel 2 adalah sebesar 0.342 cm yang juga diperoleh dari penjumlahan penurunan tiap bebannya seperti pada sampel 1.

Dari kedua hasil penurunan pada tabel 6.1 dan 6.2 diatas maka didapatkan rerata penurunan yang terjadi pada sampel tanah asli seperti yang terlihat pada tabel 6.3 dibawah ini :

**Tabel 6.3** Hasil rata-rata penurunan tanah asli

Sampel	1	2
Penurunan (cm)	0.369	0.342
<b>Rata-rata</b>	<b>0.355 cm</b>	

Dari tabel diatas terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada tanah asli adalah sebesar 0.355 cm.

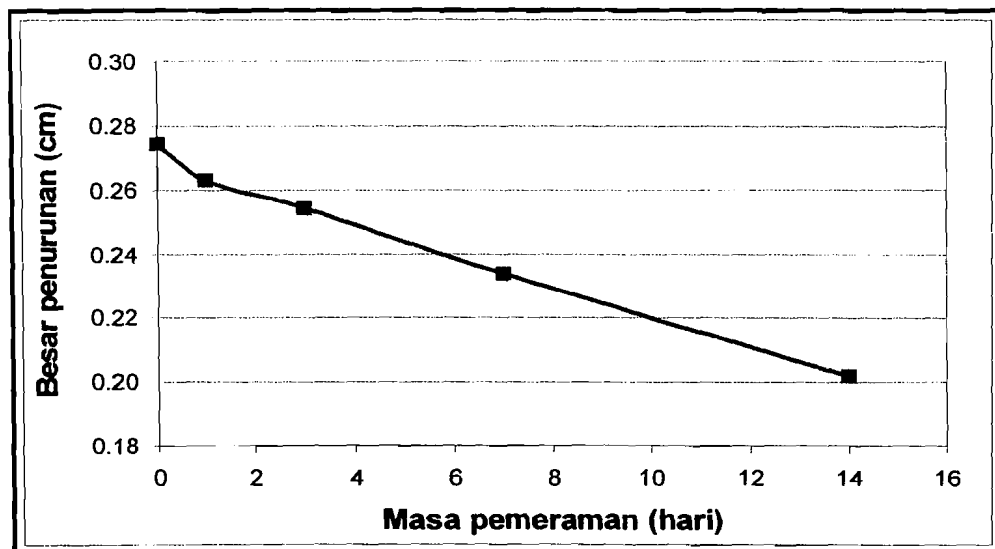
Dari gambar 6.5 diatas terlihat bahwa tanah yang dicampur menggunakan lumpur Lapindo Brantas sebanyak 5 %, dengan masa pemeraman yang berbeda membuat hasil yang diperoleh juga berbeda. Makin lama pemeramannya maka besar penurunan yang terjadi juga makin kecil. Pada campuran 5 % terjadi penurunan yang lebih kecil sebesar 35.49 % dari penurunan tanah asli.

### 6.3.3 Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 10 %

Berikut adalah hasil penurunan tanah yang dicampur dengan lumpur Lapindo sebanyak 10 % dengan waktu pemeraman 1, 3, 7, dan 14 hari. Seperti yang terlihat pada tabel 6.5 dibawah ini. Adapun data hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 42.

**Tabel 6.5** Hasil penurunan tanah + lumpur Lapindo 10 %

Pemeraman (hari)	Penurunan (cm)		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
0	0.278	0.270	<b>0.274 cm</b>
1	0.268	0.258	<b>0.263 cm</b>
3	0.260	0.248	<b>0.254 cm</b>
7	0.237	0.230	<b>0.234 cm</b>
14	0.212	0.191	<b>0.202 cm</b>



**Gambar 6.6** Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman ( tanah + lumpur Lapindo 10 % )

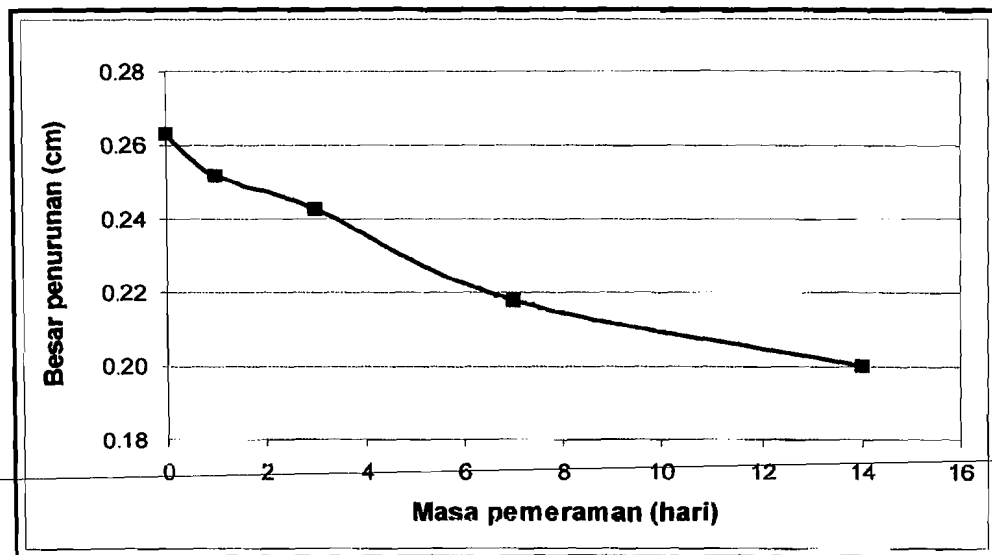
Seperti halnya pada campuran sebanyak 5 %, tanah lempung yang dicampur dengan lumpur Lapindo sebanyak 10 % dengan masa pemeraman yang berbeda, juga memperoleh hasil yang berbeda. Seperti yang terlihat pada gambar 6.6 diatas, bahwa makin lama pemeramannya maka besar penurunan tanah yang terjadi juga makin kecil. Bahkan penurunan tanah lempung yang dicampur dengan lumpur lapindo sebanyak 10 %, membuat penurunan tanah yang terjadi cenderung semakin lebih kecil dari campuran sebanyak 5 % yaitu dari 35.49 % pada campuran 5 % menjadi 43.16 % pada campuran 10 %. Ini berarti bahwa kekuatan tanah pada campuran 10 % mengalami peningkatan yang lebih baik.

#### 6.3.4 Penurunan Tanah + Lumpur Lapindo 15 %

Berikut adalah hasil penurunan tanah yang dicampur dengan lumpur Lapindo sebanyak 15 % dengan waktu pemeraman 1, 3, 7, dan 14 hari. Seperti yang terlihat pada tabel 6.6 dibawah ini. Adapun data hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 43.

**Tabel 6.6** Hasil penurunan tanah + lumpur Lapindo 15 %

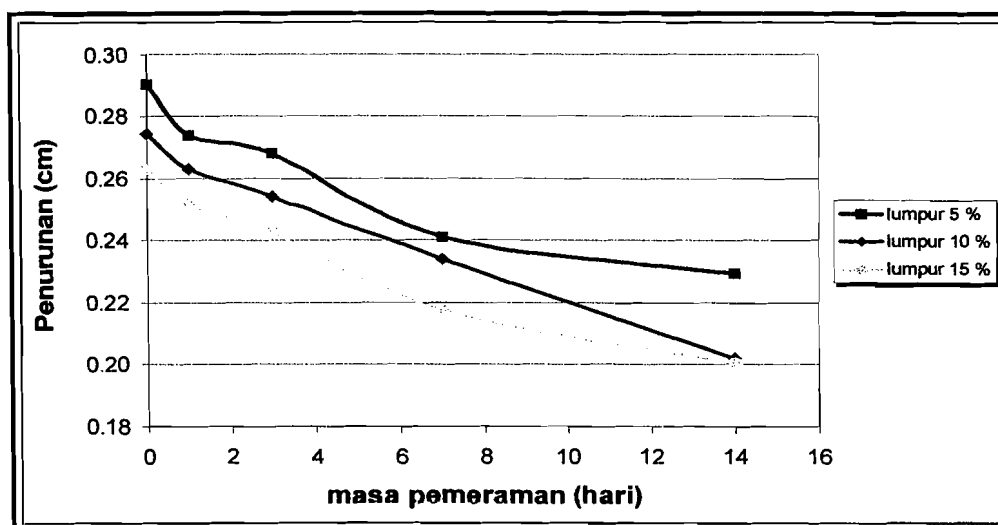
Pemeraman (hari)	Penurunan (cm)		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
0	0.273	0.253	<b>0.263 cm</b>
1	0.260	0.243	<b>0.252 cm</b>
3	0.250	0.235	<b>0.243 cm</b>
7	0.228	0.207	<b>0.218 cm</b>
14	0.208	0.192	<b>0.200 cm</b>

**Gambar 6.7** Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman (tanah + lumpur Lapindo 15 %)

Dari gambar 6.7 diatas terlihat bahwa tanah yang dicampur menggunakan lumpur Lapindo Brantas sebanyak 15 %, masih memperoleh hasil yang berbeda bila masa pemeramannya juga berbeda. Sama halnya pada campuran lumpur Lapindo 5 % dan 10 %, dengan masa pemeraman yang berbeda membuat hasil

yang diperoleh juga berbeda, yaitu makin lama pemeramannya maka besar penurunan yang terjadi makin kecil. Atau dengan kata lain kekuatan tanah lempung yang dicampur dengan lumpur Lapindo mengalami peningkatan dari tanah asli. Namun penurunan yang terjadi pada campuran lumpur sebanyak 15 % ini tidak terlalu menunjukkan penurunan yang lebih kecil, malah relatif sama dengan campuran 10 % yaitu sebesar 43.16 % pada campuran lumpur 10 % dan pada campuran lumpur 15 % ini hanya sebesar 43.68 % saja dari tanah asli.

Berikut adalah grafik dari analisis penurunan tanah yang terjadi dengan variasi lumpur Lapindo dengan waktu pemeraman yang berbeda-beda.



