



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENGGUNAAN CERUCUK TERHADAP KUAT
GESER TANAH KAOLIN DENGAN UJI TRIAKSIAL
TERKONSOLIDASI TAK TERDRAINASI**

SKRIPSI

UCIK NURHAYATI

0606072755

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
DESEMBER, 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENGGUNAAN CERUCUK TERHADAP KUAT
GESER TANAH KAOLIN DENGAN UJI TRIAKSIAL
TERKONSOLIDASI TAK TERDRAINASI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

UCIK NURHAYATI

0606072755

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
DESEMBER, 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ucik Nurhayati

NPM : 0606072755

Tanda Tangan :



Tanggal : 30 Desember 2010

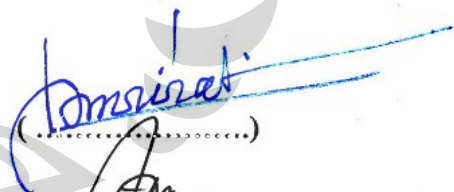
HALAMAN PENGESAHAN


Skripsi ini diajukan oleh,

Nama : Ucik Nurhayati
NPM : 0606072755
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : “Pengaruh Penggunaan Cerucuk Terhadap Kekuatan Geser Tanah Kaolin dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi”

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc. 

Pembimbing : Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA 

Penguji : Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng. 

Penguji : Ir. Widjojo A. Prakoso, M.Sc, Ph.D 

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Desember 2010

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Selama pembuatan laporan ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, tentunya akan sangat sulit laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuannya baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada :

- (1) Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kemudahan kepada penulis sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
- (2) Almarhum Ayah tercinta. Terima kasih untuk semua yang telah ayah berikan, hingga penulis bisa sampai di titik ini. Semoga ayah bisa melihat dan merasakan kebahagiaan ini di sana.
- (3) Ibu tercinta dan kakak-kakak tersayang. Terima kasih untuk dukungannya selama ini. *You're the best part of my life.*
- (4) Ir. Damrizal Damoerin, MSc dan Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan skripsi ini;
- (5) Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng dan Ir. Widjoyo Adi Prakoso, M.Sc, Ph.D, selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan kritik, saran dan masukan selama penyusunan skripsi ini;
- (6) Seluruh dosen pengajar Program Studi Teknik Sipil FTUI atas bimbingannya selama ini.
- (7) Seluruh Staff dan Laboran di Laboratorium Mekanika Tanah FTUI (Pak Narto, Pak Wardoyo, Mbak Tri, Mas Anto, dkk) yang telah banyak

membantu selama pelaksanaan praktikum dan pengumpulan data untuk skripsi ini;

- (8) Teman-teman di Teknik Sipil Angkatan 2006 khususnya peminatan Geoteknik yang telah memberikan dukungannya selama ini;
- (9) Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Sekali lagi penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuannya selama ini.

Pada akhirnya penulis hanya bisa berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk para pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Depok, 30 Desember 2010

Penulis

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

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

Nama : Ucik Nurhayati
NPM : 0606072755
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

“Pengaruh Penggunaan Cerucuk Terhadap Kekuata Geser Tanah Kaolin dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif 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 : 30 Desember 2010

Yang menyatakan



(Ucik Nurhayati)

ABSTRAK

Nama : Ucik Nurhayati
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Penggunaan Cerucuk Pada Kuat Geser Tanah Kaolin dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi

Penggunaan cerucuk merupakan salah satu metode perbaikan tanah yang banyak diaplikasikan terutama pada lapisan tanah lunak untuk membantu meningkatkan kekuatan geser serta mengurangi penurunan tanah yang terjadi. Untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan cerucuk terhadap kekuatan geser tanah, dilakukan pengujian dalam skala laboratorium pada tanah kaolin dengan uji triaksial terkonsolidasi takterdrainasi. Untuk pemodelan tanah lunaknya, digunakan *slurry* kaolin yang di-*preloading* dengan tekanan 100 kPa. Sedangkan untuk cerucuknya, dimodelkan dengan batang kayu berdiameter 2 mm dan variasi panjang 25 mm dan 50 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan cerucuk di satu sisi meningkatkan kohesi tanah, namun di sisi lain menurunkan sudut gesernya. Peningkatan kohesi tersebut sebanding dengan panjang dan jumlah cerucuk yang digunakan. Demikian pula dengan penurunan sudut gesernya.

Kata kunci :
kaolin, cerucuk, kuat geser, triaksial, terkonsolidasi takterdrainasi

ABSTRACT

Name : Ucik Nurhayati
Study Program : Civil Engineering
Title : The Effects of Timber Pile Reinforcement to Shear Strength of
Kaolinite Clay Under Consolidated Undrained Triaxial Test

Installation of the timber pile is one of reinforcement method applied mainly in the soft soil layer to help improve the shear strength and reduce the settlement. The laboratory test was performed to investigate the effect of timber pile installation to shear strength of kaolin clay under consolidated undrained triaxial test. Kaolinite clay using to modelled soft soil layer. For modeling soft soil, kaolin slurry used in-preloading with 100 kPa pressure. As for timber pile modelled with the wooden stick with 2 mm of diameter and 25 mm of length for the first variation and 50 mm of length for the second variation. The test result show that timber pile reinforcement contribute to increase the cohesion parameter but in the other hand it decrease the friction angle. Increased cohesion is comparable to the length and number of timber pile used. Similarly, the decrease in friction angle.

Keyword :
kaolin, timber pile, triaxial, consolidated undrained, shear strength

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Sistematika Penulisan	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Deskripsi Tanah	7
2.1.1. Pembentukan Tanah	7
2.1.2. Klasifikasi Tanah	8
2.2. Tanah Lempung	9
2.2.1. Sifat dan Karakteristik.....	9
2.2.2. Tanah Kaolin	10
2.3. Prinsip Tegangan Efektif	12
2.4. Konsep Kuat Geser Tanah	14
2.4.1. Pengertian.....	14
2.4.2. Kriteria Keruntuhan <i>Mohr-Coulomb</i>	15
2.4.3. Konsep Kondisi Kritis (<i>Critical State Models</i>).....	19
2.5. Pengujian Kuat Geser Tanah dengan Uji Triaksial	23
2.5.1. Peralatan Triaksial	23
2.5.2. Terminologi Tegangan dalam Pengujian Triaksial	25
2.5.3. Tahapan Pengujian	27
2.5.4. Kriteria Keruntuhan pada Uji Triaksial.....	30
2.5.5. Jenis Pengujian Triaksial	31
2.5.6. Pemilihan Jenis Pengujian Triaksial	36
2.6. Metode Perkuatan Tanah dengan Cerucuk	37
2.6.1. Konsep Dasar.....	37
2.6.2. Aplikasi Perkuatan Cerucuk di Lapangan	39
3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Gambaran Umum Penelitian.....	42
3.2. Deskripsi Material Uji	47
3.3. Pengujian Indeks Propertis Tanah Kaolin.....	47
3.4. Persiapan Contoh Tanah	49
3.5. Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi	53

4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Pendahuluan.....	57
4.2.	Analisis Hasil Pengujian Indeks Propertis Tanah Kaolin.....	57
4.3.	Evaluasi Persiapan Contoh Tanah dengan Alat <i>Rowecell</i>	59
4.4.	Pengecekan Kesesuaian Tekanan Preloading dan Nilai Pc Contoh Tanah dengan Uji Konsolidasi.....	61
4.5.	Hasil Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi (TX-CU)	62
4.6.	Evaluasi Pengaruh Panjang dan Jumlah Cerucuk terhadap Parameter Kuat Geser yang Diperoleh dari Hasil Uji Triaksial CU.....	81
4.7.	Evaluasi Pengaruh Panjang dan Jumlah Cerucuk terhadap Nilai Modulus Elastisitas (E) Contoh Uji Berdasarkan Hasil Uji Triaksial CU.....	83
4.8.	Evaluasi Pengaruh Panjang dan Jumlah Cerucuk terhadap Tingkat Kompresibilitas (m_v) Contoh Uji Berdasarkan Hasil Uji Triaksial CU.....	85
4.9.	Tabulasi Gabungan Nilai Parameter Kuat Geser Tanah (c' dan ϕ'), m_v dan E berdasarkan Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi.....	86
4.10.	Aplikasi Perhitungan	88
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan.....	91
5.2.	Saran.....	92

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Fase Tanah	8
Gambar 2.2	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Ukuran Butiran.....	8
Gambar 2.3	Struktur Atom Utama Mineral Lempung.....	10
Gambar 2.4	(a) Skema Struktur Mineral Kaolinite	11
Gambar 2.4	(b) Struktur Atom Kaolinite.....	11
Gambar 2.5	Tanah Kaolin.....	12
Gambar 2.6	Tegangan yang Bekerja Diantara Partikel-Partikel Tanah.....	13
Gambar 2.7	Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb	16
Gambar 2.8	Hubungan σ' dan τ dalam konsep Keruntuhan Mohr-Coulomb.....	17
Gambar 2.9	Tipikal Plot Lintasan Kondisi Kritis untuk Lempung Terkonsolidasi Normal	20
Gambar 2.10	Tipikal Plot Lintasan Kondisi Kritis untuk Lempung Terkonsolidasi Berlebih.....	20
Gambar 2.11	Grafik Hubungan v dan $\ln p'$	22
Gambar 2.12	Konfigurasi Alat Uji Triaksial CU	23
Gambar 2.13	Sistem Tegangan pada Pengujian Triaksial	24
Gambar 2.14	Indikator Botol	25
Gambar 2.15	Grafik Tekanan Air Pori terhadap Akar Waktu	29
Gambar 2.16	Grafik Perubahan Volume terhadap Akar Waktu.....	29
Gambar 2.17	Tegangan, Lintasan Tegangan dan Lingkaran Mohr pada Pengujian Triaksial UU.....	32
Gambar 2.18	Contoh Penggunaan UU Strength (<i>Embankment constructed rapidly over a soft clay deposit</i>).....	32
Gambar 2.19	Tegangan, Lintasan Tegangan dan Lingkaran Mohr pada Pengujian Triaksial CU	33
Gambar 2.20	Contoh Penggunaan CU Strength (<i>Embankment raised (2) subsequent to consolidation under its original height (1)</i>)	36
Gambar 2.21	Tipikal Diagram Lingkaran Mohr untuk Pengujian Triaksial CD (kiri) dan Contoh Penggunaan CD Strength (kanan)	36
Gambar 2.22	Stabilisasi Tanah dengan Menggunakan Cerucuk.....	38
Gambar 2.23	Stabilisasi dengan cerucuk meningkatkan stabilitas jangka pendek	38
Gambar 2.24	Perkuatan cerucuk matras bambu yang digunakan dalam pembangunan embankment dike pada tambak Lorok <i>Out Fall Channel</i> sepanjang 1 km di PLTGU Tambak Lorok, Semarang	40
Gambar 2.25	Perkuatan cerucuk matras bambu yang digunakan untuk timbunan struktur Palisade pada bangunan pengendali banjir di Boezem Morokrembangan, Surabaya.....	40
Gambar 2.26	Perkuatan cerucuk matras bambu digunakan dalam struktur <i>Break Water</i> dan <i>Cause-way</i> di Pelabuhan Ikan Muara Angke, Jakarta Utara	41
Gambar 3.1	Diagram Alir Gambaran Umum Kegiatan Penelitian.....	43
Gambar 3.2	Diagram Alir Persiapan Contoh Tanah (<i>Preloading</i> dengan Alat <i>Rowe cell</i>).....	44
Gambar 3.3	Diagram Alir Variasi Pemancangan Cerucuk	45

Gambar 3.4	Konfigurasi Variasi Benda Uji Kaolin + Cerucuk pada Pengujian Triaksial CU.....	45
Gambar 3.5	Diagram Alir Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi (TX-CU)	46
Gambar 3.6	Konfigurasi Alat <i>Rowe Cell</i>	50
Gambar 3.7	Konfigurasi Pencetakan Benda Uji Triaksial	53
Gambar 4.1	Hubungan penurunan vs waktu pada proses pembuatan contoh tanah dengan alat <i>Rowe Cell</i>	60
Gambar 4.2	Grafik Penentuan Tekanan Prakonsolidasi (Pc) dengan Uji Konsolidasi	63
Gambar 4.3	Hubungan Perubahan Volume vs Akar Waktu (atas) dan Hubungan Perubahan Tekanan Air Pori vs Akar Waktu (bawah) pada Tahap Kondolidasi pada Uji Triaksial CU	65
Gambar 4.4	Hubungan Antar Variabel Hasi Uji Triaksial CU pada Contoh Uji C0	66
Gambar 4.5	Pola Keruntuhan Sampel Kaolin Tanpa Cerucuk (C0).....	69
Gambar 4.6	Hubungan Antar Variabel Hasi Uji Triaksial CU pada Contoh Uji C1-25	71
Gambar 4.7	Pola Keruntuhan Sampel Kaolin Tanpa Cerucuk (C1-25).....	73
Gambar 4.8	Hubungan Antar Variabel Hasi Uji Triaksial CU pada Contoh Uji C1-25	75
Gambar 4.9	Pola Keruntuhan Sampel Kaolin Tanpa Cerucuk (C1-25).....	77
Gambar 4.10	Hubungan Antar Variabel Hasi Uji Triaksial CU pada Contoh Uji C1-50	79
Gambar 4.11	Pola Keruntuhan Sampel Kaolin Tanpa Cerucuk (C1-50).....	80
Gambar 4.12	Prosentase Peningkatan dan Penurunan Parameter Kuat Geser Tanah Berdasarkan Variasi Panjang dan Jumlah Cerucuk.....	82
Gambar 4.13	Hubungan Tegangan Deviator dengan Regangan	83
Gambar 4.14	Modulus Elastisitas untuk Masing-Masing Contoh Uji.....	84
Gambar 4.15	Koefisien Kompresibilitas (m_v) untuk Masing-Masing Variasi Contoh Uji.....	85
Gambar 4.16	Pola Peningkatan Daya Dukung Ultimit.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Indeks dan Engineering Properties</i> dari Tanah Kaolin.....	12
Tabel 2.2	Pemilihan Pengujian Triaksial	36
Tabel 2.3	Persyaratan Cerucuk Kayu di Lapangan.....	39
Tabel 3	Variasi Sampel Pengujian.....	53
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Indeks Propertis Tanah Kaolin.....	57
Tabel 4.2	Hasil Monitoring Data <i>Preloading</i> Contoh Tanah Kaolin dengan Alat <i>Rowe Cell</i>	59
Tabel 4.3	Variasi Contoh Uji pada Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi.....	62
Tabel 4.4.	Tabulasi Nilai B, ΔV dan Kadar Air untuk Contoh Uji C0.....	63
Tabel 4.5	Pembacaan Regangan, Tegangan Deviator, dan Tekanan Air Pori Pada Kondisi Maksimum untuk Contoh Uji C0	65
Tabel 4.6	Parameter Kekuatan Geser Tanah untuk Sampel C0.....	67
Tabel 4.7	Parameter Kondisi Kritis Sampel C0.....	68
Tabel 4.8	Tabulasi Nilai B, ΔV dan Kadar Air untuk Contoh Uji C1-25	70
Tabel 4.9	Pembacaan Regangan, Tegangan Deviator, dan Tekanan Air Pori Pada Kondisi Maksimum untuk Contoh Uji C1-25	71
Tabel 4.10	Parameter Kekuatan Geser Tanah untuk Sampel C1-25.....	72
Tabel 4.11	Parameter Kondisi Kritis Sampel C1-25.....	73
Tabel 4.12	Tabulasi Nilai B, ΔV dan Kadar Air untuk Contoh Uji C2-25	74
Tabel 4.13	Pembacaan Regangan, Tegangan Deviator, dan Tekanan Air Pori Pada Kondisi Maksimum untuk Contoh Uji C2-25	75
Tabel 4.14	Parameter Kekuatan Geser Tanah untuk Sampel C2-25.....	76
Tabel 4.15	Parameter Kondisi Kritis Sampel C2-25.....	77
Tabel 4.16	Tabulasi Nilai B, ΔV dan Kadar Air untuk Contoh Uji C1-50	78
Tabel 4.17	Pembacaan Regangan, Tegangan Deviator, dan Tekanan Air Pori Pada Kondisi Maksimum untuk Contoh Uji C1-50	79
Tabel 4.18	Parameter Kekuatan Geser Tanah untuk Sampel C1-50.....	79
Tabel 4.19	Parameter Kondisi Kritis Sampel C1-50.....	80
Tabel 4.20	Tabulasi c' dan ϕ' untuk Masing-Masing Variasi Contoh Uji Komposit.....	81
Tabel 4.21	Perhitungan Modulus Elastisitas untuk Masing-Masing Variasi Contoh Uji.....	84
Tabel 4.22	Nilai m_v dan Prosentase Penurunannya.....	85
Tabel 4.23	Tabulasi Parameter-Parameter yang diperoleh dari Hasil Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi	87
Tabel 4.24	Penentuan Daya Dukung Ultimit (q_u)	89
Tabel 4.25	Perhitungan Penurunan Elastik	90

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : INDEKS PROPERTIS TANAH KAOLIN

- Lampiran A1 : Hasil Uji Batas-Batas Atterberg (AL)
- Lampiran A2 : Hasil Uji Berat Jenis Spesifik (Gs)
- Lampiran A3 : Hasil Uji Analisa Ukuran Butiran (Hidrometer)

LAMPIRAN B : PERSIAPAN CONTOH TANAH

- Lampiran B1 : Data Monitoring Pencetakan Contoh Tanah dengan *Rowe Cell*
- Lampiran B2 : Hasil Uji Konsolidasi (Pc)

LAMPIRAN C : HASIL UJI TRIAKSIAL CU (TX-CU)

- Lampiran C1 : TX-CU Contoh Uji C0
- Lampiran C2 : TX-CU Contoh Uji C1-25
- Lampiran C3 : TX-CU Contoh Uji C2-25
- Lampiran C4 : TX-CU Contoh Uji C1-50
- Lampiran C5 : Perhitungan Modulus Elastisitas (E)
- Lampiran C6 : Perhitungan Koefisien Kompresibilitas Volume (mv)
- Lampiran C7 : Tabulasi Gabungan

LAMPIRAN D : APLIKASI PERHITUNGAN

LAMPIRAN E : DOKUMENTASI PENELITIAN

LAMPIRAN F : REFERENSI

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Tanah merupakan material yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan baik secara fisik, mekanik maupun kimiawi yang kemudian tersedimentasi dan membentuk suatu kesatuan ikatan antara partikel-partikelnya. Dalam mempelajari ilmu tanah sering dikatakan bahwa tanah merupakan material yang sifatnya unik dan mempelajarinya merupakan “seni” tersendiri dalam dunia teknik sipil. Dikatakan bahwa “*soils are heterogenous rather than homogeneous materials*”. Hal tersebut karena material tanah mempunyai *engineering properties* yang sangat bervariasi dan berbeda-beda dari titik ke titik dalam massa tanah. Selain itu, tanah juga mempunyai sifat *non-linear* yang diindikasikan oleh kurva tegangan-regangan-nya yang tidak berupa garis lurus sebagaimana material pada umumnya, seperti beton atau baja. Dan yang membuat-nya lebih menarik lagi, tanah mampu menyimpan memori sehingga dikatakan tanah merupakan *nonconservative materials*. Tanah dapat mengingat semua yang pernah terjadi padanya termasuk semua beban yang pernah ditanggungnya dan fenomena ini tercermin dalam *engineering behavior*-nya (Holtz dan Kovacs, 1981).

Keunikan dan kompleksitas sifat dan karakteristik tanah yang demikian bervariasi, menjadikannya hal yang menarik untuk dipelajari. Berbagai penelitian dan pendekatan-pendekatan empiris dikembangkan guna meng-idealisasi sifat dan properties tanah untuk berbagai keperluan. Namun, dalam aplikasinya, keunikan dan kompleksitas sifat dan karakteristik tanah tersebut sering memunculkan permasalahan tersendiri terutama dalam dunia konstruksi. Keterbatasan dalam memprediksi perilaku tanah menjadi masalah utama dalam hal ini. Sehingga tak mengherankan kalau banyak kasus kegagalan struktur terjadi salah satunya disebabkan karena ketidaktepatan dalam mengestimasi kekuatan dan daya dukung tanahnya.

Daya dukung tanah tersebut berkaitan erat dengan kuat geser tanah. Kuat geser tanah diartikan sebagai kemampuan tanah untuk melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Pengetahuan tentang kuat geser tanah sangat diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan stabilisasi massa tanah. Hal ini dikarenakan pengurangan terhadap kuat geser tanah akan menyebabkan terjadinya keruntuhan geser yang akan sangat berbahaya terhadap struktur yang akan dibangun nantinya (Craig, 1987).

Kenyataan di lapangan, setiap tempat mempunyai jenis dan karakteristik tanah yang berbeda-beda demikian pula dengan daya dukung dan kekuatan gesernya. Yang menjadi masalah di sini adalah ketika kita diharuskan membangun suatu konstruksi bangunan di atas tanah dengan kondisi daya dukung dan kuat geser yang rendah seperti di atas lempung lunak. Kondisi ini akan sangat beresiko bagi struktur yang akan dibangun karena tentunya tanah tersebut tidak mampu menahan beban yang cukup besar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan berbagai upaya yang dapat memberikan perkuatan tambahan yang berupa perbaikan atau stabilisasi tanah. Teknik perbaikan/stabilisasi tanah yang banyak digunakan antara lain dengan metode *preloading*, stabilisasi dengan semen dan kapur, atau menggunakan tiang cerucuk.

Dari sekian banyak metode perbaikan/stabilisasi tanah tersebut, salah satu yang paling efektif dan efisien adalah stabilisasi dengan menggunakan tiang cerucuk baik berupa kayu atau bambu. Metode ini sebenarnya sudah dilakukan sejak dulu oleh masyarakat kita terutama masyarakat di pedalaman, akan tetapi masih terbatas hanya untuk menopang bangunan rumah yang sederhana. Pada abad ke-19, pemanfaatan tiang kayu ataupun tiang dengan bahan material lainnya sebagai konstruksi cerucuk semakin berkembang. Tidak terbatas hanya untuk bangunan rumah sederhana saja, akan tetapi untuk bangunan lainnya seperti jembatan, bendung dan lain-lain. Pemakaian cerucuk sebagai usaha untuk meningkatkan daya dukung tanah secara sederhana memiliki beberapa keunggulan antara lain biaya yang relatif murah, materialnya mudah didapat, pelaksanaannya sederhana, dan mudah dikontrol serta waktu pelaksanaan yang singkat (Tjandrawibawa *et al.*, 2000).

Namun, meski upaya perbaikan tanah ini telah lama diketahui, penelitian ke arah ini belum banyak dilakukan. Penelitian di skala laboratorium pernah dilakukan oleh para peneliti dari Universitas Kristen Petra berupa pengujian skala penuh untuk mempelajari pengaruh panjang, pola penempatan dan spasi dari suatu formasi cerucuk terhadap peningkatan daya dukung tanah. Pada pengujian tersebut, dilakukan penambahan perkuatan cerucuk pada suatu lapisan tanah liat lunak di bawah pembebanan suatu pondasi bujur sangkar berukuran $5 \times 5 \text{ cm}^2$ dengan tebal 2 cm. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah sebesar 60% untuk formasi cerucuk miring, 37% formasi cerucuk tegak dan 33% untuk formasi kombinasi tegak miring. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa cerucuk dapat memberikan efek peningkatan terhadap daya dukung tanah. Penelitian ini telah dipublikasikan dalam Majalah Dimensi Teknik Sipil Vol. 2, No. 2, Edisi September Tahun 2000.

Penelitian lain yang terkait dengan pemanfaatan cerucuk sebagai salah satu metode perbaikan tanah juga dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya. Dalam penelitian tersebut, dilakukan pengujian *trial embankment* skala penuh yang berupa timbunan badan jalan di atas tanah lunak dengan sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu. Sistem cerucuk matras bambu merupakan sistem perkuatan tanah dasar yang mengkombinasikan cerucuk bambu dan matras bambu untuk memikul beban timbunan badan jalan. Sistem ini memanfaatkan perilaku cerucuk bambu sebagai pondasi dan matras bambu untuk meratakan beban timbunan serta gaya apung bambu untuk menambah daya dukung terhadap beban timbunan. Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu memberikan efek berupa :

- Daya dukung tanah dasar dapat mencukupi untuk memikul beban akibat *trial embankment*
- Timbunan mempunyai stabilitas lereng yang cukup
- Penurunan yang terjadi relatif seragam
- Laju penurunan tanah menjadi lebih kecil

Penggunaan cerucuk boleh dikatakan merupakan salah satu metode perkuatan tanah yang tergolong konvensional. Namun dengan berbagai keuntungan yang dimilikinya, metode perkuatan tanah dengan cerucuk ini dapat dikatakan masih cukup relevan dan *feasible* untuk dijadikan sebagai salah satu alternatif solusi dalam perbaikan/stabilisasi tanah. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh penggunaan cerucuk ini yang tidak hanya terbatas pada pengaruhnya terhadap peningkatan daya dukung tanah namun juga terhadap kuat geser tanah yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya dukung tanah. Sehingga nantinya dapat diperoleh parameter-parameter kuat geser tanah yang lebih terukur terutama dalam skala laboratorium.

1.2. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, pengujian kuat geser tanah akan dilakukan dengan menggunakan uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi (TX-CU). Untuk masing-masing seri pengujian dalam uji TX-CU ini, akan terdiri dari 3 buah sampel di mana pada masing-masing sampel akan diaplikasikan nilai σ_3 yang berbeda-beda (100 kPa, 140 kPa, dan 180 kPa). Hasil dari pengujian ini akan dianalisis dengan menggunakan konsep kondisi kritis untuk mengetahui perubahan parameter kekuatan geser tanah untuk masing-masing seri pengujian serta untuk mengetahui hubungan antara kondisi tegangan dan regangan yang bekerja pada contoh uji dengan deformasi yang terjadi.

Untuk pemodelan contoh uji, dalam penelitian ini dibuat dari *slurry* kaolin yang diberi beban *preloading* sebesar 100 kPa. Proses *preloading* dilakukan dengan bantuan alat *Rowe cell* atau alat konsolidasi hidraulik. Sedangkan untuk pemodelan cerucuk, digunakan batang-batang kayu dengan diameter ± 2 mm dengan dua variasi panjang yaitu 25 mm dan 50 mm. Cerucuk ini diruncingkan bagian ujungnya untuk memudahkan pemancangan dan mengurangi efek pemadatan yang terjadi pada contoh uji tanah.

1.3. Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

- Mengetahui pengaruh pemberian cerucuk terhadap parameter kekuatan geser tanah kaolin berdasarkan uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi.
- Mengetahui pengaruh variasi panjang dan jumlah cerucuk terhadap kekuatan geser tanah kaolin dengan uji triaksial terkonsolidasi takterdrainasi.

1.4. Sistematika Penulisan

Di dalam penulisan laporan penelitian (skripsi) ini, pembahasan akan dibagi ke dalam 5 bab utama di mana setiap bab akan menguraikan hal-hal sebagai berikut,

Bab 1 Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan dari laporan skripsi ini.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Menjelaskan mengenai teori-teori yang berkenaan dengan penelitian yang dilakukan dari hasil studi pustaka baik dari buku website maupun jurnal-jurnal ilmiah. Teori-teori tersebut diantaranya teori mengenai sifat dan properties tanah pada umumnya dan tanah kaolin pada khususnya, kuat geser tanah berikut pengujiannya, serta metode dan aplikasi stabilisasi tanah menggunakan cerucuk yang pernah dilakukan.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Menjelaskan mengenai rangkaian kegiatan penelitian mulai dari pengujian awal (indeks propertis) hingga pengujian inti (TX-CU).

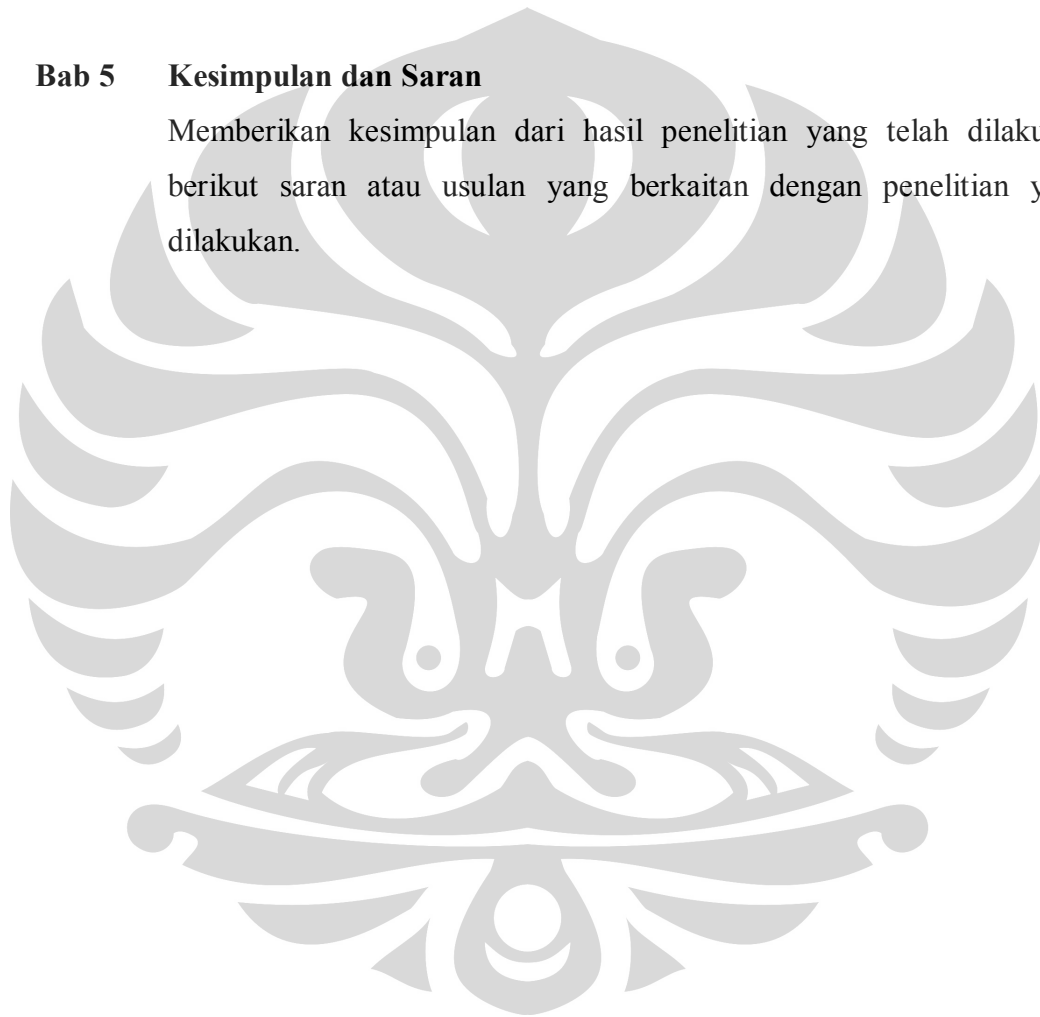
Penjelasan terdiri dari bagan alir pengujian yang akan menjelaskan tahapan dari masing-masing pengujian berikut prosedur pengujiannya.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan mengenai hasil penelitian yang diperoleh dari kegiatan penelitian berikut pengolahan data dan interpretasi data hasil penelitian.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Memberikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan berikut saran atau usulan yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Deskripsi Tanah

2.1.1. Pembentukan Tanah

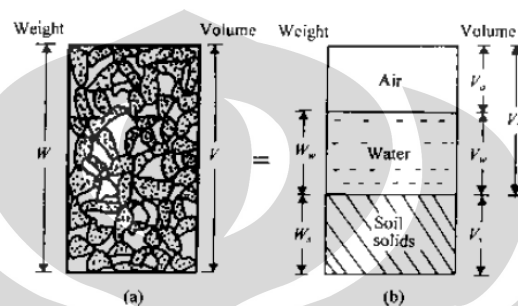
Tanah merupakan kumpulan partikel-partikel mineral yang terbentuk dari mekanisme pelapukan atau penghancuran batuan sebagai akibat dari proses kimia, fisika maupun aktivitas mikrobiologi. Proses kimia dapat berupa hasil reaksi antara air, oksigen dan karbon dioksida yang kemudian mengubah susunan mineral batuan yang memicu terjadinya pelapukan. Sedangkan proses fisika dapat terjadi karena erosi akibat pengaruh angin, air, atau *glaciers*. Material hasil pelapukan atau penghancuran dari batuan ini ada yang tetap berada pada lokasi aslinya yang kemudian disebut sebagai *residual soil*. Namun, ada sebagian yang bermigrasi ke tempat lain akibat pengaruh lingkungan (angin, air) dan selanjutnya terdeposisi atau tersedimentasi pada suatu lokasi tertentu yang jauh dari lokasi aslinya. Tanah jenis ini dikenal sebagai *transported soil* (Craig, 1987).

Sebagai hasil dari pelapukan batuan, tanah dapat terdiri dari satu atau campuran dari berbagai ukuran partikel butiran. Menurut Bowles (1989), variasi ukuran partikel butiran tanah tersebut didefinisikan sebagai berikut,

- Berangkal (*buolders*) : 250 mm – 300 mm.
- Kerakal (*cobbles*) : 150 mm – 250 mm
- Kerikil (*gravel*) : 5 mm - 150 mm
- Pasir (*sand*) : 0.074 mm – 5 mm
- Lanau (*silt*) : 0.002 mm – 0.074 mm
- Lempung (*clay*) : < 0.002 mm
- Koloid (*colloid*) : < 0.001 mm

Selain terdiri dari campuran partikel-partikel padat tanah dengan berbagai variasi ukuran butiran, di dalam tanah juga terdapat ruangan

kosong (rongga) yang terisi oleh udara dan/atau air. Rongga-rongga tersebut kemudian disebut sebagai *pore spaces* dan dalam indeks properties tanah direpresentasikan oleh angka *void ratio*. Komposisi antara partikel padat tanah, udara dan/atau air ini membuat tanah merupakan *multiphase system* dan komposisi tersebut akan sangat berpengaruh pada proses transmisi gaya-gaya yang bekerja di antara partikel-partikel tanah (Lambe, 1969).

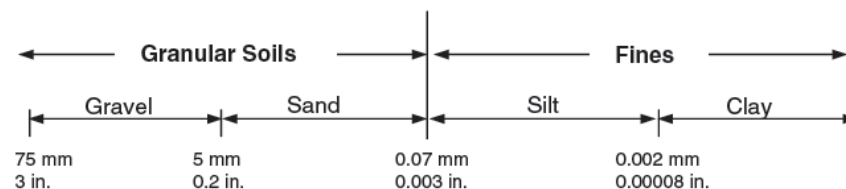


Gambar 2.1. Fase Tanah

(Sumber : Das, Braja., *Advanced Soil Mechanics Seventh Edition*, 2008)

2.1.2. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah merupakan sistem yang dikembangkan untuk memudahkan mengenali berbagai jenis tanah yang terbentuk sebagai hasil pelapukan batuan berikut identifikasi sifat-sifatnya. Sistem klasifikasi tanah yang banyak digunakan oleh para ahli yaitu sistem Unified dan AASHTO. Secara sederhana, pengklasifikasian tanah dilakukan berdasarkan identifikasi sifat fisik tanah yang meliputi tekstur, ukuran butiran dan juga plastisitas tanah.



Gambar 2.2. Klasifikasi Tanah berdasarkan Ukuran Butiran

(Sumber : Mitchel et al., *Fundamental of Soil Behavior 3rd Ed*, 2005)

2.2. Tanah Lempung

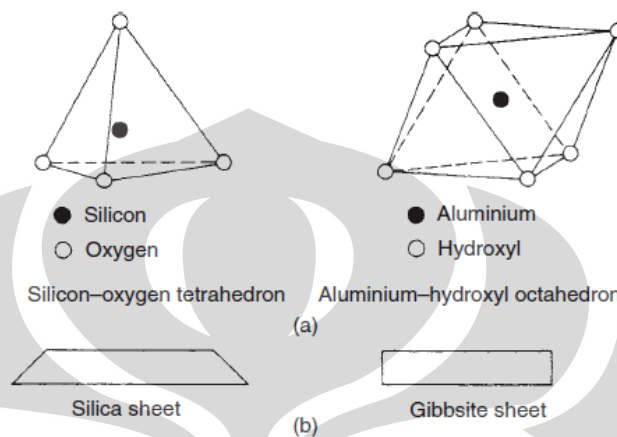
2.2.1. Sifat dan Karakteristik

Tanah lempung merupakan kumpulan partikel mikroskopik dan submikroskopik yang dihasilkan dari dekomposisi unsur-unsur kimia penyusun batuan. Berdasarkan deskripsi tanah dalam sistem klasifikasi berdasarkan ukuran butiran tanah (gambar 2.2), tanah lempung tersusun atas partikel-partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel inilah yang menjadi sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1995).

Jika diamati secara mikroskopis, tanah lempung tersusun atas komposisi sejumlah besar mineral lempung. Berdasarkan hasil kajian yang pernah dilakukan, dikemukakan bahwa terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. Kelompok yang lain, yang perlu diketahui adalah *chlorite*, *vermiculite*, dan *halloysite* (Kerr, 1959). Menurut Grimm (1968), mineral lempung tersebut dapat terbentuk dari hampir setiap batuan selama terdapat cukup banyak alkali dan tanah alkalin untuk dapat membuat terjadinya reaksi kimia. Reaksi kimia tersebut selanjutnya akan memicu terjadinya pelapukan batuan yang kemudian menghasilkan sejumlah besar mineral lempung dengan sifat daya gabung (*affinity*) yang sama terhadap air, tetapi dalam jumlah yang berbeda. Mineral-mineral lempung tersebut sebagian besar berupa partikel-partikel yang menyerupai lembaran dengan ratio antara luas permukaan dengan massa yang cukup besar. Hal ini menyebabkan sifat-sifat partikel ini sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Pada umumnya, partikel mineral lempung terdiri dari dua buah struktur atom utama yaitu *silicon tetrahedron (silica sheet)* dan *alumina octahedron (gibbsite sheet)*. Jenis-jenis mineral lempung sangat tergantung dengan kombinasi dari susunan lembaran-lembaran tersebut.

Secara umum, tanah lempung bersifat plastis pada rentang kadar air sedang serta bersifat kohesif (lengket) dan sangat lunak pada kondisi kadar

air yang cukup tinggi. Pada spesimen tanah lempung dalam kondisi kering (kadar air rendah), tanah lempung bersifat sangat keras dan kaku dan tidak akan dijumpai serpihan tanah yang menyerupai tepung saat permukaannya digosok dengan tangan. (Terzaghi *et al.*, 1996)



Gambar 2.3. Struktur Atom Utama Mineral Lempung
(Sumber : Craig, *Soil Mechanics 7th Edition*, 2004)

2.2.2. Tanah Kaolin (*Kaolinite*)

Tanah kaolin merupakan tanah lempung lunak, halus, dan berwarna putih seperti tepung yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan granit, silica, *feldspar*, *gneiss*, atau *quartz*. Tanah lempung jenis ini banyak dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai bahan untuk membuat porselen atau untuk bahan campuran membuat kain tenun, kertas, karet, obat-obatan, dan sebagainya. Dalam bidang Geoteknik, tanah kaolin banyak digunakan sebagai material dasar dalam pengujian untuk mempelajari sifat-sifat dasar tanah dan pengujian untuk suatu pemodelan tertentu. Hal ini dikarenakan properties tanah kaolin yang mirip atau menyerupai properties tanah lempung asli. (*ASTM Journal Volume 15 Issue 2*, 1992).

Nama kaolin sebenarnya berasal dari bahasa Cina ‘*Gaoling*’ atau ‘*Kao-Ling*’ yang berarti punggung tinggi (*High Hill*) dari sebuah bukit di *Jingdezhen*, Provinsi *Jiangxi*, China. Tempat ini merupakan salah satu

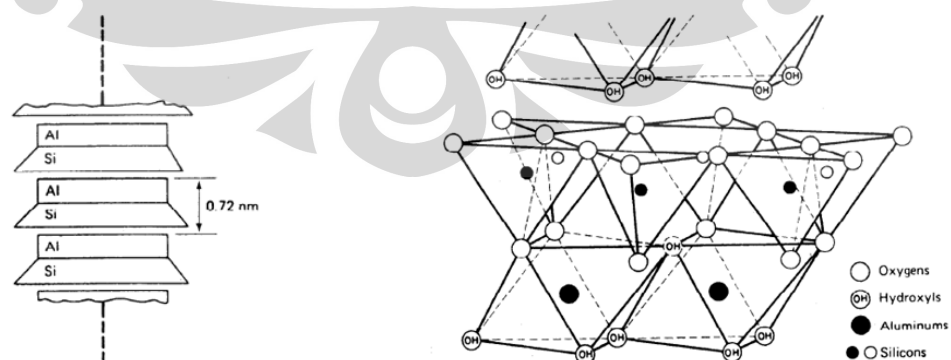
tempat di mana mineral *kaolinite* paling banyak dijumpai beberapa abad yang lalu. (Schroeder,2003).

Sebenarnya, istilah kaolin ini menerangkan beberapa mineral lempung yang berbeda. Namun, para insinyur kemudian menggunakan istilah ini untuk menerangkan kelompok lempung berkegiatan rendah termasuk salah satunya adalah mineral kaolinite (Bowles, 1989).

Secara ukuran butiran, tanah kaolin ini mempunyai distribusi ukuran butiran yang cukup bervariasi, yang didefinisikan sebagai berikut,

- *Ultra Fine* : lebih kecil dari 100 nm
- *Fine* : lebih kecil dari 1 *micron*
- *Medium* : lebih kecil dari 10 *micron*
- *Coarse* : lebih besar dari 10 *micron*

Istilah *Kaolinite* sendiri menjelaskan salah satu jenis mineral lempung yang mempunyai komposisi kimia $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Mineral ini paling banyak dijumpai pada tanah-tanah hasil sedimentasi atau tanah-tanah residual (Grim, 1968; Swindale, 1975). Satu lembaran mineral kaolinite dengan ketebalan sekitar 0.7 nm, terdiri dari susunan sebuah lapisan *aluminium octahedral* dan sebuah lapisan *silicon octahedral* yang tergabung menjadi satu bersama-sama dengan atom-atom oksigen (Terzaghi *et al.*, 1996).



Gambar 2.4. (a) Skema Struktur Mineral Kaolinite (after Lambe, 1953) dan (b) Struktur Atom Kaolinite (after Grim, 1959)



Gambar 2.5. Tanah Kaolin

(Sumber : <http://wikipedia.com>)

Sejumlah penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan tanah kaolin ini, berhasil mengemukakan indeks propertis dari tanah kaolin sebagaimana dipaparkan dalam tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1. *Indeks dan Engineering Properties* dari Tanah Kaolin

(Sumber : Canadian Geotech Vol. 42, 2005)

Properties	Deskripsi
Liquid Limit (LL)	65%
Plastic Index (PI)	35%
Spesific Gravity (Gs)	2.60 - 2.64
% Finer than 10 μm	92%
% Finer than 2 μm	62%
Activity	0.44
Friction Angle (ϕ')	25°-30°

2.3. Prinsip Tegangan Efektif

Tanah dapat divisualisasikan sebagai suatu kerangka partikel padat tanah (*solid skeleton*) yang membatasi pori-pori yang mana pori-pori tersebut mengandung air atau dan/atau udara. Dalam susunan partikel-partikel padat tanah tersebut, partikel padat dan air dapat dianggap tidak kompresibel. Sebaliknya, udara bersifat sangat kompresibel.

Tegangan geser dapat ditahan oleh kerangka partikel-partikel padat tanah dengan memanfaatkan gaya-gaya yang timbul akibat persinggungan antar partikelnya. Sedangkan tegangan normal ditahan oleh gaya-gaya

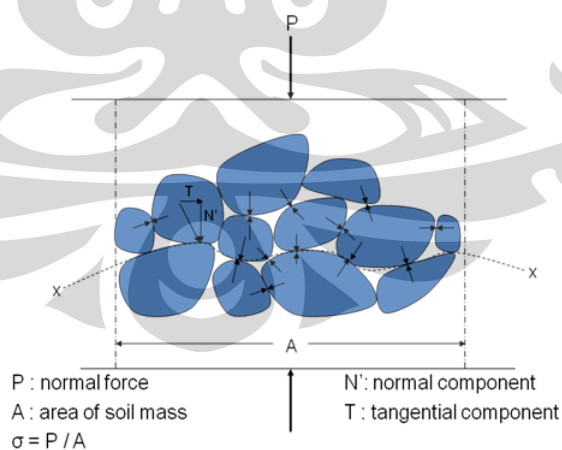
antarpartikel pada kerangka tanah. Jika tanah berada dalam kondisi jenuh sempurna, air pori akan mengalami kenaikan tekanan karena ikut menahan tegangan normal tersebut.

Besarnya pengaruh gaya-gaya yang bekerja diantara kerangka tanah dikemukakan oleh Terzaghi pada tahun 1923. Gaya-gaya tersebut dijelaskan dalam terminologi tegangan berikut ini,

- (1) Tegangan normal total (σ), yaitu besarnya gaya per satuan luas yang ditransmisikan pada arah normal bidang. Konsep tegangan ini dikembangkan dengan mengasumsikan bahwa tanah berada pada fase tunggal yang berarti tanah hanya terdiri dari partikel padat saja.
- (2) Tekanan air pori (u), yaitu tekanan air pengisi rongga di antara partikel padat tanah.
- (3) Tegangan normal efektif (σ'), yaitu tegangan yang mewakili besarnya tegangan yang disalurkan melalui kerangka tanah saja.

Hubungan ketiga konsep tegangan di atas diwakili oleh persamaan berikut ini,

$$\sigma = \sigma' + u \quad (2.1)$$



Gambar 2.6. Tegangan yang bekerja diantara partikel-partikel tanah
(Sumber : Craig, *Soil Mechanics 7th Edition*, 2004)

2.4. Kuat Geser Tanah

2.4.1. Pengertian

Kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah untuk melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Menurut Terzaghi, kekuatan geser tanah sangat dipengaruhi oleh tiga variabel utama yaitu densitas tanah, tegangan efektif yang terjadi pada massa tanah serta struktur dari partikel-partikel tanah itu sendiri. Hal tersebut sejalan dengan yang diungkapkan oleh Duncan dan Wright, di mana semakin besar tegangan efektif yang bekerja pada massa tanah (gaya kontak antar partikel tanah) dan semakin besar kerapatannya, maka kekuatan gesernya semakin besar.

Pada tanah berbutir halus (*finned-grained soils*), kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir-butir tanah yang diindikasikan oleh besaran c atau koefisien kohesi tanah. Sedangkan pada tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir-butir tanah yang diindikasikan oleh besaran ϕ' atau sudut geser tanah. Pada aplikasinya, pengetahuan tentang kekuatan geser tanah ini diperlukan untuk menganalisis masalah stabilitas tanah seperti daya dukung tanah, stabilitas lereng, serta tekanan tanah lateral pada dinding penahan atau turap.

Secara garis besar, kekuatan geser tanah dibedakan menjadi dua yaitu (Duncan dan Wright, 2005),

(1) Kekuatan Terdrainasi (*Drained Strength*)

Kekuatan tanah terdrainasi merupakan kekuatan tanah pada saat dibebani dengan sangat perlahan sehingga tidak terjadi peningkatan tekanan air pori berlebihan dari massa tanah akibat pembebanan tersebut. Namun pengaliran akan terjadi setelah jangka waktu yang lama bersamaan dengan terjadinya mekanisme konsolidasi.

(2) Kekuatan Tak Terdrainasi (*Undrained Strength*)

Kekuatan tanah tak terdrainasi merupakan kekuatan tanah pada saat dibebani hingga runtuh di bawah kondisi *undrained*. Pada kondisi ini, pembebanan pada massa tanah dilakukan dengan sangat cepat

sehingga terjadi peningkatan tekanan air pori berlebihan dari massa tanah akibat pembebanan tersebut.

2.4.2. *Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb*

Tanah sebagaimana material padat pada umumnya, akan mengalami kegagalan/keruntuhan (*failure*) baik karena tegangan yang bekerja padanya ataupun karena geser. Namun pada umumnya, tanah akan mengalami keruntuhan akibat pengaruh gaya geser. Hal ini kemudian menjelaskan bahwa keruntuhan yang terjadi pada massa tanah merupakan indikasi bahwa tegangan geser yang terjadi pada massa tanah telah sama dengan kekuatan gesernya sehingga tanah berada dalam kondisi kritis di mana tanah tidak akan mampu lagi menerima beban tambahan.

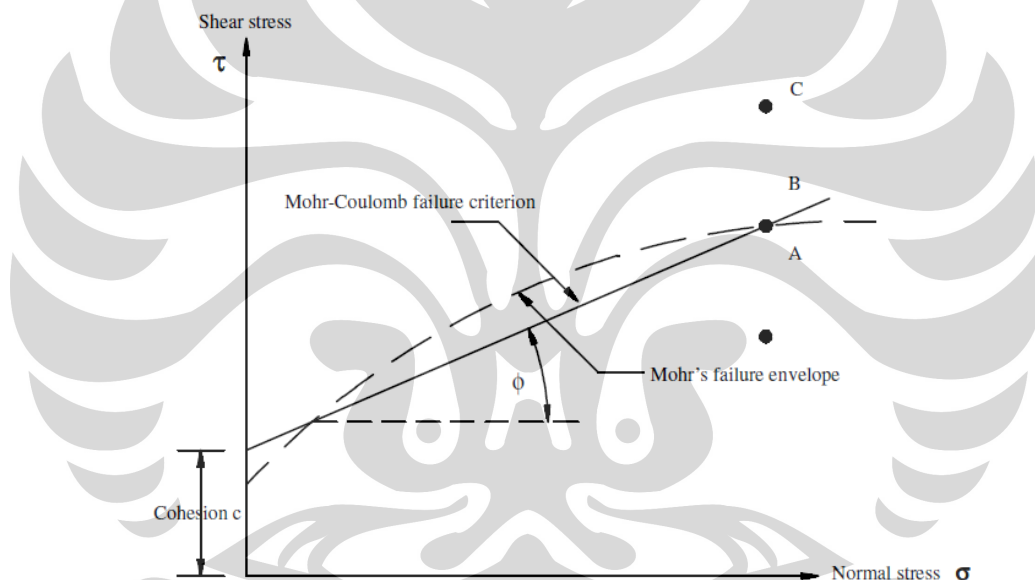
Keruntuhan geser pada tanah ini terjadi sebenarnya bukan hanya disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah, tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut. Gerakan antara butir-butir tanah, menyebabkan terjadinya kontak antara butir-butir tanah yang kemudian mentransmisikan gaya normal dari satu partikel ke partikel yang lain pada suatu luasan yang akan meningkat atau menurun sebanding dengan besarnya tegangan normal yang terjadi. Keruntuhan geser yang terjadi dapat kita lihat sebagai fenomena penurunan tanah (*settlement*) atau longsoran pada lereng. (Terzaghi, 1996).

Pada tahun 1900, Mohr mengemukakan sebuah hipotesis mengenai keruntuhan material. Dalam teori tersebut, dikemukakan bahwa keruntuhan yang terjadi pada suatu material merupakan akibat dari kombinasi kritis antara tegangan normal dengan tegangan geser dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Berdasarkan teori tersebut, dikemukakan bahwa tegangan geser yang menyebabkan terjadinya keruntuhan merupakan fungsi dari tegangan normal yang bekerja. Mohr secara matematis merumuskan hubungan antara tegangan normal (σ) dan geser (τ_f) pada sebuah bidang keruntuhan (*failure plane*) sebagai berikut,

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 di atas merupakan syarat batas terjadinya keruntuhan geser. Jika persamaan tersebut diplot dalam sebuah grafik, maka akan menghasilkan garis keruntuhan (*failure envelope*) yang berupa garis lengkung sebagaimana terlihat pada gambar 2.7. Namun menurut Coulomb (1776) untuk sebagian besar masalah mekanika tanah, garis tersebut dapat didekati dengan sebuah garis lurus yang dimaksudkan untuk menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dengan tegangan geser yang terjadi. Sehingga selanjutnya, persamaan 2.2 dapat dituliskan sebagai berikut (Braja M. Das, 1995)

$$\tau_f = c + \sigma_f \tan \phi \quad (2.3)$$



Gambar 2.7. Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

(Sumber : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik Jilid 2, Braja M Das)

Variabel c dan ϕ merupakan parameter-parameter kekuatan geser di mana c didefinisikan sebagai kohesi (*cohesion intercept*) dan ϕ merupakan sudut tahanan geser (*angle of shearing resistance*). Persamaan 2.3 tersebut dapat juga dinyatakan dalam kondisi tegangan normal efektif. Hal ini sejalan dengan konsep dasar Terzaghi yang menyatakan bahwa tegangan geser yang terjadi pada massa tanah hanya dapat ditahan oleh tegangan

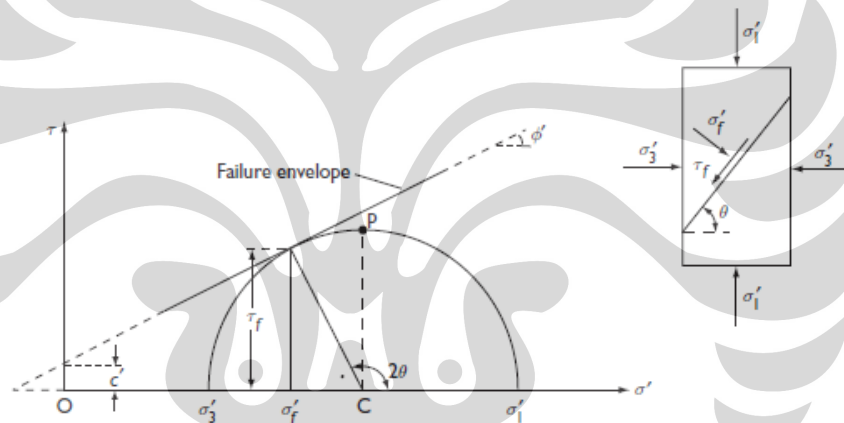
partikel-partikel padatnya. Dengan demikian, persamaan 2.3 di atas jika dinyatakan dalam kondisi efektif adalah sebagai berikut (Craig, 2004),

$$\tau_f = c' + \sigma'_f \tan \phi' \quad (2.4)$$

di mana,

$$\sigma'_f = \sigma_f - u \quad (2.5)$$

Kekuatan geser tanah tersebut dapat pula dinyatakan dalam terminologi tegangan utama besar σ'_1 dan tegangan utama kecil σ'_3 . Aplikasi tegangan utama besar dan tegangan utama kecil pada sampel akan menghasilkan reaksi berupa tegangan normal dan tegangan geser pada bidang keruntuhan yang ditinjau. Hubungan keduanya dapat digambarkan secara jelas dengan menggunakan lingkaran Mohr (gambar 2.8).



Gambar 2.8. Hubungan σ' dan τ dalam konsep Keruntuhan Mohr-Coulomb
(Sumber : Mekanika Tanah, R.F. Craig (2004))

Pada kondisi runtuh, garis yang dihasilkan oleh persamaan 2.4 merupakan garis singgung terhadap lingkaran Mohr yang merepresentasikan kondisi tegangan-tegangan yang bekerja dimana bernilai positif untuk tegangan tekan. Koordinat titik singgung-nya dinyatakan oleh persamaan berikut,

$$\tau_f = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) \sin 2\theta \quad (2.6)$$

$$\sigma'_f = \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) \cos 2\theta \quad (2.7)$$

Dan θ merupakan sudut teoritis antara bidang utama besar dan bidang runtuh.

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \quad (2.8)$$

Sehingga,

$$\sin \varphi' = \frac{\frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3)}{c' \cot \varphi' + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3)} \quad (2.9)$$

$$(\sigma'_1 - \sigma'_3) = (\sigma'_1 + \sigma'_3) \sin \varphi' + 2c' \cos \varphi' \quad (2.10)$$

atau

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) + 2c' \tan \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) \quad (2.11)$$

Persamaan 2.10 dan 2.11 di atas kemudian disebut sebagai kriteria keruntuhan *Mohr-Coulomb*. Di dalam kriteria tersebut, diasumsikan bahwa jika terdapat sejumlah tegangan yang diketahui, di mana masing-masingnya berpotensi menghasilkan keruntuhan geser, maka sebuah garis singgung dapat digambarkan dan disebut sebagai selubung keruntuhan (*failure envelope*) sebagaimana dijelaskan oleh gambar 2.7.

