



UNIVERSITAS INDONESIA

**UJI KONSOLIDASI *CONSTANT RATE OF STRAIN* UNTUK TANAH
KAOLIN**

SKRIPSI

**MUHAMMAD
0606041535**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
DEPOK
DESEMBER 2008**

120/TT.EKS.01/SKRIP/12/2008



UNIVERSITAS INDONESIA

**UJI KONSOLIDASI *CONSTANT RATE OF STRAIN* UNTUK TANAH
KAOLIN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**MUHAMMAD
0606041535**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
DEPOK
DESEMBER 2008**

120/TT.EKS.01/SKRIP/12/2008



UNIVERSITY OF INDONESIA

**CONSTANT RATE OF STRAIN CONSOLIDATION TEST FOR
KAOLINE CLAY**

FINAL ASSIGNMENT

Which made to fulfill graduation requirements to obtain Bachelor Degree

**MUHAMMAD
0606041535**

**FACULTY OF ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
DEPOK
2008 DECEMBER**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Muhammad

NPM : 0606041535

Tanda Tangan : 

Tanggal : 31 Desember 2008

STATEMENT OF AUTHENTICITY

**Herewith I honestly declare that this final assignment
is made by myself, and all of references is valid**

Name : Muhammad

NPM : 0606041535

Signatue : 

Date : 31 December 2008






HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Muhammad
NPM : 0606041535
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Uji Konsolidasi *Constant Rate of Strain* untuk Tanah Kaolin

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Ekstensi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Widjojo A. Prakoso, Ph.D ()
Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas ()
Penguji 2 : Dr. Ir. Wiwik Rahayu ()

Ditetapkan di : Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 31 Desember 2008

SHEET OF APPROVAL

This final assignment submitted by :

Name : Muhammad
NPM : 0606041535
Study Program : Civil Engineering
Title : Constant Rate of Strain Consolidation Test for Kaoline Clay

Have succeeded to be submitted in Examiner Council and accepted one of requirement needed to achieve Bachelor Degree in Civil Engineering, Department Faculty of Engineering, University of Indonesia.

EXAMINER COUNCIL

Counsellor : Ir. Widjojo A. Prakoso, Ph.D

Examiner : Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas

Examiner : Dr. Ir. Wiwik Rahayu



(
(
(

Decided in : Engineering Faculty, University of Indonesia, Depok

Date : December, 31th 2008

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad
NPM : 0606041535
Program Studi : Sarjana Ekstensi
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Uji Konsolidasi *Constant Rate of Strain* untuk Tanah Kaolin

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 31 Desember 2008

Yang menyatakan


(Muhammad)

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan ridho-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ Uji Konsolidasi Constant Rate of Strain untuk Tanah Kaolin” ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Ekonomi Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Semoga tulisan ini menjadi awal penggunaan metode baru yang sudah dibuktikan oleh banyak instansi merupakan metode yang dapat dipertanggungjawabkan. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

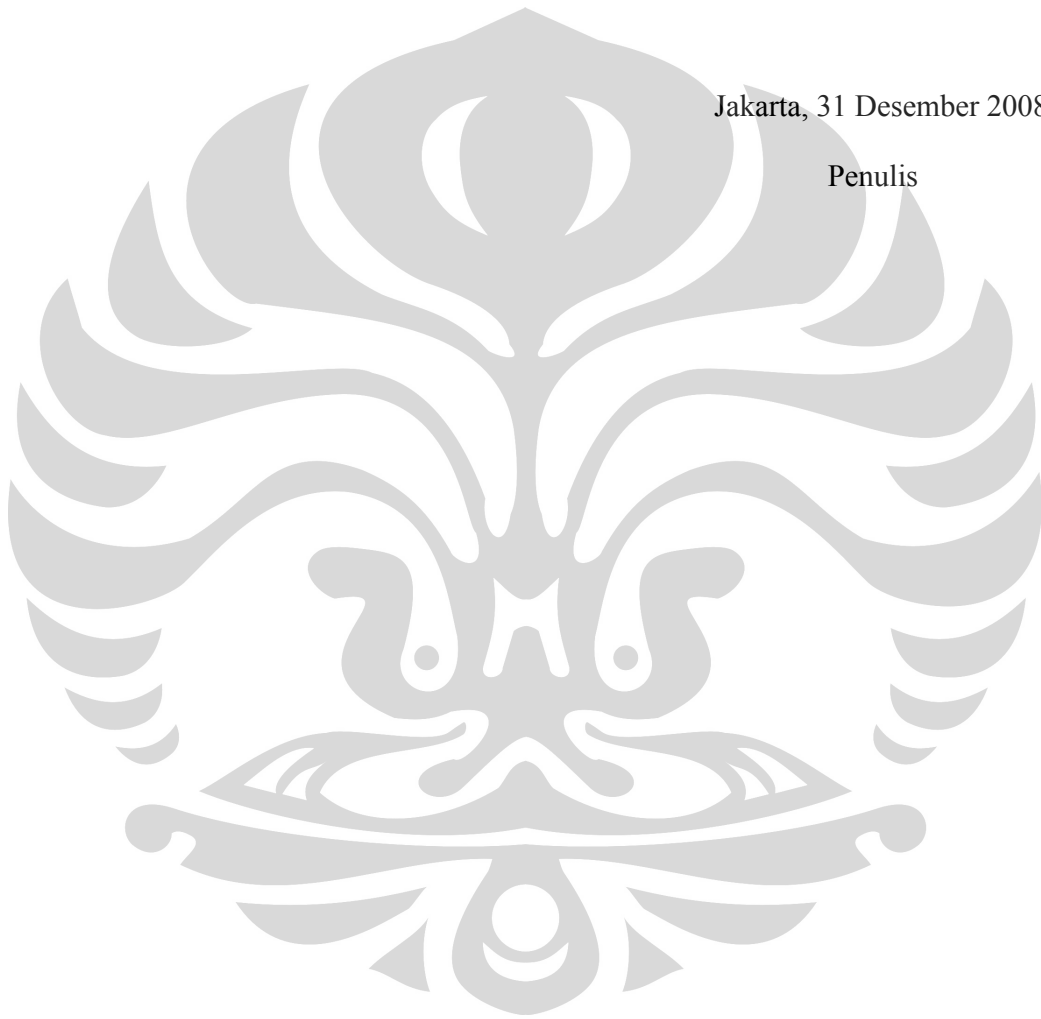
1. Ir. Widjojo A. Prakoso, Ph.D, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga, kesabaran dan pikiran untuk mengarahkan serta membimbing saya dalam penyusunan skripsi ini.;
2. Dr. Ir. Wiwik Rahayu, selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan nasehat, dan masukan-masukan yang sangat berharga selama masa perkuliahan saya di Kampus Teknik Universitas Indonesia ini.;
3. Keluarga Besar Lab. Mekanika Tanah Pak Damrizal, Mas Erly, Pak Wardoyo, Pak Narto, Mas Anto, dan Mbak Tri yang sudah sangat banyak membantu, menemani, dan memberikan masukan-masukan untuk saya.;
4. Kedua Orang Tua saya, Ir. Shahabuddin Shahab dan Roguan Assegaf yang telah sangat-sangat banyak membantu doa, semangat, dan dorongan serta kasih sayang yang tidak dapat saya rangkakan dalam untaian kata-kata.;
5. Adik-adik saya, Khadijah, Fitriyah dan Fathimah serta “dik” Lisa, yang telah banyak mendoakan dan menyemangati saya.;
6. Kaolin Team senasib sepenanggungan, Mas Cipto, Taufik, dan Nana.
7. Teman-teman seangkatan Sipil Eks. '06 (Mas Annas, Bdoel, Rangga, Dito, Daniel “Ucok”, Rahmat , Afied, Darwin, Anggoro, Ronny, Supandi “Law” Elva, Santi, de el el, maaf klo g disebut, g maksud.);

8. Saudara sepupu saya (Ali “ane” buat pinjaman motornye, zacky, aii, mamak).;

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 31 Desember 2008

Penulis

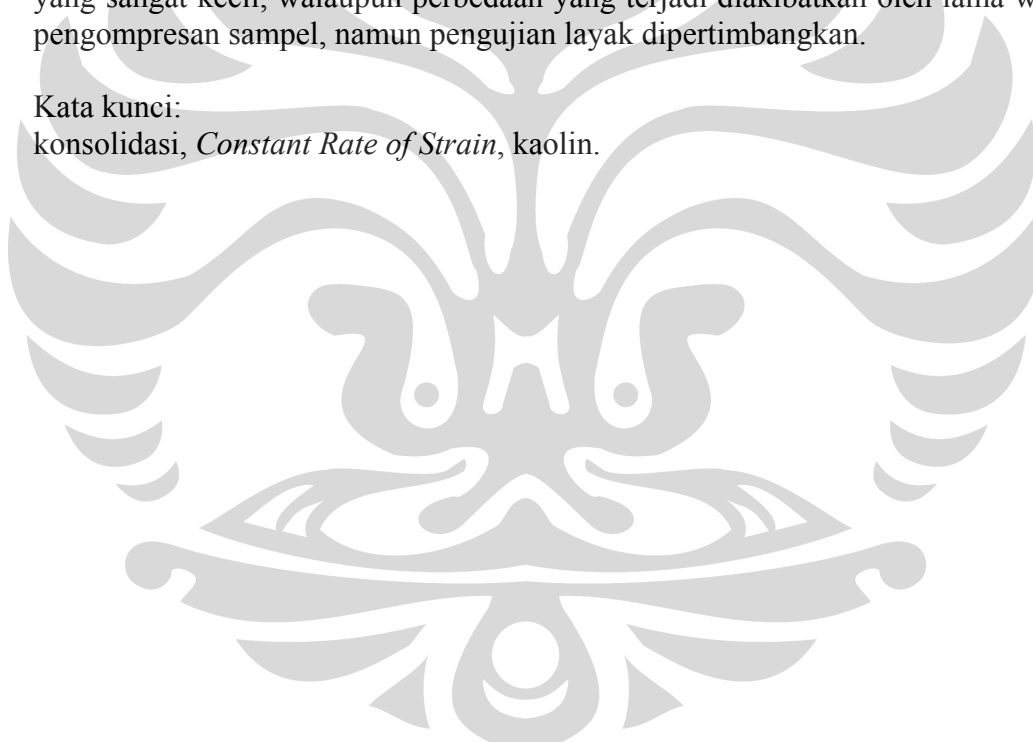


ABSTRAK

Nama : Muhammad
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Uji Konsolidasi *Constant Rate of Strain* untuk Tanah Kaolin

Penelitian ini membahas perbedaan pengujian konsolidasi konvensional yang sudah menjadi standar pengujian untuk laboratorium dengan metode konsolidasi constant rate of strain yang sudah mulai menjadi standar di negara maju karena waktu pengujiannya yang sangat cepat dan kemampuan lainnya sehingga dapat disesuaikan dengan keadaan pasar saat ini. Selanjutnya pemilihan sampel berupa tanah kaolin adalah untuk mengurangi tingkat variasi karakteristik sampel pengujian karena jenis penelitian ini adalah perbandingan 2 metoda, sehingga pada proses pembuatan sampel perlu sangat diperhatikan karena sampel sangat sensitif. Pada akhir pengujian didapat perbedaan parameter-parameter konsolidasi yang sangat kecil, walaupun perbedaan yang terjadi diakibatkan oleh lama waktu pengompresan sampel, namun pengujian layak dipertimbangkan.

Kata kunci:
konsolidasi, *Constant Rate of Strain*, kaolin.

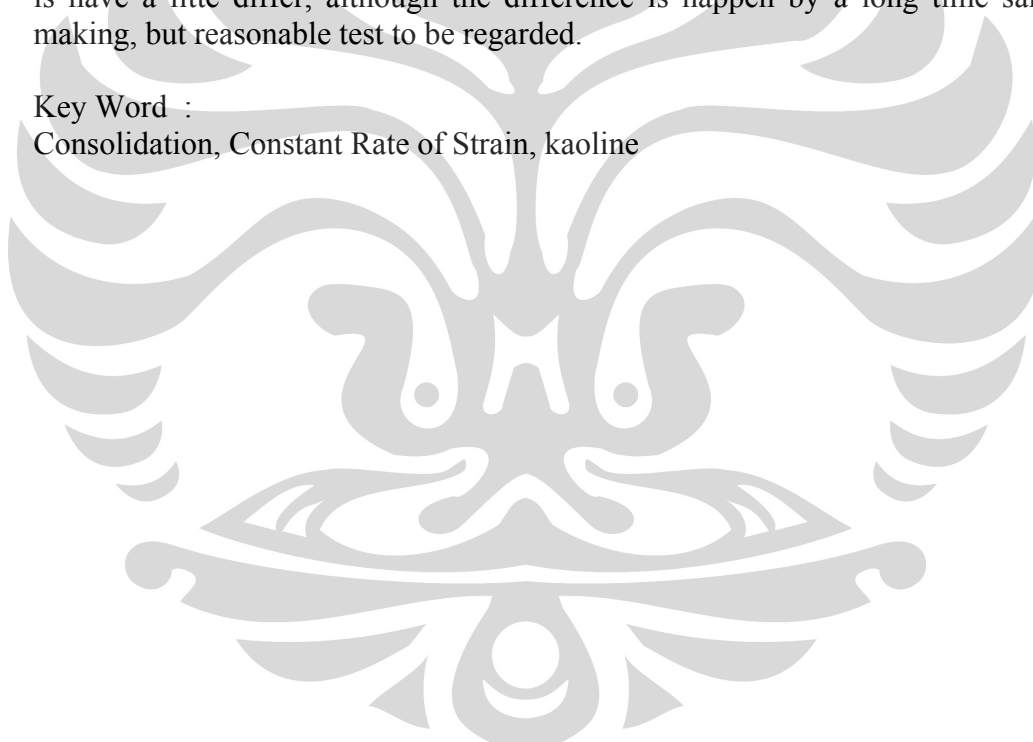


ABSTRACT

Name : Muhammad
Study Program : Civil Engineering
Title : Constant Rate of Strain Consolidation Test for Kaoline Clay.

This research works through distinctive conventional consolidation test which already become a standard test for lab, and constants rate of strain consolidation method that already begins to become standard consolidation test at grown up state, because this test just need less time ability than the conventional test so it can gets to be adjusted by current market situation. The sample kaoline is subject to be reduce characteristic variation because this research type is compared from 2 methods, so on sample makings process needs really be noticed since sample so sensitive. At the conclude is we can get that difference on consolidation parameter is have a litte differ, although the difference is happen by a long time sample making, but reasonable test to be regarded.

Key Word :
Consolidation, Constant Rate of Strain, kaoline



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH | i |
| ABSTRAK | iii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN | ix |
| 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 POKOK PERMASALAHAN | 2 |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN | 2 |
| 1.4 PEMBATASAN MASALAH | 3 |
| 1.5 METODOLOGI PENELITIAN | 3 |
| 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN | 4 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 TANAH | 5 |
| 2.1.1 Karakteristik Tanah | 5 |
| 2.1.2 Formasi Tanah | 5 |
| 2.1.3 Klasifikasi Tanah | 6 |
| 2.2 TEORI KONSOLIDASI | 7 |
| 2.3 KONSEP UMUM UJI KONSOLIDASI SATU-DIMENSI | 9 |
| 2.3.1 Uji Konsolidasi Standar | 15 |
| 2.3.2 Uji Konsolidasi Dipercepat | 15 |
| 2.3.3 Uji Konsolidasi Menerus | 17 |
| 2.3.3.1 <i>Constant Rate of Strain</i> (CRS) | 17 |
| 2.3.3.1.1. Peralatan pembebanan dan instrumen pengukuran | 18 |
| 2.3.3.1.1. Sel Konsolidasi | 19 |
| 2.3.3.2 <i>Constant Rate of Loading</i> (CRL) | 21 |
| 2.3.3.3 <i>Constant Pore Pressure Gradient</i> (CG) | 21 |
| 2.3.3.4 <i>Constant Ratio of Pore Pressure to Load</i> (CPR) | 22 |
| 2.3.3.5 <i>Consolidation with Restricted Flow</i> (RFC) | 22 |
| 2.3.3.6 <i>Consolidation with Back Pressure Control</i> (BPC) | 22 |
| 2.3.4 Interpretasi Hasil Uji Konsolidasi | 23 |
| 2.3.4.1 Penentuan Tekanan Pra-Konsolidasi | 23 |
| 2.3.4.2 Penentuan Koefisien Konsolidasi | 26 |
| 2.3.4.3 Penentuan Indeks Kompresi dan Indeks rekompresi | 29 |
| 2.3.4.4 Penentuan Koefisien Kompresibilitas Volume | 30 |
| 3. PELAKSANAAN PENGUJIAN | |
| 3.1 PENDAHULUAN | 32 |
| 3.2 SAMPEL TANAH | 33 |
| 3.2.1 Benda Uji | 33 |

| | |
|---|----|
| 3.2.2 Pembuatan Sampel | 33 |
| 3.2.2.1 Penimbangan Kaolin | 33 |
| 3.2.2.2 Penyesuaian Kadar Air | 33 |
| 3.2.3 Pembuatan Benda Uji Kompresibilitas | 34 |
| 3.2.3.1 Peralatan | 34 |
| 3.2.3.2 Persiapan | 35 |
| 3.2.3.3 Pemberian tekanan Kompresi Awal | 36 |
| 3.2.3.4 Proses pengontrolan | 37 |
| 3.3 PENGUJIAN KONSOLIDASI | 38 |
| 3.3.1 Pengujian Konsolidasi Konvensional | 39 |
| 3.3.1.1 Peralatan | 39 |
| 3.3.1.2 Persiapan | 39 |
| 3.3.1.3 Pengujian dan Pencatatan Data | 40 |
| 3.3.2 Pengujian Konsolidasi CRS | 40 |
| 3.3.2.1 Peralatan | 40 |
| 3.3.2.2 Persiapan | 42 |
| 3.3.2.3 Pengujian dan Pencatatan Data | 43 |
| 4. ANALISIS PERCOBAAN | |
| 4.1 PENDAHULUAN | 45 |
| 4.2 HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM | 45 |
| 4.2.1 Klasifikasi Tanah | 45 |
| 4.2.1.1 <i>Specific Gravity Test</i> | 45 |
| 4.2.1.2 <i>Concistency Limit</i> | 45 |
| 4.2.1.3 Analisa ukuran Butir | 47 |
| 4.2.2 Pembuatan Benda Uji | 48 |
| 4.2.3 Pengujian Konsolidasi | 49 |
| 4.2.3.1 Konsolidasi Konvensional | 49 |
| 4.2.3.1 Konsolidasi CRS | 53 |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 KESIMPULAN | 58 |
| 5.2 SARAN | 59 |
| DAFTAR REFERENSI | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Pembagian ukuran butir tanah berdasarkan <i>M.I.T., FAA, AASHTO, Corps of Engineers and USBR.</i> | 6 |
| Gambar 2.2 Proses konsolidasi | 8 |
| Gambar 2.3 Hubungan kesetimbangan tanah untuk kondisi penurunan | 8 |
| Gambar 2.4 Lapisan tanah lempung diantara lapisan pasir dengan penambahan tegangan ($\Delta\sigma$) | 10 |
| Gambar 2.5 Perubahan tekanan air pori dan tegangan efektif pada lapisan lempung akibat penambahan tegangan (Kodisi Gambar 2.4) | 11 |
| Gambar 2.6 Pengaruh disipasi tegangan air pori terhadap perubahan volume | 13 |
| Gambar 2.7 Kurva hubungan antara pemampatan dan waktu | 14 |
| Gambar 2.8 Pengaruh lamanya waktu pembebanan terhadap kurva $e - \log \sigma'$ (Bjerrum, 1967) | 16 |
| Gambar 2.9 Peralatan pembebanan | 18 |
| Gambar 2.10 Diagram sel dari ketiga tipe sel konsolidasi metode CRS | 19 |
| Gambar 2.11 Gambaran laju pembebanan untuk uji konsolidasi | 23 |
| Gambar 2.12 Hubungan angka pori dan tegangan efektif | 24 |
| Gambar 2.13 Kurva akar waktu – Taylor (1948) | 28 |
| Gambar 2.14 Indeks Kompresi | 29 |
| Gambar 3.1 Diagram Alur Pengujian | 32 |
| Gambar 3.2 Proses pengadukan <i>slurry</i> | 34 |
| Gambar 3.3 Proses pengisian <i>slurry</i> ke dalam mold | 35 |
| Gambar 3.4 Perakitan mold pada alat Rowe Cell | 36 |
| Gambar 3.5 Proses Pre-Loading dengan alat Rowe Cell yang sudah dimodifikasi | 37 |
| Gambar 3.6 Oedometer Konvensional | 39 |
| Gambar 3.7 Sistem Konsolidasi CRS | 41 |
| Gambar 3.8 Triaxial CU Type 1496 LA – 110 V | 41 |
| Gambar 3.9 Penempatan sampel kaolin hasil Pre-Loading kedalam ring <i>consolidometer</i> dengan menggunakan <i>extruder</i> | 42 |
| Gambar 3.10 Pengesetan alat pada alat Triaxial CU untuk keperluan pengujian konsolidasi metode CRS | 43 |
| Gambar 4.1 Grafik batas-batas konsistensi | 46 |
| Gambar 4.2 Diagram Plastisitas Cassagrande | 46 |
| Gambar 4.3 Diagram Pembagian Ukuran Butir | 47 |
| Gambar 4.4 Sistem pembuatan sampel dengan tekanan pra-konsolidasi 200 kPa | 48 |
| Gambar 4.5 Contoh Grafik Penurunan tinggi benda uji pada proses Pre-Loading dalam 1 hari | 49 |
| Gambar 4.6 Diagram penurunan terhadap akar waktu | 50 |
| Gambar 4.7 Diagram penurunan terhadap logaritma waktu | 51 |
| Gambar 4.8 Hubungan angka pori dan tegangan efektif konsolidasi konvensional | 52 |
| Gambar 4.9 Hubungan regangan dan tegangan efektif konsolidasi | |

| | |
|---|----|
| konvensional | 52 |
| Gambar 4.10 Diagram perbandingan 3 konsolidasi CRS dan 2 konsolidasi konvensional | 55 |
| Gambar 4.11 Diagram rasio regangan dari 3 konsolidasi CRS dan 2 konsolidasi konvensional | 56 |



DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Rata – rata regangan untuk pengujian konsolidasi metode CRS | 21 |
| Tabel 2.2 Beberapa Jenis Nilai dari Koefisien Kompresibilitas Volume (Head, 1982) | 31 |
| Tabel 3.1 Kecepatan deformasi alat Triaxial CU Type 1496 LA – 110 V (mm/menit) | 39 |
| Tabel 4.1 Tabel data awal pengujian konsolidasi konvensional | 50 |
| Tabel 4.2 Tabel data akhir pengujian konsolidasi konvensional | 50 |
| Tabel 4.3 Tabel perhitungan C_v pengujian konsolidasi konvensional | 51 |
| Tabel 4.4 Tabel data awal pengujian konsolidasi CRS | 54 |
| Tabel 4.5 Tabel data akhir pengujian konsolidasi CRS | 54 |
| Tabel 4.6 Tabel perbandingan parameter pengujian konsolidasi konvensional dan CRS | 56 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|----------------|---------------------------|
| Lampiran A | DATA KLASIFIKASI TANAH |
| Lampiran A – 1 | SPECIFIC GRAVITY TEST |
| Lampiran A – 2 | CONSISTENCY LIMIT |
| Lampiran A – 3 | ANALISA UKURAN BUTIR |
| Lampiran B | PEMBUATAN BENDA UJI |
| Lampiran B – 1 | DATA MONITORING PENURUNAN |
| Lampiran C | PENGUJIAN KONSOLIDASI |
| Lampiran C – 1 | KONSOLIDASI KONVENSIONAL |
| Lampiran C – 2 | KONSOLIDASI CRS |



BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sejak Terzaghi memformulasikan teori konsolidasi pada tahun 1923, perkembangan teori konsolidasi telah mencapai tahap tingkat lanjut dengan solusi untuk permasalahan yang praktis.

Uji konsolidasi dengan rata – rata regangan konstan (*Constant Rate of Strain*) adalah salah satu perkembangan baru yang diusulkan oleh banyak peneliti untuk disesuaikan dengan pasar saat ini. Karena pengujian ini dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan dibandingkan dengan sebuah pengujian konsolidasi dengan menggunakan alat pengujian konsolidasi (*oedometer*) standar dari waktu hampir dua minggu menjadi beberapa jam atau bahkan menit saja serta berkemampuan untuk mengaplikasikan tekanan efektif yang tinggi pada ukuran sampel yang lebih besar.

Pengujian ini juga sudah dipakai sebagai standar uji konsolidasi di Swedia, Norwegia, Perancis dan Amerika Serikat.

Pertimbangan kriteria pengujian konsolidasi CRS (*Constant Rate of Strain*) ini menjadi sebuah sasaran riset karena pengujian ini bukan merupakan suatu standar pengujian konsolidasi yang baku di Indonesia. Hasil dari pengujian CRS ini bergantung dari rata – rata regangan yang digunakan dalam pengujiannya, sehingga menjadi penting bila dibandingkan dengan hasil rata – rata regangan yang berbeda pada pengujian oedometer konvensional.

Sebelumnya para peneliti mengusulkan beberapa kriteria untuk menggunakan pengujian CRS dengan membandingkan hasil pengujian CRS dengan oedometer konvensional. Kriteria penerimaan pengujian CRS ini didasari dengan perbandingan kurva rasio angka pori (e) dengan tegangan efektif (σ'), koefisien konsolidasi (c_v), dan indeks kompresi (c_c).

1.2 POKOK PERMASALAHAN

Permasalahan yang utama dalam pengujian CRS adalah penentuan rata – rata regangan (*Strain Rate*) yang sesuai pada sebuah pengujian. Pemilihan rata – rata pengujian masih merupakan suatu permasalahan yang utama pada pengujian CRS walaupun banyak peneliti yang sudah melakukan berbagai penelitian. Banyak rekomendasi yang ditawarkan untuk pemilihan rata – rata pengujian, namun rekomendasi yang dimaksudkan bersifat empiris dan bervariasi tergantung kepada jenis tanah liat.

Pada kondisi tanah asli di lapangan terdapat banyak variasi komposisi unsur padatan tanah seperti mineral dan bahan organik pembentuk struktur tanah. Sehingga menjadi sulit untuk mendapatkan keseragaman jenis tanah untuk pengujian konsolidasi ini. Oleh karena itu dibuat sampel tanah artifisial dengan bahan dasar mineral kaolin dengan tujuan untuk memenuhi elemen dasar dari teori konsolidasi Terzaghi serta untuk mendapatkan keseragaman sampel dan dibuat dengan kondisi menyerupai kondisi tanah asli untuk memudahkan perbandingan dari kedua jenis pengujian.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini diarahkan untuk mendapatkan data perbandingan antara pengujian konsolidasi sistem konvensional dan sistem CRS serta mencari rata – rata regangan yang digunakan pada pengujian CRS untuk jenis tanah liat tertentu sesuai kondisi dan ukuran yang menjadi syarat pengujian sehingga menjadi layak untuk direkomendasikan.

Berikut adalah sasaran hasil penelitian pengujian konsolidasi dengan rata – rata regangan konstan (*Constant Rate of Strain Consolidation*) ini adalah :

- a. Untuk mengembangkan peralatan uji konsolidasi yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian konsolidasi berlanjut (*Continous Consolidation*) dengan metode *Constant Rate of Strain Consolidation*.
- b. Untuk membandingkan hasil dari karakteristik kompresi tanah, koefisien konsolidasi (c_v) dan indeks kompresi (c_c) yang diperoleh dari pengujian CRS pada uji oedometer konvensional.

- c. Untuk menetapkan kriteria - kriteria yang baru untuk pemilihan pengujian *Constant Rate of Strain Consolidation*.

1.4 PEMBATASAN MASALAH

Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel buatan dengan bahan dasar kaolin murni hasil fabrikasi PT. Asia Kaolin dengan ukuran butir lolos saringan 325 mesh, diuji di laboratorium mekanika tanah Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Interpretasi dari penelitian ini dibatasi dengan :

- a. Jenis sampel tanah yang digunakan dicetak dengan memberikan tekanan pra-konsolidasi sebesar 2 kN/cm² atau 200 kPa, menggunakan alat Rowe Cell yang dimodifikasi dengan mold CBR Ø 15 cm untuk mendapatkan jumlah sampel yang banyak.
- b. Pada penelitian ini sampel dicetak dengan kadar air sebesar 100%.
- c. Sampel diuji dengan oedometer yang dimodifikasi dari alat Triaxial CU dengan pembacaan dial menggunakan *Load Frame* metode *Constant Rate of Strain Consolidation* lalu dibandingkan dengan konsolidasi standar dengan oedometer konvensional sesuai ASTM.

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Penyajian hasil penelitian dilakukan dengan dua metode. Metode pertama adalah tinjauan pustaka, yang berguna sebagai teori dasar dalam proses adopsi dan modifikasi metode pengujian serta sebagai bahan perbandingan pada tahap analisis percobaan. Metode kedua adalah pengujian di laboratorium yang meliputi persiapan bahan, pembuatan benda uji dan pengujian dengan mempraktekkan secara langsung percobaan konsolidasi konvensional dan konsolidasi CRS (*Constant Rate of Strain*) di laboratorium mekanika tanah Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Nilai dari percobaan konsolidasi CRS akan dikorelasikan dengan uji konsolidasi konvensional.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Laporan penelitian ini akan disajikan dalam lima bab, yaitu :

- Bab pertama yaitu pendahuluan, yang akan menjelaskan latar belakang dilakukannya pengujian kedua sistem konsolidasi, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, metodologi penulisan serta sistematika penulisan skripsi.
- Bab kedua yaitu tinjauan pustaka, akan menguraikan uraian teori yang menjadi landasan pemikiran dalam melakukan penelitian.
- Bab ketiga yaitu metodologi penelitian, berupa deskripsi pengujian di laboratorium yang menjelaskan proses-proses dilakukannya pengujian mulai dari persiapan, proses pembuatan benda uji dan proses pengujian konsolidasi.
- Bab keempat yaitu analisis percobaan, berupa sajian hasil pengujian disertai analisis data serta korelasi nilai-nilai konsolidasi konvensional dan konsolidasi CRS yang sudah didapat dari hasil pengujian.
- Bab kelima berupa kesimpulan dan saran-saran sehubungan dengan penelitian yang telah dilakukan.
- Bab keenam yaitu penutup, berisi daftar pustaka dan referensi lainya serta lampiran hasil pengujian sebagai bukti hasil perhitungan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TANAH

Tanah adalah peristiwa alami, terjadi dari penggemburan atau pelapukan partikel bebatuan dan pembusukan bahan organik (humus) pada permukaan dari bumi. Pada kondisi sederhana, tanah mempunyai tiga komponen dasar ; padatan, cairan, dan gas. Bagian padat adalah satu campuran bahan mineral dan bahan organik. Partikel tanah terbentuk dengan bebas, membentuk struktur tanah dengan pori. Bagian padatan menduduki persentase sekitar setengah dari volume tanah, sisanya terdiri dari air (cairan) dan udara (gas).

2.1.1 Karakteristik Tanah

Warna tanah adalah kesan pertama ketika melihat tanah. Warna tanah terjadi akibat oleh pelapukan kimia dan biologi. Kandungan mineral besi sekunder membentuk dengan satu warna kuning atau merah; penguraian bahan organik ke dalam warna coklat; dan mangan, belerang dan nitrogen dapat membentuk mineral berwarna hitam. Struktur tanah terbentuk dari partikel tanah ke dalam agregat, memiliki berbagai bentuk, ukuran.

Tekstur tanah memiliki kandungan pasir, lanau dan komposisi lempung. Pasir dan lanau adalah produk dari pelapukan secara fisis sementara lempung adalah produk dari pelapukan kimia. Isi lempung terutama berpengaruh pada perilaku tanah didasarkan kapasitas retensi untuk bahan isi dan air.

2.1.2 Formasi Tanah

Formasi tanah, atau pedogenesis, adalah hasil kombinasi dari fisik, kimia, biologi, dan proses anthropogenis pada bahan induk tanah menghasilkan pada formasi dari horison tanah. Tanah selalu berganti, Periode yang lama dan pengaruh kelipatannya mengubah sifat sederhana tanah. Sementara tanah dapat mencapai stabilitas karakteristik pada periode tertentu, umur tanah akhirnya berakhir di kondisi tanah erosi. Bagaimana proses daur hidup tanah dipengaruhi

Kaolinit sebagai salah satu struktur mineral utama pada lempung terbentuk dari proses pelapukan kimiawi yang membentuk partikel kristal berukuran koloid ($< 0,002$ mm). Bagian dasar struktur ini tergabung dari lembaran silica tetrahedron dengan alumina octahedron dan diperkuat dengan hidrogen sebagai perekat, karenanya permukaan mineral lempung menandung muatan listrik. Interaksi antar ion saat bertemu dengan air dapat membuat menimbulkan gaya tarik menarik atau tolak menolak antar partikel mineral sehingga membuat strukturnya terdispersi.

Partikel yang berukuran lempung tidak selalu merupakan mineral lempung, jika mineral lempung tersebut terdapat pada suatu tanah maka akan berpengaruh pada sifat tanah tersebut. Tanah disebut cohesive bila partikelnya saling melekat bila dibasahi, dan dibutuhkan gaya untuk memisahkannya.

2.2 TEORI KONSOLIDASI

Konsolidasi adalah suatu proses berkurangnya kadar air pada tanah jenuh tanpa adanya penggantian volume oleh udara¹. Konsolidasi juga merupakan proses pemampatan volume secara perlahan – lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori; proses tersebut berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total benar – benar hilang². Oleh karena itu konsolidasi merupakan proses yang bergantung dengan variabel waktu. Kebalikan dari proses konsolidasi adalah penggemburan (*swelling*) yaitu proses bertambahnya volume tanah akibat tekanan-air-pori.

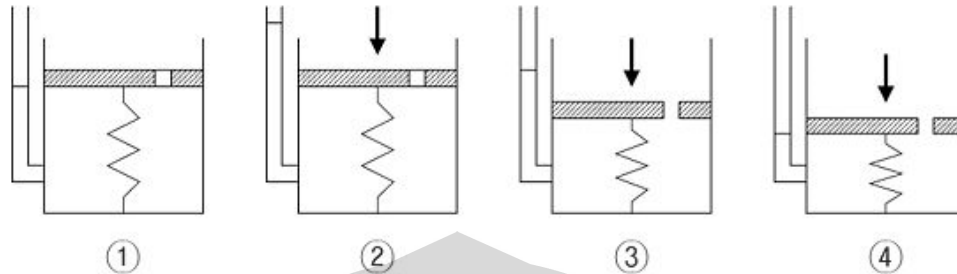
Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) adalah perpindahan vertikal permukaan tanah sehubungan dengan perubahan volume pada suatu tingkat dalam proses konsolidasi. Jika tanah lempung mengalami pembebanan, karena permeabilitasnya yang rendah maka pemampatannya dikontrol dengan kecepatan sejauh mana air dapat dikeluarkan melalui pori³. Dengan demikian, proses konsolidasi merupakan suatu fenomena dengan variabel tegangan, regangan dan waktu.