**Gambar 6.8** Grafik hubungan antara besar penurunan dengan masa pemeraman pada campuran lumpur Lapindo yang berbeda

Dari gambar 6.8 diatas terlihat bahwa dengan variasi lumpur dan pemeraman yang berbeda-beda, maka besar penurunan yang terjadi juga berbeda. Dengan penambahan lumpur yang semakin banyak yaitu sampai 15 % maka penurunan yang terjadi juga makin kecil. Begitu pula dengan waktu pemeraman, makin lama waktu pemeramannya yaitu sampai 14 hari, maka penurunan yang terjadi juga makin kecil. Namun pada grafik untuk lumpur 10 % dan 15 % diatas, terlihat bahwa besar penurunan tanah yang terjadi untuk masa pemeraman 14 hari



relatif sama. Ini menunjukkan bahwa untuk campuran lumpur 15 %, kecenderungan akan mengalami penurunan tanah yang lebih besar dari campuran lumpur 10 % bisa saja terjadi, bila masa pemeramannya lebih lama lagi atau lebih lama dari 14 hari.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah atau pernah dilakukan terhadap tanah yang berasal dari Purworejo dan pada lumpur Lapindo, baik pengujian sifat-sifat fisik maupun mekanis serta pengaruh penambahan lumpur Lapindo terhadap penurunan tanah yang terjadi, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan sistem klasifikasi tanah, maka tanah lempung yang berasal dari Seren, Gebang, Purworejo diperoleh hasil sebagai berikut :
  - a. Berdasarkan sistem klasifikasi tekstur segitiga USCS, tanah berbutir halus yang berasal dari desa Seren, kecamatan Gebang, Purworejo termasuk dalam golongan *Clay* atau tanah lempung.
  - b. Berdasarkan sistem klasifikasi *Unified*, termasuk dalam kelompok OH yaitu tanah lempung dengan plastisitas tinggi.
  - c. Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO tanah yang berasal dari desa Seren dikelompokkan kedalam A-7-5(47) yaitu tanah berlempung, sedangkan sistem klasifikasi tanah pada lumpur Lapindo diperoleh hasil sebagai berikut :
    - a. Berdasarkan sistem klasifikasi tekstur segitiga USCS, lumpur Lapindo termasuk dalam jenis tanah lanau berlempung.
    - b. Berdasarkan sistem klasifikasi *Unified*, lumpur Lapindo termasuk dalam kelompok CH yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi.
    - c. Menurut sistem klasifikasi AASHTO lumpur Lapindo dikelompokkan kedalam A-7-5(28) yaitu tanah berlempung.
2. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium, maka tanah lempung yang berasal dari Purworejo memiliki kadar air sebesar 57.96%,

berat jenis (Gs) 2.58, berat volume  $1.874 \text{ gr/cm}^3$ , batas cair (LL) 83.90 %, batas plastis (PL) 48.76 %, dan indeks plastis (IP) 35.15 %. Sedangkan dari pengujian Proktor Standar didapatkan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) sebesar  $1,115 \text{ gr/cm}^3$  dengan kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) 38.99 %,

3. Penambahan lumpur Lapindo pada tanah lempung menunjukkan angka penurunan yang makin kecil, sesuai dengan besar penambahan lumpur Lapindo. Selain itu masa pemeraman sampel yang berbeda-beda menunjukkan hasil yang diperoleh juga berbeda, makin lama waktu pemeramannya maka penurunan tanah yang terjadi juga semakin kecil. Penambahan campuran sebesar 15 % dengan waktu pemeraman 14 hari mampu memperkecil penurunan yang terjadi terhadap tanah asli sebesar 43.68 %

## 7.2 SARAN

1. Bagi para peneliti yang berminat melanjutkan penelitian mengenai pengaruh pencampuran dengan lumpur Lapindo, dapat menggunakan jenis tanah yang berbeda, dengan variasi yang lebih besar dari 15 % dan dengan masa pemeraman yang lebih lama lagi.
2. Penelitian mengenai pengaruh penambahan lumpur Lapindo pada tanah lempung dapat dilanjutkan dengan melakukan pengujian yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

Bowles, JE, 1986, SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH, Erlangga, Jakarta.

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

Craig R.F., 1989, MEKANIKA TANAH, Erlangga, Jakarta.

Hary Christady Hardiyatmo, 2002, MEKANIKA TANAH I, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.

Hary Christady Hardiyatmo, 2003, MEKANIKA TANAH II, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.

Hendry Purnama, 2004, PENGARUH STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN LIMBAH PADAT TEKSTIL (*SLUDGE*) DAN BATU ZEOLIT TERHADAP PENURUNAN, Tugas Akhir, Tidak Diterbitkan.

Iskandar Zulkarnain, 2007, HUBUNGAN ANTARA BEBAN DAN PENURUNAN LUMPUR LAPINDO PADA UJI KONSOLIDASI, Tugas Akhir, Tidak Diterbitkan

Wesley L.D., 1977, MEKANIKA TANAH, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

\_\_\_\_\_, 2001, PANDUAN PRAKTIKUM MEKANIKA TANAH, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

\_\_\_\_\_, 2005, PEDOMAN PRAKTIK KERJA DAN TUGAS AKHIR, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

*Pengujian Kadar Air Tanah*

## **LAMPIRAN I**



**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 : Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah

Dikerjakan : Syamsul Bachri M.  
Tanggal : Januari 2007

1	No Pengujian	1	2	3	4
2	Berat Container (W1)	12.85	12.67	12.75	12.78
3	Berat Container + Tanah Basah (W2)	72.85	72.67	66.93	71.11
4	Berat Container + Tanah Kering (W3)	50.87	50.57	46.97	49.84
5	Berat Air (Wa)	21.98	22.1	19.96	21.27
6	Berat Tanah Kering (Wt)	38.02	37.9	34.22	37.06
7	Kadar Air (Wa/Wt) x 100%	57.81	58.31	58.33	57.393
8	Kadar Air rata-rata (%)	57.96			

Diperiksa Oleh :

  
Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA

*Pengujian Berat Jenis Tanah*

## **LAMPIRAN 2**



## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

### PENGUJIAN BERAT JENIS

Proyek : Tugas Akhir  
Asal Sampel : Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah

Dikerjakan : Syamsul Bachri.M  
Tanggal : Januari 2007

1	No. Pengujian	1	2	3	4
2	Berat Piknometer (W1)	18.98	18.19	18.36	18.60
3	Berat piknometer + Tanah Kering (W2)	28.63	27.14	27.34	28.23
4	Berat Piknometer + Tanah + Air (W3)	49.62	48.21	48.20	48.56
5	Berat Piknometer + Air (W4)	43.78	42.67	42.70	42.67
6	Temperatur (t°)	25	25	25	25
7	Bj air pada temperatur	0.99708	0.99708	0.99682	0.99682
8	Bj air pada 27.5 °C	0.99641	0.99641	0.99641	0.99641
9	Berat tanah kering (Wt)	9.65	8.95	8.98	9.63
10	A = Wt + W4	53.43	51.62	51.68	52.3
11	I = A - W3	3.81	3.41	3.48	3.74
12	Berat jenis, Gs (t°) = Wt/I	2.53	2.62	2.58	2.57
13	Gs pada 27.5°C = Gs(t°) . [Bj air °t / Bj air t 27.5]	2.535	2.626	2.582	2.576
14	Berat jenis rata-rata Gs	2.58			

Diperiksa Oleh :

  
Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA



## GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir Tested by : Syamsul Bachri M.  
 Sample no. : 1 Date : Januari 2007  
 Depth : 1,5 m Location : Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah  
 Kode : \_\_\_\_\_

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr Hydrometer type = 152 H  
 Specific Gravity, Gs = 2.58 Hydr. Correction, a = 1.017  
 K2 = aW x 100 = 1.69453 Meniscus correction, m = 1

### Sieve Analysis

Sieve No	Opening (mm)	Mass retained (gr)	Mass passed (gr)	% finer by mass e/W x 100%	Remarks
	90	0	60.00	100.00	
	75	0	60.00	100.00	
	63	0	60.00	100.00	
	50.8	0	60.00	100.00	
	38.1	0	60.00	100.00	
1	25.4	0	60.00	100.00	
3/4	19	0	e1 = 60.00	100.00	
	13.2	0	e2 = 60.00	100.00	
3/8	9.5	0	e3 = 60.00	100.00	
1/4	6.7	0	e4 = 60.00	100.00	
4	4.750	d1 = 0.00	e5 = 60.00	100.00	e7 = W - Sd
10	2.000	d2 = 0.04	e6 = 59.96	99.93	e6 = d7 + e7
20	0.850	d3 = 0.22	e7 = 59.74	99.57	e5 = d6 + e6
40	0.425	d4 = 0.13	e9 = 59.61	99.35	e4 = d5 + e5
60	0.250	d5 = 0.58	e10 = 59.03	98.38	e3 = d4 + e4
140	0.106	d6 = 0.34	e11 = 58.69	97.82	e2 = d3 + e3
200	0.075	d7 = 0.19	e12 = 58.50	97.50	e1 = d2 + e2
		Sd = 1.50			

### 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 (%)
12.06										
12.08	2	52	-2.0	26	53	7.617	0.0129	0.025237	55.3	93.71
12.11	5	52	-2.0	26	53	7.617	0.0129	0.015961	55.3	93.71
12.36	30	48	-2.0	26	49	8.272	0.0129	0.006791	51.3	86.93
13.06	60	46	-2.0	26	47	8.600	0.0129	0.004896	49.3	83.54
16.16	250	42	-2.0	26	43	9.264	0.0129	0.002488	45.3	76.76
12.06	1440	39	-2.0	26	40	9.746	0.0129	0.001064	42.3	71.68

Remarks :

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

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

Diperiksa Oleh :

Dr. Ir. Edy Puwanto, CES, DEA

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

*Pengujian Analisis Granuler Lumpur Lapindo*

## **LAMPIRAN 5**

## GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir  
 Sample no : 1  
 Depth : 1 m  
 Kode : \_\_\_\_\_

Tested by : Syamsul Bachri M.  
 Date : 15 Januari 2007  
 Location : Porong, Sidoarjo, Jawa Timur

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr  
 Specific Gravity,  $G_s =$  2.63  
 $K_2 = a/W \times 100 =$  1.67438

Hydrometer type = 152 H  
 Hydr. Correction,  $a =$  1.005  
 Meniscus correction,  $m =$  1