Jika digunakan metode *stress point*, di mana $\frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3)$ diplot terhadap $\frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3)$, maka akan diperoleh selubung keruntuhan yang dimodifikasi yang dinyatakan sebagai berikut,

$$\frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) = a' + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) \tan \alpha' \quad (2.12)$$

Di mana a' dan α' merupakan parameter kuat geser yang dimodifikasi. Hubungan a' dan α' dengan parameter kuat geser yang sebenarnya adalah,

$$\varphi' = \sin^{-1}(\tan \alpha') \quad (2.13)$$

$$c' = \frac{a'}{\cos \varphi'} \quad (2.14)$$

2.4.3. Konsep Kondisi Kritis (*Critical State Models*)

Selain kriteria keruntuhan *Mohr-Coulomb*, keruntuhan geser pada tanah dapat diidealisasi dengan menggunakan model kondisi kritis sebagaimana dikemukakan oleh Roscoe, Schofield dan Wroth. Dengan pemodelan ini, dapat dipelajari penyederhanaan dan idealisasi dari perilaku tanah serta dapat juga digunakan untuk mengestimasi respon tanah akibat perubahan beban baik selama masa konstruksi atau setelahnya. Ide dasar dari model kondisi kritis ini adalah bahwa tanah akan runtuh pada suatu bidang runtuh yang unik (bidang p' , q dan e). Sedikit berbeda dengan kriteria keruntuhan *Mohr-Coulomb* yang menyatakan bahwa keruntuhan geser pada tanah hanya diindikasikan oleh kemiringan yang dihasilkan pada saat tanah mencapai tegangan maksimum-nya. Berdasarkan model ini, kriteria keruntuhan geser tanah tidak cukup direpresentasikan oleh tegangan pada saat runtuh saja, namun struktur tanah juga harus berada dalam kondisi cukup lepas (*loose*) (Budhu, 2007).

Model ini menghubungkan antara tegangan efektif dengan volume spesifik ($v = I + e$) yang bersesuaian dari tanah lempung ketika mengalami pergeseran baik pada kondisi terdrainasi maupun takterdrainasi. Dengan demikian, dapat diketahui karakteristik kekuatan geser tanah berikut deformasinya. Terdapat permukaan karakteristik yang membatasi semua kemungkinan keadaan suatu tanah lempung dan bahwa semua lintasan tegangan efektif mendekati suatu garis pada permukaan tersebut yang merepresentasikan kondisi di mana *yielding* terjadi pada volume konstan untuk tegangan efektif yang relatif konstan (Craig, 2004).

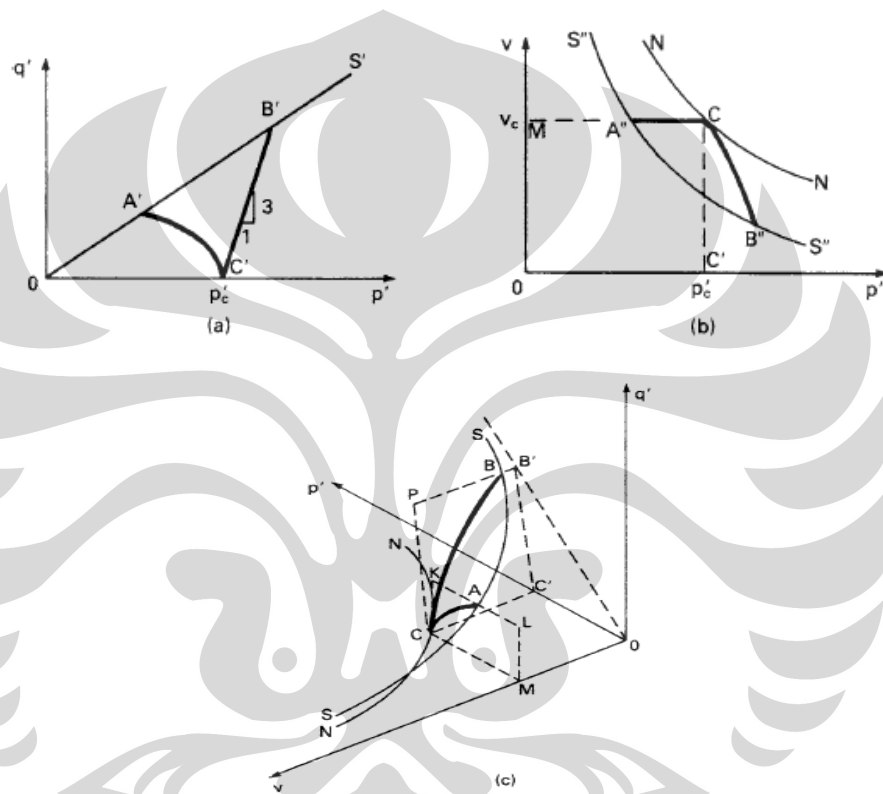
Dalam model kondisi kritis, tegangan-tegangan yang bekerja pada elemen-elemen tanah (kondisi *axisymmetric*) dinyatakan dalam p' dan q di mana q merupakan selisih tegangan utama (tegangan deviator) dan p' merupakan tegangan efektif rata-rata (Budhu, 2007).

$$q = \sigma_1 - \sigma_3 \quad (2.15)$$

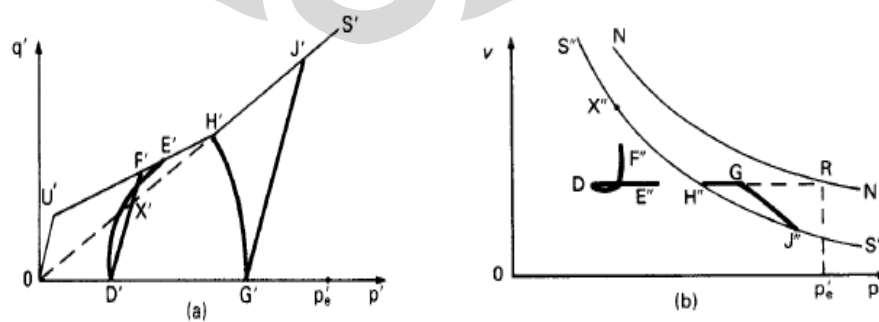
Oleh karena pada pengujian triaksial, tegangan utama menengah (σ'_2) sama nilainya dengan tegangan utama kecil, maka,

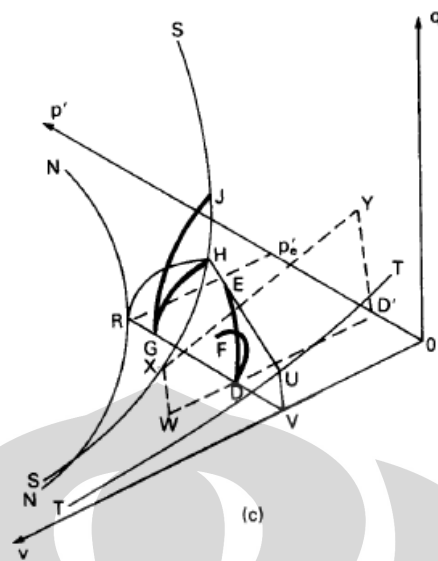
$$p' = \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3}{3} = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_3}{3} - \Delta u \tag{2.16}$$

Berikut ini merupakan tipikal hasil plot p' terhadap q untuk tanah lempung dalam kondisi terkonsolidasi normal dan terkonsolidasi berlebih berdasarkan konsep kondisi kritis.



Gambar 2.9. Tipikal Plot Lintasan Kondisi Kritis untuk Lempung Terkonsolidasi Normal (Sumber : Mekanika Tanah, R.F. Craig (2004))





Gambar 3.10. Tipikal Plot Lintasan Kondisi Kritis untuk Lempung Terkonsolidasi Berlebih (Sumber : Mekanika Tanah, R.F. Craig (2004))

(1) Parameter Kondisi Kritis

Berikut ini akan dibahas mengenai sejumlah parameter yang menjadi dasar dalam analisis keruntuhan geser dengan konsep kondisi kritis,

- **Garis keruntuhan dalam ruang p' dan q'**

$$q_f = Mp'_f \quad (2.17)$$

Di mana q_f merupakan tegangan deviator pada saat runtuh, p'_f merupakan rata-rata tegangan pada saat runtuh dan M merupakan gradien atau kemiringan garis keruntuhan. Untuk kondisi *axisymmetric compression*, gradien garis keruntuhan dinyatakan sebagai berikut (Budhu, 2007),

$$M_c = \frac{q_f}{p'_f} = \frac{(\sigma'_1 - \sigma'_3)_f}{\frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3}{3}} = \frac{3\left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_3} - 1\right)_f}{\left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_3} + 2\right)_f} \quad (2.18)$$

$$\left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_3}\right)_f = \frac{1 + \sin \phi'_{CS}}{1 - \sin \phi'_{CS}} \quad (2.19)$$

- **Parameter Kuat Geser (c' dan ϕ')**

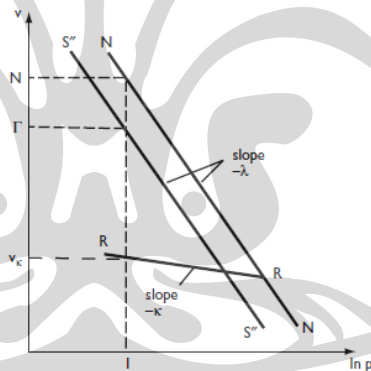
Garis keruntuhan yang terbentuk berdasarkan persamaan di atas, akan berpotongan dengan sumbu q dan titik perpotongan-nya selanjutnya disebut q_0 . Kemudian dari nilai M_c dan q_0 tersebut, ditentukan parameter kekuatan geser tanah pada kondisi efektif dengan persamaan berikut ini (Craig, 2004) :

$$\sin \phi' = \left[\frac{3M}{6 + M} \right] \quad (2.20)$$

$$c' = \left[\frac{3 - \sin \phi'}{6 - \sin \phi'} \right] q_0 \quad (2.21)$$

- **Parameter N , Γ , λ dan κ**

Parameter ini diperoleh dari persamaan garis grafik hubungan antara volume spesifik ($v = 1+e$) dengan \ln tegangan efektif ($\ln p'$) (gambar 2.11).



Gambar 2.11. Grafik Hubungan v dan $\ln p'$

(Sumber : Mekanika Tanah, Craig, 2004)

Dari grafik tersebut akan dihasilkan tiga buah garis sebagai berikut :

a. *Normal Consolidated Line* (NCL)

$$v = N - \lambda \ln p' \quad (2.22)$$

di mana N merupakan nilai v pada garis kondisi terkonsolidasi normal ketika $p' = 1$ KPa dan λ merupakan kemiringan dari garis (N-N) tersebut.

b. *Critical State Line* (CSL)

$$v = \Gamma - \lambda \ln p' \quad (2.23)$$

di mana Γ merupakan nilai v pada garis kondisi kritis ketika $p' = 1$ KPa.

c. Untuk hubungan *swelling* dan rekompresi didekati dengan suatu garis linear (R-R) dengan kemiringan κ , yang direpresentasikan oleh persamaan berikut

$$v = v_k - \kappa \ln p' \quad (2.24)$$

di mana v_k merupakan nilai v pada saat $p' = 1$ KPa

2.5. Pengujian Kuat Geser Tanah dengan Uji Triaksial

2.5.1. Peralatan Pengujian

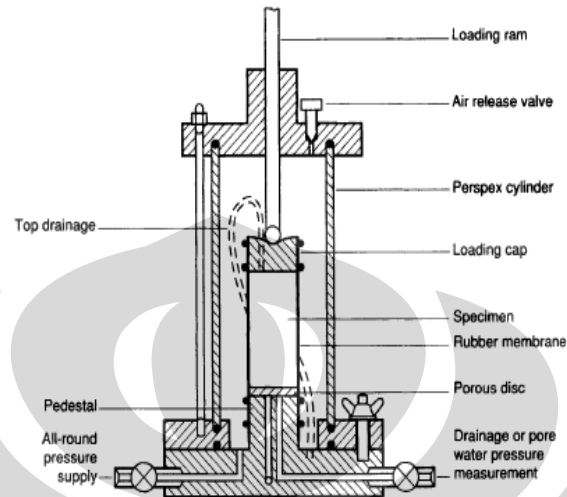
Triaksial merupakan pengujian yang banyak digunakan untuk menentukan parameter kekuatan geser tanah dalam skala laboratorium. Selain cocok untuk berbagai jenis tanah, pengujian ini juga mempunyai beberapa keuntungan lain yaitu kondisi pengaliran air dari sampel dapat dikontrol, tekanan air pori dapat diukur dan jika diperlukan, tanah jenuh dengan permeabilitas rendah dapat dibuat terkonsolidasi.

Pada pengujian ini, sample yang digunakan berbentuk silinder dengan ratio panjang terhadap diameter sebesar 2. Pada umumnya ukuran sampel yang digunakan mempunyai diameter 38 mm dan 100 mm. Sampel tersebut kemudian diuji dengan menggunakan alat triaksial (gambar 2.12)

Alat tersebut terdiri dari beberapa bagian penting diantaranya,

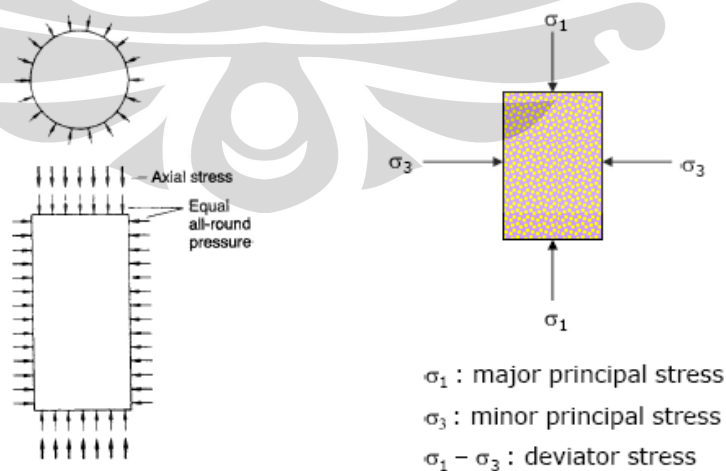
- (1) Dasar alat yang berbentuk lingkaran yang dilengkapi dengan sebuah alas untuk meletakkan sampel tanah (*pedestal*). Pada alas tersebut terdapat lubang yang digunakan untuk pengaliran air dan pengukuran tekanan air pori.
- (2) Silinder tembus pandang (*perspex cylinder*) yang ditutup dengan cincin dan penutup lingkaran atas. Badan silinder ini nantinya akan terisi dengan air yang berfungsi sebagai *confining pressure*.

- (3) Penutup lingkaran atas yang memiliki lubang pada bagian tengahnya sebagai jalan masuk untuk batang pembeban (*loading ram*).



Gambar 2.12. Konfigurasi Alat Uji Triaksial Terkonsolidasi TakTerdrainasi

Pada pengujian triaksial, sampel tanah yang akan diuji dibungkus dengan membran karet baru kemudian ditempatkan di atas piringan berpori pada alat triaksial. Selanjutnya, pada bagian atas dari sampel tersebut diletakkan penutup beban (*loading cap*) yang akan bersentuhan dengan batang pembeban dan sampel diberi *confining pressure* kemudian dibebani secara simetri aksial.



Gambar 2.13. Sistem Tegangan pada Pengujian Triaksial

2.5.2. Terminologi Tegangan dalam Pengujian Triaksial

Di dalam pegujian triaksial terdapat tiga buah terminologi yang harus dipahami terkait dengan tegangan yang diimplementasikan, yaitu :

(1) Tekanan Sel (Cell Pressure)

Tekanan sel disebut juga tegangan utama kecil (*minor principal stress*). Tekanan ini merupakan tekanan yang digunakan untuk memberikan *confining pressure* pada sampel tanah. Jumlah antara tekanan sel dengan tegangan aksial yang digunakan disebut tegangan utama besar (*major principal stress*). Tegangan aksial yang digunakan sendiri disebut sebagai selisih tegangan utama (*deviator stress*).

Dalam menghitung besarnya *deviator stress* yang terjadi, perlu diketahui bahwa nilai rata-rata luas penampang melintang (A) dari contoh tanah tidak konstan selama pengujian. Dengan demikian, perlu dilakukan koreksi terhadap hal tersebut. Jika luas sampel tanah semula adalah A_0 dan volume sampel tanah semula adalah V_0 maka koreksi terhadap luas penampang sampel uji adalah sebagai berikut,

- Bila volume sampel tanah berkurang selama pengujian :

$$A = A_0 \frac{1 - \varepsilon_v}{1 - \varepsilon_a} \quad (2.25)$$

- Bila volume sampel tanah bertambah selama pengujian :

$$A = A_0 \frac{1 + \varepsilon_v}{1 - \varepsilon_a} \quad (2.26)$$

di mana ε_v adalah regangan volume ($\Delta V/V_0$) dan ε_a adalah regangan aksial ($\Delta l/l_0$). Dalam kondisi tanah jenuh air, perubahan volume (ΔV) ditentukan dengan melakukan pengukuran terhadap volume air pori yang mengalir dari sampel tanah. Sedangkan perubahan panjang aksial (Δl) berhubungan dengan batang pembeban sehingga dapat diukur dengan menggunakan *dial* atau arloji pengukur.

(2) Tekanan Air Pori (Pore Water Pressure)

Tekanan air pori dari sampel tanah merupakan salah satu variabel yang dapat diukur dalam pengujian triaksial (terutama untuk uji triaksial CU

dan CD). Tekanan air pori ini dihitung pada kondisi tanpa pengaliran (*no flow*), baik ke dalam maupun ke luar sampel tanah. Keadaan tanpa pengaliran ini dipertahankan dengan menggunakan alat yang disebut sebagai indikator botol yang pada dasarnya terdiri dari tabung U yang sebagian diisi dengan merkuri. Salah satu kaki dari indikator tersebut dihubungkan dengan sebuah piringan berpori yang terpasang di bawah sampel tanah. Kaki lainnya dihubungkan dengan sebuah silinder pengontrol tekanan dan sebuah pengukur tekanan atau manometer. Keseluruhan sistem ini dipenuhi dengan air hampa udara. Yang perlu diperhatikan di sini bahwa hubungan antara sampel tanah dengan indikator tersebut tidak akan menyebabkan perubahan volume yang berarti bila diberi tekanan.

Setiap terjadi perubahan tekanan air pori pada sampel tanah akan ditandai dengan adanya pergeseran posisi permukaan merkuri yang terdapat di dalam indikator. Di sini, kondisi tanpa pengaliran dipertahankan dengan membuat perubahan tekanan yang sesuai pada setengah sistem lainnya dengan menggunakan silinder pengontrol sehingga posisi merkuri akan tetap. Pada saat yang sama, tekanan penyeimbang (*balancing pressure*) yang sama dengan tekanan air pori pada contoh tanah akan dicatat oleh manometer.



Gambar 2.14. Indikator Botol

(3) Tekanan Balik (*Back Pressure*)

Tekanan balik digunakan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori. Pada pengujian triaksial terkonsolidasi-takterdrainasi hubungan tersebut di tutup pada ujung yang terkonsolidasi sebelum pemberian selisih

tegangan utama di mulai. Tujuan penggunaan tekanan balik ini adalah untuk memastikan bahwa contoh tanah benar-benar telah jenuh sempurna atau untuk membuat tekanan air pori seperti kondisi di lapangan. Dalam pengujian triaksial, penting untuk memastikan bahwa tekanan balik tidak mengubah tegangan efektif contoh tanah. Dengan demikian, perlu dilakukan kenaikan tekanan sel yang sesuai dengan penggunaan tekanan balik dengan kenaikan yang sama (5-10 kPa).

2.5.3. Tahapan Pengujian

Dalam pengujian triaksial, terdapat tiga tahapan prosedur yang harus dilakukan yaitu saturasi, konsolidasi dan kompresi (*shearing*). Berikut ini penjelasan dari masing-masing tahapan prosedur tersebut.

(1) Saturasi

Proses saturasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan udara dalam sampel tanah dengan cara menggantikan volume yang terisi udara dengan air untuk mengkondisikan sampel tanah dalam keadaan jenuh sempurna. Sampel tanah yang digunakan dalam uji triaksial harus dalam kondisi jenuh sempurna (*fully saturated*) untuk bisa mengukur perubahan volume pada pengujian terdrainasi dan memberikan tekanan pori pada pengujian tak-terdrainasi. Derajat kejenuhan (S_r) sample dicek secara langsung pada sel triaksial dengan menentukan koefisien B yang ditentukan dengan persamaan berikut ini,

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3} \quad (2.27)$$

dimana $\Delta \sigma_3$ merupakan selisih kenaikan dari tekanan sel yang diaplikasikan pada sample (selisih antara tekanan sel dengan tekanan balik) dan Δu merupakan perubahan pada tekanan air pori yang diukur di bawah kondisi tak-terdrainasi. Pada kondisi umum, $\Delta \sigma_3$ yang diaplikasikan harus lebih kecil (5-10 KPa) untuk mencegah terjadinya mekanisme konsolidasi dari sample yang sedang disaturasi dan selama peningkatan tegangan total ($\Delta \sigma_3$) ini, perubahan volume (ΔV_{sk}) dari sample diasumsikan sama dengan perubahan tekanan air pori.

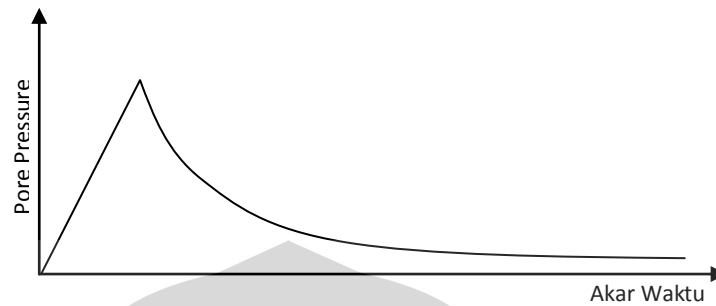
Kondisi sampel yang jenuh sempurna diindikasikan oleh nilai $B=1$. Namun, dalam prakteknya, $B \geq 99.5\%$ dianggap cukup untuk pengujian tak terdrainasi dan $B \geq 98\%$ dapat diterima untuk pengujian terdrainasi. Ketika nilai B sangat kecil, derajat saturasi (S_r) dapat ditingkatkan di bawah kondisi terdrainasi dengan meningkatkan tekanan balik (p_B) dan memberikan tambahan tekanan air di dalam rongga yang mana akan memaksa sejumlah udara terserap ke dalam solusi. Tekanan balik dan tekanan sel harus dinaikkan secara simultan sehingga perbedaan tekanan pada membran triaksial tidak berubah.

(2) *Konsolidasi*

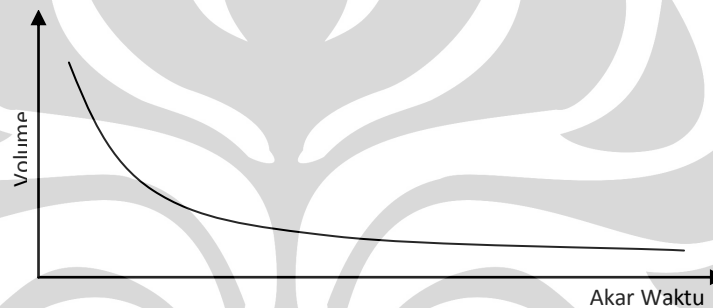
Konsolidasi merupakan mekanisme disipasi air pori dari sampel tanah akibat aplikasi dari tegangan efektif tertentu. Pada uji triaksial, konsolidasi terjadi di bawah kenaikan tegangan total yang sama, yang tegak lurus terhadap permukaan atas dan permukaan keliling sampel tanah. Proses konsolidasi ini dimaksudkan untuk memberikan tegangan efektif pada sampel tanah sesuai dengan tegangan efektif yang terjadi di lapangan. Tegangan efektif ini diperoleh dengan menaikkan nilai tekanan sel atau menurunkan tekanan balik yang bekerja pada sampel. Pada proses ini, regangan lateral pada sampel tidak sama dengan nol (sampel dapat berdeformasi dalam arah lateral atau terjadi perubahan volume). Konsolidasi yang terjadi pada pengujian triaksial ini dikategorikan sebagai konsolidasi isotropis karena proses konsolidasi dilakukan dengan mengaplikasikan tegangan radial secara merata pada sampel tanah.

Berdasarkan gambar 2.15 dan 2.16, dapat dilihat bahwa pada awal konsolidasi tekanan air pori akan mengalami kenaikan secara tiba-tiba, namun setelah beberapa saat kemudian, terjadi disipasi air pori melalui piringan berpori yang diletakkan pada bagian atas dan bawah dari sampel tanah sehingga tekanan air pori di dalam sampel tanah ini akan turun sampai mencapai kondisi yang stabil (*steady state pore pressure*). Karena air diasumsikan merupakan material yang tidak terkompresi, maka banyaknya

air yang terdisipasi dapat pula diindikasikan oleh perubahan volume yang terjadi pada sampel tanah.



Gambar 2.15. Grafik Tekanan Air Pori terhadap Akar Waktu
(Sumber : Yanrivo (2002), Skripsi FTUI, telah diolah kembali)



Gambar 2.16. Grafik Perubahan Volume terhadap Akar Waktu
(Sumber : Yanrivo (2002), Skripsi FTUI, telah diolah kembali)

(3) Kompresi

Kompresi atau *shearing* merupakan tahap terakhir dalam pengujian triaksial yang dilakukan setelah proses saturasi dan konsolidasi selesai. Pada tahap kompresi ini, sampel tanah diberikan beban aksial yang meningkat secara bertahap (simultan) sehingga diperoleh kecepatan penurunan sebesar 0.05 mm/detik. Dalam proses kompresi ini, terdapat dua buah dial penunjuk yang satu mengindikasikan besarnya penurunan yang terjadi dan yang lainnya mengindikasikan beban yang bekerja. Proses pemberian beban aksial ini dilakukan hingga sampel mengalami keruntuhan. Dengan mekanisme kompresi ini akan diperoleh kombinasi beban dengan tekanan air pori yang mengakibatkan keruntuhan geser pada sampel tanah.

2.5.4. Kriteria Keruntuhan Pada Uji Triaksial

Dalam pengujian triaksial tekan, pada umumnya regangan yang diterapkan hendaknya tidak lebih dari 25%. Hal ini terkait dengan ketersediaan panjang piston cell pada alat triaksial itu sendiri. Namun, beberapa penyimpangan dari sampel ketika berada pada regangan yang cukup besar (lebih dari 20%) dapat menghasilkan nilai yang meragukan dari perhitungan tegangan aksial. (K. H. Head, 1986)

Pada uji ini, kriteria keruntuhan untuk setiap sampel sebaiknya ditentukan berdasarkan jenis tanah dan kondisi lapangannya (in situ). Berikut ini beberapa kriteria yang mungkin dapat diterapkan diantaranya

- (1) Mulai terlihatnya keruntuhan yang diindikasikan oleh berkembangnya pembentukan permukaan gelincir pada sampel.
- (2) Bentuk kurva antara tegangan deviator vs regangan yang mulai merata/datar atau telah mencapai puncaknya.
- (3) Telah mencapai nilai regangan yang telah ditentukan sebelumnya, seperti untuk 3 tahap berturut-turut 10%, 15%, 20%. Untuk tanah tipe plastis, lebih sesuai digunakan nilai regangan 16%, 18%, dan 20%.
- (4) Pada pengujian tipe CU, kondisi pada saat rasio tegangan utama maksimum dapat menjadi indikator yang berguna. Pada tanah yang terkonsolidasi berlebih (*overconsolidated*) nilai rasio maksimum ini terjadi sebelum mencapai tegangan deviator maksimum. Nilai rasio ini sebaiknya digambarkan/diplot terhadap regangan selama proses pengujian.
- (5) Pada pengujian tipe CU, perubahan tekanan air pori dapat juga digunakan sebagai petunjuk. Nilai maksimum tekanan pori berlebih (pada tanah *non dilating*) terjadi saat mencapai puncak rasio tegangan utama.
- (6) Pada pengujian tipe CD, perilaku perubahan volume juga dapat menjadi petunjuk yang sama dan kondisi critical state di mana nilai volume menjadi tetap konstan juga relevan.

- (7) Sebagai tambahan untuk penggambaran yang mengacu pada poin 4, 5, dan 6 di atas, penggambaran dengan metode lintasan tegangan (stress path) akan sangat berguna terutama pada pengujian kondisi tanpa drainasi (undrained) dengan tegangan efektif.

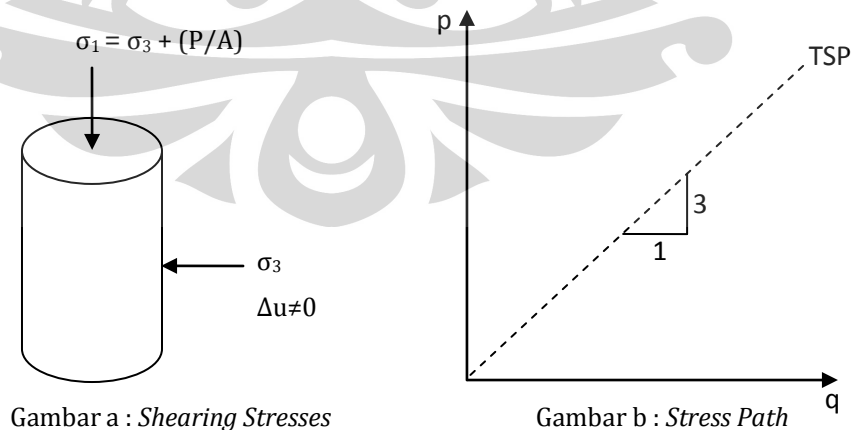
2.5.5. Jenis Pengujian Triaksial

Dalam pelaksanaan pengujian triaksial, terdapat tiga jenis metode pengujian yaitu,

(1) *Unconsolidated Undrained* (UU)

Pengujian triaksial UU ini bertujuan untuk menentukan parameter kuat geser tanah dalam kondisi *undrained* (c_u). Di dalam pengujian ini, pengaliran air tidak diijinkan pada semua tahap pengujian dan sampel tanah tidak mengalami proses konsolidasi terlebih dahulu. Dengan demikian, maka proses pengujian triaksial UU ini tergolong cepat. Selanjutnya, dilakukan proses kompresi di bawah tegangan sel tertentu hingga sampel mengalami keruntuhan. Pengujian triaksial jenis ini dapat dilakukan pada sampel tanah jenuh ataupun tak jenuh.

Tegangan-tegangan yang bekerja selama pengujian adalah sebagai berikut (Budhu, 2007),



Gambar 2.17. Tegangan, Lintasan Tegangan dan Lingkaran Mohr pada Uji Triaksial UU
(Sumber : Budhu, 2007)

- Tahap 1 : *Isotropic Compression (not consolidation) Phase*

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_1 &= \Delta\sigma_3 & \Delta u &\neq 0 \\ \Delta p &= \Delta\sigma_1 & \Delta q &= 0 & \frac{\Delta q}{\Delta p} &= 0 \end{aligned} \quad (2.28)$$

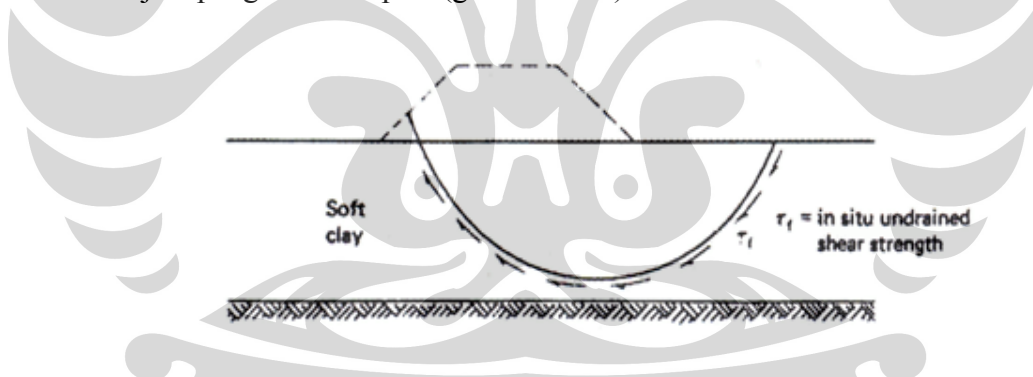
- Tahap 2 : *Shearing Phase*

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_1 &= \Delta\sigma_3 & \Delta u &\neq 0 \\ \Delta p &= \Delta\sigma_1 & \Delta q &= 0 & \frac{\Delta q}{\Delta p} &= 0 \end{aligned}$$

Parameter kuat geser yang diperoleh dari pengujian ini merupakan parameter kuat geser tanah dalam keadaan *undrained* (tanpa pengaliran) yang dirumuskan oleh persamaan berikut ini,

$$\tau = c_u + \sigma \tan \phi_u$$

Di lapangan, pengujian ini dapat diaplikasikan pada kondisi timbunan di atas *soft clay* yang dibangun secara cepat sehingga diasumsikan belum terjadi pengaliran air pori (gambar 2.18).

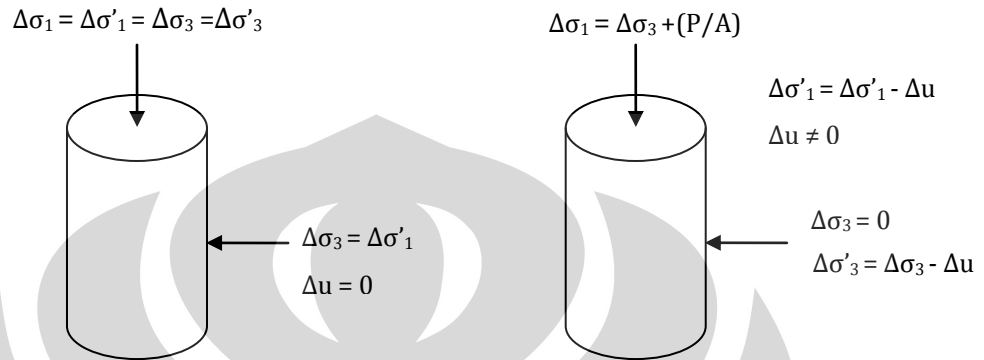


Gambar 2.18. Contoh Penggunaan UU Strength (*Embankment constructed rapidly over a soft clay deposit*)

(2) Consolidated Undrained (CU)

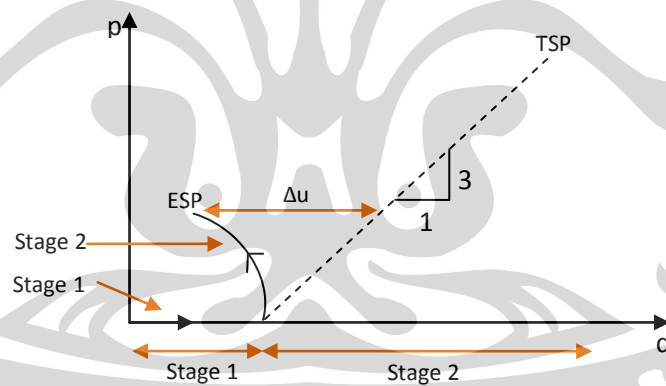
Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan parameter kuat geser tanah baik dalam kondisi *undrained* maupun *drained*. Pada pengujian ini, pengaliran air pori dari sample diperbolehkan di bawah tekanan sel tertentu sampai proses konsolidasi selesai. Namun, pada tahap kompresi, katup pengaliran ditutup yang berarti pengaliran air pori tidak lagi diijinkan. Selanjutnya, proses kompresi dilakukan di bawah tekanan sel tertentu

dengan mengaplikasikan tekanan aksial yang ditransmisikan ke sampel melalui *loading ram* hingga sampel mengalami keruntuhan. Berikut ini tegangan-tegangan yang bekerja selama pengujian triaksial CU (Budhu, 2007)



Gambar a : Stage 1-Consolidation Phase

Gambar b : Stage 2-Shearing Phase



Gambar c : Stress Path

Gambar 2.19. Tegangan, Lintasan Tegangan dan Lingkaran Mohr pada Uji Triaksial CU (Sumber : Budhu, 2007)

• Tahap 1 : *Isotropic Consolidation Phase*

$$\Delta\sigma_1 = \Delta\sigma_3 = \Delta\sigma'_1 = \Delta\sigma'_3; \quad \Delta\sigma_1 > 0 \quad \Delta u = 0 \quad (2.29a)$$

$$\Delta p' = \Delta p = \Delta\sigma_1; \quad \Delta q = 0 \quad \frac{\Delta q}{\Delta p} = 0 \quad (2.29b)$$

- Tahap 2 : *Shearing Phase*

$$\Delta\sigma_1 > 0; \quad \Delta\sigma_3 = 0; \quad (2.30)$$

$$\Delta\sigma'_1 = \Delta\sigma_1 - \Delta u; \quad \Delta\sigma'_3 = -\Delta u$$

$$\Delta p = \frac{\Delta\sigma_1}{3}; \quad \frac{\Delta q}{\Delta p} = 3; \quad \Delta q = \Delta\sigma_1$$

$$\Delta p' = \Delta p - \Delta u = \frac{\Delta\sigma_1}{3} - \Delta u$$

$$\frac{\Delta q}{\Delta p'} - \frac{\Delta\sigma_1}{\frac{\Delta\sigma_1}{3} - \Delta u} = \frac{3}{1 - \frac{3\Delta u}{\Delta\sigma_1}}$$

Dalam pengujian ini, parameter kuat geser tanah yang diperoleh dapat dinyatakan dalam kondisi tegangan normal maupun tegangan efektif. Hal ini dikarenakan, selama pengujian, dapat dilakukan pengukuran terhadap perubahan tekanan air pori pada sampel.

$$\tau' = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \quad \rightarrow \text{bila } u \text{ diukur} \quad (2.31a)$$

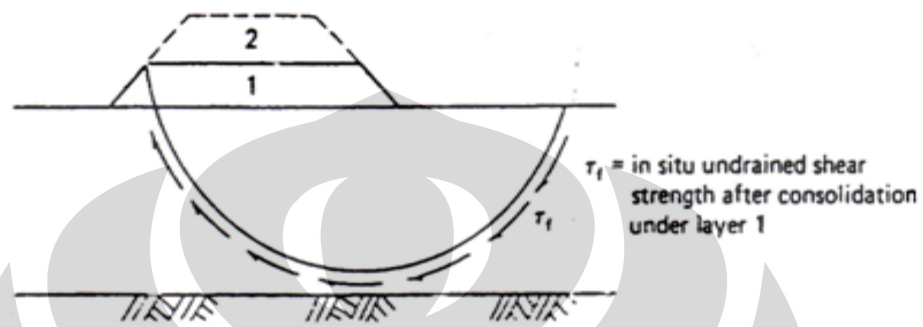
$$\tau = c_u + \sigma \tan \phi_u \quad \rightarrow \text{bila } u \text{ tidak diukur} \quad (2.31b)$$

c_u merupakan parameter kuat geser tanah dalam kondisi *undrained*. Nilai c_u ini dapat ditentukan dengan menarik garis horizontal dari salah satu lingkaran Mohr hingga berpotongan dengan sumbu-y (*shear stress*). Setiap lingkaran Mohr yang dinyatakan dalam kondisi tegangan normal, berkorelasi dengan suatu nilai c_u karena setiap pengujian mempunyai kondisi tekanan air pori awal yang berbeda-beda akibat perbedaan *confining pressure* atau pemberian tekanan pada tahap kondolidasi. Selain itu, nilai c_u juga dapat ditentukan dengan persamaan,

$$c_u = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_f}{2} = \frac{(P_z)_{max}}{2A} \quad (2.32)$$

Pengujian ini merupakan pengujian triaksial yang paling populer karena selain dapat digunakan untuk menentukan parameter kuat geser tanah baik dalam kondisi *drained* maupun *undrained*, hasilnya juga dapat dinyatakan dalam kondisi tegangan normal dan efektif. Selain itu, pengujian ini juga relatif cepat (dibandingkan dengan tipe *Consolidated Drained*) karena proses kompresi dapat dilakukan sesaat setelah proses konsolidasi

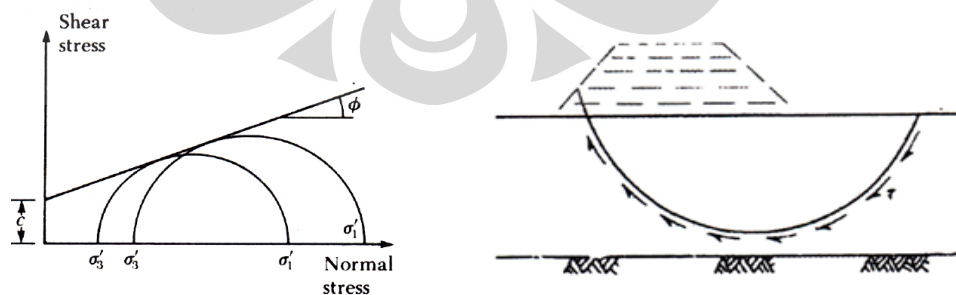
selesai (24 jam). Di lapangan, pengujian ini menganalogikan kondisi tanah di bawah timbunan yang prosesnya dilakukan secara bertahap dan pada kondisi ini tanah dasar berada telah menerima beban tambahan berupa timbunan tahap kedua yang diletakkan setelah terjadi konsolidasi akibat timbunan tahap pertama.



Gambar 2.20. Contoh Penggunaan CU Strength (Embankment raised (2) subsequent to consolidation under its original height (1))

(3) Consolidated Drained (CD)

Pada pengujian ini, pengaliran diperbolehkan di bawah tekanan sel tertentu sampai konsolidasi selesai. Selanjutnya, pada tahap kompresi, tegangan aksial diberikan dengan tetap mengijinkan terjadinya pengaliran air pori dari dan ke dalam sample tanah. Selama proses pengujian, pengukuran terhadap perubahan tekanan air pori pada sampel dapat dilakukan.



Gambar 2.21. Tipikal Diagram Lingkaran Mohr untuk Pengujian Triaksial CD (kiri) dan Contoh Penggunaan CD Strength (kanan)

Parameter kuat geser tanah yang diperoleh dari pengujian ini merupakan kuat geser dalam kondisi *drained* dan dinyatakan dalam kondisi tegangan efektif sebagai berikut,

$$\tau' = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \quad (2.33)$$

Di lapangan, pengujian ini mewakili kondisi tanah (*soft clay*) di bawah timbunan bertahap yang dilakukan secara perlahan sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 2.21.

2.5.6. Pemilihan Jenis Pengujian Triaksial

Dalam aplikasinya, masing-masing pengujian triaksial mempunyai spesifikasi yang sesuai dengan tipe-tipe konstruksi tertentu dan tidak semua jenis pengujian triaksial sesuai untuk semua kondisi tersebut. Oleh sebab itu perlu dipelajari pemilihan jenis pengujian triaksial yang tepat agar nantinya parameter yang dihasilkan dapat diaplikasikan di lapangan. Berikut ini tabel yang menjelaskan pemilihan masing-masing jenis pengujian triaksial untuk berbagai tipe konstruksi.

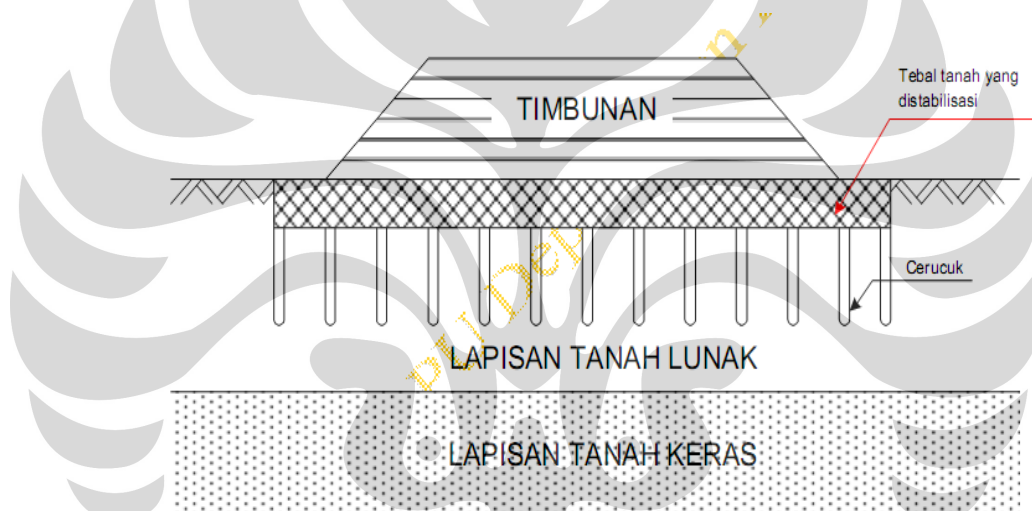
Tabel 2.2. Pemilihan Jenis Pengujian Triaksial

Jenis Tanah	Jenis Konstruksi	Jenis Tes dan Kekuatan Geser
Kohesif	Jangka Pendek (Akhir masa konstruksi)	Triaxial UU atau CU untuk <i>Undrained Strength</i> dengan level tegangan insitu yang sesuai
	Konstruksi bertahap	Triaxial CU untuk <i>Undrained Strength</i> dengan level tegangan yang sesuai
	Jangka Panjang	Triaxial CU dengan pengukuran tekanan air pori atau Triaxial CD untuk parameter kuat geser efektif
Granular	Semua jenis	Parameter strength ϕ' yang didapat dari uji lapangan atau direct shear
Material c- ϕ	Jangka Panjang	Triaxial CU dengan pengukuran tekanan air pori atau Triaxial CD untuk parameter kuat geser efektif

2.6. Metode Perkuatan Tanah dengan Cerucuk

2.6.1. Konsep Dasar

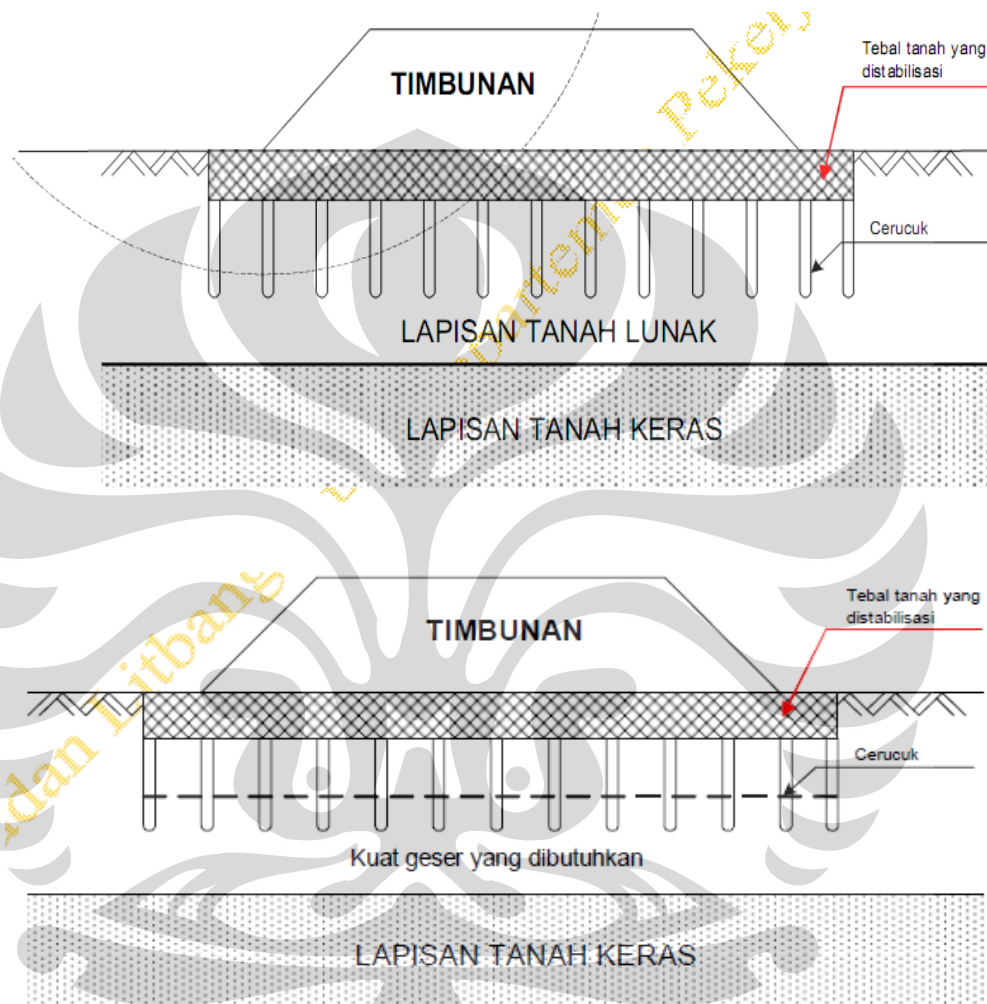
Stabilisasi tanah pada prinsipnya dilakukan pada tanah-tanah yang memiliki daya dukung rendah seperti tanah lunak yaitu tanah yang memiliki kuat geser *undrained* lapangan kurang dari 40 kPa dan kompresibilitas tinggi. Stabilisasi tersebut dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar sekaligus meningkatkan daya dukung tanahnya sehingga dapat memberikan faktor keamanan yang lebih baik untuk konstruksi yang akan dibangun di atasnya.



Gambar 2.22. Stabilisasi Tanah dengan Menggunakan Cerucuk
(Sumber : Pedoman Stabilisasi Dangkal Tanah Lunak untuk Konstruksi Timbunan Jalan dengan Semen dan Cerucuk, 2005)

Dari segi kinerja, stabilisasi tanah ini dapat mengurangi penurunan total dan perbedaan penurunan, deformasi lateral, serta meningkatkan stabilitas fondasi, baik jangka pendek maupun jangka panjang. Berdasarkan Pedoman Stabilisasi Dangkal Tanah Lunak untuk Konstruksi Timbunan Jalan dengan Semen dan Cerucuk disebutkan bahwa teknik stabilisasi dengan menggunakan tiang cerucuk (*short-piles*) berfungsi untuk menyebarkan tegangan ke lapisan tanah yang lebih dalam. Sedangkan menurut Broom (1972), dikatakan bahwa penggunaan cerucuk dapat

meningkatkan kestabilan timbunan di atas tanah lunak terutama terhadap kelongsoran. Dalam kasus ini, pemasangan cerucuk pada bidang kelongsoran akan memberikan tambahan momen pada lereng timbunan sekaligus meningkatkan kekuatan geser pada lereng tersebut.



Gambar 2.23. Stabilisasi dengan cerucuk meningkatkan stabilitas jangka pendek (atas) dan mengurangi penurunan (bawah)
(Sumber : Badan Litbang PU, 2005)

Pemakaian cerucuk sebagai usaha untuk meningkatkan daya tanah secara sederhana memiliki beberapa keunggulan antara lain biaya yang relatif murah, bahan mudah didapat, pelaksanaannya sederhana, mudah dikontrol serta waktu pelaksanaan yang singkat. Sedangkan ditinjau dari aspek teknis, pilihan penggunaan kayu cerucuk lebih di karenakan sifat alaminya, yakni tahan lama dan tidak mudah melapuk. Selain itu, kayu

cerucuk juga memiliki tingkat rekatan yang tinggi saat dibenamkan di dalam tanah (Tjandrawibawa *et al.*, 2000).

Dalam Pedoman Teknis Tata Cara Pondasi Cerucuk Kayu Di Atas Tanah Lembek dan Tanah Gambut, dijelaskan bahwa cerucuk kayu merupakan susunan tiang kayu dengan diameter atau ukuran sisi antara 8 dan 15 cm yang dimasukkan ke dalam tanah sehingga berfungsi sebagai pondasi. Dalam pedoman teknis ini, disebutkan pula spesifikasi teknis untuk cerucuk kayu yang biasa digunakan di lapangan (tabel 2.3)

Tabel 2.3. Persyaratan Cerucuk Kayu di Lapangan (Sumber : Pedoman Teknik Tata Cara Pelaksanaan Pondasi Cerucuk Kayu di Atas Tanah Lunak, 2002)

Uraian	Persyaratan
Diameter	Minimum 8 cm, maksimum 15 cm
Panjang	Minimum 3.5 m, maksimum 6 m
Kelurusan	Cukup lurus, tidak belok dan bercabang
Kekuatan	Minimum kelas kuat II I PPKI 1973
Tegangan	Minimum Was kuat III untuk mutu A PPKI 1973

2.6.2. Aplikasi Perkuatan Cerucuk di Lapangan

Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk dan / atau matras bambu telah digunakan pada beberapa pekerjaan timbunan di atas tanah lunak.

- (1) Penggunaan matras bambu dalam pembangunan *embankment dike* di PLTGU Tambak Lorok Semarang ditunjukkan dalam Gambar 2.24. Pada lokasi tersebut matras bambu digunakan sebagai perkuatan tanah dasar di bawah *embankment dike* pada *out fall channel* sepanjang 1 km. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa lempung berlanau sangat lunak hingga lunak sedalaman 27 m, sedangkan timbunan *out fall channel* yang dibangun adalah setinggi 3 m. Matras bambu yang digunakan sebanyak 3 lapis.



Gambar 2.24. Perkuatan cerucuk matras bambu yang digunakan dalam pembangunan embankment dike pada tambak Lorok Out Fall Channel sepanjang 1 km di PLTGU tambak Lorok, Semarang (Irysam, 1996).

- (2) Penggunaan cerucuk matras bambu untuk bangunan pengendali banjir di Boezem Morokrempangan Surabaya ditunjukkan dalam gambar 2.25. Pada pekerjaan tersebut, cerucuk matras bambu digunakan untuk perkuatan tanah dasar di bawah timbunan struktur palisade. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa lumpur dan lempung sangat lunak sedalam 12 – 20 m, sedangkan timbunan struktur palisade yang dibangun adalah setinggi 2,5 – 5 m diatas seabed. Cerucuk bambu yang digunakan dalam pekerjaan tersebut sedalam 8 m, sedangkan matras bambu yang digunakan sebanyak 3 lapis.



Gambar 2.25. Perkuatan cerucuk matras bambu yang digunakan untuk timbunan struktur Palisade pada bangunan pengendali banjir di Boezem Morokrempangan, Surabaya (Irysam, 2000).

- (3) Cerucuk matras bambu juga telah digunakan pada Pelabuhan Ikan Muara Angke Jakarta. Pada lokasi tersebut, cerucuk matras bambu digunakan untuk perkuatan tanah dasar di bawah struktur causeway

dan struktur *breakwater*. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa tanah lempung sangat lunak hingga lunak dengan kedalaman 9–14 m, sedangkan timbunan *breakwater* yang dibangun adalah setinggi 6,6 m diukur dari seabed dengan ketinggian di atas muka air laut terendah sebesar 3,6 m. Cerucuk bambu yang digunakan dalam pekerjaan tersebut sedalam 6 m, sedangkan matras bambu yang digunakan sebanyak 5 lapis. Penggunaan cerucuk matras bambu pada Pelabuhan Ikan Muara Angke Jakarta ditunjukkan dalam Gambar 2.26.