¹ Terzaghi, 1943

² Craig, 1987

³ Holtz and Kovacs, 1981

Kasus yang paling sederhana adalah konsolidasi satu-dimensi, dimana kondisi regangan lateral nol mutlak ada.



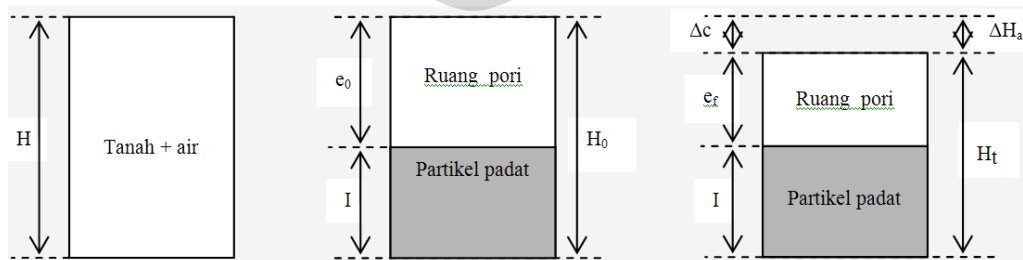
Gambar 2.2. Proses konsolidasi ; 1. Sampel tersaturasi, 2. Pemberian tekanan yang besarnya sama dan pembentukan tekanan pori, 3. Drainasi dengan membuka katup yang mengurangi tekanan pori, 4. Akhir proses konsolidasi.

Sumber : Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Consolidationsoil>, 2008

Proses berkurangnya volume yang terjadi selama proses konsolidasi disebabkan oleh faktor – faktor berikut :

- Deformasi butiran tanah
- Pemampatan ruang pori
- Keluarnya air dan udara dari pori

Fenomena keluarnya air dan udara dari ruang pori yang terjadi akibat bekerjanya beban selama proses konsolidasi mengakibatkan berkurangnya volume ruang pori. Ketika air keluar dari ruang pori, butiran tanah mereformasi dirinya menuju kondisi kesetimbangan sehingga terjadi pengurangan volume dan terjadi penurunan.



Gambar 2.3. Hubungan kesetimbangan tanah untuk kondisi penurunan.

Sumber : M.J. Smith, *terj* Ir. Elly madyayanti, Mekanika Tanah, 1984

Penurunan konsolidasi akan terjadi bila suatu lapisan lempung dibebani atau bila muka air turun secara permanen pada suatu lapisan diatas lapisan lempung atau sebaliknya.

Perkembangan konsolidasi dipantau dengan mencatat perubahan tekanan air pori terhadap waktu. Besarnya penurunan dapat diukur dengan mencatat ketinggian suatu titik acuan yang sesuai pada suatu sampel tanah atau modelisasi struktur, dengan pengujian dengan penurunan yang sangat kecil atau metode teoritis sehingga dapat diperhitungkan.

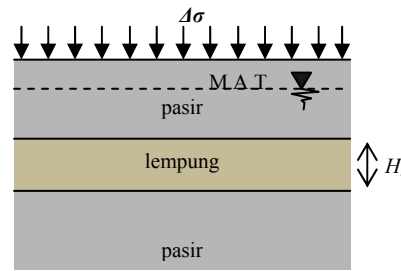
Penurunan persamaan matematis untuk konsolidasi satu-dimensi dibuat berdasarkan asumsi – asumsi sebagai berikut :

1. Tanah adalah homogen dan jenuh sempurna.
2. Air dan partikel padat dari tanah merupakan unsur yang tidak termampatkan.
3. Pemampatan dan pengaliran terjadi dalam satu arah (vertikal).
4. Regangan kecil.
5. Berlaku hukum Darcy.
6. Koefisien pemampatan (m_c) dan koefisien permeabilitas (k) tetap konstan selama proses berlangsung.
7. Terdapat hubungan yang khusus (unik) dan tidak tergantung waktu antara angka pori (e) dan tegangan efektif (σ').

2.3 KONSEP UMUM UJI KONSOLIDASI SATU-DIMENSI

Tujuan uji konsolidasi adalah untuk memodelisasi pemampatan tanah akibat bekerjanya beban, sehingga diperoleh karakteristik pemampatan tanah yang akan digunakan untuk menghitung *settlement*.

Bila suatu lapisan tanah meliputi suatu daerah yang luas, kemudian dibebani dalam arah vertikal, maka pemampatan dapat diasumsikan satu dimensi untuk memodelisasi pemampatan satu dimensi di laboratorium, maka pada sampel tanah diberikan serangkaian pembebanan tertentu secara vertikal sehingga menghasilkan pengaliran air dan pergerakan tanah dalam arah vertikal pula.



Gambar 2.4. Lapisan tanah lempung diantara lapisan pasir dengan penambahan tegangan ($\Delta\sigma$).

Sumber : Braja M. Das, *Advanced Soil Mechanics*, 1985

Untuk memahami konsep dasar konsolidasi, kita anggap tanah lempung memiliki satu lapis dengan ketebalan H_i , terdapat dibawah muka air tanah dan berada di antara dua lapisan pasir dengan permeabilitas tinggi (Gambar 2.4). Jika diberikan tambahan tegangan total sebesar $\Delta\sigma$ diatas permukaan tanah dengan luasan yang sangat besar, maka tekanan air pori dalam lapisan lempung akan meningkat. Kenaikan tekanan pori dengan segera, Δu , pada setiap kedalaman lapisan lempung akan sama dengan kenaikan tegangan total, $\Delta\sigma$. Sehingga segera setelah penambahan tegangan :

$$\Delta u = \Delta\sigma$$

Karena tegangan total sama dengan kenaikan jumlah tegangan tanah efektif dan tekanan air pori, maka pada setiap kedalaman lapisan lempung, kenaikan tegangan efektif akibat penambahan tegangan (segera setelah penambahan tegangan dilakukan) akan sama dengan nol ($\Delta\sigma' = 0$, dimana $\Delta\sigma$ adalah kenaikan tegangan efektif). Dengan kata lain, pada waktu $t = 0$, seluruh kenaikan tegangan pada setiap kedalaman lempung diambil oleh tekanan air pori dan bukan oleh rangka tanah.

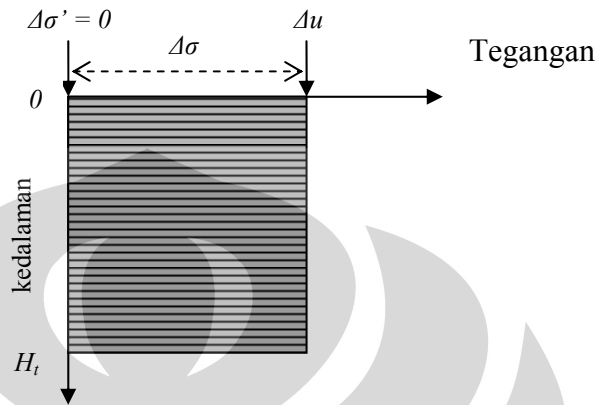
Setelah pemberian tegangan (misalnya pada waktu $t > 0$), air dalam ruang pori dari lapisan lempung akan terperas keluar dan akan mengalir melalui kedua lapisan pasir dengan permeabilitas tinggi, sehingga mengurangi tekanan air pori berlebihan. Sebaliknya, hal ini akan meningkatkan tegangan efektif dengan besar yang sama karena $\Delta\sigma' + \Delta u = \Delta\sigma$. Maka pada waktu $t > 0$,

$$\Delta u_i < u_0, \Delta\sigma' > 0, \text{ dan } \Delta u_i < \Delta\sigma$$

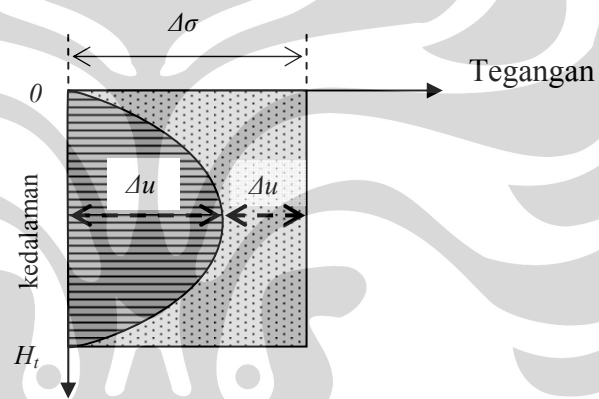
Secara teoritis, pada waktu $t = \infty$, tekanan air pori berlebihan pada setiap kedalaman dari lapisan lempung akan terdisipasi dengan pengaliran secara perlahan. Sehingga pada waktu $t = \infty$,

$$\Delta \sigma' = \Delta \sigma \text{ dan } \Delta u = 0$$

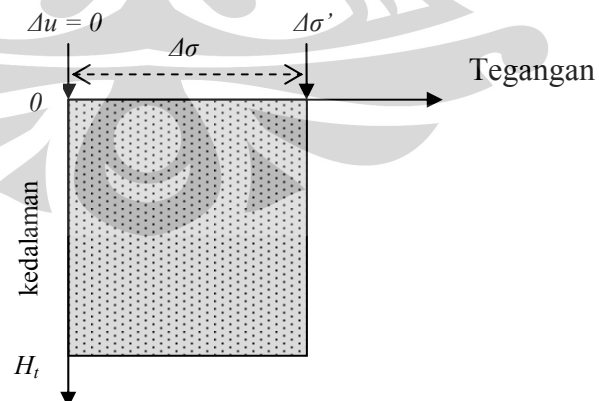
a) Waktu $t = 0$,



b) Waktu $t > 0$,



c) Waktu $t = \infty$,



Gambar 2.5. Perubahan tekanan air pori dan tegangan efektif pada lapisan lempung akibat penambahan tegangan (Kodisi Gambar 2.4).

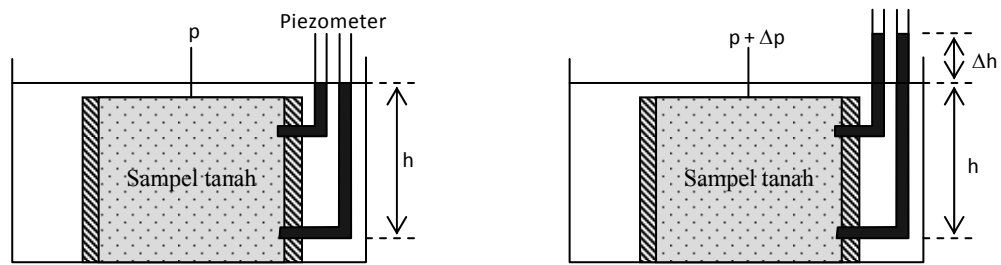
Sumber : Braja M. Das, *Advanced Soil Mechanics*, 1985

Proses peningkatan tegangan efektif secara perlahan – lahan pada lapisan lempung akibat penambahan tegangan akan mengakibatkan penurunan yang tergantung dari waktu dan proses ini merupakan proses konsolidasi.

Uji konsolidasi satu-dimensi ini didasarkan atas asumsi – asumsi dasar dari teori konsolidasi satu-dimensi Terzaghi. Jika beban sebesar Δp diberikan pada sampel tanah jenuh sempurna dalam suatu sel konsolidasi yang dilengkapi dengan piezometer yang dihubungkan pada sampel tanah (Gambar 2.6 a), tinggi air pada piezometer akan bertambah menjadi $h + \Delta h$ segera pembebanan (Gambar 2.6 b). Hal ini terjadi pada sampel tanah yang dimiliki koefisien permeabilitas yang rendah (pada tanah berbutir halus, seperti lanau dan lempung), karena air di dalam ruang pori sampel tanah tidak dapat mengalir keluar dengan cepat. Pembebanan juga menyebabkan massa sampel tanah mengalami pengurangan ruang pori akibat perubahan volume. Hal ini terjadi karena terperasnya air dari ruang pori sampel tanah dan tergantung dengan faktor waktu.

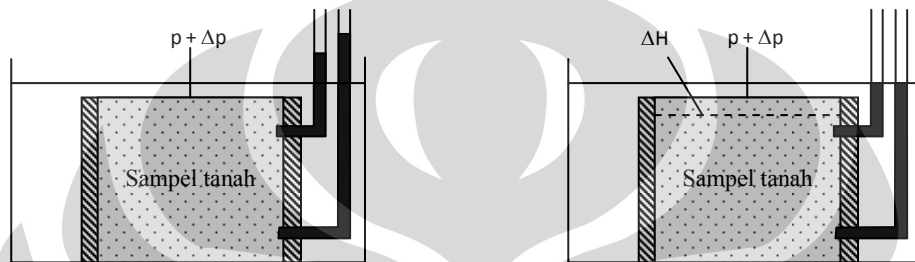
Pembebanan pada sampel mengakibatkan peningkatan tekanan air pori setinggi Δh pada piezometer. Setelah air mulai mengalir keluar dari ruang pori contoh tanah, tinggi piezometer mulai menurun (Gambar 2.6 c).

Konsolidasi primer dianggap selesai jika tinggi air di piezometer kembali pada tinggi air awalnya (Gambar 2.6 d). Sebenarnya, deformasi tanah masih berlangsung setelah waktu tersebut, dan disebut dengan konsolidasi sekunder. Jadi dapat didefinisikan kembali bahwa konsolidasi adalah proses terjadinya deformasi plastis atau pengurangan angka pori dari suatu massa tanah yang merupakan fungsi dari waktu dan tekanan air pori berlebih.



a. Piezometer telah mencapai kondisi keseimbangan statis dibawah pembebanan sebesar p

b. Tekanan air pada piezometer naik sebesar Δh jika beban p dinaikkan sebesar Δp

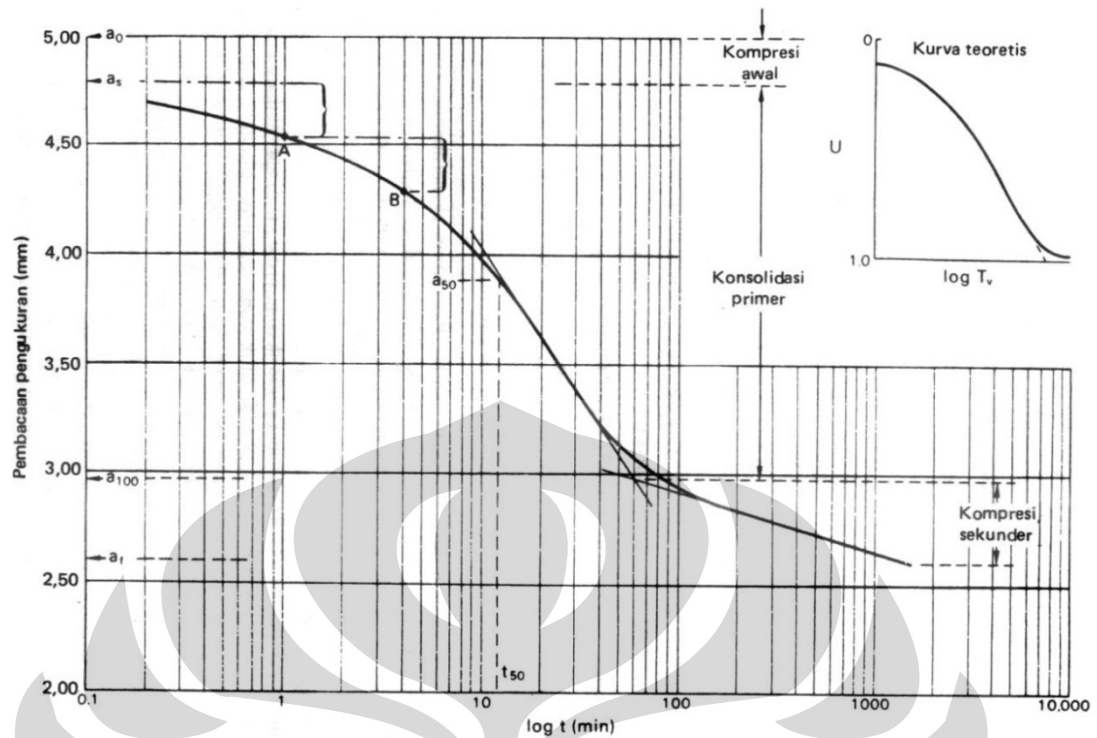


c. Posisi relatif piezometer setelah penambahan Δp , piezometer di sebelah atas yang dekat dengan permukaan, kehilangan tekanan lebih cepat karena pengaliran air pori lebih cepat

d. Pada akhir konsolidasi primer kedua piezometer telah kembali pada posisi awal (a) konsolidasi sekunder (rangkak) akan terus berlanjut setelah tahap ini selesai, sehingga penurunan akhir akan lebih besar daripada ΔH yang terjadi pada tahap konsolidasi primer

Gambar 2.6. Permodelan Konsep Umum Uji Konsolidasi Satu Dimensi.

Dari hasil uji konsolidasi satu-dimensi akan diperoleh kurva yang menunjukkan hubungan antara pemampatan dan waktu, yang pada umumnya berbentuk seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.7. Kurva hubungan antara pemampatan dan waktu.

Sumber : R F Craig, *Soil Mechanics*, 1991

Dari kurva tersebut dapat dilihat bahwa ada 3 tahapan, yaitu sebagai berikut :

Tahap I : Pemampatan awal (*initial compression*), yang pada umumnya disebabkan oleh pembebanan awal (*pre-loading*).

Tahap II : Konsolidasi primer (*primary consolidation*), yaitu periode selama tekanan air secara lambat laun dipindahkan ke dalam tegangan efektif, sedangkan akibat dari keluarnya air dari pori – pori tanah.

Tahap III : konsolidasi sekunder (*secondary consolidation*), yang terjadi setelah tekanan air pori hilang seluruhnya. Pemampatan yang terjadi disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butir – butir tanah.

Pada kurva tersebut terdapat 2 buah titik A dan B yang memiliki perbandingan nilai t , 4 : 1, kemudian diukur jarak vertikal antara 2 titik tersebut.

Suatu jarak yang sama dengan jarak vertikal tersebut diletakkan di atas titik pertama dan didapat titik a_s yang sesuai dengan $U = 0$. Sebagai pemeriksaan, prosedur diatas diulang kembali dengan pasangan titik yang berbeda. Titik yang sesuai dengan $U = 0$ biasanya tidak sama dengan titik a_0 yang mewakili

pembacaan waktu pengukur awal, perbedaan tersebut disebabkan oleh kompresi udara yang berjumlah kecil dalam sampel tanah dan memiliki kejenuhan sedikit dibawah 100%, kompresi ini disebut kompresi awal (*initial compression*). Bagian lain dari kurva ini adalah linear dan tidak horizontal dan titik a_{100} yang sesuai dengan $U = 100\%$ diambil sebagai titik potong dari dua bagian linear kurva tersebut. Kompresi antara titik a_c dan a_{100} adalah konsolidasi primer (*primary consolidation*) dan mewakili bagian dari proses yang diterangkan dalam teori Terzaghi. Setelah melebihi titik perpotongan tersebut, kompresi berlangsung menerus dengan laju yang sangat rendah selama periode waktu yang tidak tentu dan disebut konsolidasi sekunder (*secondary consolidation*).

2.3.1 Uji Konsolidasi Standar

Uji konsolidasi konvensional didesain untuk mendapatkan karakteristik konsolidasi secara langsung. Uji konsolidasi konvensional pertama ditemukan oleh Terzaghi pada tahun 1925, lalu dimodifikasi oleh Skempton (1938) dan Nixon (1945), dan selanjutnya menjadi standar pengujian konsolidasi untuk lab.

Uji konsolidasi standar yang dimaksud adalah bahwa pembebanan dilakukan bertahap, sampai dicapai keseimbangan untuk tiap tahap pembebanan (tekanan air pori berlebih, $\Delta u = 0$). Prosedur pengujian yang selama ini diterapkan secara luas, mengambil suatu pendekatan praktis bahwa waktu yang diperlukan suatu sampel tanah untuk mencapai kondisi seimbang adalah dalam waktu 24 jam. Selama 24 jam dianggap bahwa air pori pada sampel tanah telah terdisipasi secara sempurna. Hal ini dengan penentuan koefisien konsolidasi yang didasarkan pada waktu yang diperlukan untuk mencapai 100% konsolidasi primer, dimana c dihitung berdasarkan waktu untuk derajat konsolidasi 50% (Cassagrande, 1936).

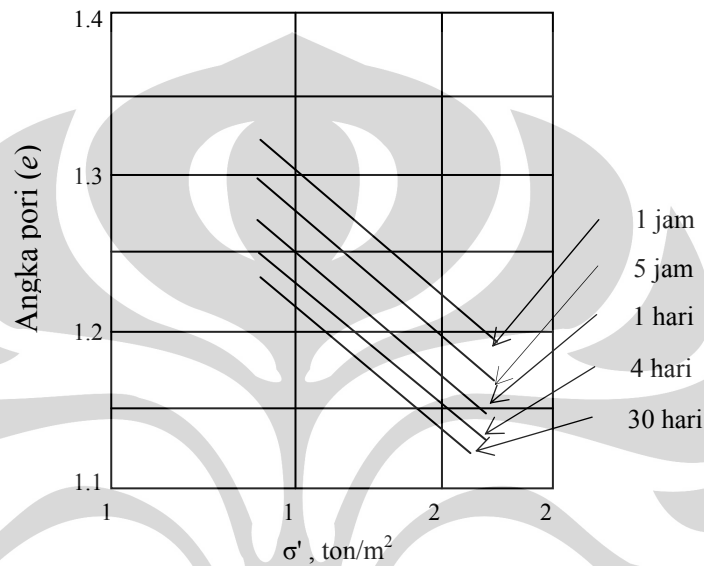
Hasil pengujian ditampilkan melalui ketebalan specimen atau void ratio versus tegangan efektif dan diplot dalam skala logaritma.

2.3.2 Uji Konsolidasi Dipercepat

Uji konsolidasi dipercepat yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melalui pengurangan lamanya waktu pembebanan. Periode pembebanan

ditentukan berdasarkan kondisi tercapainya (waktu yang diperlukan untuk tercapainya konsolidasi sebesar 90%).

Berdasarkan penelitian – penelitian yang telah dilakukan oleh R.D Northey (1954), Carl B. Crawford (1964) dan Bjerrum (1967), lamanya waktu pembebanan tidak memengaruhi pengukuran indeks kompresi karena kurva $e - \log \sigma'$ menunjukkan kemiringan (*slope/gradient*) yang efektif sama.



Gambar 2.8. Pengaruh lamanya waktu pembebanan terhadap kurva $e - \log \sigma'$ (Bjerrum, 1967).

Dari penelitian – penelitian tersebut, dikemukakan pada hal – hal yang berhubungan dengan pengaruh waktu pembebanan terhadap uji konsolidasi :

1. Bahwa waktu pembebanan akan menghasilkan perbedaan yang tegangan pra-konsolidasi yang ditentukan dengan cara Cassagrande (1964).
2. Bahwa pemampatan sekunder akan meningkat sebanding dengan lamanya waktu pembebanan (Crawford, 1964 ; Leonards, 1976).
3. Bahwa uji konsolidasi yang dipercepat (berdasarkan hasil pembebanan periode pembebanan 20 menit) tidak dapat dilakukan pada :
 - a. Tanah dengan tegangan pra-konsolidasi yang sangat rendah.
 - b. Tanah yang memiliki kompresibilitas rendah, dengan nilai c_v kurang dari 6×10^{-3} in²/menit, dan tanah yang memiliki

kompresibilitas tinggi, dengan nilai kurang dari 6×10^{-4} in²/menit, karena untuk menghitung koefisien kompresi dengan metode Taylor 90%, pemampatan primer harus selesai dalam waktu 20 menit (Narthey, 1954).

2.3.3 Uji Konsolidasi Menerus (*Continuous Consolidation*)

Uji konsolidasi menerus dilakukan untuk mengurangi lamanya waktu pengujian akibat penambahan beban selama uji konsolidasi dilakukan. Semua uji konsolidasi yang ada membutuhkan penambahan pembebanan yang bertahap, dengan tegangan p yang dianggap konstan disetiap tahapnya, disebut *standard (STD) test*. Prosedur ini diaplikasikan untuk penambahan tegangan efektif secara konstan. Semua prosedur tersebut bergantung terhadap pengukuran tekanan angka pori pada dasar sampel tanah, dan yang paling memerlukan kegunaan tegangan balik. Terdapat enam jenis pengujian konsolidasi menerus. Grafik pembebanan digambarkan pada Gambar 2.13.

2.3.3.1 *Constant Rate of Strain (CRS)*

Deformasi vertikal yang terjadi pada sampel saat pengujian memiliki rata – rata konstan ($\frac{\partial(\Delta H)}{\partial t} = \text{konstan}$). Sehingga pengaturan regangan dapat dilakukan.

Dengan kata lain dapat juga disebut pengujian dengan perubahan bentuk konstan, tapi bila regangan yang dimaksud adalah regangan dalam bentuk tinggi sampel.

Kelemahan dari metode pembebanan konvensional untuk pengujian tanah lempung, yang melibatkan penambahan beban, adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah pengujian. Metode pembebanan menerus dikembangkan berdasarkan teori konsolidasi Terzaghi untuk mereduksi waktu pengujian. Metode alternatif ini diaplikasikan dengan meningkatkan tegangan efektif secara konstan.

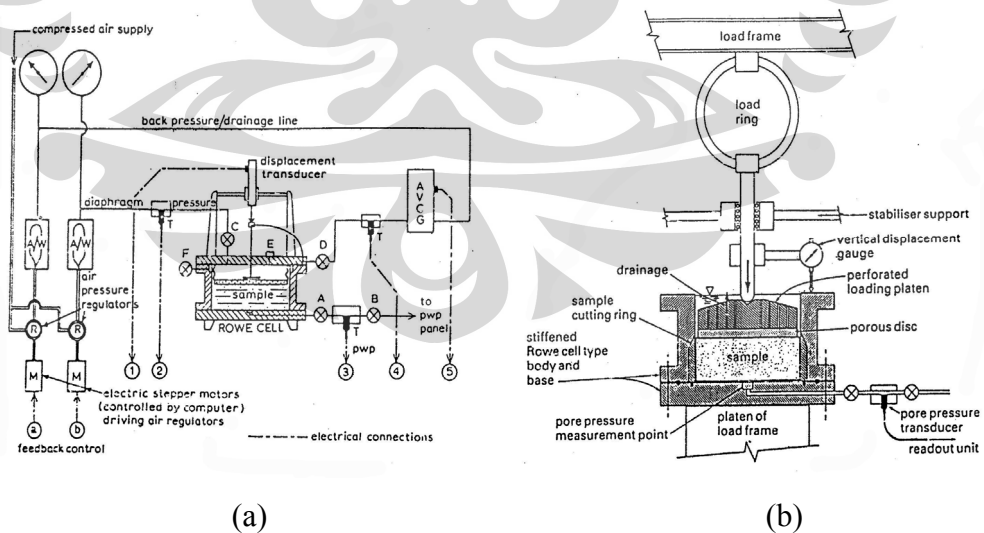
Salah satu metode pembebanan alternatif ini adalah metode pembebanan *constant rate of strain* yang diperagakan oleh Smith dan Wahls (1969) untuk tanah lempung. Dengan metode ini, deformasi yang diberikan terhadap sampel bekerja pada kecepatan konstan. Dengan kata lain, beban diberikan pada sampel dengan menambah deformasi (tegangan vertikal) pada kecepatan yang konstan.

2.3.3.1.1 Peralatan pembebanan dan instrumen pengukuran

Ada dua cara pembebanan pada benda uji (Gambar 2.11) :

1. Pembebanan hidrolik, dengan menggunakan tekanan udara (*Rowe Cell*). Biasanya digunakan untuk tanah yang relatif lunak, perangkat *Rowe Cell* mampu menghasilkan tekanan lebih dari 1000 kPa, dan dengan ukuran sampel uji lebih dari 250 mm. Susunan pengujian dengan mengijinkan drainasi dari sisi atas sampel uji dan pengukuran tekanan pori pada sisi dasar sampel uji.
2. Pembebanan mekanik, dengan menggunakan cincin pembeban (*Load Frame*) dengan unit pengompres yang dapat beroperasi pada berbagai kecepatan. Biasanya digunakan untuk tanah dengan sifat keras, perangkat *Load Frame* memberikan pergerakan dengan kecepatan tinggi, karena tekanan yang dibutuhkan akan lebih dari 6400 kPa. Dengan semua jenis tanah, pembebanan mekanis dengan cara *Load Frame* memberikan pilihan yang menarik untuk metode pengujian *Constant Rate of Strain (CRS)*.

Untuk memenuhi standar ASTM (D 4186-82) untuk pengujian CRS, tekanan maksimum yang dibutuhkan pada diameter sampel 75mm adalah 1400 kPa, dimana *Load Frame* 10 kN sudah cukup memadai.



Gambar 2.9. Peralatan pembebanan; (a) Rowe Cell, (b) Load Frame⁴.

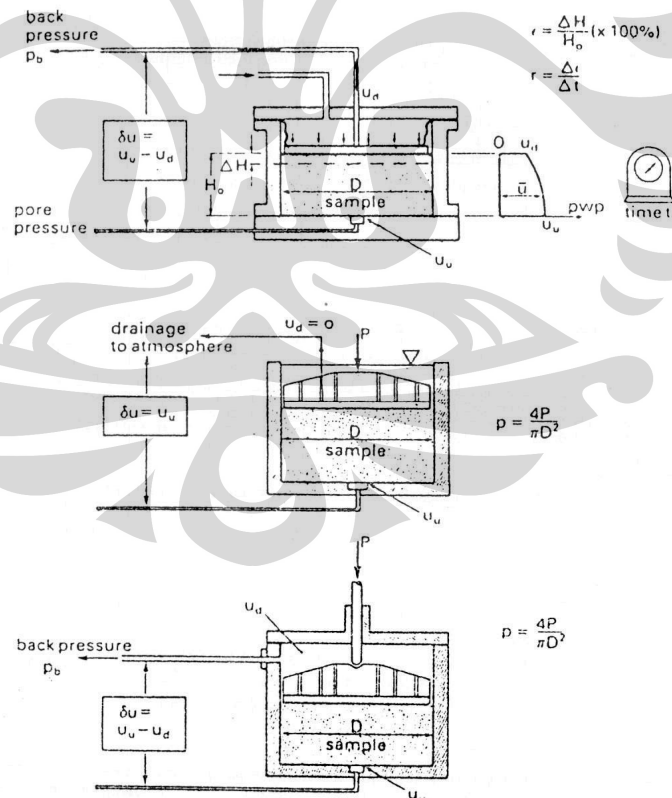
Sumber : K H Head, *Manual of Soil Laboratory Testing*,

⁴ Head, 1980

2.3.3.1.2 Sel Konsolidasi

Terdapat tiga jenis sel konsolidasi yang dapat diaplikasikan, dan prinsip dasar yang terkait digambarkan pada Gambar 2.12., yaitu :

- Sel yang terbebani secara hidrolis. Fasilitas tekanan balik digunakan secara normal bersama dengan pengukuran perubahan volume.
- Sel yang terbebani secara mekanis dengan drainasi ke atmosfer (tanpa tekanan balik). Untuk beberapa jenis tanah keras, kegunaan tekanan balik tidak perlu digunakan bila beban yang bekerja memberikan tekanan pori yang cukup tinggi untuk menyebarkan semua udara yang terdapat pada pori sampel. Pada bagian dasar sampel dipasang dengan titik pengukuran tekanan pori, dapat menggunakan sel Rowe biasa, tapi sampel di kelilingi dengan lapisan air selama pengujian.
- Sel yang terbebani secara mekanis dengan fasilitas tekanan balik. Untuk kebanyakan pengujian, termasuk pengujian CRS berstandar ASTM perlu dilakukan tekanan balik pada sampel.



Gambar 2.10. Diagram sel dari ketiga tipe sel konsolidasi metode CRS, (atas) Standar sel Rowe, (tengah) sel untuk *Load Frame* tanpa tegangan

balik, (bawah) sel untuk *Load Frame* dengan tegangan balik.

Sumber : K H Head, *Manual of Soil Laboratory Testing*

Indikator deformasi berupa *displacement gauge* dengan kemampuan pembacaan setidaknya 50% dari tinggi benda uji. Indikator tegangan berupa *dial gauge*. Fasilitas yang dibutuhkan untuk memenuhi dasar metode pengujian ini adalah :

- a. Penerapan tekanan konsolidasi pada sampel tanah.
- b. Pengukuran *vertical displacement* pada permukaan sampel uji.
- c. Satu sisi pengalir air pori (*drained face*) dan satu sisi penahan air pori (*undrained face*) yang tidak berhubungan langsung saat proses konsolidasi.
- d. Pengukuran tekanan air pori pada sisi *undrained face*.
- e. Sistem tekanan balik air pori dan fasilitas pengukurannya pada sisi *drained face* (untuk metode atau jenis pengujian tertentu).

Prosedur standar untuk test ini terdapat pada ASTM D 4186 - 82, "Metode Pengujian Standar untuk konsolidasi satu dimensi dari properti tanah dengan pengontrolan regangan". Pada prosedur ini tekanan balik digunakan untuk, kejenuhan dari contoh lalu selama proses pengujian. Pedoman yang digunakan untuk pemilihan regangan rata - rata didasarkan pada batas cair contoh tanah.

Peningkatan pembebanan digunakan untuk sampel dengan penambahan regangan vertikal (*displacement axial*) pada rata – rata konstan. Peningkatan dihasilkan oleh tegangan vertikal dan tekanan air pori pada dasar sampel dan dimonitor sementara drainase lawanan tekanan balik mengambil tempat pada permukaan atas sampel. Nilai regangan rata – rata yang sesuai harus dipilih. Prosedur ASTM yang ada tidak berlaku untuk tanah dengan permeabilitas tinggi dan tanah jenuh sebagian.

Tekanan rata – rata yang diperlukan bagi sampel dilakukan dengan memilih kecepatan mesin yang sesuai.