**Sieve Analysis**

Sieve No	Opening (mm)	Mass retained (gr)	Mass passed (gr)	% finer $e/W \times 100\%$	Remarks
	90	0	60.00	100.00	
	75	0	60.00	100.00	
	63	0	60.00	100.00	
	50.8	0	60.00	100.00	
	38.1	0	60.00	100.00	
1	25.4	0	60.00	100.00	
3/4	19	0	60.00	100.00	
	13.2	0	60.00	100.00	
3/8	9.5	0	60.00	100.00	
1/4	6.7	0	60.00	100.00	
4	4.750	$d_1 = 0.00$	$e_5 = 60.00$	100.00	$e_7 = W - S_d$
10	2.000	$d_2 = 0.21$	$e_6 = 59.79$	99.65	$e_6 = d_7 + e_7$
20	0.850	$d_3 = 2.07$	$e_7 = 57.72$	96.20	$e_5 = d_6 + e_6$
40	0.425	$d_4 = 2.80$	$e_9 = 54.92$	91.53	$e_4 = d_5 + e_5$
60	0.250	$d_5 = 2.06$	$e_{10} = 52.86$	88.10	$e_3 = d_4 + e_4$
140	0.106	$d_6 = 4.32$	$e_{11} = 48.54$	80.90	$e_2 = d_3 + e_3$
200	0.075	$d_7 = 0.61$	$e_{12} = 47.93$	79.88	$e_1 = d_2 + e_2$
		$S_d = 12.07$			

**Hidrometer Analysis**

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R' $R_1 + m$	L	K	D (mm)	Rc = $R_1 - R_2 + Cr$	P $K_2 \times R$ (%)
10.40										
10.42	2	39	-2.0	27	40	9.746	0.0125	0.027647	42.3	70.83
10.45	5	36	-2.0	27	37	10.237	0.0125	0.017921	39.3	65.80
10.70	30	30	-2.0	27	31	11.219	0.0125	0.007659	33.3	55.76
11.40	60	24	-2.0	27	25	12.202	0.0125	0.005648	27.3	45.71
14.50	250	17	-2.0	27	18	13.348	0.0125	0.002894	20.3	33.99
10.40	1440	14	-2.0	27	15	13.839	0.0125	0.001228	17.3	28.97

Remarks :

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

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

Diperiksa Oleh :



Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA

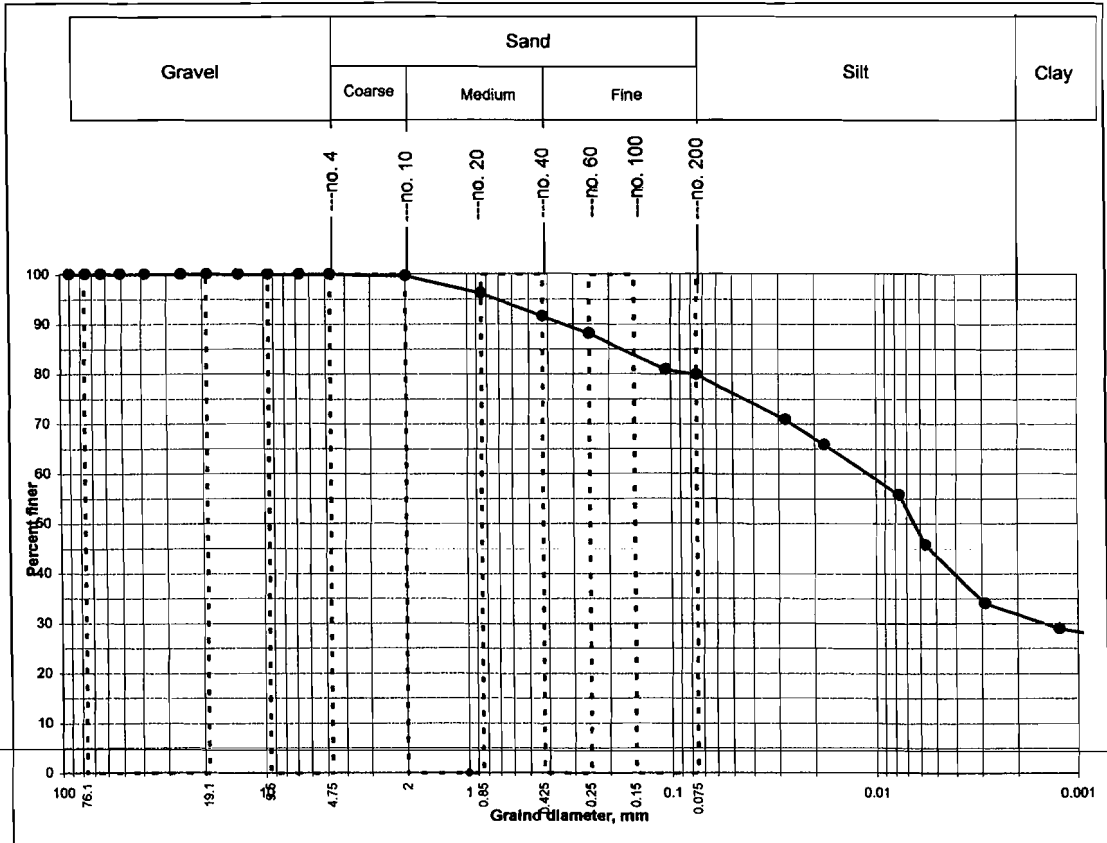
**SOIL MECHANICS LABORATORY  
 CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
 ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA**



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

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

Project : Tugas Akhir  
 Location : Porong, sidoarjo, Jawa Timur  
 Sample no. : 1  
 Depth : 1 m  
 Kode : 1  
 Tested by : Syamsul Bachri M.  
 Date : 15 Jan 2007  
 Berat jenis : 2.63



Finer # 200	79.88 %	D10 (mm)	0.000003
		D30 (mm)	0.00146
Gravel	0.00 %	D60 (mm)	0.01097
Sand	20.12 %	Cu = D60/D10	4250.504
Silt	48.00 %	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D10xD60)	567.619
Clay	31.88 %	D50(mm)	0.006

Mengetahui  
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Edy Purwanto, DEA

## GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : Tugas Akhir                      Tested by : Syamsul Bachri M.  
 Sample no : 2                                      Date : 15 Januari 2007  
 Depth : 1 m                                      Location : Porong, Sidoarjo, Jawa Timur  
 Kode : \_\_\_\_\_

Soil sample (disturbed/undisturbed)

Mass of soil = 60 gr                      Hydrometer type = 152 H  
 Specific Gravity,  $G_s$  = 2.620                      Hydr. Correction,  $a$  = 1.007  
 $K_2 = a/W \times 100$  = 1.67831                      Meniscus correction,  $m$  = 1

### Sieve Analysis

Sieve No	Opening (mm)	Mass retained (gr)	Mass passed (gr)	% finer by mass $e/W \times 100\%$	Remarks
	90	0	60.00	100.00	
	75	0	60.00	100.00	
	63	0	60.00	100.00	
	50.8	0	60.00	100.00	
	38.1	0	60.00	100.00	
1	25.4	0	60.00	100.00	
3/4	19	0	$e_1 = 60.00$	100.00	
	13.2	0	$e_2 = 60.00$	100.00	
3/8	9.5	0	$e_3 = 60.00$	100.00	
1/4	6.7	0	$e_4 = 60.00$	100.00	
4	4.750	$d_1 = 0.00$	$e_5 = 60.00$	100.00	$e_7 = W - S_d$
10	2.000	$d_2 = 0.46$	$e_6 = 59.54$	99.23	$e_6 = d_7 + e_7$
20	0.850	$d_3 = 2.61$	$e_7 = 56.93$	94.88	$e_5 = d_6 + e_6$
40	0.425	$d_4 = 2.88$	$e_9 = 54.05$	90.08	$e_4 = d_5 + e_5$
60	0.250	$d_5 = 1.89$	$e_{10} = 52.16$	86.93	$e_3 = d_4 + e_4$
140	0.106	$d_6 = 3.55$	$e_{11} = 48.61$	81.02	$e_2 = d_3 + e_3$
200	0.075	$d_7 = 0.63$	$e_{12} = 47.98$	79.97	$e_1 = d_2 + e_2$
		$S_d = 12.02$			

### Hydrometer Analysis

Time	elapsed time min. T	R1	R2	t	R'	L	K	D	Rc=	P
					$R_1 + m$			(mm)	$R_1 - R_2 + Cr$	$K_2 \times R$
										(%)
10.40										
10.42	2	41	-2.0	27	42	9.418	0.0126	0.027262	44.3	74.35
10.45	5	36	-2.0	27	37	10.237	0.0126	0.017976	39.3	65.96
10.70	30	32	-2.0	27	33	10.892	0.0126	0.00757	35.3	59.24
11.40	60	26	-2.0	27	27	11.874	0.0126	0.005589	29.3	49.17
14.50	250	17	-2.0	27	18	13.348	0.0126	0.002903	20.3	34.07
10.40	1440	12	-2.0	27	13	14.166	0.0126	0.001246	15.3	25.68

Remarks :

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

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

Diperiksa oleh :

Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA

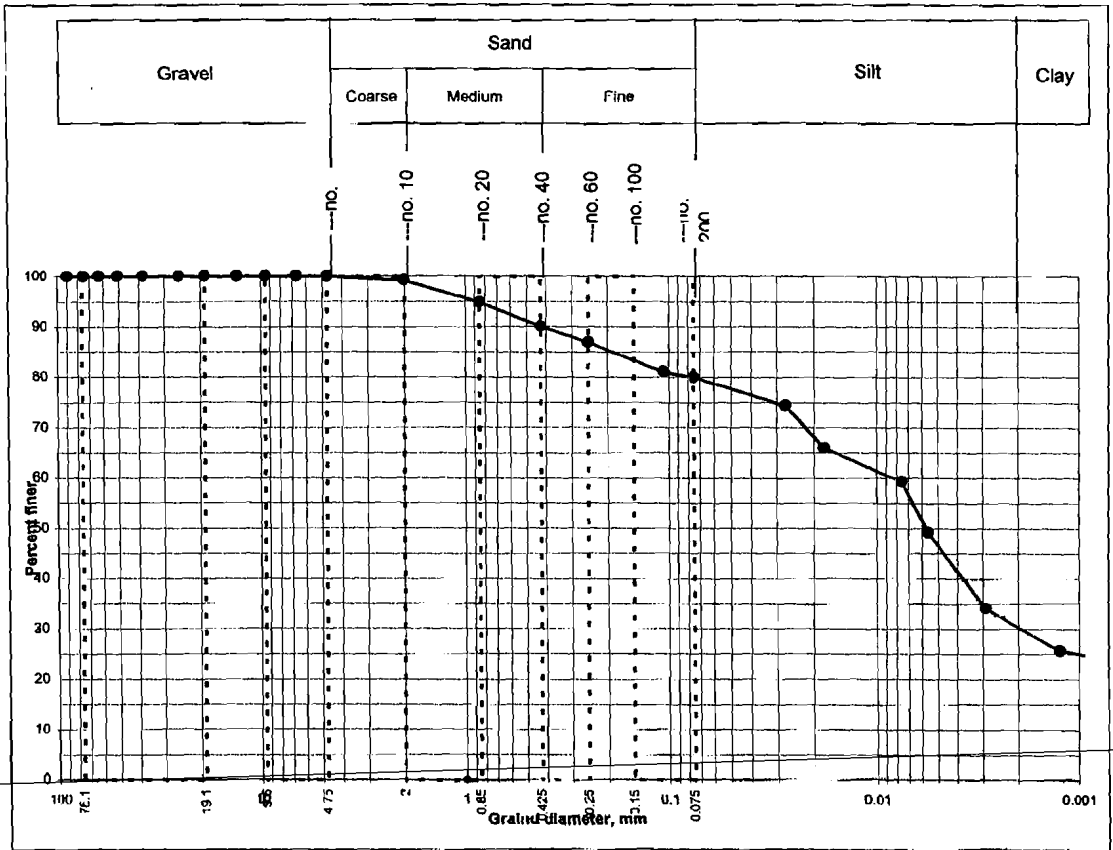
**SOIL MECHANICS LABORATORY**  
**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT**  
**ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA**



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

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

Project : Tugas Akhir  
 Location : Porong, Sidoarjo, Jawa Timur  
 Sample no. : 2  
 Depth : -  
 Kode :  
 Tested by : Syamsul Bachri M.  
 Date : 15 Januari 2007  
 Berat jenis : 2,63



Finer # 200	79.97 %	D10 (mm)	0.000004
		D30 (mm)	0.00193
Gravel	0.00 %	D60 (mm)	0.00834
Sand	20.03 %	Cu = D60/D10	2120.329
Silt	49.97 %	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D10xD60)	489.496
Clay	30.00 %	D50(mm)	0.006

Mengetahui  
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Epy Purwanto, DEA



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

Jl. Kaliurang Km 14,4 Telp. (0274) 896042, 896707, Fax (0274) 896330. Jogjakarta.

**PENGUJIAN BATAS CAIR**

PROYEK : Tugas Akhir  
 LOKASI : Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah  
 SAMPEL : 1

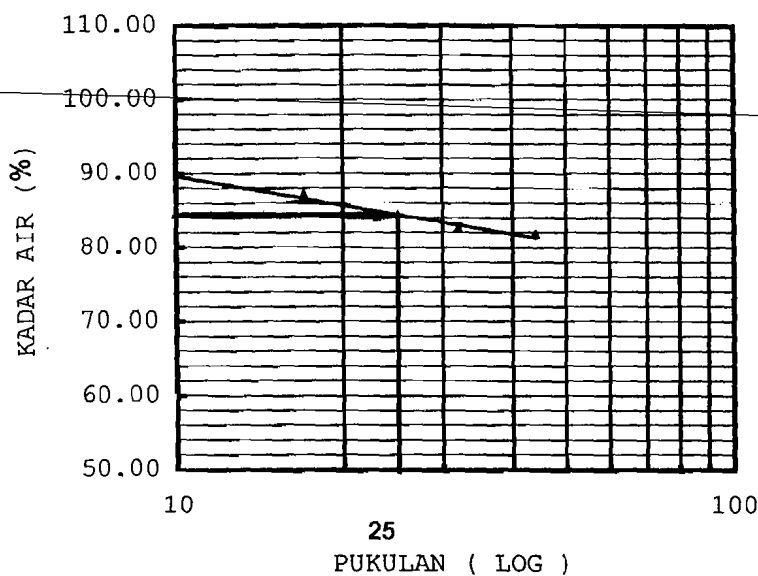
Tanggal : Januari 2007  
 Dikerjakan : Syamsul Bachri M.

NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	12.61	12.73	12.73	12.96	12.65	12.87	12.89	13.05
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	39.02	37.89	32.27	33.21	36.64	31.76	35.75	47.30
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	26.76	26.12	23.32	23.98	25.80	23.20	25.51	31.82
5	Berat air (3) - (4)	12.26	11.77	8.95	9.23	10.84	8.56	10.24	15.48
6	Berat tanah kering (4) - (2)	14.15	13.39	10.59	11.02	13.15	10.33	12.62	18.77
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	86.64	87.90	84.51	83.76	82.43	82.87	81.14	82.47
8	KADAR AIR RATA-RATA =	87.27		84.14		82.65		81.81	
9	PUKULAN	17		23		32		44	

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	21.80	21.82
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	40.16	39.96
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	34.14	33.95
5	BERAT AIR (3)-(4)	6.02	6.01
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	12.34	12.13
7	KADAR AIR = $\frac{(5)}{(6)} \times 100\% =$	48.78	49.55
8	KADAR AIR RATA-RATA =	49.17	

**KESIMPULAN**  
 FLOW INDEX : 5.412  
 BATAS CAIR : 84.45  
 BATAS PLASTIS : 49.17  
 INDEX PLASTISITAS : 36.28



Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium

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

Tanggal : Januari 2007

LOKASI : Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah

Dikerjakan : Syamsul Bachri M.

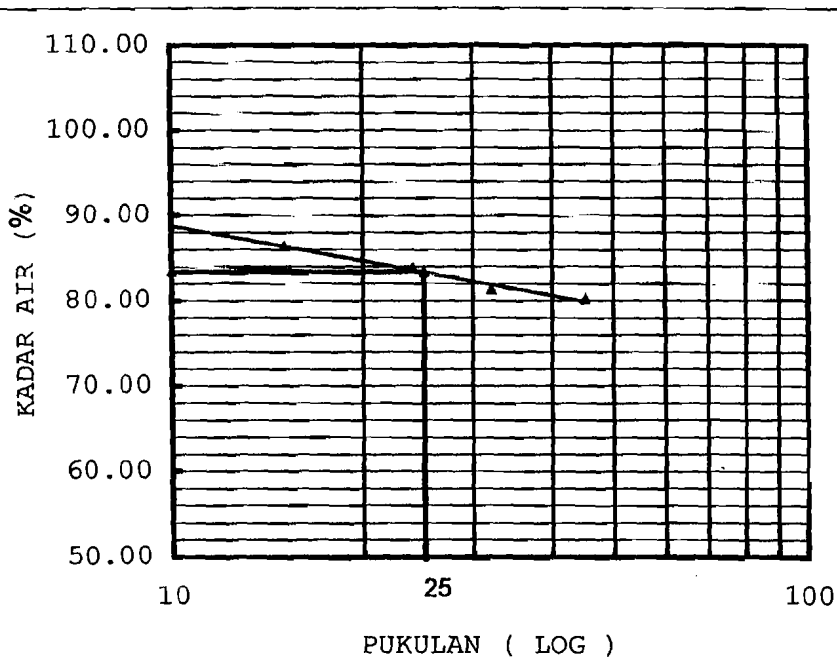
SAMPEL : 2

NO	NO. PENGUJIAN	I		II		III		IV	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	NO CAWAN								
2	Berat cawan kosong	13.07	12.87	12.61	12.73	12.97	12.86	12.90	13.17
3	Berat cawan + tanah basah (gr)	37.37	38.64	42.12	37.87	33.98	38.56	39.20	42.21
4	Berat cawan + tanah kering (gr)	26.12	26.68	28.61	26.45	24.56	27.03	27.54	29.24
5	Berat air (3) - (4)	11.25	11.96	13.51	11.42	9.42	11.53	11.66	12.97
6	Berat tanah kering (4) - (2)	13.05	13.81	16.00	13.72	11.59	14.17	14.64	16.07
7	(5) KADAR AIR = $\frac{\quad}{\quad} \times 100\% =$ (6)	86.21	86.60	84.44	83.24	81.28	81.37	79.64	80.71
8	KADAR AIR RATA-RATA =	86.41		83.84		81.32		80.18	
9	PUKULAN	15		24		32		45	

**PENGUJIAN BATAS PLASTIS**

NO		1	2
1	NO CAWAN		
2	BERAT CAWAN KOSONG	21.78	21.60
3	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	38.48	37.21
4	BERAT CAWAN + TANAH KERING	33.01	32.15
5	BERAT AIR (3)-(4)	5.47	5.06
6	BERAT TANAH KERING (4)-(2)	11.23	10.55
7	(5) KADAR AIR = $\frac{\quad}{\quad} \times 100\% =$ (6)	48.71	47.96
8	KADAR AIR RATA-RATA =	48.34	

KESIMPULAN		
FLOW INDEX	:	5.746
BATAS CAIR	:	83.35
BATAS PLASTIS	:	48.34
INDEX PLASTISITAS	:	35.02



Mengetahui,  
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA



*Pengujian Batas Swat*

## **LAMPIRAN 2**



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

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

**PENGUJIAN BATAS SUSUT**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo

Dikerjakan oleh : Syamsul Bachri.M  
Tanggal : Januari 2007

1	No. Pengujian	1	2
2	Berat jenis tanah, $G_s$	2.58	2.58
3	Berat cawan susut, $W_1$ (gr)	38.09	39.62
4	Berat cawan susut+tanah basah, $W_2$ (gr)	59.92	61.22
5	Berat cawan susut+tanah kering, $W_3$ (gr)	48.01	49.44
6	Berat air, $W_a$ (gr)	11.91	11.78
7	Berat tanah kering, $W_o$ (gr)	9.92	9.82
8	Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur, $W_r$ (gr)	146.87	147.96
9	Berat gelas ukur, $W_4$ (gr)	60.41	60.41
10	Volume tanah kering, $V_o$ (gr)	6.36	6.44
11	Batas susut tanah, $SL = \left[ \frac{V_o}{W_o} \right] - \left[ \frac{1}{G_s} \right] \times 100\%$	25.33	26.80
12	Batas susut tanah rata-rata, SL (%)	26.06	