Gambar 2.26. Perkuatan cerucuk matras bambu digunakan dalam struktur Break Water dan Cause-way di pelabuhan ikan Muara Angke, Jakarta Utara (Irsyam, 2000)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Penelitian

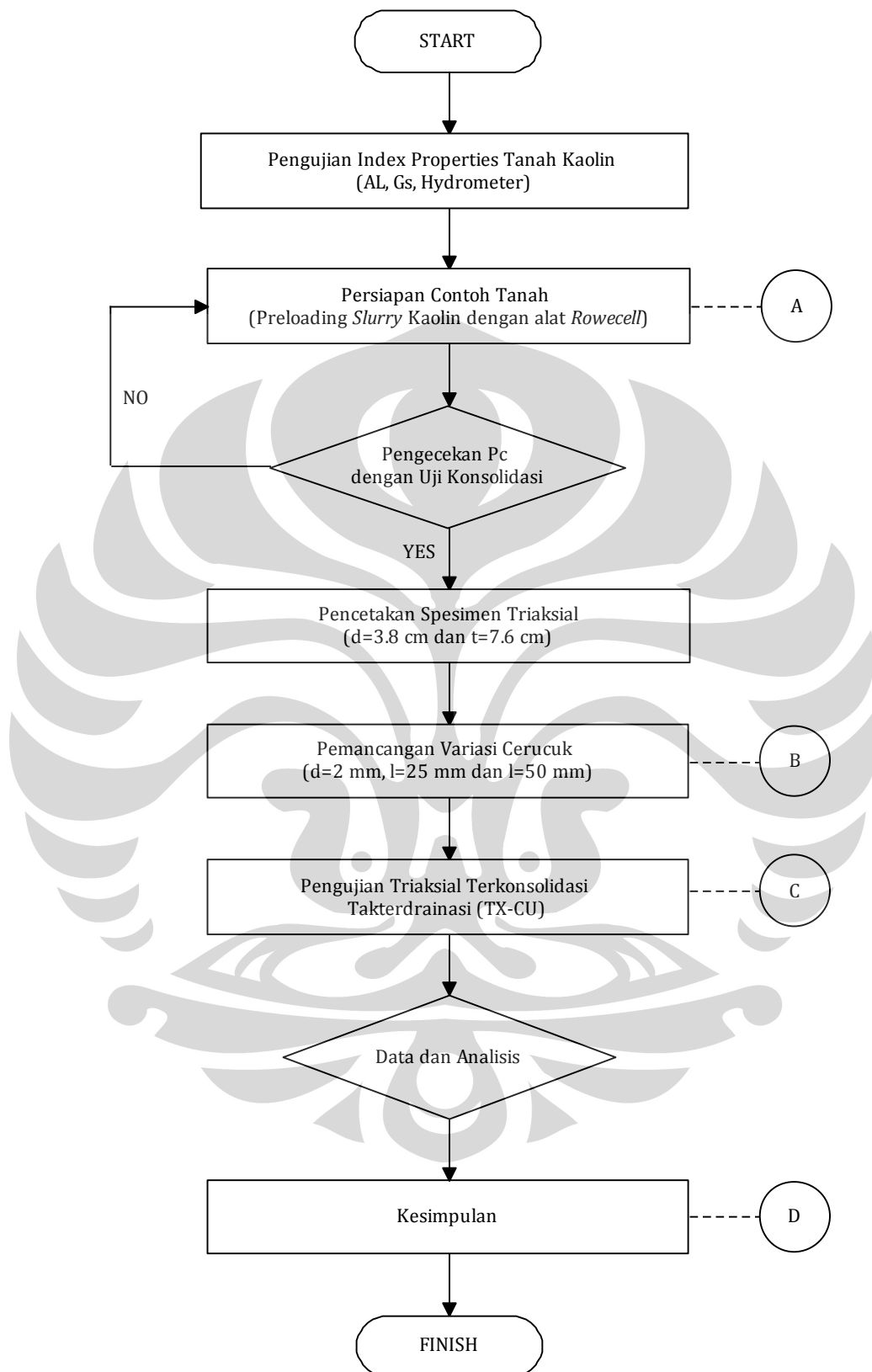
Dalam penelitian ini, kegiatan pengujian akan dibagi menjadi dua kategori yaitu kegiatan penelitian utama dan sekunder.

- (1) Kegiatan penelitian utama terdiri dari empat kegiatan antara lain :
 - Pengujian indeks propertis dari material tanah kaolin yang terdiri dari uji batas-batas *Atterberg*, berat jenis spesifik dan analisa ukuran butiran.
 - Persiapan contoh tanah yang dilakukan dengan menggunakan bantuan alat *Rowe cell* dengan mengaplikasikan beban *preloading* sebesar $P_c = 100$ kPa.
 - Pengujian triaksial terkonsolidasi takterdrainasi (TX-CU) untuk memperoleh data parameter kekuatan geser tanah.

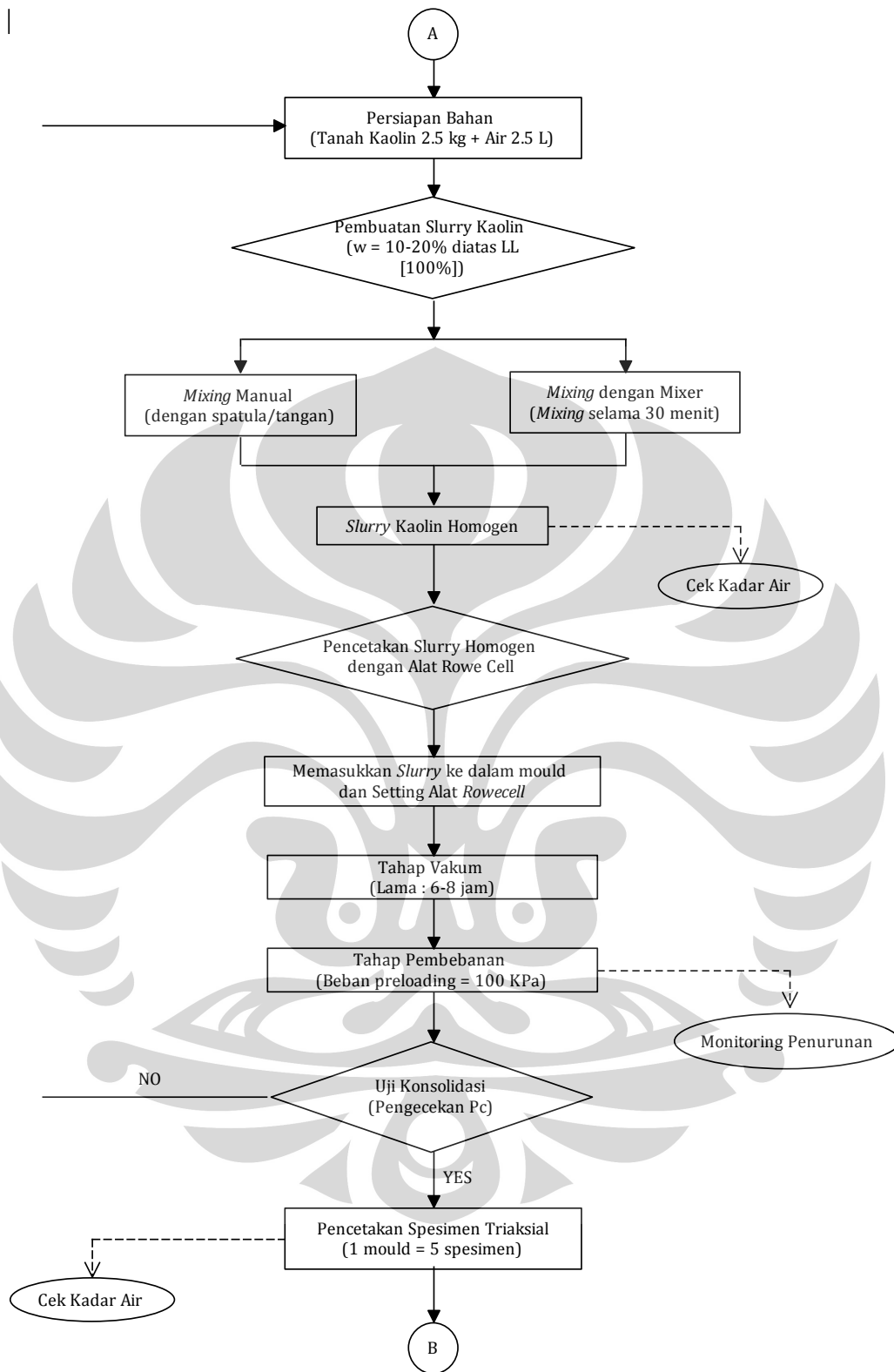
- (2) Kegiatan penelitian sekunder

Kegiatan pengujian sekunder ini dilakukan untuk mengecek kesesuaian nilai P_c sampel dengan tekanan yang diberikan ketika contoh tanah di-*preloading* dengan alat *Rowe cell*. Pengujian ini dilakukan dengan uji konsolidasi dengan alat konsolidometer.

Untuk lebih jelasnya mengenai tahapan-tahapan dalam kegiatan penelitian ini, dapat dilihat pada gambar 3.1-3.4 di bawah ini.

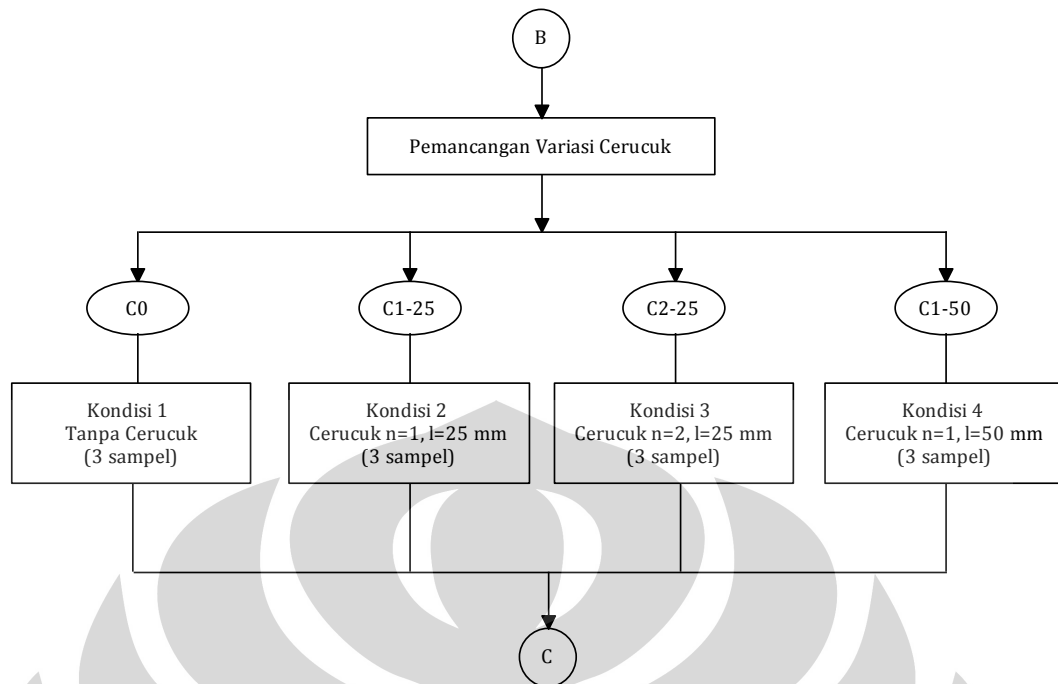


Gambar 3.1. Diagram Alir Gambaran Umum Kegiatan Penelitian

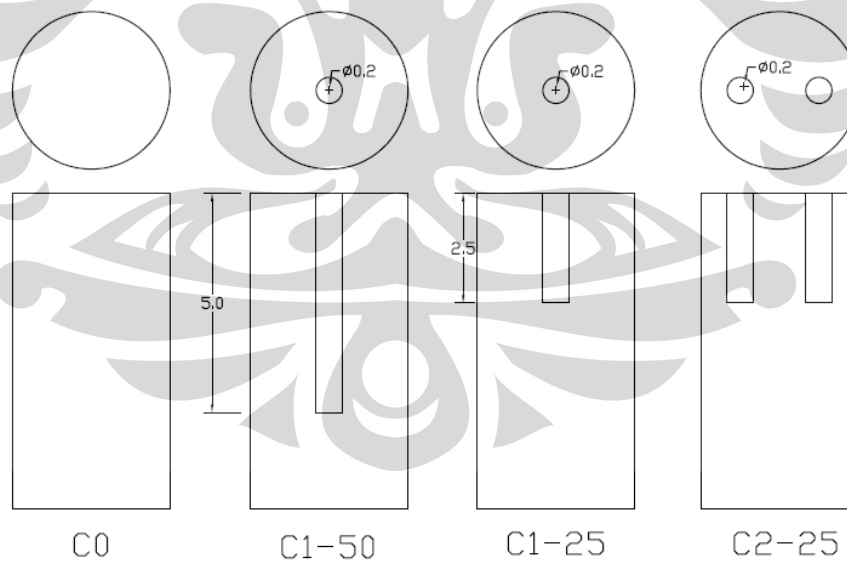


Universitas Indonesia

Gambar 3.2. Diagram Alir Persiapan Contoh Tanah (*Preloading* dengan Alat Rowe cell)

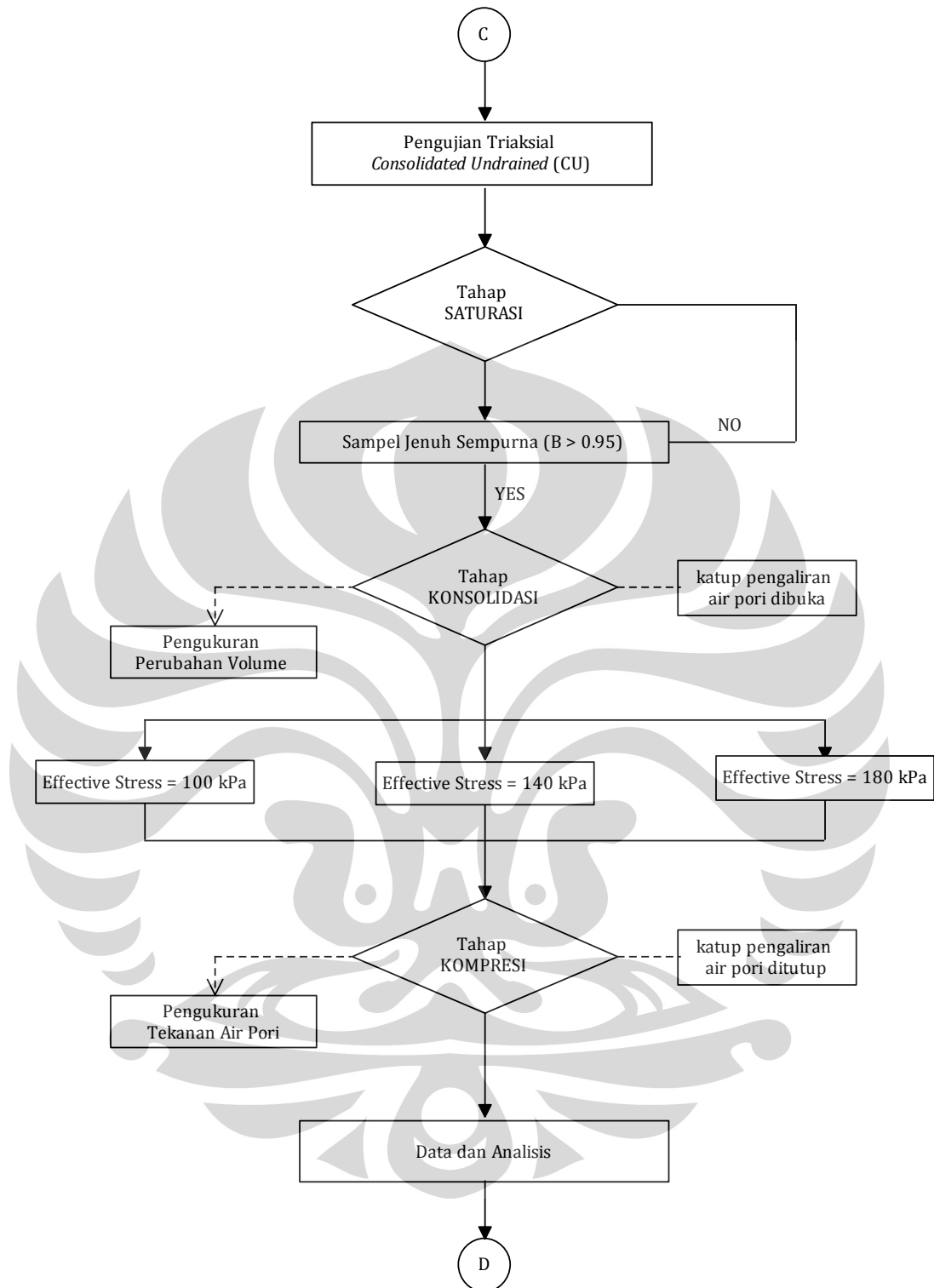


Gambar 3.3. Diagram Alir Variasi Pemancangan Cerucuk



Keterangan :
Satuan dalam cm

Gambar 3.4. Konfigurasi Variasi Benda Uji Kaolin + Cerucuk pada Pengujian Triaksial CU



Gambar 3.5. Diagram Alir Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi (TX-CU)

3.2. Deskripsi Material Uji

Dalam penelitian ini, material benda uji yang digunakan untuk membuat sampel tanah adalah tanah kaolin murni dalam bentuk bubuk (*powder*) yang merupakan hasil pabrikasi. Kaolin yang digunakan adalah kaolin dengan merek dagang '*kaolin filler super 325 mesh*' yang diproduksi oleh PT Asia Kaolin Raya dan biasa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan keramik. Secara visual, tanah kaolin ini berupa bubuk berwarna putih menyerupai tepung dengan kadar air berkisar antara 1-2%. Karena kondisinya yang berupa bubuk maka untuk pembuatan sampel tanah, bubuk kaolin dimodifikasi terlebih dahulu menjadi *slurry* dengan cara mencampur bubuk kaolin dengan air hingga kadar airnya mencapai $\pm 100\%$. Setelah itu baru diberikan pembebanan dengan tekanan tertentu supaya dihasilkan sampel tanah yang lebih padat sehingga bisa dicetak sebagai benda uji triaksial.

Sedangkan untuk pemodelan cerucuk-nya, akan digunakan biting-biting kayu yang dibuat dengan diameter ± 2 mm. Biting kayu tersebut diruncingkan bagian ujungnya untuk memudahkan proses pemancangan pada sampel tanah sekaligus untuk mengurangi efek pemadatan akibat proses pemancangan.

3.3. Pengujian Indeks Propertis Tanah

3.3.1. Kadar Air (w)

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kadar air awal dari sampel tanah kaolin. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan sejumlah tanah kaolin ke dalam wadah kemudian menimbanginya untuk mengetahui berat basahnya. Selanjutnya, sample dimasukkan ke dalam oven selama kurang lebih 24 jam. Setelah itu, sample tanah ditimbang kembali untuk mengetahui berat keringnya. Kadar air sample tanah diperoleh dari perbandingan antara berat air terhadap berat tanah dalam kondisi kering oven. Persamaan untuk menghitung kadar air (w) adalah sebagai berikut,

$$w = \frac{W_{wet} - W_{dry}}{W_{dry}} \times 100\% \quad (3.1)$$

3.3.2. Berat Jenis Spesifik (G_s)

Pengujian *specific gravity* dimaksudkan untuk mendapatkan nilai *specific gravity* dari tanah kaolin yang digunakan sebagai benda uji. Prosedur pengujian ini didasarkan pada ASTM D 854-83. Nilai berat jenis spesifik tersebut diperoleh dari perbandingan antara berat isi tanah dengan berat air pada suhu 40°C.

$$G_s = \frac{\gamma_{soil}}{\gamma_{water}} \quad (3.2)$$

Sedangkan dalam penelitian, persamaan di atas dikoreksi dengan koefisien α yang merupakan faktor koreksi suhu untuk pengujian pada suhu T°C.

$$G_s = \alpha \frac{W_{soil}}{W_{water}} \quad (3.3)$$

3.3.3. Batas-Batas Atterberg

Pengujian batas-batas *Atterberg* ini dilakukan untuk mengetahui konsistensi tanah yang diindikasikan oleh kadar air pada batas cair (*liquid limit*), plastis (*plastic limit*) dan susut (*shrinkage limit*). Prosedur pengujian ini didasarkan pada ASTM 4318-84. Pengujian ini sangat penting karena akan digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pembuatan *slurry* kaolin dalam tahap persiapan contoh tanah.

Di dalam laboratorium, batas cair didefinisikan sebagai kadar air dimana contoh tanah yang telah dimasukkan pada alat *Cassagrande*, dibuat celah di tengahnya dengan *standard grooving tool* lalu alat *Cassagrande* diputar dengan kecepatan 2 ketukan per-detik dan tinggi jatuh 10 mm, sehingga pada ketukan ke-25 contoh tanah yang digores dengan *grooving tool* merapat sepanjang 0,5 inch. Sedangkan batas plastis didefinisikan sebagai kadar air pada batas dimana contoh tanah digulung pada pelat kaca hingga mencapai diameter kurang lebih $\frac{1}{8}$ inch (3.2 mm) dan tanah tersebut tepat retak-retak halus. Dan untuk batas susut didefinisikan sebagai batas di mana tidak akan terjadi perubahan volume pada

massa tanah, apabila kadar airnya dikurangi. Pada tahapan ini tanah mengering tanpa diikuti perubahan volume (Modul Praktikum Mekanika Tanah, 2006).

Selain nilai batas cair (LL), batas plastis (PL) dan batas susut (SL), dari pengujian batas-batas *Atterberg* ini juga dapat diperoleh nilai Indeks Plastisitas (PI) yang merupakan batas atas dari rantang kadar air dimana tanah masih bersifat plastis dan *liquidity index* (LI) yang merupakan kadar air sampel tanah relatif terhadap batas cair dan batas plastis-nya. Secara matematis hubungan nilai *Atterberg* limit dengan PI dan LI direpresentasikan oleh persamaan berikut ini,

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

$$LI = \frac{w - PL}{PI} \quad (3.5)$$

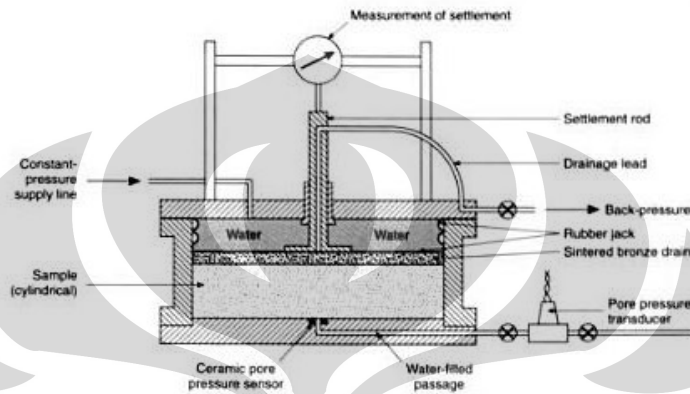
3.3.4. Analisa Ukuran Butiran

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran dari sampel tanah kaolin. Pengujian ini terdiri dari dua jenis pengujian yaitu, *hydrometer analysis* dan *sieve analysis*. *Hydrometer analysis* merupakan pengujian untuk mengetahui distribusi butiran dengan diameter yang lebih kecil dari 0.074 mm (lolos saringan no. 200 ASTM) dengan cara pengendapan. Sedangkan *sieve analysis* untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang berdiameter 4.76 mm sampai 0.074 mm (lolos saringan No. 4 ASTM dan tertahan saringan No. 200). Pada penelitian ini, pengujian untuk *grain size analysis* hanya dilakukan dengan *hydrometer analysis* karena semua sampel tanah lolos saringan No. 200 sehingga *sieve analysis* tidak perlu dilakukan.

3.4. Persiapan Contoh Tanah

Pada penelitian ini, contoh tanah yang akan digunakan dalam pengujian triaksial dicetak dengan menggunakan bantuan alat *rowe cell* yang dimodifikasi dengan menggunakan tabung (*mould*) *Compacted Bearing Ratio* (CBR) yang berukuran tinggi (t)=17.7 cm dan diameter (d)=15.4 cm. Dengan alat ini sampel tanah kaolin yang awalnya berupa bubuk dibuat menjadi *slurry* dan kemudian dicetak sedemikian rupa sehingga dihasilkan contoh tanah yang lebih padat

(seperti hasil *compaction*). Prinsip dari alat *Rowe cell* sendiri adalah berupa pemberian beban prakonsolidasi secara konstan sehingga mengakibatkan *slurry* kaolin mengalami proses konsolidasi dan menjadi lebih padat. Konfigurasi umum dari alat *Rowe cell* dapat dilihat pada gambar 3.6 di bawah ini. Sedangkan untuk skema modifikasi lengkapnya dapat dilihat pada bagian Lampiran E.



Gambar 3.6. Konfigurasi Alat *Rowe cell*

Untuk urutan mekanisme pembuatan contoh tanah pada penelitian ini secara garis besar direpresentasikan oleh gambar 3.2 dan berikut ini penjelasan untuk prosedur pelaksanaannya,

3.4.1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, kegiatan yang dilakukan antara lain :

- (1) Mencampur tanah kaolin dan air suling hingga homogen. Pencampuran dilakukan secara manual dengan tangan kemudian dilanjutkan pengadukan dengan mixer selama ± 30 menit. Hasil dari campuran kaolin dan air ini selanjutnya disebut *slurry*. *Slurry* kaolin yang dihasilkan mempunyai kadar air antara 10%-20% di atas *liquid limit* tanah kaolin atau $\pm 100\%$. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan ketika memasukkan sampel ke dalam *mould*.
- (2) Mengolesi *mould* CBR dengan vaselin atau oli untuk mengurangi terjadinya gesekan antara sampel dengan *mould* pada saat pembebanan sekaligus memudahkan pengeluaran sampel tanah dari *mould*.

- (3) Memasang *mould* CBR pada alat *Rowe cell* dan meletakkan kertas pori pada dasar *mould*.
- (4) Memasukkan *slurry* yang telah homogen ke dalam *mould* CBR yang telah terpasang di alat *Rowe cell*. *Slurry* ini dimasukkan selapis demi selapis sambil diratakan untuk mengurangi kemungkinan adanya udara yang terperangkap. Pengisian *slurry* dilakukan hingga tersisa ketinggian $\pm 2-3$ cm dari permukaan bagian atas *mould*.
- (5) Setelah pengisian *slurry* selesai dilakukan, kertas pori, batu pori dan plat penekan *Rowe cell* disusun secara berurutan di atas *slurry*, kemudian baut-baut pada sisi alat dikencangkan.
- (6) Memasang dial penurunan yang terhubung dengan bagian atas penutup *Rowe cell* untuk memonitor besarnya penurunan yang terjadi pada *slurry* selama proses pembebanan berlangsung.

3.4.2. Tahap Vakum

Tahap vakum ini dilakukan dengan tujuan untuk mengeluarkan sejumlah udara yang masih terperangkap di dalam *slurry*. Proses ini dilakukan sebelum proses pembebanan dilakukan. Melalui tahap ini diharapkan proses pembebanan yang dilakukan dapat lebih efektif. Prosedur yang dilakukan selama tahap vakum :

- (1) Menghubungkan pipa dari pompa vakum dengan katup bagian atas pada penutup *Rowe cell*.
- (2) Menyalakan pompa vakum hisap selama $\pm 6-8$ jam. Selama proses vakum ini berlangsung, perlu diperhatikan bahwa semua katup pada *Rowe cell* dalam keadaan tertutup (kecuali katup yang terhubung dengan pompa vakum). Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa hanya udara yang tersedot keluar dari *slurry* sehingga dapat dikatakan bahwa proses vakum ini berhasil.

3.4.3. Tahap Pembebanan

Tahap ini dilakukan dengan memberikan beban awal pada *slurry* kaolin yang sifatnya konstan selama masa pembebanan (± 1 minggu). Beban yang digunakan berupa beban vakum tekan sebesar 100 kPa. Pemberian tekanan ini,

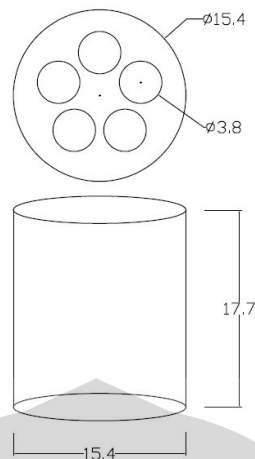
akan membuat *slurry* kaolin berubah menjadi lebih padat sehingga bisa dicetak sebagai spesimen triaksial. Pada saat pembebanan semua katup drainasi pada *Rowe cell* dibuka. Kondisi ini memungkinkan air pori untuk keluar dari contoh tanah sehingga akan terjadi proses konsolidasi yang berimplikasi pada penurunan kadar air dan peningkatan kepadatan contoh tanah.

Prosedur yang dilakukan selama tahap pembebanan :

- (1) Memutar knop tekanan sesuai P_c rencana (100 KPa = 1 bar). Tekanan ini mengindikasikan besarnya tekanan pra-konsolidasi yang diinginkan pada contoh tanah dan sifatnya konstan selama masa pembebanan.
- (2) Membuka katup *constant pressure supply line* pada bagian atas penutup *Rowe cell*.
- (3) Mencatat penurunan yang terjadi pada sampel tanah selama masa pembebanan. Pencatatan ini dilakukan setiap hari, untuk hari pertama, pencatatan dilakukan setiap 30 menit sekali pada 4 jam pertama. Untuk hari-hari selanjutnya, pencatatan dilakukan satu kali sehari untuk memonitor besarnya penurunan harian. Pencatatan ini terus dilakukan sampai diketahui bahwa penurunan yang terjadi mulai konstan dan mendekati nol.
- (4) Setelah dipastikan penurunan yang terjadi mendekati nol, dilanjutkan dengan pembongkaran sampel dan pencetakan spesimen triaksial dengan bantuan alat *extruder*.

3.4.4. **Pencetakan Benda Uji Triaksial**

Saat penurunan contoh tanah sama dengan atau mendekati nol, pemberian tekanan pada tabung dihentikan dengan cara memutar knop pengatur tekanan kembali pada posisi nol. Selanjutnya, baut-baut pengencang pada tabung serta penutup *rowe cell* dibuka. Sampel tanah yang sudah padat ini selanjutnya dicetak dengan menggunakan cetakan triaksial dengan ukuran $t = 7.6$ cm dan $d = 3.8$ cm. Untuk satu cetakan *mould* CBR dapat dihasilkan 4-5 benda uji triaksial. Proses pencetakan ini dilakukan dengan bantuan *extruder* untuk mengeluarkan cetakan berikut sampel tanahnya. Gambar 3.7 berikut merepresentasikan konfigurasi pencetakan contoh uji triaksial.



Gambar 3.7. Konfigurasi Pencetakan Contoh Uji Triaksial (satuan dalam cm)

3.5. Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi

3.5.1. Variasi Benda Uji Triaksial

Pengujian triaksial CU ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c') dan sudut geser tanah (ϕ') serta sejumlah parameter kondisi kritis seperti M , q_0 , lamda (λ), gamma (Γ) dan N . Pengujian triaksial CU ini akan dilakukan pada sampel dengan beberapa variasi kondisi berikut ini,

Tabel 3.1. Variasi Contoh Ujl yang digunakan dalam Uji Triaksial CU

No.	Kode Sampel	Variasi Gerucuk			Jumlah Sampel
		Diameter	Panjang	Jumlah	
1.	CO	0	0	0	3 buah
2.	C1-25	2 mm	25 mm	1	3 buah
3.	C2-25	2 mm	25 mm	2	3 buah
4.	C1-50	2 mm	50 mm	1	3 buah
Total					12 buah

3.5.2. Prosedur Pengujian Triaksial CU

Pada pengujian triaksial CU sampel tanah akan mengalami tiga perlakuan yaitu, saturasi, konsolidasi dan kompresi dengan pengukuran tekanan air pori.

Tahapan-tahapan pada pengujian triaksial CU ini secara garis besar digambarkan pada diagram alir 3.3.

(1) Tahap Saturasi

Proses saturasi dilakukan untuk membuat sampel tanah berada dalam kondisi jenuh sempurna sehingga lebih relevan dengan kondisi di lapangannya. Kondisi jenuh sempurna ini diindikasikan oleh keadaan di mana semua void dalam sampel tanah telah terisi oleh air (tidak mengandung udara) atau dalam pengujian triaksial CU ini diindikasikan oleh nilai B atau derajat saturasi di mana

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3} \quad (3.6)$$

Pada uji triaksial CU, proses saturasi ini dilakukan dengan pemberian tekanan sel tertentu yang dikombinasikan dengan pemberian tekanan balik. Pemberian tekanan sel dan tekanan balik dilakukan secara simultan dengan mengaplikasikan selisih antara tekanan sel dengan tekanan balik yang digunakan sebesar 10 KPa. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya mekanisme konsolidasi pada sampel.

Berikut ini prosedur yang dilakukan pada tahap saturasi:

- a. Pertama-tama semua katup dipastikan dalam kondisi tertutup. Kemudian tekanan sel dinaikkan sebesar 50 kPa dan volume awal tekanan sel dicatat. Selanjutnya, katup tekanan sel dibuka, ditunggu ± 5 menit hingga pembacaan konstan baru katup tekanan air pori dibuka. Setelah kira-kira tekanan air pori mulai stabil yang dipastikan dengan mengatur kontrol regulator hingga level air raksa tepat sejajar dengan indikator nol pada botol (± 30 menit), dilakukan pencatatan terhadap pembacaan tekanan air pori dan volume tekanan sel akhir serta menghitung nilai B menggunakan persamaan 3.6.
- b. Menutup katup tekanan air pori kemudian menaikkan tekanan balik hingga mencapai selisih 10 kPa di bawah tekanan sel yang digunakan (40 kPa) dan mencatat pembacaan volume tekanan balik awal. Selanjutnya, katup tekanan balik dan tekanan air pori dibuka. Dibiarkan untuk beberapa saat hingga dipastikan pembacaan tekanan air pori mulai stabil (± 30 menit).

Setelah stabil, dilakukan pencatatan terhadap pembacaan tekanan air pori dan volume tekanan balik akhir.

- c. Mengulangi kedua tahapan di atas (a dan b) untuk setiap kenaikan tekanan sel sebesar 50 kPa dan selisih tekanan sel dan tekanan balik sebesar 10 kPa hingga diperoleh nilai $B \geq 0.95$. Yang harus diperhatikan di sini adalah setiap sampai pada tahap menaikkan tekanan sel, maka katup tekanan balik harus ditutup agar sampel tidak terkonsolidasi akibat selisih tekanan sel dan tekanan balik yang terlalu besar.
- d. Ketika nilai $B \geq 0.95$ telah tercapai, proses saturasi dihentikan dengan cara menutup semua katup baik itu katup tekanan sel, tekanan air pori, maupun katup tekanan balik. Pada kondisi ini, sampel tanah sudah siap untuk dikonsolidasikan.

(2) Tahap Konsolidasi

Proses konsolidasi dilakukan dengan memberikan tegangan efektif tertentu pada sampel tanah sebagaimana kondisi di lapangan. Proses konsolidasi ini dilakukan dengan pemberian tekanan sekeliling (*confining pressure*) pada sampel sehingga dikatakan bahwa konsolidasi pada pengujian triaksial CU ini termasuk konsolidasi isotropik. *Confining pressure* pada proses konsolidasi ini mengindikasikan tegangan efektif yang diterima sampel tanah dimana tegangan efektif tersebut selain mensimulasikan beban konsolidasi yang diterima sampel tanah juga mensimulasikan beban timbunan/beban bangunan pada kondisi sebenarnya di lapangan. Pada prinsipnya, proses konsolidasi dilakukan dengan cara menaikkan tegangan sel sesuai dengan tegangan efektif yang diinginkan di mana pada penelitian ini, ditentukan tegangan efektif yang akan digunakan adalah sebesar 100 kPa, 140 kPa dan 180 kPa. Prosedur yang perlu dilakukan pada tahap konsolidasi antara lain :

- a. Pada akhir tahap saturasi, semua katup yang terhubung pada alat triaksial ditutup. Kemudian, tekanan sel dinaikkan sebesar tegangan efektif yang telah ditentukan (100 kPa, 150 kPa dan 200 kPa).
- b. Menyiapkan *stopwatch* untuk mencatat besarnya perubahan volume yang terjadi selama konsolidasi untuk setiap interval waktu tertentu. Setelah itu,

menyalakan *stopwatch* bersamaan dengan ketika membuka katup tekanan sel, tekanan air pori dan tekanan balik.

- c. Mencatat besarnya perubahan volume yang terjadi pada pengukur volume tekanan balik dan pembacaan tekanan air pori untuk setiap interval waktu yang telah ditentukan (1, 2, 4, 9, 16, 25, 30, 60 dan 100 dan 1440 menit).
- d. Satu hal yang perlu diperhatikan disini adalah bahwa proses konsolidasi ini dilakukan pada kondisi *drained* dimana katup pengaliran terbuka sehingga nilai $\Delta u = 0$ dan $\Delta v \neq 0$. Hal ini berarti akan terjadi disipasi air pori selama proses konsolidasi berlangsung yang mengakibatkan perubahan volume sampel. Dengan demikian, proses konsolidasi dikatakan selesai ketika perubahan volume sampel sudah mendekati nol atau pada grafik hubungan antara perubahan volume dan waktu sudah mulai asimtotis. Setelah proses konsolidasi selesai, katup tekanan balik ditutup dan sampel siap untuk masuk ke tahapan berikutnya yaitu tahap kompresi.

(3) Kompresi

Proses kompresi dilakukan dengan memberikan tegangan aksial pada sampel tanah hingga sampel mengalami keruntuhan. Proses kompresi ini dilakukan pada kondisi *undrained* karena katup pengaliran pada sampel ditutup. Dengan kondisi seperti ini, maka akan terjadi kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) hingga sampel mengalami keruntuhan. Berikut ini prosedur yang perlu dilakukan pada tahap kompresi :

- a. Proses kompresi diawali dengan menutup katup tekanan balik pada sampel. Kemudian mengatur dial penurunan dan dial beban pada posisi nol setelah itu menekan *power on* pada mesin triaksial. Mesin triaksial yang digunakan adalah tipe 1496 LA-110 Volt dengan kecepatan deformasi sebesar 0.05 mm/menit.
- b. Mencatat pembacaan pada dial beban dan tekanan air pori untuk setiap deformasi sebesar 0.025 cm. Pembacaan dilakukan hingga sampel mengalami keruntuhan yang diindikasikan oleh pembacaan nilai beban yang mulai konstan atau menurun. Selain itu juga melalui penglihatan secara visual yaitu ketika mulai terbentuk bidang geser pada sampel tanah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari masing-masing pengujian yang telah dilakukan sebagaimana telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Pembahasan yang akan dilakukan meliputi pembahasan mengenai hasil pengujian indeks propertis tanah kaolin, evaluasi pembuatan contoh tanah yang dilakukan dengan menggunakan alat *Rowe Cell* berikut hasil pengecekan nilai tekanan prakonsolidasi berdasarkan hasil uji konsolidasi dengan alat konsolidometer, dan yang utama adalah analisis hasil pengujian kuat geser tanah dengan uji triaksial terkonsolidasi takterdrainasi pada semua variasi contoh uji sehingga dapat diketahui perubahan perilaku masing-masing variasi contoh uji tersebut terutama terkait dengan kekuatan geser tanahnya.

4.2. Hasil Pengujian Indeks Propertis Tanah Kaolin

Hasil pengujian indeks propertis untuk tanah kaolin dirangkum dalam tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Indeks Propertis Tanah Kaolin

No.	Properties	Nilai
1	Kondisi Visual	Bubuk, Warna Putih
2	Kadar Air Asli (<i>w</i>)	1.61%
3	<i>Specific Gravity</i> (<i>G_s</i>)	2.60
4	Batas-Batas <i>Atterberg</i>	
	a. Batas Cair	78.22%
	b. Batas Plastis	37.64%
	c. Indeks Plastisitas	40.58%
5	Analisa Ukuran Butiran	
	a. Fraksi Lempung	25%
	b. Fraksi Lanau	75%
	c. Klasifikasi	Lanau Kelempungan

4.1.1. *Kondisi Visual dan Kadar Air (w)*

Berdasarkan data pada tabel 4.1 di atas, diketahui bahwa nilai kadar air natural dari tanah kaolin adalah sekitar 1.61%. Nilai kadar air ini diperoleh dari pengujian pada tanah kaolin hasil pabrikasi. Secara visual tanah ini berupa bubuk berwarna putih dan kondisinya cukup kering. Oleh sebab itu nilai kadar air yang diperoleh sangat kecil.

4.1.2. *Berat Jenis Spesifik (Gs)*

Untuk pengujian berat jenis spesifik (Gs) pada tahap ini digunakan tiga buah sampel yang mana dari data nilai Gs untuk ketiga sampel tersebut diperoleh rata-rata nilai Gs untuk tanah kaolin adalah sebesar 2.60. Nilai ini sesuai dengan kisaran nilai Gs untuk jenis tanah kaolin yang berada pada kisaran 2.60 - 2.64 (*Canadian Geotech, 2005*).

4.1.3. *Batas-Batas Atterberg*

Dari pengujian batas-batas *Atterberg*, diketahui bahwa batas cair (*liquid limit*) untuk tanah kaolin bubuk ini adalah sekitar 78.22% sedangkan batas plastisnya (*plastic limit*) sekitar 37.64%. Berdasarkan rentang nilai batas cair dan batas plastis tersebut dapat dikatakan tanah kaolin merupakan tanah dengan plastisitas yang cukup tinggi. Hal ini juga sejalan dengan plot batas cair pada grafik plastisitas (lampiran) di mana tanah termasuk ke dalam klasifikasi tanah MH atau lanau dengan plastisitas tinggi.

4.1.4. *Analisis Butiran dengan Metode Hidrometer*

Hasil klasifikasi tanah kaolin berdasarkan grafik plastisitas yang menyebutkan bahwa tanah kaolin termasuk ke dalam klasifikasi tanah lanau juga sejalan dengan hasil analisis ukuran butiran melalui pengujian hidrometer. Dari pengujian ini diketahui bahwa tanah kaolin yang digunakan terdiri dari sebagian besar lanau (75%) dan sebagian kecil lempung (25%). Karena komposisi-nya tersebut, maka dikatakan tanah kaolin tergolong ke dalam jenis tanah lanau berlempung (*clayey silt*).

4.3. Evaluasi Persiapan Contoh Tanah dengan Alat *Rowe Cell*

Contoh tanah yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dari tanah kaolin bubuk yang dibuat menjadi *slurry*. *Slurry* tersebut kemudian diberi tekanan *preloading* dengan alat *Rowe Cell* yang dimodifikasi dengan menggunakan cetakan CBR (*Compacted Bearing Ratio*). Cetakan CBR yang digunakan mempunyai ukuran diameter (d)=15.4 cm dan tinggi (t)=17.7 cm. Metode *preloading* yang digunakan berupa *vacuum preloading* di mana beban yang digunakan berupa tekanan udara dan pembebanannya bersifat konstan selama masa *preloading*.

Untuk tekanan *preloading* yang digunakan, diuji coba sebesar 200 kPa dan 100 kPa. Uji coba tersebut dilakukan untuk mendapatkan tekanan *preloading* yang sesuai sehingga dihasilkan contoh tanah yang dapat mewakili kondisi tanah lunak sebagaimana di lapangan terutama terkait dengan tingkat kepadatannya. Dari hasil uji coba yang dilakukan, kemudian ditentukan bahwa tekanan *preloading* yang digunakan dalam pembuatan contoh adalah sebesar 100 kPa. Hal ini ditentukan berdasarkan identifikasi tingkat kepadatan contoh tanah yang dihasilkan.

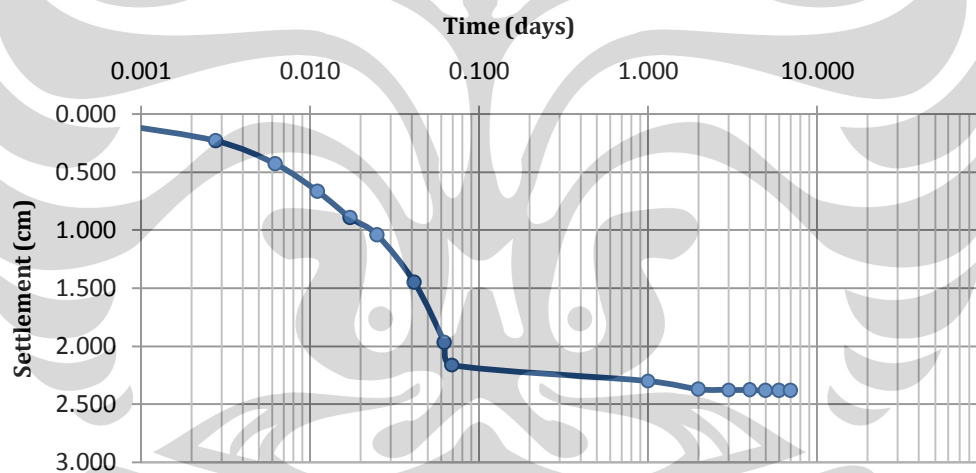
Tabel 4.2. Hasil Monitoring Data *Preloading* Contoh Tanah Kaolin dengan Alat *Rowe Cell*

Keterangan		Kode Sampel <i>Rowe Cell</i>		
		R1	R2	R3
Tanggal Pencetakan	Mulai	12-May-10	10-Jun-10	9-Jul-10
	Selesai	19-May-10	17-Jun-10	16-Jul-10
	Total	7 hari	7 hari	7 hari
Kadar Air (%)	Initial	102.49	103.97	105.53
	Final	58.17	59.91	59.89
	Selisih	44.32	44.06	45.64
Pembacaan Dial (cm)	Initial	0.384	0.943	0.49
	Final	2.767	3.722	3.651
	Selisih	2.383	2.779	3.161
Void Ratio (e)	Initial	2.66	2.70	2.74
	Final	1.52	1.56	1.56
	Selisih	1.14	1.15	1.19

Selama masa *preloading*, dilakukan proses monitoring pada contoh tanah yang meliputi pencatatan dial penurunan setiap hari, pengukuran kadar air contoh

tanah sebelum dan sesudah pemberian beban *preloading* serta estimasi perubahan angka pori (*void ratio*) pada contoh tanah sebelum dan setelah proses *preloading*. Dari data-data tersebut selanjutnya dapat diidentifikasi lama masa *preloading* yang diperlukan serta tingkat kepadatan pada contoh tanah yang dihasilkan. Tabulasi data hasil monitoring pada proses *preloading* ini disajikan dalam tabel 4.2 di atas.

Berdasarkan data pada tabel tersebut, diketahui bahwa durasi pemberian beban *preloading* untuk masing-masing contoh tanah rata-rata dilakukan selama 7 hari. Lama waktu pembebanan ini ditentukan berdasarkan hasil pembacaan dial penurunan, yaitu ketika data yang ada mulai menunjukkan nilai konstan pada hari tersebut. Hal ini dapat pula diidentifikasi dari grafik hubungan antara penurunan terhadap waktu sebagaimana digambarkan oleh grafik 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1. Hubungan penurunan vs waktu pada proses pembuatan contoh tanah dengan alat *Rowe Cell* (contoh tanah R1)

Berdasarkan data penurunan yang tercatat pada tabel 4.2, diketahui bahwa rata-rata penurunan yang terjadi pada contoh selama masa *preloading* (7 hari) berkisar antara 2-3 cm (± 2.77 cm). Dengan demikian, tinggi contoh tanah yang dihasilkan setelah proses *preloading* hanya sekitar ± 12 cm. Penurunan yang terjadi pada contoh tanah ini merupakan implikasi dari disipasi air pori yang terjadi selama masa *preloading*.

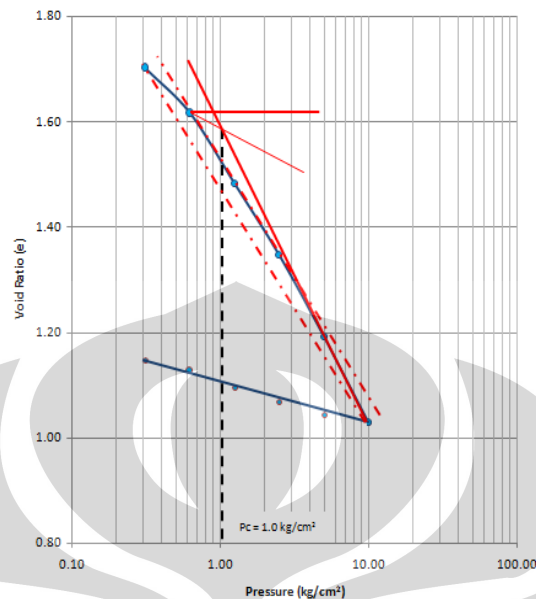
Dengan adanya aliran air yang terdisipasi keluar, secara langsung akan berpengaruh pada nilai kadar air contoh tanah. Hal ini sebagaimana diperlihatkan pada tabel 4.2 di mana kadar air contoh tanah berkurang sekitar $\pm 42.72\%$. sehingga nilai kadar air contoh tanah yang tersisa setelah *preloading* hanya sekitar 58%-59%. Dengan adanya pengurangan nilai kadar air contoh tanah berarti terjadi perubahan pada nilai *void ratio*-nya juga. Nilai *void ratio* ini merupakan salah satu parameter untuk mengidentifikasi tingkat kepadatan contoh tanah. Ketika nilai *void ratio* contoh tanah semakin kecil berarti semakin tinggi tingkat kepadatannya. Nilai *void ratio* ini sangat bergantung pada kadar air sehingga ketika kadar air contoh tanah semakin berkurang akibat proses pembebanan yang dilakukan, nilai *void ratio* contoh tanah pun akan semakin kecil yang berarti contoh tanah semakin padat. Dari data yang ada menunjukkan bahwa untuk penurunan kadar air sebesar 42,72%, penurunan nilai *void ratio*-nya adalah sekitar 41.89%.

4.4. Pengecekan Kesesuaian Tekanan Preloading dan Nilai P_c Contoh Tanah dengan Uji Konsolidasi

Pengujian konsolidasi ini sebenarnya hanya merupakan pengujian sekunder dalam penelitian ini. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengecek nilai beban *preloading* yang digunakan ketika pembuatan contoh tanah dengan alat *Rowe Cell*. Pengecekan dilakukan dengan membandingkan nilai P_c yang diperoleh dari uji konsolidasi ini dengan beban *preloading* yang digunakan yaitu 100 kPa. Kesesuaian antara keduanya menjadi faktor penentu apakah metode pembuatan contoh tanah telah dilakukan dengan benar atau tidak.

Grafik 4.2 di bawah ini merupakan grafik penentuan nilai P_c berdasarkan hasil uji konsolidasi. Dari grafik tersebut terlihat bahwa dari kedua contoh tanah yang diuji diperoleh nilai P_c sebesar $\pm 1 \text{ kg/cm}^2$ (atau $\pm 100 \text{ kPa}$). Hasil ini menunjukkan adanya kesesuaian antara memori beban (P_c) yang dimiliki contoh tanah dengan beban *preloading* yang digunakan. Kesesuaian ini secara tidak langsung mengindikasikan bahwa metode *preloading* yang dilakukan sudah benar

karena hampir 100% beban preloading yang digunakan terekam dalam memori beban contoh tanah.



Gambar 4.2. Grafik Penentuan Tekanan Prakonsolidasi (P_c) dengan Uji Konsolidasi

4.5. Hasil Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi

Pengujian triaksial terkonsolidasi takterdrainasi (TX-CU) ini dilakukan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser tanah (ϕ) dalam kondisi tegangan efektif dan juga sejumlah parameter kondisi kritis seperti M , q_0 , λ , dan N . Dalam penelitian ini, uji triaksial CU dilakukan pada 4 variasi seri pengujian dengan total contoh uji yang digunakan berjumlah 12 buah. Variasi contoh uji yang digunakan sebagaimana dijelaskan pada tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3. Variasi Contoh Uji pada Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi

No.	Kode Sampel	Variasi Cerucuk			Jumlah Sampel
		Diameter	Panjang	Jumlah	
1.	CO	2 mm	0	0	3 buah
2.	C1-25	2 mm	25 mm	1	3 buah
3.	C2-25	2 mm	25 mm	2	3 buah
4.	C1-50	2 mm	50 mm	1	3 buah
Total					12 buah

Contoh uji triaksial yang digunakan dalam penelitian ini rata-rata berukuran tinggi (t) = 7.6 cm dan diameter (d) = 3.8 cm. Sedangkan untuk tiang cerucuk yang digunakan berupa tiang kayu dengan diameter 2 mm serta variasi panjang 25 mm dan 50 mm. Seri pengujian triaksial dilakukan berdasarkan variasi jumlah dan panjang tiang cerucuk yang digunakan. Komposisi contoh uji yang terdiri dari tanah kaolin yang telah di-*preloading* dan tiang cerucuk ini selanjutnya dikenal dengan istilah sebagai komposit.

Berikut ini pembahasan mengenai hasil pengujian triaksial CU untuk masing-masing variasi seri pengujian.

4.5.1. *Seri 1 : Kaolin Tanpa Cerucuk (C0)*

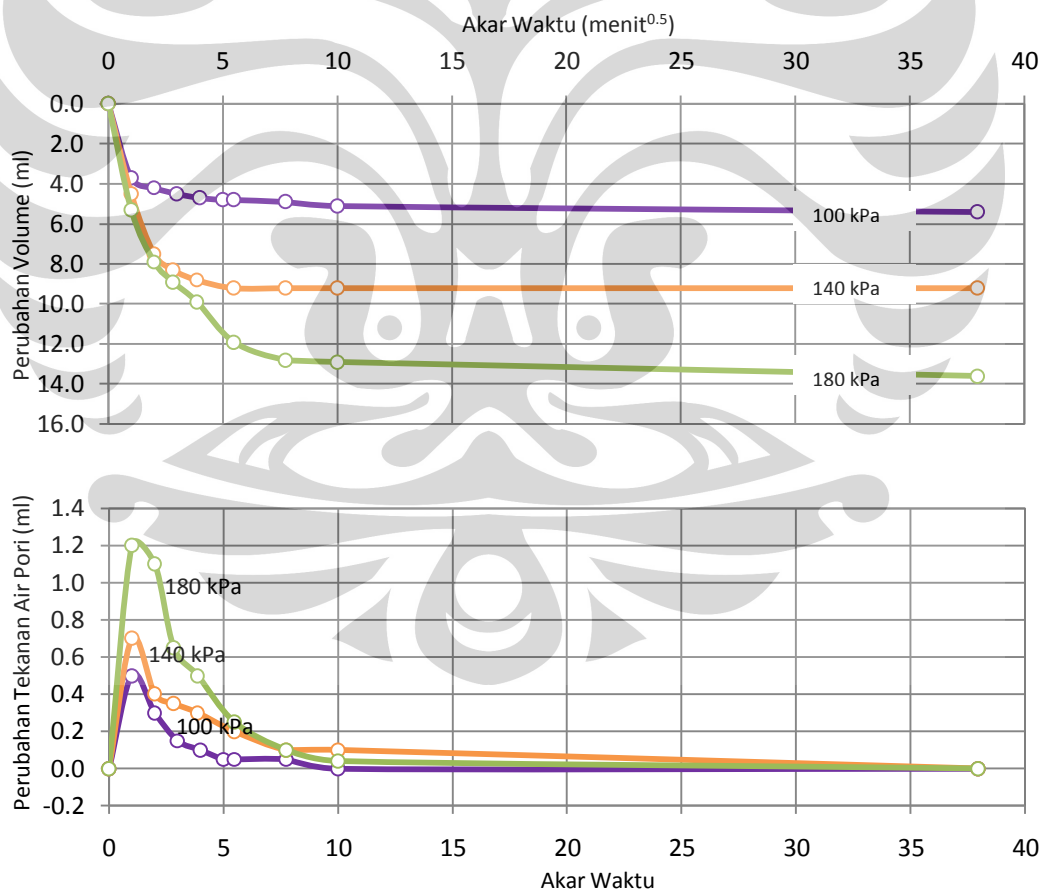
Pada seri pertama pengujian triaksial CU ini, contoh uji hanya terdiri dari komponen tanah kaolin yang telah di-*preloading* dengan $P_c=100$ kPa (belum diberi perkuatan cerucuk). Contoh uji ini digunakan sebagai variabel kontrol untuk melihat perubahan perilaku yang terjadi pada variasi contoh uji setelah nantinya diberi perkuatan berupa cerucuk kayu terutama terkait dengan perubahan parameter kekuatan gesernya.