Beberapa asumsi harus dibuat di awal pengujian agar rata – rata regangan yang dihasilkan sesuai, yang pada umumnya memberikan tekanan pori berlebih antara 3% - 20% dari total tekanan vertikal. Perhitungan awal dari regangan rata –

rata didasarkan dari batas cair tanah, seperti yang diberikan oleh Standar ASTM pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Rata – rata regangan untuk pengujian konsolidasi metode CRS.

| Batas Cair % | Rata – Rata Regangan % per menit |
|-----------------|-------------------------------------|
| Dibawah 40 | 0.04 |
| 40 – 60 | 0.01 |
| 60 – 80 | 0.004 |
| 80 – 100 | 0.001 |
| 100 – 120 | 0.0004 |
| 120 - 140 | 0.0001 |

Sumber : *ASTM D 4186-82 Geotechnical Engineering Standard*, 1983

2.3.3.2 *Constant Rate of Loading (CRL)*

Tegangan yang diaplikasikan bertambah secara konstan ($\frac{\partial p}{\partial t} = \text{konstan}$). Pada pengujian ini pembebanan yang diberikan meningkat bertahap dengan konstan, untuk mencapai nilai maksimum diperlukan waktu dari beberapa jam sampai tiga hari. Beberapa metode yang dipakai pada metode ini adalah :

- Penggerakan pengarah berat pada kecepatan yang konstan (Aboshi et al, 1970).
- Pembebanan hidrolik yang dikontrol oleh suatu sensor dan dipertahankan tekanan yang konstan (Irwin. 1975).
- Penambahan air raksa menaruh dengan control elektronis (Burghignoli, 1979) dan memberi tekanan diafragma sel.
- Sistem Pneumatik dengan komputer sebagai pengontrol tingkat tekanannya.

2.3.3.3 *Constant Pore Pressure Gradient (CG)*

Perbedaan tekanan pori pada bagian atas dan bawah sampel dijaga agar tetap konstan ($u_u - u_d = \partial u = \text{konstan}$).

Pada pengujian ini dilakukan pengontrolan tekanan pori pada dasar sampel agar tetap konstan. Prinsipnya sama dengan pengujian CRL, bedanya tekanan diafragma dikontrol oleh transducer (alat perubah variasi nilai fisik /converter) perlawanan tekanan pori dan dihubungkan ke dasar sampel. Transducer ini

bertindak sebagai suatu instrumen batalan, yang mengatur tekanan diafragma yang disampaikan oleh suatu sistem kontrol program pada komputer .

2.3.3.4 *Constant Ratio of Pore Pressure to Load (CPR)*

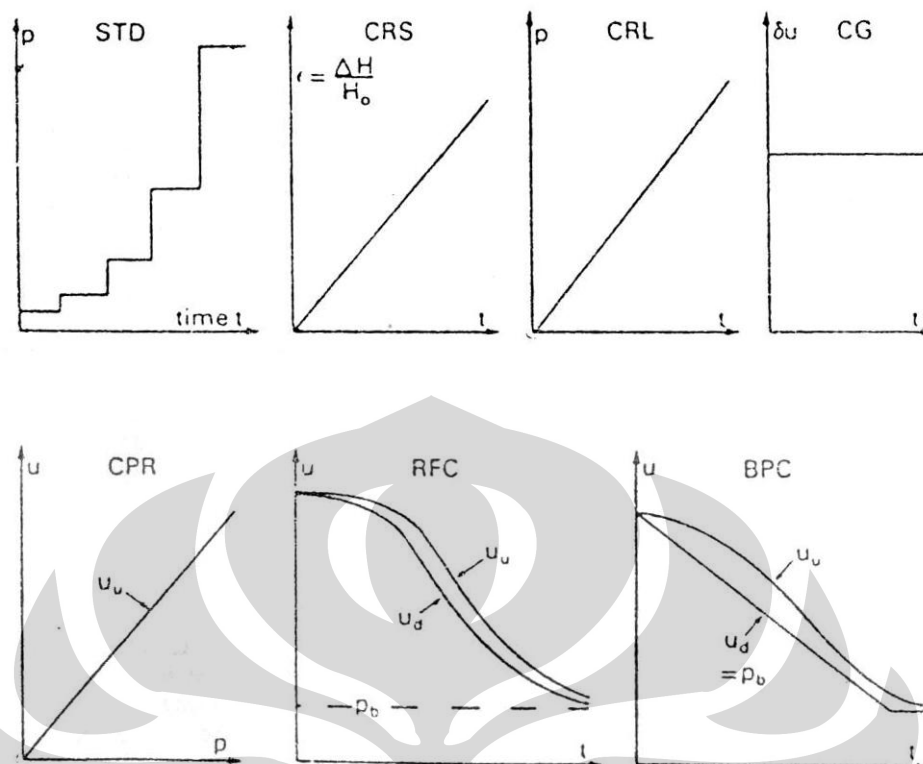
Pada pembebanan tekanan pori pada bagian tidak terdrainasi selalu konstan dengan proporsi tertentu ($\frac{u_u}{p} = \text{konstan}$). Pada pengujian ini rasio antara tekanan pori dan total tekanan dikontrol pada satu nilai yang konstan. Metode ini didasarkan oleh Janbu, Tokheim dan Sennset (1981) sebagai pengujian *Constant Loading (CL)*, tapi lebih banyak disebut "*Constant Pressure Ratio (CPR)*". Rasio tekanan maksimum yang diijinkan didapat dari waktu pengujian yang sedikit, pengujian ini dapat diselesaikan dalam waktu setengah hari kerja.

2.3.3.5 *Consolidation with Restricted Flow (RFC)*

Rata – rata drainasi terganggu oleh aliran pengganggu, sehingga tekanan pori pada bagian terdrainasi, u_u , menurun perlahan – lahan melalui tegangan balik, p_b , dan gradient hidrolis yang melalui sampel ($u_u - u_d$) menjadi sangat kecil, sehingga $\frac{\partial u_d}{\partial t} \approx \frac{\partial u_u}{\partial t}$. Pengujian diberikan untuk lumpur estuarine (endapan sungai atau danau yang terjadi karena pasang) yang diremoulded, tapi juga dapat digunakan untuk tanah jenis lain.

2.3.3.6 *Consolidation with Back Pressure Control (BPC)*

Dimana tegangan balik hampir sama dengan tegangan pori pada sampel dan berangsur – angsur berkurang sampai mencapai nilai konstan final ($\frac{\partial p_b}{\partial t} = \text{konstan}$)



Gambar 2.11. Gambaran laju pembebanan untuk uji konsolidasi.

Sumber : K H Head, *Manual of Soil Laboratory Testing*

2.3.4 Interpretasi Hasil Uji Konsolidasi

2.3.4.1 Penentuan Tekanan Pra-Konsolidasi (p_c')

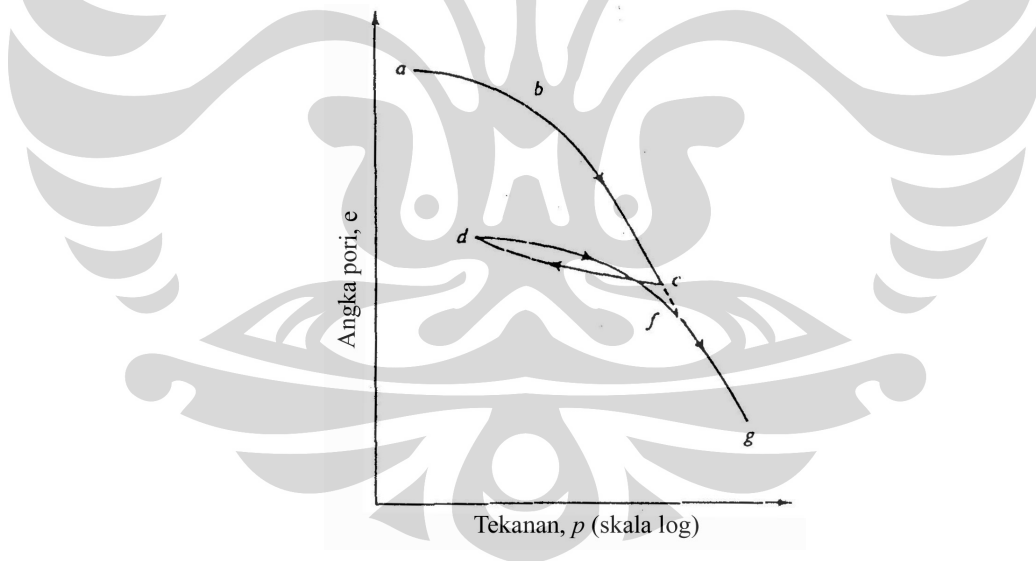
Tanah memiliki “ingatan” yang menyatakan bahwa tegangan dan perubahan lainnya pernah terjadi selama sejarahnya atau tidak, dan perubahan – perubahannya masih terdapat pada struktur tanah tersebut. Cassagrande, 1932.

Tanah dalam sebuah luasan tertentu dan pada kedalaman tertentu telah mengalami tekanan efektif akibat berat tanah di atasnya (*maximum effective overburden pressure*) dalam sejarah geologinya. Tekanan efektif *overburden* maksimal ini mungkin sama dengan atau lebih kecil dari tekanan *overburden* yang ada pada saat pengambilan sampel tanah. Berkurangnya tekanan di lapangan (*in-situ*) tersebut mungkin disebabkan oleh proses geologi alamiah atas proses yang disebabkan makhluk hidup yang ada di atasnya. Pada saat diambil, sampel tanah tersebut terlepas dari tekanan *overburden* yang membebaninya selama ini, sehingga sampel tanah tersebut akan mengembang (*swelling*). Pada saat dilakukan pengujian pada sampel tanah tersebut, perubahan angka pori akan terjadi dalam

skala yang kecil bila pembebanan saat pengujian lebih kecil dari tegangan *overburden* yang pernah terjadi pada sampel tanah tersebut. Begitu pula sebaliknya, sehingga hubungan antara $e - \log \sigma'$ menjadi *linear* dan memiliki gradien yang besar. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.14.

Keadaan ini dapat dibuktikan di laboratorium dengan cara membebani sampel tanah melebihi tekanan *overburden* maksimumnya (*a-b-c*), lalu beban tersebut dilepas (*unloading*) (*c-d*) dan diberikan kembali (*reloading*) (*d-f-g*). Kurva $e - \log \sigma'$ untuk keadaan tersebut menunjukkan deformasi yang nyaris elastis.

Karena pada kondisi tersebut memperlihatkan sebuah karakteristik kompresibilitas, dimana kompresi awal yang diikuti oleh pemuaian (*expansion*) dan rekompresi. Kurva rekompresi akhirnya bergabung dengan garis rekompresi asli. Selama kompresi, terjadi perubahan struktur asli selama pengembangan. Sehingga sampel yang terkonsolidasi berlebihan tidak kompresibel dibandingkan dengan sampel yang sama dalam keadaan terkonsolidasi normal.



Gambar 2.12. Hubungan angka pori dan tegangan efektif.

Sumber : R F Craig, *Soil Mechanics*, 1991

Keadaan ini mengarah kepada 3 definisi dasar yang ada dalam sejarah tegangan sebuah bagian dari tanah :

1. Tanah sedang terkonsolidasi (*under consolidated*), dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini lebih besar terjadi pada tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu. $p_c' < p_0'$, $OCR < 1$
2. Tanah terkonsolidasi normal (*normally consolidated*), dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini adalah tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu. $p_c' = p_0'$, $OCR = 1$
3. Tanah terkonsolidasi berlebih (*over consolidated*), dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya. $p_c' > p_0'$, $OCR > 1$

Tekanan efektif *overburden* yang pernah dialami sebelumnya dinamakan tekanan pre-konsolidasi (p_c'). Sedangkan tekanan vertikal efektif pada saat tanah tersebut diteliti dinyatakan dengan p_c' .

OCR menyatakan perbandingan antara tekanan yang pernah dialami tanah pada waktu sebelumnya dengan tekanan tanah pada waktu sekarang.

$$OCR = \frac{P_c'}{P_0'} \quad (2.36)$$

Tanah yang *under consolidated* merupakan tanah yang berada dalam proses pembentukan atau belum sampai kondisi seimbang sebelum tekanan *overburden pressure* pada kondisi terakhirnya diambil dari tempatnya. Pada kondisi ini tekanan air pori nilainya lebih besar dari tekanan hidrostatisnya.

Sedangkan tanah yang *over consolidated* dapat terjadi akibat :

1. Perubahan tegangan total yang bekerja, karena :
 - Erosi secara geologi
 - Penggalan atau pembebanan struktur oleh manusia
 - Terbentuk dan melelehnya lapisan es yang ada di atasnya
2. Perubahan tekanan air pori, karena :
 - Perubahan elevasi muka air tanah
 - Tekanan air artesis
 - Pengeringan air permukaan
 - Pengeringan air akibat penguapan dan penyerapan air berlebih karena penebangan pohon – pohon

3. Perubahan struktur karena pemampatan sekunder
4. Perubahan kondisi sekitar, seperti pH, temperatur, dan konsentrasi garam
5. Perubahan kimia karena pelapukan, pengerasan, dan pertukaran ion
6. Perubahan kecepatan regangan pada pembebanan

Nilai p_c' perlu diketahui dengan tepat untuk keperluan analisa, selain itu digunakan pula untuk menginterpretasi sejarah geologi tanah tersebut. Untuk kemungkinan perubahan – perubahan di masa yang akan datang atau untuk perencanaan tata guna lahan.

Cassagrande (1936) menyarankan suatu cara mudah untuk besarnya tekanan pra-konsolidasi (p_c') dari kurva $e - \log \sigma'$ yang didapat dari hasil percobaan konsolidasi di laboratorium.

2.3.4.2 Penentuan Koefisien Konsolidasi (c_v)

Koefisien konsolidasi menyatakan kecepatan waktu terjadinya konsolidasi. Koefisien ini merupakan bagian dari solusi persamaan konsolidasi yang dipengaruhi oleh sifat fisik tanah. Koefisien konsolidasi ditentukan dari hubungan deformasi-waktu yang diperoleh pada uji konsolidasi.

Kurva deformasi terhadap waktu untuk setiap penambahan beban hamper sama bentuknya dengan kurva teoritis $U - T$ (Gambar 2.20). Berdasarkan hal tersebut, penentua c_v dengan *curve-fitting methods*. Prosedur pendekatan empiris ini dikembangkan untuk memplot data hasil uji laboratorium sesuai dengan teori konsolidasi Terzaghi.

Faktor – faktor yang mempengaruhi nilai c_v diperoleh dari “curve fitting methods” ini diantaranya terganggunya sampel tanah, rasio peningkatan beban, lamanya pembebanan, temperatur.

Beberapa cara untuk menentukan koefisien konsolidasi yang diujikan, antara lain :

1. Metoda Log Waktu Cassagrande (1936).

Metoda logaritma waktu didasarkan pada waktu yang diperlukan untuk mencapai 100% konsolidasi primer dimana harga c_v dihitung berdasarkan waktu untuk derajat konsolidasi 50%, dalam rumusan :

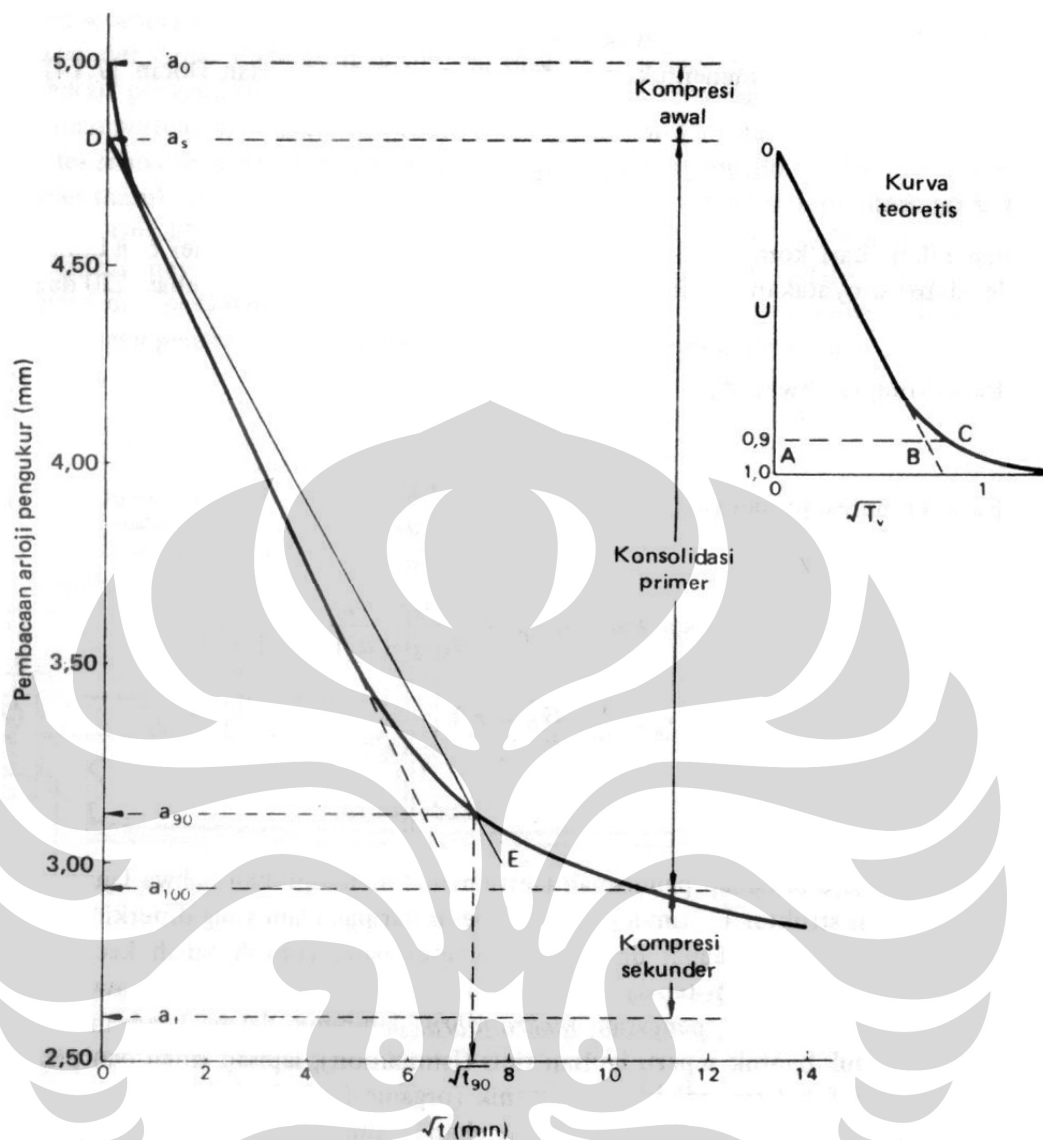
$$c_v = \frac{0,197H^2}{t_{50}} \quad (2.37)$$

Penelitian yang dilakukan oleh Loenards dan Girsult (1951) menyatakan bahwa cara Cassagrande memberikan pendekatan yang terbaik terhadap perhitumham penurunan dimana kondisi tekanan air pori berlebih telah mencapai nol, dimana jika rasio penambahan beban sebesar dari tekanan pea-konsolidasi melalui penambahan beban yang diberikan.

2. Metoda Akar Waktu – Cara Taylor (1948)

Metoda akar waktu didasarkan pada waktu untuk mencapai derajat konsolidasi 90%, dalam rumusan :

$$c_v = \frac{0,848H^2}{t_{90}} \quad (2.38)$$



Gambar 2.13. Kurva akar waktu – Taylor (1948).

Sumber : R F Craig, *Soil Mechanics*

Kelebihan dari metoda ini adalah bahwa t_{90} dapat ditentukan tanpa harus mencapai nilai t_{50} (metoda logaritma waktu – cara Cassagrande)

3. Metoda Pengukuran Tekanan Air Pori

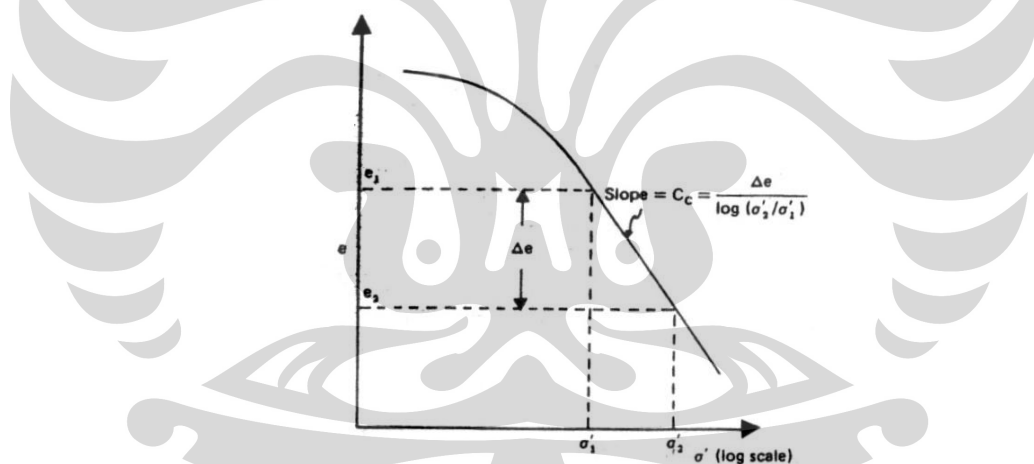
Melalui pengukuran tekanan air pori di tengah – tengah sampel tanah bagian bawah, maka dapat ditentukan waktu berakhirnya disipasi tekanan air pori berlebih (derajat konsolidasi sebesar 100%)

$$c_v = \frac{0,379H^2}{t_{50}} \quad (2.39)$$

$$c_v = \frac{1,031H^2}{t_{90}} \quad (2.40)$$

2.3.4.3 Penentuan Indeks Kompresi (c_c) dan Indeks rekompresi (c_r)

Indeks kompresi dan rekompresi yang digunakan untuk menghitung pemampatan yang terjadi sebagai akibat dari konsolidasi dapat ditentukan dari kurva $e - \log \sigma'$ seperti pada Gambar 2.16, dan dapat diuji hasilnya konsolidasinya di laboratorium. Indeks kompresi dan rekompresi adalah perbandingan kemiringan yang terjadi pada kurva tersebut, indeks rekompresi adalah kemiringan kurva sebelum mencapai besaran tegangan efektif kurva atau antara $p'o$ sampai $p'c$ sedangkan kompresi dapat diartikan sebagai laju pengompresan atau pemampatan saat proses konsolidasi.



Gambar 2.14. Indeks Kompresi (c_c).

Sumber : Braja M. Das, *Advanced Soil Mechanics*, 1985

$$c_r = \frac{e_0 - e_1}{\log \sigma'_1 - \log \sigma'_0} = \frac{\Delta e}{\log(\sigma'_1/\sigma'_0)} \quad (2.41)$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log \sigma'_2 - \log \sigma'_1} = \frac{\Delta e}{\log(\sigma'_2/\sigma'_1)} \quad (2.42)$$

Selanjutnya untuk memberikan korelasi antara konsolidasi yang satu dan yang lain dengan menyamakan konsep pemampatan digunakan rasio rekompresi dan kompresi yang didapat dari persamaan :

$$c'_r = \frac{c_r}{1 + e_0} \quad (2.43)$$

$$c'_c = \frac{c_c}{1 + e_0} \quad (2.44)$$

Dimana LL adalah *Liquid Limit*, persamaan (2.42) untuk kondisi asli dan persamaan (2.43) untuk kondisi tanah *remoulded*. Pada akhir konsolidasi primer, penurunan masih tetap terjadi sebagai akibat dari penyesuaian plastis butiran tanah, atau disebut juga tahap konsolidasi sekunder. Selama konsolidasi sekunder berlangsung, kurva hubungan antara deformasi dan logaritma waktu adalah merupakan garis linear. Indeks pemampatan sekunder dapat didefinisikan sebagai:

$$c_\alpha = \frac{\Delta e}{\log(t_2/t_1)} \quad (2.45)$$

Penurunan yang diakibatkan oleh konsolidasi sekunder adalah proses yang penting untuk semua jenis tanah organik dan anorganik yang memiliki daya pemampatan tinggi (*compressible*). Untuk lempung anorganik yang sudah terkonsolidasi, indeks pemampatan sekunder sangat kecil sehingga dapat diabaikan.

2.3.4.4 Penentuan Koefisien Kompresibilitas Volume (m_v)

Koefisien kompresibilitas volume didefinisikan sebagai perubahan volume per satuan kenaikan tegangan efektif. Satuan m_v adalah kebalikan dari tekanan (cm^2/kg). Perubahan volume dapat dinyatakan dalam angka pori atau maupun tegangan sampel tanah. Bila kenaikan tegangan efektif dari σ_0' ke σ_1' angka pori menurun dari e_0 ke e_1 , maka :

$$m_v = \frac{1}{1 + e_0} \left(\frac{e_0 - e_1}{\sigma_1' - \sigma_0'} \right) \quad (2.46)$$

Tabel 2.2. Beberapa Jenis Nilai dari Koefisien Kompresibilitas Volume (Head, 1982)

| Kompresibilitas | Koefisien Kompresibilitas Volume, m_v (m^2/MN) | Jenis Lempung |
|-----------------|--|--|
| Sangat Tinggi | $> 1,5$ | Lempung alluvial organik dan lumpur |
| Tinggi | $0,3 - 0,5$ | Lempung alluvial terkonsolidasi normal |
| Sedang | $0,1 - 0,3$ | Lempung glacial-Fluvio, lempung danau, London clay |
| Rendah | $0,05 - 0,1$ | Lempung dari bebatuan (boulder) yang sangat keras |
| Sangat Rendah | $< 0,05$ | Lempung yang terkonsolidasi sangat berlebih |

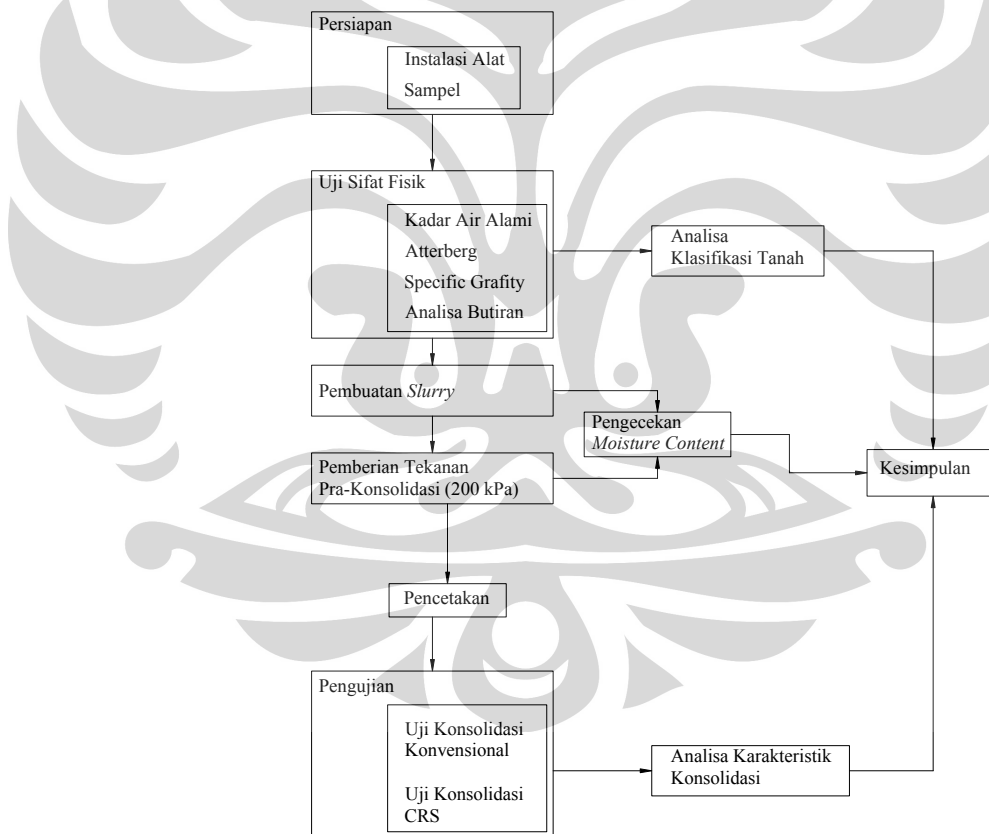


BAB 3 PELAKSANAAN PENGUJIAN

3.1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pelaksanaan pengujian di laboratorium. Pengujian yang dilakukan akan mengalami beberapa modifikasi disesuaikan dengan kebutuhan data yang diinginkan. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pembuatan benda uji dengan bahan dasar kaolin sebagai modifikasi sampel yang ada dilapangan.

Langkah selanjutnya berupa pengujian di laboratorium diuraikan pada bagian kedua. Setelah pengujian, dilakukan proses analisis untuk memeriksa data yang didapat.



Gambar 3.1. Diagram Alur Pengujian.

3.2 SAMPEL TANAH

Pembuatan sampel dengan bahan dasar kaolin filler 325 Mesh yang berupa bubuk hasil fabrikasi dengan gradasi butiran lolos saringan 0,1 mm dan kadar air disesuaikan dengan karakteristik yang diinginkan, pada pengujian ini kadar air rencana untuk *slurry* adalah 100%. Kadar air yang dipilih digunakan untuk mempermudah proses pembuatan *slurry* yang selanjutnya akan dicetak dalam proses Pre-Loading untuk didapat sampel tanah yang siap diujikan .

3.2.1 Benda Uji

Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mendapatkan perbandingan parameter – parameter konsolidasi secara akurat. Oleh karena itu, benda uji dibuat seseragam mungkin dengan asumsi sampel merupakan lempung sempurna dengan komposisi homogen.

3.2.2 Pembuatan Sampel

3.2.2.1 Penimbangan Kaolin

Bubuk kaolin yang disiapkan berada dalam kondisi kering udara kemudian ditimbang berdasarkan tipe komposisi sampel yang akan diuji. Berat total sampel kering sampel disesuaikan dengan kebutuhan pengujian. Dalam proses pembuatan benda uji, jumlah kaolin disesuaikan dengan ukuran mold dan disesuaikan dengan kadar air rencana terkait keterbatasan volume mold yang ada serta keterbatasan alat dalam proses Pre-Loading. Pada pengujian ini kaolin yang disiapkan sebanyak 4,5 kg untuk mold Ø 15cm tinggi 15 cm dan kadar air 100 %.

3.2.2.2 Penyesuaian Kadar Air

Setelah penimbangan, bubuk kaolin dicampur dalam satu wadah untuk kemudian ditambahkan air ke dalamnya. Pemberian kadar air rencana disesuaikan untuk mempermudah proses pengadukan (*workability*) sehingga didapatkan tingkat homogenitas yang tinggi dan meminimalisasi terjadinya gelembung udara pada saat pencetakan *slurry*. Kaolin terlebih dahulu dicari kada air aktualnya untuk mendapatkan kadar air rencana yang lebih akurat.

Pemberian kadar air dilakukan dengan mencampur material untuk sampel dengan sejumlah air dengan mengurangi penambahan kadar air dengan kadar air asli kaolin. Untuk proses pengujian ini digunakan nilai 100% dari berat kaolin sebagai kadar air rencana, dengan pertimbangan kemudahan pekerjaan dan mengurangi volume yang terbuang saat proses Pra-Konsolidasi.



Gambar 3.2. Proses pengadukan *slurry*.

3.2.3 Pembuatan Benda Uji Kompresibilitas (Pra-Konsolidasi)

Setelah pembuatan sampel dilakukan, maka proses selanjutnya adalah pembuatan benda uji atau sampel untuk pengujian kompresibilitas.

3.2.3.1 Peralatan

Pembuatan benda uji dilakukan dengan pemberian tegangan kompresi. Pada dasarnya prinsipnya yaitu dengan memberikan tekanan yang merata melalui pelat besi terhadap permukaan sampel di dalam mold dengan memodifikasi alat Rowe Cell dan mold berdiameter 15 cm, sehingga diharapkan sampel terkompresi secara menerus secara hidrolis dengan tekanan yang dapat disesuaikan dengan tekanan awal rencana (dalam percobaan ini tegangan yang diberikan sebesar 200kPa).

Beberapa peralatan yang diperlukan dalam pengujian ini antara lain :

- 1 unit alat Rowe Cell beserta kompresor sebagai media pembebanan

- Mold berdiameter 15 cm
- Pelat penutup dikedua sisi mold untuk meratakan penyebaran tegangan
- Batu pori berdiameter 15 cm
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
- Spatula sebagai pengaduk
- Kertas saring
- Batang perata dan jangka sorong

3.2.3.2 Persiapan

Langkah-langkah awal sebagai persiapan adalah sebagai berikut:

1. Pembersihan mold, pelat dasar serta pelat penutup dengan amplas.
2. Pelumasan mold dengan oli untuk mempermudah *settlement*.
3. Perangkaian mold, kertas saring, pada dasar alat Rowe Cell.
4. Pengisian sampel ke dalam mold hingga setinggi 1/3 mold lalu dilakukan pemadatan ringan menggunakan besi spatula.
5. Langkah nomor 4 dilakukan berulang hingga ketinggian sampel mencapai 4-5 cm dari mulut mold utama
6. Pemasangan kertas saring, batu pori, pelat penutup dan bagian penutup alat Rowe Cell diatas permukaan sampel.
7. Perakitan mold dan alat Rowe Cell dengan baut tambahan.



Gambar 3.3. Proses pengisian *slurry* ke dalam mold.



Gambar 3.4. Perakitan mold pada alat Rowe Cell.

3.2.3.3 Pemberian Tekanan Kompresi Awal

Pemberian tekanan kompresi awal dalam pembuatan sampel bertujuan untuk mengkondisikan penurunan primer yang terjadi di lapangan. Tegangan kompresi awal yang diberikan adalah 200 kPa.

Pemberian tegangan kompresi pada sampel dilakukan untuk mensimulasikan tegangan yang diterima komponen sampel kaolin pada kedalaman tertentu dari permukaan tanah.

Mold yang telah diset dengan alat Rowe Cell dipasangkan *Dial gauge* sebagai pengontrol penurunan (*settlement*). Tegangan kompresi lalu diberikan dengan menyalakan kompresor dan membuka katup pendistribusian tegangan kedalam alat Rowe Cell yang sudah dimodifikasi ini.



Gambar 3.5. Proses Pre-Loading dengan alat Rowe Cell yang sudah dimodifikasi.

3.2.3.4 Proses Pengontrolan

Proses pengontrolan ini dilakukan untuk mendapatkan pola keseragaman penurunan sehingga diharapkan akan terbentuk homogenitas sampel untuk proses Pre-Loading selanjutnya.

Pencatatan data kompresi diawali dengan pengukuran penurunan pada *dial gauge* sesuai dengan waktu pencatatannya. Kemudian diperhitungkan kecepatan penurunannya dalam satuan mm/waktu, pemberian kompresi dinyatakan selesai setelah kecepatan penurunan yang terjadi sudah sangat kecil sehingga dapat dianggap bahwa sudah tidak terjadi penurunan yang berarti. Namun faktor ini dapat mempengaruhi kestabilan kompresi sampel setelah proses Pre-Loading selesai.

Setelah mencapai penurunan sampel yang sangat kecil dan sampel dinyatakan relatif stabil, kompresi dihentikan.

Setelah pemberian tegangan kompresi selesai, data-data umum seperti kadar air sampel dan ketinggian sampel pada bacaan *dial gauge* diukur kembali untuk mengetahui besarnya penurunan akibat pemberian tegangan kompresi awal, serta untuk mendapatkan pola penurunan sampel dari setiap sampel yang dibuat, untuk memudahkan proses pembuatan sampel selanjutnya.