Mengetahui  
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA

*Pengujian Pemadatan (Proctor Standar)*

## **LAMPIRAN 8**



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

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

PROYEK : Tugas Akhir  
 Asal Sampel : Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah  
 NO Sampel : 1  
 DIKERJAKAN : Syamsul Bachri.M  
 TANGGAL : Januari 2007

Tipe Pemadatan : Standart Tipe A

**Data Tanah**

Jenis tanah : Lempung  
 Berat Jenis : 2.58

DATA SILINDER		
1	Diameter ( $\phi$ ) cm	10.16
2	Tinggi (H) cm	11.6
3	Volume (V) cm <sup>3</sup>	940.45
4	Berat gram	1875

DATA PENUMBUK		
1	Berat (kg)	2.53
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan /lapis	25
4	Tinggi jatuh (cm)	30.48

PENAMBAHAN AIR						
1	Berat tanah basah	gram	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula	%	15.73	15.73	15.73	15.73
3	Penambahan air	%	10	15	20	25
4	Penambahan air	ml	200	300	400	500

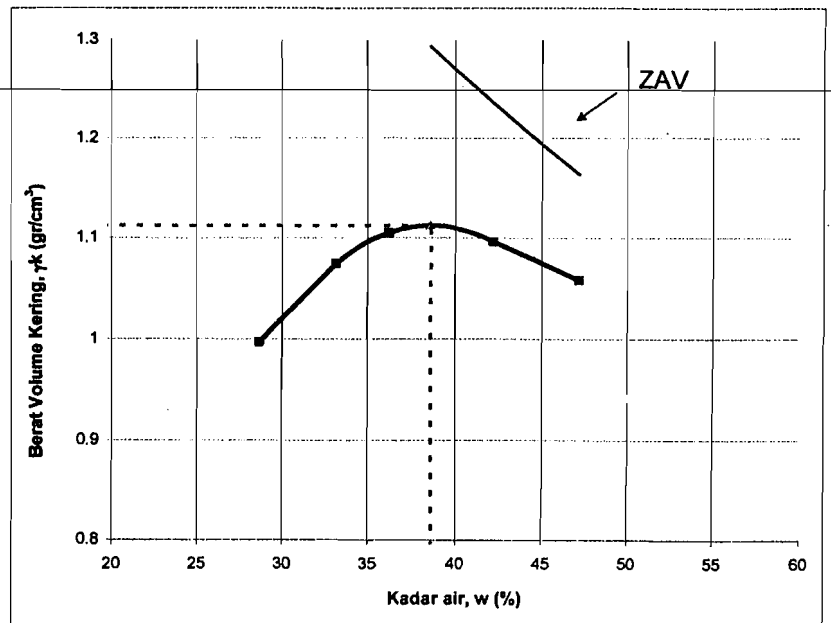
PENGUJIAN PEMADATAN SILINDER ( BERAT VOLUME TANAH, $\gamma$ )							
1	Nomor pengujian		1	2	3	4	5
2	Berat silinder + tanah padat	gram	3081	3220	3290	3341	2870
3	Berat tanah padat	gram	1206	1345	1415	1466	995
4	Berat volume tanah	gr/cm <sup>3</sup>	1.283	1.430	1.505	1.559	1.058

PENGUJIAN KADAR AIR, w												
1	NOMOR PERCOBAAN		1		2		3		4		5	
2	Nomor cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan kosong	gram	12.61	12.62	12.67	12.55	12.86	12.83	12.87	12.71	12.65	12.53
4	Berat cawan + tanah basah	gram	72.62	71.61	72.66	72.60	72.81	72.96	72.55	72.62	72.65	72.29
5	Berat cawan + tanah kering	gram	58.62	59.10	58.29	57.13	57.62	56.28	56.15	53.61	52.89	53.68
8	Kadar air = w	%	30.43	26.91	31.50	34.70	33.94	38.39	37.89	46.48	49.11	45.22
9	Kadar air rata-rata		28.67		33.10		36.16		42.19		47.17	
10	Berat volume tanah kering	gr/cm <sup>3</sup>	0.997		1.075		1.105		1.096		1.058	

<b>BERAT VOLUME KERING</b>
<b>MAKSIMUM ( gr/cm<sup>3</sup> )</b>
<b>1.112</b>
<b>KADAR AIR OPTIMUM (%)</b>
<b>38.60</b>

Mengetahui,  
 Kepala Laboratorium

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 : Seren, Gebang, Purworejo, Jawa Tengah  
 NO Sampel : 2  
 DIKERJAKAN : Syamsul Bachri M.  
 TANGGAL : Januari 2007

Tipe Pematatan : Standart Tipe A

**Data Tanah**

Jenis tanah : Lempung  
 Berat Jenis : 2.58

DATA SILINDER		
1	Diameter ( $\phi$ ) cm	10.16
2	Tinggi ( H ) cm	11.6
3	Volume ( V ) cm <sup>3</sup>	940.45
4	Berat gram	1875
DATA PENUMBUK		
1	Berat (kg)	2.53
2	Jumlah lapis	3
3	Jumlah tumbukan /lapis	25
4	Tinggi jatuh (cm)	30.48

**PENAMBAHAN AIR**

1	Berat tanah absah gram	2000	2000	2000	2000	2000
2	Kadar air mula-mula %	15.73	15.73	15.73	15.73	15.73
3	Penambahan air %	10	15	20	25	30
4	Penambahan air ml	200	300	400	500	600

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

1	Nomor pengujian	1	2	3	4	5
2	Berat silinder + tanah padat gram	3082	3219	3298	3351	2810
3	Berat tanah padat gram	1207	1344	1423	1476	935
4	Berat volume tanah gr/cm <sup>3</sup>	1.283	1.429	1.513	1.569	0.994

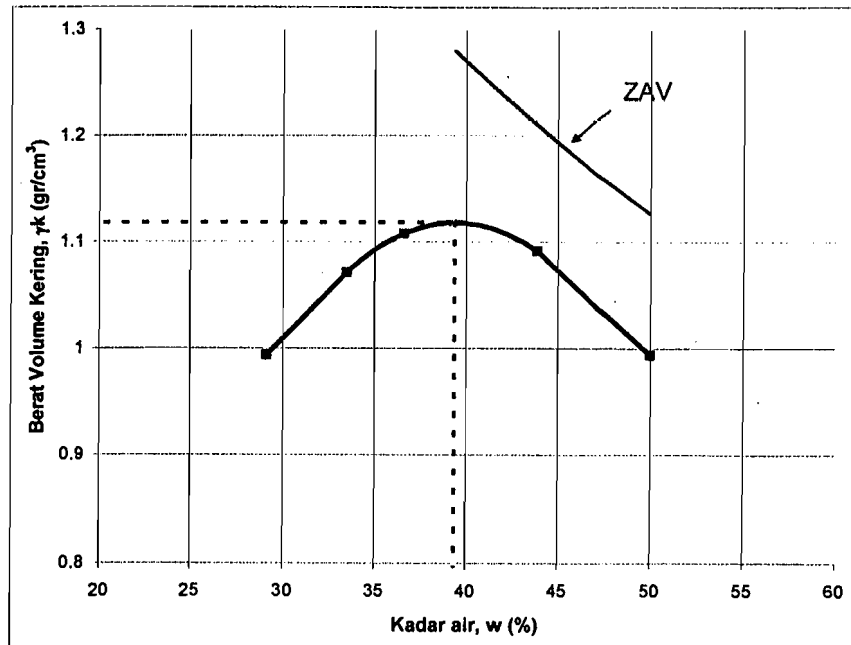
**PENGUJIAN KADAR AIR, w**

1	NOMOR PERCOBAAN	1		2		3		4		5	
2	Nomor cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan kosong gram	12.61	12.64	12.68	12.59	12.89	12.83	12.89	12.71	12.65	12.49
4	Berat cawan + tanah basah gram	72.66	71.33	72.68	71.59	71.89	72.83	72.89	72.71	72.65	72.49
5	Berat cawan + tanah kering gram	58.53	58.68	56.49	57.98	56.97	55.89	54.79	54.23	53.03	52.12
8	Kadar air = w %	30.77	27.48	36.96	29.98	33.85	39.34	43.20	44.51	48.59	51.40
9	Kadar air rata-rata	29.12		33.47		36.59		43.85		49.99	
10	Berat volume tanah kering gr/cm <sup>3</sup>	0.994		1.071		1.108		1.091		0.994	

<b>BERAT VOLUME KERING</b>
<b>MAKSIMUM ( gr/cm<sup>3</sup> )</b>
<b>1.118</b>
<b>KADAR AIR OPTIMUM (%)</b>
<b>39.38</b>