Tabel 4.4. Hasil Pencatatan Nilai B , ΔV dan Kadar Air untuk Contoh Uji C0

Sample Code	σ_3	B	ΔV (cm ³)	Water Content (%)		
				Initial	Final	Selisih
C0	100 kPa	0.98	5.40	59.02	56.48	2.54
	140 kPa	0.98	9.20	58.94	55.00	3.94
	180 kPa	0.98	13.60	58.84	54.64	4.20

Pengujian triaksial CU pada contoh uji ini dimulai dengan proses saturasi untuk menghasilkan sampel dengan derajat kejenuhan sebagaimana dipersyaratkan. Dari hasil pengujian yang dilakukan sebagaimana tercatat pada tabel 4.4, diketahui bahwa rata-rata derajat kejenuhan yang dapat dicapai contoh uji C0 pada tahap saturasi ini adalah $B = 0.98$. Angka ini sudah melebihi nilai B yang dipersyaratkan ($B \geq 0.95$) sehingga dapat dikatakan bahwa sampel sudah mencapai kondisi jenuh sempurna. Nilai B ini rata-rata dicapai melalui proses saturasi dalam kurun waktu ± 24 jam.

Setelah dipastikan bahwa sampel dalam kondisi jenuh sempurna, maka dilanjutkan dengan pemberian tekanan isotropik pada contoh uji sesuai dengan tegangan efektif yang diinginkan yaitu 100 kPa, 140 kPa dan 180 kPa. Tahap ini disebut sebagai proses konsolidasi. Proses konsolidasi ini berlangsung dengan kondisi katup pengaliran yang terbuka sehingga air pori dapat terdisipasi keluar dari contoh uji. Akibatnya, contoh uji akan mengalami peristiwa perubahan volume di mana perubahan volume ini akan diikuti pula oleh perubahan tekanan air pori contoh uji. Pada awal konsolidasi, perubahan tekanan air pori yang terjadi meningkat secara signifikan seiring dengan perubahan volume yang terjadi, namun kemudian menurun seiring dengan keluarnya air pori dari contoh uji sampai akhirnya mencapai kondisi stabil (*steady state pore pressure*). Hal ini sebagaimana digambarkan oleh gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3. Hubungan Perubahan Volume vs Akar Waktu (atas) dan Hubungan Perubahan Tekanan Air Pori vs Akar Waktu (bawah) pada Tahap Konsolidasi pada Uji Triaksial CU untuk contoh uji C0

Dari proses ini tercatat perubahan volume yang terjadi pada contoh uji C0 berkisar antara 5 cm^3 - 14 cm^3 (tabel 4.4). Perubahan volume ini semakin besar seiring dengan semakin besarnya tekanan isotropik (σ_3) yang diaplikasikan pada contoh uji. Besarnya perubahan volume yang terjadi sebanding dengan banyaknya air yang terdisipasi keluar dari contoh uji karena air diasumsikan sebagai material yang tidak terkompresi. Banyaknya air yang terdisipasi ini diindikasikan pula oleh nilai kadar air contoh uji yang besarnya berubah sejalan dengan perubahan volume contoh uji. Data kadar air contoh uji dalam pengujian ini dihitung pada kondisi sebelum contoh uji masuk ke dalam tahap saturasi ($w_{initial}$) dan setelah kompresi (w_{final}).

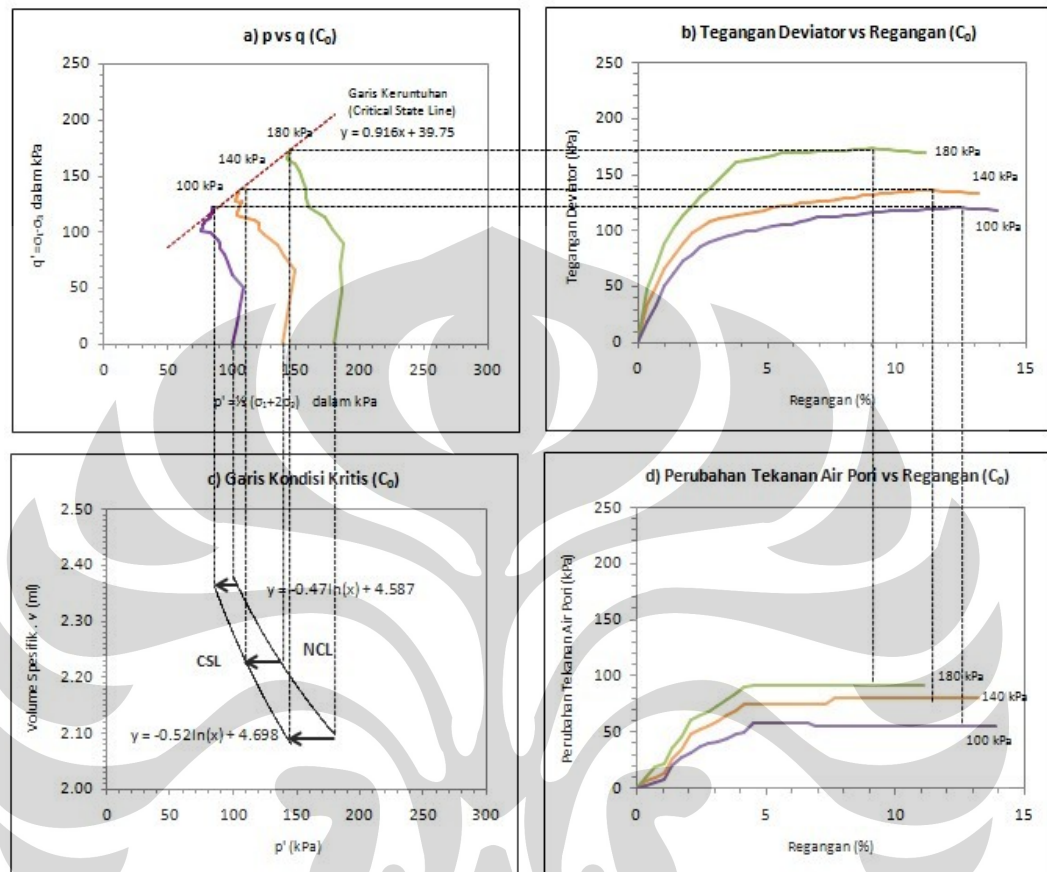
Tabel 4.5. Pembacaan Regangan, Tegangan Deviator, dan Tekanan Air Pori Pada Kondisi Maksimum untuk Contoh Uji C0

σ_3 (kPa)	ϵ (%)	$\Delta\sigma$ (kPa)	Δu (kPa)
100	12.16	120.40	55
140	11.12	136.40	80
180	9.03	173.30	92

Setelah proses konsolidasi selesai, dilanjutkan dengan proses kompresi yaitu pemberian beban aksial dengan kecepatan regangan yang cukup kecil yaitu 0.05 mm/menit yang dilakukan dalam kondisi *undrained* (katup pengaliran ditutup). Proses ini membutuhkan waktu sekitar 2-3 jam hingga sampel mengalami keruntuhan. Dalam proses kompresi ini, terdapat dua variabel yang diperoleh yaitu pembacaan dial tekanan yang merepresentasikan besarnya tegangan deviator ($\Delta\sigma$) yang mampu ditahan oleh contoh uji dan data perubahan tekanan air pori (Δu). Dengan variabel tekanan air pori ini, hasil pengujian triaksial dapat dinyatakan dalam kondisi tegangan efektif. Hasil pembacaan regangan, tegangan deviator dan tekanan air pori pada saat runtuh untuk masing-masing contoh uji pada seri C0 ini dipaparkan pada tabel 4.5.

Dari data-data yang diperoleh dari uji triaksial CU ini selanjutnya diperoleh sejumlah grafik sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 4.4 di bawah ini. Grafik-grafik tersebut menyatakan korelasi antara sejumlah variabel pada uji triaksial diantaranya grafik hubungan antara tegangan deviator vs regangan, grafik hubungan perubahan tekanan air pori vs regangan, grafik hubungan tegangan

deviator vs tegangan efektif rata-rata, serta grafik hubungan antara volume spesifik vs tegangan deviator sampel.



Gambar 4.4. Hubungan Antar Variabel Hasil Uji Triaksial CU pada Contoh Uji C0

- *Evaluasi Lintasan Tegangan pada Kondisi Kritis (p' vs q)*

Gambar 4.3(a) menggambarkan lintasan tegangan pada kondisi kritis yang merujuk pada hubungan antara rata-rata tegangan efektif yang bekerja (p') dengan tegangan deviator (q) selama proses kompresi berlangsung. p' dan q dirumuskan sebagai berikut,

$$p' = \frac{1}{3}(\sigma_1 + 2\sigma_3) - \Delta u$$

$$q = \sigma_1 - \sigma_3$$

Berdasarkan kurva yang terbentuk, pola lintasan tegangan pada awal pembebanan mengarah ke kanan kemudian berubah ke kiri hingga contoh uji mencapai keruntuhan. Perubahan ini terkait dengan perubahan tekanan air pori

yang terjadi pada contoh uji selama proses kompresi berlangsung di mana pada awal pembebanan perubahan tekanan air pori yang terjadi masih kecil kemudian berangsur naik seiring peningkatan beban yang bekerja. Kombinasi dari ketiga lintasan tegangan yang terbentuk menghasilkan sebuah garis keruntuhan dengan persamaan :

$$q = Mp' + q_0$$

Variabel M pada persamaan garis tersebut menyatakan kemiringan garis keruntuhan yang ekuivalen dengan sudut geser tanah sedangkan q_0 yang merupakan konstanta dari persamaan garis keruntuhan yang ekuivalen dengan nilai kekuatan awal tanah. Keberadaan nilai q_0 ini juga mengindikasikan bahwa contoh uji dalam keadaan *overconsolidated*.

Selanjutnya, parameter M dan q_0 ini dikorelasikan untuk mendapatkan parameter kekuatan geser tanah yaitu c' dan ϕ' dengan persamaan sebagai berikut,

$$\sin \phi' = \frac{3 \times M}{6 + M}$$

$$c' = \left[\frac{3 - \sin \phi'}{6 - \sin \phi'} \right] q_0$$

Persamaan garis keruntuhan yang diperoleh dari hasil plot lintasan tegangan (gambar 4.3(a)) untuk contoh uji C0 ini, berikut parameter kekuatan geser yang diperoleh dipaparkan dalam tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6. Parameter Kekuatan Geser Tanah untuk Sampel C0

Contoh Uji	M	q_0	ϕ'	c'
C0	0.916	39.75	23.41°	18.47 kPa

- *Evaluasi Hubungan Tegangan Deviator vs Regangan*

Hubungan antara tegangan deviator dengan regangan yang terjadi pada contoh uji C0 ditunjukkan oleh gambar 4.3 (b). Grafik tersebut memperlihatkan bahwa tegangan deviator meningkat seiring dengan peningkatan σ_3 contoh uji. Namun kondisi sebaliknya terjadi pada variabel regangannya, dimana nilai regangan sampel menjadi semakin kecil ketika σ_3 -nya semakin besar. Hubungan

ini mengindikasikan adanya peningkatan keteguhan contoh uji akibat peningkatan tekanan yang digunakan untuk konsolidasi isotropik.

- *Evaluasi Hubungan Volume Spesifik vs Tegangan Efektif*

Hubungan antara volume spesifik dengan tegangan efektif rata-rata diperlihatkan oleh grafik 4.3(c). Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa garis *Critical State Line* (CSL) yang merupakan proyeksi garis keruntuhan pada bidang $v - p'$ berada di sebelah kiri garis *Normally Consolidated Line* (NCL) yang merupakan garis konsolidasi normal yang bersesuaian. Kondisi ini terkait dengan perubahan tekanan air pori yang terjadi pada contoh uji selama proses kompresi berlangsung di mana perubahan tekanan air pori yang terjadi masih berupa perubahan tekanan air pori positif.

Dari kedua garis yang terbentuk (NCL dan CSL) memperlihatkan bahwa tegangan sampel pada saat konsolidasi dan tegangan pada saat runtuh terjadi pada volume spesifik yang sama. Hal ini dikarenakan dalam uji triaksial CU, proses *shearing* berlangsung secara *undrained* sehingga volume contoh uji tetap konstan (sama dengan volume pada tahap akhir konsolidasi).

Tabel 4.7. Parameter Kondisi Kritis Sampel C0

Ket	NCL		CSL	
	λ NCL	N	λ CSL	Γ
Parameter	-0.479	4.587	-0.525	4.698

Kedua garis yang terbentuk kemudian menghasilkan persamaan garis kondisi kritis. Persamaan garis yang diperoleh dari hubungan v vs p' ini diubah dalam bentuk persamaan logaritma sehingga nilainya dapat merepresentasikan proyeksi persamaan garis kondisi kritis pada bidang v vs $\ln p'$. Secara umum persamaan garis kondisi kritis yang diperoleh dapat ditulis sebagai :

$$NCL \rightarrow v = N - \lambda \ln p'$$

$$CSL \rightarrow v = \Gamma - \lambda \ln p'$$

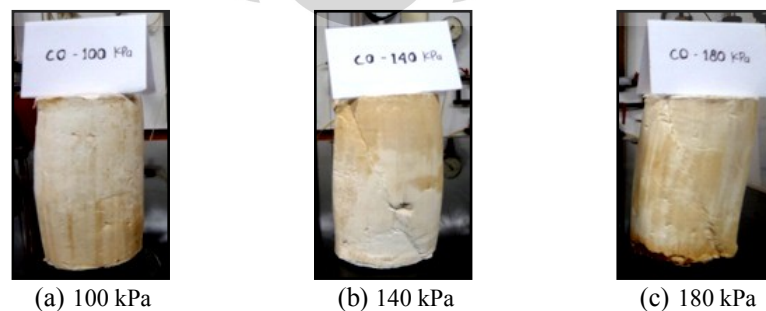
Parameter N dan Γ mengindikasikan nilai v pada garis kondisi kritis ketika $p' = 1$ KPa. Sedangkan λ menunjukkan kemiringan dari garis kondisi kritis yang

dihasilkan. Nilai dari masing-masing parameter garis kondisi kritis untuk seri contoh uji C0 dapat dilihat pada gambar 4.3(c) dan ditabulasikan kembali pada tabel 4.7.

- *Evaluasi Hubungan Perubahan Tekanan Air Pori vs Regangan*

Hubungan antara perubahan tekanan air pori dengan regangan contoh uji dapat dilihat pada grafik 4.3(d). Sama halnya seperti hubungan tegangan deviator dengan regangan, besarnya perubahan tekanan air pori ini berbanding terbalik dengan nilai regangan contoh uji karena perubahan tekanan air pori pada contoh uji merupakan konsekuensi dari ditutupnya katup pengaliran ketika proses kompresi berlangsung (*undrained loading*) sehingga air pori ikut berkontribusi untuk menahan beban yang bekerja pada contoh uji. Dengan demikian, ketika nilai tegangan deviator semakin besar, berarti perubahan tekanan air pori yang terjadi pada contoh uji juga semakin besar. Perubahan tekanan air pori yang terlalu besar pada contoh uji akan memicu kerusakan ikatan antar partikel-partikel tanah sehingga contoh uji menjadi semakin cepat runtuh (regangan semakin kecil). Nilai perubahan tekanan air pori yang terjadi untuk masing-masing σ_3 yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Jika dilihat dari grafik yang terbentuk, perubahan tekanan air pori yang terjadi mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada awal pembebanan hingga contoh uji mengalami keruntuhan. Setelah itu, perubahan tekanan air pori cenderung konstan atau bahkan menurun. Kondisi ini merupakan indikasi bahwa partikel-partikel tanah pada contoh uji telah hancur sehingga contoh uji tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan (runtuh).



Gambar 4.5. Pola Keruntuhan Sampel Kaolin Tanpa Cerucuk (C0)

4.5.2. Seri 2 : Kaolin + Cerucuk $n=1$ $l=25$ mm (C1-25)

Contoh uji C1-25 ini merupakan contoh uji triaksial yang terdiri dari komponen tanah kaolin yang telah di-*preloading* dengan $P_c = 100$ kPa dan diberi perkuatan berupa satu buah cerucuk berdiameter (d) = 2 mm dan panjang (l) = 25 mm. Cerucuk ini dipancangkan ke dalam contoh uji ketika contoh uji masih berada di dalam cetakan triaksial. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalisir terjadinya deformasi pada contoh uji karena kondisi contoh uji yang sangat lunak. Pemasangan cerucuk dilakukan tepat di titik pusat jari-jari contoh uji dengan cara ditekan dengan jari hingga permukaan cerucuk rata dengan permukaan contoh uji. Selanjutnya prosedur pengujian triaksial CU yang dilakukan pada seri kedua ini sama seperti pada seri pertama (C0). Contoh uji mula-mula disaturasi kemudian dikonsolidasikan secara isotropik dengan tekanan 100 kPa, 140 kPa dan 180 kPa. Selanjutnya dilakukan proses *shearing* hingga contoh uji mengalami keruntuhan.

Tabel 4.8. Tabulasi Data Nilai B, ΔV dan Kadar Air untuk Contoh Uji C1-25

Sample Code	σ_3	B	ΔV (cm ³)	Water Content (%)		
				Initial	Final	Selisih
C1-25	100 kPa	0.98	4.7	57.90	55.46	2.44
	140 kPa	0.96	7.3	58.94	55.00	3.26
	180 kPa	0.98	13.4	58.84	54.64	3.57

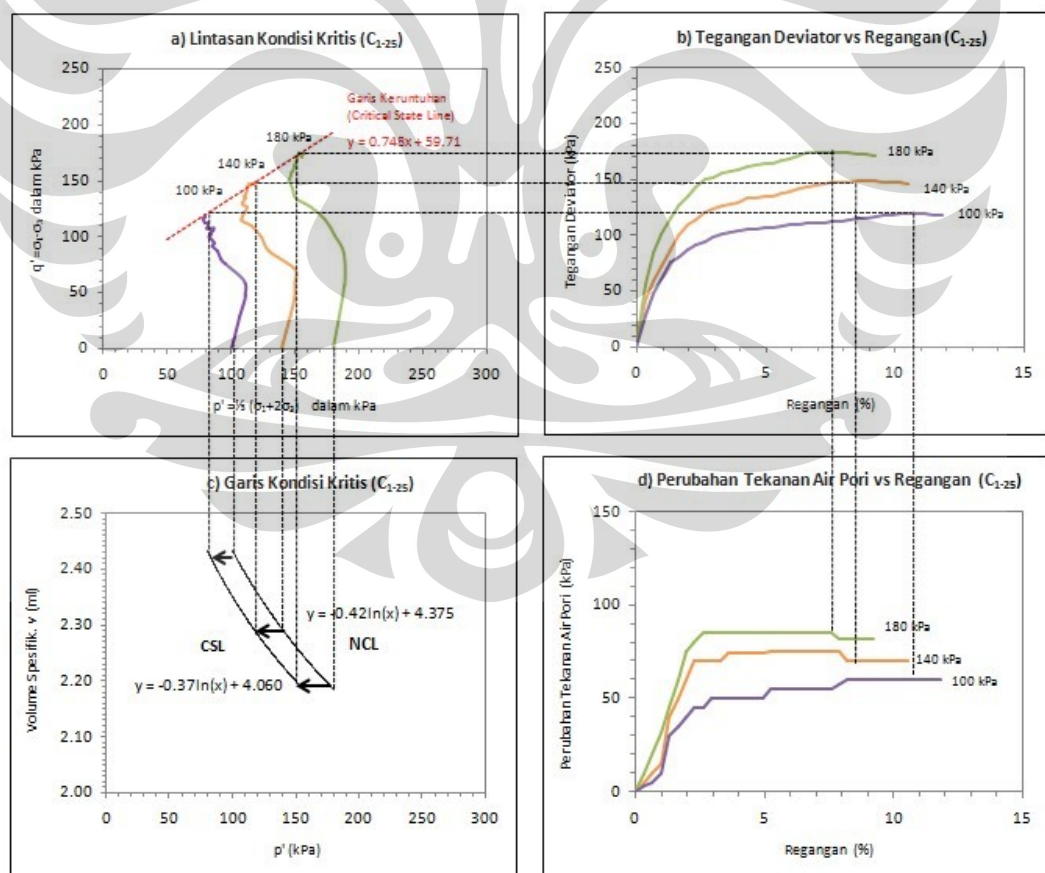
Berdasarkan data pada tabel 4.8 diketahui bahwa untuk pengujian triaksial CU seri kedua ini, pada tahap saturasi rata-rata derajat kejenuhan yang dapat dicapai oleh contoh uji berkisar antara 0.96 dan 0.98. Walaupun nilai B yang dicapai masing-masing contoh uji tidak seragam, namun angka ini sudah memenuhi nilai B yang dipersyaratkan ($B \geq 0.95$) sehingga dapat dikatakan bahwa sampel sudah berada dalam kondisi jenuh sempurna. Waktu yang diperlukan untuk mencapai nilai B ini sama seperti pada contoh uji C0 yaitu ± 24 jam. Selanjutnya pada tahap konsolidasi, tercatat contoh uji C1-25 mengalami perubahan volume yang berkisar antara 4-13 cm³. Perubahan volume ini sedikit lebih kecil dibandingkan perubahan volume pada sampel C0. Hal ini merupakan salah satu hasil dari efek perkuatan yang diberikan oleh cerucuk. Sebagaimana diketahui bahwa pada komposit tanah dengan cerucuk ini, cerucuk berperilaku sebagai pondasi yang membantu partikel-partikel tanah untuk menahan beban

konsolidasi yang bekerja sehingga perubahan volume yang terjadi menjadi lebih kecil. Jika diamati, besarnya perubahan volume yang terjadi berbanding lurus dengan perubahan kadar air sampel di mana perubahan kadar air sampel semakin besar ketika perubahan volume yang terjadi pada sampel juga semakin besar. Perubahan kadar air yang terjadi berkisar antara 2.4% hingga 3.6% (tabel 4.8).

Tabel 4.9. Pembacaan Regangan, Tegangan Deviator, dan Tekanan Air Pori Pada Kondisi Maksimum untuk Contoh Uji C1-25

σ'_3 (kPa)	ϵ (%)	$\Delta\sigma$ (kPa)	Δu (kPa)
100	10.53	119.64	60
140	8.56	148.83	70
180	7.57	174.49	85

Keseluruhan output dari pengujian triaksial CU pada contoh uji C1-25 direpresentasikan oleh gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4.6. Hubungan Antar Variabel Hasil Uji Triaksial CU pada Contoh Uji C1-25

- *Lintasan Tegangan pada Kondisi Kritis (p' vs q)*

Gambar 4.6(a) mendeskripsikan lintasan tegangan pada kondisi kritis untuk contoh uji C1-25. Lintasan tegangan ini merujuk pada hubungan antara rata-rata tegangan efektif yang bekerja (p') dengan tegangan deviator (q) selama proses kompresi berlangsung. Pola yang terbentuk tidak berbeda dengan pola lintasan tegangan untuk contoh uji C0, di mana pada awal pembebanan lintasan tegangan mengarah ke kanan kemudian berubah ke kiri hingga contoh uji mengalami keruntuhan. Hal ini terkait dengan perubahan tekanan air pori pada contoh uji sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Persamaan garis keruntuhan yang diperoleh dari lintasan tegangan yang terbentuk untuk contoh uji C1-25 direpresentasikan oleh parameter M dan q_0 sebagai berikut,

Tabel 4.10. Parameter Kekuatan Geser Tanah untuk Sampel C1-25

Sampel	M	q_0	ϕ'	c'
C1-25	0.748	59.85	19.42°	28.17 kPa

- *Hubungan Tegangan Deviator vs Regangan*

Gambar 4.6(b) memaparkan hubungan antara tegangan deviator dengan regangan di mana untuk contoh uji C1-25 ini, terlihat bahwa contoh uji C1-25 ini mencapai keruntuhan pada regangan antara 7%-10%. Nilai regangan ini berbanding terbalik dengan σ_3 dan tegangan deviator yang bekerja pada contoh uji. Regangan contoh uji pada saat runtuh menjadi semakin kecil seiring peningkatan tegangan deviator yang bekerja. Sebagaimana yang terjadi pada contoh uji C0, hal ini mengindikasikan adanya peningkatan keteguhan sampel. Pada sampel C1-25 ini tegangan deviator maksimumnya berkisar antara 117 kPa - 174 kPa. Nilai tegangan deviator ini berbanding lurus dengan σ_3 yang digunakan.

- *Hubungan Volume Spesifik vs Tegangan Efektif*

Berdasarkan gambar 4.6(c), terlihat bahwa untuk contoh uji C1-25 ini, garis *Critical State Line* (CSL) berada di sebelah kiri garis *Normally Consolidated Line* (NCL). Hal ini terkait dengan perubahan air pori yang terjadi pada contoh uji

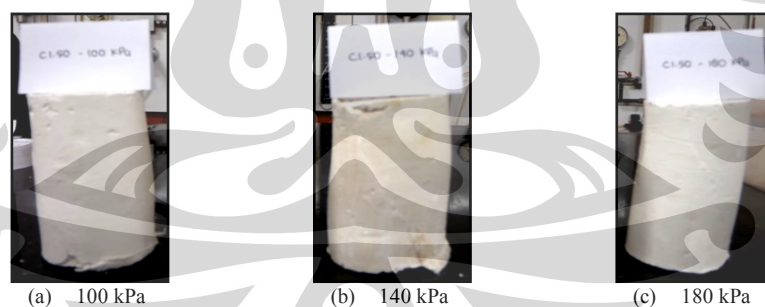
sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Parameter yang dihasilkan dari persamaan kedua garis tersebut (CSL dan NCL) dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11. Parameter Kondisi Kritis Sampel C1-25

Ket	NCL		CSL	
	λ NCL	N	λ CSL	Γ
Parameter	-0.421	4.375	-0.371	4.060

- *Hubungan Perubahan Tekanan Air Pori vs Regangan*

Hubungan antara perubahan tekanan air pori dengan regangan pada contoh uji diwakili oleh gambar 4.6(d). Sama halnya seperti pada contoh uji C0, perubahan tekanan air pori yang terjadi mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada awal pembebanan hingga sampel mengalami keruntuhan. Setelah itu, perubahan tekanan air pori cenderung konstan atau bahkan menurun yang merupakan indikasi bahwa contoh uji sudah tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan. Data perubahan tekanan air pori yang terjadi pada saat mencapai tegangan deviator maksimum dapat dilihat pada tabel 4.9.



Gambar 4.7. Pola Keruntuhan Sampel Kaolin + Cerucuk $n=1$ $l=25$ mm (C1-25)

4.5.3. *Seri 3 : Kaolin + Cerucuk $n=2$ $l=25$ mm (C2-25)*

Contoh uji C2-25 ini merupakan contoh uji triaksial yang terdiri dari komponen tanah kaolin yang telah di-*preloading* dengan $P_c=100$ kPa dan diberi perkuatan berupa dua buah cerucuk dengan panjang masing-masing $l=25$ mm. Metode yang digunakan untuk pemancangan cerucuk sama seperti pada contoh uji C1-25 yaitu cerucuk dipancangan ke dalam contoh uji ketika masih berada di

dalam cetakan triaksial. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalisir deformasi contoh uji karena kondisi contoh uji yang sangat lunak. Pemancangan cerucuk dilakukan dengan spasi 4D (8 mm). Jarak spasi ini dipilih dengan pertimbangan untuk menghindari akumulasi zona distribusi tegangan di sekitar tiang cerucuk.

Tabel 4.12. Tabulasi Data Nilai B, ΔV dan Kadar Air untuk Sampel C2-25

Sample Code	σ_3	B	ΔV (cm ³)	Water Content (%)		
				Initial	Final	Selisih
C2-25	100 kPa	0.96	3.6	58.42	54.89	3.53
	140 kPa	0.98	6.6	58.35	54.09	4.27
	180 kPa	0.98	12.8	58.05	53.16	4.89

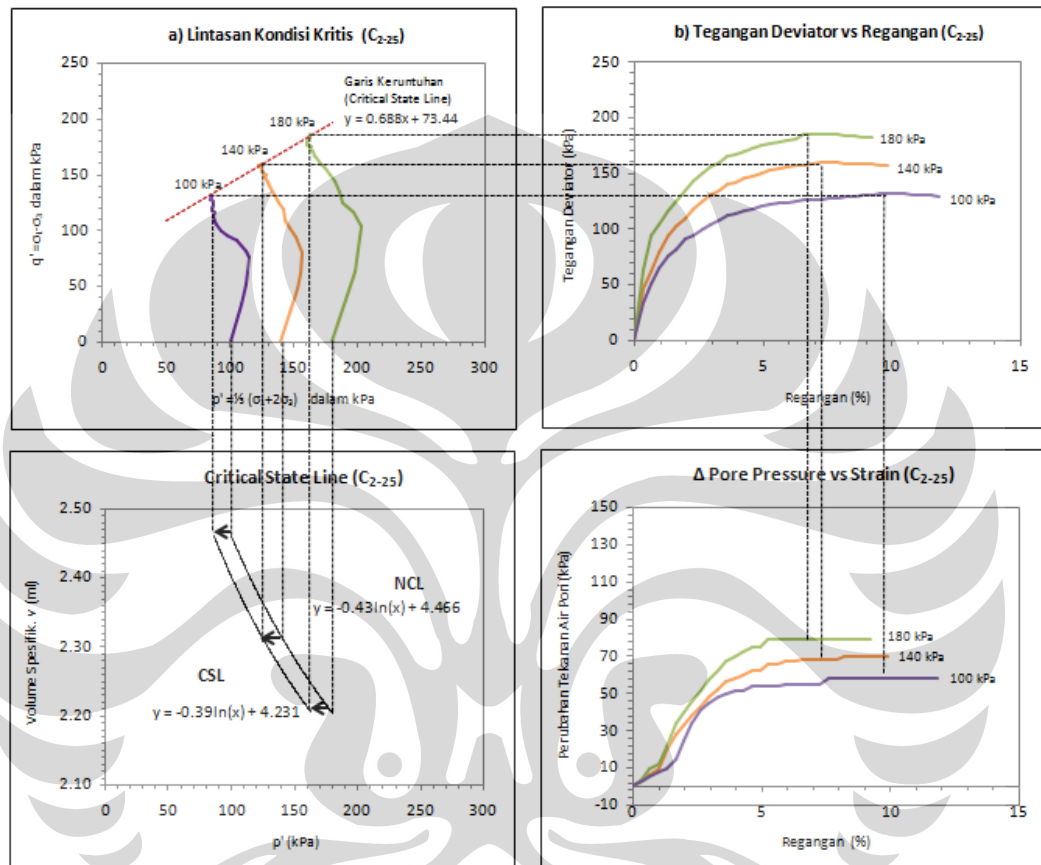
Berdasarkan data pada tabel 4.12, diketahui bahwa pada tahap saturasi, contoh uji C2-25 rata-rata mencapai derajat kejenuhan pada angka 0.96 dan 0.98. Angka ini sudah memenuhi nilai B yang dipersyaratkan ($B \geq 0.95$), sehingga dapat dikatakan bahwa contoh uji sudah berada dalam kondisi jenuh sempurna. Selanjutnya pada tahap konsolidasi, tercatat contoh uji C2-25 mengalami perubahan volume yang berkisar antara 3-12 cm³. Perubahan volume ini sedikit lebih kecil dibandingkan perubahan volume pada contoh uji C0 dan C1-25. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan efek perkuatan yang diberikan oleh cerucuk seiring dengan penambahan jumlah cerucuk yang dipancarkan pada contoh uji sehingga tingkat kompresibilitas dari contoh uji juga mengalami penurunan. Untuk kadar air, terjadi pengurangan sekitar 3-5% di mana perubahan kadar air contoh uji ini semakin besar ketika perubahan volume yang terjadi pada contoh uji juga semakin besar.

Tabel 4.13. Pembacaan Regangan, Tegangan Deviator, dan Tekanan Air Pori Pada Kondisi Maksimum untuk Contoh Uji C2-25

σ_3 (kPa)	ϵ (%)	$\Delta\sigma$ (kPa)	Δu (kPa)
100	9.87	131.81	58
140	7.24	159.63	68
180	6.58	185.54	79

Tabel 4.13 di atas merupakan paparan dari data yang diperoleh ketika proses kompresi berlangsung di mana dari data tersebut terlihat bahwa seri contoh

uji ini mengalami keruntuhan lebih cepat dibandingkan seri contoh uji sebelumnya (C0 dan C1-25) karena regangan (ϵ) pada saat runtuh nilainya lebih kecil dibandingkan sebelumnya. Output selengkapannya dari pengujian triaksial CU pada contoh uji C2-25 direpresentasikan oleh gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.8. Hubungan Antar Variabel Hasil Uji Triaksial CU pada Contoh Uji C2-25

- *Lintasan Tegangan pada Kondisi Kritis*

Gambar 4.8(a) menggambarkan lintasan tegangan pada kondisi kritis untuk contoh uji C2-25. Pola lintasan tegangan yang terbentuk tidak berbeda dengan contoh uji yang lain, di mana pada awal pembebanan lintasan tegangan mengarah ke kanan kemudian berubah ke kiri hingga contoh uji mencapai keruntuhan. Hal ini terkait dengan perubahan tekanan air pori pada contoh uji sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Dari lintasan tegangan yang terbentuk, diperoleh persamaan garis keruntuhan untuk contoh uji C2-25 ini dan korelasinya dengan kekuatan geser tanah, sebagaimana dipaparkan pada tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14. Parameter Kekuatan Geser Tanah untuk Sampel C2-25

Sampel	M	q ₀	φ'	c'
C2-25	0.688	73.44	17.98°	34.73 kPa

- *Hubungan Tegangan Deviator vs Regangan*

Dari tabel 4.13 tercatat bahwa sampel C2-25 ini mencapai keruntuhan pada regangan antara 6%-10%. Nilai regangan ini berbanding terbalik dengan σ_3 dan tegangan deviator yang bekerja pada sampel sebagaimana dipaparkan oleh gambar 4.8(b). Regangan sampel pada saat runtuh menjadi semakin kecil seiring peningkatan tegangan deviator yang bekerja. Sebagaimana yang terjadi pada sampel C0, hal ini mengindikasikan adanya peningkatan keteguhan sampel. Pada sampel C2-25 ini tegangan deviator maksimumnya berkisar antara 130-185 kPa. Nilai tegangan deviator ini meningkat seiring dengan peningkatan σ_3 yang diaplikasikan pada contoh uji.

- *Hubungan Volume Spesifik vs Tegangan Efektif*

Berdasarkan gambar 4.8(c), terlihat bahwa untuk contoh uji C2-25 ini, garis *Critical State Line* (CSL) berada di sebelah kiri garis *Normally Consolidated Line* (NCL). Hal ini terkait dengan perubahan air pori yang terjadi pada contoh uji sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Parameter yang dihasilkan dari persamaan kedua garis tersebut (CSL dan NCL) dapat dilihat pada tabel 4.15.

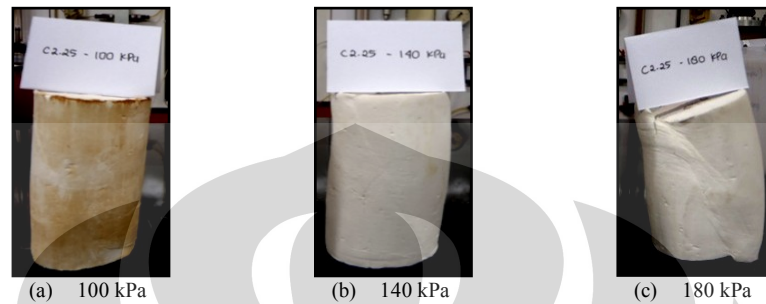
Tabel 4.15. Parameter Kondisi Kritis Sampel C2-25

Ket	NCL		CSL	
	λ NCL	N	λ CSL	Γ
Parameter	-0.435	4.466	-0.397	4.231

- *Hubungan Perubahan Tekanan Air Pori vs Regangan*

Berdasarkan gambar 4.8(d) terlihat hubungan antara perubahan tekanan air pori dan regangan pada contoh uji C2-25. Tipikal kurva yang dihasilkan tidak berbeda jauh dengan contoh uji yang lain. Berdasarkan kurva yang terbentuk terlihat bahwa perubahan tekanan air pori yang terjadi mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada awal pembebanan hingga sampel mengalami

keruntuhan. Setelah itu, perubahan tekanan air pori cenderung konstan atau bahkan menurun yang merupakan indikasi bahwa contoh uji sudah tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan. Besarnya perubahan air pori yang terjadi pada saat sampel mengalami keruntuhan dapat dilihat pada tabel 4.13.



Gambar 4.9. Pola Keruntuhan Sampel Kaolin + Cerucuk $n=2$ $l=25$ mm (C2-25)

4.5.4. Seri 4 : Kaolin + Cerucuk $n=1$ $l=50$ mm (C1-50)

Contoh uji C1-50 ini merupakan contoh uji triaksial yang terdiri dari komponen tanah kaolin yang telah di-*preloading* dengan $P_c = 100$ kPa dan diberi perkuatan berupa satu buah cerucuk dengan panjang $l=50$ mm. Metode yang digunakan untuk pemancangan cerucuk sama seperti pada contoh uji C1-25 dan C2-25 yaitu cerucuk dipancarkan ke dalam contoh uji ketika contoh uji masih berada di dalam cetakan triaksial. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalisir deformasi contoh uji karena kondisi contoh uji cukup lunak. Pemancangan cerucuk juga dilakukan tepat di titik pusat jari-jari contoh uji dengan cara ditekan dengan jari hingga permukaan cerucuk rata dengan permukaan contoh uji.

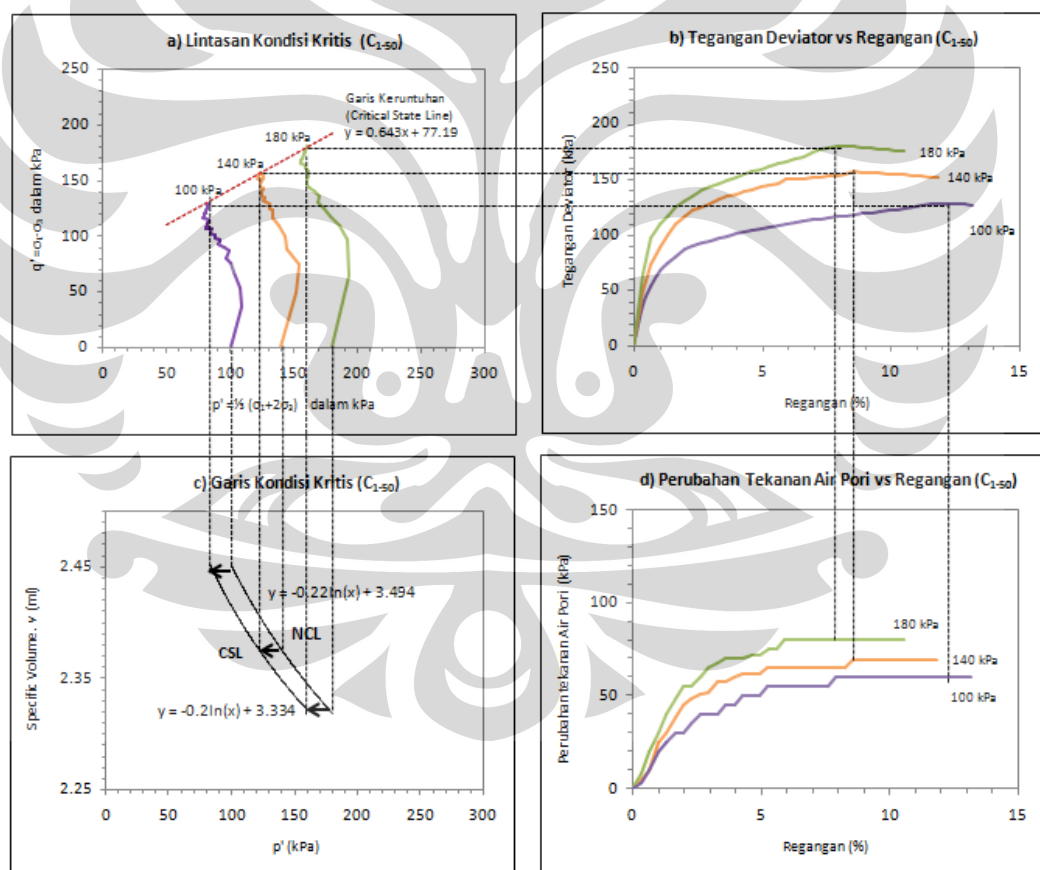
Tabel 4.16. Tabulasi Data Nilai B, ΔV dan Kadar Air untuk Sampel C1-50

Sample Code	σ_3	B	ΔV (cm ³)	Water Content (%)		
				Initial	Final	Selisih
C1-50	100 kPa	0.96	3.4	58.14	54.86	3.27
	140 kPa	0.98	6.1	58.23	54.14	4.09
	180 kPa	0.96	8.5	58.09	53.42	4.67

Pengujian triaksial CU pada contoh uji ini dimulai dengan proses saturasi untuk mengkondisikan contoh uji jenuh sempurna. Dari proses ini, diketahui bahwa rata-rata derajat kejenuhan yang dapat dicapai contoh uji C1-50 pada tahap

saturasi bervariasi antara 0.96 dan 0.98. Angka ini sudah memenuhi nilai B yang dipersyaratkan ($B \geq 0.95$) sehingga dapat dikatakan bahwa contoh uji sudah berada dalam kondisi jenuh sempurna. Selanjutnya pada tahap konsolidasi, tercatat bahwa contoh uji C1-50 mengalami perubahan volume yang berkisar antara 3-8 cm³. Perubahan volume ini lebih kecil dibandingkan perubahan volume pada seri contoh uji yang lain. Penurunan besarnya perubahan volume ini, terjadi seiring dengan peningkatan panjang dari cerucuk yang digunakan. Sedangkan untuk kadar air, juga terjadi pengurangan sekitar 3-4% di mana pengurangan yang terjadi tersebut berbanding lurus dengan perubahan volume sampel.

Output dari pengujian triaksial CU pada seri contoh uji C1-50 ditampilkan pada gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 4.10. Hubungan Antar Variabel Hasil Uji Triaksial CU pada Contoh Uji C1-50

Tabel 4.17. Pembacaan Regangan, Tegangan Deviator, dan Tekanan Air Pori Pada Kondisi Maksimum untuk Contoh Uji C1-50

σ_3 (kPa)	ϵ (%)	$\Delta\sigma$ (kPa)	Δu (kPa)
100	12.18	128.09	60
140	8.56	156.38	69
180	7.90	180.12	80

- *Lintasan Tegangan pada Kondisi Kritis*

Berdasarkan gambar 4.10(a), terlihat bahwa pola lintasan tegangan yang dihasilkan oleh contoh uji C1-50 ini sama seperti contoh-contoh uji yang telah dijelaskan sebelumnya di mana pada awal pembebanan lintasan tegangannya mengarah ke kanan kemudian berubah ke kiri hingga sampel mencapai keruntuhan. Hal ini terkait dengan perubahan tekanan air pori pada contoh uji sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Persamaan garis keruntuhan yang diperoleh dari lintasan tegangan yang terbentuk untuk contoh uji C1-50 direpresentasikan oleh parameter M dan q_0 sebagai berikut,

Tabel 4.18. Parameter Kekuatan Geser Tanah untuk Sampel C1-50

Sampel	M	q_0	ϕ'	c'
C1-50	0.643	77.20	16.88°	36.64 kPa

- *Hubungan Tegangan Deviator vs Regangan*

Berdasarkan gambar 4.10(b), terlihat bahwa contoh uji C1-50 ini mencapai keruntuhan pada regangan antara 7%-12%. Nilai regangan ini berbanding terbalik dengan σ_3 dan tegangan deviator yang bekerja pada sampel. Regangan sampel pada saat runtuh menjadi semakin kecil seiring peningkatan tegangan deviator yang bekerja. Sebagaimana yang terjadi pada sampel C0, hal ini mengindikasikan adanya peningkatan keteguhan sampel. Sedangkan untuk tegangan deviator maksimum yang dicapai oleh contoh uji C1-50 ini, berkisar antara 128-180 kPa. Nilai tegangan deviator ini meningkat seiring dengan peningkatan σ_3 yang digunakan.

- *Evaluasi Hubungan Volume Spesifik vs Tegangan Efektif*

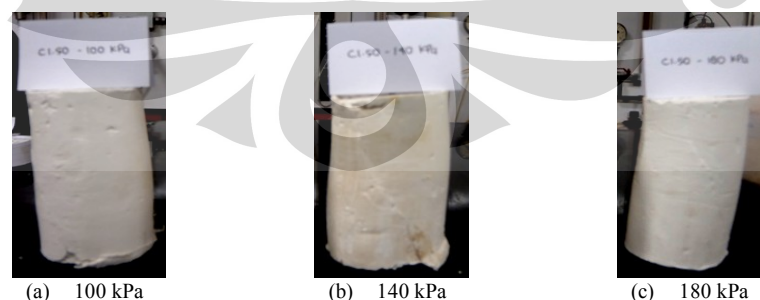
Berdasarkan gambar 4.10(c), terlihat bahwa untuk contoh uji C1-50 ini, garis *Critical State Line* (CSL) berada di sebelah kiri garis *Normally Consolidated Line* (NCL). Hal ini terkait dengan perubahan air pori yang terjadi pada contoh uji sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Parameter yang dihasilkan dari persamaan kedua garis tersebut (CSL dan NCL) dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Parameter Kondisi Kritis Sampel C1-50

Ket	NCL		CSL	
	λ NCL	N	λ CSL	Γ
Parameter	-0.226	3.494	-0.199	3.334

- *Hubungan Perubahan Tekanan Air Pori vs Regangan*

Pada gambar 4.10(d), dipaparkan hubungan antara perubahan tekanan air pori dan regangan sampel. Sama halnya seperti pada sampel C0, perubahan tekanan air pori yang terjadi mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada awal pembebanan hingga sampel mengalami keruntuhan. Setelah itu, perubahan tekanan air pori cenderung konstan atau bahkan menurun yang merupakan indikasi bahwa sampel sudah tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan. Besarnya perubahan tekanan air pori yang terjadi pada contoh uji pada saat mengalami keruntuhan dapat dilihat pada tabel 4.17.



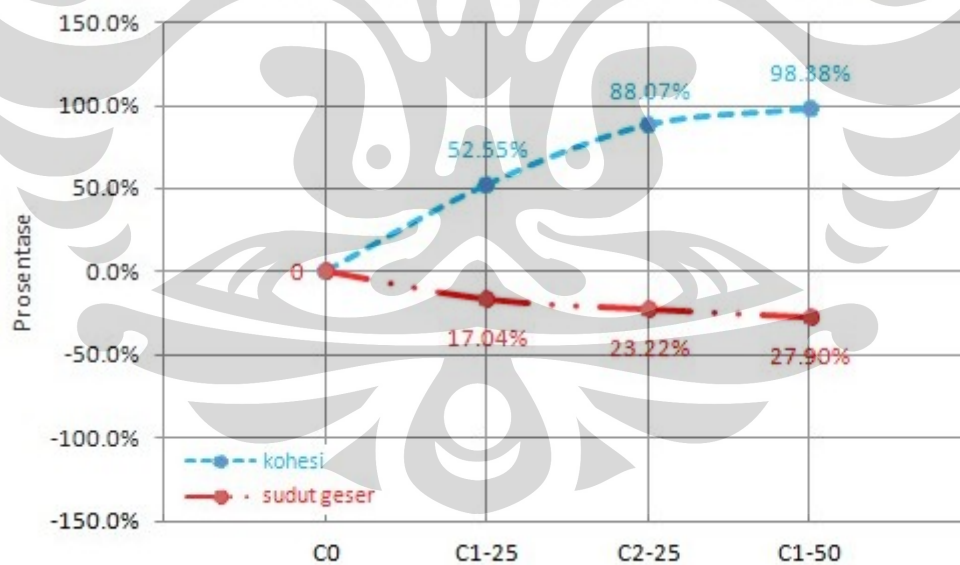
Gambar 4.11. Pola Keruntuhan Sampel Kaolin + Cerucuk $n=1$ $l=50$ mm (C1-50)

4.6. Evaluasi Parameter Kuat Geser yang Diperoleh dari Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi

Berdasarkan evaluasi dari hasil pengujian triaksial CU untuk masing-masing seri contoh uji, diketahui bahwa penambahan cerucuk memberikan pengaruh terhadap parameter kuat geser tanah. Pengaruh tersebut dapat kita lihat dari peningkatan nilai kohesi (c') dan penurunan nilai sudut geser (ϕ') sebagaimana dipaparkan pada tabel 4.20.

Tabel 4.20. Tabulasi c' dan ϕ' untuk Masing-Masing Variasi Contoh Uji Komposit

Kode Sampel	Variasi Sample	M	q_0	c' (kPa)	ϕ' ($^\circ$)
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	0.916	39.75	18.47	23.41
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	0.748	59.85	28.17	19.42
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	0.688	73.44	34.73	17.98
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	0.643	77.19	36.63	16.88



Gambar 4.12. Prosentase Peningkatan dan Penurunan Parameter Kuat Geser Tanah Berdasarkan Variasi Panjang dan Jumlah Cerucuk

Jika dihitung peningkatan nilai kohesi yang terjadi pada contoh uji yang telah diberi perkuatan berupa cerucuk terhadap nilai kohesi dari contoh uji tanpa perkuatan cerucuk (C0), diketahui bahwa peningkatan nilai c' terbesar terjadi pada

contoh uji C1-50 di mana peningkatan yang terjadi mencapai 98.38%, kemudian diikuti oleh contoh uji C2-25 (88.07%) dan contoh uji C1-25 (43.07%). Peningkatan nilai kohesi ini terjadi seiring dengan peningkatan panjang dan jumlah cerucuk yang digunakan sebagai komposit. Peningkatan nilai kohesi ini merupakan salah satu bentuk dari *overconsolidated effect* yang disebabkan karena adanya efek pemadatan yang terjadi pada contoh uji komposit akibat proses pemasangan cerucuk. Pada saat cerucuk dimasukkan ke dalam contoh uji, terjadi pemindahan tanah di sekeliling lokasi pemasangan baik secara vertikal maupun lateral. Tanah yang dipindahkan ini kemudian mendesak tanah-tanah disekelilingnya sehingga densitasnya meningkat. Sebagaimana diketahui, densitas tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi parameter kekuatan geser tanah terutama kohesi tanah, di mana ketika densitasnya semakin besar, maka kekuatan gesernya pun semakin besar.

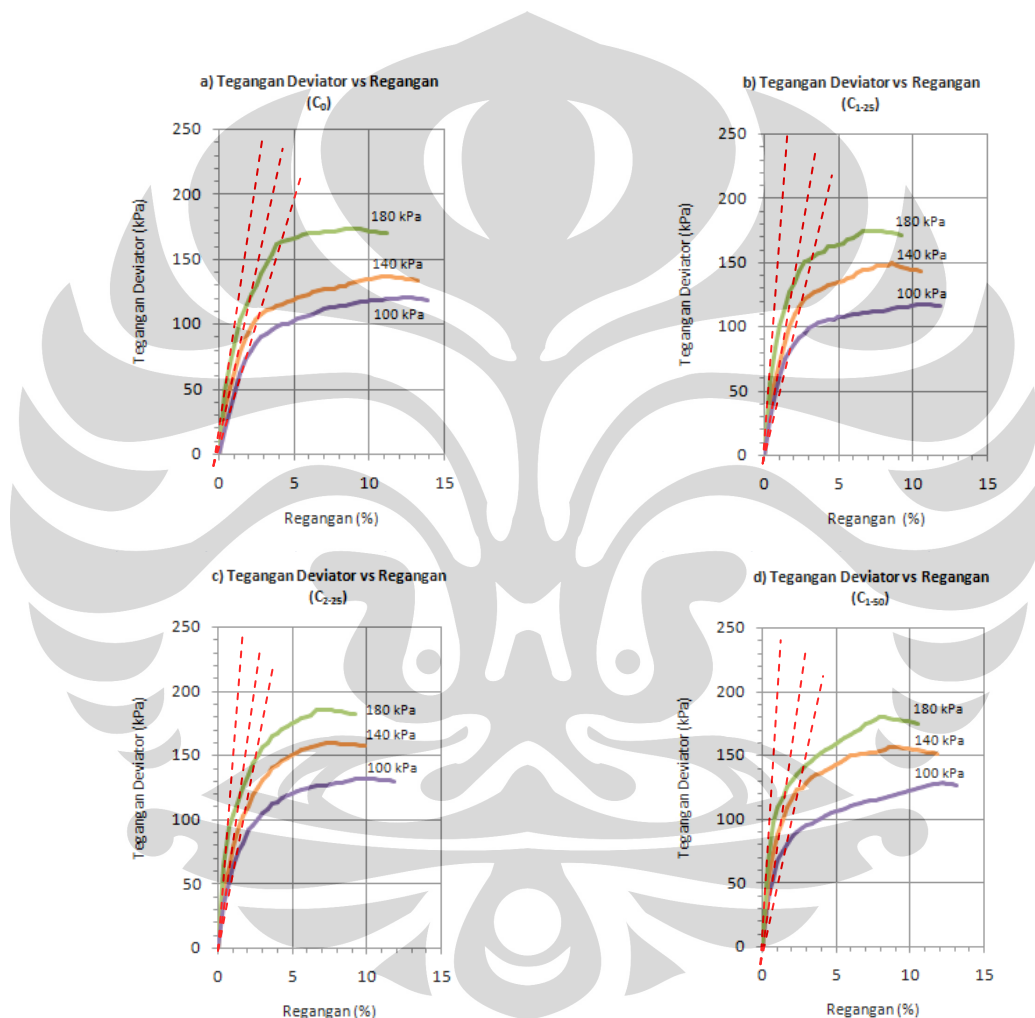
Sedangkan untuk parameter sudut gesernya, penurunan nilai ϕ' terbesar terjadi pada contoh uji C1-50 di mana penurunan yang terjadi mencapai 25.11% kemudian diikuti contoh uji C2-25 (20.25%) dan contoh uji C1-25 (18.21%). Prosentase penurunan ini dihitung berdasarkan nilai sudut geser pada contoh uji tanpa perkuatan cerucuk (C0). Besarnya penurunan yang terjadi pada sudut geser contoh uji komposit ini sebanding dengan besarnya peningkatan yang terjadi pada nilai kohesinya. Penurunan ini kemungkinan besar disebabkan oleh adanya gangguan pada contoh uji akibat pemancangan. Gangguan tersebut dapat berupa hancurnya butir-butir tanah akibat tertekan oleh tiang cerucuk ketika proses pemancangan berlangsung. Prosentase peningkatan dan penurunan nilai c' dan ϕ' dapat dilihat pada gambar 4.12

4.7. Evaluasi Nilai Modulus Elastisitas (E) Contoh Uji Berdasarkan Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi

Selain dari parameter kuat geser tanah, dalam penelitian awal ini, pengaruh penggunaan perkuatan cerucuk pada contoh uji komposit dapat pula ditinjau dari segi perubahan nilai modulus elastisitasnya. Sebagaimana diketahui, nilai

modulus elastisitas ini merepresentasikan kekakuan dari contoh uji, di mana ketika nilainya semakin besar berarti kekakuan dari contoh uji juga semakin besar. Nilai kekakuan dari contoh uji ini berkorelasi pula dengan kekuatannya, karena semakin kaku suatu material berarti nilai kekuatannya akan semakin besar.

Perhitungan modulus elastisitas dilakukan berdasarkan variasi hubungan antara tegangan deviator ($\Delta\sigma$) dengan regangan (ϵ) di mana nilai modulus elastisitasnya ditentukan pada kondisi *initial tangent modulus* (E_i).