Untuk memudahkan pencatatan dibuat suatu form pembuatan sampel. Setelah form terisi seluruhnya, maka pembuatan sampel dianggap selesai, dan sampel siap digunakan dalam pengujian kompresibilitas.

3.3 PENGUJIAN KONSOLIDASI

Pengujian konsolidasi yang dilakukan adalah perbandingan antara metode konsolidasi konvensional dengan alat oedometer konvensional dan metode *Constant Rate of Strain* dengan alat Triaxial CU Type 1496 LA – 110 V yang dimodifikasi. Pada metode konvensional dilakukan pengujian konsolidasi standard. Selanjutnya untuk metode CRS diaplikasikan strain rate yang didapat dari persentase *Liquid Limit* seperti pada ASTM D 4186 – 82, lalu kecepatan yang dipalikasi bervariasi sesuai dengan ketinggian sampel, contoh perhitungannya sebagai berikut :

$$v = r \times h$$

dimana : v = kecepatan deformasi (mm/menit)
 r = strain rate
 h = tinggi sampel (mm)

$$LL = 78,77\% \rightarrow r = 0,004$$

$$v = 0,004 \times 17,65$$

$$v = 0,0706 \text{ mm/menit}$$

Berdasarkan kecepatan teoritis yang didapatkan maka pengaplikasian kecepatan yang sesuai pada alat Triaxial CU adalah dengan menggunakan kombinasi gigi 30 – 60 dan gear B (0,075 mm/menit).

Tabel 3.1. Kecepatan deformasi alat Triaxial CU Type 1496 LA – 110 V
(mm/menit).

| Kombinasi Gigi | | 60 - 30 | 54 - 36 | 45 - 45 | 36 - 54 | 30 - 60 |
|----------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Gear | A | 1,5968 | 1,2014 | 0,7941 | 0,5110 | 0,4034 |
| | B | 0,3112 | 0,2349 | 0,1503 | 0,1026 | 0,0750 |
| | C | 0,0548 | 0,0466 | 0,0306 | 0,0196 | 0,0100 |
| | D | 0,0082 | 0,0073 | 0,0066 | 0,0026 | 0,0024 |
| | E | 0,0021 | 0,0017 | 0,001 | 0,0008 | 0,007 |

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil, Universitas Indonesia.

3.3.1 Pengujian Konsolidasi Konvensional

3.3.1.1 Peralatan

Pengujian konsolidasi konvensional menggunakan peralatan oedometer konvensional.



Gambar 3.6. Oedometer Konvensional.

3.3.1.2 Persiapan

Benda uji yang telah selesai dikompresi selanjutnya dicetak dengan cara di *extrude* dan ditempatkan kedalam ring *consolidometer* untuk selanjutnya dilakukan pengujian konsolidasi secara konvensional sesuai dengan standar pengujian pada ASTM D 2435-80.

3.3.1.3 Pengujian & Pencatatan data

Benda uji yang telah siap di uji dibebankan dan dicatat bacaan dialnya secara konstan sebesar 1 kg dengan interval waktu 6"; 15"; 30"; 60"; 120"; 240"; 480"; 900"; 1800"; 3600"; dan 24 jam. Percobaan diulangi untuk pembebanan 2 ; 4 ; 8 ; 16 dan 32 kg dengan interval waktu konstan 24 jam. Untuk proses unloading tidak diwajibkan karena tujuan penelitian berupa perbandingan, selanjutnya pada metode CRS dengan alat Triaxial CU tidak dilengkapi dengan pemutar balik otomatis, sehingga proses unloading pada metode CRS tidak dapat dilakukan. Selanjutnya setelah proses pengujian selesai sampel tanah dihitung kadar airnya.

3.3.2 Pengujian Konsolidasi CRS

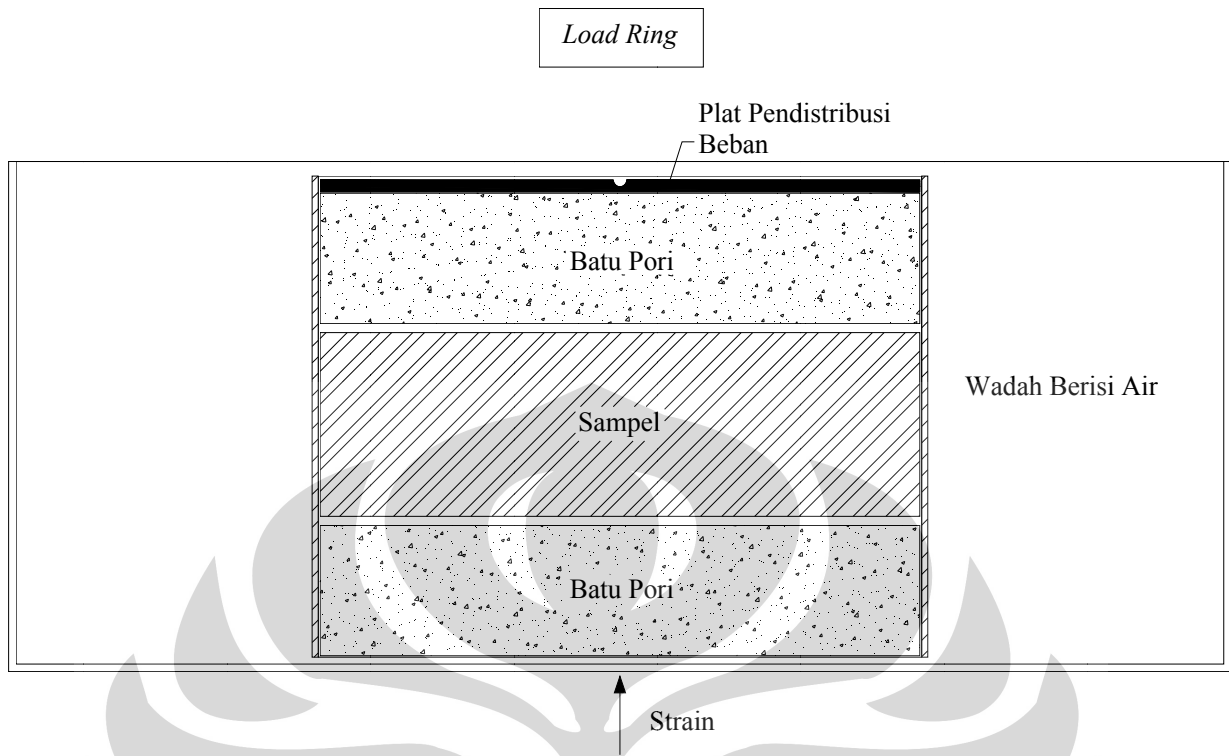
3.3.2.1 Peralatan

Pengujian konsolidasi dengan metode CRS dilakukan dengan menggunakan alat Triaxial CU Type 1496 LA – 110 V yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga memungkinkan untuk ditempatkan wadah dan aksesoris pendukung pengujian konsolidasi CRS.

Pada dasarnya modifikasi yang dilakukan hanya upaya untuk menenpatkan dan menstabilkan rangkaian peralatan konsolidasi utama pada alat Triaksial CU yang ada, seperti pemasangan pengganjal dan klem-klem untuk menstabilkan sistem.

Peralatan utama pada pengujian ini adalah :

- Wadah penempatan ring *consolidometer*, batu pori dan sampel.
- *Consolidometer* ukuran Ø 6,5 cm dan tinggi 5 cm.
- 2 buah batu pori yang diletakkan diantara sampel didalam ring.
- 1 set *Load Ring* beserta piston penekan.
- 1 set alat Triaksial CU.
- 1 set alat LVDT sebagai pembaca *displacement*.



Gambar 3.7. Sistem Konsolidasi CRS.



Gambar 3.8. Triaxial CU Type 1496 LA – 110 V.

3.3.2.2 Persiapan

Benda uji yang telah selesai dikompresi selanjutnya dicetak dengan cara di *extrude* dan ditempatkan kedalam ring *consolidometer*. Selanjutnya dipasang load frame dengan kapasitas yang disesuaikan dengan pembebanan maksimum yang akan dicapai berdasarkan waktu pengujian dan kecepatan deformasi. Alat diset sedemikian rupa sehingga memungkinkan ditempatkannya perlengkapan pendukung pengujian konsolidasi seperti wadah ring *consolidometer*, serta ring *consolidometer* beserta plat penutup dan batu porinya.

Selanjutnya dipasang LVDT (*Linear Variable Displacement Transducer*) sebagai kontrol deformasi alat dan kontrol gaya yang dibaca melalui *dial gauge Load Frame*. Karena dalam metode pembebanan *constant rate of strain*, deformasi yang diberikan pada sampel bekerja pada kecepatan konstan. Kemudian alat dijalankan dan pencatatan dimulai pada saat *dial gauge* dari *load ring* maupun *displacement transducer* mulai bergerak.



Gambar 3.9. Penempatan sampel kaolin hasil Pre-Loading kedalam ring *consolidometer* dengan menggunakan *extruder*.



Gambar 3.10. Pengesetan alat pada alat Triaxial CU untuk keperluan pengujian konsolidasi metode CRS.

3.3.2.3 Pengujian & Pencatatan Data

Pencatatan tegangan kompresi dilakukan berdasarkan tingkat penurunan yang telah ditentukan melalui kecepatan deformasi yang sudah diperhitungkan. Tegangan total dibatasi hingga 10 kg/cm^2 atau 100 kPa disesuaikan dengan tegangan yang diterima sampel pada pengujian konsolidasi konvensional. Ini dilakukan demi efisiensi waktu dan dengan alasan bahwa data-data tegangan kompresi yang didapat dengan pencapaian tegangan tersebut sudah dianggap cukup mampu untuk membentuk grafik hubungan antara tegangan kompresi dan penurunan yang ideal.

Untuk memudahkan pencatatan, maka dibuat suatu form pengujian kompresibilitas. Dalam form ini yang dicatat adalah data divisi alat pengukur (*dial gauge*). Data-data divisi alat yang didapat dari pengujian kemudian dikonversi ke dalam satuan tegangan (*kPa*) dengan menggunakan persamaan

$$\sigma_{KOMP} = \frac{div \times g \times LRF}{0.25\pi D^2 \times 1000}$$

dimana : div = satuan *dial gauge*
 D = diameter pelat yang digunakan (m^2)
 σ_{komp} = tegangan kompresi (kPa)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 LRF = *load resistance factor* (kg/div)



BAB 4 ANALISIS PERCOBAAN

4.1 PENDAHULUAN

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium, hasil dan data yang diperoleh diolah dan dianalisis sedemikian rupa untuk didapatkan kesimpulan sesuai tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Hasil olah data disajikan secara singkat dan padat. Hasil pengolahan data pelengkap yang lebih detil akan dilampirkan di bagian akhir laporan ini.

Parameter yang didapat dalam analisa properti material kaolin dijadikan sebagai pembanding hasil pengujian konsolidasi konvensional maupun metode CRS.

4.2 HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM

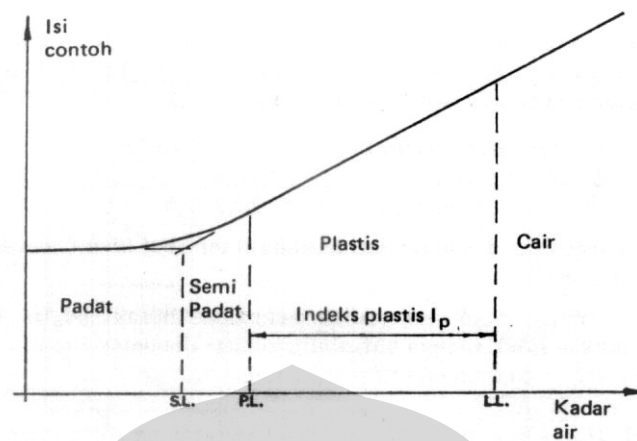
4.2.1 Klasifikasi Tanah

4.2.1.1 Specific Gravity Test

Specific gravity merupakan perbandingan berat isi tanah dengan berat isi air pada suhu yang tetap. Keberadaan pengujian ini menjadi penting karena besarnya digunakan pada hampir setiap perhitungan yang berkaitan dengan udara dan air atau pori serta butir padat tanah. Berdasarkan pengujian *specific gravity* yang distandarkan oleh ASTM D 854 – 83, didapatkan bahwa contoh sampel kaolin memiliki nilai sebesar 2,598. Analisa selengkapnya terdapat pada lampiran A-1.

4.2.1.2 Consistency Limit

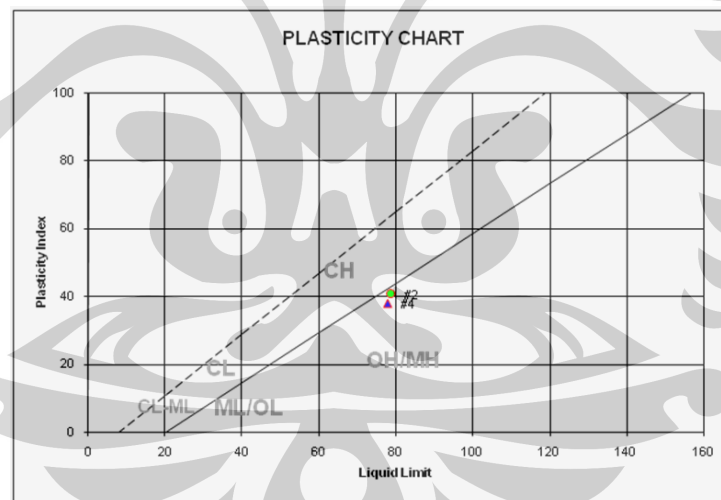
Kadar air dari suatu tanah berada pada batasan-batasan dari suatu rangkaian keadaan yang disebut sebagai batas konsistensi, keadaan yang dimaksudkan yaitu cair, plastis, semi padat, dan padat.



Gambar 4.1. Grafik batas-batas konsistensi.

Sumber : R F Craig, *Soil Mechanics*, 1991

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa contoh sampel kaolin memiliki batas cair yang lebih besar dari 50%, memiliki plastisitas tinggi dan dapat ditekan dengan tekanan yang tinggi.



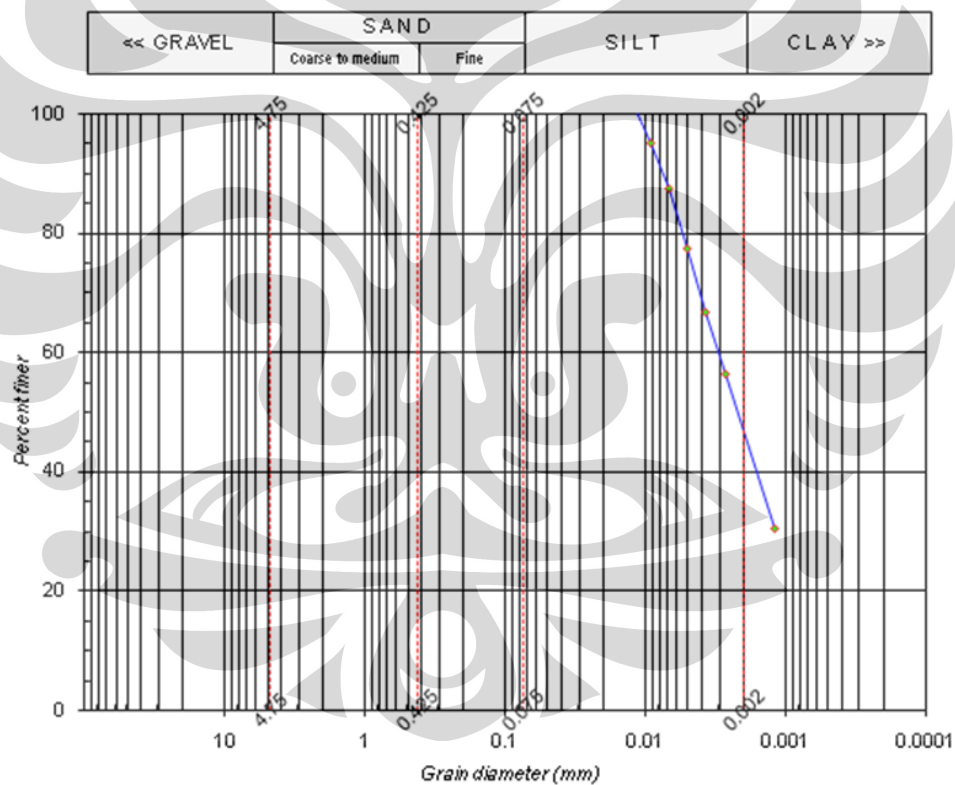
Gambar 4.2. Diagram Plastisitas Cassagrande.

Sampel kaolin tersebut memiliki *Liquid Limit* sebesar 78,90 %, *Plastic Limit* sebesar 38,40 % dan *Plastic Index* sebesar 40,50%. Analisa selengkapnya terlampir pada lampiran A-2.

4.2.1.3 Analisa Ukuran Butir

Dalam sistem analisa ini tanah diklasifikasikan menurut ukuran butirnya. Untuk tanah berbutir kasar pembagian ukuran butirnya dapat dilakukan dengan penyaringan, sedangkan untuk tanah berbutir halus pembagian butirnya dapat dilakukan dengan metode kecepatan penurunan atau pengendapan di dalam air, atau disebut juga metode mekanis.

Pada analisa klasifikasi butir kaolin dilakukan dengan cara metode *hydrometer*, karena kaolin hasil fabrikasi ini berukuran relatif kecil yaitu lolos mesh 325. Metode *hydrometer* ini sendiri merupakan metode analisa sedimentasi dimana pembacaan percobaan didapat dari hubungan antara konsentrasi butir sampel yang dapat dibaca pada menara hidrometer.

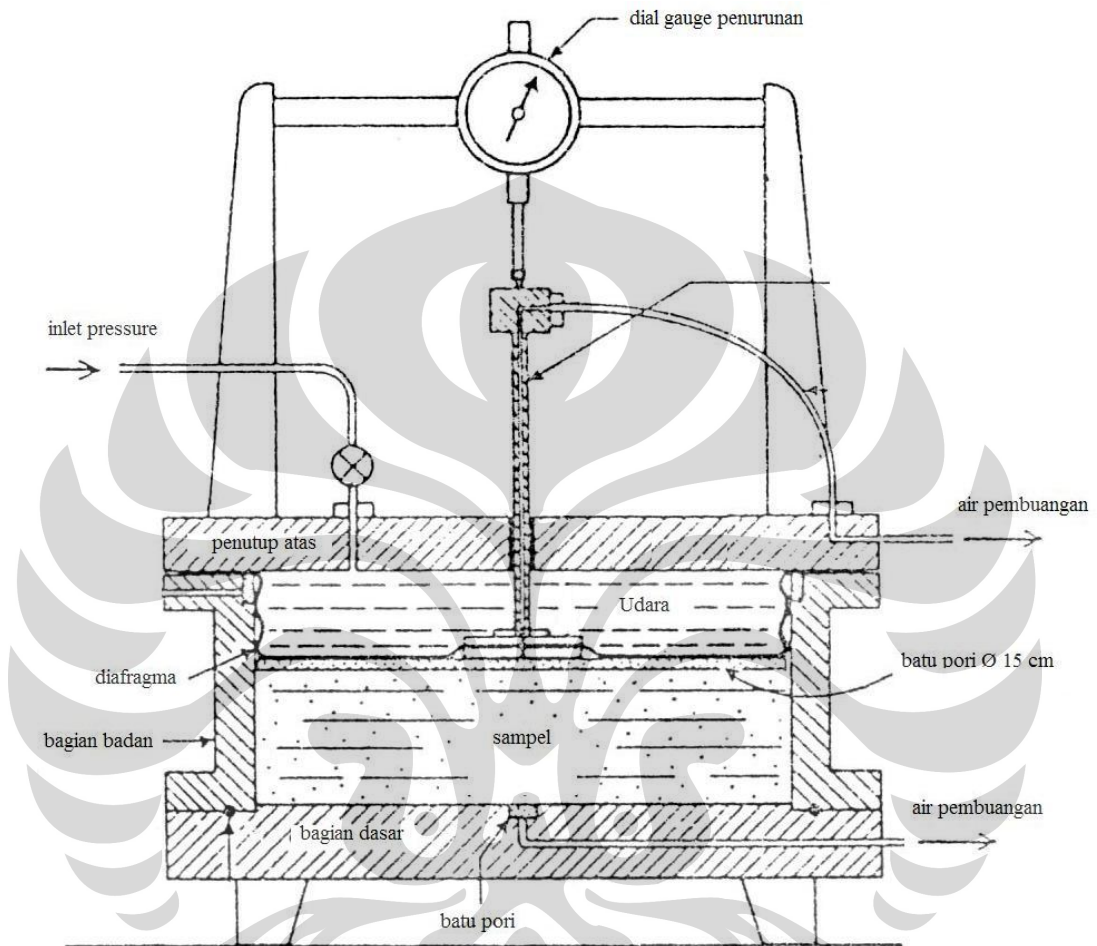


Gambar 4.3. Diagram Pembagian Ukuran Butir.

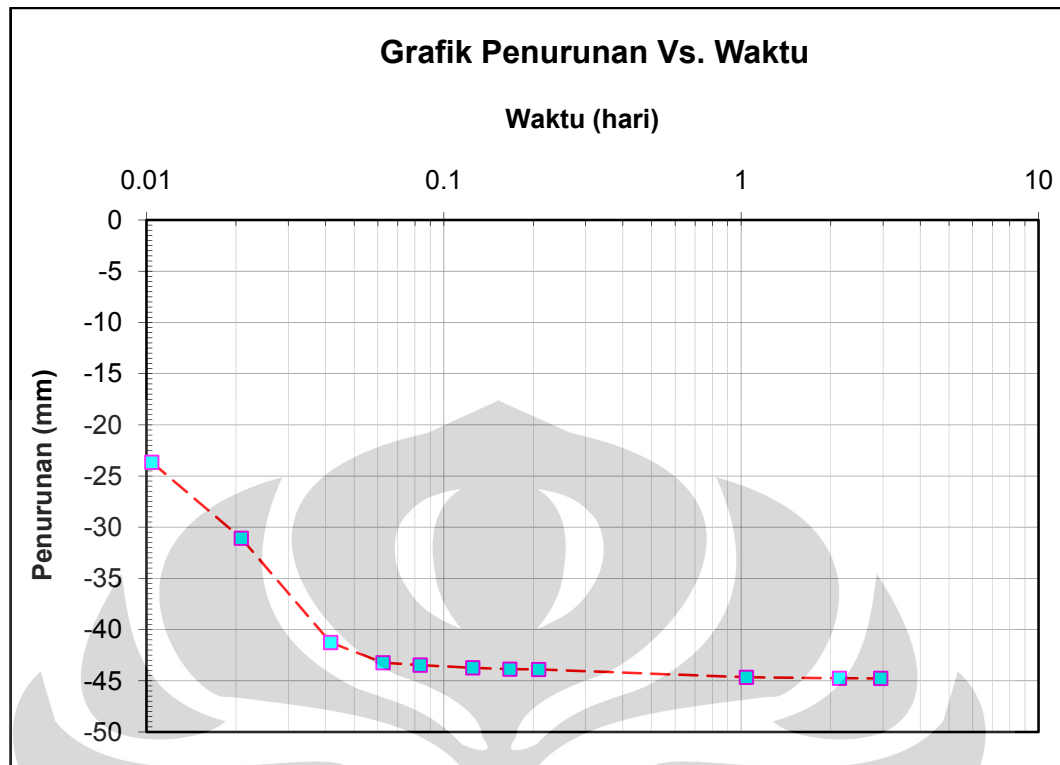
Dari hasil pengujian didapat bahwa dari sampel tanah kaolin terdapat komposisi 53% *silt* dan 47% *clay* atau *clayey silt*. Analisa selengkapnya terlampir pada lampiran A-3.

4.2.2 Pembuatan Benda Uji

Slurry yang sudah diletakkan pada alat Rowe Cell kemudian di tekan secara hidrolis pada tekanan tetap sebesar 200 kPa dan diamati penurunannya.



Gambar 4.4. Sistem pembuatan sampel dengan tekanan pra-konsolidasi 200 kPa.



Gambar 4.5. Contoh Grafik Penurunan tinggi benda uji pada proses Pre-Loading dalam 1 hari.

Slurry yang sudah diletakkan pada alat Rowe Cell kemudian di tekan secara hidrolis pada tekanan tetap sebesar 200 kPa dan diamati penurunannya. Proses pemberian tegangan dianggap selesai setelah sampel yang diamati mengalami penurunan yang relatif kecil. Analisa selengkapnya terlampir pada Lampiran B-1.

4.2.3 Pengujian Konsolidasi

4.2.3.1 Konsolidasi Konvensional

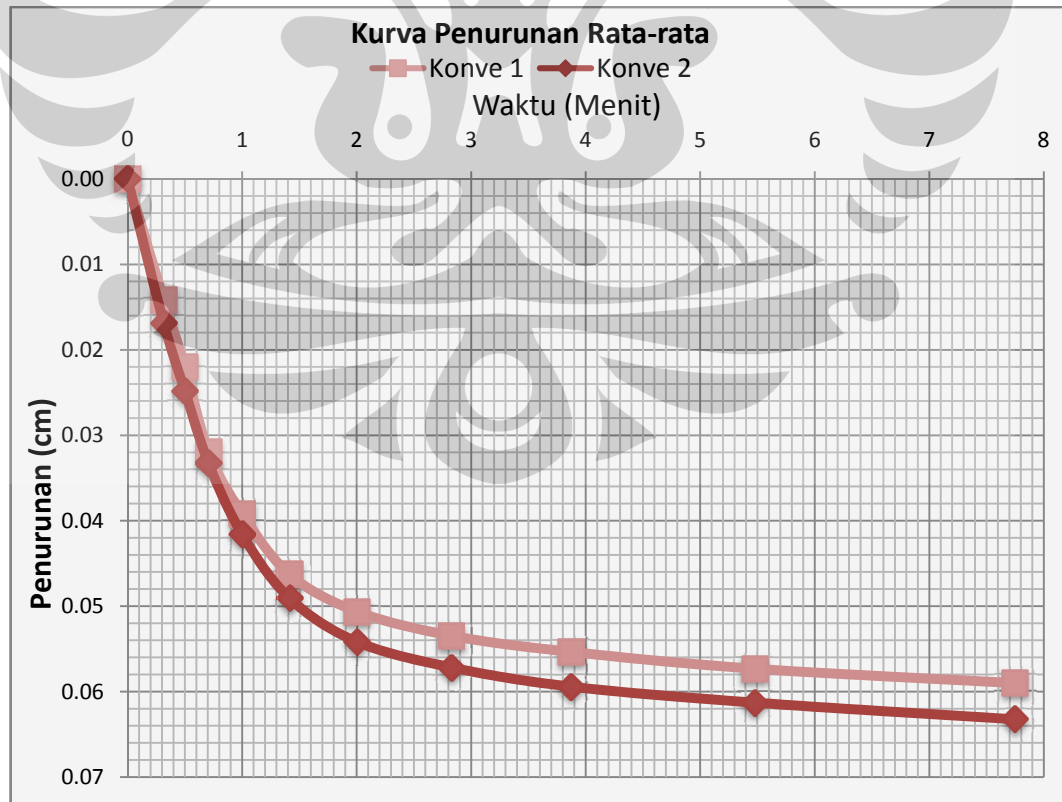
Pada pengujian konsolidasi konvensional didapatkan rekapitulasi parameter-parameter hasil uji konsolidasi sebagai berikut :

Tabel 4.1. Tabel data awal pengujian konsolidasi konvensional.

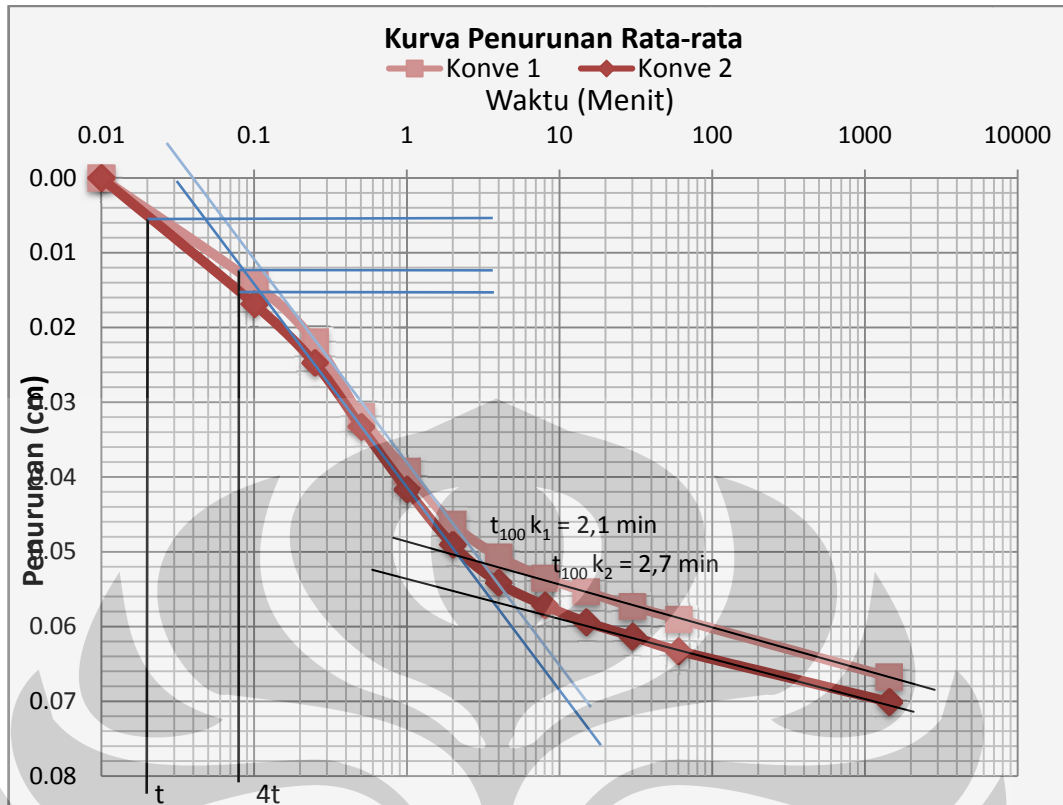
| | Pengujian 1 | Pengujian 2 |
|------------------|-------------|-------------|
| diameter | 6.355 cm | 6.3055 cm |
| tinggi | 2.051 cm | 1.945 cm |
| massa | 167.97 gr | 165.7 gr |
| Moisture content | 55.83 % | 54.07 % |
| e_0 | 1.5384 | 1.3054 |

Tabel 4.2. Tabel data akhir pengujian konsolidasi konvensional.

| | Pengujian 1 | Pengujian 2 |
|------------------|-------------|-------------|
| <i>final</i> | | |
| moisture content | 46.27 % | 43.09 % |
| P_c' | 180 kPa | 180 kPa |
| C_c | 0.425629 | 0.393432 |
| C_r | 0.274217 | 0.243125 |
| C'_c | 0.19739 | 0.17057 |
| C'_r | 0.106559 | 0.1054 |
| e_1 | 1.043 | 0.807 |



Gambar 4.6. Diagram penurunan terhadap akar waktu.

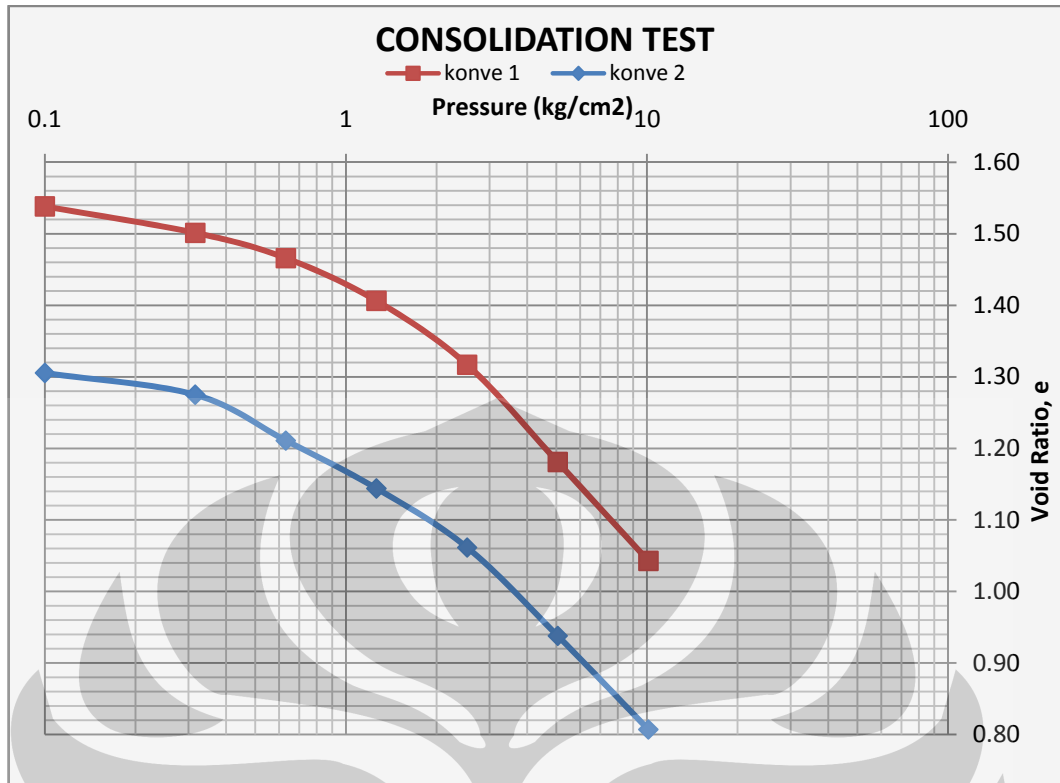


Gambar 4.7. Diagram penurunan terhadap logaritma waktu.