Mengetahui  
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA



*Pengujian Konsolidasi Tanah Asli I*

## **LAMPIRAN 9**



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

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

**PEMBACAAN PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir

Variasi : 0 %

Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo

Tanggal : Februari 2007

No. sampel : 1

Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban P (Kg)			1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	32.00	64.00	16.00	4.00	1.00
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm <sup>2</sup> )									
Jam	t	$\sqrt{t}$	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	4.00	1.00	0.25
	0	0	-0.003	-0.003	-0.001	0.188	0.964	1.798	2.609	3.682	3.002	2.412
	5,40"	0.3	-0.003	-0.001	0.002	0.280	1.180	1.890	2.730			
	15,00"	0.5	-0.003	-0.001	0.002	0.342	1.250	1.900	2.810			
	29,40"	0.7	-0.003	-0.001	0.002	0.362	1.274	1.927	2.830			
	1,00'	1.0	-0.003	-0.001	0.002	0.376	1.301	1.964	2.860			
	2,25"	1.5	-0.003	-0.001	0.002	0.394	1.333	2.028	2.902			
	4,00"	2.0	-0.003	-0.001	0.002	0.410	1.358	2.072	2.930			
	6,25"	2.5	-0.003	-0.001	0.002	0.430	1.382	2.099	2.960			
	9,00"	3.0	-0.003	-0.001	0.002	0.449	1.399	2.124	2.998			
	12,25"	3.5	-0.003	-0.001	0.002	0.472	1.413	2.150	3.028			
	16,00"	4.0	-0.003	-0.001	0.008	0.485	1.431	2.178	3.062			
	25,00"	5.0	-0.003	-0.001	0.027	0.522	1.472	2.224	3.118			
	36,00"	6.0	-0.003	-0.001	0.048	0.552	1.507	2.272	3.180			
	49,00"	7.0	-0.003	-0.001	0.064	0.584	1.543	2.322	3.235			
1,04'	64,00"	8.0	-0.003	-0.001	0.079	0.612	1.578	2.375	3.293			
1,21'	81,00"	9.0	-0.003	-0.001	0.093	0.639	1.612	2.416	3.347			
1,40'	100,00"	10.0	-0.003	-0.001	0.107	0.673	1.648	2.457	3.399			
2,01'	121,00"	11.0	-0.003	-0.001	0.119	0.701	1.680	2.487	3.455			
2,24'	144,00"	12.0	-0.003	-0.001	0.132	0.729	1.706	2.505	3.496			
3,45'	225,00"	15.0	-0.003	-0.001	0.156	0.783	1.746	2.539	3.574			
6,40'	400,00"	20.0	-0.003	-0.001	0.170	0.839	1.778	2.574	3.636			
24,0'	1440,00"	37.9	-0.003	-0.001	0.188	0.964	1.798	2.609	3.682	3.002	2.412	1.912



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

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

**HITUNGAN UJI KONSOLIDASI**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 1

Variasi : 0 %  
Tanggal : Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Berat Janis Tanah : 2.58      Luas ring (cm<sup>2</sup>) : 44.17865  
Berat ring (gr) : 116.95      Tinggi (H<sub>0</sub>) (cm) : 2  
Diameter (cm) : 7.5      Volume V<sub>0</sub> (cm<sup>3</sup>) : 55.35729

Beban	Pembacaan akhir dial	Perubahan tebal ΔH	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H}$	Angka pori $e = e_0 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$	Tebal akhir H=H <sub>1</sub> -ΔH	Tebal rata-rata d=(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> )/2	$\sqrt{t_{90}}$	t <sub>90</sub> (detik)	$C_v = \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm <sup>2</sup> /det)
(kg/cm <sup>2</sup> )	(mm)	(cm)				cm	cm			
0.00	-0.0030			1.0259			2			
		0.000	0.0000			2.0000				
0.25	-0.0030			1.0259			1.9999			
		0.0002	0.0002		0.0007	1.9998		0.000	0	0
0.50	-0.0010			1.0257			1.99035			
		0.0189	0.0191		0.0636	1.9809		0.000	0	0
1.00	0.1880			1.0086			1.9421			
		0.0776	0.0786		0.2611	1.9033		16.230	15805	0.000212553
2.00	0.9640			0.9280			1.8616			
		0.0834	0.0845		0.2806	1.8199		16.510	16355	0.000195568
4.00	1.7980			0.8435			1.77935			
		0.0811	0.0822		0.2729	1.7388		14.490	12598	0.000233282
6.00	2.6090			0.7613			1.68515			
		0.1073	0.1087		0.3611	1.6315		12.700	9677.4	0.0002774342
16.00	3.6820			0.6527			1.6655			
		-0.0680	-0.0689		0.1144	1.6996		14.780	13107	0.0001837269
4.00	3.0020			0.7215			1.729			
		-0.0590	-0.0598		0.0993	1.7585				
1.00	2.4120			0.7813			1.7835			
		-0.0500	-0.0506		0.0841	1.8085				
0.25	1.9120			0.8319						

Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. Edy Purwanto CES, DEA



*Pengujian Konsolidasi Tanah Asli 2*

## **LAMPIRAN 10**



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

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

**PEMBACAAN PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir

Variasi : 0 %

Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo

Tanggal : 16 Februari 2007

No. sampel : 2

Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban P (Kg)			1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	32.00	64.00	16.00	4.00	1.00
Waktu Pembacaan			Pembacaan dial ... (mm) untuk beban ... (kg/cm <sup>2</sup> )									
Jam	t	$\sqrt{t}$	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	4.00	1.00	0.25
	0	0	-0.002	-0.002	0.001	0.349	0.817	1.725	2.812	3.416	2.787	2.036
	5,40"	0.3	-0.002	0.001	0.052	0.412	1.020	1.980	2.902			
	15,00"	0.5	-0.002	0.001	0.078	0.423	1.080	2.010	2.950			
	29,40"	0.7	-0.002	0.001	0.098	0.452	1.129	2.050	2.984			
	1,00'	1.0	-0.002	0.001	0.108	0.471	1.154	2.090	2.982			
	2,25'	1.5	-0.002	0.001	0.124	0.498	1.178	2.125	3.010			
	4,00'	2.0	-0.002	0.001	0.139	0.511	1.211	2.175	3.030			
	6,25'	2.5	-0.002	0.001	0.149	0.523	1.229	2.206	3.048			
	9,00'	3.0	-0.002	0.001	0.160	0.536	1.248	2.229	3.068			
	12,25'	3.5	-0.002	0.001	0.169	0.549	1.266	2.253	3.083			
	16,00'	4.0	-0.002	0.001	0.180	0.560	1.200	2.270	3.094			
	25,00'	5.0	-0.002	0.001	0.196	0.582	1.324	2.320	3.120			
	36,00'	6.0	-0.002	0.001	0.213	0.607	1.363	2.366	3.147			
	49,00'	7.0	-0.002	0.001	0.230	0.628	1.395	2.408	3.173			
1,04'	64,00"	8.0	-0.002	0.001	0.244	0.648	1.430	2.446	3.197			
1,21'	81,00"	9.0	-0.002	0.001	0.260	0.667	1.463	2.495	3.224			
1,40'	100,00"	10.0	-0.002	0.001	0.277	0.691	1.496	2.529	3.248			
2,01'	121,00"	11.0	-0.002	0.001	0.289	0.710	1.527	2.574	3.277			
2,24'	144,00"	12.0	-0.002	0.001	0.296	0.722	1.553	2.608	3.299			
3,45'	225,00"	15.0	-0.002	0.001	0.311	0.740	1.591	2.694	3.349			
6,40'	400,00"	20.0	-0.002	0.001	0.326	0.757	1.620	2.782	3.379			
24,0'	1440,00"	37.9	-0.002	0.001	0.349	0.817	1.725	2.812	3.416	2.787	2.036	1.426



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

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

**HITUNGAN UJI KONSOLIDASI**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 2

Variasi : 0 %  
Tanggal : 16 Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Berat Jenis Tanah : 2.58      Luas ring (cm<sup>2</sup>) : 44.17865  
Berat ring (gr) : 116.81      Tinggi (H<sub>0</sub>) (cm) : 2  
Diameter (cm) : 7.5      Volume V<sub>0</sub> (cm<sup>3</sup>) : 88.35729

Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan akhir dial (mm)	Perubahan tebal $\Delta H$ (cm)	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H}$	Angka pori $e = e_0 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$	Tebal akhir H=H <sub>1</sub> - $\Delta H$ cm	Tebal rata-rata d=(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> )/2 cm	$\sqrt{t_{90}}$	$t_{90}$ (detik)	$C_v = \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm <sup>2</sup> /det)
0.00	-0.0020			1.1093			2			
0.25	-0.0020	0.000	0.0000	1.1093		2.0000	1.99985			
		0.0003	0.0003		0.0011	1.9997		0.000	0	0
0.50	0.0010			1.1090			1.9823			
		0.0348	0.0367		0.1219	1.9649		0.000	0	0
1.00	0.3490			1.0723			1.9415			
		0.0468	0.0494		0.1640	1.9181		12.770	9784.4	0.000340566
2.00	0.8170			1.0230			1.8727			
		0.0908	0.0958		0.3181	1.8273		13.610	11114	0.000287609
4.00	1.7250			0.9272			1.77295			
		0.1087	0.1146		0.3808	1.7186		14.050	11844	0.000251089
8.00	2.8120			0.8125			1.6884			
		0.0604	0.0637		0.2116	1.6582		18.220	19918	0.0001338261
16.00	3.4160			0.7488			1.68965			
		-0.0629	-0.0663		0.1102	1.7211		16.190	15727	0.0001537098
4.00	2.7870			0.8152			1.75865			
		-0.0751	-0.0792		0.1316	1.7962				
1.00	2.0360			0.8944			1.8267			
		-0.0810	-0.0643		0.1069	1.8572				
0.25	1.4280			0.9587						

Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. Edy Farwanto CES, DEA



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

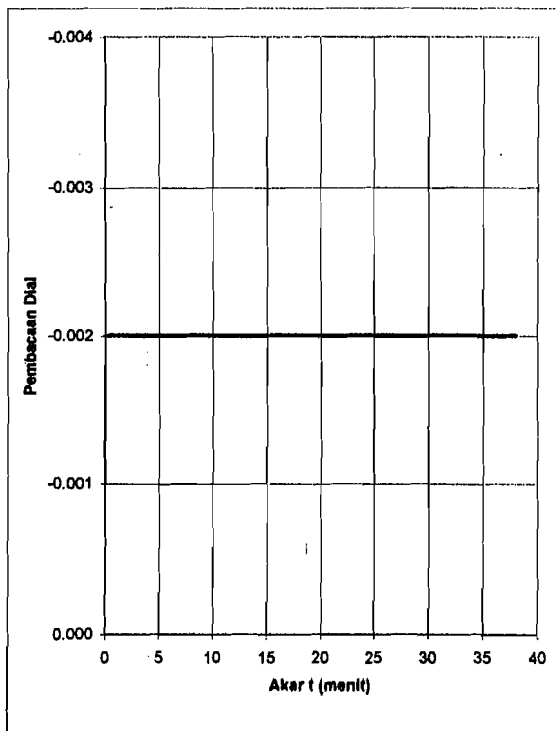
JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