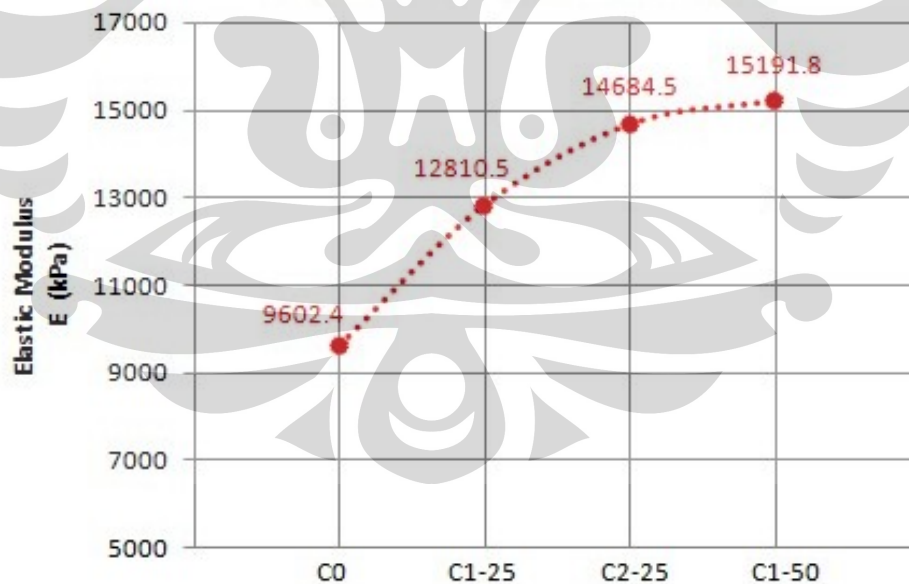
Gambar 4.13. Hubungan Tegangan Deviator ($\Delta\sigma$) dengan Regangan (ϵ)

Berdasarkan hasil perhitungan nilai modulus elastisitas (E) terlihat bahwa untuk contoh uji asli (C₀) mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 9602.4 kPa (9.6 MPa). Sedangkan pada contoh uji komposit yaitu contoh uji yang telah diberi perkuatan cerucuk, nilai E mengalami peningkatan yang cukup signifikan jika

dibandingkan dengan contoh uji asli (C0). Peningkatan nilai E terbesar dicapai oleh contoh uji C1-50 (lebih dari 50%), kemudian diikuti oleh contoh uji C2-25 dan C1-25. Peningkatan nilai E ini mengindikasikan bahwa penggunaan cerucuk memberikan efek perkuatan pada contoh uji dibandingkan kondisi asli (sebelum diberi cerucuk). Dan, berdasarkan pola yang ada, peningkatan nilai E ini sebanding dengan jumlah dan panjang cerucuk yang digunakan. Besarnya peningkatan nilai E yang dinyatakan dalam prosentase dapat dilihat pada tabel 4.21 berikut ini.

Tabel 4.21. Perhitungan Modulus Elastisitas untuk Masing-Masing Variasi Contoh Uji

Sample Code	Description	E rata-rata (kPa)	% Peningkatan
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	9602.4	-
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	12810.5	33.41%
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	14684.5	52.93%
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	15191.8	58.21%



Gambar 4.14. Nilai Modulus Elastisitas untuk Masing-Masing Contoh Uji

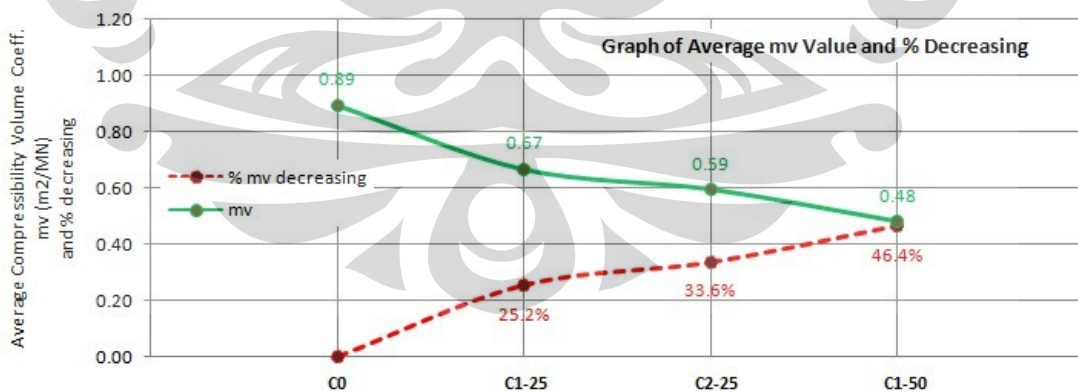
4.8. Evaluasi Koefisien Kompresibilitas Volume (m_v) Contoh Uji Berdasarkan Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi

Selain parameter kekuatan geser tanah dan nilai modulus elastisitas, dalam laporan ini akan ditinjau pula tingkat kompresibilitas contoh uji akibat penggunaan tiang cerucuk. Tingkat kompresibilitas contoh uji dalam hal ini diindikasikan oleh parameter m_v . Parameter ini ditentukan berdasarkan data perubahan volume yang terjadi ketika sampel dikonsolidasi secara isotropik pada alat triaksial. Secara teori nilai m_v dihitung berdasarkan persamaan berikut ini (Craig, 1987),

$$m_v = \frac{1}{1 + e_0} \left(\frac{e_0 - e_1}{\sigma_1' - \sigma_0'} \right) \quad (4.1)$$

Tabel 4.22. Nilai m_v dan Prosentase Penurunannya

Kode Sampel	Variasi Sample	100 kPa		140 kPa		180 kPa	
		m_v	% turun	m_v	% turun	m_v	% turun
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	0.74	0	0.90	0	1.04	0
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	0.54	26.79%	0.60	33.26%	0.86	17.12%
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	0.42	43.93%	0.54	39.66%	0.82	20.84%
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	0.39	47.14%	0.50	44.49%	0.54	47.53%



Gambar 4.15. Koefisien Kompresibilitas Volume (m_v) untuk Masing-Masing Variasi Contoh Uji

Hasil perhitungan parameter m_v dapat dilihat pada tabel 4.22. Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa nilai m_v pada sampel dengan variasi cerucuk lebih kecil dibandingkan nilai m_v pada contoh uji tanpa cerucuk (C0). Penurunan nilai

m_v terbesar dicapai oleh contoh uji C1-50 yaitu sekitar 47%, kemudian diikuti oleh contoh uji C2-25 dan C1-25. Penurunan nilai m_v ini sebanding dengan panjang dan jumlah cerucuk yang digunakan di mana dengan semakin panjang dan banyak cerucuk yang digunakan maka penurunan tingkat kompresibilitasnya pun semakin besar.

Penurunan nilai m_v seiring dengan penggunaan tiang cerucuk pada contoh uji komposit ini mengindikasikan bahwa tiang cerucuk berkontribusi dalam mengurangi tingkat kompresibilitas contoh uji. Tiang cerucuk dalam hal ini berperilaku sebagai pondasi yang membantu menahan sebagian beban timbunan yang seharusnya ditanggung oleh partikel tanah. Dengan demikian, beban yang harus ditanggung oleh partikel-partikel tanah menjadi lebih kecil dan laju penurunan yang terjadi pun menjadi lebih kecil.

4.9. Tabulasi Gabungan Nilai Parameter Kuat Geser Tanah (c' dan ϕ'), m_v dan E berdasarkan Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi

Berikut ini akan diuraikan kembali tabulasi gabungan dari semua parameter yang diperoleh dari hasil pengujian triaksial terkonsolidasi takterdrainasi yang telah dilakukan untuk masing-masing variasi contoh uji (tabel 4.23). Berdasarkan tabulasi data tersebut dan sebagaimana telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, penggunaan cerucuk menunjukkan kecenderungan peningkatan terhadap nilai kohesi tanah yang diikuti dengan penurunan nilai sudut gesernya. Peningkatan kohesi tersebut menunjukkan peningkatan seiring dengan peningkatan panjang dan jumlah cerucuk yang digunakan.

Sedangkan untuk parameter kondisi kritis, terlihat bahwa penggunaan cerucuk cenderung membuat kemiringan garis konsolidasi normal (NCL) maupun garis kondisi kritis (CSL) yang dihasilkan dari hubungan antara p' dan v , semakin tegak yang diindikasikan dengan penurunan parameter λ . Demikian pula halnya dengan N dan Γ yang menunjukkan penurunan seiring penggunaan cerucuk pada contoh uji. Penurunan ini mengindikasikan adanya efek pemadatan yang lebih

besar pada contoh uji akibat penggunaan cerucuk sehingga volume spesifiknya menjadi lebih kecil.

Selanjutnya, untuk modulus elastisitas yang diperoleh berdasarkan hubungan tegangan deviator dan regangan, terlihat bahwa penggunaan cerucuk cenderung meningkatkan kekakuan contoh uji. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai E seiring dengan penggunaan cerucuk pada contoh uji. Peningkatan kekakuan ini merupakan indikasi bahwa cerucuk memberikan efek perkuatan pada contoh uji. Akan tetapi hal sebaliknya terjadi pada parameter m_v . Jika sebelumnya dikatakan, nilai E menunjukkan peningkatan seiring penggunaan cerucuk pada contoh uji, maka m_v atau koefisien kompresibilitas volume menunjukkan kecenderungan berupa penurunan nilai m_v . Namun penurunan ini merupakan indikasi yang baik karena hal ini membuktikan bahwa cerucuk membantu mengurangi tingkat kompresibilitas contoh uji yang berarti mengurangi besarnya penurunan yang mungkin terjadi ketika proses pembebanan berlangsung.

Tabel 4.23. Tabulasi Parameter-Parameter yang diperoleh dari Hasil Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Takterdrainasi (TX-CU)

Parameter	Unit	Variasi Contoh Uji				
		C0	C1-25	C2-25	C1-50	
Kuat Geser	M	-	0.916	0.748	0.688	0.643
	q_0	-	39.75	59.85	73.44	77.19
	c'	(kPa)	18.47	28.17	34.73	36.63
	ϕ'	(°)	23.41	19.42	17.98	16.88
Kondisi Kritis	λ NCL	-	-0.479	-0.421	-0.435	-0.226
	N	-	4.587	4.375	4.466	3.494
	λ CSL	-	-0.525	-0.371	-0.397	-0.199
	Γ	-	4.698	4.060	4.231	3.334
Lain	E	(kPa)	9602.4	12810.5	14684.5	15191.8
	m_v	(m^2/MN)	0.89	0.67	0.59	0.48

4.10. Aplikasi Perhitungan

4.10.1. Aplikasi Perhitungan Daya Dukung Tanah

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, dipaparkan bahwa penggunaan cerucuk memberikan pengaruh terhadap kuat geser tanah berupa peningkatan nilai kohesi tanah (c') yang diikuti dengan penurunan sudut gesernya (ϕ'). Oleh sebab itu, untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari peningkatan kohesi dan penurunan sudut geser ini, dilakukan perhitungan terhadap daya dukung tanah dengan mengaplikasikan nilai c' dan ϕ' yang diperoleh dari masing-masing seri contoh uji.

Perhitungan daya dukung dilakukan dengan memisalkan pembebanan berupa timbunan dengan lebar (B) = 1 m dan kedalaman yang ditinjau (D) = 1 m. Timbunan diasumsikan berupa tanah lempung dengan $\gamma=17 \text{ kN/m}^3$ dan diletakkan di atas tanah yang telah diberi perkuatan cerucuk dengan konfigurasi sesuai dengan seri pengujian yang dilakukan. Untuk menghitung besarnya daya dukung tanah digunakan persamaan sebagai berikut (Pedoman Stabilisasi Dangkal Tanah Lunak dengan Semen dan Cerucuk, 2005),

$$q_u = cN_c + \gamma DN_q + 0.5\gamma BN_\gamma \quad (4.2)$$

q_u : daya dukung ultimit (kPa)

c : kohesi (kPa)

γ : berat isi tanah (kN/m^3)

D : kedalaman tanah yang ditinjau (m)

B : lebar pondasi atau timbunan (m)

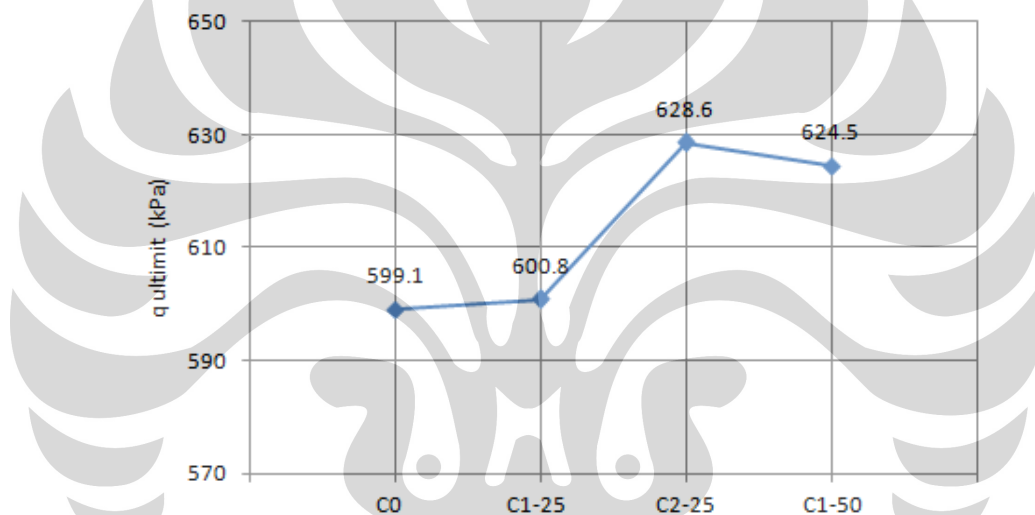
N_c, N_q, N_γ : faktor daya dukung *Terzaghi's Bearing Capacity Factors*

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa pemberian cerucuk tidak terlalu memberikan pengaruh yang cukup besar pada daya dukung tanah. Penambahan cerucuk dengan sebuah cerucuk dengan panjang (l)=25 mm (C1-25) hanya berkontribusi meningkatkan daya dukung sebesar 0.3%.

Peningkatan terbesar dicapai oleh konfigurasi contoh uji C2-25 yaitu sebesar 4.92% yang diikuti oleh konfigurasi contoh uji C1-50 yaitu sebesar 4.24%.

Tabel 4.24. Penentuan Daya Dukung Ultimit (q_u)

Kode Sampel	Variasi Sample	c' (kPa)	$\phi'_{(o)}$	q_u (kPa)	% Peningkatan q_u
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	18.47	23.41	599.1	-
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	28.17	19.42	600.8	0.29%
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	34.73	17.98	628.6	4.92%
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	36.63	16.88	624.5	4.24%



Gambar 4.16. Pola Peningkatan Daya Dukung Ultimit

4.10.2. Aplikasi Perhitungan Penurunan Elastik Tanah

Perhitungan penurunan elastik dilakukan untuk mengestimasi besarnya penurunan segera yang terjadi pada tanah di bawah pembebanan berupa pondasi jalur dengan lebar (B) = 1 m dan kedalaman yang ditinjau (D) = 1 m, baik pada kondisi sebelum maupun setelah diberi perkuatan cerucuk, dengan konfigurasi sesuai dengan variasi seri contoh uji. Perhitungan penurunan elastik dilakukan dengan menggunakan persamaan (Craig, 1987),

$$s_i = \mu_0 \mu_1 \frac{qB}{E} \quad (4.3)$$

di mana,

$\mu_0\mu_1$: koefisien perpindahan vertikal

q : tekanan yang harus ditanggung oleh tanah (kPa)

B : lebar pondasi (m)

Tabel 4.25. Perhitungan Penurunan Elastik

Kode Sampel	Variasi Sample	E (kPa)	Si (cm)
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	9602.38	0.357
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	12810.51	0.268
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	14684.46	0.234
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	15191.83	0.226

Pada perhitungan di atas, diasumsikan bahwa tekanan netto yang harus dipikul tanah (q) adalah sebesar 100 kPa (untuk semua variasi seri uji). Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa penurunan elastik yang terjadi pada tanah setelah diberi perkuatan cerucuk lebih kecil dibandingkan sebelum diberi perkuatan cerucuk. Pengurangan besarnya penurunan yang terjadi ini sejalan dengan semakin panjang dan semakin banyak cerucuk yang digunakan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pengujian triaksial terkonsolidasi takterdrainasi untuk mengetahui pengaruh penambahan cerucuk pada peningkatan kuat geser tanah kaolin, dengan variasi panjang dan jumlah cerucuk, diperoleh kesimpulan sebagai berikut,

- 1) Penambahan cerucuk memberikan pengaruh terhadap parameter kuat geser tanah. Pengaruh tersebut berupa peningkatan nilai kohesi (c') dan penurunan nilai sudut geser (ϕ'). Peningkatan nilai c' terbesar terjadi seiring dengan pertambahan panjang dan jumlah cerucuk yang digunakan. Peningkatan kohesi terbesar terjadi pada contoh uji C1-50 kemudian diikuti oleh contoh uji C2-25 dan contoh uji C1-25. Untuk penurunan nilai ϕ' yang terjadi, besarnya sebanding dengan besarnya peningkatan yang terjadi pada nilai kohesinya. Penurunan nilai ϕ' terbesar terjadi pada contoh uji C1-50 kemudian diikuti contoh uji C2-25 dan contoh uji C1-25.
- 2) Penambahan cerucuk memberikan pengaruh pada perubahan nilai modulus elastisitas (E) contoh uji. Perubahan yang terlihat berupa peningkatan nilai modulus elastisitas (E) di mana besarnya peningkatan nilai E sebanding dengan jumlah dan panjang cerucuk yang digunakan. Peningkatan terbesar di capai oleh contoh uji C1-50 kemudian diikuti oleh contoh uji C2-25 dan selanjutnya contoh uji C1-25.
- 3) Penambahan cerucuk memberikan pengaruh pada penurunan tingkat kompresibilitas volume (m_v) terhadap contoh uji komposit jika dibandingkan dengan kondisi asli (C0). Penurunan nilai m_v ini sebanding dengan jumlah dan panjang cerucuk yang digunakan. Penurunan terbesar dicapai oleh contoh uji C1-50 kemudian diikuti oleh contoh uji C2-25 dan selanjutnya contoh uji C1-25.

5.2. Saran

- 1) Berdasarkan aplikasi perhitungan yang telah dilakukan diketahui bahwa kombinasi parameter kuat geser yang dihasilkan belum menunjukkan peningkatan yang signifikan terkait dengan daya dukung tanahnya sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat pengaruh cerucuk ini terutama terkait variasi dari segi konfigurasi maupun dimensi dari contoh uji berikut cerucuknya sehingga diperoleh model yang lebih proporsional dengan kondisi di lapangan.
- 2) Di sisi lain penggunaan cerucuk sebagai material perkuatan dapat dikatakan cukup efektif dalam mengurangi besarnya penurunan yang terjadi. Hal ini sebagaimana terlihat dari penurunan parameter m_v serta dari hasil perhitungan penurunan elastik yang dilakukan.
- 3) Perlu dilakukan evaluasi lagi terhadap waktu yang dibutuhkan untuk *preloading slurry* kaolin dengan Rowe Cell. Sebaiknya *preloading* dilakukan hanya sampai konsolidasi primer pada *slurry* selesai tidak perlu menunggu contoh tanah masuk ke dalam fase konsolidasi sekunder sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu pengujian.
- 4) Pada waktu pengujian triaksial terkonsolidasi takterdrainasi hendaknya dilakukan pengecekan secara berkala pada alat triaksial (*di-reset*) di setiap akan memulai pengujian terutama untuk menghilangkan udara yang terjebak di dalam saluran-saluran selangnya yang dikhawatirkan akan mempengaruhi proses pemberian tekanan terutama pada tahap konsolidasi.
- 5) Pada waktu saturasi perlu dilakukan pencatatan terhadap waktu yang dibutuhkan untuk saturasi atau waktu yang dibutuhkan oleh contoh uji hingga mencapai derajat kejenuhan (B) yang dipersyaratkan. Hal ini penting untuk melihat pengaruh pemberian cerucuk terhadap lamanya waktu saturasi untuk nantinya digunakan sebagai salah satu bahan evaluasi untuk menganalisis perilaku contoh uji setelah diberi perkuatan cerucuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, J. H. (1993). *An Introduction to The Mechanics of Soils and Foundations Through Critical State Soil Mechanics*. England: Mc Graw Hill.
- Bergado, D. T., et al. (1996). *Soft Ground Improvement*. Amerika: American Society of Civil Engineers (ASCE).
- Bishop W., & Henkel, D. J. (1962). *The Measurement of Soil Properties in The Triaxial Test* (2nd ed). London: ELBS
- Bowles, Joseph E. (1989), *Sifat-Sifat Fisik dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)* (Johan K. Hainim, Penerjemah). Jakarta: Erlangga.
- Budhu, Muni. (2007). *Soil Mechanics and Foundation* (2nd ed). New York: John Wiley and Sons Inc.
- Craig, R. F. (2004). *Soil Mechanics* (7th ed). New York: Spoon Press.
- Collin, James G. (2002). *Timber Pile Design and Construction Manual*. USA: American Wood Preservers Institute
- Das, Braja. (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik-Jilid 1)* (Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar, Penerjemah). Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja. (2008). *Advanced Soil Mechanics* (3rd ed). New York: Taylor and Francis Group.
- Hardiyatmo, Hary C. (1992). *Mekanika Tanah I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Holtz, Robert D., & Kovacs, W. D. (1981). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.
- Irsyam, M., & Krisnanto, S. (2008), *Pengujian Skala Penuh dan Analisis Perkuatan Cerucuk Matras Bambu Untuk Timbunan Badan Jalan di Atas Tanah Lunak di Lokasi Tambak Oso, Surabaya*. Forum Teknik Sipil No. XVIII/I.
- Keputusan Direktur Jenderal Bina Marga No. 76/KPTS/Db/1999. (1999). *Tata Cara Pelaksanaan Pondasi Cerucut Kayu Di Atas Tanah Lembek Dan Tanah Gambut*. Jakarta: Ditjen PU.

- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). *Soil Mechanics*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Mitchell, J., & Soga, K. (2005). *Fundamentals of Soil Behavior (3rd ed)*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Prasahant, A., & Penumadu D. (2005). *A Laboratory Study Of Normally Consolidated Kaolin Clay*. Canadian Geotech Journal Vol. 42
- Puriawan, Irfan. (2005), *Pengaruh Penambahan Pondasi Cerucuk Bambu Untuk Konstruksi Sheet Pile Di Tanah Lempung Lunak*. Skripsi ITB.
- Rossato, G., Ninis N. L., & Jardine. (1992). *Properties of Some Kaolin-Based Model Clay Soils*. ASTM Journal Abstract
- RSNI 2006 Pd T-11-2005-B. (2006). *Stabilisasi dangkal tanah lunak untuk konstruksi timbunan jalan (dengan Semen dan Cerucuk)*. Jakarta: Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Siradz, Syamsul A. *Mineralogy and Chemistry of Red Soils of Indonesia : General Soil Properties*. Departement of Soil Science, Faculty of Agriculture, Gadjah Mada University.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice (3rd ed)*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Test Method WA 151.1 (1988). *Triaxial Test : Consolidated Undrained*. Main Road Western Australia.
- Tjandrawibawa, S., Jemmy & Wijaya (2000), *Peningkatan Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Menggunakan Cerucuk: Suatu Studi Model*. Dimensi Teknik Sipil, Vol. 2, No. 2.
- Yanrivo (2002). *Pengaruh Prapembebanan terhadap Kekuatan Tanah Lempung Depok Berdasarkan Uji Triaksial CU*. Skripsi FTUI.
- Wiliamsa, Alvin C., & Cahyadi R. (2002). *Pengaruh Cerucuk Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lempung*. Skripsi Universitas Kristen Petra.





LAMPIRAN A

- A1. Batas-Batas *Atterberg* (AL)
- A2. Berat Jenis Spesifik (Gs)
- A3. Analisa Ukuran Butiran (Hyd)



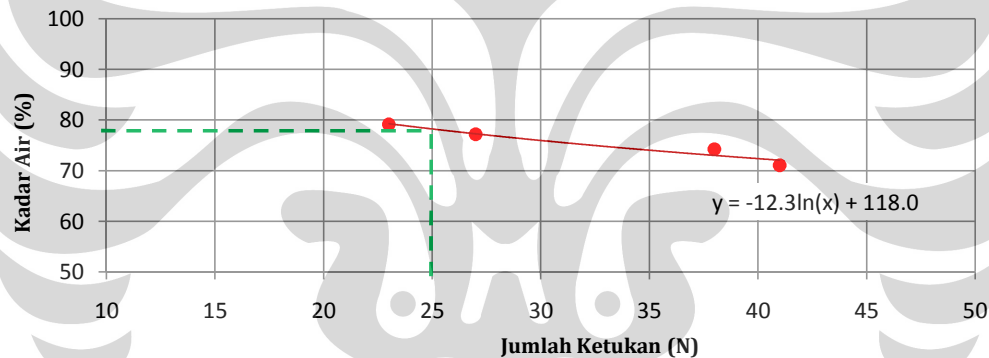
ATTERBERG LIMIT DETERMINATION

Project	:	Skripsi	Sample No.	:	AL-1
Location	:	Lab Mektan FTUI	Depth of Sample	:	-
Description of Soil	:	Kaolin	Date of Testing	:	18-11-2009
Tested By	:	Ucik dan Yunita			

LIQUID LIMIT DETERMINATION (LL)

No. can	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can (gr)	37.64	40.43	35.51	52.38
Berat tanah kering + can (gr)	25.38	26.59	23.51	32.78
Berat can (gr)	8.13	7.95	7.96	8.02
Berat air (gr)	12.26	13.84	12.00	19.60
Berat tanah kering (gr)	17.25	18.64	15.55	24.76
Kadar air (%)	71.07	74.25	77.17	79.16
Jumlah ketukan	41	38	27	23

Hubungan Kadar Air vs Jumlah Ketukan



Keterangan :

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada $N = 25$ sampai memotong grafik
 Liquid Limit (LL) = $-12.3 \ln(25) + 118.0$
 = 78.22%

PLASTIC LIMIT DETERMINATION (PL)

No. can	I	II
Berat tanah basah + can (gr)	27.19	30.02
Berat tanah kering + can (gr)	23.64	25.89
Berat can (gr)	15.74	12.28
Berat air (gr)	3.55	4.13
Berat tanah kering (gr)	7.9	13.61
Kadar air (%)	44.94	30.35
Kadar air rata-rata atau PL (%)	37.64	

Keterangan :

Plastic Index (PI) = LL - PL
 = 78.22% - 37.64% = 40.77%



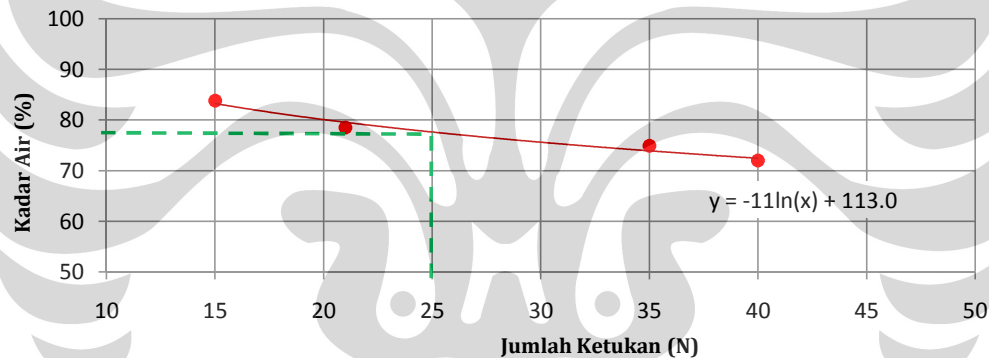
ATTERBERG LIMIT DETERMINATION

Project	:	Skripsi	Sample No.	:	AL-2
Location	:	Lab Mektan FTUI	Depth of Sample	:	-
Description of Soil	:	Kaolin	Date of Testing	:	20-11-2009
Tested By	:	Ucik dan Yunita			

LIQUID LIMIT DETERMINATION (LL)

No. can	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can (gr)	39.25	35.67	26.53	42.58
Berat tanah kering + can (gr)	26.15	23.87	17.82	27.32
Berat can (gr)	7.95	8.12	6.73	9.11
Berat air (gr)	13.1	11.8	8.71	15.26
Berat tanah kering (gr)	18.2	15.75	11.09	18.21
Kadar air (%)	71.98	74.92	78.54	83.80
Jumlah ketukan	40	35	21	15

Hubungan Kadar Air vs Jumlah Ketukan



Keterangan :

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada $N = 25$ sampai memotong grafik
 Liquid Limit (LL) = $-11.0 \ln(25) + 113.0$
 = 77.59%

PLASTIC LIMIT DETERMINATION (PL)

No. can	I	II
Berat tanah basah + can (gr)	26.89	31.02
Berat tanah kering + can (gr)	23.64	25.89
Berat can (gr)	15.74	13.06
Berat air (gr)	3.25	5.13
Berat tanah kering (gr)	7.9	12.83
Kadar air (%)	41.14	39.98
Kadar air rata-rata atau PL (%)	40.56	

Keterangan :

Plastic Index (PI) = LL - PL
 = 77.59% - 40.56% = 37.03%


SPECIFIC GRAFITY (Gs)

Project	:	Skripsi	Sample No.	:	Gs
Location	:	Lab Mektan FTUI	Depth of Sample	:	-
Description of Soil	:	Kaolin Bubuk	Date of Testing	:	19-11-2009
Tested By	:	Ucik dan Yunita			

Test No.	Unit	1	2	3
Volume Piknometer pada 20oC	(ml)	500	500	500
Metode air removal^a		didihkan		
Temperature saat pengujian	(gr)	29	29	29
Nilai α pada temperatur saat pengujiaan	(°C)	0.996	0.996	0.996
Weight flask + water +soil (W_{bws})	(gr)	718.00	716.58	726.15
Weight flask + water (W_{bw})^b	(gr)	656.51	655.10	664.48
Evaporated dish number		1	7	2
Weight of evaporated dish + dry soil	(gr)	402.26	418.08	407.92
Weight of evaporated dish	(gr)	302.26	318.08	307.92
Weight of dry soil (W_s)	(gr)	100	100	100
$W_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$		38.51	38.52	38.33
$G_s = \alpha W_s / W_w$		2.59	2.59	2.60
G_s rata-rata		2.6		

^aIndicate vacuum or aspirator for air removal

^b W_{bw} is the weight of the flask filled with water with the same quantity of dispersing agent as added to the soil-water mixture and at the same temperature

Remarks _____

Average Specific Gravity of Soil Solids (G_s) = 2.6

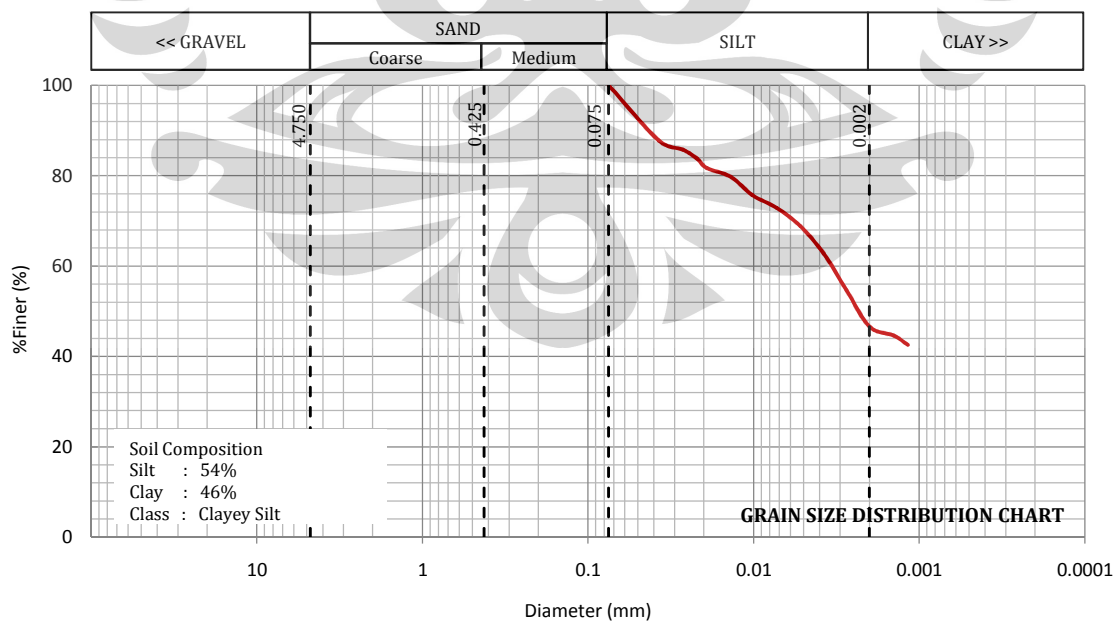


GRAIN SIZE ANALYSIS - HYDROMETER METHOD

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Description of Soil : Kaolin
 Tested By : Ucik dan Yunita
 Sample No. : Hyd-1
 Depth of Sample : -
 Date of Testing : 19-11-2009

Hydrometer No. : 152 H
 Dispersing Agent : Waterglass
 Amount : 4%
 Zero Correction : 4
 Specific Gravity (Gs) : 2.6
 a : 1.01
 Wt. of soil (gram) : 50
 Meniscus Correction : 1

Elapsed Time (min)	Temp (°C)	Actual Hyd Reading (Ra)	C _r	Corr Hyd Reading (Re)	% Finer (%)	Hyd. Corr. only for Reading (R)	L from table 6.5	L/t	K from table 6.5	D (mm)
1	28	45	2.48	43.48	87.82	46	8.751	8.751	0.013	0.037
2	28	44	2.48	42.48	85.80	45	8.916	4.458	0.013	0.027
3	28	43	2.48	41.48	83.78	44	9.080	3.027	0.013	0.022
4	28	42	2.48	40.48	81.76	43	9.244	2.311	0.013	0.019
8	28	41	2.48	39.48	79.74	42	9.408	1.176	0.013	0.014
15	28	39	2.48	37.48	75.70	40	9.736	0.649	0.013	0.010
30	29	37	3.08	36.08	72.87	38	10.064	0.335	0.013	0.007
60	29	35	3.08	34.08	68.83	36	10.392	0.173	0.013	0.005
120	29	32	3.08	31.08	62.77	33	10.885	0.091	0.013	0.004
240	29	28	3.08	27.08	54.69	29	11.541	0.048	0.013	0.003
480	29	24	3.08	23.08	46.61	25	12.198	0.025	0.013	0.002
960	29	23	3.08	22.08	44.59	24	12.362	0.013	0.013	0.001
1440	29	22	3.08	21.08	42.57	23	12.526	0.009	0.013	0.001



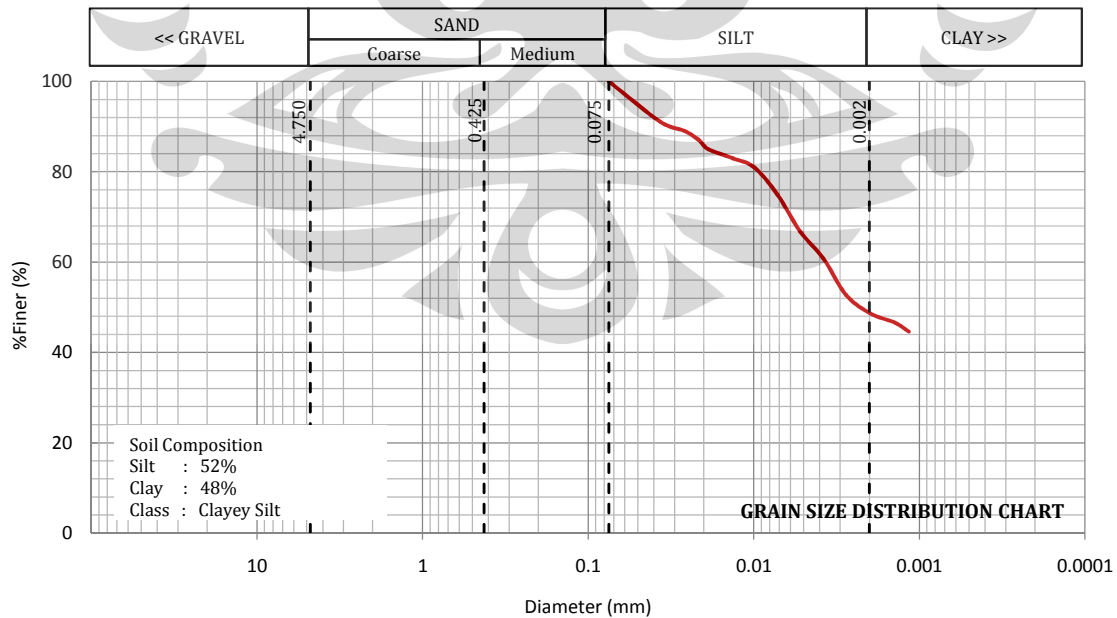


GRAIN SIZE ANALYSIS - HYDROMETER METHOD

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Description of Soil : Kaolin
 Tested By : Ucik dan Yunita
 Sample No. : Hyd-2
 Depth of Sample : -
 Date of Testing : 19-11-2009

Hydrometer No. : 152 H
 Dispersing Agent : Waterglass
 Amount : 4%
 Zero Correction : 4
 Specific Gravity (Gs) : 2.6
 a : 1.01
 Wt. of soil (gr) : 50
 Meniscus Correction : 1

Elapsed Time (min)	Temp (°C)	Actual Hyd Reading (Ra)	C _r	Corr Hyd Reading (Re)	% Finer (%)	Hyd. Corr. only for Reading (R)	L from table 6.5	L/t	K from table 6.5	D (mm)
1	29	46	3.08	45.08	91.05	47	8.587	8.587	0.013	0.037
2	29	45	3.08	44.08	89.03	46	8.751	4.376	0.013	0.026
3	29	44	3.08	43.08	87.01	45	8.916	2.972	0.013	0.022
4	29	43	3.08	42.08	84.99	44	9.080	2.270	0.013	0.019
8	29	42	3.08	41.08	82.97	43	9.244	1.155	0.013	0.013
15	29	41	3.08	40.08	80.95	42	9.408	0.627	0.013	0.010
30	29	38	3.08	37.08	74.89	39	9.900	0.330	0.013	0.007
60	29	34	3.08	33.08	66.81	35	10.557	0.176	0.013	0.005
120	29	31	3.08	30.08	60.75	32	11.049	0.092	0.013	0.004
240	29	27	3.08	26.08	52.67	28	11.705	0.049	0.013	0.003
480	29	25	3.08	24.08	48.63	26	12.033	0.025	0.013	0.002
960	29	24	3.08	23.08	46.61	25	12.198	0.013	0.013	0.001
1440	29	23	3.08	22.08	44.59	24	12.362	0.009	0.013	0.001





LAMPIRAN B

- B1. Monitoring Pencetakan Contoh Tanah dengan *Rowe Cell* (AL)
- B2. Hasil Uji Konsolidasi (Pc)



MONITORING PEMBUATAN CONTOH TANAH DENGAN ROWE CELL

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Description of Soil : Kaolin
Tested By : Ucik Nurhayati
Sample Code : R-1
Pc : 100 kPa
Date of Testing : 12-05-2010

Mould Dimension

Diameter (cm) : 14.99
 Height (cm) : 17.61
 Area (cm²) : 176.39
 Volume (cm³) : 3106.22

Soil Description

Gs Soil : 2.6

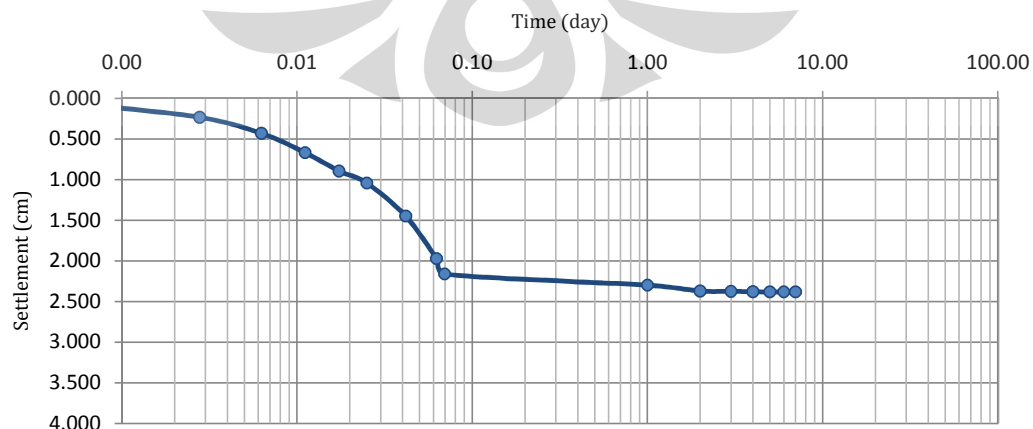
Water Content Determination

Description	Initial	Final
Wt wet soil + can (gr)	71.7	181.57
Wt dry soil + can (gr)	37.57	121.93
Wt of can (gr)	4.27	20.41
Wt of moisture (gr)	34.13	59.64
Wt of dry soil (gr)	33.30	101.52
Water content(%)	102.49	58.75

Settlement Monitoring Data

Day/Date	Time (minute)	Dial Reading		Change in Sample Height		Speed of Settl. (cm/min)	Void Ratio (e)
		1 div (div)	0.001 cm (cm)	Diff. (cm)	Cum. (cm)		
12-May-10	0	384	0.384	0.000	0.000	0.000	Initial (e ₀)= 2.6648
	1	470	0.470	0.086	0.086	0.086	
	4	618	0.618	0.148	0.234	0.059	
	9	815	0.815	0.197	0.431	0.048	
	16	1053	1.053	0.238	0.669	0.042	
	25	1280	1.280	0.227	0.896	0.036	
	36	1427	1.427	0.147	1.043	0.029	
	60	1834	1.834	0.407	1.450	0.024	
	90	2356	2.356	0.522	1.972	0.022	
	100	2545	2.545	0.189	2.161	0.022	
13-May-10	1440	2683	2.683	0.138	2.299	0.002	
14-May-10	2880	2756	2.756	0.073	2.372	0.001	
15-May-10	4320	2760	2.760	0.004	2.376	0.001	
16-May-10	5760	2764	2.764	0.004	2.380	0.000	
17-May-10	7200	2767	2.767	0.003	2.383	0.000	
18-May-10	8640	2767	2.767	0.000	2.383	0.000	
19-May-10	10080	2767	2.767	0.000	2.383	0.000	Final (e _p)= 1.5274

Chart : Time vs Total Settlement





MONITORING PEMBUATAN CONTOH TANAH DENGAN ROWE CELL

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Description of Soil : Kaolin
 Tested By : Ucik Nurhayati
 Sample Code : R-2
 Pc : 100 kPa
 Date of Testing : 10-06-2010

Mould Dimension

Diameter (cm) : 15.40
 Height (cm) : 17.70
 Area (cm²) : 186.17
 Volume (cm³) : 3295.22

Soil Description

Gs Soil : 2.6

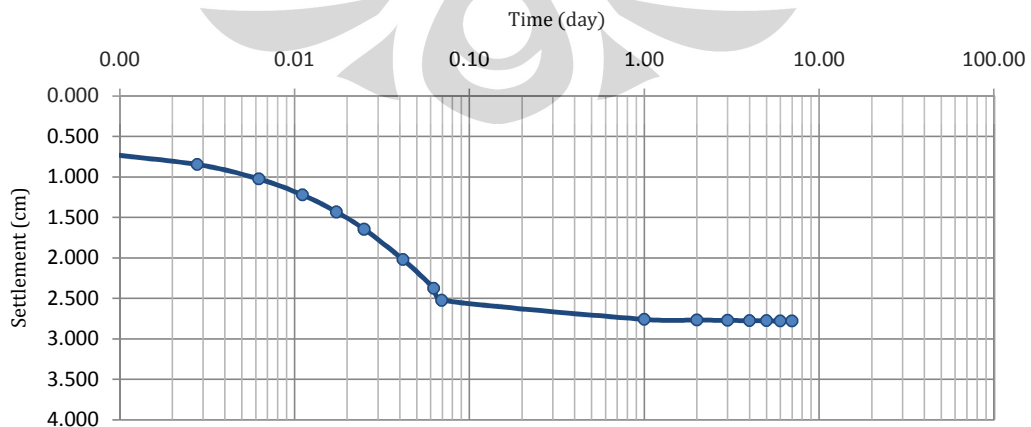
Water Content Determination

Description	Initial	Final
Wt wet soil + can (gr)	358.18	173.59
Wt dry soil + can (gr)	190.65	111.94
Wt of can (gr)	19.90	9.04
Wt of moisture (gr)	167.53	61.65
Wt of dry soil (gr)	170.75	102.90
Water content(%)	98.11	59.91

Settlement Monitoring Data

Day/Date	Time (minute)	Dial Reading		Change in Sample Height		Speed of Settl. (cm/min)	Void Ratio (e)
		1 div (div)	0.001 cm (cm)	Diff. (cm)	Cum. (cm)		
10-Jun-10	0	943	0.943	0.000	0.000	0.000	Initial (e ₀)= 2.5510
	1	1638	1.638	0.695	0.695	0.695	
	4	1790	1.790	0.152	0.847	0.212	
	9	1968	1.968	0.178	1.025	0.114	
	16	2165	2.165	0.197	1.222	0.076	
	25	2377	2.377	0.212	1.434	0.057	
	36	2590	2.590	0.213	1.647	0.046	
	60	2962	2.962	0.372	2.019	0.034	
	90	3320	3.320	0.358	2.377	0.026	
	100	3467	3.467	0.147	2.524	0.025	
11-Jun-10	1440	3703	3.703	0.236	2.760	0.002	
12-Jun-10	2880	3710	3.710	0.007	2.767	0.001	
13-Jun-10	4320	3715	3.715	0.005	2.772	0.001	
14-Jun-10	5760	3717	3.717	0.002	2.774	0.000	
15-Jun-10	7200	3719	3.719	0.002	2.776	0.000	
16-Jun-10	8640	3722	3.722	0.003	2.779	0.000	
17-Jun-10	10080	3722	3.722	0.000	2.779	0.000	Final (e _p)= 1.5577

Chart : Time vs Total Settlement





MONITORING PEMBUATAN CONTOH TANAH DENGAN ROWE CELL

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Description of Soil : Kaolin
 Tested By : Ucik Nurhayati
 Sample Code : R-3
 Pc : 100 kPa
 Date of Testing : 08-07-2010

Mould Dimension

Diameter (cm) : 15.40
 Height (cm) : 17.70
 Area (cm²) : 186.17
 Volume (cm³) : 3295.22

Soil Description

Gs Soil : 2.6

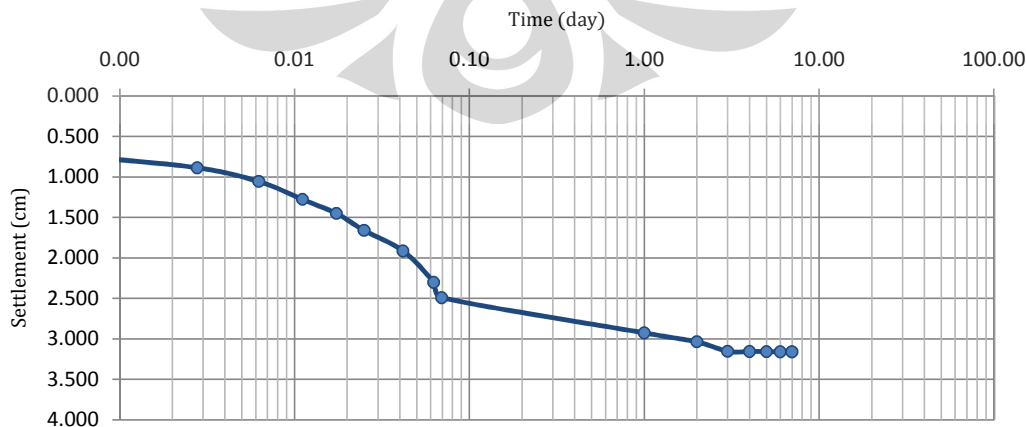
Water Content Determination

Description	Initial	Final
Wt wet soil + can (gr)	462.92	183.67
Wt dry soil + can (gr)	236.45	117.89
Wt of can (gr)	21.85	8.06
Wt of moisture (gr)	226.47	65.78
Wt of dry soil (gr)	214.60	109.83
Water content(%)	105.53	59.89

Settlement Monitoring Data

Day/Date	Time (minute)	Dial Reading		Change in Sample Height		Speed of Settl. (cm/min)	Void Ratio (e)
		1 div (div)	0.001 cm (cm)	Diff. (cm)	Cum. (cm)		
9-Jul-10	0	490	0.490	0.000	0.000	0.000	Initial (e ₀)= 2.7438
	1	1245	1.245	0.755	0.755	0.755	
	4	1378	1.378	0.133	0.888	0.222	
	9	1545	1.545	0.167	1.055	0.117	
	16	1768	1.768	0.223	1.278	0.080	
	25	1942	1.942	0.174	1.452	0.058	
	36	2150	2.150	0.208	1.660	0.046	
	60	2406	2.406	0.256	1.916	0.032	
	90	2793	2.793	0.387	2.303	0.026	
	100	2982	2.982	0.189	2.492	0.025	
10-Jul-10	1440	3418	3.418	0.436	2.928	0.002	
11-Jul-10	2880	3525	3.525	0.107	3.035	0.001	
12-Jul-10	4320	3644	3.644	0.119	3.154	0.001	
13-Jul-10	5760	3646	3.646	0.002	3.156	0.001	
14-Jul-10	7200	3648	3.648	0.002	3.158	0.000	
15-Jul-10	8640	3651	3.651	0.003	3.161	0.000	
16-Jul-10	10080	3651	3.651	0.000	3.161	0.000	Final (e _p)= 1.5572

Chart : Time vs Total Settlement





CONSOLIDATION TEST (Time Compression)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Description of Soil : Kaolin Pc = 100 kPa
Tested By : Ucik Nurhayati
Sample No. : Cs-1
Depth of Sample : -
Date of Testing : 19-5-2010

Ring dimension

Diameter (cm) : 6.38
 Height (cm) : 2.03
 Area (cm²) : 31.95
 Volume (cm³) : 64.86
 Wt of ring (gr) : 60.41

Water Content Determination

Wt wet soil + ring (gr) : 154.93
 Wt dry soil + ring (gr) : 120.85
 Wt of moisture (gr) : 34.08
 Wt of dry soil (gr) : 60.44
 Initial water content(%) : 56.39

Settlement Data

	Date	19/5	20/5	21/5	24/5	25/5	26/5	27/5
	Load (kg)	0.33	1	2	4	8	16	32
	kg/cm ²	0.103	0.313	0.626	1.252	2.504	5.007	10.015
Loading	0.00	58	242	692	1319	2294	3287	4414
	0.10		380	822	1720	2490	3711	4596
	0.25		424	865	1800	2601	3723	4706
	0.50		467	940	1850	2702	3792	4838
	1.00		515	1010	1910	2838	3937	5014
	2.00		553	1082	1980	2968	4076	5220
	4.00		578	1131	2033	3047	4163	5300
	8.00		596	1164	2071	3091	4212	5359
	15.00		610	1188	2097	3120	4242	5415
	30.00		620	1212	2121	3149	4271	5426
60.00		631	1232	2143	3177	4298	5454	
end		692	1319	2294	3287	4414	5598	
Unloading			4738	4887	5111	5307	5487	5598

Calculation

Initial height of soils (Hi) : 2.03 cm
 Specific gravity (Gs) : 2.60
 Wt ring + specimen : 154.93 gr
 Wt of ring : 60.41 gr
 Wt wet soil (Wt) : 94.52 gr
 Computed dry wt of soil (Ws') : 60.44 gr
 Oven dry wt of soil (Ws) : 60.44 gr
 Computed Ht of solids (Ho) : 0.73 cm
 Initial Ht of voids (Hv) : 1.30 cm
 Initial degree saturation (Si) : 81.89 %
 Initial void ratio (eo) : 1.79

Final Test Data

Initial Dial Reading : 58
 Final Dial Reading : 5598
 Change in Sampel Ht : 0.554 cm
 Final Ht of voids (Hvf) : 0.748 cm
 Final Void Ratio (ef) : 1.029 cm



CONSOLIDATION TEST (Computation Sheet for e and cv)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI **Sample No.** : Cs-1
Description of Soil : Kaolin Pc = 100 kPa **Depth of Sample** : -
Tested By : Ucik Nurhayati **Date of Testing** : 19-5-2010

Sample Data
 Sample Volume (V) : 64.86 Dry Wt of Soils (Ws) : 60.44
 Ht of Soils (Hi) : 2.03 Ht of Solid (Ho) : 0.73
 Initial Ht of voids (Hv) : 1.30 Initial Void Ratio (eo) : 1.79

Pressure (kg/cm ²)	Def. dial reading at end of load ^a (cm)	Change sample ht (Δh) (cm)	Change in void ratio Δe=Δh/Ho	Inst void ratio e	Average ^b ht. for load (cm)	Length of drainage path, (H ^c) (cm)	Time for 90% consol. ^d (min)	Coeff. of consol. (cv) (cm ² /min)
0.000	0.0058	0.000	0.000	1.79	2.030	1.015		
0.103	0.0242	0.018	0.025	1.77	2.021	1.010		
0.313	0.0692	0.045	0.062	1.70	1.998	0.999	1.21	0.70
0.626	0.1319	0.063	0.086	1.62	1.967	0.983	2.25	0.36
1.252	0.2294	0.098	0.134	1.48	1.918	0.959	1.00	0.78
2.504	0.3287	0.099	0.136	1.35	1.869	0.934	1.90	0.39
5.007	0.4414	0.113	0.155	1.19	1.812	0.906	0.64	1.09
10.015	0.5598	0.118	0.163	1.03	1.753	0.877	2.89	0.23
5.007	0.5487	-0.011	-0.015	1.04	1.759	0.8793		
2.504	0.5307	-0.018	-0.025	1.07	1.768	0.8838		
1.252	0.5111	-0.020	-0.027	1.10	1.777	0.8887		
0.626	0.4887	-0.022	-0.031	1.13	1.789	0.8943		
0.313	0.4738	-0.015	-0.020	1.15	1.796	0.8980		

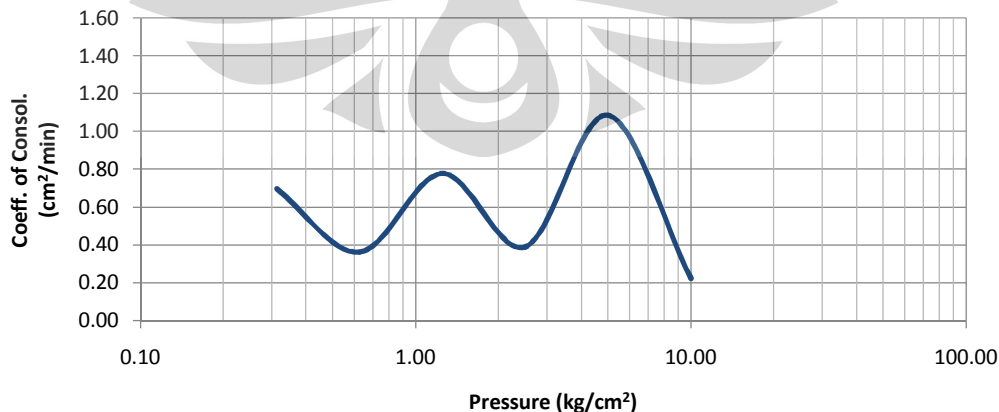
^aFinal dial reading of preceding load = initial dial reading of following load

^bAverage ht. for load increment = Ht. at beginning of load - ½ΔH

^cH = length of longest drainage path; for floating ring consolidation = ½ average ht. for given load increment