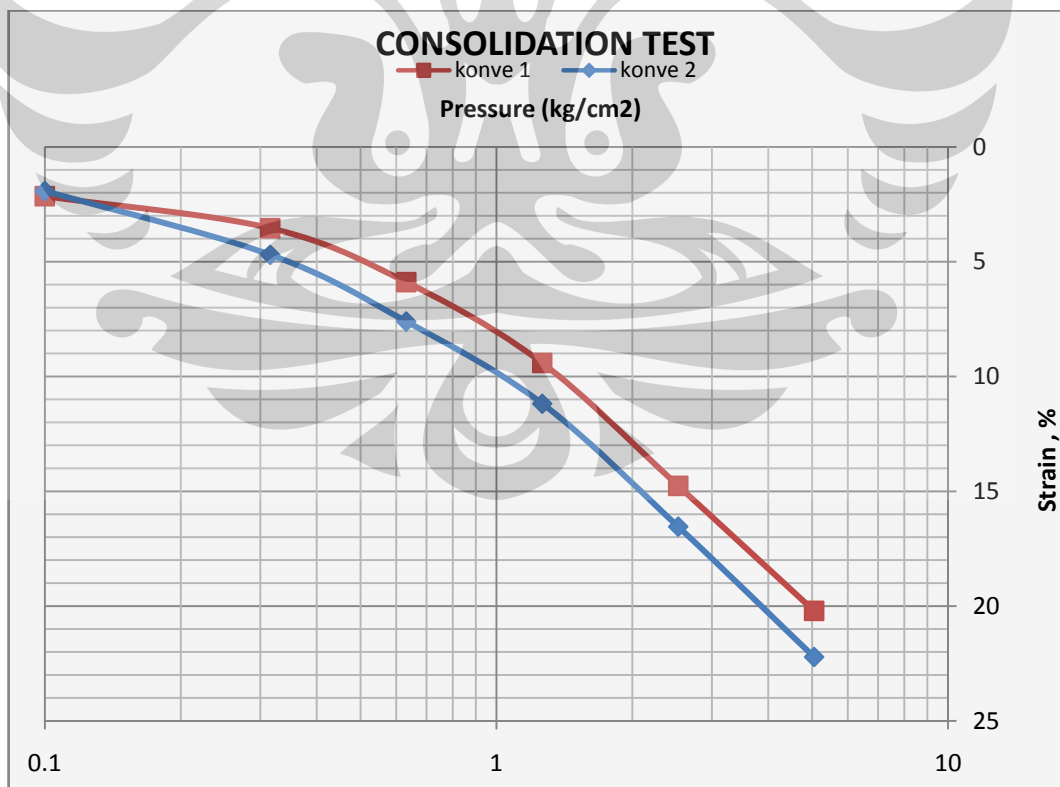
Dari analisa grafis diagram penurunan metode logaritma waktu didapat :

Tabel 4.3. Tabel perhitungan C_v pengujian konsolidasi konvensional.

| | konvensional 1 | konvensional 2 |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| d_{100} | 0.052 cm | 0.057 cm |
| t_{100} | 2.1 menit | 2.7 menit |
| d_{50} | 0.026 cm | 0.0285 cm |
| t_{50} | 1.05 menit | 1.35 menit |
| $C_v = \frac{0,197H^2}{t_{50}}$ | 0.789 | 0.55204 |



Gambar 4.8. Hubungan angka pori dan tegangan efektif konsolidasi konvensional.



Gambar 4.9. Hubungan regangan dan tegangan efektif konsolidasi konvensional.

Dapat kita lihat dari grafik hubungan angka pori dan tegangan efektif diatas bahwa P_c' yang terjadi berada pada besaran $1,8 \text{ kg/cm}^2$ atau sebesar 180 kPa yaitu berada dibawah tegangan awal kompresi atau pra-konsolidasi sebesar 2 kg/cm^2 atau 200 kPa. Maka dapat disimpulkan bahwa sampel kaolin mengalami peristiwa *Underconsolidated* karena $p_c' < p_0'$, $OCR < 1$. Dari hubungan regangan dan tegangan efektif pun didapat perbedaan kemiringan yang sangat kecil sehingga hasil perbandingan antara kedua konsolidasi konvensional relative sama. Analisa selengkapnya terlampir pada lampiran C-1.

4.2.3.2 Konsolidasi CRS

Pada pengujian konsolidasi CRS ini terlebih dahulu dicari besaran kecepatan regangan yang sangat berperan penting dalam proses pengujian. Kecepatan regangan ini dipengaruhi oleh angka *Liquid Limit* sebesar 78,90 %, sehingga sesuai dengan ASTM D 4186 – 82 maka besaran rata-rata regangannya adalah 0,004.

Selanjutnya perhitungan kecepatan regangan disesuaikan dengan tinggi benda uji, pada contoh perhitungan berikut akan diperlihatkan alur perhitungannya.

$$v = r \times h$$

dimana : v = kecepatan deformasi (mm/menit)
 r = strain rate
 h = tinggi sampel (mm)

$$LL = 78,77\% \rightarrow r = 0,004$$

$$v = 0,004 \times 17,65$$

$$v = 0,0706 \text{ mm/menit}$$

Pada tahap selanjutnya diaplikasikan melalui alat Triaxial CU. Sehingga didapat rekapitulasi data sebagai berikut.

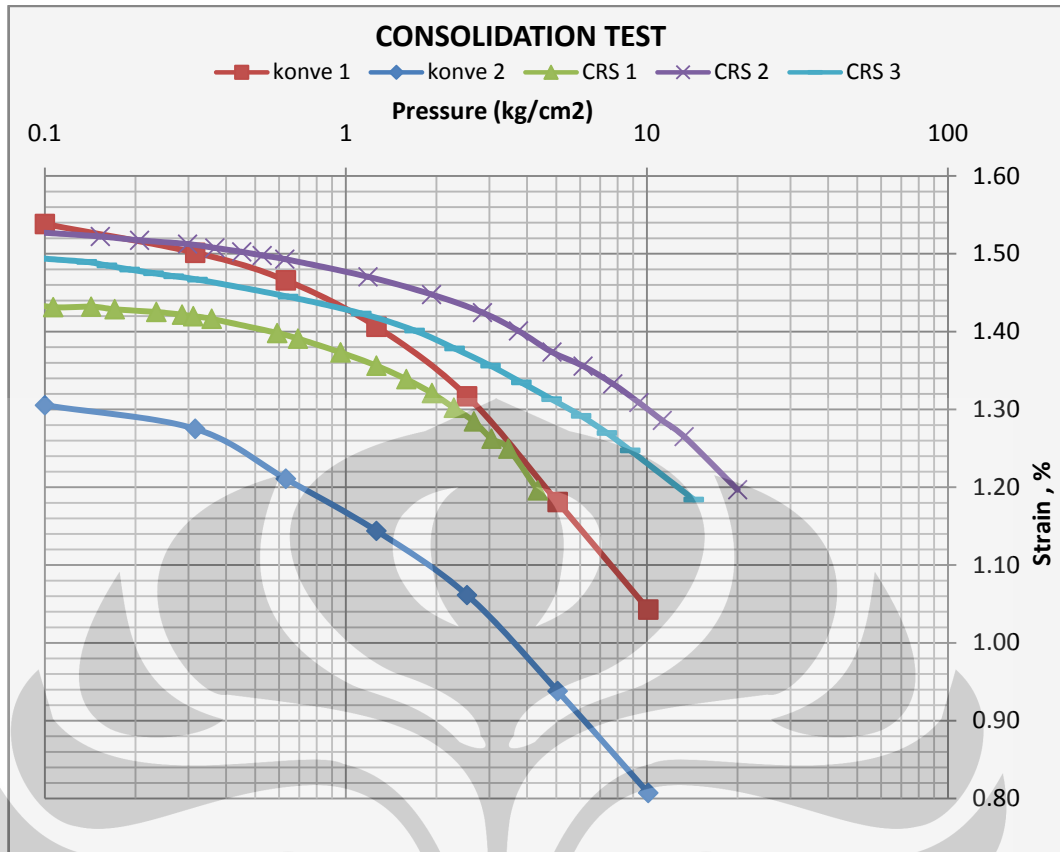
Tabel 4.4. Tabel data awal pengujian konsolidasi CRS.

| | Pengujian 1 | Pengujian 2 | Pengujian 3 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ring | 17 | 13 | 14 |
| diameter | 6.467 cm | 6.485 cm | 6.48 cm |
| tinggi | 4.995 cm | 5.04 cm | 5.037 cm |
| massa | 154.87 gr | 161.83 gr | 162.07 gr |
| Moisture content | 55.83 % | 55.83 % | 54.07 % |
| h sampel | 2.223 cm | 2.268 cm | 1.765 cm |
| r teori | 0.0904 mm/min | 0.09072 mm/min | 0.0706 mm/min |
| r actual | 0.068544 mm/min | 0.104197 mm/min | 0.076519 mm/min |

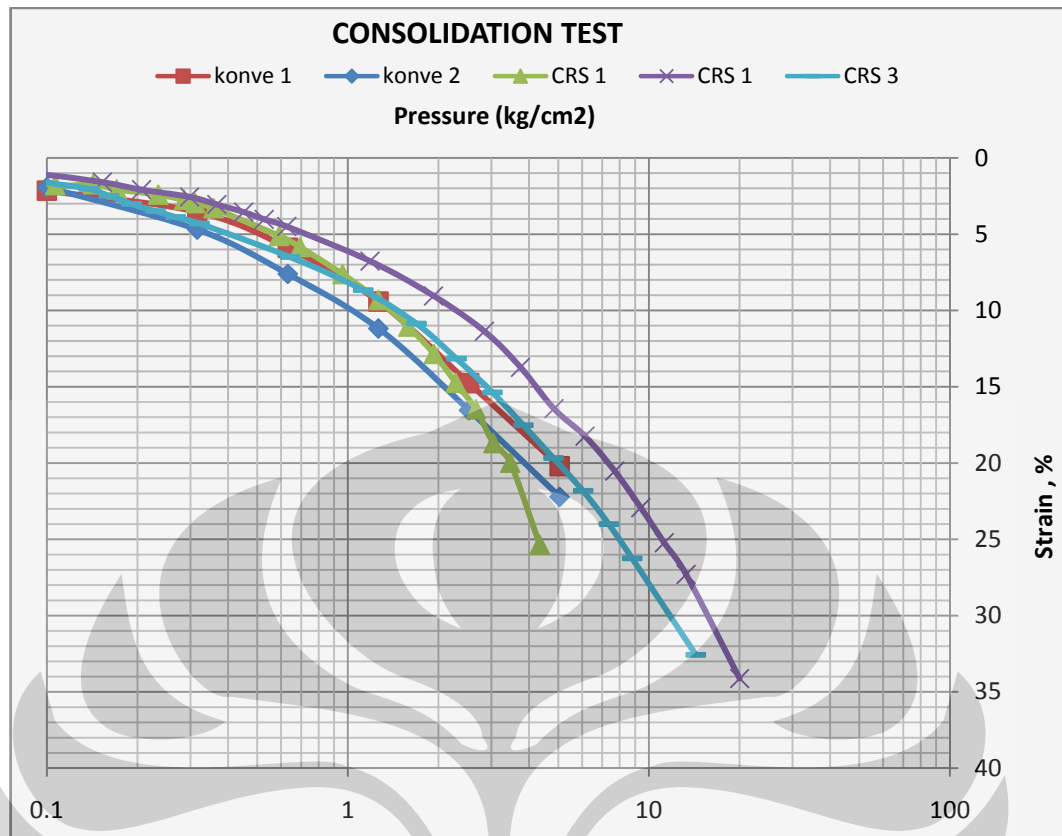
Tabel 4.5. Tabel data akhir pengujian konsolidasi CRS.

| | Pengujian 1 | Pengujian 2 | Pengujian 3 |
|------------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>final</i> | | | |
| moisture content | 47.92645 % | 37.98278 % | 40.71737 % |
| Pc' | 180 kPa | 220 kPa | 180 kPa |
| Cr | 0.041918 | 0.110974 | 0.16453 |
| Cc | 0.374869 | 0.208341 | 0.221558 |
| C'r | 0.019534 | 0.096712 | 0.07624 |
| C'c | 0.17436 | 0.17436 | 0.102743 |
| Sr | 0.805521 | 0.588392 | 0.621191 |
| eo | 1.449384 | 1.538144 | 1.509937 |
| e1 | 1.1959 | 1.1969 | 1.1842 |

Dari perbandingan parameter hasil uji konsolidasi CRS didapat bahwa perbedaan parameter tersebut mempunyai kemiripan yang seragam bergantung kepada perlakuan yang diberikan kepada sampel tersebut.



Gambar 4.10. Diagram perbandingan 3 konsolidasi CRS dan 2 konsolidasi konvensional.



Gambar 4.11. Diagram rasio regangan dari 3 konsolidasi CRS dan 2 konsolidasi konvensional.

Tabel 4.6. Tabel perbandingan parameter pengujian konsolidasi konvensional dan CRS.

| | Konve 1 | Konve 2 | CRS 1 | CRS 2 | CRS 3 |
|--------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| P_c' | 180 kPa | 180 kPa | 180 kPa | 220 kPa | 180 kPa |
| C_r | 0.274217 | 0.243125 | 0.041918 | 0.208341 | 0.16453 |
| C_c | 0.425629 | 0.393432 | 0.374869 | 0.113179 | 0.221558 |
| C'_r | 0.1065509 | 0.1054 | 0.019534 | 0.096712 | 0.07624 |
| C'_c | 0.19739 | 0.17057 | 0.17436 | 0.052511 | 0.102743 |
| e_o | 1.5384 | 1.3054 | 1.449384 | 1.538144 | 1.509937 |
| e_l | 1.043 | 0.807 | 1.1959 | 1.1969 | 1.1842 |

Dari hasil perbandingan kedua metode konsolidasi tersebut dapat dilihat bahwa p_c' yang didapat berada pada kisaran yang sama, hanya saja perbedaan kelandaian dari grafik terlihat berbeda diantara kedua metode tersebut. besaran

tegangan yang terjadi pun sangat beragam tergantung kepada kecepatan deformasi yang diterima oleh sampel. Analisa selengkapnya terlampir pada lampiran C-2.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki perbandingan antara metode konsolidasi konvensional dan metode konsolidasi CRS. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil pengujian kedua metode menunjukkan hasil tegangan konsolidasi yang relatif sama ($1,8 - 2,2 \text{ kg/cm}^2$ atau $180 - 220 \text{ kPa}$)
2. Grafik angka pori – tegangan pengujian kedua metode menunjukkan hasil yang berbeda pada kelandaiannya karena perbedaan waktu kompresi yang diterima oleh sampel, pada metode CRS pembebanan diberikan secara terus menerus dan mengakibatkan sedikitnya waktu untuk merubah formasi butiran tanah, sehingga indeks kompresi yang dihasilkan pun berbeda.
3. Lama waktu pengujian metode CRS jauh lebih singkat, $\pm 1,5$ jam dibandingkan dengan metode konvensional, ± 12 hari.
4. Setelah slurry diberikan kompresi awal (Pra-konsolidasi) terlihat adanya perbedaan moisture content yang menunjukkan perbedaan (sekitar $1 - 2\%$) dan bila dicek secara langsung bagian tengah sampel terasa lebih lembek. Hal ini disebabkan adanya perbedaan ukuran aliran drainasi saat pra-konsolidasi, karena batu pori pada bagian atas dan bagian bawah sangat berbeda ukurannya serta lama waktu pemberian kompresi diperkirakan kurang lama.
5. Kecepatan deformasi yang diaplikasikan sangat berpengaruh kepada besarnya parameter konsolidasi yang dihasilkan, sehingga sampel yang dibutuhkan lebih dari 1 untuk membandingkan kecepatan teoritis dan pilihan kecepatan yang tersedia.
6. Karena kecepatan deformasi relatif konstan, maka lama waktu pengujian dapat ditentukan dengan tegangan yang diterima sampel. Untuk pengujian ini pengujian metode CRS dihentikan pada waktu yang sama pada masing-masing kecepatan pengujian yang berbeda.

5.2 SARAN

Beberapa saran yang diajukan untuk kelanjutan penelitian serupa diajukan sebagai berikut :

1. Ketelitian dan kecermatan dalam melakukan penelitian agar hasil penelitian lebih akurat.
2. Pengecekan kestabilan dan kepresisian alat menjadi penting karena sampel sangat sensitif.
3. Kecepatan deformasi alat harus diperhatikan dan dibandingkan dengan kecepatan yang sesuai atau mendekati dengan kecepatan yang seharusnya diterima sampel atau kecepatan teori untuk mencapai hasil yang akurat.
4. Proses Pra-konsolidasi menjadi penting karena seluruh hasil tergantung pada homogenitas sampel baik pada campuran *slurry*, dan saturasi sampel. Pada percobaan ini tanah dianggap tidak saturasi seragam karena perbedaan ukuran batu pori bagian atas dan bawah sampel (keterbatasan peralatan).
5. Proses pembuatan benda uji sangat penting karena sangat mempengaruhi hasil akhir pengujian, seperti gelembung udara pada *slurry*, dan penjagaan derajat saturasi sampel sebelum diuji.
6. Lama waktu pengujian konsolidasi CRS dapat ditentukan dengan menyamakan besaran tegangan yang diterima pada sampel pengujian konsolidasi konvensional atau sekitar 101,044 kPa.

DAFTAR REFERENSI

- K. Terzaghi, *Theoretical Soil Mechanics*. (New York ; Wiley, 1943).
- T. W. Lmbe, *Soil Testing for Engineers*. (New York : Wiley, 1951).
- R. F. Craig, *Soil Mechanics, terj.* Budi Susilo S. (Jakarta : Erlangga, 1989).
- M. J. Smith, *Mekanika Tanah, terj.* Ir. Elly Madyayanti. (Jakarta : Erlangga, 1984)
- Braja M. Das, *Advanced Soil Mechanics*. (Texas : McGraw-Hill Book Company, 1985).
- R. D. Holtz & W. D Kovacs, *An Introduction to Geotechnical Engineering*. (Eaglewood cliff, New Jersey : Prentice Hall).
- K.H. Head, *Manual of Soil Laboratory Testing, Vol. 1, Soil Classification and Compaction Test*. (London, Plymouth : Pentech, 1984).
- Lam Chee Siang, *Criteria of Acceptance for Constant Rate of Strain Consolidation Test for Cohesive Soil*. Thesis, Faculty of Civil Engineering Universiti Teknologi Malaysia, 2006.
- Syed Nur Aizuddin Bin Syed Abdul Rahim, *Determination of Coefficient of Consolidation Value Using Constant Rate of Strain Consolidation Test for Kaolin*. Thesis Faculty of Civil Engineering Universiti Teknologi Malaysia, 2008.
- Soil Properties, Wikipedia, diakses 23 Januari 2008 dari Wikipedia
[.http://en.wikipedia.org/wiki/Consolidationsoil](http://en.wikipedia.org/wiki/Consolidationsoil)

*Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.
Annual Book of ASTM Standards, Designation 2435-80, Vol 04.08.*

*Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils
Using Controlled-Strain Loading. Annual Book of ASTM Standards,
Designation 4186-82, Vol 04.08.*



LAMPIRAN A DATA KLASIFIKASI TANAH

A – 1 SPECIFIC GRAVITY TEST



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

SPECIFIC GRAVITY DARI TANAH SOLID (Gs)

Proyek = Kaoline filler super 325 mesh

No. Pekerjaan = ---

Lokasi proyek = Lab. Mektan FT-UI

No. Boring = --- No. Sampel = ---

Deskripsi tanah = kaoline, warna putih

Kedalaman = ---

Diuji oleh = Tim skripsi kaoline

Tanggal Pengujian = 23 Juli 2008

| NO. TES | Unit | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|------|--------------|------------|------------|------------|
| Vol. piknometer pada 20°C | (mL) | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Metode <i>air removal</i> ¹ | | dididihkan | dididihkan | dididihkan | dididihkan |
| Berat piknometer + air + tanah = W_{bws} | (gr) | 718.29 | 718.15 | 727.44 | 726.16 |
| Temperatur pada saat pengujian, °C | | 29 | 29 | 29 | 29 |
| Berat piknometer + air ² = W_{bw} | (gr) | 656.65 | 656.43 | 665.75 | 664.40 |
| No. <i>evaporate dish</i> | | 1 | 2 | 7 | 8 |
| Berat <i>evaporate dish</i> + tanah kering | (gr) | 402.29 | 407.95 | 418.23 | 394.76 |
| Berat <i>evaporate dish</i> | (gr) | 302.27 | 307.92 | 318.08 | 294.71 |
| Berat tanah kering = W_s | (gr) | 100.02 | 100.03 | 100.15 | 100.05 |
| $W_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$ | (gr) | 38.38 | 38.31 | 38.46 | 38.29 |
| Nilai α pada temperatur pengujian | | 0.99598 | 0.99598 | 0.99598 | 0.99598 |
| $G_s = \alpha W_s / W_w$ | | 2.596 | 2.601 | 2.594 | 2.602 |
| Gs Rata-rata | | 2.598 | | | |

Keterangan :

¹ mengindikasikan pengeluaran udara dengan divakum atau dengan aspirator.

² W_{bw} adalah berat piknometer yang diisi air yang kuantitasnya sama dengan cairan pendispersi yang telah ditambahkan pada campuran air-tanah dan pada temperatur yang sama.

Catatan :

Gs rata-rata dari tanah solid = 2.598

LAMPIRAN A DATA KLASIFIKASI TANAH

A – 2 CONSISTENCY LIMIT



ATTERBERG LIMITS DETERMINATION

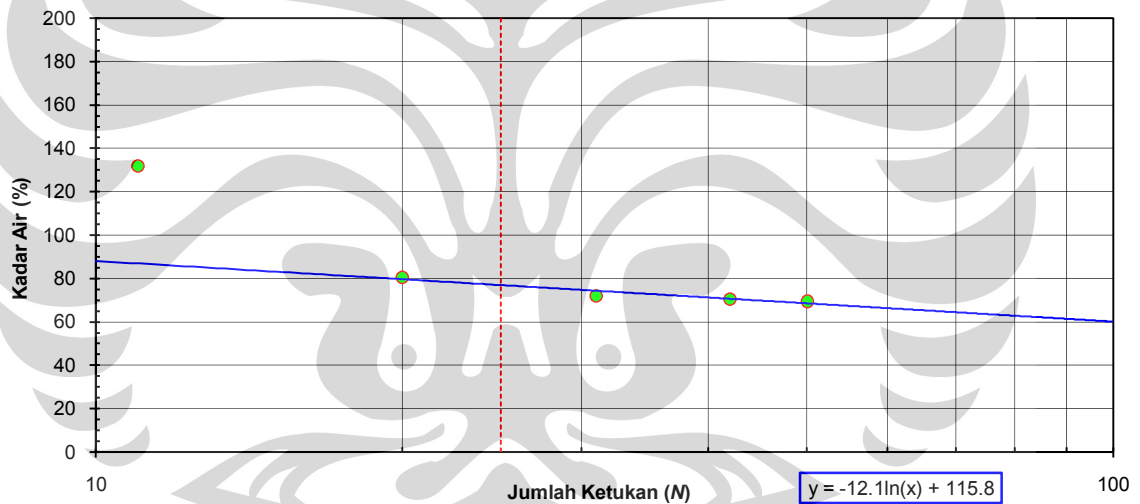
Proyek = Kaoline filler super 325 mesh
 Lokasi proyek = Lab. Mektan FT-UI
 Deskripsi tanah = kaoline, warna putih
 Diuji oleh = Tim skripsi kaoline

No. Pekerjaan = ---
 No. Boring = --- No. Sampel = #1
 Kedalaman = ---
 Tanggal Pengujian = 21 Juli 2008

Liquid Limit Determination

| No. Can | Unit | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Berat can | (gr) | 6.34 | 8.13 | 7.87 | 7.94 | 8.15 |
| Berat tanah basah + can | (gr) | 26.13 | 27.74 | 27.22 | 25.11 | 36.57 |
| Berat tanah kering + can | (gr) | 14.87 | 18.99 | 19.11 | 18.00 | 24.94 |
| Berat air | (gr) | 11.26 | 8.75 | 8.11 | 7.11 | 11.63 |
| Berat tanah kering | (gr) | 8.53 | 10.86 | 11.24 | 10.06 | 16.79 |
| Kadar air (w) | (%) | 132.00 | 80.57 | 72.15 | 70.68 | 69.27 |
| Jumlah ketukan (N) | | 11 | 20 | 31 | 42 | 50 |

Catatan : data no.1 pada LL diabaikan dalam grafik, karena menyimpang terlalu jauh.



Flow Index (FI) = -27.90 (%)
Liquid Limit (LL) = 76.80 (%)
Plastic Limit (PL) = - (%)
Plasticity Index (PI) = - (%)

12.136 115.88

Plastic Limit Determination

| No. Can | Unit | | | | | |
|--------------------------|------|--|--|--|--|--|
| Berat can | (gr) | | | | | |
| Berat tanah basah + can | (gr) | | | | | |
| Berat tanah kering + can | (gr) | | | | | |
| Berat air | (gr) | | | | | |
| Berat tanah kering | (gr) | | | | | |
| Kadar air (w) | (%) | | | | | |

Catatan :

ATTERBERG LIMITS DETERMINATION

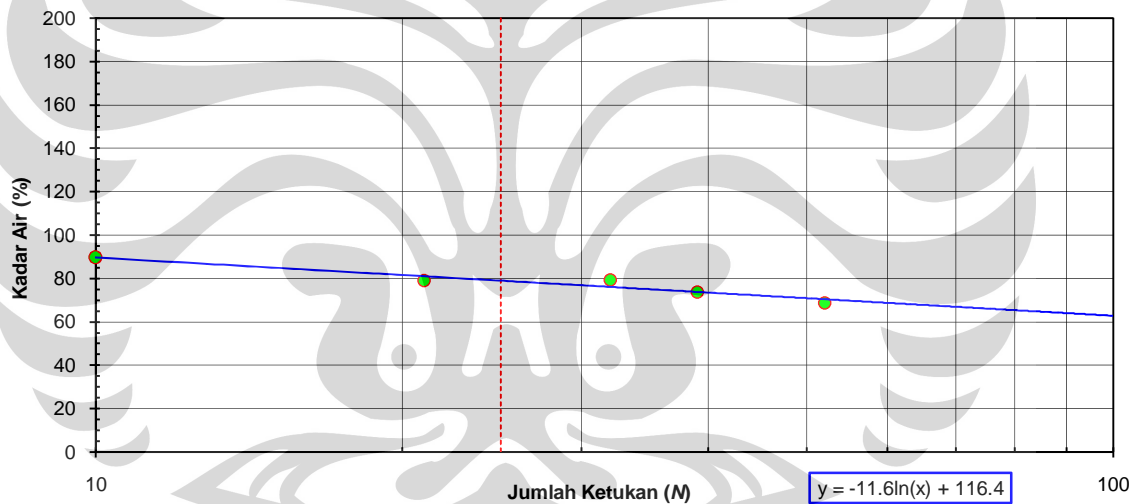
Proyek = Kaoline filler super 325 mesh
 Lokasi proyek = Lab. Mektan FT-UI
 Deskripsi tanah = kaoline, warna putih
 Diuji oleh = Tim skripsi kaoline

No. Pekerjaan = ---
 No. Boring = --- No. Sampel = #2
 Kedalaman = ---
 Tanggal Pengujian = 21 Juli 2008

Liquid Limit Determination

| No. Can | Unit | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Berat can | (gr) | 8.80 | 8.63 | 9.33 | 8.73 | 9.11 |
| Berat tanah basah + can | (gr) | 19.93 | 16.53 | 20.13 | 22.02 | 20.81 |
| Berat tanah kering + can | (gr) | 14.67 | 13.04 | 15.35 | 16.38 | 16.04 |
| Berat air | (gr) | 5.26 | 3.49 | 4.78 | 5.64 | 4.77 |
| Berat tanah kering | (gr) | 5.87 | 4.41 | 6.02 | 7.65 | 6.93 |
| Kadar air (w) | (%) | 89.61 | 79.14 | 79.40 | 73.73 | 68.83 |
| Jumlah ketukan (N) | | 10 | 21 | 32 | 39 | 52 |

Catatan :



Flow Index (FI) = -26.80 (%)
Liquid Limit (LL) = 78.90 (%)
Plastic Limit (PL) = 38.40 (%)
Plasticity Index (PI) = 40.50 (%)

Plastic Limit Determination

| No. Can | Unit | 1 | 2 | | | |
|--------------------------|------|-------|-------|--|--|--|
| Berat can | (gr) | 21.49 | 12.82 | | | |
| Berat tanah basah + can | (gr) | 39.65 | 29.76 | | | |
| Berat tanah kering + can | (gr) | 34.60 | 25.07 | | | |
| Berat air | (gr) | 5.05 | 4.69 | | | |
| Berat tanah kering | (gr) | 13.11 | 12.25 | | | |
| Kadar air (w) | (%) | 38.52 | 38.29 | | | |

Catatan :

ATTERBERG LIMITS DETERMINATION

Proyek = Kaoline filler super 325 mesh

No. Pekerjaan = ---

Lokasi proyek = Lab. Mektan FT-UI

No. Boring = --- No. Sampel = #3

Deskripsi tanah = kaoline, warna putih

Kedalaman = ---

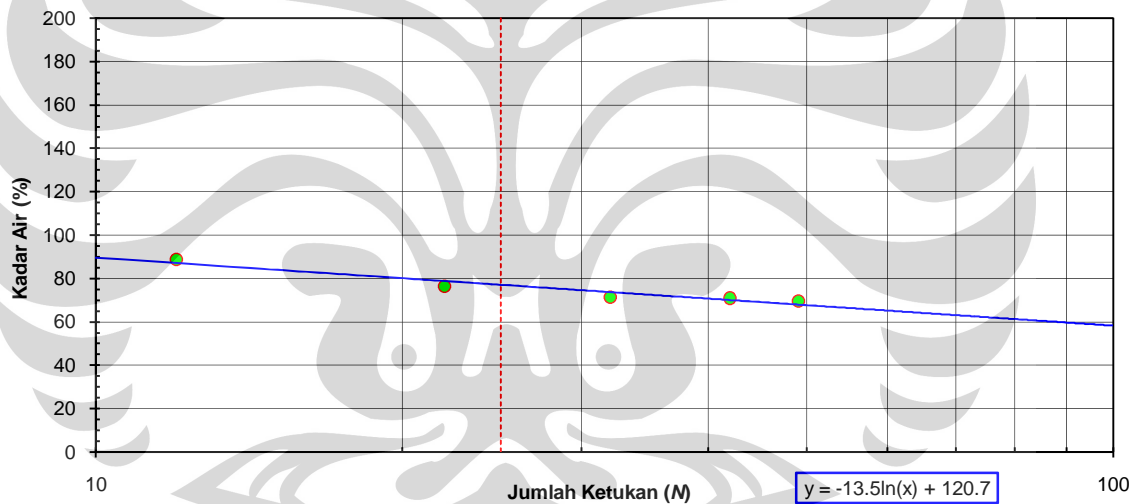
Diuji oleh = Tim skripsi kaoline

Tanggal Pengujian = 21 Juli 2008

Liquid Limit Determination

| No. Can | Unit | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Berat can | (gr) | 9.14 | 8.00 | 8.00 | 8.47 | 8.04 |
| Berat tanah basah + can | (gr) | 26.43 | 18.39 | 19.73 | 23.53 | 26.55 |
| Berat tanah kering + can | (gr) | 18.29 | 13.89 | 14.84 | 17.29 | 18.94 |
| Berat air | (gr) | 8.14 | 4.50 | 4.89 | 6.24 | 7.61 |
| Berat tanah kering | (gr) | 9.15 | 5.89 | 6.84 | 8.82 | 10.90 |
| Kadar air (w) | (%) | 88.96 | 76.40 | 71.49 | 70.75 | 69.82 |
| Jumlah ketukan (N) | | 12 | 22 | 32 | 42 | 49 |

Catatan :



Flow Index (FI) = -31.30 (%)

Liquid Limit (LL) = 77.10 (%)

Plastic Limit (PL) = - (%)

Plasticity Index (PI) = - (%)

Plastic Limit Determination

| No. Can | Unit | | | | | |
|--------------------------|------|--|--|--|--|--|
| Berat can | (gr) | | | | | |
| Berat tanah basah + can | (gr) | | | | | |
| Berat tanah kering + can | (gr) | | | | | |
| Berat air | (gr) | | | | | |
| Berat tanah kering | (gr) | | | | | |
| Kadar air (w) | (%) | | | | | |

Catatan :

ATTERBERG LIMITS DETERMINATION

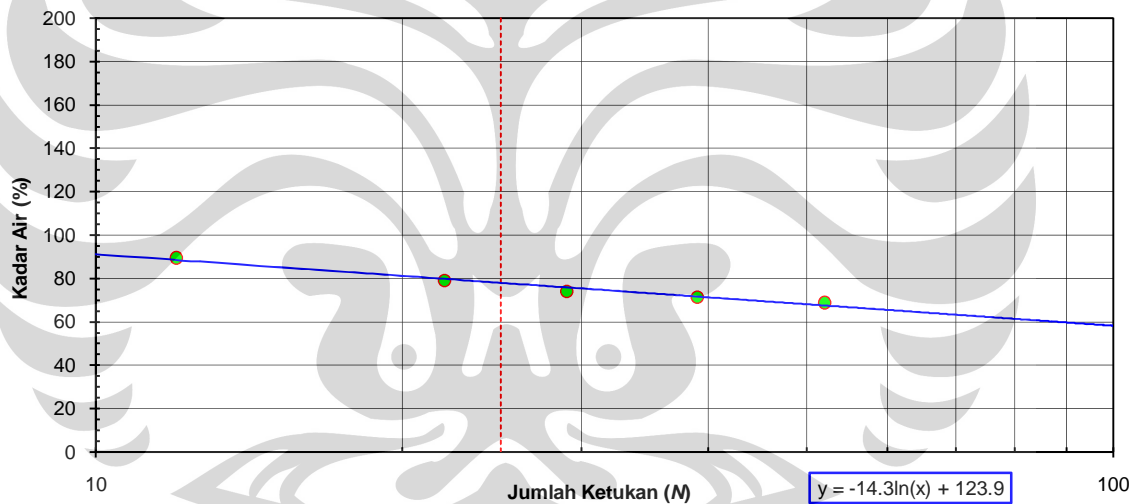
Proyek = Kaoline filler super 325 mesh
 Lokasi proyek = Lab. Mektan FT-UI
 Deskripsi tanah = kaoline, warna putih
 Diuji oleh = Tim skripsi kaoline

No. Pekerjaan = ---
 No. Boring = --- No. Sampel = #4
 Kedalaman = ---
 Tanggal Pengujian = 22 Juli 2008

Liquid Limit Determination

| No. Can | Unit | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Berat can | (gr) | 9.11 | 8.72 | 8.48 | 8.76 | 9.31 |
| Berat tanah basah + can | (gr) | 17.97 | 19.56 | 23.79 | 23.53 | 23.73 |
| Berat tanah kering + can | (gr) | 13.79 | 14.77 | 17.27 | 17.38 | 17.86 |
| Berat air | (gr) | 4.18 | 4.79 | 6.52 | 6.15 | 5.87 |
| Berat tanah kering | (gr) | 4.68 | 6.05 | 8.79 | 8.62 | 8.55 |
| Kadar air (w) | (%) | 89.32 | 79.17 | 74.18 | 71.35 | 68.65 |
| Jumlah ketukan (N) | | 12 | 22 | 29 | 39 | 52 |

Catatan :



Flow Index (FI) = -32.90 (%)
Liquid Limit (LL) = 77.90 (%)
Plastic Limit (PL) = 40.17 (%)
Plasticity Index (PI) = 37.73 (%)