**GRAFIK PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 2

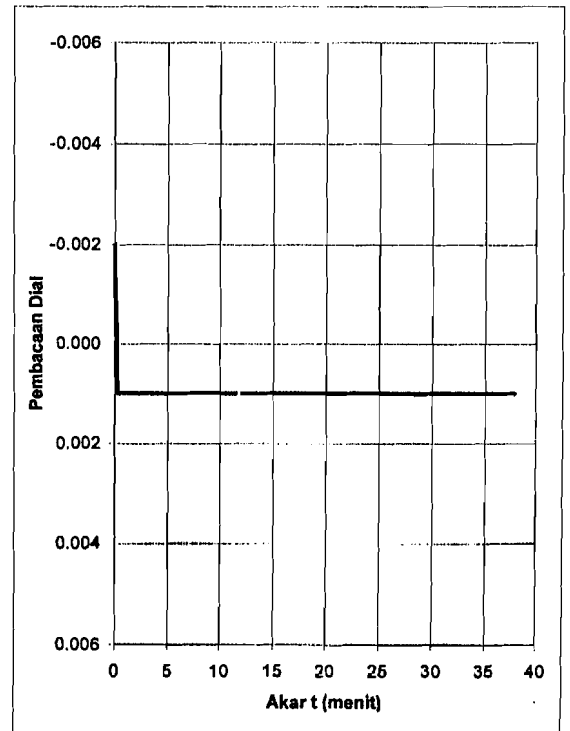
Variasi : 0 %  
Tanggal : 16 Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban 0.25 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t} :$  0

Beban 0.5 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t} :$  0



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

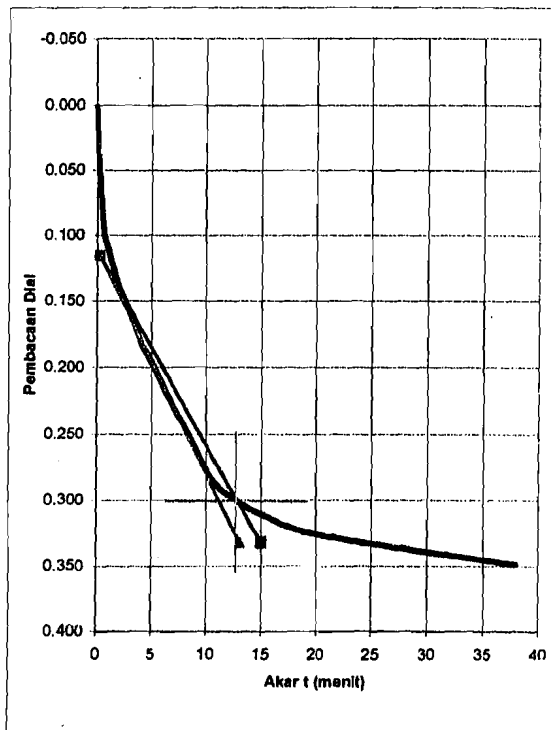
JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

**GRAFIK PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 2

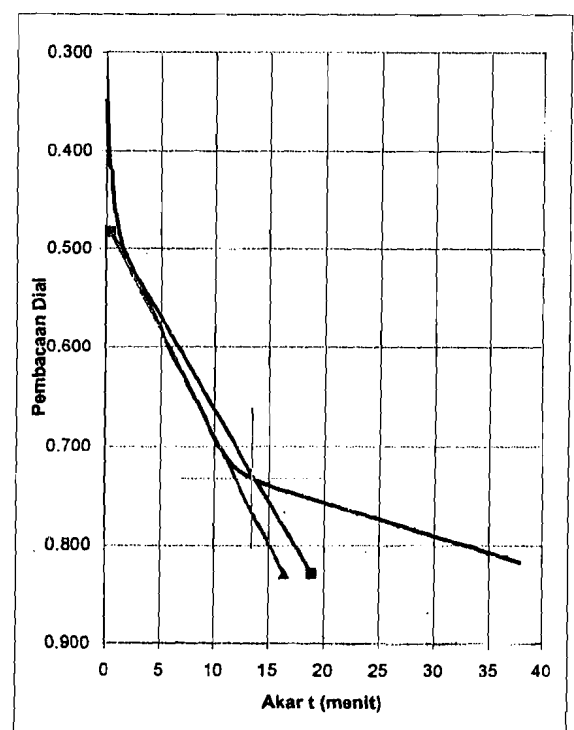
Variasi : 0 %  
Tanggal : 16 Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban 1.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t} : 12.77$

Beban 2.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t} : 13.61$



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

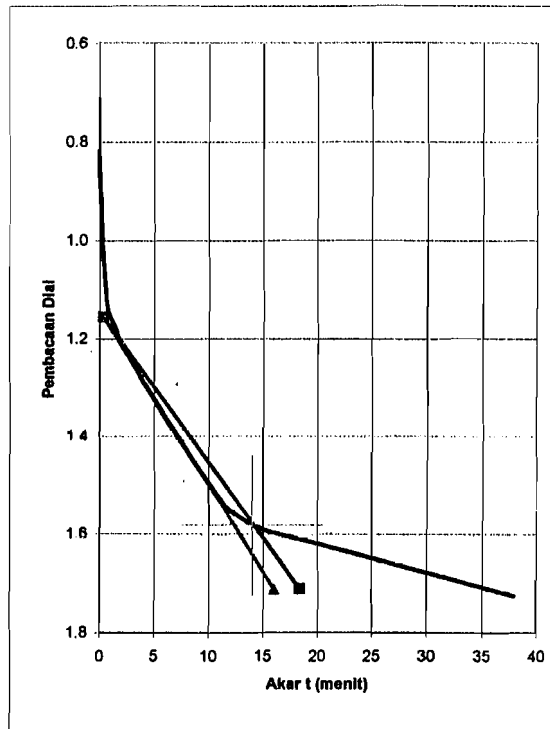
JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

**GRAFIK PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 2

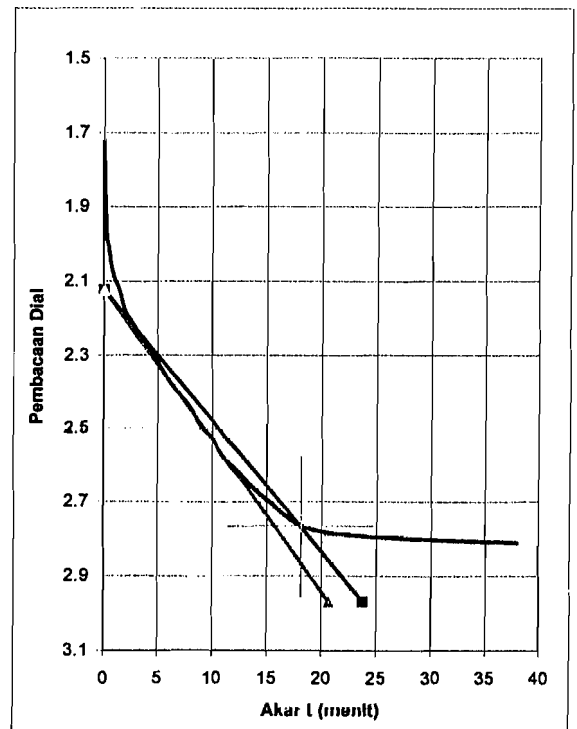
Variasi : 0 %  
Tanggal : 16 Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban 4.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t}$  : 14.05

Beban 8.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t}$  : 18.22



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

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

**HITUNGAN UJI KONSOLIDASI**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 1

Variasi Campuran : 5 %  
Pemeraman : 0 hari  
Tanggal : Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Berat Jenis Tanah : 2.58      Luas ring (cm<sup>2</sup>) : 44.17865  
Berat ring (gr) : 117.18      Tinggl (H<sub>0</sub>) (cm) : 2  
Diameter (cm) : 7.5      Volume V<sub>0</sub> (cm<sup>3</sup>) : 88.35729

Beban (kg/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan akhir dial (mm)	Perubahan tebal $\Delta H$ (cm)	Perubahan angka pori $\Delta e = \frac{\Delta H}{H_i}$	Angka pori $e = e_0 - \Delta e$	$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$	Tebal akhir H=H <sub>1</sub> - $\Delta H$ cm	Tebal rata-rata d=(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> )/2 cm	$\sqrt{t_{90}}$	$t_{90}$ (detik)	$C_v = \frac{0.848 \times (d/2)^2}{t_{90}}$ (cm <sup>2</sup> /det)
0.00	-0.0030			1.1358			2			
0.25	-0.0030	0.000	0.0000	1.1358		2.0000	1.9999			
0.50	-0.0010	0.0002	0.0002	1.1356	0.0007	1.9998	1.9997	0.000	0	0
1.00	0.0010	0.0002	0.0002	1.1354	0.0007	1.9996	1.9879	0.000	0	0
2.00	0.2350	0.0234	0.0250	1.1104	0.0830	1.9762	1.94345	0.000	0	0
4.00	0.8900	0.0655	0.0699	1.0405	0.2324	1.9107	1.87195	17.080	17503.6	0.000191451
0.00	1.0050	0.0775	0.0828	0.9577	0.2749	1.8332	1.7658	12.050	8712.15	0.000367635
16.00	3.0170	0.1352	0.1444	0.8133	0.4756	1.6980	1.73355	12.470	9330.05	0.0003184932
4.00	2.3060	-0.0711	-0.0759	0.8892	0.1261	1.7691	1.73355	12.220	8959.7	0.0002950440
1.00	1.7590	-0.0547	-0.0584	0.9477	0.0970	1.8238	1.79645			
0.25	0.9620	-0.0797	-0.0851	1.0328	0.1414	1.9035	1.86365			