^dFrom the dial reading vs log t curves

Grafik Hubungan Tekanan vs Cv



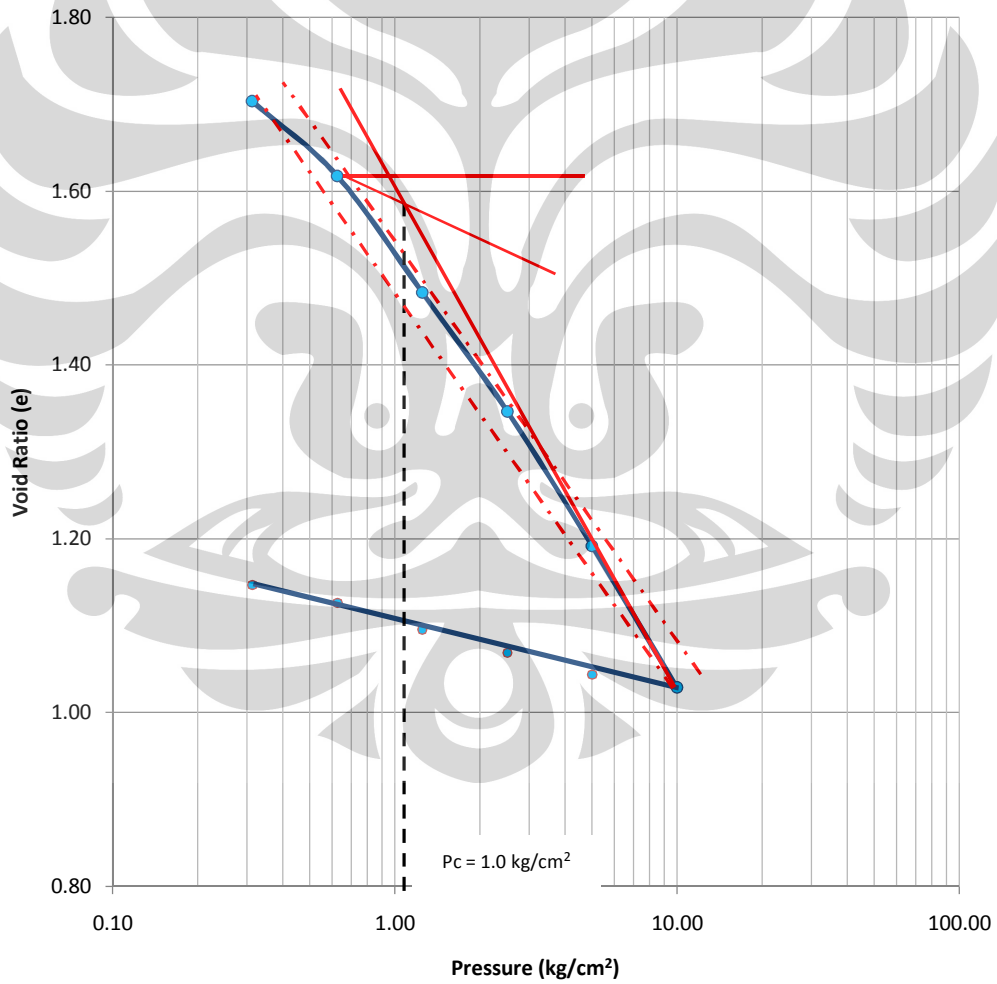


CONSOLIDATION TEST (Determination of Pra-consolidation Pressure)

Project	:	Skripsi	Sample No.	:	Cs-1
Location	:	Lab Mekatan FTUI	Depth of Sample	:	-
Description of Soil	:	Kaolin Pc = 100 kPa	Date of Testing	:	19-5-2010
Tested By	:	Ucik Nurhayati			

Result					
w	:	56.39 %	Cc	:	0.54
Gs	:	2.6	Cr	:	0.29
Sr	:	81.89 %	Po	:	- kg/cm ²
e _o	:	1.79	Pc	:	1.00 kg/cm ²

Grafik Penentuan Tekanan Prakonsolidasi (Pc)





CONSOLIDATION TEST (Time Compression)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Description of Soil : Kaolin Pc = 100 kPa
Tested By : Ucik Nurhayati
Sample No. : Cs-2
Depth of Sample : -
Date of Testing : 19-5-2010

Ring dimension
 Diameter (cm) : 6.34
 Height (cm) : 2.00
 Area (cm²) : 31.55
 Volume (cm³) : 63.11
 Wt of ring (gr) : 60.24

Water Content Determination
 Wt wet soil + ring (gr) : 149.66
 Wt dry soil +ring (gr) : 117.38
 Wt of moisture (gr) : 32.28
 Wt of dry soil (gr) : 57.14
 Initial water content(%) : 56.49

Settlement Data

	Date	19/5	20/5	21/5	24/5	25/5	26/5	27/5
	Load (kg)	0.33	1	2	4	8	16	32
	kg/cm ²	0.105	0.317	0.634	1.268	2.535	5.071	10.141
Loading	0.00	578	762	1212	1839	2814	3807	4934
	0.10		900	1342	2240	3010	4231	5116
	0.25		944	1385	2320	3121	4243	5226
	0.50		987	1460	2370	3222	4312	5358
	1.00		1035	1530	2430	3358	4457	5534
	2.00		1073	1602	2500	3488	4596	5740
	4.00		1098	1651	2553	3567	4683	5820
	8.00		1116	1684	2591	3611	4732	5879
	15.00		1130	1708	2617	3640	4762	5935
	30.00		1140	1732	2641	3669	4791	5946
	60.00		1151	1752	2663	3697	4818	5974
end			1212	1839	2814	3807	4934	6118
Unloading			5071	5527	5577	5796	6007	6118

Calculation

Initial height of soils (Hi) : 2.00 cm
 Specific gravity (Gs) : 2.60
 Wt ring + speciment : 149.66 gr
 Wt of ring : 60.24 gr
 Wt wet soil (Wt) : 89.42 gr
 Computed dry wt of soil (Ws') : 57.14 gr
 Oven dry wt of soil (Ws) : 57.14 gr
 Computed Ht of solids (Ho) : 0.70 cm
 Initial Ht of voids (Hv) : 1.30 cm
 Initial degree saturation (Si) : 78.48 %
 Initial void ratio (eo) : 1.87

Final Test Data

Initial Dial Reading : 578
 Final Dial Reading : 6118
 Change in Sampel Ht : 0.554 cm
 Final Ht of voids (Hvf) : 0.750 cm
 Final Void Ratio (ef) : 1.076 cm



CONSOLIDATION TEST (Computation Sheet for e and c_v)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Description of Soil : Kaolin Pc = 100 kPa
Tested By : Ucik Nurhayati
Sample No. : Cs-2
Depth of Sample : -
Date of Testing : 19-5-2010

Sample Data

Sample Volume (V) : 63.11
 Ht of Soils (Hi) : 2.00
 Initial Ht of voids (Hv) : 1.30
 Dry Wt of Soils (W_s) : 57.14
 Ht of Solid (H_o) : 0.70
 Initial Void Ratio (e_o) : 1.87

Pressure (kg/cm ²)	Def. dial reading at end of load ^a (cm)	Change sample ht (Δh) (cm)	Change in void ratio $\Delta e = \Delta h / H_o$	Inst void ratio e	Average ^b ht. for load (cm)	Length of drainage path, (H^c) (cm)	Time for 90% consol. ^d (min)	Coeff. of consol. (c_v) (cm ² /min)
0.000	0.0578	0.000	0.000	1.87	2.000	1.000		
0.105	0.0762	0.018	0.026	1.85	1.991	0.995		
0.317	0.1212	0.045	0.065	1.78	1.968	0.984	1.21	0.68
0.634	0.1839	0.063	0.090	1.69	1.937	0.968	2.25	0.35
1.268	0.2814	0.098	0.140	1.55	1.888	0.944	1.00	0.76
2.535	0.3807	0.099	0.143	1.41	1.839	0.919	1.90	0.38
5.071	0.4934	0.113	0.162	1.25	1.782	0.891	0.64	1.05
10.141	0.6118	0.118	0.170	1.08	1.723	0.862	3.24	0.19
5.071	0.6007	-0.011	-0.016	1.09	1.729	0.8643		
2.535	0.5796	-0.021	-0.030	1.12	1.739	0.8696		
1.268	0.5577	-0.022	-0.031	1.15	1.750	0.8750		
0.634	0.5527	-0.005	-0.007	1.16	1.753	0.8763		
0.317	0.5071	-0.046	-0.065	1.23	1.775	0.8877		

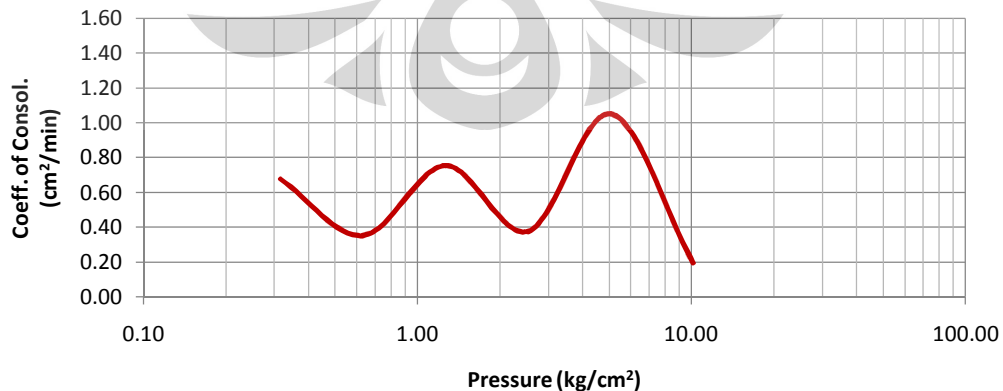
^aFinal dial reading of preceding load = initial dial reading of following load

^bAverage ht. for load increment = Ht. at beginning of load - $\frac{1}{2}\Delta H$

^cH = length of longest drainage path; for floating ring consolidation = $\frac{1}{2}$ average ht. for given load increment

^dFrom the dial reading vs log t curves

Grafik Hubungan Tekanan vs C_v



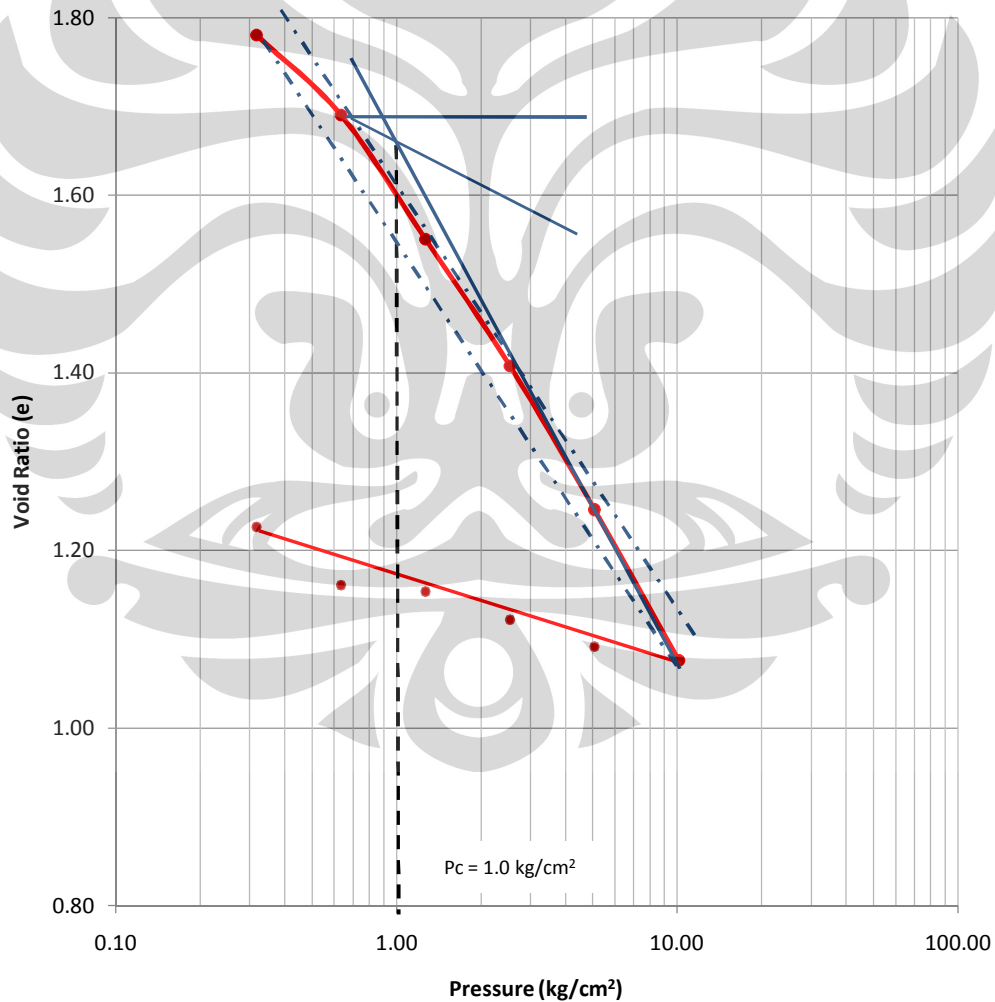


CONSOLIDATION TEST (Determination of Pra-consolidation Pressure)

Project	:	Skripsi	Sample No.	:	Cs-2
Location	:	Lab Mektan FTUI	Depth of Sample	:	-
Description of Soil	:	Kaolin Pc = 100 kPa	Date of Testing	:	19-5-2010
Tested By	:	Ucik Nurhayati			

Result					
w	:	56.49 %	Cc	:	0.56
Gs	:	2.6	Cr	:	0.30
Sr	:	78.48 %	Po	:	0.00 kg/cm ²
e ₀	:	1.87	Pc	:	1.00 kg/cm ²

Grafik Penentuan Tekanan Prakonsolidasi (Pc)



LAMPIRAN C

- C1. Hasil Uji TX-CU Contoh Uji C0
- C2. Hasil Uji TX-CU Contoh Uji C1-25
- C3. Hasil Uji TX-CU Contoh Uji C2-25
- C4. Hasil Uji TX-CU Contoh Uji C1-50
- C5. Tabulasi Nilai Modulus Elastisitas (E)
- C6. Tabulasi Nilai Koefisien Kompresibilitas
Volume (mv)



TRIAXIAL DATA SHEET (C0)

PROJECT : Skripsi
LOCATION : Lab Mektan FTUI
DESCRIPTION : Kaolin Pc = 100 kPa
TESTED BY : Ucik Nurhayati
SAMPLE CODE : C0

NO.	DESCRIPTION	UNIT	SAMPLE		
			1	2	3
1	Wt OF WET SOIL + CAN	(gram)	117.63	117.44	117.3
2	Wt OF DRY SOIL + CAN	(gram)	73.97	73.89	73.85
3	Wt OF CAN	(gram)	0	0	0
4	Wt OF DRY SOIL	(gram)	73.97	73.89	73.85
5	Wt. OF MOISTURE	(gram)	43.66	43.55	43.45
6	WATER CONTENT	(%)	59.02	58.94	58.84
7	AVERAGE W. CONTENT	(%)	58.93		
8	SAMPLE HEIGHT	(cm)	7.20	7.20	7.20
9	AVERAGE		7.20		
10	SAMPLE DIAMETER	(cm)	3.59	3.59	3.59
11	AVERAGE		3.59		
12	AREA	(cm ²)	10.12	10.12	10.12
13	VOLUME	(cm ³)	72.84	72.84	72.84
14	ρ_{wet}	(kg/cm ³)	1.61	1.61	1.61
15	AVERAGE	(kg/cm ³)	1.61		
16	ρ_{dry}	(kg/cm ³)	1.02	1.01	1.01
17	AVERAGE	(kg/cm ³)	1.01		
18	LRC	(kg/div)	0.14		
19	s_3	(kg/cm ²)	1.00	1.40	1.80

count

1

1

1



TRIAxIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C0-100 kPa)

Project	: Skripsi	Series	: Asli (C0)	Type of test	: CU
Location	: Lab Mektan FTUI	Speciment Code	: C0-100 kPa	With	: side drain
Date	: 25-27 Mei 2010	Speciment Diameter	: 3.59 cm	Without	
Tested by	: Ucik Nurhayati	Speciment Height	: 7.20 cm	Cell No.	: 1

TRIAxIAL SATURATION

Cell Pressure	Back Pressure	Pore Pressure	PWP diff.	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS (cm ³)				
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol	(-) exp
0.0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.5	-	0.25	0.25	0.50	-	-	-	23.0	25.3	2.3		
0.5	0.4	0.35	-	-	21.4	21.5	0.1	-	-	-		
1.0	-	0.84	0.49	0.98	-	-	-	28.5	30.3	1.8		
1.0	0.9	0.84	-	-	21.6	23.6	2	-	-	-		
TOTAL												

Ket : pressure dalam kg/cm2 dan volume dalam cm³

TRIAxIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (KPa)	1.0	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
						reading gauge	diff (cm ³)	reading (kg/cm ²)	diff. (kg/cm ²)	diss. (%)
Cell Pressure (KPa)	1.9									
Back Pressure (kPa)	0.9									
PWP after build up (KPa)	0.9	26 Mei		0	0	23.60	0	0.90	0	
Difference (KPa)	0.0			1	1.00	19.90	3.70	1.40	0.50	
				4	2.00	19.40	4.20	1.20	0.30	
t_{90} =	seconds			9	3.00	19.10	4.50	1.05	0.15	
	minutes			16	4.00	18.90	4.70	1.00	0.10	
				25	5.00	18.80	4.80	0.95	0.05	
t_f =				30	5.48	18.80	4.80	0.95	0.05	
				60	7.75	18.70	4.90	0.95	0.05	
Assumed strain to failure =	4%			100	10.00	18.50	5.10	0.90	0.00	
				27 Mei	1440	37.95	18.20	5.40	0.90	0.00
Calculated rate of strain (mm/min)										
Total consolidation volume change (ΔV_c)						5.40				

Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	- (cm ³)
Weight of wet sample + can (gr)	117.63	115.75	Cell Correction	- (cm ³)
Weight of dry sample + can (gr)	73.97	73.97	Corrected Vol Change (ΔV_s)	0 (cm ³)
Water Content (%)	59.02%	56.48%	Consolidation Vol Change (ΔV_c)	5.40 (cm ³)
Weight of wet sample (gr)	117.63	γ_n (ton/m ³)	1.61	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_t$
A_0 (cm ²)	10.12	$\epsilon_v = \Delta V_t / V_0 \times 100\%$	$1/3 \epsilon_v$	$2/3 \epsilon_v$
V_0 (cm ³)	72.84	7.41%	2.47%	4.94%
$H_c = H_0 (1 - 1/3 \epsilon_v / 100)$		$A_c = A_0 (1 - 2/3 \epsilon_v / 100)$		$V_c = V_0 - \Delta V_t$
7.198 (cm)		10.112 (cm ²)		67.444 (cm ³)



TRIAxIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C0-180 kPa)

Project : Skripsi Series : Asli (C0) Type of test : CU
 Location : Lab Mektan FTUI Speciment Code : C0-180 kPa With : side drain
 Date : 25-27 Mei 2010 Speciment Diameter : 3.59 cm Without :
 Tested by : Ucik Nurhayati Speciment Height : 7.20 cm Cell No. : 1

TRIAxIAL SATURATION

Cell Pressure	Back Pressure	Pore Pressure	PWP diff.	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS (cm ³)					
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol	(-) exp	
0.0	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5	-	0.20	0.20	0.40	-	-	-	10.7	12.5	1.8	-	-	-
0.5	0.4	0.38	-	-	14.1	15.2	1.1	-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.87	0.49	0.98	-	-	-	15.2	19.7	4.5	-	-	-
1.0	0.9	0.90	-	-	15.9	16.4	0.5	-	-	-	-	-	-
TOTAL													

TRIAxIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (KPa)	1.8	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
Cell Pressure (KPa)	2.7					reading gauge	diff (cm ³)	reading (kg/cm ²)	diff. (kg/cm ²)	diss. (%)
Back Pressure (kPa)	0.9	26 Mei		0	0	16.40	0	0.90	0	
PWP after build up (KPa)	0.9			0	0					
Difference (KPa)	0.0			1	1.00	11.10	5.30	2.10	1.20	
				4	2.00	8.50	7.90	2.00	1.10	
t_{90} =	seconds			8	2.83	7.50	8.90	1.55	0.65	
	minutes			15	3.87	6.50	9.90	1.40	0.50	
				30	5.48	4.50	11.90	1.15	0.25	
t_f =				60	7.75	3.60	12.80	1.00	0.10	
				100	10.00	3.50	12.90	0.94	0.04	
Assumed strain to failure =	4%	27 Mei		1440	37.95	2.80	13.60	0.90	0.00	
Calculated rate of strain (mm/min)										
Total consolidation volume change (ΔV_c)							13.60			

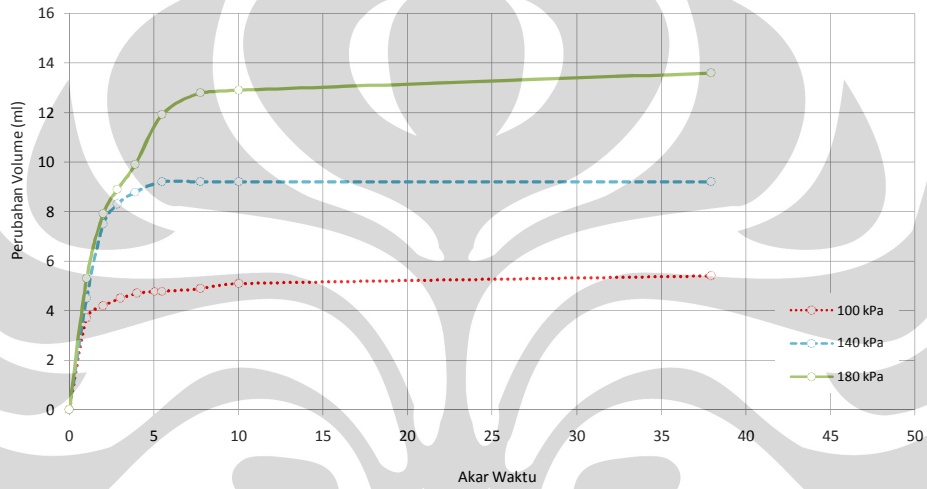
Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	- (cm ³)
Weight of wet sample + can (gr)	117.3	114.2	Cell Correction	- (cm ³)
Weight of dry sample + can (gr)	73.85	73.85	Corrected Vol Change (ΔV_s)	0 (cm ³)
Water Content (%)	58.84%	54.64%	Consolidation Vol Change (ΔV_c)	13.60 (cm ³)
Weight of wet sample (gr)	117.63	γ_n (ton/m ³)	1.61	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_t$
A_0 (cm ²)	10.12	$\epsilon_v = \Delta V_t / V_o \times 100\%$	$1/3 \epsilon_v$	$2/3 \epsilon_v$
V_0 (cm ³)	72.84	18.67%	6.22%	12.45%
$H_c = H_0 (1 - 1/3 \epsilon_v / 100)$		$A_c = A_0 (1 - 2/3 \epsilon_v / 100)$		$V_c = V_0 - \Delta V_t$
7.196 (cm)		10.105 (cm ²)		59.244 (cm ³)



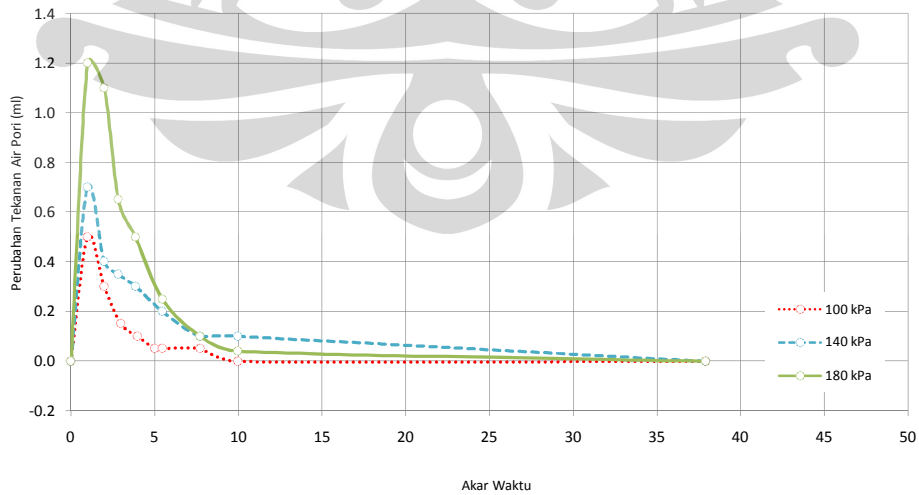
TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C0)

Project	: Skripsi	Series	: C0	Type of test	: CU
Location	: Lab Mektan FTUI	Specimen Code	: -	With	: side drain
Date	: 25-27 Mei 2010	Specimen Diameter	: 3.59 cm	Without	
Tested by	: Ucik Nurhayati	Specimen Height	: 7.20 cm	Remarks	: Graph

Grafik Hubungan Perubahan Volume Sample terhadap Akar Waktu pada Tahap Konsolidasi



Grafik Hubungan Perubahan Tekanan Air Pori terhadap Akar Waktu pada Tahap Konsolidasi





TRIAXIAL DATA SHEET : Shearing (C0)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa

Type : TX-CU
With : side drains
Without :

Series : C0
Date : 27 Mei - 2 Juni 2010
Tested by : Ucik Nurhayati

SPECIMEN 1 (100 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	13.0	0.92
50	0.05	25.0	0.95
75	0.08	36.5	0.98
100	0.10	45.5	1.10
125	0.13	53.3	1.18
150	0.15	58.5	1.22
175	0.18	63.0	1.28
200	0.20	66.8	1.30
225	0.23	69.0	1.32
250	0.25	71.2	1.35
275	0.28	73.2	1.38
300	0.30	74.8	1.40
325	0.33	75.8	1.48
350	0.35	77.6	1.48
375	0.38	78.9	1.48
400	0.40	80.8	1.48
425	0.43	81.2	1.48
450	0.45	82.8	1.48
475	0.48	84.5	1.48
500	0.50	86.8	1.45
525	0.53	87.8	1.45
550	0.55	88.0	1.45
575	0.58	89.2	1.45
600	0.60	90.0	1.45
625	0.63	91.0	1.45
650	0.65	92.0	1.45
675	0.68	93.0	1.45
700	0.70	94.0	1.45
725	0.73	94.5	1.45
750	0.75	95.0	1.45
775	0.78	95.8	1.45
800	0.80	96.5	1.45
825	0.83	97.0	1.45
850	0.85	98.0	1.45
875	0.88	99.0	1.45
900	0.90	99.2	1.45
925	0.93	99.2	1.45
950	0.95	99.2	1.45
975	0.98	99.2	1.45
1000	1.00	99.2	1.45

SPECIMEN 2 (140 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	24.5	0.97
50	0.05	37.0	1.00
75	0.08	48.5	1.03
100	0.10	57.0	1.16
125	0.13	65.0	1.24
150	0.15	72.0	1.38
175	0.18	76.0	1.43
200	0.20	80.0	1.45
225	0.23	82.3	1.50
250	0.25	83.7	1.55
275	0.28	85.3	1.60
300	0.30	86.8	1.65
325	0.33	88.2	1.65
350	0.35	89.5	1.65
375	0.38	91.5	1.65
400	0.40	93.0	1.65
425	0.43	94.2	1.65
450	0.45	95.7	1.65
475	0.48	97.0	1.65
500	0.50	98.3	1.65
525	0.53	98.3	1.65
550	0.55	99.3	1.70
575	0.58	100.8	1.70
600	0.60	101.8	1.70
625	0.63	103.8	1.70
650	0.65	104.8	1.70
675	0.68	105.8	1.70
700	0.70	107.0	1.70
725	0.73	108.0	1.70
750	0.75	109.0	1.70
775	0.78	110.0	1.70
800	0.80	110.8	1.70
825	0.83	110.8	1.70
850	0.85	110.8	1.70
875	0.88	110.8	1.70
900	0.90	110.8	1.70
925	0.93	110.8	1.70
950	0.95	110.8	1.70

SPECIMEN 1 (180 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	35.0	1.00
50	0.05	50.5	1.09
75	0.08	65.0	1.12
100	0.10	75.0	1.26
125	0.13	83.0	1.35
150	0.15	90.0	1.50
175	0.18	96.5	1.56
200	0.20	102.5	1.58
225	0.23	108.5	1.64
250	0.25	115.0	1.69
275	0.28	120.8	1.74
300	0.30	123.0	1.80
325	0.33	124.5	1.82
350	0.35	125.5	1.82
375	0.38	127.0	1.82
400	0.40	129.3	1.82
425	0.43	130.3	1.82
450	0.45	130.8	1.82
475	0.48	131.0	1.82
500	0.50	132.2	1.82
525	0.53	133.0	1.82
550	0.55	133.7	1.82
575	0.58	134.5	1.82
600	0.60	136.0	1.82
625	0.63	136.5	1.82
650	0.65	137.5	1.82
675	0.68	137.5	1.82
700	0.70	137.5	1.82
725	0.73	137.5	1.82
750	0.75	137.5	1.82
775	0.78	137.5	1.82
800	0.80	137.5	1.82



TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (CO-100 kPa)

Project :	Skripsi	Type of Test :	TX-CU	Eff. Cell Pressure :	1.00 kg/cm ²
Location :	Lab Mektan FTUI	Tested By :	Ucik Nurhayati	Cell Pressure :	1.90 kg/cm ²
Remarks :	Kaolin Pc = 100 kPa	With :	side drains	Back Pressure :	0.90 kg/cm ²
Code :	C-0 (Tanpa Cerucuk)	Without :		Cons. Length (lc) :	7.20 cm
Cell No :	1	Rate of Strain :	0.0548 mm/min	Cons. Area (Ac) :	10.11 cm ²
Date :	27 Mei 2010	LRC :	0.14	Cons. Volume (Vc) :	67.44 cm ³

Displacement Dial Reading	Unit Strain ε	Area Corrected A _v /(1 - ε)	Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress Δσ	Principal Stress and Ratio						
			Dial Reading		Dial Reading			Major Tot* (σ ₁)	Major Eff. (σ' ₁)	Minor Eff. (σ' ₃)	Eff. Ratio (σ' ₁ /σ' ₃)	p ½(σ ₁ +σ ₃)	q (σ ₁ -σ ₃)	p' ½(σ' ₁ +2σ' ₃)
			(div)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)								
0	0.000	0.00	10.11	0.0	0.000	0.90	0	1.000	1.000	1.00	1.00	1.000	0.000	1.000
25	0.025	0.35	10.15	13.0	1.820	0.92	0.02	1.179	1.159	0.98	1.18	1.060	0.179	1.040
50	0.050	0.69	10.18	25.0	3.500	0.95	0.05	1.344	1.294	0.95	1.36	1.115	0.344	1.065
75	0.075	1.04	10.22	36.5	5.110	0.98	0.08	1.500	1.420	0.92	1.54	1.167	0.500	1.087
100	0.100	1.39	10.25	45.5	6.370	1.10	0.20	1.621	1.421	0.80	1.78	1.207	0.621	1.007
125	0.125	1.74	10.29	53.3	7.462	1.18	0.28	1.725	1.445	0.72	2.01	1.242	0.725	0.962
150	0.150	2.08	10.33	58.5	8.190	1.22	0.32	1.793	1.473	0.68	2.17	1.264	0.793	0.944
175	0.175	2.43	10.36	63.0	8.820	1.28	0.38	1.851	1.471	0.62	2.37	1.284	0.851	0.904
200	0.200	2.78	10.40	66.8	9.352	1.30	0.40	1.899	1.499	0.60	2.50	1.300	0.899	0.900
225	0.225	3.13	10.44	69.0	9.660	1.32	0.42	1.925	1.505	0.58	2.60	1.308	0.925	0.888
250	0.250	3.47	10.48	71.2	9.968	1.35	0.45	1.952	1.502	0.55	2.73	1.317	0.952	0.867
275	0.275	3.82	10.51	73.2	10.248	1.38	0.48	1.975	1.495	0.52	2.87	1.325	0.975	0.845
300	0.300	4.17	10.55	74.8	10.472	1.40	0.50	1.992	1.492	0.50	2.98	1.331	0.992	0.831
325	0.325	4.52	10.59	75.8	10.612	1.48	0.58	2.002	1.422	0.42	3.39	1.334	1.002	0.754
350	0.350	4.86	10.63	77.6	10.864	1.48	0.58	2.022	1.442	0.42	3.43	1.341	1.022	0.761
375	0.375	5.21	10.67	78.9	11.046	1.48	0.58	2.035	1.455	0.42	3.47	1.345	1.035	0.765
400	0.400	5.56	10.71	80.8	11.312	1.48	0.58	2.056	1.476	0.42	3.52	1.352	1.056	0.772
425	0.425	5.90	10.75	81.2	11.368	1.48	0.58	2.058	1.478	0.42	3.52	1.353	1.058	0.773
450	0.450	6.25	10.79	82.8	11.592	1.48	0.58	2.075	1.495	0.42	3.56	1.358	1.075	0.778
475	0.475	6.60	10.83	84.5	11.830	1.48	0.58	2.093	1.513	0.42	3.60	1.364	1.093	0.784
500	0.500	6.95	10.87	86.8	12.152	1.45	0.55	2.118	1.568	0.45	3.48	1.373	1.118	0.823
525	0.525	7.29	10.91	87.8	12.292	1.45	0.55	2.127	1.577	0.45	3.50	1.376	1.127	0.826
550	0.550	7.64	10.95	88.0	12.320	1.45	0.55	2.125	1.575	0.45	3.50	1.375	1.125	0.825
575	0.575	7.99	10.99	89.2	12.488	1.45	0.55	2.136	1.586	0.45	3.53	1.379	1.136	0.829
600	0.600	8.34	11.03	90.0	12.600	1.45	0.55	2.142	1.592	0.45	3.54	1.381	1.142	0.831
625	0.625	8.68	11.07	91.0	12.740	1.45	0.55	2.150	1.600	0.45	3.56	1.383	1.150	0.833
650	0.650	9.03	11.12	92.0	12.880	1.45	0.55	2.159	1.609	0.45	3.57	1.386	1.159	0.836
675	0.675	9.38	11.16	93.0	13.020	1.45	0.55	2.167	1.617	0.45	3.59	1.389	1.167	0.839
700	0.700	9.72	11.20	94.0	13.160	1.45	0.55	2.175	1.625	0.45	3.61	1.392	1.175	0.842
725	0.725	10.07	11.24	94.5	13.230	1.45	0.55	2.177	1.627	0.45	3.61	1.392	1.177	0.842
750	0.750	10.42	11.29	95.0	13.300	1.45	0.55	2.178	1.628	0.45	3.62	1.393	1.178	0.843
775	0.775	10.77	11.33	95.8	13.412	1.45	0.55	2.184	1.634	0.45	3.63	1.395	1.184	0.845
800	0.800	11.11	11.38	96.5	13.510	1.45	0.55	2.188	1.638	0.45	3.64	1.396	1.188	0.846
825	0.825	11.46	11.42	97.0	13.580	1.45	0.55	2.189	1.639	0.45	3.64	1.396	1.189	0.846
850	0.850	11.81	11.47	98.0	13.720	1.45	0.55	2.197	1.647	0.45	3.66	1.399	1.197	0.849
875	0.875	12.16	11.51	99.0	13.860	1.45	0.55	2.204	1.654	0.45	3.68	1.401	1.204	0.851
900	0.900	12.50	11.56	99.2	13.888	1.45	0.55	2.202	1.652	0.45	3.67	1.401	1.202	0.851
925	0.925	12.85	11.60	99.2	13.888	1.45	0.55	2.197	1.647	0.45	3.66	1.399	1.197	0.849
950	0.950	13.20	11.65	99.2	13.888	1.45	0.55	2.192	1.642	0.45	3.65	1.397	1.192	0.847
975	0.975	13.55	11.70	99.2	13.888	1.45	0.55	2.187	1.637	0.45	3.64	1.396	1.187	0.846
1000	1.000	13.89	11.74	99.2	13.888	1.45	0.55	2.183	1.633	0.45	3.63	1.394	1.183	0.844

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ)	=	1.204 kg/cm ²	=	120.40 kPa
Pore pressure at max. dev. stress (Δu)	=	0.550 kg/cm ²	=	55.00 kPa
Strain at max. dev. stress (ε)	=	12.16 %	=	12.156 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ ₁)	=	2.204 kg/cm ²	=	220.40 kPa
Total minor principal stress (σ ₃)	=	1.00 kg/cm ²	=	100.00 kPa
Effective major principal stress (σ' ₁)	=	1.65 kg/cm ²	=	165.40 kPa
Effective minor principal stress (σ' ₃)	=	0.45 kg/cm ²	=	45.00 kPa
Effective principal stress ratio (σ' ₁ /σ' ₃)	=	3.68	=	3.68

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)



TRIAxIAL DATA SHEET : Calculation (CO-140 kPa)

Project :	Skripsi	Type of Test :	TX-CU	Eff. Cell Pressure :	1.40 kg/cm ²
Location :	Lab Mektan FTUI	Tested By :	Ucik Nurhayati	Cell Pressure :	2.30 kg/cm ²
Remarks :	Kaolin Pc = 100 kPa	With :	side drains	Back Pressure :	0.90 kg/cm ²
Code :	C-0 (Tanpa Cerucuk)	Without :		Cons. Length (lc) :	7.20 cm
Cell No :	2	Rate of Strain :	0.0548 mm/min	Cons. Area (Ac) :	10.11 cm ²
Date :	27 Mei 2010	LRC :	0.14	Cons. Volume (Vc) :	63.64 cm ³

Displacement Dial Reading	Unit Strain ε	Area Corrected A _c /(1 - ε)	Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress (Δσ)	Principal Stress and Ratio										
			Dial Reading		Dial Reading			Major Tot* (σ ₁)	Major Eff. (σ' ₁)	Minor Eff. (σ' ₃)	Eff. Ratio (σ' ₁ /σ' ₃)	p (kg/cm ²)	q (kg/cm ²)	p' (kg/cm ²)				
			(div)	(cm)	(div)	(kg)									(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		
1 div = 0.001 cm			1 div = 0.14 kg	u	Δu													
0	0	10.11	0.0	0	0.90	0	0	1.400	1.400	1.40	1.00	1.400	0.000	1.400				
25	0.025	0.35	10.14	24.5	3.430	0.97	0.07	0.338	1.738	1.672	1.33	1.25	1.513	0.338	1.447			
50	0.050	0.69	10.18	37.0	5.180	1.00	0.10	0.509	1.909	1.811	1.30	1.39	1.570	0.509	1.472			
75	0.075	1.04	10.22	48.5	6.790	1.03	0.13	0.665	2.065	1.936	1.27	1.52	1.622	0.665	1.493			
100	0.100	1.39	10.25	57.0	7.980	1.16	0.26	0.778	2.178	1.923	1.15	1.68	1.659	0.778	1.404			
125	0.125	1.74	10.29	65.0	9.100	1.24	0.34	0.885	2.285	1.946	1.06	1.83	1.695	0.885	1.356			
150	0.150	2.08	10.32	72.0	10.080	1.38	0.48	0.976	2.376	1.896	0.92	2.06	1.725	0.976	1.245			
175	0.175	2.43	10.36	76.0	10.640	1.43	0.53	1.027	2.427	1.897	0.87	2.18	1.742	1.027	1.212			
200	0.200	2.78	10.40	80.0	11.200	1.45	0.55	1.077	2.477	1.927	0.85	2.27	1.759	1.077	1.209			
225	0.225	3.13	10.43	82.3	11.522	1.50	0.60	1.104	2.504	1.904	0.80	2.38	1.768	1.104	1.168			
250	0.250	3.47	10.47	83.7	11.718	1.55	0.65	1.119	2.519	1.869	0.75	2.49	1.773	1.119	1.123			
275	0.275	3.82	10.51	85.3	11.942	1.60	0.70	1.136	2.536	1.836	0.70	2.62	1.779	1.136	1.079			
300	0.300	4.17	10.55	86.8	12.152	1.65	0.75	1.152	2.552	1.802	0.65	2.77	1.784	1.152	1.034			
325	0.325	4.52	10.59	88.2	12.348	1.65	0.75	1.166	2.566	1.816	0.65	2.79	1.789	1.166	1.039			
350	0.350	4.86	10.63	89.5	12.530	1.65	0.75	1.179	2.579	1.829	0.65	2.81	1.793	1.179	1.043			
375	0.375	5.21	10.66	91.5	12.810	1.65	0.75	1.201	2.601	1.851	0.65	2.85	1.800	1.201	1.050			
400	0.400	5.56	10.70	93.0	13.020	1.65	0.75	1.216	2.616	1.866	0.65	2.87	1.805	1.216	1.055			
425	0.425	5.91	10.74	94.2	13.188	1.65	0.75	1.228	2.628	1.878	0.65	2.89	1.809	1.228	1.059			
450	0.450	6.25	10.78	95.7	13.398	1.65	0.75	1.243	2.643	1.893	0.65	2.91	1.814	1.243	1.064			
475	0.475	6.60	10.82	97.0	13.580	1.65	0.75	1.255	2.655	1.905	0.65	2.93	1.818	1.255	1.068			
500	0.500	6.95	10.86	98.3	13.762	1.65	0.75	1.267	2.667	1.917	0.65	2.95	1.822	1.267	1.072			
525	0.525	7.29	10.90	98.3	13.762	1.65	0.75	1.262	2.662	1.912	0.65	2.94	1.821	1.262	1.071			
550	0.550	7.64	10.95	99.3	13.902	1.70	0.80	1.270	2.670	1.870	0.60	3.12	1.823	1.270	1.023			
575	0.575	7.99	10.99	100.8	14.112	1.70	0.80	1.284	2.684	1.884	0.60	3.14	1.828	1.284	1.028			
600	0.600	8.34	11.03	101.8	14.252	1.70	0.80	1.292	2.692	1.892	0.60	3.15	1.831	1.292	1.031			
625	0.625	8.68	11.07	103.8	14.532	1.70	0.80	1.313	2.713	1.913	0.60	3.19	1.838	1.313	1.038			
650	0.650	9.03	11.11	104.8	14.672	1.70	0.80	1.320	2.720	1.920	0.60	3.20	1.840	1.320	1.040			
675	0.675	9.38	11.15	105.8	14.812	1.70	0.80	1.328	2.728	1.928	0.60	3.21	1.843	1.328	1.043			
700	0.700	9.73	11.20	107.0	14.980	1.70	0.80	1.338	2.738	1.938	0.60	3.23	1.846	1.338	1.046			
725	0.725	10.07	11.24	108.0	15.120	1.70	0.80	1.345	2.745	1.945	0.60	3.24	1.848	1.345	1.048			
750	0.750	10.42	11.28	109.0	15.260	1.70	0.80	1.352	2.752	1.952	0.60	3.25	1.851	1.352	1.051			
775	0.775	10.77	11.33	110.0	15.400	1.70	0.80	1.359	2.759	1.959	0.60	3.27	1.853	1.359	1.053			
800	0.800	11.12	11.37	110.8	15.512	1.70	0.80	1.364	2.764	1.964	0.60	3.27	1.855	1.364	1.055			
825	0.825	11.46	11.42	110.8	15.512	1.70	0.80	1.359	2.759	1.959	0.60	3.26	1.853	1.359	1.053			
850	0.850	11.81	11.46	110.8	15.512	1.70	0.80	1.353	2.753	1.953	0.60	3.26	1.851	1.353	1.051			
875	0.875	12.16	11.51	110.8	15.512	1.70	0.80	1.348	2.748	1.948	0.60	3.25	1.849	1.348	1.049			
900	0.900	12.51	11.55	110.8	15.512	1.70	0.80	1.343	2.743	1.943	0.60	3.24	1.848	1.343	1.048			
925	0.925	12.85	11.60	110.8	15.512	1.70	0.80	1.337	2.737	1.937	0.60	3.23	1.846	1.337	1.046			
950	0.950	13.20	11.65	110.8	15.512	1.70	0.80	1.332	2.732	1.932	0.60	3.22	1.844	1.332	1.044			

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ)	=	1.364 kg/cm ²	=	136.40 kPa
Pore pressure at max. dev. stress (Δu)	=	0.800 kg/cm ²	=	80.00 kPa
Strain at max. dev. stress (ε)	=	11.12 %	=	11.116 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ ₁)	=	2.764 kg/cm ²	=	276.40 kPa
Total minor principal stress (σ ₃)	=	1.40 kg/cm ²	=	140.00 kPa
Effective major principal stress (σ' ₁)	=	1.96 kg/cm ²	=	196.40 kPa
Effective minor principal stress (σ' ₃)	=	0.60 kg/cm ²	=	60.00 kPa
Effective principal stress ratio (σ' ₁ /σ' ₃)	=	3.27	=	3.27

* Dalam perhitungan major total stress tekanan backpressure yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)



TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (CO-180 kPa)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
Code : C-0 (Tanpa Cerucuk)
Cell No : 3
Date : 28 Mei 2010

Type of Test : TX-CU
Tested By : Ucik Nurhayati
With : side drains
Without :
Rate of Strain : 0.0548 mm/min
LRC : 0.14

Eff. Cell Pressure : 1.80 kg/cm²
Cell Pressure : 2.70 kg/cm²
Back Pressure : 0.90 kg/cm²
Cons. Length (lc) : 7.20 cm
Cons. Area (Ac) : 10.10 cm²
Cons. Volume (Vc) : 59.24 cm³

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress	Principal Stress and Ratio						
Dial Reading				Dial Reading	Dial Reading	u	Δu		Δσ	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q
1 div = 0.001 cm	ε	A _v /(1 - ε)	1 div = 0.14 kg	u	Δu	Δσ	(σ ₁)	(σ' ₁)	(σ ₃)	(σ' ₁ /σ' ₃)	½(σ ₁ +2σ ₃)	(σ ₁ -σ ₃)	½(σ ₁ +2σ' ₃)		
(div)	(cm)	(%)	(cm ²)	(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		
0	0	0	10.10	0.0	0	0.90	0	0	1.800	1.800	1.80	1.00	1.800	0.000	1.800
25	0.025	0.35	10.14	35.0	4.900	1.00	0.10	0.483	2.283	2.183	1.70	1.28	1.961	0.483	1.861
50	0.050	0.69	10.18	50.5	7.070	1.09	0.19	0.695	2.495	2.308	1.61	1.43	2.032	0.695	1.844
75	0.075	1.04	10.21	65.0	9.100	1.12	0.22	0.891	2.691	2.470	1.58	1.56	2.097	0.891	1.875
100	0.100	1.39	10.25	75.0	10.500	1.26	0.36	1.025	2.825	2.466	1.44	1.71	2.142	1.025	1.783
125	0.125	1.74	10.28	83.0	11.620	1.35	0.45	1.130	2.930	2.479	1.35	1.84	2.177	1.130	1.726
150	0.150	2.08	10.32	90.0	12.600	1.50	0.60	1.221	3.021	2.417	1.20	2.02	2.207	1.221	1.603
175	0.175	2.43	10.36	96.5	13.510	1.56	0.66	1.305	3.105	2.446	1.14	2.14	2.235	1.305	1.576
200	0.200	2.78	10.39	102.5	14.350	1.58	0.68	1.381	3.181	2.500	1.12	2.23	2.260	1.381	1.580
225	0.225	3.13	10.43	108.5	15.190	1.64	0.74	1.456	3.256	2.521	1.07	2.37	2.285	1.456	1.550
250	0.250	3.47	10.47	115.0	16.100	1.69	0.79	1.538	3.338	2.548	1.01	2.52	2.313	1.538	1.523
275	0.275	3.82	10.51	120.8	16.912	1.74	0.84	1.610	3.410	2.566	0.96	2.68	2.337	1.610	1.493
300	0.300	4.17	10.54	123.0	17.220	1.80	0.90	1.633	3.433	2.535	0.90	2.81	2.344	1.633	1.446
325	0.325	4.52	10.58	124.5	17.430	1.82	0.92	1.647	3.447	2.527	0.88	2.87	2.349	1.647	1.429
350	0.350	4.86	10.62	125.5	17.570	1.82	0.92	1.654	3.454	2.534	0.88	2.88	2.351	1.654	1.431
375	0.375	5.21	10.66	127.0	17.780	1.82	0.92	1.668	3.468	2.548	0.88	2.90	2.356	1.668	1.436
400	0.400	5.56	10.70	129.3	18.102	1.82	0.92	1.692	3.492	2.572	0.88	2.92	2.364	1.692	1.444
425	0.425	5.91	10.74	130.3	18.242	1.82	0.92	1.699	3.499	2.578	0.88	2.93	2.366	1.699	1.446
450	0.450	6.25	10.78	130.8	18.312	1.82	0.92	1.699	3.499	2.579	0.88	2.93	2.366	1.699	1.446
475	0.475	6.60	10.82	131.0	18.340	1.82	0.92	1.695	3.495	2.575	0.88	2.93	2.365	1.695	1.445
500	0.500	6.95	10.86	132.2	18.508	1.82	0.92	1.704	3.504	2.584	0.88	2.94	2.368	1.704	1.448
525	0.525	7.30	10.90	133.0	18.620	1.82	0.92	1.708	3.508	2.588	0.88	2.94	2.369	1.708	1.449
550	0.550	7.64	10.94	133.7	18.718	1.82	0.92	1.711	3.511	2.591	0.88	2.94	2.370	1.711	1.450
575	0.575	7.99	10.98	134.5	18.830	1.82	0.92	1.715	3.515	2.594	0.88	2.95	2.372	1.715	1.451
600	0.600	8.34	11.02	136.0	19.040	1.82	0.92	1.727	3.527	2.607	0.88	2.96	2.376	1.727	1.455
625	0.625	8.69	11.07	136.5	19.110	1.82	0.92	1.727	3.527	2.607	0.88	2.96	2.376	1.727	1.455
650	0.650	9.03	11.11	137.5	19.250	1.82	0.92	1.733	3.533	2.613	0.88	2.97	2.378	1.733	1.457
675	0.675	9.38	11.15	137.5	19.250	1.82	0.92	1.726	3.526	2.606	0.88	2.96	2.375	1.726	1.455
700	0.700	9.73	11.19	137.5	19.250	1.82	0.92	1.720	3.520	2.599	0.88	2.95	2.373	1.720	1.453
725	0.725	10.08	11.24	137.5	19.250	1.82	0.92	1.713	3.513	2.593	0.88	2.95	2.371	1.713	1.451
750	0.750	10.42	11.28	137.5	19.250	1.82	0.92	1.707	3.507	2.586	0.88	2.94	2.369	1.707	1.449
775	0.775	10.77	11.32	137.5	19.250	1.82	0.92	1.700	3.500	2.580	0.88	2.93	2.367	1.700	1.446
800	0.800	11.12	11.37	137.5	19.250	1.82	0.92	1.693	3.493	2.573	0.88	2.92	2.364	1.693	1.444

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ) = 1.733 kg/cm² = 173.30 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Δu) = 0.920 kg/cm² = 92.03 kPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 9.03 % = 9.033 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ₁) = 3.533 kg/cm² = 353.30 kPa
 Total minor principal stress (σ₃) = 1.80 kg/cm² = 180.00 kPa
 Effective major principal stress (σ'₁) = 2.61 kg/cm² = 261.27 kPa
 Effective minor principal stress (σ'₃) = 0.88 kg/cm² = 87.97 kPa
 Effective principal stress ratio (σ'₁/σ'₃) = 2.97 = 2.97

* Dalam perhitungan major total stress tekanan backpressure yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)



TRIAXIAL DATA SHEET : Critical State (C0)

Project : Skripsi **Type** : TX-CU **Sample** : C0
Location : Lab Mektan FTUI **With** : **Remarks** : Kaolin Pc = 100 kPa
Date : 27 Mei - 2 Juni 2010 **Without** : side drains **Tested by** : Ucik Nurhayati

Table 1 : Perhitungan Volume Spesifik

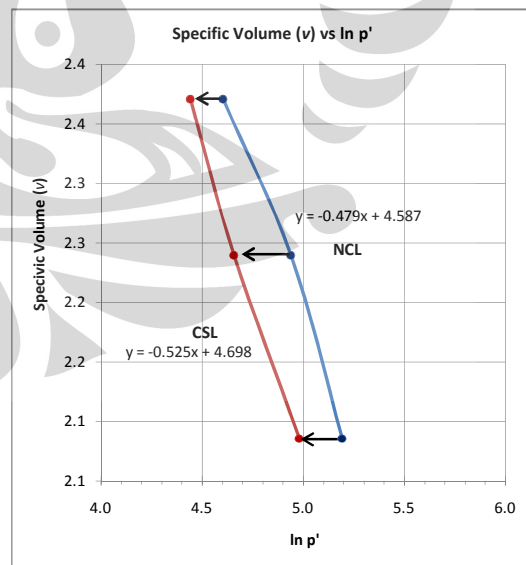
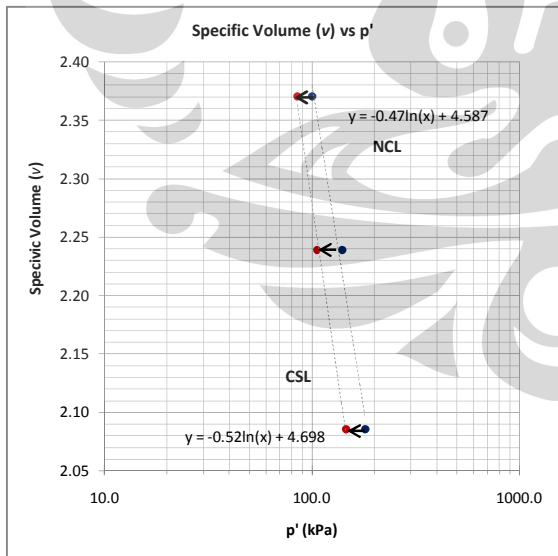
Keterangan		Satuan	100 kPa	140 kPa	180 kPa
Kondisi Sebelum Konsolidasi					
a	Berat Awal Sample Tanah (W _s)	gr	117.63	117.44	117.3
b	Specific Gravity (G _s)	-	2.6	2.6	2.6
c	Kadar Air Awal (w _o)	%	59.02	58.94	58.84
d	Volume Awal Tanah (V _o)	ml	72.84	72.84	72.84
e	Berat Bagian Padat Tanah (W _s)	gr	73.97	73.89	73.85
f	Volume Bagian Padat Tanah (V _s)	ml	28.45	28.42	28.40
g	Angka Pori Awal (e _o)	-	1.560	1.563	1.565
h	Volume Spesifik Awal (v _o)	ml	2.560	2.563	2.565
Kondisi Setelah Konsolidasi					
a	Perubahan Volume Sample (ΔV)	ml	5.40	9.20	13.60
b	Perubahan Angka Pori Sample (Δe)	-	0.190	0.324	0.479
c	Angka Pori Akhir Sample (e _c)	-	1.371	1.239	1.086
d	Volume Spesifik Akhir Sample (v _c)	ml	2.371	2.239	2.086

Table : Tabulasi Data p' dan ln p' vs v

CSL		NSL		v
p'	ln p'	p'	ln p'	
85.13	4.444	100.00	4.61	2.371
105.47	4.658	140.00	4.94	2.239
145.74	4.982	180.00	5.19	2.086

Table : Parameter Kemiringan dan Specific Volume

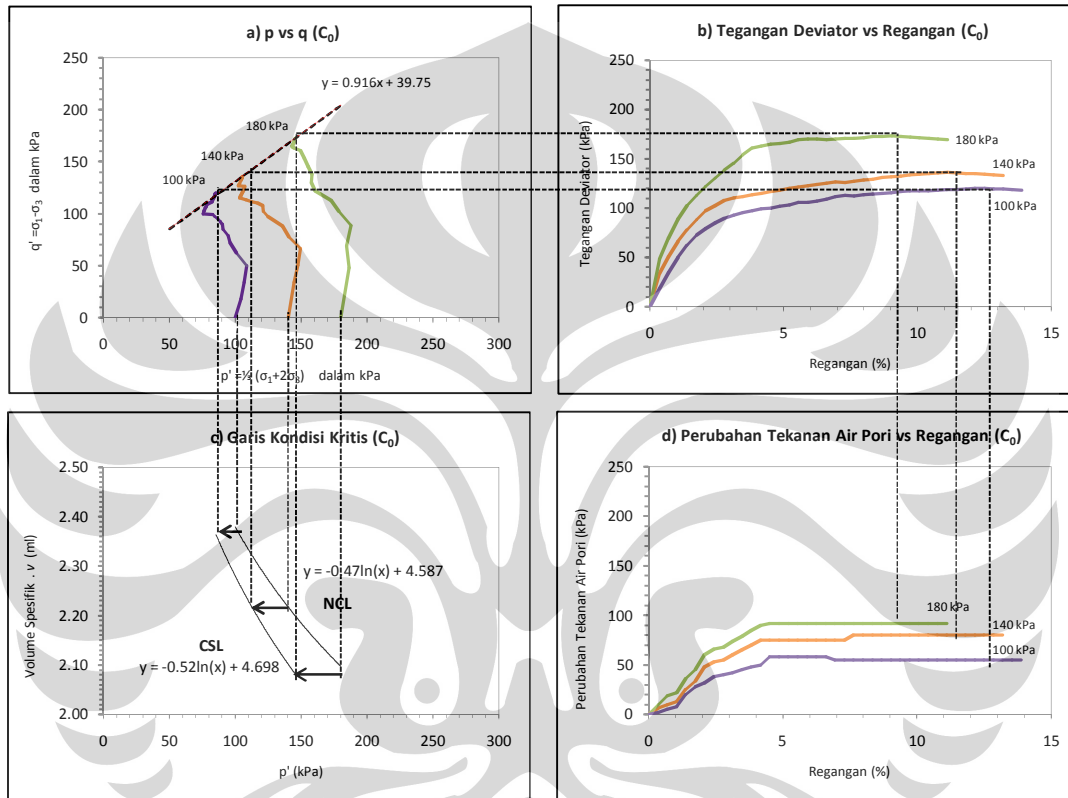
Ket	NCL		CSL	
	λ NCL	N	λ CSL	Γ
Parameter	-0.479	4.587	-0.525	4.698