Plastic Limit Determination

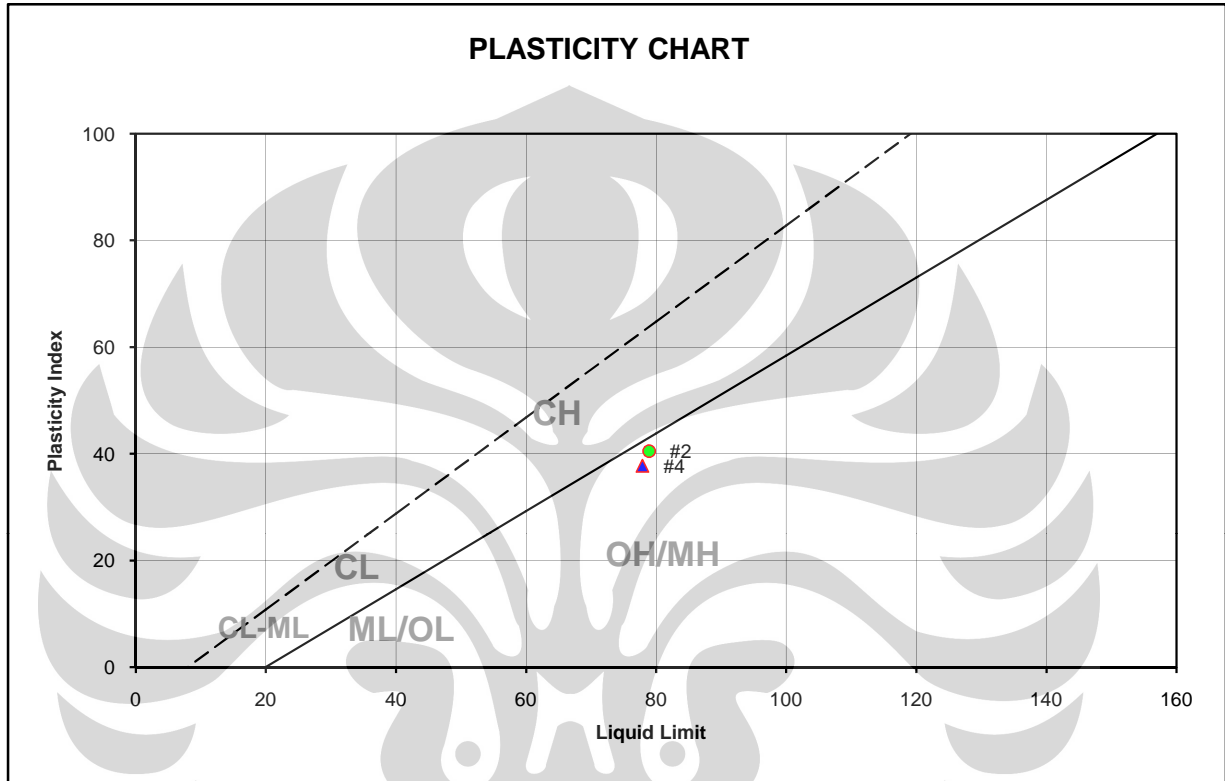
| No. Can | Unit | 1 | 2 | | | |
|--------------------------|------|-------|-------|--|--|--|
| Berat can | (gr) | 20.95 | 13.06 | | | |
| Berat tanah basah + can | (gr) | 38.65 | 30.12 | | | |
| Berat tanah kering + can | (gr) | 33.62 | 25.19 | | | |
| Berat air | (gr) | 5.03 | 4.93 | | | |
| Berat tanah kering | (gr) | 12.67 | 12.13 | | | |
| Kadar air (w) | (%) | 39.70 | 40.64 | | | |

Catatan :



ATTERBERG LIMIT

| | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| PROYEK Skripsi Kaoline | TANGGAL 21-22 Juli 2008 |
| LOKASI Lab. Mektan FT-UI | DIUJI OLEH Tim Kaoline |



| No. Bor | Kedalaman (m) | Simbol | LL (%) | PL (%) | PI (%) | Unified Classification |
|---------|---------------|--------|--------|--------|--------|------------------------|
| | | #1 | 76.80 | | | - |
| | | #2 | 78.90 | 38.40 | 40.50 | OH/MH |
| | | #3 | 77.10 | | | - |
| | | #4 | 77.90 | 40.17 | 37.73 | OH/MH |

LAMPIRAN A

DATA KLASIFIKASI TANAH

A – 3

ANALISA UKURAN BUTIR



GRAIN SIZE ANALYSIS - HIDROMETER METHOD

Proyek = Kaoline filler super 325 mesh
 Lokasi proyek = Lab. Mektan FT-UI
 Deskripsi tanah = kaoline, warna putih
 Diuji oleh = Tim skripsi kaoline

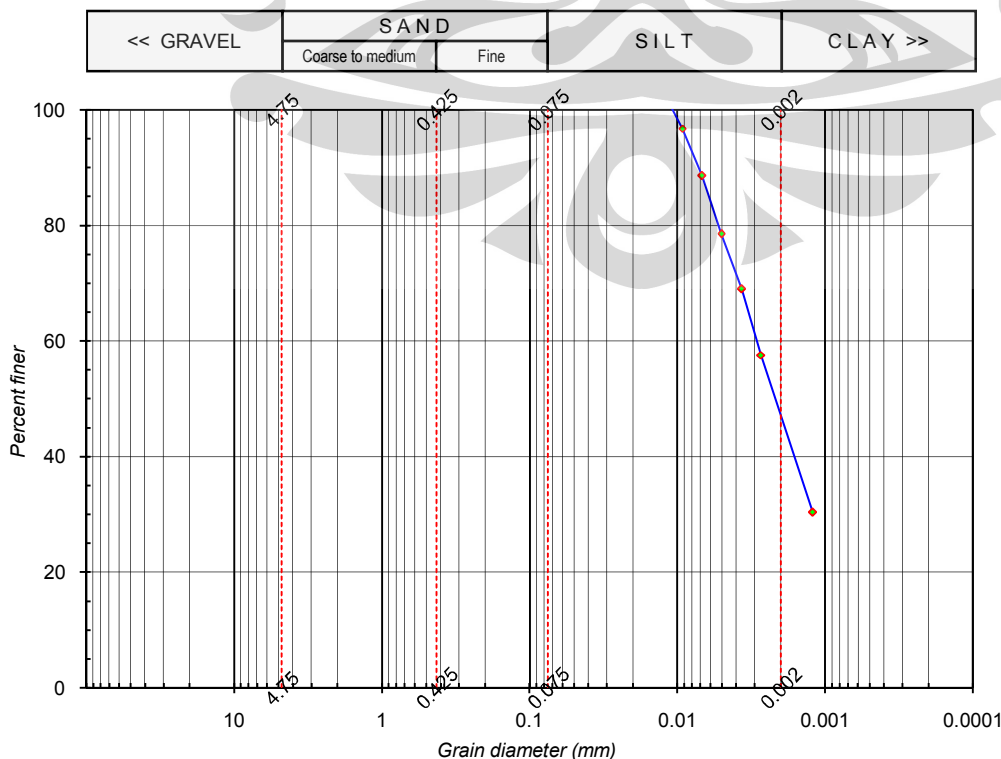
Tanggal Pengujian = 24 - 25 Juli 2008
 No. Pekerjaan = ---
 No. Boring = --- No. Sampel = #1
 Kedalaman = ---

Hidrometer analysis

No. hidrometer = 1 Gs tanah = 2.598 Koreksi nol = 4
 Agen pendispersi = Water glass a = 1.012 Koreksi meniskus = 1
 Berat pendispersi = 40 gr Berat tanah (W_s) = 50 gr

| Waktu pembacaan | | Waktu berjalan (menit) | Temp. °C | C_T | Actual Hyd. reading R_a | Corr. Hyd. reading R_c | % Finer | Hyd. corr. only for meniskus R | L | L/t | K | D (mm) |
|-----------------|-------|------------------------|----------|-------|---------------------------|--------------------------|---------|----------------------------------|------|-------|--------|--------|
| Tanggal | Jam | | | | | | | | | | | |
| 24-Jul-08 | 10:05 | 1 | 28.5 | 2.76 | 53 | 51.76 | 104.8 | 54 | 7.4 | 7.400 | 0.0126 | 0.034 |
| | 10:06 | 2 | 28.5 | 2.76 | 53 | 51.76 | 104.8 | 54 | 7.4 | 3.700 | 0.0126 | 0.024 |
| | 10:07 | 3 | 28.5 | 2.76 | 52.7 | 51.46 | 104.2 | 53.7 | 7.5 | 2.500 | 0.0126 | 0.020 |
| | 10:08 | 4 | 28.5 | 2.76 | 52.2 | 50.96 | 103.2 | 53.2 | 7.6 | 1.900 | 0.0126 | 0.017 |
| | 10:12 | 8 | 28.5 | 2.76 | 52 | 50.76 | 102.8 | 53 | 7.6 | 0.950 | 0.0126 | 0.012 |
| | 10:19 | 15 | 28.5 | 2.76 | 49 | 47.76 | 96.7 | 50 | 8.1 | 0.540 | 0.0126 | 0.009 |
| | 10:34 | 30 | 28.5 | 2.76 | 45 | 43.76 | 88.6 | 46 | 8.8 | 0.293 | 0.0126 | 0.007 |
| | 11:04 | 60 | 28.5 | 2.76 | 40 | 38.76 | 78.5 | 41 | 9.6 | 0.160 | 0.0126 | 0.005 |
| | 12:04 | 120 | 29 | 3.08 | 35 | 34.08 | 69.0 | 36 | 10.4 | 0.087 | 0.0125 | 0.004 |
| | 14:04 | 240 | 29.5 | 3.42 | 29 | 28.42 | 57.5 | 30 | 11.4 | 0.048 | 0.0125 | 0.003 |
| | 18:04 | 480 | | | | | | | | | | |
| | 2:04 | 960 | | | | | | | | | | |
| 25-Jul-08 | 10:04 | 1440 | 28 | 2.48 | 16.5 | 14.98 | 30.3 | 17.5 | 13.4 | 0.009 | 0.0126 | 0.001 |

Catatan : $R_c = R_a - (\text{koreksi nol}) + C_T$ % finer = $R_c \cdot (a) / W_s$ $D = K \cdot \sqrt{(L/t)}$



| Komposisi | |
|-----------|-----|
| Sand | 0% |
| Silt | 53% |
| Clay | 47% |

Deskripsi visual tanah :
Kaoline Clay

Klasifikasi tanah :
Silty Clay

Sistem klasifikasi :
Unified

LAMPIRAN B

PEMBUATAN BENDA UJI

B – 1

DATA MONITORING PENURUNAN



MONITORING PEMBUATAN BENDA UJI

| | |
|--|-----------------------|
| Hari / Tanggal = | Selasa / 23-Sept-2008 |
| Jenis tanah = | Kaoline murni |
| Tegangan preloading (P_c) = | 200 kPa |
| Alat untuk preloading = | Rowe Cell |
| Kode sampel = | # 2 - A |
| Kadar air renc. Sblm. preloading (w_o) = | 100 % |
| Ukuran cetakan : | ϕ = 15.2 cm |
| | H = 17.8 cm |
| Kondisi sebelum preloading : | |
| (a) Volume cetakan (can) = | 79.20 cm ³ |
| (b) Berat cetakan = | 9.40 gr |
| (c) Berat cetakan + wet soil = | 122.95 gr |
| (d) Berat cetakan + dry soil = | 67.42 gr |

| | |
|--|---|
| Kadar air aktual $w_{act} \rightarrow (c-d)/(d-b) =$ | 95.71 % |
| $\gamma_{wet} \rightarrow (c-b)/a =$ | 1.434 gr/cm ³ |
| $\gamma_{dry} \rightarrow \gamma_{wet}/(1+w_{act}) =$ | 0.733 gr/cm ³ |
| Specific Gravity (GS) = | 2.598 |
| $V_w \rightarrow (\gamma_{wet}-\gamma_{dry})/\gamma_w =$ | 0.701 cm ³ /cm ³ sampel |
| $V_s \rightarrow \gamma_{dry}/(GS \times \gamma_w) =$ | 0.282 cm ³ /cm ³ sampel |
| $V_v \rightarrow 1-V_s =$ | 0.718 cm ³ /cm ³ sampel |
| Derajat kejenuhan (DS) $\rightarrow V_w/V_v =$ | 0.976 |
| Angka pori (e) $\rightarrow V_v/V_s =$ | 2.546 |
| Porositas (n) $\rightarrow V_v/V =$ | 0.718 |

| Waktu | Waktu Berjalan | | | | Elevasi Sampel | | | Penurunan | Kecepatan Penurunan | | | | Kec. Penurunan (v) | Catatan | |
|-----------|----------------|----------|-------|--------|----------------|----------|-------------|----------------|--------------------------|-----------------------|-------|---------|--------------------|-----------|--|
| | (hari) | (jam) | (jam) | (hari) | (1/hari) | Elev.(H) | Bacaan Dial | (ΔH) | Penurunan (Δh) | Durasi (Δt) | | | | | |
| | | | | | | (mm) | (div) | (mm) | (mm) | (div) | (mm) | (detik) | (hari) | (mm/hari) | |
| 23-Sep-08 | 10:56 | 0:00:00 | 0.000 | ~ | 94.50 | - | - | 0 | - | - | - | - | - | - | |
| (Selasa) | 11:11 | 0:15:00 | 0.010 | 96 | 78.80 | - | - | -15.70 | 50 | 0.50 | 51.50 | 0.0006 | 838.835 | | |
| | 11:26 | 0:30:00 | 0.021 | 48 | 71.45 | - | - | -23.05 | 50 | 0.50 | 73.50 | 0.0009 | 587.755 | | |
| | 11:56 | 1:00:00 | 0.042 | 24 | 60.05 | 20 | 0.20 | -34.45 | 10 | 0.10 | 21.30 | 0.0002 | 405.634 | | |
| | 12:26 | 1:30:00 | 0.063 | 16 | 55.15 | 510 | 5.10 | -39.35 | 5 | 0.05 | 32.98 | 0.0004 | 130.988 | | |
| | 12:56 | 2:00:00 | 0.083 | 12.000 | 53.27 | 698 | 6.98 | -41.23 | 2 | 0.02 | 29.28 | 0.0003 | 59.016 | | |
| | 13:57 | 3:01:00 | 0.126 | 7.956 | 52.33 | 792 | 7.92 | -42.17 | - | 0.94 | - | 0.0424 | 22.190 | | |
| | 15:00 | 4:04:00 | 0.169 | 5.902 | 52.14 | 811 | 8.11 | -42.36 | - | 0.19 | - | 0.0438 | 4.343 | | |
| | 16:00 | 5:04:00 | 0.211 | 4.737 | 52.08 | 817 | 8.17 | -42.42 | - | 0.06 | - | 0.0417 | 1.440 | | |
| 24-Sep-08 | 12:00 | 25:04:00 | 1.044 | 0.957 | 51.40 | 885 | 8.85 | -43.10 | - | 0.68 | - | 0.8333 | 0.816 | | |
| (Rabu) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-Sep-08 | 14:20 | 51:24:00 | 2.142 | 0.467 | 51.27 | 898 | 8.98 | -43.23 | - | 0.13 | - | 1.0972 | 0.118 | | |
| (Kamis) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26-Sep-08 | 9:43 | 70:47:00 | 2.949 | 0.339 | 51.25 | 900 | 9.00 | -43.25 | - | 0.02 | - | 0.8076 | 0.025 | | |
| (Jumat) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27-Sep-08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Sabtu) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28-Sep-08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Minggu) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29-Sep-08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Senin) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30-Sep-08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Selasa) | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|-----------------|
| Kadar air aktual setelah preloading (w_c) : | |
| (a) Berat can = | 8.76 gr |
| (b) Berat can + wet soil = | 91.52 gr |
| (c) Berat can + dry soil = | 62.40 gr |
| $w_c \rightarrow (b-c)/(c-a) =$ | 54.29 % |
| Kondisi setelah preloading : | |
| (a) Volume cetakan = | cm ³ |
| (b) Berat cetakan = | gr |
| (c) Berat cetakan + wet soil = | gr |
| (d) Berat cetakan + dry soil = | gr |

| | |
|--|---|
| Kadar air $w_c \rightarrow (c-d)/(d-b) =$ | #DIV/0! % |
| $\gamma_{wet} \rightarrow (c-b)/a =$ | #DIV/0! gr/cm ³ |
| $\gamma_{dry} \rightarrow \gamma_{wet}/(1+w_c) =$ | #DIV/0! gr/cm ³ |
| Specific Gravity (GS) = | 2.598 |
| $V_w \rightarrow (\gamma_{wet}-\gamma_{dry})/\gamma_w =$ | #DIV/0! cm ³ /cm ³ sampel |
| $V_s \rightarrow \gamma_{dry}/(GS \times \gamma_w) =$ | #DIV/0! cm ³ /cm ³ sampel |
| $V_v \rightarrow 1-V_s =$ | #DIV/0! cm ³ /cm ³ sampel |
| Derajat kejenuhan (DS) $\rightarrow V_w/V_v =$ | #DIV/0! |
| Angka pori (e) $\rightarrow V_v/V_s =$ | #DIV/0! |
| Porositas (n) $\rightarrow V_v/V =$ | #DIV/0! |

MONITORING PEMBUATAN BENDA UJI

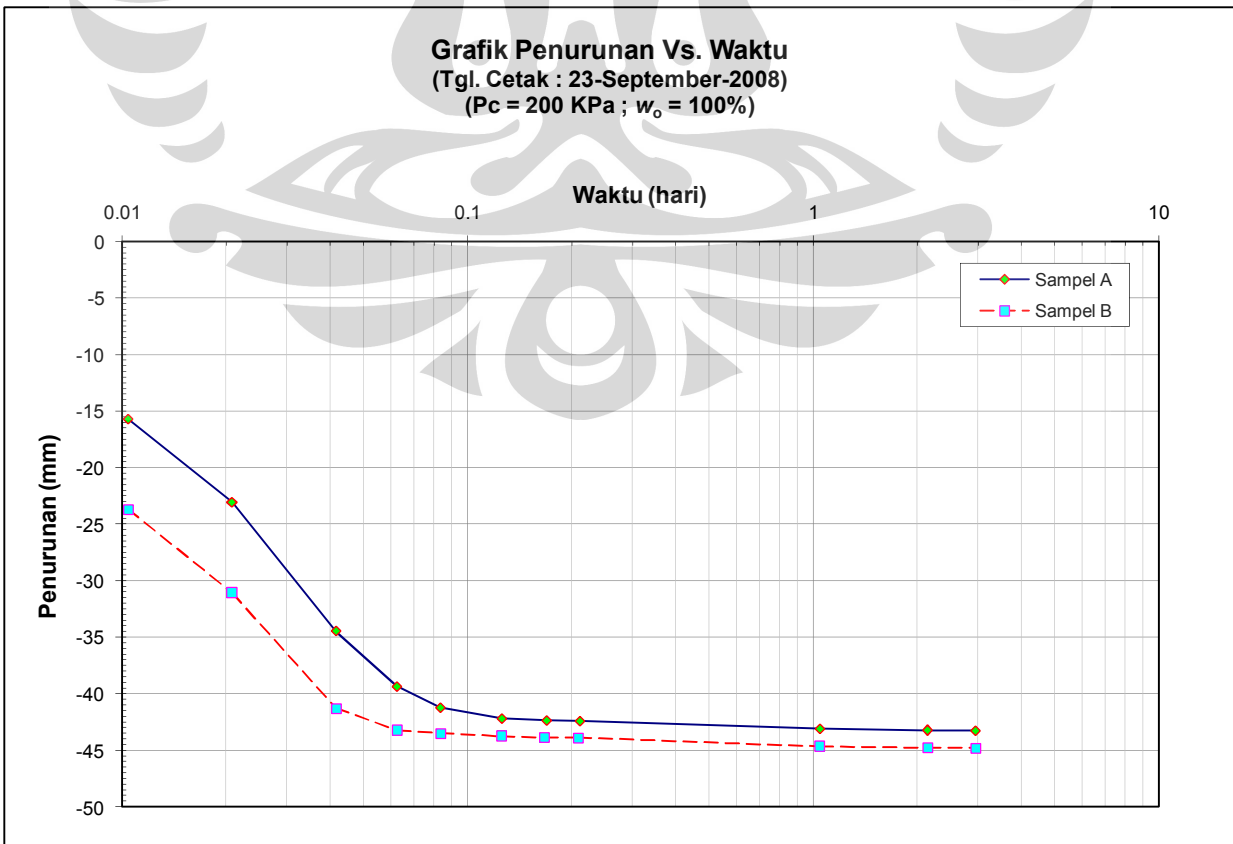
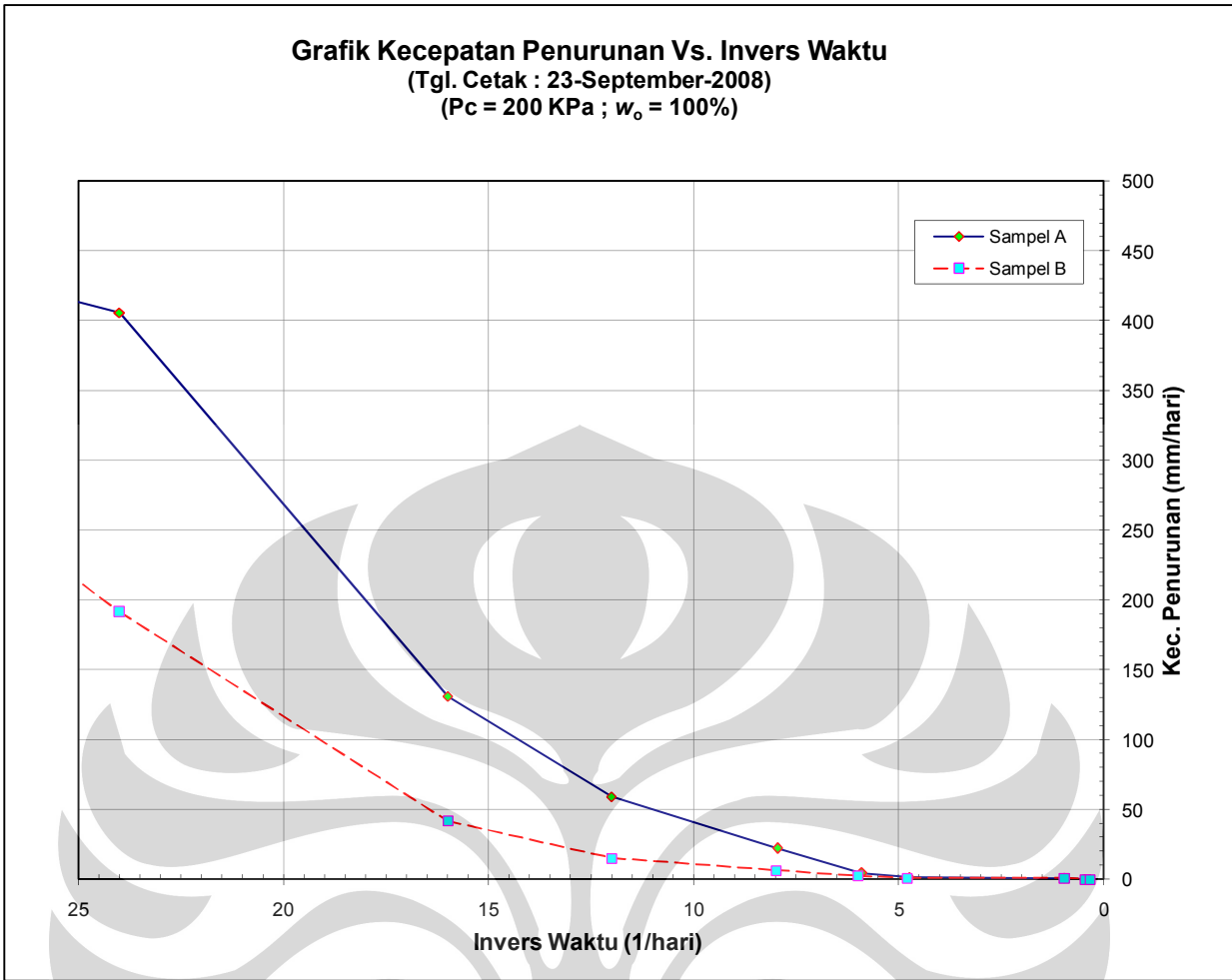
| | |
|--|-----------------------|
| Hari / Tanggal = | Selasa / 23-Sept-2008 |
| Jenis tanah = | Kaoline murni |
| Tegangan preloading (P_c) = | 200 kPa |
| Alat untuk preloading = | Rowe Cell |
| Kode sampel = | # 2 - B |
| Kadar air renc. Sblm. preloading (w_o) = | 100 % |
| Ukuran cetakan : | ϕ = 15.2 cm |
| | H = 17.8 cm |
| Kondisi sebelum preloading : | |
| (a) Volume cetakan (can) = | 79.20 cm ³ |
| (b) Berat cetakan = | 9.40 gr |
| (c) Berat cetakan + wet soil = | 122.95 gr |
| (d) Berat cetakan + dry soil = | 67.42 gr |

| | |
|--|---|
| Kadar air aktual $w_{act} \rightarrow (c-d)/(d-b) =$ | 95.71 % |
| $\gamma_{wet} \rightarrow (c-b)/a =$ | 1.434 gr/cm ³ |
| $\gamma_{dry} \rightarrow \gamma_{wet}/(1+w_{act}) =$ | 0.733 gr/cm ³ |
| Specific Gravity (GS) = | 2.598 |
| $V_w \rightarrow (\gamma_{wet}-\gamma_{dry})/\gamma_w =$ | 0.701 cm ³ /cm ³ sampel |
| $V_s \rightarrow \gamma_{dry}/(GS \times \gamma_w) =$ | 0.282 cm ³ /cm ³ sampel |
| $V_v \rightarrow 1-V_s =$ | 0.718 cm ³ /cm ³ sampel |
| Derajat kejenuhan (DS) $\rightarrow V_w/V_v =$ | 0.976 |
| Angka pori (e) $\rightarrow V_v/V_s =$ | 2.546 |
| Porositas (n) $\rightarrow V_v/V =$ | 0.718 |

| Waktu | Waktu Berjalan | | | | Elevasi Sampel | | | Penurunan | Kecepatan Penurunan | | | | Kec. Penurunan (v) | Catatan | |
|-----------|----------------|----------|-------|--------|----------------|----------|-------------|----------------|--------------------------|-----------------------|------|---------|--------------------|-----------|--|
| | (hari) | (jam) | (jam) | (hari) | (1/hari) | Elev.(H) | Bacaan Dial | (ΔH) | Penurunan (Δh) | Durasi (Δt) | | | | | |
| | | | | | | (mm) | (div) | (mm) | (mm) | (div) | (mm) | (detik) | (hari) | (mm/hari) | |
| 23-Sep-08 | 11:00 | 0:00:00 | | 0.000 | ~ | 94.00 | 43 | 0.43 | 0 | - | - | - | - | - | |
| (Selasa) | 11:15 | 0:15:00 | | 0.010 | 96 | 70.33 | 2410 | 24.10 | -23.67 | 50 | 0.50 | 44.10 | 0.0005 | 979.592 | |
| | 11:30 | 0:30:00 | | 0.021 | 48 | 62.93 | 3150 | 31.50 | -31.07 | 50 | 0.50 | 60.30 | 0.0007 | 716.418 | |
| | 12:00 | 1:00:00 | | 0.042 | 24 | 52.73 | 4170 | 41.70 | -41.27 | 10 | 0.10 | 45.10 | 0.0005 | 191.574 | |
| | 12:30 | 1:30:00 | | 0.063 | 16 | 50.77 | 4366 | 43.66 | -43.23 | 2 | 0.02 | 41.11 | 0.0005 | 42.034 | |
| | 13:00 | 2:00:00 | | 0.083 | 12 | 50.53 | 4390 | 43.90 | -43.47 | 1 | 0.01 | 56.86 | 0.0007 | 15.195 | |
| | 14:00 | 3:00:00 | | 0.125 | 8 | 50.26 | 4417 | 44.17 | -43.74 | - | 0.27 | - | 0.0417 | 6.480 | |
| | 15:00 | 4:00:00 | | 0.167 | 6 | 50.15 | 4428 | 44.28 | -43.85 | - | 0.11 | - | 0.0417 | 2.640 | |
| | 16:00 | 5:00:00 | | 0.208 | 4.8 | 50.11 | 4432 | 44.32 | -43.89 | - | 0.04 | - | 0.0417 | 0.960 | |
| 24-Sep-08 | 12:00 | 25:00:00 | | 1.042 | 0.960 | 49.35 | 4508 | 45.08 | -44.65 | - | 0.76 | - | 0.8333 | 0.912 | |
| (Rabu) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25-Sep-08 | 14:20 | 51:20:00 | | 2.139 | 0.468 | 49.25 | 4518 | 45.18 | -44.75 | - | 0.10 | - | 1.0972 | 0.091 | |
| (Kamis) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26-Sep-08 | 9:43 | 70:43:00 | | 2.947 | 0.339 | 49.23 | 4520 | 45.20 | -44.77 | - | 0.02 | - | 0.8076 | 0.025 | |
| (Jumat) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27-Sep-08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Sabtu) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28-Sep-08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Minggu) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29-Sep-08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Senin) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30-Sep-08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Selasa) | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|-----------------|
| Kadar air aktual setelah preloading (w_c) : | |
| (a) Berat can = | gr |
| (b) Berat can + wet soil = | gr |
| (c) Berat can + dry soil = | gr |
| $w_c \rightarrow (b-c)/(c-a) =$ | #DIV/0! % |
| Kondisi setelah preloading : | |
| (a) Volume cetakan = | cm ³ |
| (b) Berat cetakan = | gr |
| (c) Berat cetakan + wet soil = | gr |
| (d) Berat cetakan + dry soil = | gr |

| | |
|--|---|
| Kadar air $w_c \rightarrow (c-d)/(d-b) =$ | #DIV/0! % |
| $\gamma_{wet} \rightarrow (c-b)/a =$ | #DIV/0! gr/cm ³ |
| $\gamma_{dry} \rightarrow \gamma_{wet}/(1+w_c) =$ | #DIV/0! gr/cm ³ |
| Specific Gravity (GS) = | 2.598 |
| $V_w \rightarrow (\gamma_{wet}-\gamma_{dry})/\gamma_w =$ | #DIV/0! cm ³ /cm ³ sampel |
| $V_s \rightarrow \gamma_{dry}/(GS \times \gamma_w) =$ | #DIV/0! cm ³ /cm ³ sampel |
| $V_v \rightarrow 1-V_s =$ | #DIV/0! cm ³ /cm ³ sampel |
| Derajat kejenuhan (DS) $\rightarrow V_w/V_v =$ | #DIV/0! |
| Angka pori (e) $\rightarrow V_v/V_s =$ | #DIV/0! |
| Porositas (n) $\rightarrow V_v/V =$ | #DIV/0! |



LAMPIRAN C

PENGUJIAN KONSOLIDASI

C – 1

KONSOLIDASI KONVENSIONAL



**LABORATORIUM TANAH**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION TEST (Time - compression data)

Project : KAOLIN + water 100% Sample No. : 1
 Location of Project : Sipil FTUI Boring No. : -
 Description of Soil : Pure Kaolin Depth of Sample : 2 kg/cm²
 Tested By : Kaolin Team Date of Testing : 24/09/2008

Sample Data

Initial sample vol. Vi = 65.0229 Dry wt. of soil solids, Ws = 66.550 gram
 Specific gravity of soil, Gs = 2.598 Ht. of solids, Hs = 0.808 cm
 Initial ht. of voids, Hv = 1.243 cm Initial Void ratio, ei = 1.538

| Load Kg | Def. dial reading at end of load. ^a cm | Change in sample ht., ΔH , cm | Change in void ratio $\Delta e = \Delta H/H_s$ | Inst. Void raio e | Average ^b ht. for Load cm | HS cm | Time ^b for 90% consol t_{90} | Coeff. Of consol. Cv, cm ² /min |
|------------|--|--|--|-------------------------|--|----------|---|---|
| 0 | 0.0141 | 0.0000 | 0.0000 | 1.5384 | 2.0510 | 1.0255 | 0.0000 | 0.0000 |
| 1 | 0.0440 | 0.0299 | 0.0370 | 1.5014 | 2.0361 | 1.0180 | 0.9409 | 0.9340 |
| 2 | 0.0726 | 0.0286 | 0.0354 | 1.4660 | 2.0367 | 1.0184 | 1.1881 | 0.7402 |
| 4 | 0.1208 | 0.0482 | 0.0597 | 1.4063 | 2.0269 | 1.0135 | 1.7689 | 0.4924 |
| 8 | 0.1930 | 0.0722 | 0.0894 | 1.3170 | 2.0149 | 1.0075 | 2.8224 | 0.3049 |
| 16 | 0.3028 | 0.1098 | 0.1359 | 1.1811 | 1.9961 | 0.9981 | 3.5721 | 0.2365 |
| 32 | 0.4145 | 0.1117 | 0.1382 | 1.0428 | 1.9952 | 0.9976 | 4.0401 | 0.2089 |
| 16 | 0.0000 | 0.4145 | 0.5130 | 1.5558 | - | - | - | - |
| 8 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.5558 | - | - | - | - |
| 4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.5558 | - | - | - | - |
| 1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.5558 | - | - | - | - |
| 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.5558 | - | - | - | - |

^aFinal dial reading of precedi^bAverage ht. for load increment = Ht. at beginning of Load - 1/2 ΔH .^cH == Length of longest drainage path; for floating ring consolidation = 1/2 average ht. for the given load increment.^dFrom the dial reading vs log t curves.