Kepala Operasional Laboratorium

Dr. Ir. Edy Purwanto CES, DEA



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

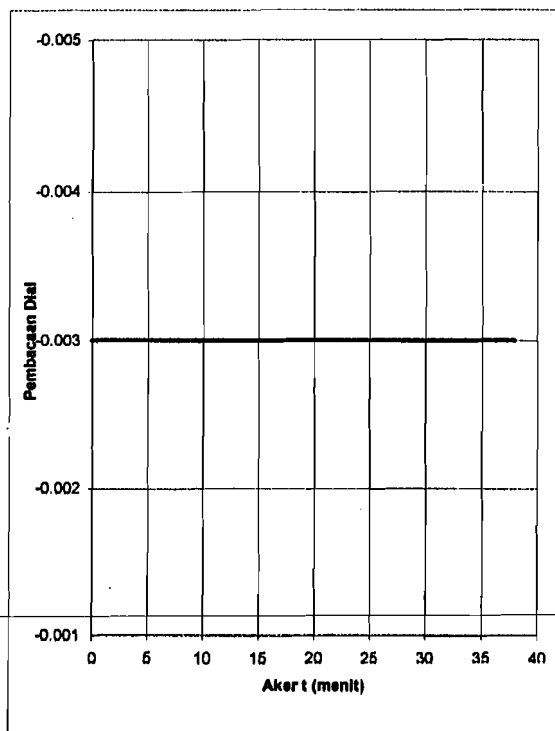
JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

**GRAFIK PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 1

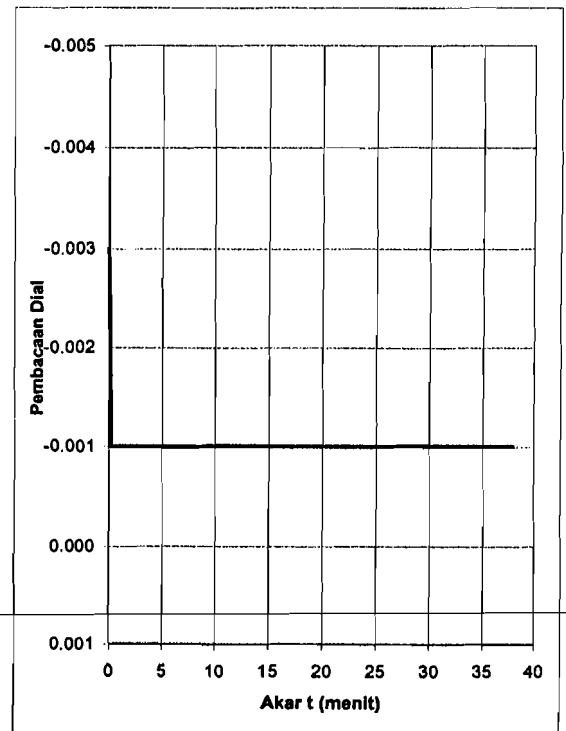
Variasi Campuran : 5 %  
Pemeraman : 0 hari  
Tanggal : Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban 0.25 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t}$  : 0

Beban 0.5 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t}$  : 0





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

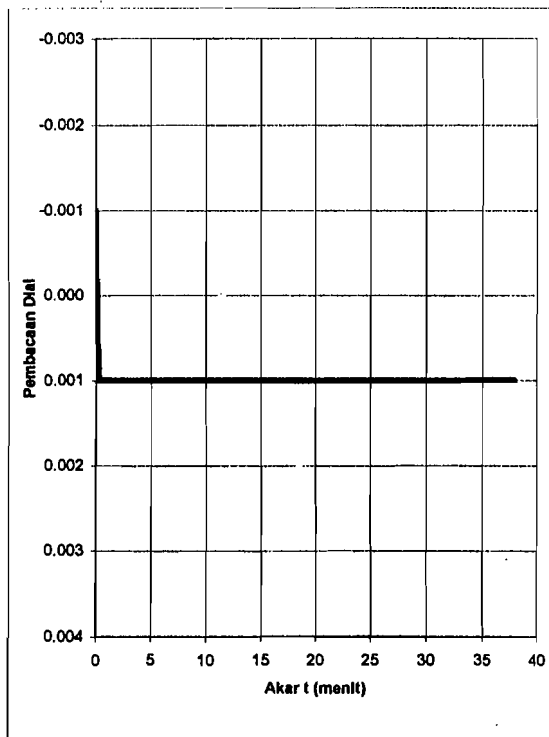
JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

**GRAFIK PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 1

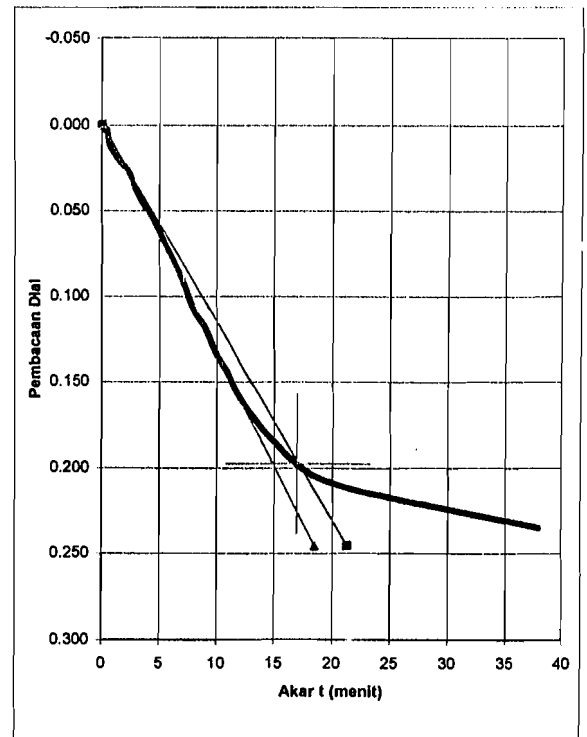
Variasi Campuran : 5 %  
Pemeraman : 0 hari  
Tanggal : Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban 1.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t} :$  0

Beban 2.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t} :$  17.08



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

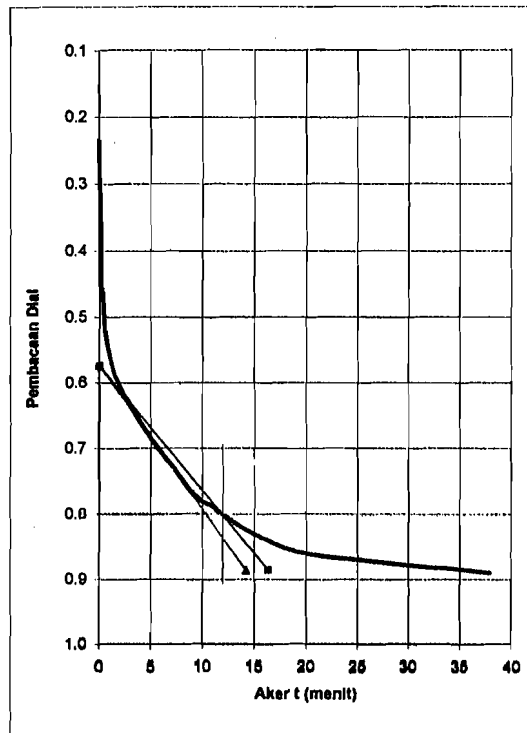
JALAN KALIURANG KM. 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

**GRAFIK PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 1

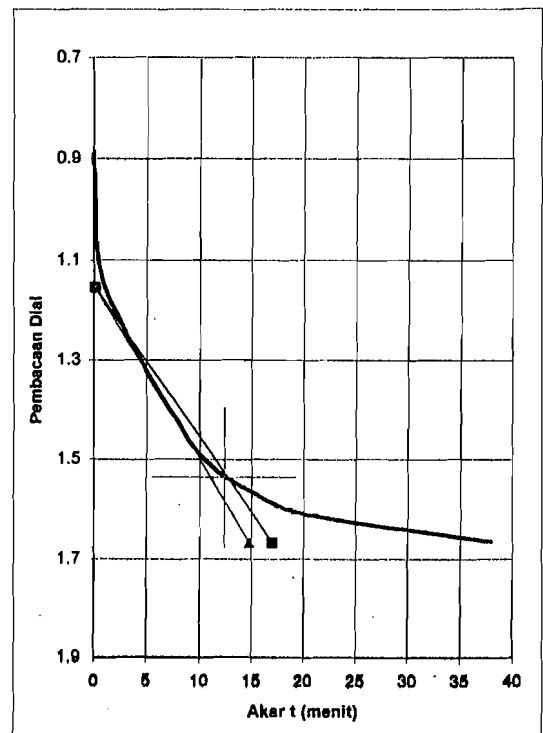
Variasi Campuran : 5 %  
Pemeraman : 0 hari  
Tanggal : Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban 4.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t}$  : 12.05

Beban 8.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t}$  : 12.47



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

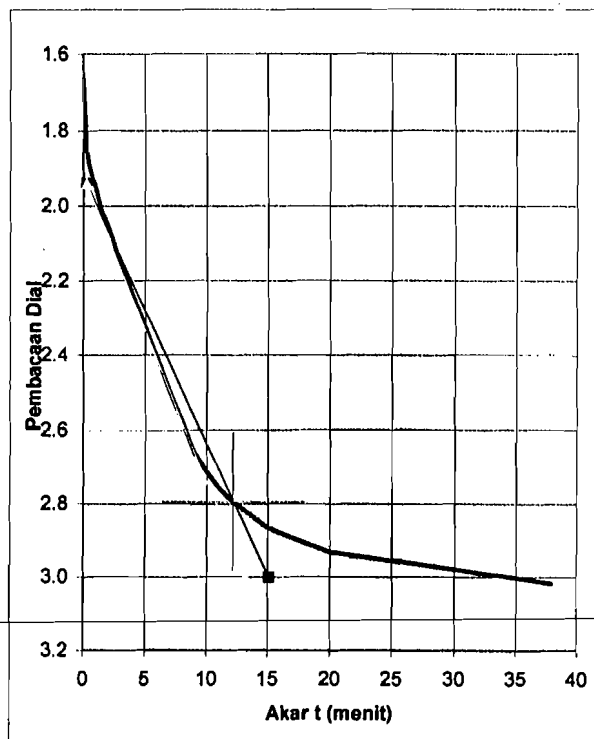
JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP. (0274) 895042 YOGYAKARTA

**GRAFIK PENURUNAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seren, Gebang, Purworejo  
No. sampel : 1

Variasi Campuran : 5 %  
Pemeraman : 0 hari  
Tanggal : Februari 2007  
Dikerjakan Oleh : Syamsul Bachri.M

Beban 16.00 kg/cm<sup>2</sup>



$\sqrt{t}$  : 12.22