LABORATORIUM TANAH

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

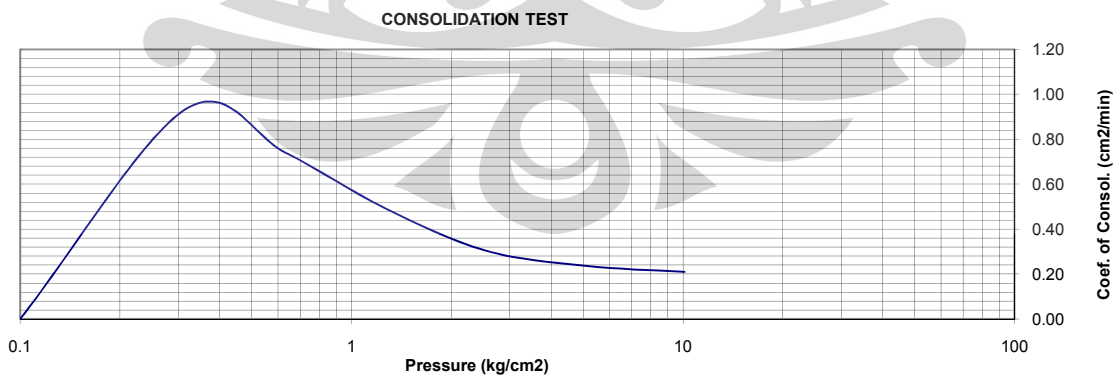
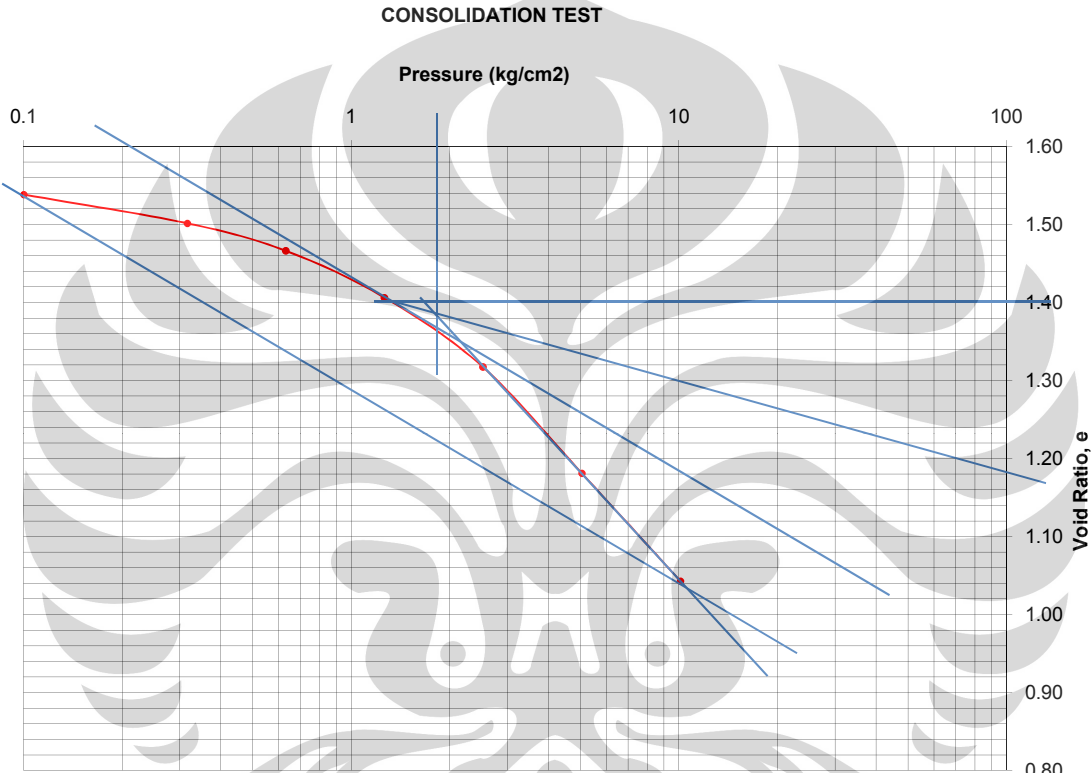
Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION TEST (Time - compression data)

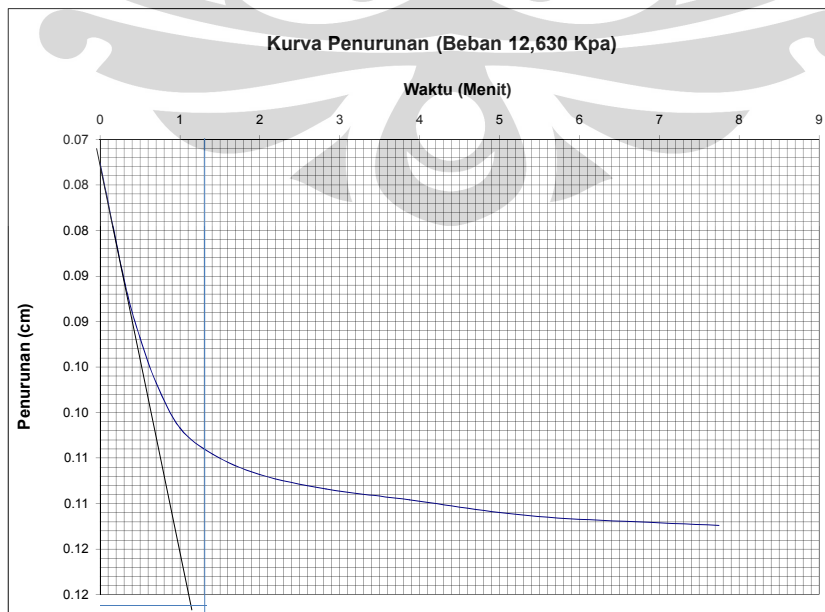
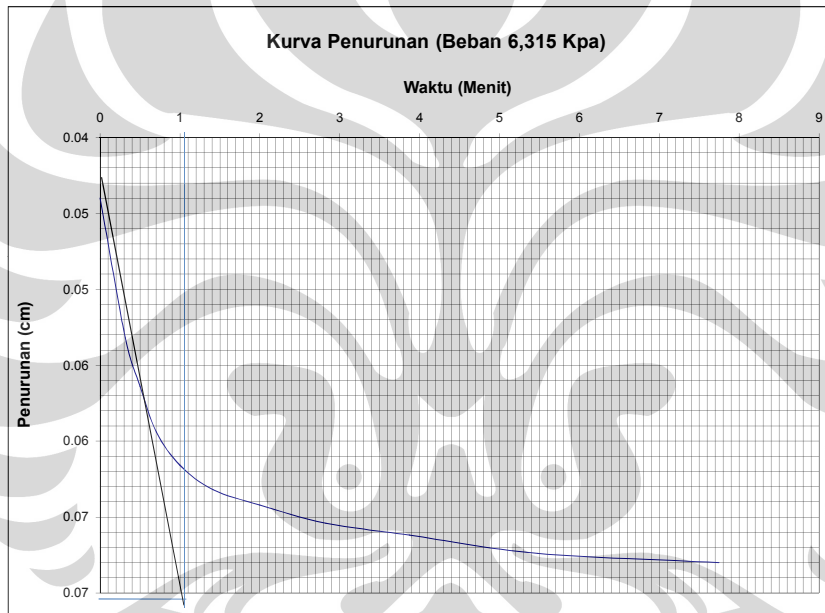
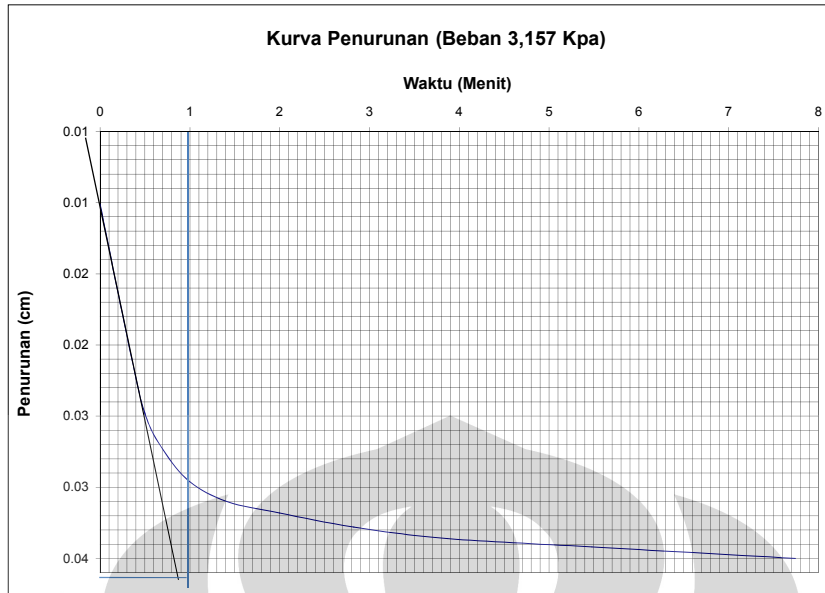
Project : KAOLIN + water 100%
Location of Project : Sipil FTUI
Description of Soil : Pure Kaolin
Tested By : Kaolin Team

Sample No. : 1
Boring No. : -
Depth of Sample : 2 kg/cm2
Date of Testing : 24/09/2008

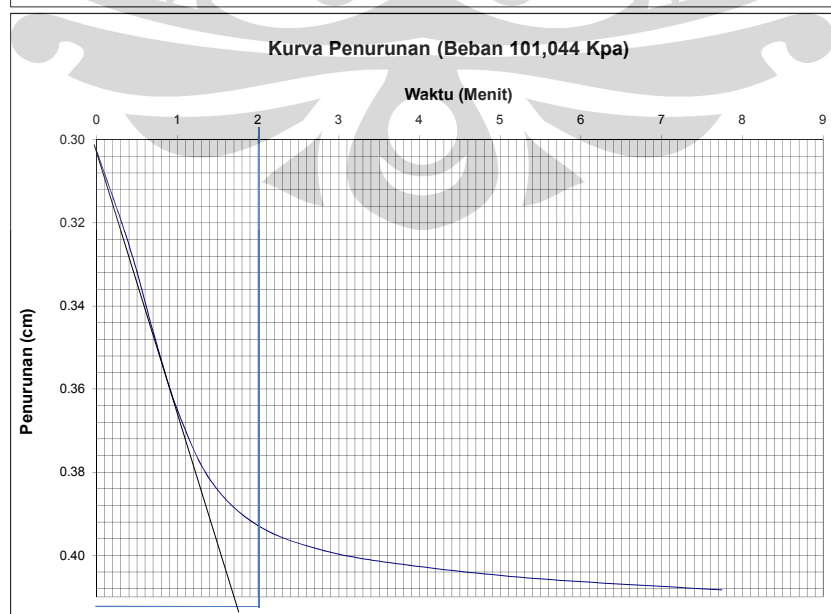
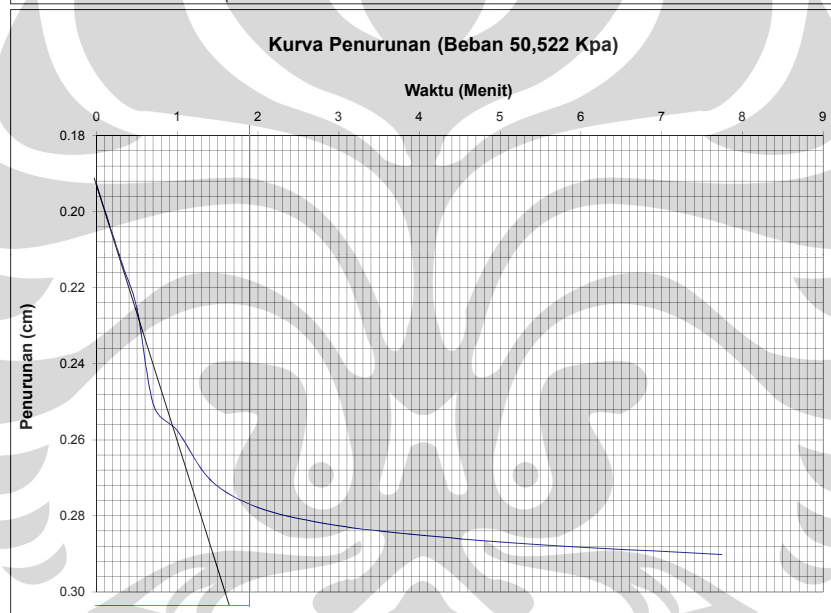
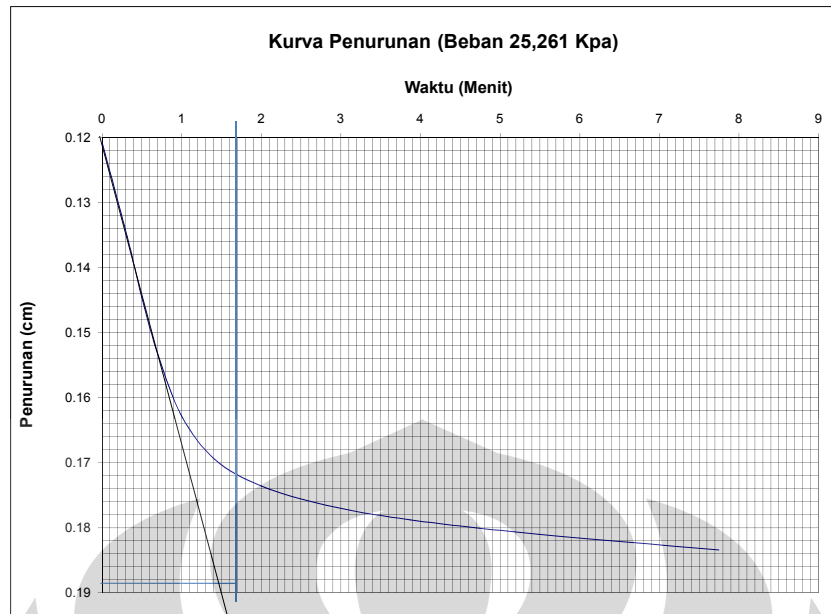
| | | | | | |
|------|------------------------|------|----------|------|--------|
| Eo = | 1.5384 | mv = | 0.016381 | W = | 46.27% |
| Po = | 2.0 Kg/cm ² | Cr = | 0.274217 | Gs = | 2.598 |
| Pc = | 1.8 Kg/cm ² | Cc = | 0.425659 | Sr = | 1.1526 |



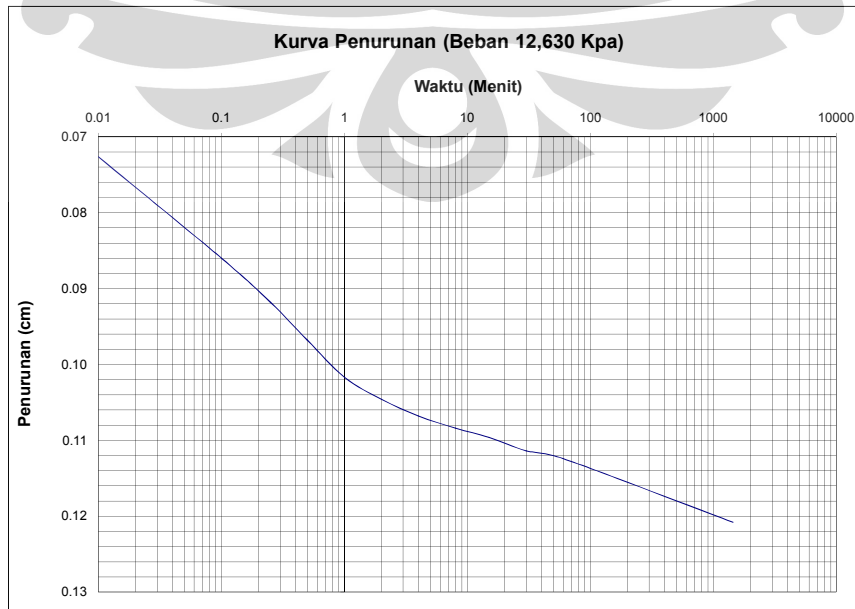
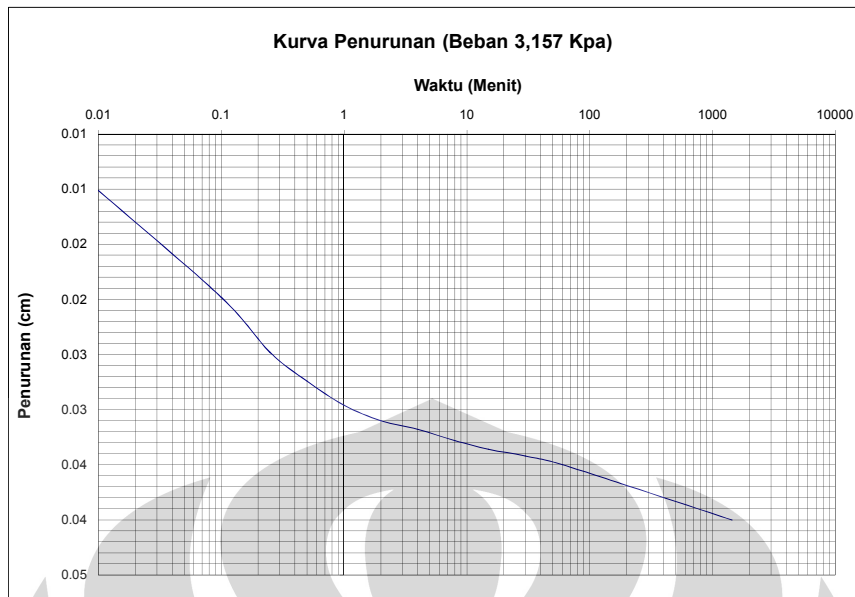
KURVA PENURUNAN METODE AKAR WAKTU



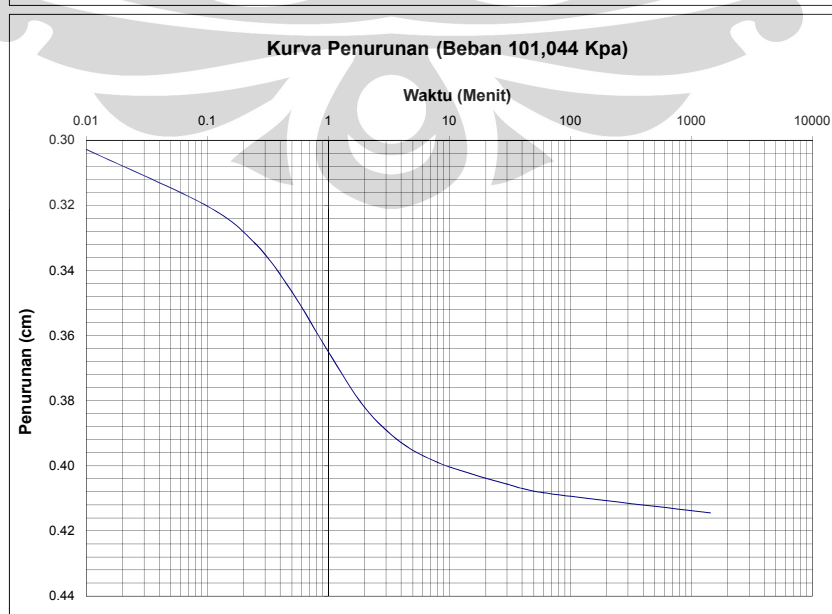
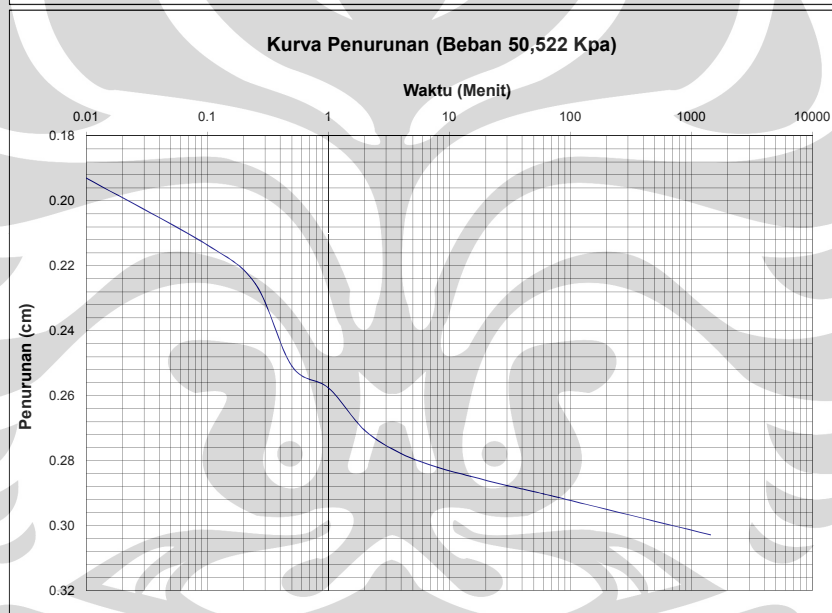
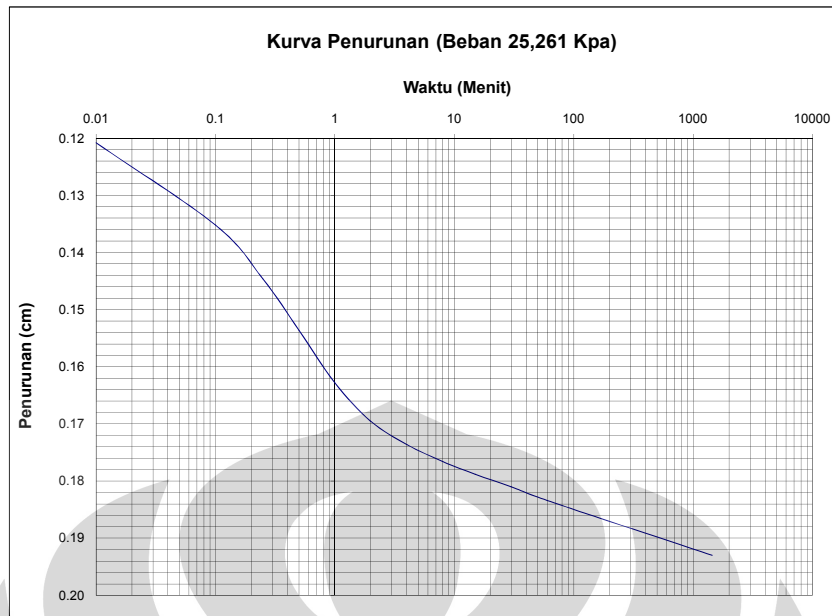
KURVA PENURUNAN METODE AKAR WAKTU



KURVA PENURUNAN LOGARITMA WAKTU



KURVA PENURUNAN LOGARITMA WAKTU





LABORATORIUM TANAH

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION TEST (Time - compression data)

| | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|
| Project | : KAOLIN + water 100% | Sample No. | : 2 |
| Location of Project | : Sipil FTUI | Boring No. | : - |
| Description of Soil | : Pure Kaolin | Depth of Sample | : 2 kg/cm ² |
| Tested By | : Kaolin Team | Date of Testing | : 24/09/2008 |

Sample Data

| | | | |
|------------------------------|------------|----------------------------|---------------|
| Initial sample vol. Vi | = 60.7055 | Dry wt. of soil solids, Ws | = 68.410 gram |
| Specific gravity of soil, Gs | = 2.598 | Ht. of solids, Hs | = 0.844 cm |
| Initial ht. of voids, Hv | = 1.101 cm | Initial Void ratio, ei | = 1.305 |

| Load Kg | Def. dial reading at end of load. ^a cm | Change in sample ht., ΔH, cm | Change in void ratio Δe = ΔH/Hs | Inst. Void raio e | Average ^b ht. for Load cm | HS cm | Time ^b for 90% consol t ₉₀ | Coeff. Of consol. Cv, cm ² /min |
|------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--|----------|--|---|
| 0 | 0.0117 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3054 | 1.9450 | 0.9725 | 0.0000 | 0.0000 |
| 1 | 0.0373 | 0.0256 | 0.0303 | 1.2751 | 1.9322 | 0.9661 | 0.7744 | 1.0221 |
| 2 | 0.0914 | 0.0541 | 0.0641 | 1.2109 | 1.9180 | 0.9590 | 0.8464 | 0.9214 |
| 4 | 0.1479 | 0.0565 | 0.0670 | 1.1440 | 1.9168 | 0.9584 | 1.4884 | 0.5233 |
| 8 | 0.2175 | 0.0696 | 0.0825 | 1.0615 | 1.9102 | 0.9551 | 2.8900 | 0.2677 |
| 16 | 0.3217 | 0.1042 | 0.1235 | 0.9380 | 1.8929 | 0.9465 | 4.8841 | 0.1555 |
| 32 | 0.4321 | 0.1104 | 0.1309 | 0.8071 | 1.8898 | 0.9449 | 5.5225 | 0.1371 |
| 16 | 0.0000 | 0.4321 | 0.5122 | 1.3193 | - | - | - | - |
| 8 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3193 | - | - | - | - |
| 4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3193 | - | - | - | - |
| 1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3193 | - | - | - | - |
| 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3193 | - | - | - | - |

^aFinal dial reading of precedi

^bAverage ht. for load increment = Ht. at beginning of Load - 1/2 ΔH.

^cH == Length of longest drainage path; for floating ring consolidation = 1/2 average ht. for the given load increment.

^dFrom the dial reading vs log t curves.



LABORATORIUM TANAH

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

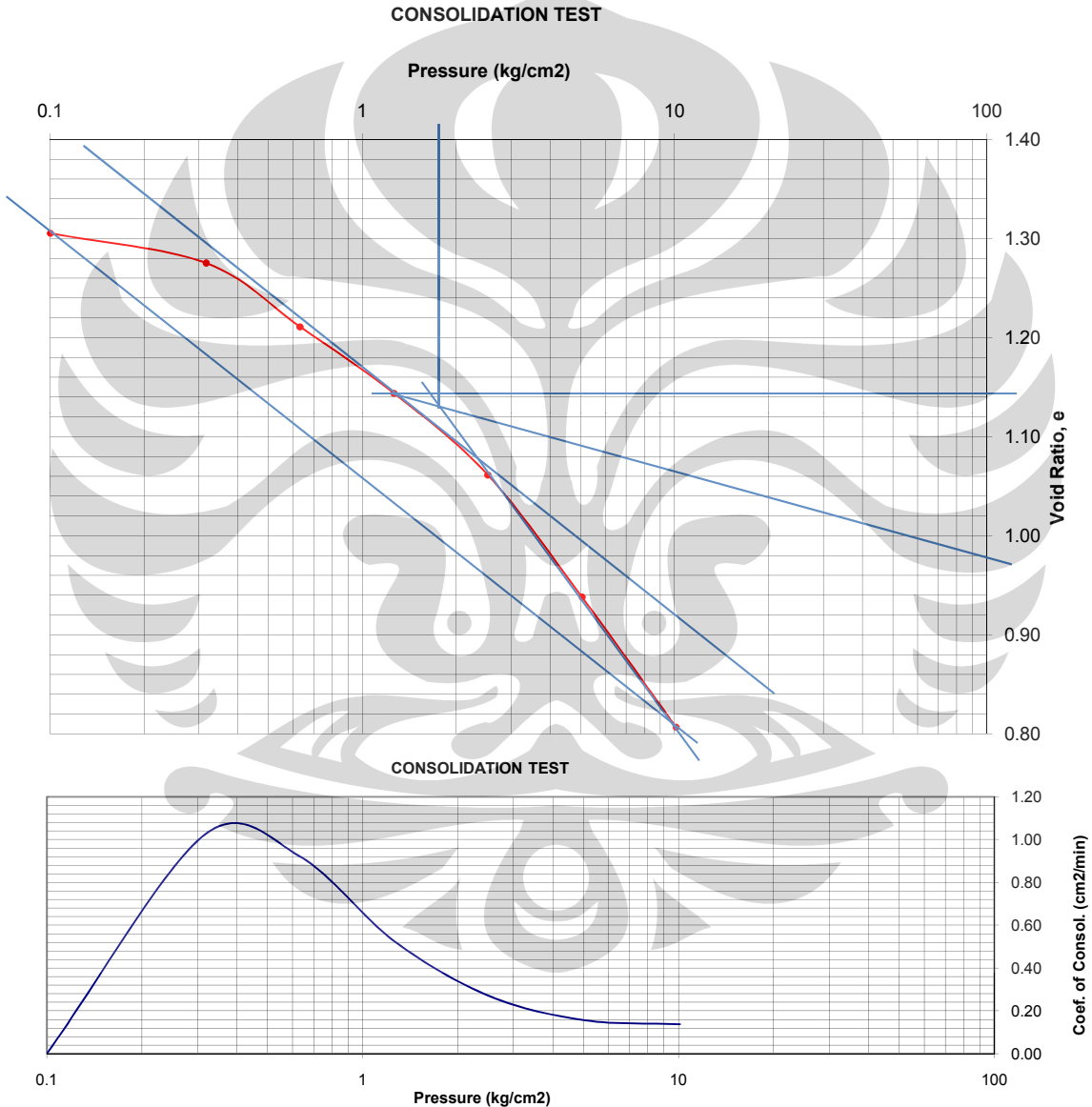
Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION TEST (Time - compression data)

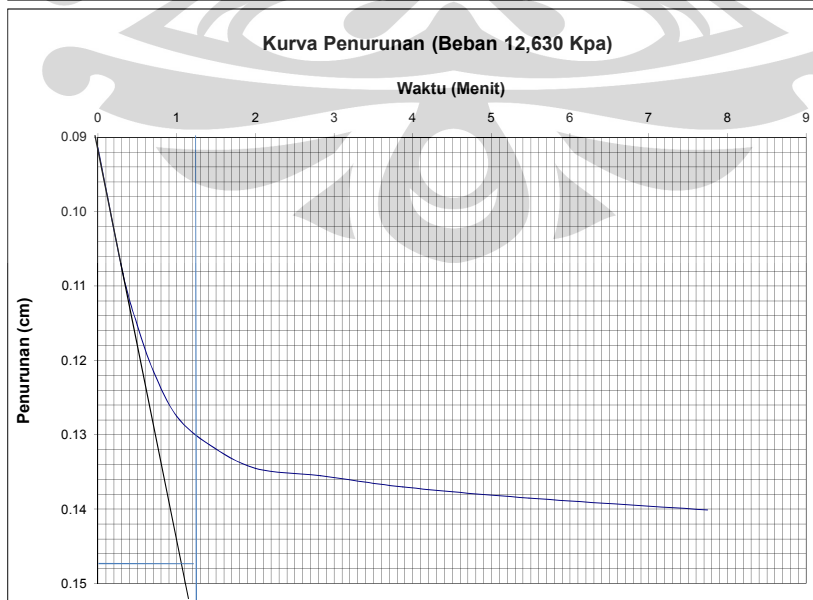
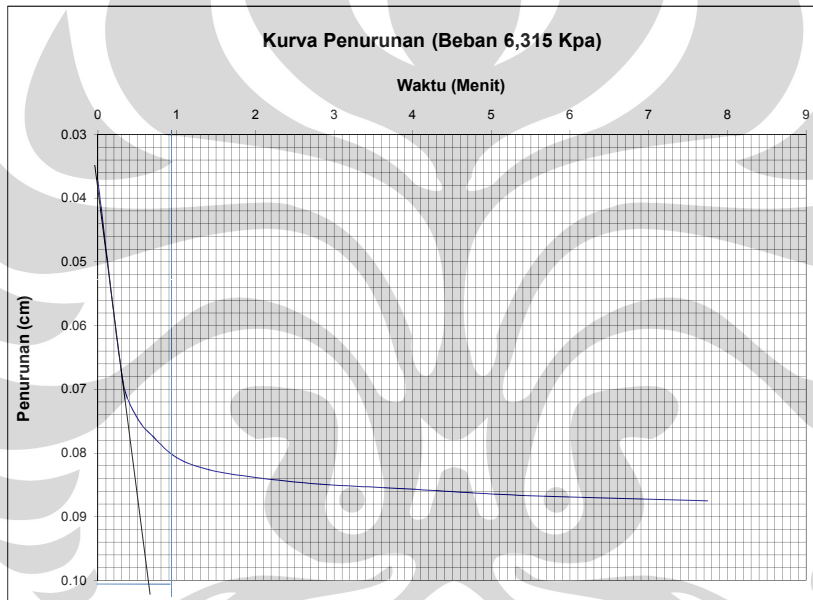
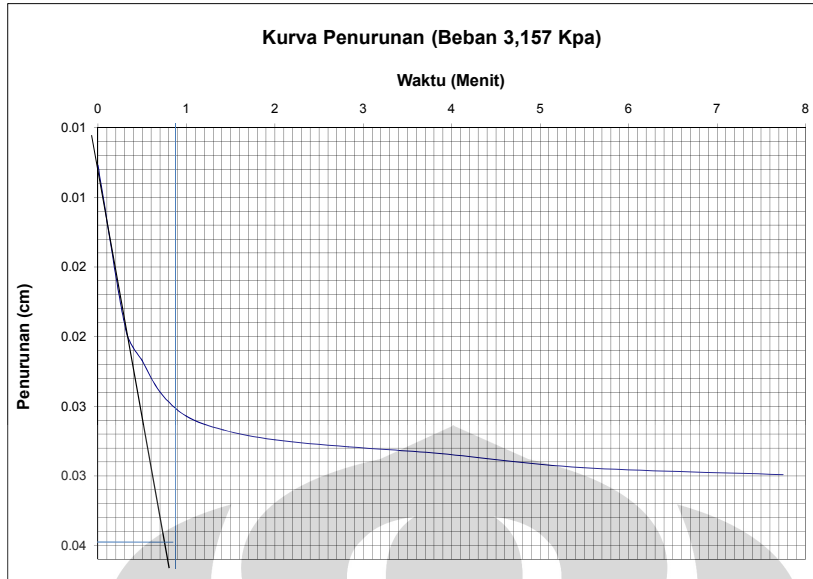
Project : KAOLIN + water 100%
Location of Project : Sipil FTUI
Description of Soil : Pure Kaolin
Tested By : Kaolin Team

Sample No. : 2
Boring No. : -
Depth of Sample : 2 kg/cm²
Date of Testing : 24/09/2008

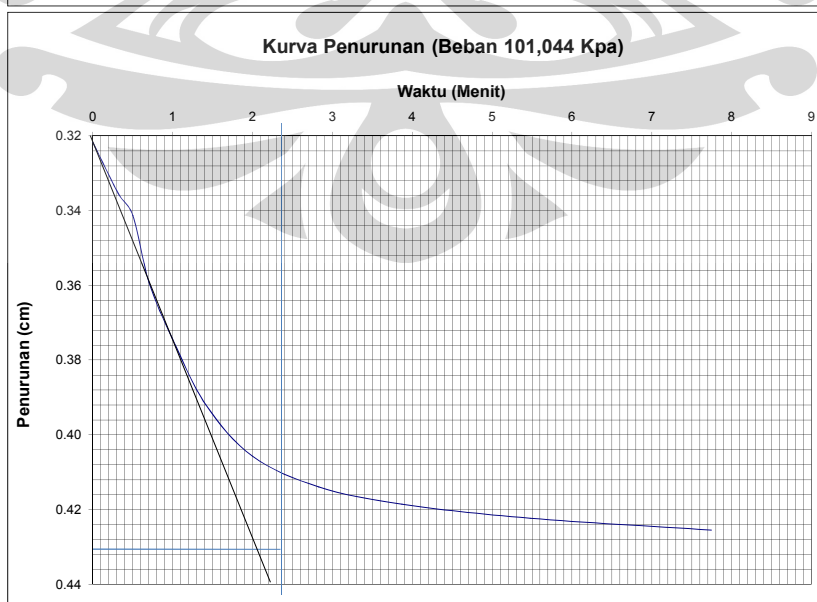
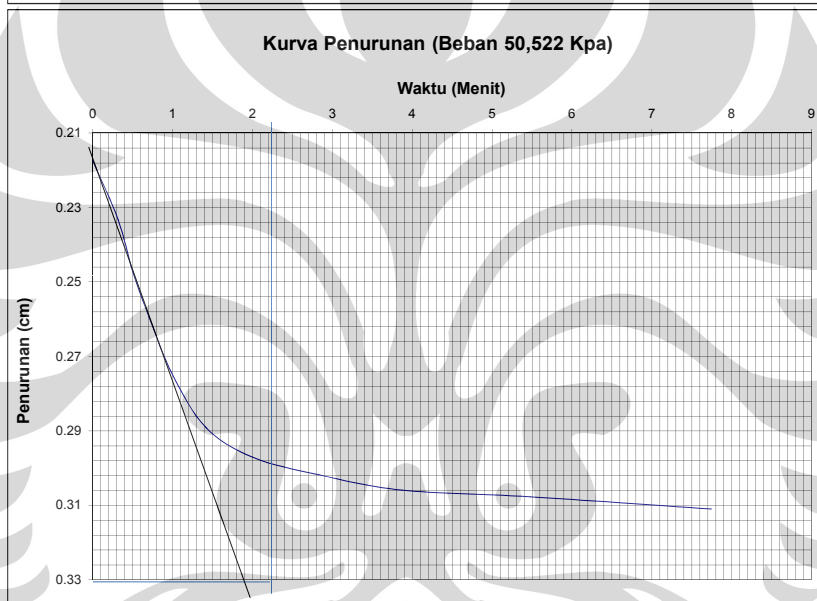
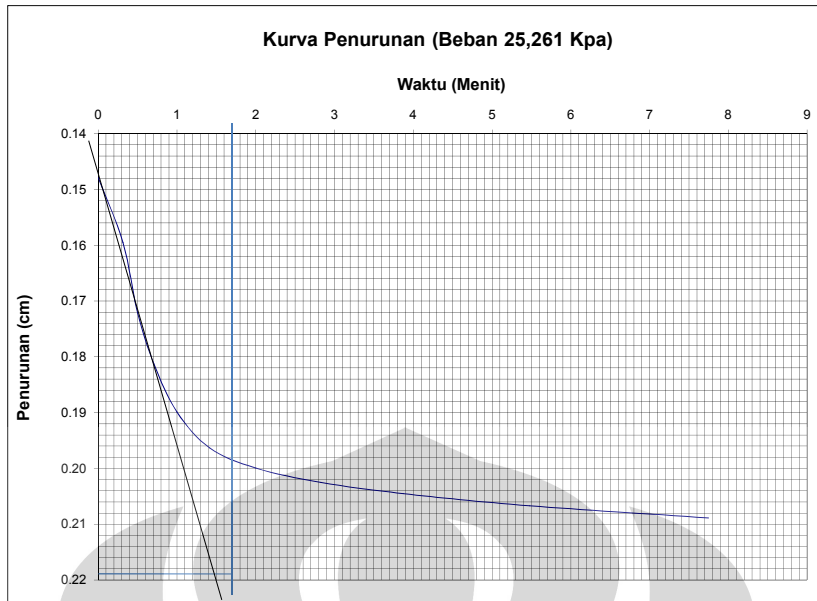
| | | | | | |
|------------------|------------------------|------------------|----------|------------------|--------|
| E _o = | 1.3054 | m _v = | 0.017015 | W = | 43.09% |
| P _o = | 2.0 Kg/cm ² | Cr = | 0.243125 | G _s = | 2.598 |
| P _c = | 1.8 Kg/cm ² | C _c = | 0.393432 | S _r = | 1.3871 |



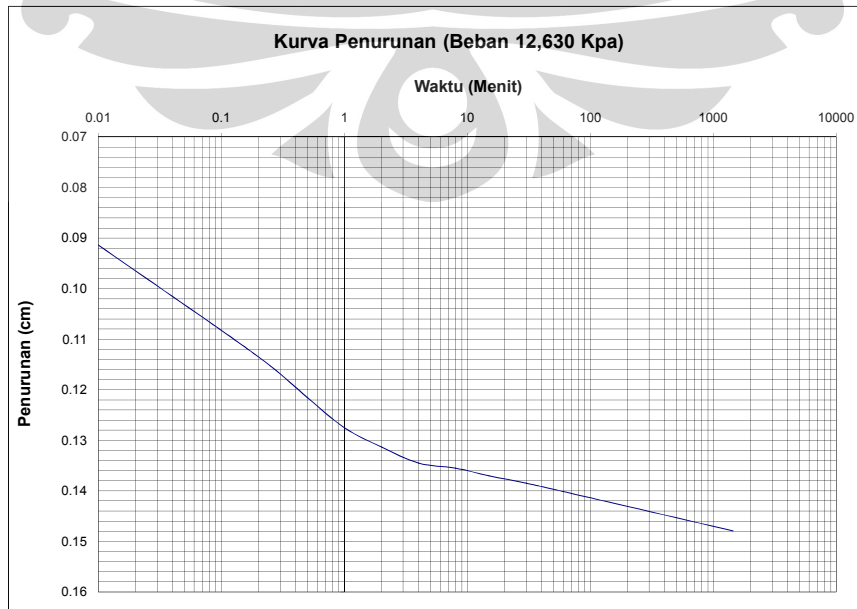
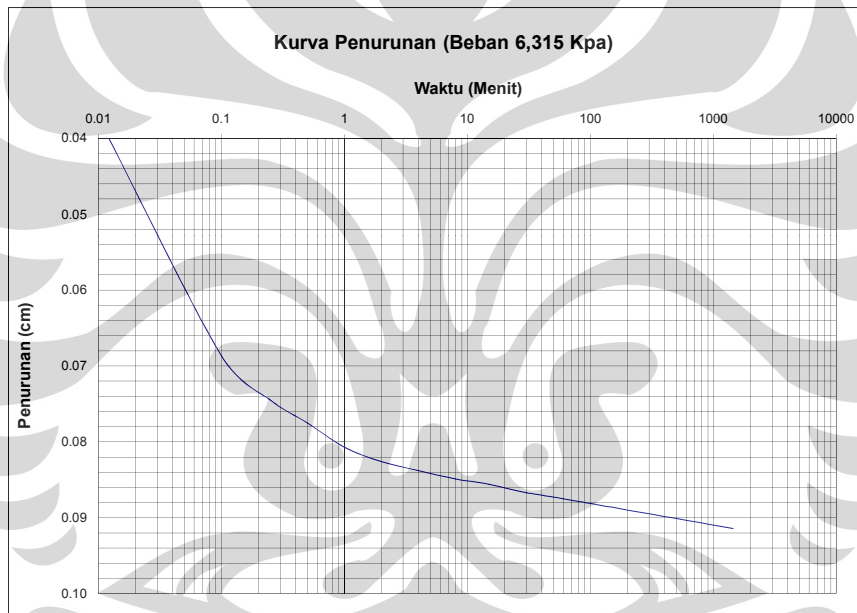
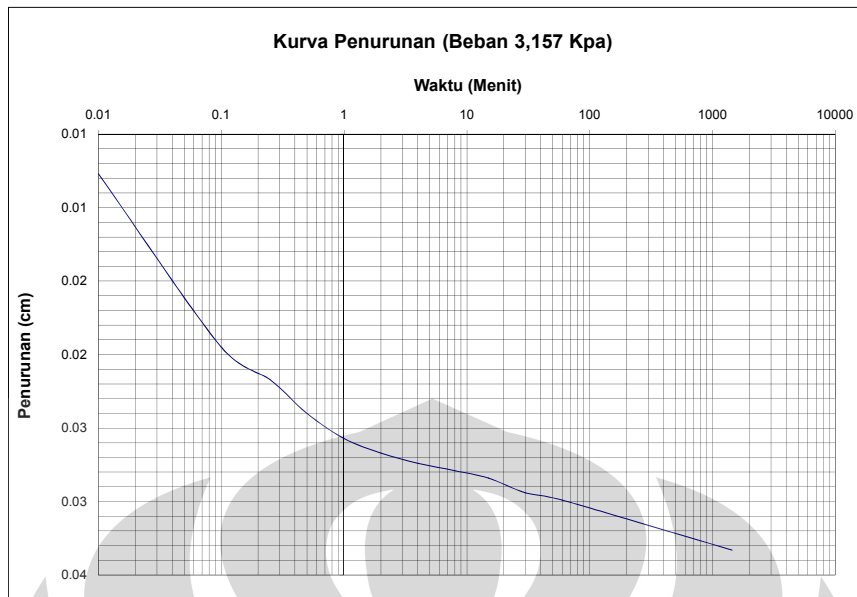
KURVA PENURUNAN METODE AKAR WAKTU



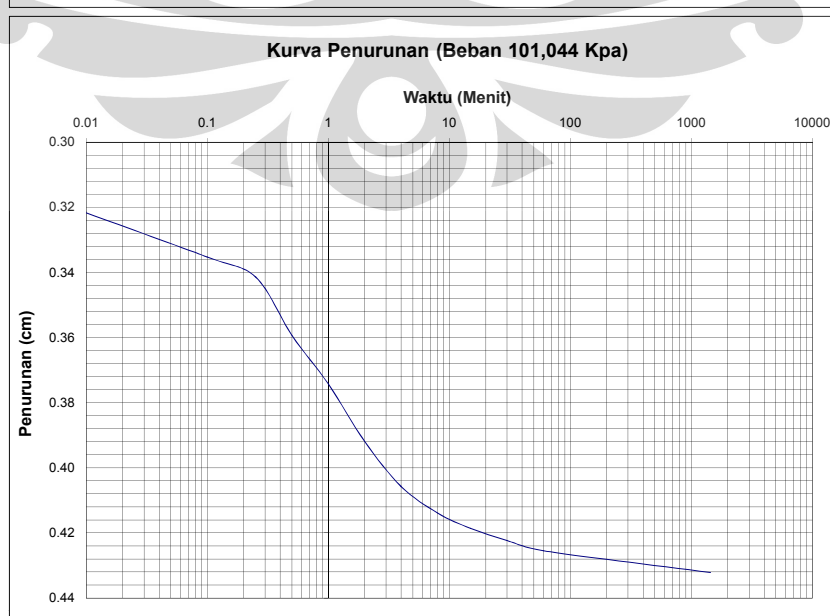
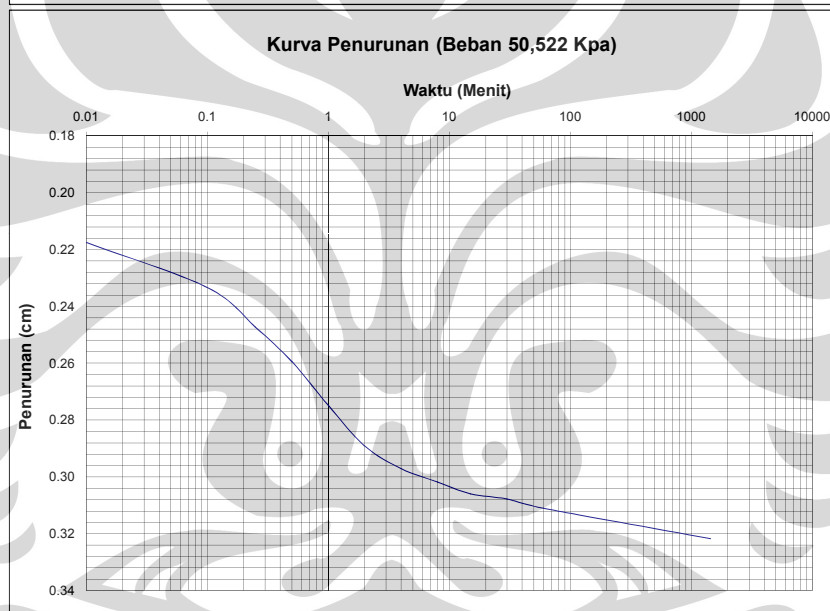
KURVA PENURUNAN METODE AKAR WAKTU



KURVA PENURUNAN LOGARITMA WAKTU



KURVA PENURUNAN LOGARITMA WAKTU



Contoh Perhitungan**Data Percobaan Awal**

$$\text{Diameter ring } (D) = 6,335 \text{ cm}$$

$$\text{Luas ring } (A) = 31,703 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tinggi ring } (Ht) = 2,051 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi sampel } (Hi) = 2,051 \text{ cm}$$

$$\text{Harga Spesific Gravity } (Gs) = 2,598$$

$$\text{Berat (tanah + ring) awal} = 167,97 \text{ gr}$$

$$\text{Berat ring} = 60,24 \text{ gr}$$

$$\text{Berat tanah basah } (Wt) = 167,97 \text{ gr} - 60,24 \text{ gr} = 107,73 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar air } (Wi) = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\% = \frac{21,6825}{39,3325} \times 100\% = 55,13 \%$$

$$\text{Berat kering tanah } (W's) = \frac{Wt}{1 + Wi} = \frac{107,24}{1 + 0,5513} = 72,28 \text{ gr}$$

$$\text{Berat tanah kering oven } (Ws) = 127,28 \text{ gr} - 60,24 \text{ gr} = 67,04 \text{ gr}$$

$$\text{Tinggi tanah awal } (Ho) = \frac{Ws}{Gs \times A} = \frac{60,24}{2,598 \times 31,703} = 0,808 \text{ m}$$

$$\text{Beda tinggi } (Hv) = Hi - Ho = 2,051 \text{ cm} - 0,808 \text{ cm} = 1,243 \text{ cm}$$

$$\text{Derajat saturasi } (Si) = \frac{Wt - Ws}{Hv \times A} = \frac{107,73 - 72,28}{1,243 \times 31,703} = 1,033$$

$$\text{Void ratio } (e_o) = \frac{Hv}{Ho} = \frac{1,169}{0,836} = 1,538$$

Data Percobaan Akhir

$$\text{Pembacaan awal} = 0,0141 \text{ cm}$$

$$\text{Pembacaan akhir} = 0,4145 \text{ cm}$$

$$\text{Beda tinggi} = 0,4004 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi akhir sampel } (Hvf) = 0,8426 \text{ cm}$$

$$\text{Void ratio akhir } (e_f) = \frac{Hvf}{Ho} = \frac{0,8426}{0,808} = 1,0428$$

$$\text{Kadar air akhir } (Wf) = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\%$$

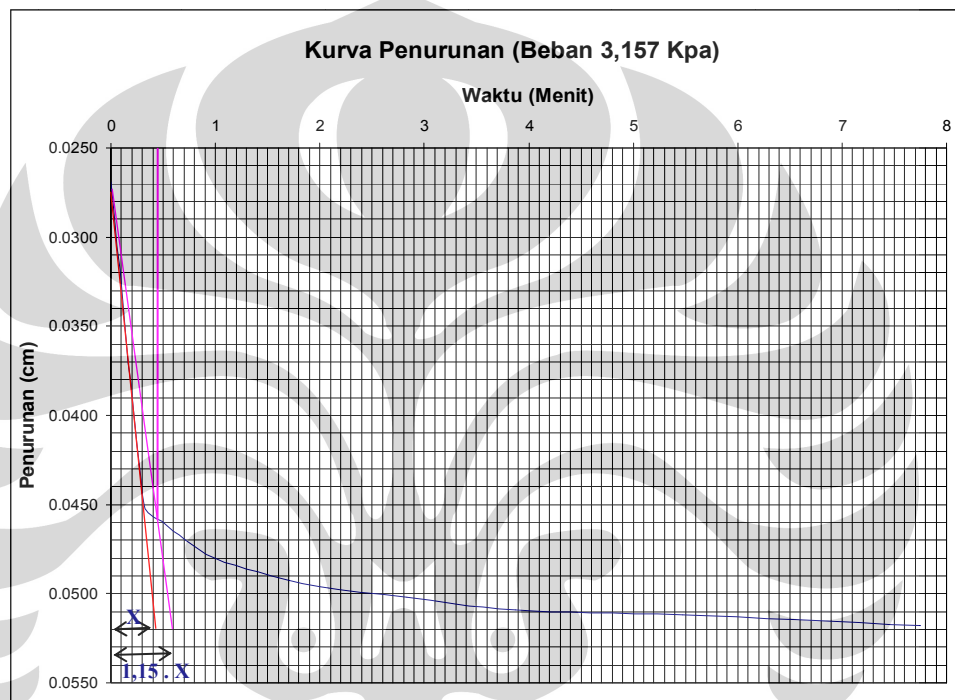
$$= 46,27 \%$$

$$\text{Beda tinggi } (\Delta H) = 0,0440 - 0,0141 = 0,0299 \text{ cm}$$

$$\text{Beda void ratio } (\Delta e) = \frac{\Delta H}{H_s} = \frac{0,0299}{0,808} = 0,037$$

$$\text{Void ratio } (e) = e_o - \Delta e = 1,538 - 0,037 = 1,5384$$

a. Menentukan harga t_{90}



Gambar 4.5. Diagram penurunan terhadap akar waktu pada pembebanan 3,157 kPa

b. Menentukan Koefisien Konsolidasi (C_v)

Rumus yang digunakan adalah :

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

dimana:

Untuk contoh perhitungan diambil beban sebesar 1 kg

$$H = \frac{1}{2} \left(H - \frac{\Delta H}{2} \right) = \frac{1}{2} \left(2,051 - \frac{0,0229}{2} \right) = 1,019775$$

$$t_{90} = (0.97)^2 = 0,9409$$

$$C_v = \frac{0,848H^2}{t_{90}} = 0,9340$$



LAMPIRAN C

PENGUJIAN KONSOLIDASI

C – 2

KONSOLIDASI CRS



**LABORATORIUM TANAH**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION CRS TEST (Time - compression data)

Project : KAOLIN + water 100%
 Location of Project : Sipil FTUI
 Description of Soil : Pure Kaolin
 Tested By : Kaolin Team Test

Sample No. : 1 CRS
 Boring No. : -
 Depth of Sample : 2 kg/cm²
 Date of Testing : 27/11/2008

Sample Data

Ring Diameter = 6.471 cm
 Height = 2.26 cm
 Weight of ring = 159.41 gram
 initial wt. ring +soil = 280.05 gram

Final

wt. of ring + wet soil = 280.91 gram
 wt. of ring + dry soil = 236.82 gram
 wt. of ring = 159.41 gram
 wt. of moisture = 44.09 gram
 wt. of dry soil = 77.41 gram
 water content, w = 56.96 %

| Waktu min | Deformasi mm | Load kg | Tegangan kg/cm ² | Change in Sample Ht mm | Change in Void Ratio $\Delta e = \Delta H/H_s$ | Inst. Void e |
|--------------|-----------------|------------|--------------------------------|------------------------------|--|--------------------|
| 1 | 0.078 | 0.56 | 0.0170574 | 0.078 | 0.0035088 | 1.44588 |
| 2 | 0.149 | 1.4 | 0.0426435 | 0.149 | 0.0067027 | 1.44268 |
| 3 | 0.225 | 2.38 | 0.0724939 | 0.225 | 0.0101215 | 1.43926 |
| 4 | 0.397 | 3.5 | 0.1066087 | 0.397 | 0.0178587 | 1.43153 |
| 5 | 0.384 | 4.676 | 0.1424292 | 0.384 | 0.017274 | 1.43211 |
| 6 | 0.46 | 5.6 | 0.1705739 | 0.46 | 0.0206928 | 1.42869 |
| 7 | 0.536 | 7.7 | 0.2345391 | 0.536 | 0.0241116 | 1.42527 |
| 8 | 0.614 | 9.38 | 0.2857113 | 0.614 | 0.0276203 | 1.42176 |
| 9 | 0.659 | 10.22 | 0.3112974 | 0.659 | 0.0296446 | 1.41974 |
| 10 | 0.733 | 11.76 | 0.3582052 | 0.733 | 0.0329735 | 1.41641 |
| 15 | 1.138 | 19.418 | 0.5914651 | 1.138 | 0.0511921 | 1.39819 |
| 20 | 1.299 | 22.75 | 0.6929566 | 1.299 | 0.0584345 | 1.39095 |
| 25 | 1.694 | 31.528 | 0.9603312 | 1.694 | 0.0762033 | 1.37318 |
| 30 | 2.072 | 41.44 | 1.2622471 | 2.072 | 0.0932074 | 1.35618 |
| 35 | 2.458 | 52.108 | 1.5871904 | 2.458 | 0.1105713 | 1.33881 |
| 40 | 2.856 | 63.42 | 1.9317497 | 2.856 | 0.128475 | 1.32091 |
| 45 | 3.276 | 74.984 | 2.2839849 | 3.276 | 0.1473684 | 1.30202 |
| 50 | 3.663 | 87.36 | 2.6609533 | 3.663 | 0.1647773 | 1.28461 |
| 55 | 4.157 | 99.96 | 3.0447446 | 4.157 | 0.1869996 | 1.26238 |
| 60 | 4.44 | 113.68 | 3.4626507 | 4.44 | 0.1997301 | 1.24965 |
| 75 | 5.636 | 142.52 | 4.3411064 | 5.636 | 0.2535313 | 1.19585 |



LABORATORIUM TANAH

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

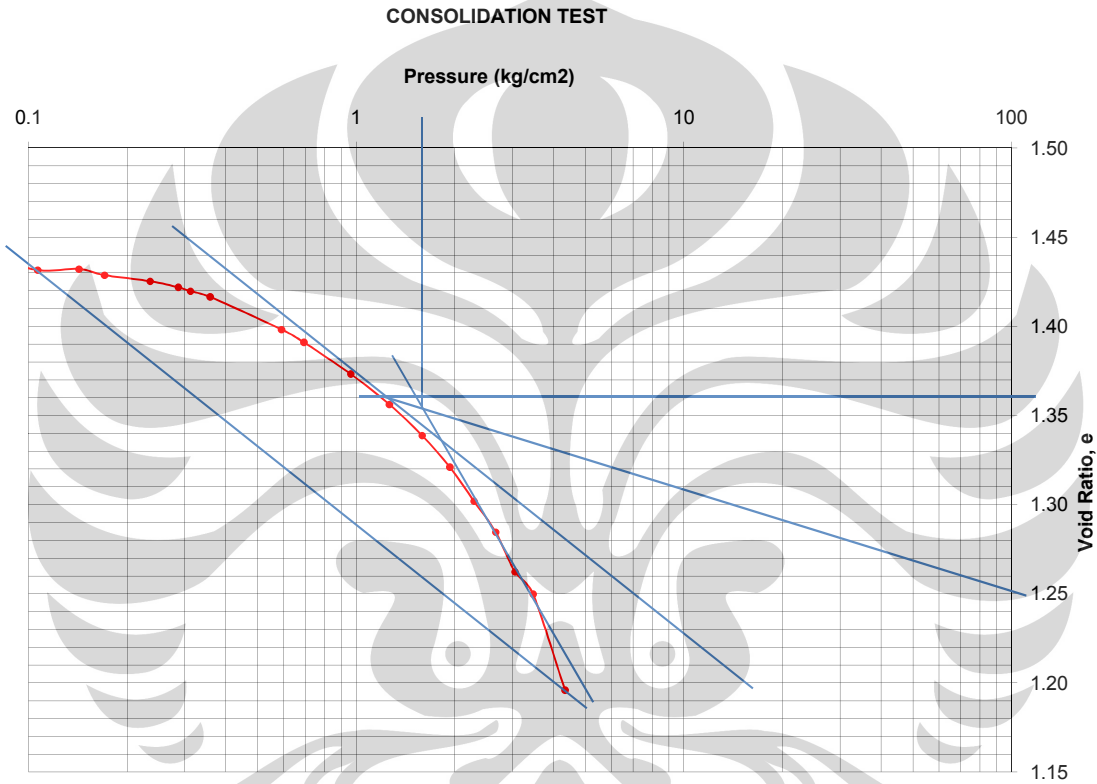
Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION CRS TEST (Time - compression data)

Project : KAOLIN + water 100%
Location of Project : Sipil FTUI
Description of Soil : Pure Kaolin
Tested By : Kaolin Team

Sample No. : 1 CRS
Boring No. : -
Depth of Sample : 2 kg/cm2
Date of Testing : 27/11/2008

| | | | | | |
|---------|------------------------|---------|----------|---------|--------|
| W = | 56.96% | m_v = | 0.024933 | e_o = | 1.4494 |
| P_o = | 2.0 Kg/cm ² | Cr = | 0.041918 | e_1 = | 1.1959 |
| P_c = | 1.8 Kg/cm ² | Cc = | 0.374869 | Sr = | 0.8055 |



**LABORATORIUM TANAH**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION CRS TEST (Time - compression data)

Project : KAOLIN + water 100%
 Location of Project : Sipil FTUI
 Description of Soil : Pure Kaolin
 Tested By :

Sample No. : 2 CRS
 Boring No. : -
 Depth of Sample : 2 kg/cm²
 Date of Testing : 1/12/2008

Sample Data

Ring Diameter = 6 cm
 Height = 2.268 cm
 Weight of ring = 161.83 gram
 initial wt. ring +soil = 282.51 gram

Final

wt. of ring + wet soil = 267.58 gram
 wt. of ring + dry soil = 238.47 gram
 wt. of ring = 161.83 gram
 wt. of moisture = 29.11 gram
 wt. of dry soil = 76.64 gram
 water content, w = 37.98 %

| Waktu min | Deformasi mm | Load kg | Tegangan kg/cm ² | Change in Sample Ht mm | Change in Void Ratio $\Delta e = \Delta H/H_s$ | Inst. Viod e |
|--------------|-----------------|------------|--------------------------------|------------------------------|--|--------------------|
| 1 | 0.045 | 0.504395 | 0.0152785 | 0.045 | 0.0019841 | 1.53616 |
| 2 | 0.147 | 1.765382 | 0.0534748 | 0.147 | 0.0064815 | 1.53166 |
| 3 | 0.252 | 3.278566 | 0.0993103 | 0.252 | 0.0111111 | 1.52703 |
| 4 | 0.36 | 5.043947 | 0.1527851 | 0.36 | 0.015873 | 1.52227 |
| 5 | 0.472 | 6.809329 | 0.2062599 | 0.472 | 0.0208113 | 1.51733 |
| 6 | 0.58 | 9.835698 | 0.2979309 | 0.58 | 0.0255732 | 1.51257 |
| 7 | 0.692 | 12.10547 | 0.3666842 | 0.692 | 0.0305115 | 1.50763 |
| 8 | 0.806 | 14.87965 | 0.450716 | 0.806 | 0.0355379 | 1.50261 |
| 9 | 0.913 | 17.40162 | 0.5271085 | 0.913 | 0.0402557 | 1.49789 |
| 10 | 1.019 | 20.68018 | 0.6264188 | 1.019 | 0.0449295 | 1.49321 |
| 15 | 1.534 | 39.09059 | 1.1840844 | 1.534 | 0.0676367 | 1.47051 |
| 20 | 2.051 | 63.55374 | 1.925092 | 2.051 | 0.0904321 | 1.44771 |
| 25 | 2.577 | 93.81742 | 2.8418024 | 2.577 | 0.1136243 | 1.42452 |
| 30 | 3.112 | 123.5767 | 3.7432344 | 3.112 | 0.1372134 | 1.40093 |
| 35 | 3.728 | 159.6409 | 4.8356477 | 3.728 | 0.1643739 | 1.37377 |
| 40 | 4.136 | 202.5145 | 6.1343209 | 4.136 | 0.1823633 | 1.35578 |
| 45 | 4.654 | 254.215 | 7.7003679 | 4.654 | 0.2052028 | 1.33294 |
| 50 | 5.199 | 310.2028 | 9.3962823 | 5.199 | 0.2292328 | 1.30891 |
| 55 | 5.72 | 371.2345 | 11.244982 | 5.72 | 0.2522046 | 1.28594 |
| 60 | 6.192 | 438.8234 | 13.292302 | 6.192 | 0.2730159 | 1.26513 |
| 75 | 7.739 | 660.7571 | 20.014845 | 7.739 | 0.3412257 | 1.19692 |



LABORATORIUM TANAH

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

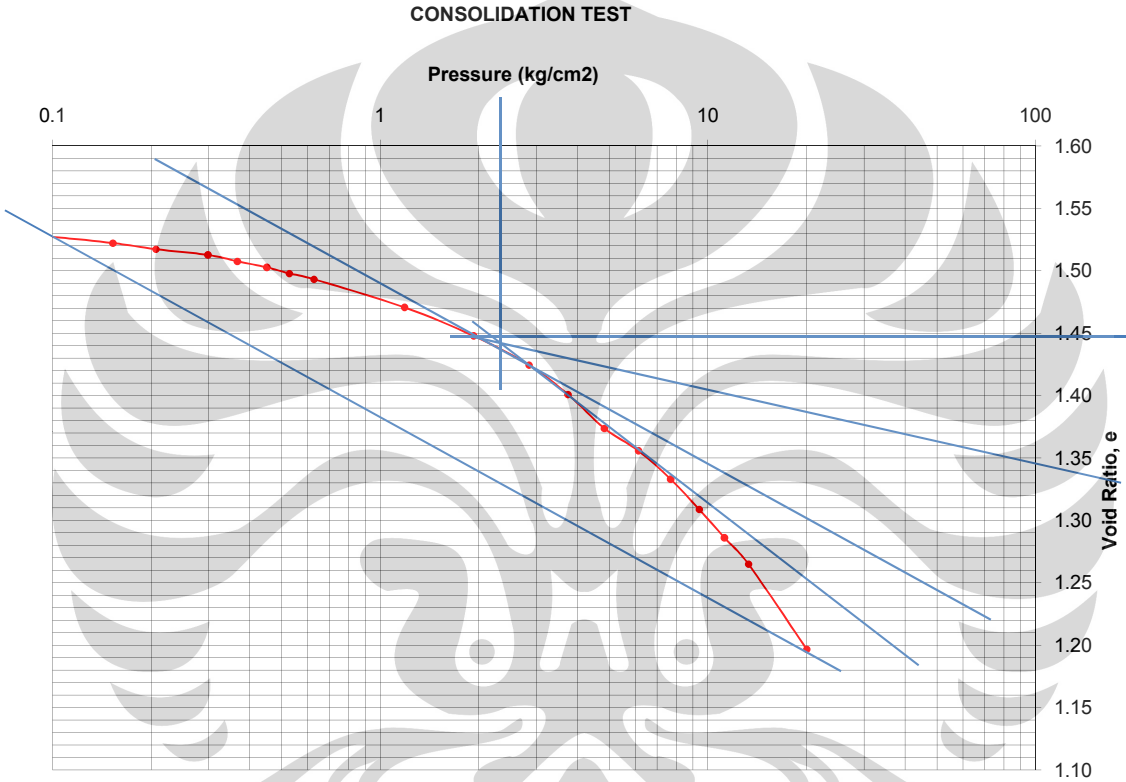
Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION CRS TEST (Time - compression data)

Project : KAOLIN + water 100%
Location of Project : Sipil FTUI
Description of Soil : Pure Kaolin
Tested By : Kaolin Team

Sample No. : 2 CRS
Boring No. : -
Depth of Sample : 2 kg/cm2
Date of Testing : 1/12/2008

| | | |
|-----------------------------|------------------|----------------|
| W = 37.98% | $m_v = 0.007207$ | $e_o = 1.5381$ |
| $P_o = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$ | $C_r = 0.110974$ | $e_1 = 1.1969$ |
| $P_c = 2.2 \text{ Kg/cm}^2$ | $C_c = 0.208341$ | $S_r = 0.5884$ |



**LABORATORIUM TANAH**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION CRS TEST (Time - compression data)

Project : KAOLIN + water 100%
 Location of Project : Sipil FTUI
 Description of Soil : Pure Kaolin
 Tested By : Kaolin Team Test

Sample No. : 3 CRS
 Boring No. : -
 Depth of Sample : 2 kg/cm²
 Date of Testing : 4/12/2008

Sample Data

Ring Diameter = 6.48 cm
 Height = 1.765 cm
 Weight of ring = 162.07 gram
 initial wt. ring +soil = 256.73 gram

Final

wt. of ring + wet soil = 246.81 gram
 wt. of ring + dry soil = 222.29 gram
 wt. of ring = 162.07 gram
 wt. of moisture = 24.52 gram
 wt. of dry soil = 60.22 gram
 water content, w = 40.72 %

| Waktu min | Deformasi mm | Load kg | Tegangan kg/cm ² | Change in Sample Ht mm | Change in Void Ratio $\Delta e = \Delta H/H_s$ | Inst. Viod e |
|--------------|-----------------|------------|--------------------------------|------------------------------|--|--------------------|
| 1 | 0.074 | 0.252197 | 0.007651 | 0.074 | 0.0041926 | 1.50574 |
| 2 | 0.126 | 1.260987 | 0.0382552 | 0.126 | 0.0071388 | 1.5028 |
| 3 | 0.206 | 2.521974 | 0.0765105 | 0.206 | 0.0116714 | 1.49827 |
| 4 | 0.284 | 3.278566 | 0.0994636 | 0.284 | 0.0160907 | 1.49385 |
| 5 | 0.359 | 4.539553 | 0.1377189 | 0.359 | 0.0203399 | 1.4896 |
| 6 | 0.438 | 5.296145 | 0.160672 | 0.438 | 0.0248159 | 1.48512 |
| 7 | 0.532 | 6.304934 | 0.1912762 | 0.532 | 0.0301416 | 1.4798 |
| 8 | 0.615 | 7.565921 | 0.2295314 | 0.615 | 0.0348442 | 1.47509 |
| 9 | 0.684 | 8.826908 | 0.2677867 | 0.684 | 0.0387535 | 1.47118 |
| 10 | 0.76 | 10.59229 | 0.321344 | 0.76 | 0.0430595 | 1.46688 |
| 15 | 1.147 | 21.18458 | 0.642688 | 1.147 | 0.0649858 | 1.44495 |
| 20 | 1.53 | 37.07301 | 1.124704 | 1.53 | 0.0866856 | 1.42325 |
| 25 | 1.917 | 55.73562 | 1.6908815 | 1.917 | 0.1086119 | 1.40132 |
| 30 | 2.322 | 75.65921 | 2.2953142 | 2.322 | 0.1315581 | 1.37838 |
| 35 | 2.712 | 99.61796 | 3.0221637 | 2.712 | 0.1536544 | 1.35628 |
| 40 | 3.093 | 126.0987 | 3.8255237 | 3.093 | 0.1752408 | 1.3347 |
| 45 | 3.472 | 158.8843 | 4.8201599 | 3.472 | 0.1967139 | 1.31322 |
| 50 | 3.852 | 199.2359 | 6.0443274 | 3.852 | 0.2182436 | 1.29169 |
| 55 | 4.237 | 242.6139 | 7.3603076 | 4.237 | 0.2400567 | 1.26988 |
| 60 | 4.633 | 290.027 | 8.7987045 | 4.633 | 0.2624929 | 1.24744 |
| 75 | 5.749 | 471.6091 | 14.307459 | 5.749 | 0.3257224 | 1.18421 |



LABORATORIUM TANAH

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

CONSOLIDATION CRS TEST (Time - compression data)

Project : KAOLIN + water 100%
Location of Project : Sipil FTUI
Description of Soil : Pure Kaolin
Tested By : Kaolin Team

Sample No. : 3 CRS
Boring No. : -
Depth of Sample : 2 kg/cm²
Date of Testing : 4/12/2008

| | | |
|-----------------------------|------------------|----------------|
| W = 40.72% | $m_v = 0.008402$ | $e_o = 1.5099$ |
| $P_o = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$ | $C_r = 0.16453$ | $e_1 = 1.1842$ |
| $P_c = 1.8 \text{ Kg/cm}^2$ | $C_c = 0.221558$ | $S_r = 0.6212$ |