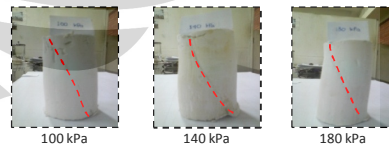
TRIAxIAL DATA SHEET : Graph (C0)

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Date : 25-27 Mei 2010
 Type of Test : TX-CU
 With : side drains
 Without :
 Series : C0
 Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
 Tested by : Ucik Nurhayati



Description	Sample			Unit
	100 kPa	140 kPa	180 kPa	
Maximum deviator stress ($\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$)	120.40	136.40	173.30	kPa
Strain at max. deviator stress (ϵ)	12.16	11.12	9.03	-
Pore pressure at max. deviator stress (Δu)	55.00	80.00	92.03	kPa
Total major principal stress (σ_1)	220.40	276.40	353.30	kPa
Total minor principal stress (σ_3)	100.00	140.00	180.00	kPa
Effective major principal stress (σ_1')	165.40	196.40	261.27	kPa
Effective minor principal stress (σ_3')	45.00	60.00	87.97	kPa

Sample Failure :




TRIAXIAL DATA SHEET (C1-25)

PROJECT : Skripsi
LOCATION : Lab Mektan FTUI
DESCRIPTION : Kaolin Pc = 100 kPa
TESTED BY : Ucik Nurhayati
SAMPLE CODE : C1-25

NO.	DESCRIPTION	UNIT	SAMPLE		
			1	2	3
1	Wt OF WET SOIL + CAN	(gram)	139.33	139.75	139.65
2	Wt OF DRY SOIL + CAN	(gram)	88.24	88.22	88.17
3	Wt OF CAN	(gram)	0	0	0
4	Wt OF DRY SOIL	(gram)	88.24	88.22	88.17
5	Wt. OF MOISTURE	(gram)	51.09	51.53	51.48
6	WATER CONTENT	(%)	57.90	58.41	58.39
7	AVERAGE W. CONTENT	(%)	58.23		
8	SAMPLE HEIGHT	(cm)	7.60	7.60	7.60
9	AVERAGE		7.60		
10	SAMPLE DIAMETER	(cm)	3.81	3.81	3.81
11	AVERAGE		3.81		
12	AREA	(cm ²)	11.40	11.40	11.40
13	VOLUME	(cm ³)	86.60	86.60	86.60
14	g _{wet}	(kg/cm ³)	1.61	1.61	1.61
15	AVERAGE	(kg/cm ³)	1.61		
16	g _{dry}	(kg/cm ³)	1.02	1.02	1.02
17	AVERAGE	(kg/cm ³)	1.02		
18	LRC	(kg/div)	0.14		
19	s ₃	(kg/cm ²)	1.00	1.40	1.80

count

1

1

1



TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C1-25#180 kPa)

Project :	Skripsi	Series :	C1-25	Type of test :	CU
Location :	Lab Mektan FTUI	Speciment Code :	C1-25#180 kPa	With :	side drain
Date :	5-7 Juli 2010	Speciment Diameter :	3.81 cm	Without :	
Tested by :	Ucik Nurhayati	Speciment Height :	7.60 cm	Cell No. :	1

TRIAXIAL SATURATION

Cell Pressure	Back Pressure	Pore Pressure	PWP diff.	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS (cm ³)					
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol	(-) exp	
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.5	-	0.30	0.30	0.60	-	-	-	8.2	12.2	4			
0.5	0.4	0.37	-	-	16.4	17.2	0.8	-	-	-			
1.0	-	0.86	0.49	0.98	-	-	-	13.2	15.6	2.4			
1.0	0.9	0.89	-	-	17.8	21.0	3.2	-	-	-			
TOTAL													

Ket : pressure dalam kg/cm2 dan volume dalam cm3

TRIAXIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (KPa)	1.80	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
Cell Pressure (KPa)	2.70					reading gauge	diff (cm3)	reading (kg/cm ²)	diff. (kg/cm ²)	diss. (%)
Back Pressure (kPa)	0.90									
PWP after build up (KPa)	0.89	6 Juli		0	0	21.00	0	0.89	0	
Difference (KPa)	0.01			1	1.00	16.60	4.40	2.15	1.26	
t ₉₀ =	seconds			4	2.00	14.50	6.50	2.10	1.21	
				8	2.83	12.90	8.10	1.75	0.86	
				15	3.87	11.30	9.70	1.50	0.61	
				30	5.48	9.20	11.80	1.15	0.26	
				60	7.75	7.80	13.20	1.10	0.21	
t _f =	minutes			100	10.00	7.60	13.40	0.95	0.06	
				1440	37.95	7.60	13.40	0.90	0.01	
Assumed strain to failure =	4%	7 Juli								
Calculated rate of strain (mm/min)										
Total consolidation volume change (ΔV_c)							13.40			

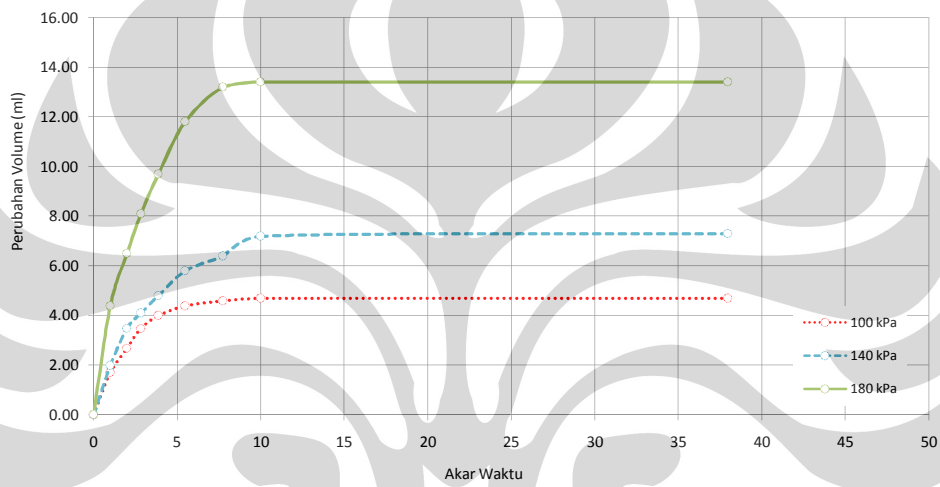
Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	- (cm3)
Weight of wet sample + can (gr)	139.65	136.50	Cell Correction	- (cm3)
Weight of dry sample + can (gr)	88.17	88.17	Corrected Vol Change (ΔV _s)	0 (cm3)
Water Content (%)	58.39%	54.81%	Consolidation Vol Change (ΔV _c)	13.40 (cm3)
Weight of wet sample (gr)	139.33	γ_n (ton/m ³)	1.61	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_i$
Ao (cm2)	11.40	$\epsilon_v = \Delta V_i / V_o \times 100\%$		$1/3 \epsilon_v$
Vo (cm3)	86.60	15.47%		$2/3 \epsilon_v$
H _c = H _o (1-1/3 ϵ_v /100)		A _c = A _o (1-2/3 ϵ_v /100)		V _c = V _o - ΔV _i
7.596 (cm)		11.383 (cm ²)		73.203 (cm ³)



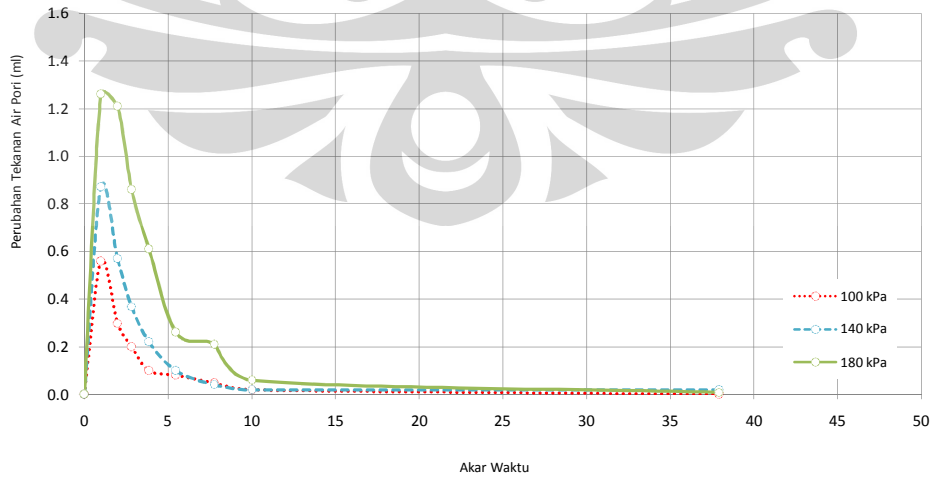
TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C1-25)

Project	: Skripsi	Series	: C1-25	Type of test	: CU
Location	: Lab Mektan FTUI	Specimen Code	: -	With	: side drain
Date	: 5-7 Juli 2010	Specimen Diameter	: 3.81 cm	Without	
Tested by	: Ucik Nurhayati	Specimen Height	: 7.60 cm	Remarks	: Graph

Grafik Hubungan Akar Waktu Terhadap Perubahan Volume Sample



Grafik Hubungan Perubahan Tekanan Air Pori terhadap Akar Waktu pada Tahap Konsolidasi





TRIAXIAL DATA SHEET : Shearing (C1-25)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa

Type : TX-CU
With : side drains
Without :

Series : C1-25
Date : 7-8 Juli 2010
Tested by : Ucik Nurhayati

SPECIMEN 1 (100 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	22.8	0.93
50	0.05	39.0	0.95
75	0.08	50.0	1.00
100	0.10	62.0	1.20
125	0.13	66.5	1.25
150	0.15	71.8	1.30
175	0.18	75.8	1.35
200	0.20	78.8	1.35
225	0.23	82.8	1.40
250	0.25	85.0	1.40
275	0.28	86.5	1.40
300	0.30	88.0	1.40
325	0.33	89.0	1.40
350	0.35	90.0	1.40
375	0.38	91.8	1.40
400	0.40	92.1	1.45
425	0.43	93.5	1.45
450	0.45	94.5	1.45
475	0.48	95.0	1.45
500	0.50	96.0	1.45
525	0.53	96.7	1.45
550	0.55	97.7	1.45
575	0.58	98.5	1.45
600	0.60	99.0	1.48
625	0.63	101.2	1.50
650	0.65	102.2	1.50
675	0.68	103.2	1.50
700	0.70	104.0	1.50
725	0.73	105.4	1.50
750	0.75	106.8	1.50
775	0.78	107.8	1.50
800	0.80	108.8	1.50
825	0.83	108.8	1.50
850	0.85	108.8	1.50
875	0.88	108.8	1.50
900	0.90	108.8	1.50

SPECIMEN 1 (140 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	35.0	0.95
50	0.05	48.3	1.00
75	0.08	58.9	1.05
100	0.10	72.1	1.30
125	0.13	82.7	1.40
150	0.15	90.5	1.50
175	0.18	95.2	1.60
200	0.20	101.3	1.60
225	0.23	103.3	1.60
250	0.25	106.4	1.60
275	0.28	108.2	1.64
300	0.30	109.8	1.64
325	0.33	112.7	1.64
350	0.35	113.7	1.64
375	0.38	115.0	1.64
400	0.40	116.2	1.65
425	0.43	118.7	1.65
450	0.45	120.0	1.65
475	0.48	122.7	1.65
500	0.50	125.1	1.65
525	0.53	126.0	1.65
550	0.55	127.5	1.65
575	0.58	129.2	1.65
600	0.60	130.0	1.65
625	0.63	130.8	1.60
650	0.65	132.4	1.60
675	0.68	132.6	1.60
700	0.70	132.8	1.60
725	0.73	132.8	1.60
750	0.75	132.8	1.60
775	0.78	132.8	1.60
800	0.80	132.8	1.60

SPECIMEN 1 (180 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.90
25	0.03	45.4	1.00
50	0.05	68.6	1.10
75	0.08	82.6	1.22
100	0.10	94.5	1.35
125	0.13	104.5	1.50
150	0.15	111.7	1.65
175	0.18	118.6	1.70
200	0.20	125.2	1.75
225	0.23	126.9	1.75
250	0.25	130.3	1.75
275	0.28	132.3	1.75
300	0.30	134.1	1.75
325	0.33	137.4	1.75
350	0.35	138.5	1.75
375	0.38	139.9	1.75
400	0.40	141.3	1.75
425	0.43	144.0	1.75
450	0.45	145.4	1.75
475	0.48	148.5	1.75
500	0.50	151.1	1.75
525	0.53	151.9	1.75
550	0.55	152.7	1.75
575	0.58	153.5	1.75
600	0.60	153.5	1.72
625	0.63	153.5	1.72
650	0.65	153.5	1.72
675	0.68	153.5	1.72
700	0.70	153.5	1.72

TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (C1-25#100 kPa)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
Code : C1-25
Cell No : 1
Date : 7 juli 2010

Type of Test : TX-CU
Tested By : Ucik Nurhayati
With : side drains
Without :
Rate of Strain : 0.0548 mm/min
LRC : 0.14

Eff. Cell Pressure : 1.00 kg/cm²
Cell Pressure : 1.90 kg/cm²
Back Pressure : 0.90 kg/cm²
Cons. Length (lc) : 7.60 cm
Cons. Area (Ac) : 11.39 cm²
Cons. Volume (Vc) : 81.90 cm³

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio						
Dial Reading		ε	A _c /(1-ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'
1 div = 0.001 cm				1 div = 0.14 kg	u	Δu	(Δσ)	(σ ₁)	(σ' ₁)	(σ' ₃)	(σ' ₁ /σ' ₃)	%[σ ₁ +2σ ₃]	(σ ₁ -σ ₃)	(σ' ₁ +2σ' ₃)	
(div)	(cm)	(%)	(cm ²)	(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	11.39	0	0	0.90	0	0	1.000	1.000	1.00	1.00	1.000	0.000	1.000
25	0.025	0.33	11.43	22.8	3.192	0.93	0.03	0.279	1.279	1.249	0.97	1.29	1.093	0.279	1.063
50	0.050	0.66	11.47	39.0	5.460	0.95	0.05	0.476	1.476	1.426	0.95	1.50	1.159	0.476	1.109
75	0.075	0.99	11.50	50.0	7.000	1.00	0.10	0.608	1.608	1.508	0.90	1.68	1.203	0.608	1.103
100	0.100	1.32	11.54	62.0	8.680	1.20	0.30	0.752	1.752	1.452	0.70	2.07	1.251	0.752	0.951
125	0.125	1.65	11.58	66.5	9.310	1.25	0.35	0.804	1.804	1.454	0.65	2.24	1.268	0.804	0.918
150	0.150	1.97	11.62	71.8	10.052	1.30	0.40	0.865	1.865	1.465	0.60	2.44	1.288	0.865	0.888
175	0.175	2.30	11.66	75.8	10.612	1.35	0.45	0.910	1.910	1.460	0.55	2.65	1.303	0.910	0.853
200	0.200	2.63	11.70	78.8	11.032	1.35	0.45	0.943	1.943	1.493	0.55	2.71	1.314	0.943	0.864
225	0.225	2.96	11.74	82.8	11.592	1.40	0.50	0.988	1.988	1.488	0.50	2.98	1.329	0.988	0.829
250	0.250	3.29	11.78	85.0	11.900	1.40	0.50	1.010	2.010	1.510	0.50	3.02	1.337	1.010	0.837
275	0.275	3.62	11.82	86.5	12.110	1.40	0.50	1.025	2.025	1.525	0.50	3.05	1.342	1.025	0.842
300	0.300	3.95	11.86	88.0	12.320	1.40	0.50	1.039	2.039	1.539	0.50	3.08	1.346	1.039	0.846
325	0.325	4.28	11.90	89.0	12.460	1.40	0.50	1.047	2.047	1.547	0.50	3.09	1.349	1.047	0.849
350	0.350	4.61	11.94	90.0	12.600	1.40	0.50	1.055	2.055	1.555	0.50	3.11	1.352	1.055	0.852
375	0.375	4.94	11.98	91.8	12.852	1.40	0.50	1.073	2.073	1.573	0.50	3.15	1.358	1.073	0.858
400	0.400	5.26	12.02	92.1	12.894	1.45	0.55	1.072	2.072	1.522	0.45	3.38	1.357	1.072	0.807
425	0.425	5.59	12.07	93.5	13.090	1.45	0.55	1.085	2.085	1.535	0.45	3.41	1.362	1.085	0.812
450	0.450	5.92	12.11	94.5	13.230	1.45	0.55	1.093	2.093	1.543	0.45	3.43	1.364	1.093	0.814
475	0.475	6.25	12.15	95.0	13.300	1.45	0.55	1.095	2.095	1.545	0.45	3.43	1.365	1.095	0.815
500	0.500	6.58	12.19	96.0	13.440	1.45	0.55	1.102	2.102	1.552	0.45	3.45	1.367	1.102	0.817
525	0.525	6.91	12.24	96.7	13.538	1.45	0.55	1.106	2.106	1.556	0.45	3.46	1.369	1.106	0.819
550	0.550	7.24	12.28	97.7	13.678	1.45	0.55	1.114	2.114	1.564	0.45	3.48	1.371	1.114	0.821
575	0.575	7.57	12.32	98.5	13.790	1.45	0.55	1.119	2.119	1.569	0.45	3.49	1.373	1.119	0.823
600	0.600	7.90	12.37	99.0	13.860	1.48	0.58	1.121	2.121	1.541	0.42	3.67	1.374	1.121	0.794
625	0.625	8.23	12.41	101.2	14.168	1.50	0.60	1.141	2.141	1.541	0.40	3.85	1.380	1.141	0.780
650	0.650	8.55	12.46	102.2	14.308	1.50	0.60	1.149	2.149	1.549	0.40	3.87	1.383	1.149	0.783
675	0.675	8.88	12.50	103.2	14.448	1.50	0.60	1.156	2.156	1.556	0.40	3.89	1.385	1.156	0.785
700	0.700	9.21	12.55	104.0	14.560	1.50	0.60	1.160	2.160	1.560	0.40	3.90	1.387	1.160	0.787
725	0.725	9.54	12.59	105.4	14.756	1.50	0.60	1.172	2.172	1.572	0.40	3.93	1.391	1.172	0.791
750	0.750	9.87	12.64	106.8	14.952	1.50	0.60	1.183	2.183	1.583	0.40	3.96	1.394	1.183	0.794
775	0.775	10.20	12.68	107.8	15.092	1.50	0.60	1.190	2.190	1.590	0.40	3.97	1.397	1.190	0.797
800	0.800	10.53	12.73	108.8	15.232	1.50	0.60	1.196	2.196	1.596	0.40	3.99	1.399	1.196	0.799
825	0.825	10.86	12.78	108.8	15.232	1.50	0.60	1.192	2.192	1.592	0.40	3.98	1.397	1.192	0.797
850	0.850	11.19	12.83	108.8	15.232	1.50	0.60	1.188	2.188	1.588	0.40	3.97	1.396	1.188	0.796
875	0.875	11.52	12.87	108.8	15.232	1.50	0.60	1.183	2.183	1.583	0.40	3.96	1.394	1.183	0.794
900	0.900	11.84	12.92	108.8	15.232	1.50	0.60	1.179	2.179	1.579	0.40	3.95	1.393	1.179	0.793

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ) = 1.196 kg/cm² = 119.64 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Au) = 0.60 kg/cm² = 60.00 kPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 10.53 % = 10.528 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ₁) = 2.20 kg/cm² = 219.64 kPa
 Total minor principal stress (σ₃) = 1.00 kg/cm² = 100.00 kPa
 Effective major principal stress (σ'₁) = 1.60 kg/cm² = 159.64 kPa
 Effective minor principal stress (σ'₃) = 0.40 kg/cm² = 40.00 kPa
 Effective principal stress ratio (σ'₁/σ'₃) = 3.99 = 3.99

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)

TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (C1-25#140 kPa)

Project :	Skripsi	Type of Test :	TX-CU	Eff. Cell Pressure :	1.40 kg/cm ²
Location :	Lab Mektan FTUI	Tested By :	Ucik Nurhayati	Cell Pressure :	2.30 kg/cm ²
Remarks :	Kaolin Pc = 100 kPa	With :	side drains	Back Pressure :	0.90 kg/cm ²
Code :	C1-25	Without :		Cons. Length (lc) :	7.60 cm
Cell No :	2	Rate of Strain :	0.0548 mm/min	Cons. Area (Ac) :	11.39 cm ²
Date :	7 Juli 2010	LRC :	0.14	Cons. Volume (Vc) :	79.30 cm ³

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio						
Dial Reading		ε	A _v /(1 - ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'
1 div = 0.001 cm				1 div = 0.14 kg	u	Δu	(Δσ)	(σ1)	(σ'1)	(σ'3)	(σ'1/σ'3)	½(σ1+2σ3)	(σ1-σ3)	½(σ'1+2σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(cm ²)	(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	11.39	0.0	0	0.90	0	0	1.400	1.400	1.40	1.00	1.400	0.000	1.400
25	0.025	0.33	11.43	35.0	4.900	0.95	0.05	0.429	1.829	1.779	1.35	1.32	1.543	0.429	1.493
50	0.050	0.66	11.46	48.3	6.762	1.00	0.10	0.590	1.990	1.890	1.30	1.45	1.597	0.590	1.497
75	0.075	0.99	11.50	58.9	8.246	1.05	0.15	0.717	2.117	1.967	1.25	1.57	1.639	0.717	1.489
100	0.100	1.32	11.54	72.1	10.094	1.30	0.40	0.875	2.275	1.875	1.00	1.87	1.692	0.875	1.292
125	0.125	1.65	11.58	82.7	11.578	1.40	0.50	1.000	2.400	1.900	0.90	2.11	1.733	1.000	1.233
150	0.150	1.97	11.62	90.5	12.670	1.50	0.60	1.091	2.491	1.891	0.80	2.36	1.764	1.091	1.164
175	0.175	2.30	11.66	95.2	13.328	1.60	0.70	1.143	2.543	1.843	0.70	2.63	1.781	1.143	1.081
200	0.200	2.63	11.70	101.3	14.182	1.60	0.70	1.212	2.612	1.912	0.70	2.73	1.804	1.212	1.104
225	0.225	2.96	11.74	103.3	14.462	1.60	0.70	1.232	2.632	1.932	0.70	2.76	1.811	1.232	1.111
250	0.250	3.29	11.78	106.4	14.896	1.60	0.70	1.265	2.665	1.965	0.70	2.81	1.822	1.265	1.122
275	0.275	3.62	11.82	108.2	15.148	1.64	0.74	1.282	2.682	1.942	0.66	2.94	1.827	1.282	1.087
300	0.300	3.95	11.86	109.8	15.372	1.64	0.74	1.296	2.696	1.956	0.66	2.96	1.832	1.296	1.092
325	0.325	4.28	11.90	112.7	15.778	1.64	0.74	1.326	2.726	1.986	0.66	3.01	1.842	1.326	1.102
350	0.350	4.61	11.94	113.7	15.918	1.64	0.74	1.333	2.733	1.993	0.66	3.02	1.844	1.333	1.104
375	0.375	4.94	11.98	115.0	16.100	1.64	0.74	1.344	2.744	2.004	0.66	3.04	1.848	1.344	1.108
400	0.400	5.26	12.02	116.2	16.268	1.65	0.75	1.353	2.753	2.003	0.65	3.08	1.851	1.353	1.101
425	0.425	5.59	12.06	118.7	16.618	1.65	0.75	1.378	2.778	2.028	0.65	3.12	1.859	1.378	1.109
450	0.450	5.92	12.11	120.0	16.800	1.65	0.75	1.388	2.788	2.038	0.65	3.14	1.863	1.388	1.113
475	0.475	6.25	12.15	122.7	17.178	1.65	0.75	1.414	2.814	2.064	0.65	3.18	1.871	1.414	1.121
500	0.500	6.58	12.19	125.1	17.514	1.65	0.75	1.437	2.837	2.087	0.65	3.21	1.879	1.437	1.129
525	0.525	6.91	12.23	126.0	17.640	1.65	0.75	1.442	2.842	2.092	0.65	3.22	1.881	1.442	1.131
550	0.550	7.24	12.28	127.5	17.850	1.65	0.75	1.454	2.854	2.104	0.65	3.24	1.885	1.454	1.135
575	0.575	7.57	12.32	129.2	18.088	1.65	0.75	1.468	2.868	2.118	0.65	3.26	1.889	1.468	1.139
600	0.600	7.90	12.37	130.0	18.200	1.65	0.75	1.472	2.872	2.122	0.65	3.26	1.891	1.472	1.141
625	0.625	8.23	12.41	130.8	18.312	1.60	0.70	1.476	2.876	2.176	0.70	3.11	1.892	1.476	1.192
650	0.650	8.56	12.45	132.4	18.536	1.60	0.70	1.488	2.888	2.188	0.70	3.13	1.896	1.488	1.196
675	0.675	8.88	12.50	132.6	18.564	1.60	0.70	1.485	2.885	2.185	0.70	3.12	1.895	1.485	1.195
700	0.700	9.21	12.54	132.8	18.592	1.60	0.70	1.482	2.882	2.182	0.70	3.12	1.894	1.482	1.194
725	0.725	9.54	12.59	132.8	18.592	1.60	0.70	1.477	2.877	2.177	0.70	3.11	1.892	1.477	1.192
750	0.750	9.87	12.64	132.8	18.592	1.60	0.70	1.471	2.871	2.171	0.70	3.10	1.890	1.471	1.190
775	0.775	10.20	12.68	132.8	18.592	1.60	0.70	1.466	2.866	2.166	0.70	3.09	1.889	1.466	1.189
800	0.800	10.53	12.73	132.8	18.592	1.60	0.70	1.461	2.861	2.161	0.70	3.09	1.887	1.461	1.187

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ) = 1.49 kg/cm² = 148.83 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Au) = 0.70 kg/cm² = 70.00 kPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 8.56 % = 8.55 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ1) = 2.89 kg/cm² = 288.83 kPa
 Total minor principal stress (σ3) = 1.40 kg/cm² = 140.00 kPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 2.19 kg/cm² = 218.83 kPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 0.70 kg/cm² = 70.00 kPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 3.13 = 3.13

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)



TRIAxIAL DATA SHEET : Calculation (C1-25#180 kPa)

Project :	Skripsi	Type of Test :	TX-CU	Eff. Cell Pressure :	1.80 kg/cm ²
Location :	Lab Mektan FTUI	Tested By :	Ucik Nurhayati	Cell Pressure :	2.70 kg/cm ²
Remarks :	Kaolin Pc = 100 kPa	With :	side drains	Back Pressure :	0.90 kg/cm ²
Code :	C1-25	Without :		Cons. Length (L_c) :	7.60 cm
Cell No :	3	Rate of Strain :	0.0548 mm/min	Cons. Area (A_g) :	11.38 cm ²
Date :	8 Juli 2010	LRC :	0.14	Cons. Volume (V_c) :	73.20 cm ³

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress	Principal Stress and Ratio						
Dial Reading				Dial Reading		Dial Reading			Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'
1 div = 0.001 cm	ε	A _c /(1 - ε)	1 div = 0.14 kg	u	Δu	(Δσ)	(σ ₁)	(σ' ₁)	(σ' ₃)	(σ' ₁ /σ' ₃)	½(σ ₁ +2σ ₃)	(σ ₁ -σ ₃)	½(σ' ₁ +2σ' ₃)		
(div)	(cm)	(%)	(cm ²)	(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
0	0	0	11.38	0.0	0	0.90	0	0	1.800	1.800	1.80	1.00	1.800	0.000	1.800
25	0.025	0.33	11.42	45.4	6.356	1.00	0.10	0.557	2.357	2.257	1.70	1.33	1.986	0.557	1.886
50	0.050	0.66	11.46	68.6	9.604	1.10	0.20	0.838	2.638	2.438	1.60	1.52	2.079	0.838	1.879
75	0.075	0.99	11.50	82.6	11.564	1.22	0.32	1.006	2.806	2.486	1.48	1.68	2.135	1.006	1.815
100	0.100	1.32	11.54	94.5	13.230	1.35	0.45	1.147	2.947	2.497	1.35	1.85	2.182	1.147	1.732
125	0.125	1.65	11.57	104.5	14.630	1.50	0.60	1.264	3.064	2.464	1.20	2.05	2.221	1.264	1.621
150	0.150	1.97	11.61	111.7	15.638	1.65	0.75	1.347	3.147	2.397	1.05	2.28	2.249	1.347	1.499
175	0.175	2.30	11.65	118.6	16.604	1.70	0.80	1.425	3.225	2.425	1.00	2.43	2.275	1.425	1.475
200	0.200	2.63	11.69	125.2	17.528	1.75	0.85	1.499	3.299	2.449	0.95	2.58	2.300	1.499	1.450
225	0.225	2.96	11.73	126.9	17.766	1.75	0.85	1.514	3.314	2.464	0.95	2.59	2.305	1.514	1.455
250	0.250	3.29	11.77	130.3	18.242	1.75	0.85	1.550	3.350	2.500	0.95	2.63	2.317	1.550	1.467
275	0.275	3.62	11.81	132.3	18.522	1.75	0.85	1.568	3.368	2.518	0.95	2.65	2.323	1.568	1.473
300	0.300	3.95	11.85	134.1	18.774	1.75	0.85	1.584	3.384	2.534	0.95	2.67	2.328	1.584	1.478
325	0.325	4.28	11.89	137.4	19.236	1.75	0.85	1.618	3.418	2.568	0.95	2.70	2.339	1.618	1.489
350	0.350	4.61	11.93	138.5	19.390	1.75	0.85	1.625	3.425	2.575	0.95	2.71	2.342	1.625	1.492
375	0.375	4.94	11.97	139.9	19.586	1.75	0.85	1.636	3.436	2.586	0.95	2.72	2.345	1.636	1.495
400	0.400	5.27	12.02	141.3	19.782	1.75	0.85	1.646	3.446	2.596	0.95	2.73	2.349	1.646	1.499
425	0.425	5.59	12.06	144.0	20.160	1.75	0.85	1.672	3.472	2.622	0.95	2.76	2.357	1.672	1.507
450	0.450	5.92	12.10	145.4	20.356	1.75	0.85	1.682	3.482	2.632	0.95	2.77	2.361	1.682	1.511
475	0.475	6.25	12.14	148.5	20.790	1.75	0.85	1.712	3.512	2.662	0.95	2.80	2.371	1.712	1.521
500	0.500	6.58	12.19	151.1	21.154	1.75	0.85	1.736	3.536	2.686	0.95	2.83	2.379	1.736	1.529
525	0.525	6.91	12.23	151.9	21.266	1.75	0.85	1.739	3.539	2.689	0.95	2.83	2.380	1.739	1.530
550	0.550	7.24	12.27	152.7	21.378	1.75	0.85	1.742	3.542	2.692	0.95	2.83	2.381	1.742	1.531
575	0.575	7.57	12.32	153.5	21.490	1.75	0.85	1.745	3.545	2.695	0.95	2.84	2.382	1.745	1.532
600	0.600	7.90	12.36	153.5	21.490	1.72	0.82	1.739	3.539	2.719	0.98	2.77	2.380	1.739	1.560
625	0.625	8.23	12.40	153.5	21.490	1.72	0.82	1.733	3.533	2.713	0.98	2.77	2.378	1.733	1.558
650	0.650	8.56	12.45	153.5	21.490	1.72	0.82	1.726	3.526	2.706	0.98	2.76	2.375	1.726	1.555
675	0.675	8.89	12.49	153.5	21.490	1.72	0.82	1.720	3.520	2.700	0.98	2.76	2.373	1.720	1.553
700	0.700	9.22	12.54	153.5	21.490	1.72	0.82	1.714	3.514	2.694	0.98	2.75	2.371	1.714	1.551

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ)	=	1.74 kg/cm ²	=	174.49 kPa
Pore pressure at max. dev. stress (Δu)	=	0.85 kg/cm ²	=	85.00 kPa
Strain at max. dev. stress (ε)	=	7.57 %	=	7.570 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ ₁)	=	3.54 kg/cm ²	=	354.49 kPa
Total minor principal stress (σ ₃)	=	1.80 kg/cm ²	=	180.00 kPa
Effective major principal stress (σ' ₁)	=	2.69 kg/cm ²	=	269.49 kPa
Effective minor principal stress (σ' ₃)	=	0.95 kg/cm ²	=	95.00 kPa
Effective principal stress ratio (σ' ₁ /σ' ₃)	=	2.84	=	2.84

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)



TRIAxIAL DATA SHEET : Critical State (C1-25)

Project : Skripsi **Type** : TX-CU **Sample** : C1-25
Location : Lab Mektan FTUI **With** : **Remarks** : Kaolin Pc = 100 kPa
Date : 5-8 Juli 2010 **Without** : side drains **Tested by** : Ucik Nurhayati

Table 1 : Perhitungan Volume Spesifik

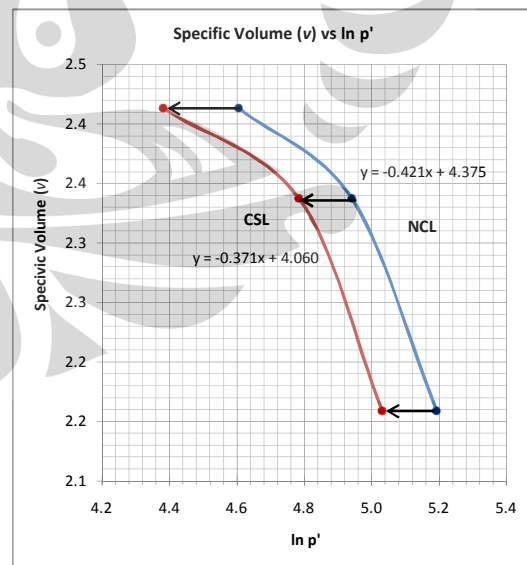
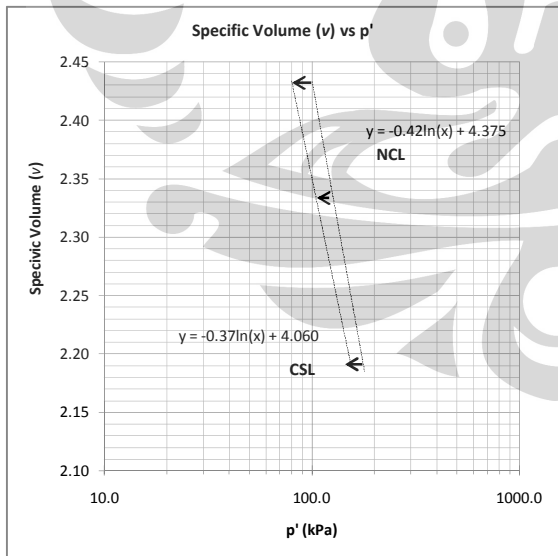
Keterangan		Satuan	100 kPa	140 kPa	180 kPa
Kondisi Sebelum Konsolidasi					
a	Berat Awal Sample Tanah (W_s)	gr	139.33	139.75	139.65
b	Specific Gravity (G_s)	-	2.6	2.6	2.6
c	Kadar Air Awal (w_o)	%	57.90	58.41	58.39
d	Volume Awal Tanah (V_o)	ml	86.60	86.60	86.60
e	Berat Bagian Padat Tanah (W_s)	gr	88.24	88.22	88.17
f	Volume Bagian Padat Tanah (V_s)	ml	33.94	33.93	33.91
g	Angka Pori Awal (e_o)	-	1.552	1.552	1.554
h	Volume Spesifik Awal (v_o)	ml	2.552	2.552	2.554
Kondisi Setelah Konsolidasi					
a	Perubahan Volume Sample (ΔV)	ml	4.70	7.30	13.40
b	Perubahan Angka Pori Sample (Δe)	-	0.138	0.215	0.395
c	Angka Pori Akhir Sample (e_c)	-	1.413	1.337	1.159
d	Volume Spesifik Akhir Sample (v_c)	ml	2.413	2.337	2.159

Table : Tabulasi Data p' dan $\ln p'$ vs v

CSL		NSL		v
p'	$\ln p'$	p'	$\ln p'$	
79.88	4.381	100.00	4.61	2.413
119.61	4.784	140.00	4.94	2.337
153.16	5.032	180.00	5.19	2.159

Table : Parameter Kemiringan dan Specific Volume

Ket	NCL		CSL	
	λ NCL	N	λ CSL	Γ
Parameter	-0.421	4.375	-0.371	4.060



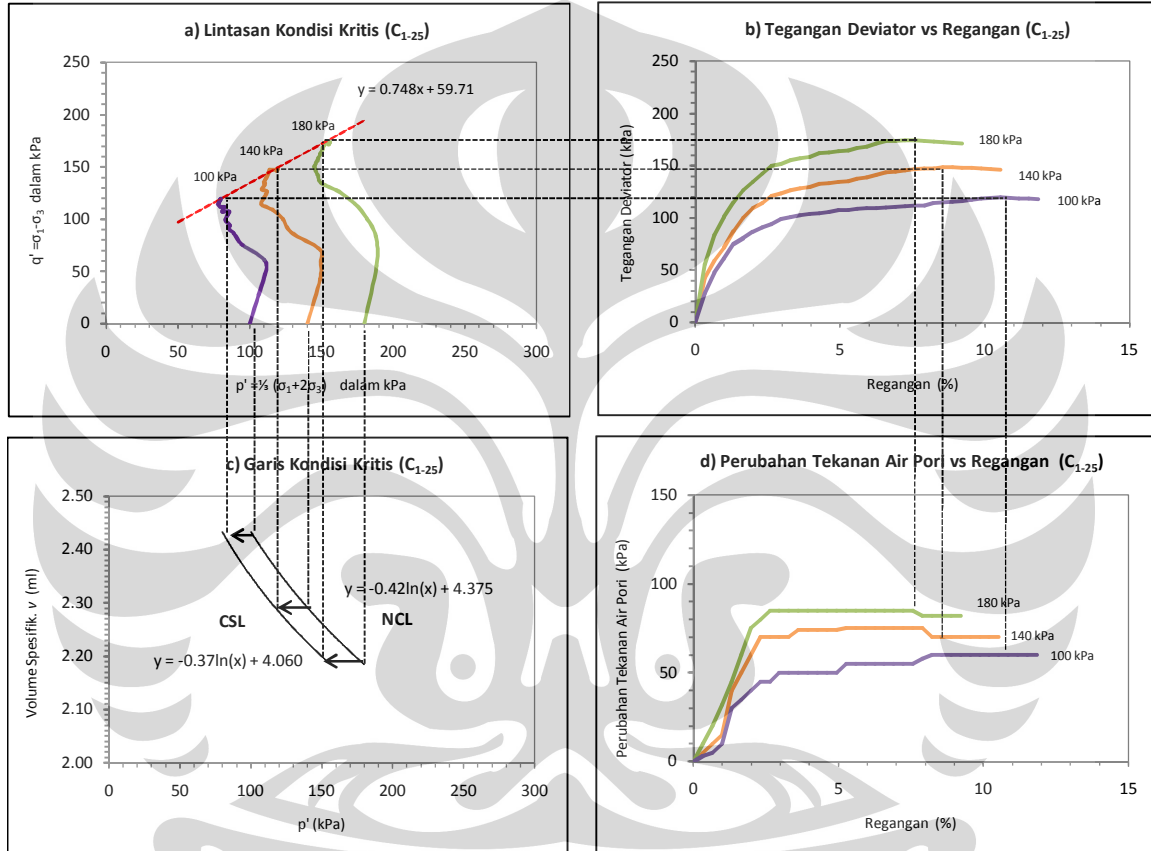


TRIAXIAL DATA SHEET : Graph (C1-25)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Date : 5-8 Juli 2010

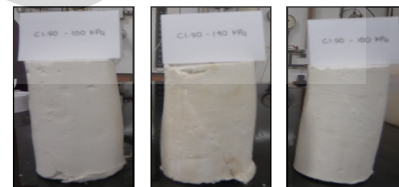
Type of Test : TX-CU
With :
Without : side drains

Sample : C1-25
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
Tested by : Ucik Nurhayati



Description	Sample			Unit
	100 kPa	140 kPa	180 kPa	
Maximum deviator stress ($\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$)	119.64	148.83	174.49	kPa
Strain at max. deviator stress (ϵ)	10.53	8.56	7.57	%
Pore pressure at max. deviator stress (Δu)	60.00	70.00	85.00	kPa
Total major principal stress (σ_1)	219.64	288.83	354.49	kPa
Total minor principal stress (σ_3)	100.00	140.00	180.00	kPa
Effective major principal stress (σ_1')	159.64	218.83	269.49	kPa
Effective minor principal stress (σ_3')	40.00	70.00	95.00	kPa

Sample Failure :

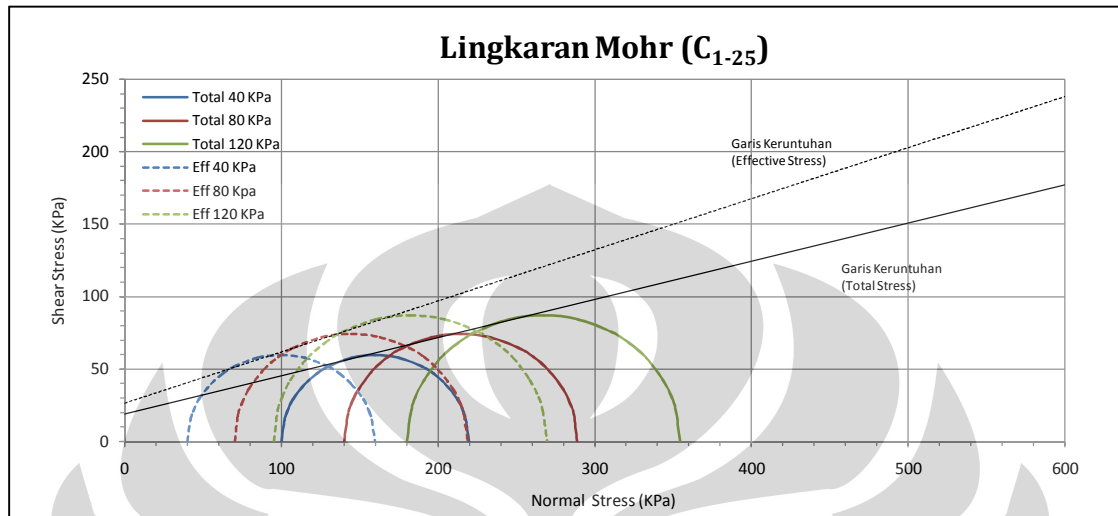


MOHR CIRCLE

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Date : 5-8 Juli 2010

Type of Test : TX-CU
 With :
 Without : side drains

Sample : C1-25
 Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
 Tested by : Ucik Nurhayati

**Keterangan :**

-	Kondisi Tegangan Total		
	Kohesi	(c)	= 19.02 kPa
	Sudut Geser	(θ)	= 14.79 °
-	Kondisi Tegangan Efektif		
	Kohesi	(c')	= 26.61 kPa
	Sudut Geser	(θ')	= 19.43 °


TRIAXIAL DATA SHEET (C2-25)

PROJECT : Skripsi
LOCATION : Lab Mektan FTUI
DESCRIPTION : Kaolin Pc = 100 kPa
TESTED BY : Ucik Nurhayati
SAMPLE CODE : C2-25

NO.	DESCRIPTION	UNIT	SAMPLE		
			1	2	3
1	Wt OF WET SOIL + CAN	(gram)	139.95	139.92	139.05
2	Wt OF DRY SOIL + CAN	(gram)	88.34	88.36	87.98
3	Wt OF CAN	(gram)	0	0	0
4	Wt OF DRY SOIL	(gram)	88.34	88.36	87.98
5	Wt. OF MOISTURE	(gram)	51.61	51.56	51.07
6	WATER CONTENT	(%)	58.42	58.35	58.05
7	AVERAGE W. CONTENT	(%)	58.27		
8	SAMPLE HEIGHT	(cm)	7.60	7.60	7.60
9	AVERAGE		7.60		
10	SAMPLE DIAMETER	(cm)	3.81	3.81	3.81
11	AVERAGE		3.81		
12	AREA	(cm ²)	11.40	11.40	11.40
13	VOLUME	(cm ³)	86.60	86.60	86.60
14	g _{wet}	(kg/cm ³)	1.62	1.62	1.61
15	AVERAGE	(kg/cm ³)	1.61		
16	g _{dry}	(kg/cm ³)	1.02	1.02	1.02
17	AVERAGE	(kg/cm ³)	1.02		
18	LRC	(kg/div)	0.14		
19	s ₃	(kg/cm ²)	1.00	1.40	1.80

count

1

1

1



TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C2-25#140 kPa)

Project :	Skripsi	Series :	C2-25	Type of test :	CU
Location :	Lab Mektan FTUI	Speciment Code :	C2-25#140 kPa	With :	side drain
Date :	19 - 21 Juli 2010	Speciment Diameter :	3.81 cm	Without :	
Tested by :	Ucik Nurhayati	Speciment Height :	7.60 cm	Cell No. :	1

TRIAXIAL SATURATION

Cell Pressure	Back Pressure	Pore Pressure	PWP diff.	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS (cm ³)				
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol	(-) exp
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.5	-	0.18	0.18	0.36	-	-	-	5.0	8.6	3.6		
0.5	0.4	0.38	-	-	15.8	21.1	5.3	-	-	-		
1.0	-	0.87	0.49	0.98	-	-	-	9.5	10.8	1.3		
1.0	0.9	0.87	-	-	15.5	16.0	0.5	-	-	-		
											TOTAL	

Ket : pressure dalam kg/cm2 dan volume dalam cm3

TRIAXIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (kg/cm ²)	1.40	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
Cell Pressure (kg/cm ²)	2.30					reading gauge	diff (cm ³)	reading (kg/cm ²)	diff. (kg/cm ²)	diss. (%)
Back Pressure (kg/cm ²)	0.90	20 Juli		0	0	16.00	0	0.89	0	
PWP after build up (kg/cm ²)	0.89			1	1.00	14.30	1.70	1.34	0.45	
Difference (kg/cm ²)	0.01			4	2.00	12.00	4.00	1.14	0.25	
$t_{90} =$	seconds			8	2.83	10.90	5.10	0.95	0.06	
				15	3.87	10.50	5.50	0.92	0.03	
				30	5.48	10.00	6.00	0.90	0.01	
$t_f =$	minutes			60	7.75	9.70	6.30	0.90	0.01	
				100	10.00	9.40	6.60	0.90	0.01	
Assumed strain to failure =	4%	21 Juli		1440	37.95	9.40	6.60	0.90	0.01	
Calculated rate of strain (mm/min)										
Total consolidation volume change (ΔV_c)						6.60				

Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	- (cm ³)
Weight of wet sample + can (gr)	139.92	136.15	Cell Correction	- (cm ³)
Weight of dry sample + can (gr)	88.36	88.36	Corrected Vol Change (ΔV_s)	0 (cm ³)
Water Content (%)	58.35%	54.09%	Consolidation Vol Change (ΔV_c)	6.60 (cm ³)
Weight of wet sample (gr)	139.95	γ_n (ton/m ³)	1.62	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_t$
A_0 (cm ²)	11.40	$\epsilon_v = \Delta V_t / V_0 \times 100\%$	$1/3 \epsilon_v$	$2/3 \epsilon_v$
V_0 (cm ³)	86.60	7.62%	2.54%	5.08%
$H_c = H_0 (1-1/3 \epsilon_v / 100)$		$A_c = A_0 (1-2/3 \epsilon_v / 100)$		$V_c = V_0 - \Delta V_t$
7.598 (cm)		11.389 (cm ²)		80.003 (cm ³)



TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C2-25#180 kPa)

Project	: Skripsi	Series	: C2-25	Type of test	: CU
Location	: Lab Mektan FTUI	Specimen Code	: C2-25#180 kPa	With	: side drain
Date	: 19 - 21 Juli 2010	Specimen Diameter	: 3.81 cm	Without	: side drain
Tested by	: Ucik Nurhayati	Specimen Height	: 7.60 cm	Cell No.	: 1

TRIAXIAL SATURATION

Cell Pressure	Back Pressure	Pore Pressure	PWP diff.	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS (cm ³)				
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol	(-) exp
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.5	-	0.30	0.30	0.60	-	-	-	7.2	12.3	5.1		
0.5	0.4	0.39	-	-	15.5	16.5	1	-	-	-		
1.0	-	0.88	0.49	0.98	-	-	-	13.5	17.0	3.5		
1.0	0.9	0.89	-	-	17.0	17.4	0.4	-	-	-		
											TOTAL	

Ket : pressure dalam kg/cm2 dan volume dalam cm3

TRIAXIAL CONSOLIDATION

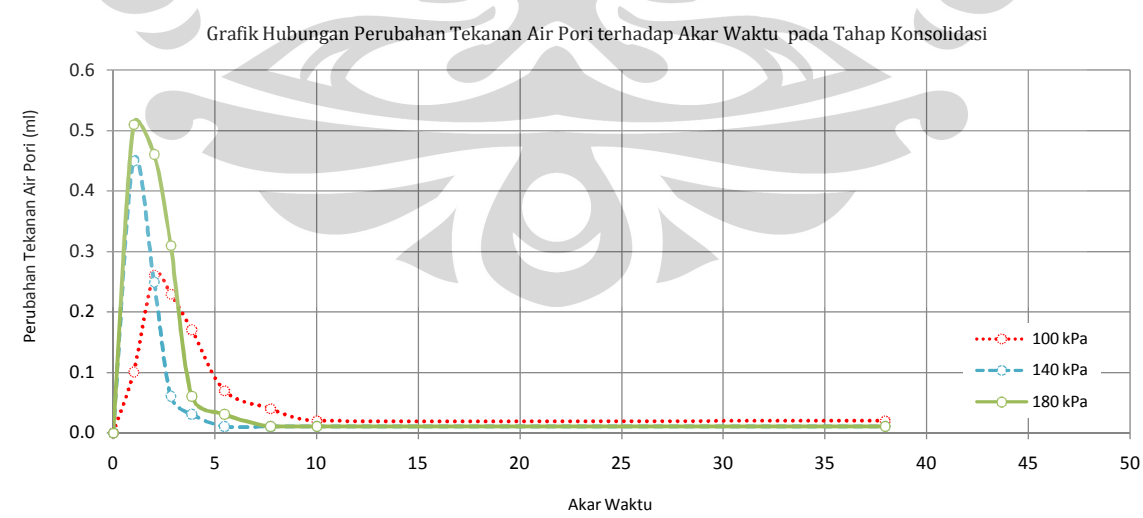
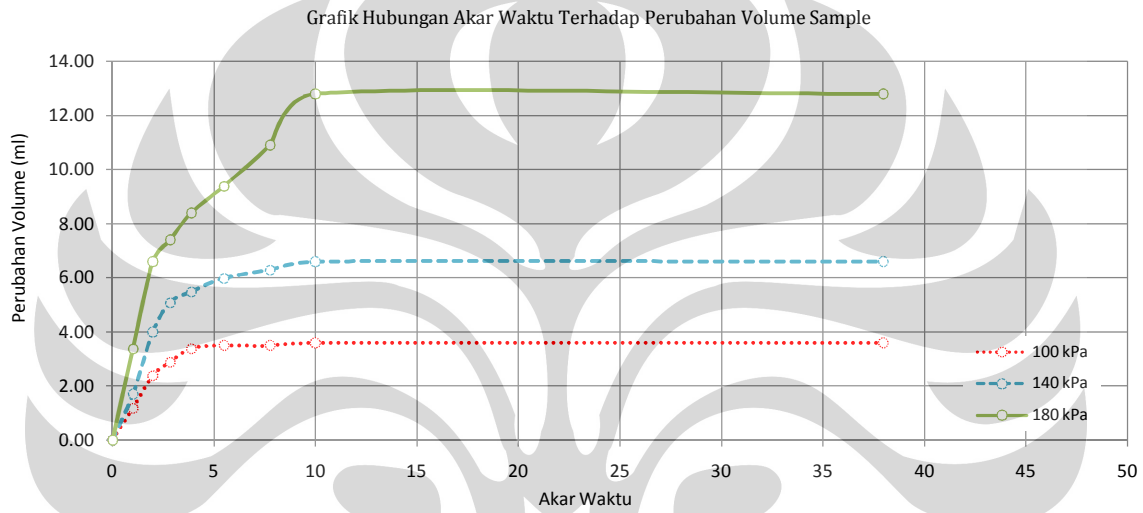
Effective Pressure (kg/cm2)		1.80	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
Cell Pressure (kg/cm2)	2.70	reading gauge					diff (cm3)	reading (kg/cm ²)	diff. (kg/cm ²)	diss. (%)	
Back Pressure (kg/cm2)	0.90										
PWP after build up (kg/cm2)	0.89	20 Juli			0	0	17.40	0	0.89	0	
Difference (kg/cm2)	0.01				1	1.00	14.00	3.40	1.40	0.51	
t_{90} =	seconds				4	2.00	10.80	6.60	1.35	0.46	
					8	2.83	10.00	7.40	1.20	0.31	
			minutes		15	3.87	9.00	8.40	0.95	0.06	
					30	5.48	8.00	9.40	0.92	0.03	
t_f =					60	7.75	6.50	10.90	0.90	0.01	
					100	10.00	4.60	12.80	0.90	0.01	
Assumed strain to failure =	4%	21 Juli			1440	37.95	4.60	12.80	0.90	0.01	
Calculated rate of strain (mm/min)											
							Total consolidation volume change (ΔV_c)		12.80		

Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	- (cm3)
Weight of wet sample + can (gr)	139.05	134.75	Cell Correction	- (cm3)
Weight of dry sample + can (gr)	87.98	87.98	Corrected Vol Change (ΔV_s)	0 (cm3)
Water Content (%)	58.05%	53.16%	Consolidation Vol Change (ΔV_c)	12.80 (cm3)
Weight of wet sample (gr)	139.95	γ_n (ton/m ³)	1.62	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_t$
Ao (cm2)	11.40	$\epsilon_v = \Delta V_t / V_o \times 100\%$	1/3 ϵ_v	2/3 ϵ_v
Vo (cm3)	86.60	14.78%	4.93%	9.85%
$H_c = H_o (1-1/3 \epsilon_v / 100)$		$A_c = A_o (1-2/3 \epsilon_v / 100)$		$V_c = V_o - \Delta V_t$
7.596 (cm)		11.384 (cm ²)		73.803 (cm ³)



TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C1-25)

Project	: Skripsi	Series	: C1-25	Type of test	: CU
Location	: Lab Mektan FTUI	Speciment Code	: -	With	: side drain
Date	: 5-7 Juli 2010	Speciment Diameter	: 3.81 cm	Without	
Tested by	: Ucik Nurhayati	Speciment Height	: 7.60 cm	Remarks	: Graph





TRIAXIAL DATA SHEET : Shearing (C1-25)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa

Type : TX-CU
With :
Without : side drains

Series : C2-25
Date : 19-21 Juli 2010
Tested by : Ucik Nurhayati

SPECIMEN 1 (100 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	28.0	0.93
50	0.05	42.0	0.95
75	0.08	52.8	0.98
100	0.10	62.8	1.00
125	0.13	67.5	1.05
150	0.15	75.8	1.15
175	0.18	78.8	1.24
200	0.20	83.6	1.31
225	0.23	87.6	1.35
250	0.25	90.4	1.38
275	0.28	94.4	1.40
300	0.30	96.4	1.41
325	0.33	98.8	1.41
350	0.35	100.8	1.44
375	0.38	102.8	1.44
400	0.40	104.6	1.44
425	0.43	106.0	1.44
450	0.45	107.2	1.45
475	0.48	108.8	1.45
500	0.50	109.6	1.45
525	0.53	110.4	1.45
550	0.55	111.0	1.45
575	0.58	112.2	1.48
600	0.60	113.2	1.48
625	0.63	114.2	1.48
650	0.65	115.2	1.48
675	0.68	116.2	1.48
700	0.70	117.4	1.48
725	0.73	118.5	1.48
750	0.75	119.0	1.48
775	0.78	119.3	1.48
800	0.80	119.5	1.48
825	0.83	119.5	1.48
850	0.85	119.5	1.48
875	0.88	119.5	1.48
900	0.90	119.5	1.48

SPECIMEN 1 (140 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	38.5	0.93
50	0.05	51.0	0.96
75	0.08	65.0	1.00
100	0.10	77.5	1.10
125	0.13	85.0	1.18
150	0.15	91.0	1.23
175	0.18	98.5	1.28
200	0.20	104.5	1.33
225	0.23	109.5	1.38
250	0.25	113.0	1.42
275	0.28	118.0	1.46
300	0.30	120.5	1.48
325	0.33	123.5	1.50
350	0.35	126.0	1.52
375	0.38	128.5	1.52
400	0.40	130.8	1.56
425	0.43	132.5	1.56
450	0.45	134.0	1.57
475	0.48	136.0	1.57
500	0.50	137.0	1.58
525	0.53	138.0	1.58
550	0.55	140.0	1.58
575	0.58	140.4	1.58
600	0.60	140.6	1.58
625	0.63	140.8	1.60
650	0.65	141.0	1.60
675	0.68	141.8	1.60
700	0.70	141.8	1.60
725	0.73	141.8	1.60
750	0.75	141.8	1.60

SPECIMEN 1 (180 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.90
25	0.03	51.80	0.94
50	0.05	77.00	1.00
75	0.08	85.00	1.02
100	0.10	95.50	1.12
125	0.13	103.00	1.24
150	0.15	112.00	1.30
175	0.18	119.50	1.36
200	0.20	125.50	1.42
225	0.23	130.50	1.48
250	0.25	134.00	1.52
275	0.28	139.00	1.57
300	0.30	141.50	1.60
325	0.33	144.50	1.62
350	0.35	147.00	1.64
375	0.38	149.50	1.64
400	0.40	151.80	1.69
425	0.43	153.50	1.69
450	0.45	155.00	1.69
475	0.48	157.00	1.69
500	0.50	161.50	1.69
525	0.53	161.60	1.69
550	0.55	162.00	1.69
575	0.58	162.50	1.69
600	0.60	162.80	1.69
625	0.63	162.80	1.69
650	0.65	162.80	1.69
675	0.68	162.80	1.69
700	0.70	162.80	1.69

Date of Test : 22 dan 23 Juli 2010



TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (C2-25#100 kPa)

Project : Skripsi **Type of Test** : TX-CU **Eff. Cell Pressure** : 1.00 kg/cm2
Location : Lab Mektan FTUI **Tested By** : Ucik Nurhayati **Cell Pressure** : 1.90 kg/cm2
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa **With** : side drains **Back Pressure** : 0.90 kg/cm2
Code : C2-25 **Without** : **Cons. Length (lc)** : 7.60 cm
Cell No : 1 **Rate of Strain** : 0.0548 mm/min **Cons. Area (Ac)** : 11.39 cm2
Date : 22 Juli 2010 **LRC** : 0.14 **Cons. Volume (Vc)** : 83.00 cm3

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio						
Dial Reading		ε	A _c /(1 - ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'
1 div = 0.001 cm				1 div = 0.14 kg	u	Δu	(Δσ)	(σ1)	(σ'1)	(σ'3)	(σ'1/σ'3)	½(σ1+2σ3)	½(σ1-σ3)	½(σ'1+2σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(cm ²)	(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	11.39	0	0	0.90	0	0	1.000	1.000	1.00	1.00	1.000	0.000	1.000
25	0.025	0.33	11.43	28.0	3.920	0.93	0.03	0.343	1.343	1.313	0.97	1.35	1.114	0.343	1.084
50	0.050	0.66	11.47	42.0	5.880	0.95	0.05	0.513	1.513	1.463	0.95	1.54	1.171	0.513	1.121
75	0.075	0.99	11.51	52.8	7.392	0.98	0.08	0.642	1.642	1.562	0.92	1.70	1.214	0.642	1.134
100	0.100	1.32	11.54	62.8	8.792	1.00	0.10	0.762	1.762	1.662	0.90	1.85	1.254	0.762	1.154
125	0.125	1.64	11.58	67.5	9.450	1.05	0.15	0.816	1.816	1.666	0.85	1.96	1.272	0.816	1.122
150	0.150	1.97	11.62	75.8	10.612	1.15	0.25	0.913	1.913	1.665	0.75	2.22	1.304	0.913	1.054
175	0.175	2.30	11.66	78.8	11.032	1.24	0.34	0.946	1.946	1.606	0.66	2.43	1.315	0.946	0.975
200	0.200	2.63	11.70	83.6	11.704	1.31	0.41	1.000	2.000	1.590	0.59	2.70	1.333	1.000	0.923
225	0.225	2.96	11.74	87.6	12.264	1.35	0.45	1.045	2.045	1.595	0.55	2.90	1.348	1.045	0.898
250	0.250	3.29	11.78	90.4	12.656	1.38	0.48	1.074	2.074	1.594	0.52	3.07	1.358	1.074	0.878
275	0.275	3.62	11.82	94.4	13.216	1.40	0.50	1.118	2.118	1.618	0.50	3.24	1.373	1.118	0.873
300	0.300	3.95	11.86	96.4	13.496	1.41	0.51	1.138	2.138	1.628	0.49	3.32	1.379	1.138	0.869
325	0.325	4.28	11.90	98.8	13.832	1.41	0.51	1.162	2.162	1.652	0.49	3.37	1.387	1.162	0.877
350	0.350	4.61	11.94	100.8	14.112	1.44	0.54	1.182	2.182	1.642	0.46	3.57	1.394	1.182	0.854
375	0.375	4.93	11.98	102.8	14.392	1.44	0.54	1.201	2.201	1.661	0.46	3.61	1.400	1.201	0.860
400	0.400	5.26	12.02	104.6	14.650	1.44	0.54	1.218	2.218	1.678	0.46	3.65	1.406	1.218	0.866
425	0.425	5.59	12.07	106.0	14.840	1.44	0.54	1.230	2.230	1.690	0.46	3.67	1.410	1.230	0.870
450	0.450	5.92	12.11	107.2	15.008	1.45	0.55	1.239	2.239	1.689	0.45	3.75	1.413	1.239	0.863
475	0.475	6.25	12.15	108.8	15.232	1.45	0.55	1.254	2.254	1.704	0.45	3.79	1.418	1.254	0.868
500	0.500	6.58	12.19	109.6	15.344	1.45	0.55	1.258	2.258	1.708	0.45	3.80	1.419	1.258	0.869
525	0.525	6.91	12.24	110.4	15.456	1.45	0.55	1.263	2.263	1.713	0.45	3.81	1.421	1.263	0.871
550	0.550	7.24	12.28	111.0	15.540	1.45	0.55	1.265	2.265	1.715	0.45	3.81	1.422	1.265	0.872
575	0.575	7.57	12.32	112.2	15.708	1.48	0.58	1.275	2.275	1.695	0.42	4.03	1.425	1.275	0.845
600	0.600	7.90	12.37	113.2	15.848	1.48	0.58	1.281	2.281	1.701	0.42	4.05	1.427	1.281	0.847
625	0.625	8.22	12.41	114.2	15.988	1.48	0.58	1.288	2.288	1.708	0.42	4.07	1.429	1.288	0.849
650	0.650	8.55	12.46	115.2	16.128	1.48	0.58	1.295	2.295	1.715	0.42	4.08	1.432	1.295	0.852
675	0.675	8.88	12.50	116.2	16.268	1.48	0.58	1.301	2.301	1.721	0.42	4.10	1.434	1.301	0.854
700	0.700	9.21	12.55	117.4	16.436	1.48	0.58	1.310	2.310	1.730	0.42	4.12	1.437	1.310	0.857
725	0.725	9.54	12.59	118.5	16.590	1.48	0.58	1.317	2.317	1.737	0.42	4.14	1.439	1.317	0.859
750	0.750	9.87	12.64	119.0	16.660	1.48	0.58	1.318	2.318	1.738	0.42	4.14	1.439	1.318	0.859
775	0.775	10.20	12.69	119.3	16.702	1.48	0.58	1.317	2.317	1.737	0.42	4.13	1.439	1.317	0.859
800	0.800	10.53	12.73	119.5	16.730	1.48	0.58	1.314	2.314	1.734	0.42	4.13	1.438	1.314	0.858
825	0.825	10.86	12.78	119.5	16.730	1.48	0.58	1.309	2.309	1.729	0.42	4.12	1.436	1.309	0.856
850	0.850	11.19	12.83	119.5	16.730	1.48	0.58	1.304	2.304	1.724	0.42	4.11	1.435	1.304	0.855
875	0.875	11.51	12.87	119.5	16.730	1.48	0.58	1.299	2.299	1.719	0.42	4.09	1.433	1.299	0.853
900	0.900	11.84	12.92	119.5	16.730	1.48	0.58	1.295	2.295	1.715	0.42	4.08	1.432	1.295	0.852

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 1.318 kg/cm² = 131.81 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Au) = 0.58 kg/cm² = 58.00 kPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 9.87 % = 9.87 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 2.32 kg/cm² = 231.81 kPa
 Total minor principal stress (σ3) = 1.00 kg/cm² = 100.00 kPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 1.74 kg/cm² = 173.81 kPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 0.42 kg/cm² = 42.00 kPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 4.14 = 4.14

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)

TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (C2-25#140 kPa)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
Code : C2-25
Cell No : 2
Date : 22 Juli 2010

Type of Test : TX-CU
Tested By : Ucik Nurhayati
With : side drains
Without :
Rate of Strain : 0.0548 mm/min
LRC : 0.14

Eff. Cell Pressure : 1.40 kg/cm2
Cell Pressure : 2.30 kg/cm2
Back Pressure : 0.90 kg/cm2
Cons. Length (lc) : 7.60 cm
Cons. Area (Ac) : 11.39 cm2
Cons. Volume (Vc) : 80.00 cm3

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio						
Dial Reading		ε	A _v /(1 - ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'
1 div = 0.001 cm	(cm)			1 div = 0.14 kg	u	Δu	(Δσ)	(σ1)	(σ'1)	(σ'3)	(σ'1/σ'3)	½(σ1+2σ3)	(σ1-σ3)	½(σ'1+2σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(cm ²)	(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	11.39	0.0	0	0.90	0	0	1.400	1.400	1.40	1.00	1.400	0.000	1.400
25	0.025	0.33	11.43	38.5	5.390	0.93	0.03	0.472	1.872	1.842	1.37	1.34	1.557	0.472	1.527
50	0.050	0.66	11.46	51.0	7.140	0.96	0.06	0.623	2.023	1.963	1.34	1.46	1.608	0.623	1.548
75	0.075	0.99	11.50	65.0	9.100	1.00	0.10	0.791	2.191	2.091	1.30	1.61	1.664	0.791	1.564
100	0.100	1.32	11.54	77.5	10.850	1.10	0.20	0.940	2.340	2.140	1.20	1.78	1.713	0.940	1.513
125	0.125	1.65	11.58	85.0	11.900	1.18	0.28	1.028	2.428	2.148	1.12	1.92	1.743	1.028	1.463
150	0.150	1.97	11.62	91.0	12.740	1.23	0.33	1.097	2.497	2.167	1.07	2.02	1.766	1.097	1.436
175	0.175	2.30	11.66	98.5	13.790	1.28	0.38	1.183	2.583	2.203	1.02	2.16	1.794	1.183	1.414
200	0.200	2.63	11.70	104.5	14.630	1.33	0.43	1.251	2.651	2.221	0.97	2.29	1.817	1.251	1.387
225	0.225	2.96	11.74	109.5	15.330	1.38	0.48	1.306	2.706	2.226	0.92	2.42	1.835	1.306	1.355
250	0.250	3.29	11.78	113.0	15.820	1.42	0.52	1.343	2.743	2.223	0.88	2.53	1.848	1.343	1.328
275	0.275	3.62	11.82	118.0	16.520	1.46	0.56	1.398	2.798	2.238	0.84	2.66	1.866	1.398	1.306
300	0.300	3.95	11.86	120.5	16.870	1.48	0.58	1.423	2.823	2.243	0.82	2.74	1.874	1.423	1.294
325	0.325	4.28	11.90	123.5	17.290	1.50	0.60	1.453	2.853	2.253	0.80	2.82	1.884	1.453	1.284
350	0.350	4.61	11.94	126.0	17.640	1.52	0.62	1.477	2.877	2.257	0.78	2.89	1.892	1.477	1.272
375	0.375	4.94	11.98	128.5	17.990	1.52	0.62	1.502	2.902	2.282	0.78	2.93	1.901	1.502	1.281
400	0.400	5.26	12.02	130.8	18.312	1.56	0.66	1.523	2.923	2.263	0.74	3.06	1.908	1.523	1.248
425	0.425	5.59	12.06	132.5	18.550	1.56	0.66	1.538	2.938	2.278	0.74	3.08	1.913	1.538	1.253
450	0.450	5.92	12.11	134.0	18.760	1.57	0.67	1.550	2.950	2.280	0.73	3.12	1.917	1.550	1.247
475	0.475	6.25	12.15	136.0	19.040	1.57	0.67	1.567	2.967	2.297	0.73	3.15	1.922	1.567	1.252
500	0.500	6.58	12.19	137.0	19.180	1.58	0.68	1.573	2.973	2.293	0.72	3.19	1.924	1.573	1.244
525	0.525	6.91	12.23	138.0	19.320	1.58	0.68	1.579	2.979	2.299	0.72	3.19	1.926	1.579	1.246
550	0.550	7.24	12.28	140.0	19.600	1.58	0.68	1.596	2.996	2.316	0.72	3.22	1.932	1.596	1.252
575	0.575	7.57	12.32	140.4	19.656	1.58	0.68	1.595	2.995	2.315	0.72	3.22	1.932	1.595	1.252
600	0.600	7.90	12.37	140.6	19.684	1.58	0.68	1.592	2.992	2.312	0.72	3.21	1.931	1.592	1.251
625	0.625	8.23	12.41	140.8	19.712	1.60	0.70	1.588	2.988	2.288	0.70	3.27	1.929	1.588	1.229
650	0.650	8.55	12.45	141.0	19.740	1.60	0.70	1.585	2.985	2.285	0.70	3.26	1.928	1.585	1.228
675	0.675	8.88	12.50	141.8	19.852	1.60	0.70	1.588	2.988	2.288	0.70	3.27	1.929	1.588	1.229
700	0.700	9.21	12.55	141.8	19.852	1.60	0.70	1.582	2.982	2.282	0.70	3.26	1.927	1.582	1.227
725	0.725	9.54	12.59	141.8	19.852	1.60	0.70	1.577	2.977	2.277	0.70	3.25	1.926	1.577	1.226
750	0.750	9.87	12.64	141.8	19.852	1.60	0.70	1.571	2.971	2.271	0.70	3.24	1.924	1.571	1.224

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 1.60 kg/cm² = 159.63 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Au) = 0.68 kg/cm² = 68.00 kPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 7.24 % = 7.24 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 3.00 kg/cm² = 299.63 kPa
 Total minor principal stress (σ3) = 1.40 kg/cm² = 140.00 kPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 2.32 kg/cm² = 231.63 kPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 0.72 kg/cm² = 72.00 kPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 3.22 = 3.22

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)



TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (C2-25#180 kPa)

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
 Code : C2-25
 Cell No : 1
 Date : 23 Juli 2010

Type of Test : TX-CU
 Tested By : Ucik Nurhayati
 With : side drains
 Without :
 Rate of Strain : 0.0548 mm/min
 LRC : 0.14

Eff. Cell Pressure : 1.80 kg/cm2
 Cell Pressure : 2.70 kg/cm2
 Back Pressure : 0.90 kg/cm2
 Cons. Length (lc) : 7.60 cm
 Cons. Area (Ac) : 11.38 cm2
 Cons. Volume (Vc) : 73.80 cm3

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio							
Dial Reading		ϵ	$A_c/(1-\epsilon)$	Dial Reading	Dial Reading	u	Δu	Stress	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'	
1 div = 0.001 cm		(%)	(cm ²)	1 div = 0.14 kg		(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(σ_1)	(σ_1')	(σ_3')	(σ_1'/σ_3')	$\frac{1}{2}(\sigma_1 + 2\sigma_3)$	$\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$	$\frac{1}{2}(\sigma_1' + 2\sigma_3')$
(div)	(cm)			(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	11.38	0.0	0	0.90	0	0	1.800	1.800	1.80	1.00	1.800	0.000	1.800	
25	0.025	0.33	11.42	51.8	7.252	0.94	0.04	0.635	2.435	2.399	1.76	1.36	2.012	0.635	1.976	
50	0.050	0.66	11.46	77.0	10.780	1.00	0.10	0.941	2.741	2.641	1.70	1.55	2.114	0.941	2.014	
75	0.075	0.99	11.50	85.0	11.900	1.02	0.12	1.035	2.835	2.715	1.68	1.62	2.145	1.035	2.025	
100	0.100	1.32	11.54	95.5	13.370	1.12	0.22	1.159	2.959	2.743	1.58	1.73	2.186	1.159	1.970	
125	0.125	1.65	11.57	103.0	14.420	1.24	0.34	1.246	3.046	2.710	1.46	1.85	2.215	1.246	1.879	
150	0.150	1.97	11.61	112.0	15.680	1.30	0.40	1.350	3.150	2.754	1.40	1.96	2.250	1.350	1.854	
175	0.175	2.30	11.65	119.5	16.730	1.36	0.46	1.436	3.236	2.780	1.34	2.07	2.279	1.436	1.823	
200	0.200	2.63	11.69	125.5	17.570	1.42	0.52	1.503	3.303	2.787	1.28	2.17	2.301	1.503	1.785	
225	0.225	2.96	11.73	130.5	18.270	1.48	0.58	1.557	3.357	2.781	1.22	2.27	2.319	1.557	1.743	
250	0.250	3.29	11.77	134.0	18.760	1.52	0.62	1.594	3.394	2.770	1.18	2.36	2.331	1.594	1.707	
275	0.275	3.62	11.81	139.0	19.460	1.57	0.67	1.648	3.448	2.776	1.13	2.46	2.349	1.648	1.677	
300	0.300	3.95	11.85	141.5	19.810	1.60	0.70	1.671	3.471	2.775	1.10	2.51	2.357	1.671	1.661	
325	0.325	4.28	11.89	144.5	20.230	1.62	0.72	1.701	3.501	2.781	1.08	2.58	2.367	1.701	1.647	
350	0.350	4.61	11.93	147.0	20.580	1.64	0.74	1.725	3.525	2.781	1.06	2.63	2.375	1.725	1.631	
375	0.375	4.94	11.98	149.5	20.930	1.64	0.74	1.748	3.548	2.804	1.06	2.66	2.383	1.748	1.639	
400	0.400	5.27	12.02	151.8	21.252	1.69	0.79	1.769	3.569	2.777	1.01	2.75	2.390	1.769	1.598	
425	0.425	5.59	12.06	153.5	21.490	1.69	0.79	1.782	3.582	2.790	1.01	2.77	2.394	1.782	1.602	
450	0.450	5.92	12.10	155.0	21.700	1.69	0.79	1.793	3.593	2.803	1.01	2.78	2.398	1.793	1.608	
475	0.475	6.25	12.14	157.0	21.980	1.69	0.79	1.810	3.610	2.820	1.01	2.79	2.403	1.810	1.613	
500	0.500	6.58	12.19	161.5	22.610	1.69	0.79	1.855	3.655	2.865	1.01	2.84	2.418	1.855	1.628	
525	0.525	6.91	12.23	161.6	22.624	1.69	0.79	1.850	3.650	2.860	1.01	2.83	2.417	1.850	1.627	
550	0.550	7.24	12.27	162.0	22.680	1.69	0.79	1.848	3.648	2.858	1.01	2.83	2.416	1.848	1.626	
575	0.575	7.57	12.32	162.5	22.750	1.69	0.79	1.847	3.647	2.857	1.01	2.83	2.416	1.847	1.626	
600	0.600	7.90	12.36	162.8	22.792	1.69	0.79	1.844	3.644	2.854	1.01	2.83	2.415	1.844	1.625	
625	0.625	8.23	12.40	162.8	22.792	1.69	0.79	1.837	3.637	2.847	1.01	2.82	2.412	1.837	1.622	
650	0.650	8.56	12.45	162.8	22.792	1.69	0.79	1.831	3.631	2.841	1.01	2.81	2.410	1.831	1.620	
675	0.675	8.89	12.49	162.8	22.792	1.69	0.79	1.824	3.624	2.834	1.01	2.81	2.408	1.824	1.618	
700	0.700	9.22	12.54	162.8	22.792	1.69	0.79	1.818	3.618	2.828	1.01	2.80	2.406	1.818	1.616	

Calculation

Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$) = 1.86 kg/cm² = 185.54 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Δu) = 0.79 kg/cm² = 79.00 kPa
 Strain at max. dev. stress (ϵ) = 6.58 % = 6.58 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

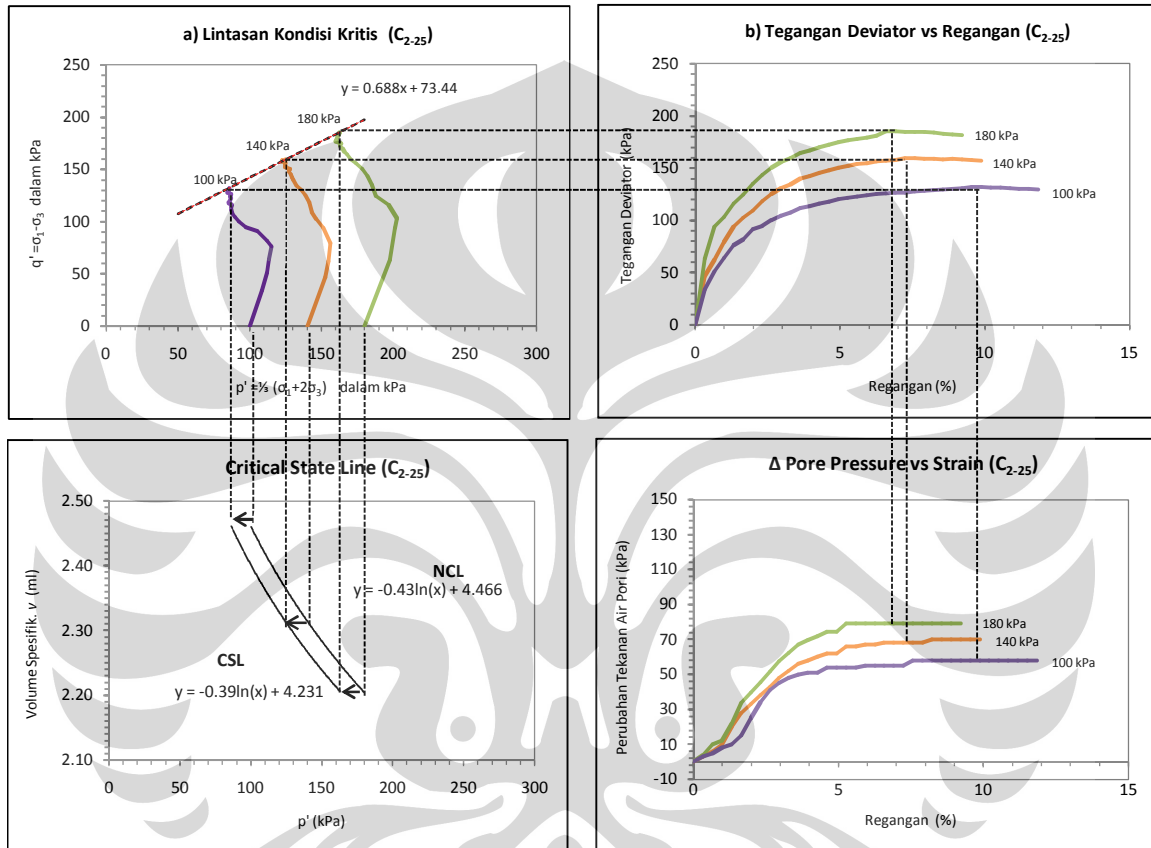
Total major principal stress (σ_1) = 3.66 kg/cm² = 365.54 kPa
 Total minor principal stress (σ_3) = 1.80 kg/cm² = 180.00 kPa
 Effective major principal stress (σ_1') = 2.87 kg/cm² = 286.54 kPa
 Effective minor principal stress (σ_3') = 1.01 kg/cm² = 101.00 kPa
 Effective principal stress ratio (σ_1'/σ_3') = 2.84 = 2.84

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)



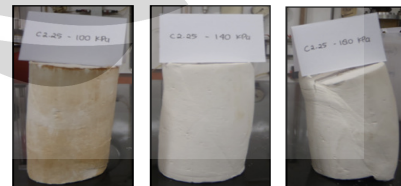
TRIAXIAL DATA SHEET : Graph (C2-25)

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Date : 19-22 Juli 2010
 Type of Test : TX-CU
 With :
 Without : side drains
 Sample : C2-25
 Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
 Tested by : Ucik Nurhayati



Description	Sample			Unit
	100 kPa	140 kPa	180 kPa	
Maximum deviator stress ($\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$)	131.81	159.63	185.54	kPa
Strain at max. deviator stress (ϵ)	9.87	7.24	6.58	%
Pore pressure at max. deviator stress (Δu)	58.00	68.00	79.00	kPa
Total major principal stress (σ_1)	231.81	299.63	365.54	kPa
Total minor principal stress (σ_3)	100.00	140.00	180.00	kPa
Effective major principal stress (σ_1')	173.81	231.63	286.54	kPa
Effective minor principal stress (σ_3')	42.00	72.00	101.00	kPa

Sample Failure :





TRIAXIAL DATA SHEET : Critical State (C2-25)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Date : 19-22 Juli 2010

Type : TX-CU
With :
Without : side drains

Sample : C2-25
Remarks : Kaolin $P_c = 100$ kPa
Tested by : Ucik Nurhayati

Table 1 : Perhitungan Volume Spesifik

Keterangan		Satuan	100 kPa	140 kPa	180 kPa
Kondisi Sebelum Konsolidasi					
a	Berat Awal Sample Tanah (W_s)	gr	139.95	139.92	139.05
b	Specific Gravity (G_s)	-	2.6	2.6	2.6
c	Kadar Air Awal (w_o)	%	58.42	58.35	58.05
d	Volume Awal Tanah (V_o)	ml	86.60	86.60	86.60
e	Berat Bagian Padat Tanah (W_s)	gr	88.34	88.36	87.98
f	Volume Bagian Padat Tanah (V_s)	ml	33.98	33.98	33.84
g	Angka Pori Awal (e_o)	-	1.549	1.548	1.559
h	Volume Spesifik Awal (v_o)	ml	2.549	2.548	2.559
Kondisi Setelah Konsolidasi					
a	Perubahan Volume Sample (ΔV)	ml	3.60	6.60	12.80
b	Perubahan Angka Pori Sample (Δe)	-	0.106	0.194	0.378
c	Angka Pori Akhir Sample (e_c)	-	1.443	1.354	1.181
d	Volume Spesifik Akhir Sample (v_c)	ml	2.443	2.354	2.181

Table : Tabulasi Data p' dan $\ln p'$ vs v

CSL		NSL		v
p'	$\ln p'$	p'	$\ln p'$	
85.94	4.454	100.00	4.61	2.443
125.21	4.830	140.00	4.94	2.354
162.85	5.093	180.00	5.19	2.181

Table : Parameter Kemiringan dan Specific Volume

Ket	NCL		CSL	
	λ NCL	N	λ CSL	Γ
Parameter	-0.435	4.466	-0.397	4.231



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

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

TRIAXIAL DATA SHEET (C1-50)

PROJECT : Skripsi
LOCATION : Lab Mektan FTUI
DESCRIPTION : Kaolin Pc = 100 kPa
TESTED BY : Ucik Nurhayati
SAMPLE CODE : C1-50

NO.	DESCRIPTION	UNIT	SAMPLE		
			1	2	3
1	Wt OF WET SOIL + CAN	(gram)	140.03	139.56	139.06
2	Wt OF DRY SOIL + CAN	(gram)	88.55	88.20	87.96
3	Wt OF CAN	(gram)	0	0	0
4	Wt OF DRY SOIL	(gram)	88.55	88.20	87.96
5	Wt. OF MOISTURE	(gram)	51.48	51.36	51.10
6	WATER CONTENT	(%)	58.14	58.23	58.09
7	AVERAGE W. CONTENT	(%)	58.15		
8	SAMPLE HEIGHT	(cm)	7.60	7.60	7.60
9	AVERAGE		7.60		
10	SAMPLE DIAMETER	(cm)	3.82	3.82	3.82
11	AVERAGE		3.82		
12	AREA	(cm ²)	11.43	11.46	11.43
13	VOLUME	(cm ³)	86.77	87.00	86.77
14	g _{wet}	(kg/cm ³)	1.61	1.60	1.60
15	AVERAGE	(kg/cm ³)	1.61		
16	g _{dry}	(kg/cm ³)	1.02	1.01	1.01
17	AVERAGE	(kg/cm ³)	1.02		
18	LRC	(kg/div)	0.14		
19	s ₃	(kg/cm ²)	1.00	1.40	1.80

count

1

1

1



TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C1-50#100 kPa)

Project :	Skripsi	Series :	C1-50	Type of test :	CU
Location :	Lab Mektan FTUI	Speciment Code :	C1-50#100 kPa	With :	side drain
Date :	21-23 Juni 2010	Speciment Diameter :	3.82 cm	Without :	
Tested by :	Ucik Nurhayati	Speciment Height :	7.60 cm	Cell No. :	1

TRIAXIAL SATURATION

Cell Pressure	Back Pressure	Pore Pressure	PWP diff.	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS (cm ³)					
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol	(-) exp	
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.5	-	0.18	0.18	0.36	-	-	-	13.2	17.0	3.8			
0.5	0.4	0.38	-	-	14.9	17.9	3	-	-	-			
1.0	-	0.86	0.48	0.96	-	-	-	18.5	19.0	0.5			
1.0	0.9	0.90	-	-	18.6	19.4	0.8	-	-	-			
TOTAL													

Ket : pressure dalam kg/cm2 dan volume dalam cm3

TRIAXIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (kg/cm ²)	1.0	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
	Cell Pressure (kg/cm ²)					1.9	reading gauge	diff (cm ³)	reading (kg/cm ²)	diff. (kg/cm ²)
Back Pressure (kg/cm ²)	0.9									
PWP after build up (kg/cm ²)	0.9	22 Juni		0	0	19.40	0	0.90	0	
Difference (kg/cm ²)	0			1	1.00	18.80	0.60	1.60	0.70	
t_{90}	=			4	2.00	17.40	2.00	1.25	0.35	
				8	2.83	16.70	2.70	1.10	0.20	
				15	3.87	16.50	2.90	1.05	0.15	
				30	5.48	16.20	3.20	0.95	0.05	
t_f	=			60	7.75	16.10	3.30	0.90	0.00	
				100	10.00	16.00	3.40	0.90	0.00	
Assumed strain to failure =	4%	23 Juni		1440	37.95	16.00	3.40	0.90	0.00	
Calculated rate of strain (mm/min)										
Total consolidation volume change (ΔV_c)						3.40				

Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change			
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction		-	(cm ³)
Weight of wet sample + can (gr)	140.03	137.13	Cell Correction		-	(cm ³)
Weight of dry sample + can (gr)	88.55	88.55	Corrected Vol Change (ΔV_s)		0	(cm ³)
Water Content (%)	58.14%	54.86%	Consolidation Vol Change (ΔV_c)		3.40	(cm ³)
Weight of wet sample (gr)	140.03	γ_n (ton/m ³)	1.61	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_v$		3.40 (cm ³)
A_0 (cm ²)	11.43	$\epsilon_v = \Delta V_v / V_o \times 100\%$		1/3 ϵ_v		2/3 ϵ_v
V_o (cm ³)	86.77	3.92%		1.31%		2.61%
$H_c = H_o (1 - 1/3 \epsilon_v / 100)$	$A_c = A_o (1 - 2/3 \epsilon_v / 100)$		$V_c = V_o - \Delta V_v$			
7.594 (cm)	11.422 (cm ²)		83.373 (cm ³)			



TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C1-50#180 kPa)

Project	:	Skripsi	Series	:	C1-50	Type of test	:	CU
Location	:	Lab Mektan FTUI	Speciment Code	:	C1-50#180 kPa	With	:	side drain
Date	:	21-23 Juni 2010	Speciment Diameter	:	3.82 cm	Without	:	
Tested by	:	Ucick Nurhayati	Speciment Height	:	7.60 cm	Cell No.	:	1

TRIAXIAL SATURATION

Cell Pressure	Back Pressure	Pore Pressure	PWP diff.	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS (cm ³)					
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol	(-) exp	
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.5	-	0.25	0.25	0.5	-	-	-	19.2	22.2	3			
0.5	0.4	0.38	-	-	17.8	18.7	0.9	-	-	-			
1.0	-	0.86	0.48	0.96	-	-	-	24.0	26.3	2.3			
1.0	0.9	0.90	-	-	19.5	20.6	1.1	-	-	-			
TOTAL													

Ket : pressure dalam kg/cm2 dan volume dalam cm3

TRIAXIAL CONSOLIDATION

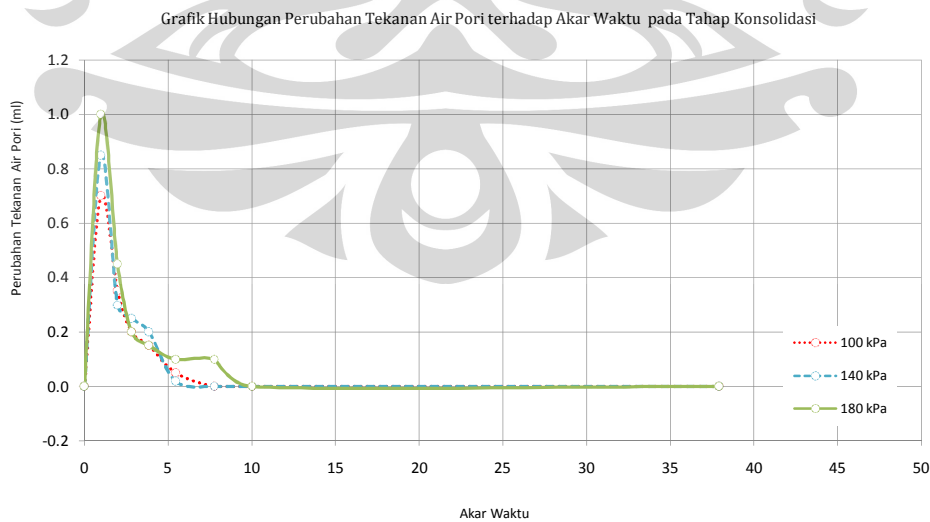
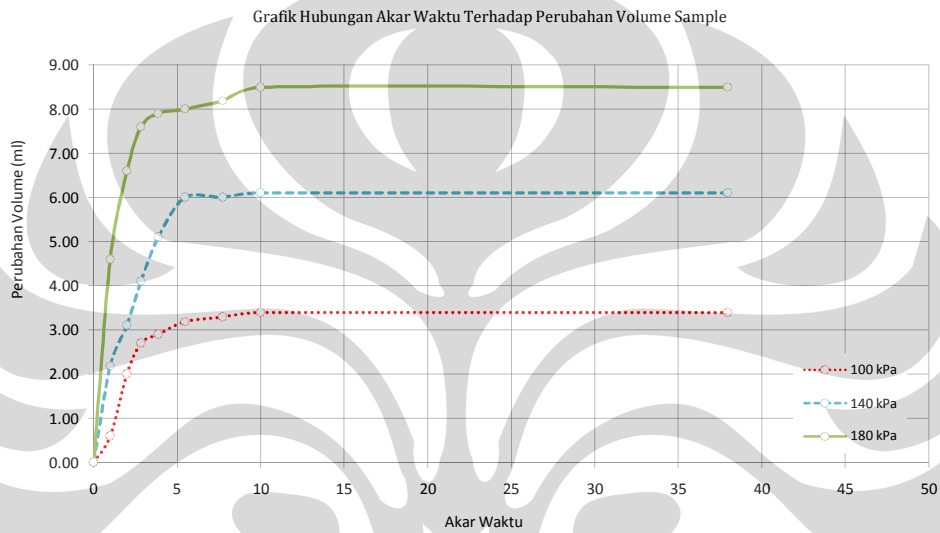
Effective Pressure (KPa)	1.8	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure			
Cell Pressure (KPa)	2.7					reading gauge	diff (cm3)	reading (kg/cm ²)	diff. (kg/cm ²)	diss. (%)	
Back Pressure (kPa)	0.9										
PWP after build up (KPa)	0.9	22 Juni		0	0	20.60	0	0.90	0		
Difference (KPa)	0			1	1.00	16.00	4.60	1.90	1.00		
t_{90} =	seconds			4	2.00	14.00	6.60	1.35	0.45		
	minutes			8	2.83	13.00	7.60	1.10	0.20		
				15	3.87	12.70	7.90	1.05	0.15		
				30	5.48	12.60	8.00	1.00	0.10		
t_r =				60	7.75	12.40	8.20	1.00	0.10		
				100	10.00	12.10	8.50	0.90	0.00		
Assumed strain to failure =	4%	23 Juni		1440	37.94733	12.10	8.50	0.90	0.00		
Calculated rate of strain (mm/min)											
Total consolidation volume change (ΔV_c)							8.50				

Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change		
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	-	(cm3)
Weight of wet sample + can (gr)	139.06	134.95	Cell Correction	-	(cm3)
Weight of dry sample + can (gr)	87.96	87.96	Corrected Vol Change (ΔV_s)	0	(cm3)
Water Content (%)	58.09%	53.42%	Consolidation Vol Change (ΔV_c)	8.50	(cm3)
Weight of wet sample (gr)	140.03	γ_n (ton/m ³)	1.61	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_i$	8.50 (cm3)
A_o (cm2)	11.43	$\epsilon_v = \Delta V_i / V_o \times 100\%$		$1/3 \epsilon_v$	$2/3 \epsilon_v$
V_o (cm3)	86.77	9.80%	3.27%		6.53%
$H_c = H_o (1-1/3 \epsilon_v / 100)$	$A_c = A_o (1-2/3 \epsilon_v / 100)$		$V_c = V_o - \Delta V_i$		
7.593 (cm)	11.418 (cm ²)		78.273 (cm ³)		



TRIAXIAL DATA SHEET : Saturation and Consolidation (C1-50)

Project	: Skripsi	Series	: C1-50	Type of test	: CU
Location	: Lab Mektan FTUI	Specimen Code	: -	With	: side drain
Date	: 21-23 Juni 2010	Specimen Diameter	: 3.81 cm	Without	
Tested by	: Ucik Nurhayati	Specimen Height	: 7.60 cm	Remarks	: Graph





TRIAXIAL DATA SHEET : Shearing (C1-50)

Project : Skripsi **Type** : TX-CU **Series** : C1-50
Location : Lab Mektan FTUI **With** : side drains **Date** : 23-24 Juni 2010
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa **Without** : **Tested by** : Ucik Nurhayati

SPECIMEN 1 (100 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	29.8	0.93
50	0.05	43.8	1.00
75	0.08	55.5	1.10
100	0.10	62.0	1.15
125	0.13	66.5	1.20
150	0.15	72.0	1.20
175	0.18	75.0	1.25
200	0.20	78.0	1.30
225	0.23	79.5	1.30
250	0.25	81.5	1.30
275	0.28	83.5	1.35
300	0.30	85.5	1.35
325	0.33	87.4	1.40
350	0.35	89.3	1.40
375	0.38	90.8	1.40
400	0.40	92.2	1.45
425	0.43	93.5	1.45
450	0.45	95.0	1.45
475	0.48	96.5	1.45
500	0.50	98.0	1.45
525	0.53	99.3	1.45
550	0.55	100.4	1.45
575	0.58	101.4	1.45
600	0.60	102.7	1.50
625	0.63	104.0	1.50
650	0.65	105.2	1.50
675	0.68	106.5	1.50
700	0.70	107.8	1.50
725	0.73	109.0	1.50
750	0.75	110.3	1.50
775	0.78	111.5	1.50
800	0.80	112.8	1.50
825	0.83	114.3	1.50
850	0.85	115.8	1.50
875	0.88	117.2	1.50
900	0.90	118.2	1.50
925	0.93	119.0	1.50
950	0.95	119.0	1.50
975	0.98	119.0	1.50
1000	1.00	119.0	1.50

SPECIMEN 1 (140 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.0	0.90
25	0.03	40.0	0.95
50	0.05	60.5	1.00
75	0.08	72.5	1.15
100	0.10	82.3	1.20
125	0.13	90.4	1.28
150	0.15	96.8	1.35
175	0.18	102.3	1.38
200	0.20	104.1	1.41
225	0.23	107.9	1.42
250	0.25	111.5	1.48
275	0.28	113.9	1.48
300	0.30	115.3	1.50
325	0.33	118.0	1.52
350	0.35	120.1	1.52
375	0.38	122.2	1.52
400	0.40	124.5	1.55
425	0.43	126.5	1.55
450	0.45	129.5	1.55
475	0.48	130.5	1.55
500	0.50	131.5	1.55
525	0.53	132.5	1.55
550	0.55	133.5	1.55
575	0.58	134.5	1.55
600	0.60	135.8	1.55
625	0.63	137.0	1.55
650	0.65	139.5	1.59
675	0.68	139.8	1.59
700	0.70	140.0	1.59
725	0.73	140.0	1.59
750	0.75	140.0	1.59
775	0.78	140.0	1.59
800	0.80	140.0	1.59
825	0.83	140.0	1.59
850	0.85	140.0	1.59
875	0.88	140.0	1.59
900	0.90	140.0	1.59

SPECIMEN 1 (180 kPa)

Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh (cm)	Reading	(kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.90
25	0.03	53.00	0.98
50	0.05	79.70	1.10
75	0.08	89.70	1.20
100	0.10	96.70	1.30
125	0.13	103.50	1.38
150	0.15	108.70	1.45
175	0.18	112.90	1.45
200	0.20	116.90	1.50
225	0.23	119.70	1.55
250	0.25	122.70	1.58
275	0.28	126.20	1.60
300	0.30	128.70	1.60
325	0.33	131.20	1.60
350	0.35	133.70	1.62
375	0.38	136.20	1.62
400	0.40	138.70	1.65
425	0.43	141.20	1.65
450	0.45	143.60	1.70
475	0.48	145.90	1.70
500	0.50	148.40	1.70
525	0.53	152.50	1.70
550	0.55	154.70	1.70
575	0.58	157.00	1.70
600	0.60	159.50	1.70
625	0.63	159.50	1.70
650	0.65	159.50	1.70
675	0.68	159.50	1.70
700	0.70	159.50	1.70
725	0.73	159.50	1.70
750	0.75	159.50	1.70
775	0.78	159.50	1.70
800	0.80	159.50	1.70

Date of Test :

TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (C1-50#100 kPa)

Project : Skripsi **Type of Test** : TX-CU **Eff. Cell Pressure** : 1.00 kg/cm2
Location : Lab Mektan FTUI **Tested By** : Ucik Nurhayati **Cell Pressure** : 1.90 kg/cm2
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa **With** : side drains **Back Pressure** : 0.90 kg/cm2
Code : C1-50 **Without** : **Cons. Length (lc)** : 7.59 cm
Cell No : 1 **Rate of Strain** : 0.0548 mm/min **Cons. Area (Ac)** : 11.42 cm2
Date : 23-24 Juni 2010 **LRC** : 0.14 **Cons. Volume (Vc)** : 83.37 cm3

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Critical State Parameters		
Dial Reading		ε	A _c /(1-ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'
1 div = 0.001 cm	(div)			(cm)	(%)	(cm ²)	1 div = 0.14 kg	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	11.42	0	0	0.90	0	0	1.000	1.000	1.00	1.00	1.000	0.000	1.000
25	0.025	0.33	11.46	29.8	4.172	0.93	0.03	0.364	1.364	1.334	0.97	1.38	1.121	0.364	1.091
50	0.050	0.66	11.50	43.8	6.132	1.00	0.10	0.533	1.533	1.433	0.90	1.59	1.178	0.533	1.078
75	0.075	0.99	11.54	55.5	7.770	1.10	0.20	0.674	1.674	1.474	0.80	1.84	1.225	0.674	1.025
100	0.100	1.32	11.57	62.0	8.680	1.15	0.25	0.750	1.750	1.500	0.75	2.00	1.250	0.750	1.000
125	0.125	1.65	11.61	66.5	9.310	1.20	0.30	0.802	1.802	1.502	0.70	2.15	1.267	0.802	0.967
150	0.150	1.98	11.65	72.0	10.080	1.20	0.30	0.865	1.865	1.565	0.70	2.24	1.288	0.865	0.988
175	0.175	2.30	11.69	75.0	10.500	1.25	0.35	0.898	1.898	1.548	0.65	2.38	1.299	0.898	0.949
200	0.200	2.63	11.73	78.0	10.920	1.30	0.40	0.931	1.931	1.531	0.60	2.55	1.310	0.931	0.910
225	0.225	2.96	11.77	79.5	11.130	1.30	0.40	0.946	1.946	1.546	0.60	2.58	1.315	0.946	0.915
250	0.250	3.29	11.81	81.5	11.410	1.30	0.40	0.966	1.966	1.566	0.60	2.61	1.322	0.966	0.922
275	0.275	3.62	11.85	83.5	11.690	1.35	0.45	0.986	1.986	1.536	0.55	2.79	1.329	0.986	0.879
300	0.300	3.95	11.89	85.5	11.970	1.35	0.45	1.007	2.007	1.557	0.55	2.83	1.336	1.007	0.886
325	0.325	4.28	11.93	87.4	12.236	1.40	0.50	1.025	2.025	1.525	0.50	3.05	1.342	1.025	0.842
350	0.350	4.61	11.97	89.3	12.502	1.40	0.50	1.044	2.044	1.544	0.50	3.09	1.348	1.044	0.848
375	0.375	4.94	12.02	90.8	12.712	1.40	0.50	1.058	2.058	1.558	0.50	3.12	1.353	1.058	0.853
400	0.400	5.27	12.06	92.2	12.908	1.45	0.55	1.071	2.071	1.521	0.45	3.38	1.357	1.071	0.807
425	0.425	5.60	12.10	93.5	13.090	1.45	0.55	1.082	2.082	1.532	0.45	3.40	1.361	1.082	0.811
450	0.450	5.93	12.14	95.0	13.300	1.45	0.55	1.095	2.095	1.545	0.45	3.43	1.365	1.095	0.815
475	0.475	6.25	12.18	96.5	13.510	1.45	0.55	1.109	2.109	1.559	0.45	3.46	1.370	1.109	0.820
500	0.500	6.58	12.23	98.0	13.720	1.45	0.55	1.122	2.122	1.572	0.45	3.49	1.374	1.122	0.824
525	0.525	6.91	12.27	99.3	13.902	1.45	0.55	1.133	2.133	1.583	0.45	3.52	1.378	1.133	0.828
550	0.550	7.24	12.31	100.4	14.056	1.45	0.55	1.141	2.141	1.591	0.45	3.54	1.380	1.141	0.830
575	0.575	7.57	12.36	101.4	14.196	1.45	0.55	1.149	2.149	1.599	0.45	3.55	1.383	1.149	0.833
600	0.600	7.90	12.40	102.7	14.378	1.50	0.60	1.159	2.159	1.559	0.40	3.90	1.386	1.159	0.786
625	0.625	8.23	12.45	104.0	14.560	1.50	0.60	1.170	2.170	1.570	0.40	3.92	1.390	1.170	0.790
650	0.650	8.56	12.49	105.2	14.728	1.50	0.60	1.179	2.179	1.579	0.40	3.95	1.393	1.179	0.793
675	0.675	8.89	12.54	106.5	14.910	1.50	0.60	1.189	2.189	1.589	0.40	3.97	1.396	1.189	0.796
700	0.700	9.22	12.58	107.8	15.092	1.50	0.60	1.200	2.200	1.600	0.40	4.00	1.400	1.200	0.800
725	0.725	9.55	12.63	109.0	15.260	1.50	0.60	1.208	2.208	1.608	0.40	4.02	1.403	1.208	0.803
750	0.750	9.88	12.67	110.3	15.442	1.50	0.60	1.218	2.218	1.618	0.40	4.05	1.406	1.218	0.806
775	0.775	10.21	12.72	111.5	15.610	1.50	0.60	1.227	2.227	1.627	0.40	4.07	1.409	1.227	0.809
800	0.800	10.53	12.77	112.8	15.792	1.50	0.60	1.237	2.237	1.637	0.40	4.09	1.412	1.237	0.812
825	0.825	10.86	12.81	114.3	16.002	1.50	0.60	1.249	2.249	1.649	0.40	4.12	1.416	1.249	0.816
850	0.850	11.19	12.86	115.8	16.212	1.50	0.60	1.260	2.260	1.660	0.40	4.15	1.420	1.260	0.820
875	0.875	11.52	12.91	117.2	16.408	1.50	0.60	1.271	2.271	1.671	0.40	4.18	1.424	1.271	0.824
900	0.900	11.85	12.96	118.2	16.548	1.50	0.60	1.277	2.277	1.677	0.40	4.19	1.426	1.277	0.826
925	0.925	12.18	13.01	119.0	16.660	1.50	0.60	1.281	2.281	1.681	0.40	4.20	1.427	1.281	0.827
950	0.950	12.51	13.06	119.0	16.660	1.50	0.60	1.276	2.276	1.676	0.40	4.19	1.425	1.276	0.825
975	0.975	12.84	13.10	119.0	16.660	1.50	0.60	1.271	2.271	1.671	0.40	4.18	1.424	1.271	0.824
1000	1.000	13.17	13.15	119.0	16.660	1.50	0.60	1.267	2.267	1.667	0.40	4.17	1.422	1.267	0.822

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ) = 1.281 kg/cm² = 128.09 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Δu) = 0.600 kg/cm² = 60.00 kPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 12.18 % = 12.181 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ1) = 2.28 kg/cm² = 228.09 kPa
 Total minor principal stress (σ3) = 1.00 kg/cm² = 100.00 kPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 1.68 kg/cm² = 168.09 kPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 0.40 kg/cm² = 40.00 kPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 4.20 = 4.20

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)



TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (C1-50#140 kPa)

Project : Skripsi **Type of Test** : TX-CU **Eff. Cell Pressure** : 1.40 kg/cm2
Location : Lab Mektan FTUI **Tested By** : Ucik Nurhayati **Cell Pressure** : 2.30 kg/cm2
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa **With** : side drains **Back Pressure** : 0.90 kg/cm2
Code : C1-50 **Without** : **Cons. Length (lc)** : 7.59 cm
Cell No : 2 **Rate of Strain** : 0.0548 mm/min **Cons. Area (Ac)** : 11.42 cm2
Date : 23-24 Juni 2010 **LRC** : 0.14 **Cons. Volume (Vc)** : 80.67 cm3

Displacement		Unit Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio			Critical State Parameters			
Dial Reading		ε		A _v /(1 - ε)		Dial Reading		Dial Reading		Stress	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'
1 div = 0.001 cm						1 div = 0.14 kg				(Δσ)	(σ1)	(σ'1)	(σ'3)	(σ'1/σ'3)	%[(σ1+2σ3)	(σ1-σ3)	(σ'1+2σ'3)
(div)	(cm)	(%)	(cm ²)	(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	11.42	0.0	0	0.90	0	0	0	1.400	1.400	1.40	1.00	1.400	0.000	1.400	
25	0.025	0.33	11.46	40.0	5.600	0.95	0.05	0.489	1.889	1.839	1.35	1.36	1.563	0.489	1.513		
50	0.050	0.66	11.50	60.5	8.470	1.00	0.10	0.737	2.137	2.037	1.30	1.57	1.646	0.737	1.546		
75	0.075	0.99	11.53	72.5	10.150	1.15	0.25	0.880	2.280	2.030	1.15	1.77	1.693	0.880	1.443		
100	0.100	1.32	11.57	82.3	11.522	1.20	0.30	0.996	2.396	2.096	1.10	1.91	1.732	0.996	1.432		
125	0.125	1.65	11.61	90.4	12.656	1.28	0.38	1.090	2.490	2.110	1.02	2.07	1.763	1.090	1.383		
150	0.150	1.98	11.65	96.8	13.552	1.35	0.45	1.163	2.563	2.113	0.95	2.22	1.788	1.163	1.338		
175	0.175	2.30	11.69	102.3	14.322	1.38	0.48	1.225	2.625	2.145	0.92	2.33	1.808	1.225	1.328		
200	0.200	2.63	11.73	104.1	14.574	1.41	0.51	1.243	2.643	2.133	0.89	2.40	1.814	1.243	1.304		
225	0.225	2.96	11.77	107.9	15.106	1.42	0.52	1.284	2.684	2.164	0.88	2.46	1.828	1.284	1.308		
250	0.250	3.29	11.81	111.5	15.610	1.48	0.58	1.322	2.722	2.142	0.82	2.61	1.841	1.322	1.261		
275	0.275	3.62	11.85	113.9	15.946	1.48	0.58	1.346	2.746	2.166	0.82	2.64	1.849	1.346	1.269		
300	0.300	3.95	11.89	115.3	16.142	1.50	0.60	1.358	2.758	2.158	0.80	2.70	1.853	1.358	1.253		
325	0.325	4.28	11.93	118.0	16.520	1.52	0.62	1.385	2.785	2.165	0.78	2.78	1.862	1.385	1.242		
350	0.350	4.61	11.97	120.1	16.814	1.52	0.62	1.404	2.804	2.184	0.78	2.80	1.868	1.404	1.248		
375	0.375	4.94	12.01	122.2	17.108	1.52	0.62	1.424	2.824	2.204	0.78	2.83	1.875	1.424	1.255		
400	0.400	5.27	12.05	124.5	17.430	1.55	0.65	1.446	2.846	2.196	0.75	2.93	1.882	1.446	1.232		
425	0.425	5.60	12.10	126.5	17.710	1.55	0.65	1.464	2.864	2.214	0.75	2.95	1.888	1.464	1.238		
450	0.450	5.93	12.14	129.5	18.130	1.55	0.65	1.494	2.894	2.244	0.75	2.99	1.898	1.494	1.248		
475	0.475	6.26	12.18	130.5	18.270	1.55	0.65	1.500	2.900	2.250	0.75	3.00	1.900	1.500	1.250		
500	0.500	6.58	12.22	131.5	18.410	1.55	0.65	1.506	2.906	2.256	0.75	3.01	1.902	1.506	1.252		
525	0.525	6.91	12.27	132.5	18.550	1.55	0.65	1.512	2.912	2.262	0.75	3.02	1.904	1.512	1.254		
550	0.550	7.24	12.31	133.5	18.690	1.55	0.65	1.518	2.918	2.268	0.75	3.02	1.906	1.518	1.256		
575	0.575	7.57	12.36	134.5	18.830	1.55	0.65	1.524	2.924	2.274	0.75	3.03	1.908	1.524	1.258		
600	0.600	7.90	12.40	135.8	19.012	1.55	0.65	1.533	2.933	2.283	0.75	3.04	1.911	1.533	1.261		
625	0.625	8.23	12.44	137.0	19.180	1.55	0.65	1.541	2.941	2.291	0.75	3.06	1.914	1.541	1.264		
650	0.650	8.56	12.49	139.5	19.530	1.59	0.69	1.564	2.964	2.274	0.71	3.20	1.921	1.564	1.231		
675	0.675	8.89	12.53	139.8	19.572	1.59	0.69	1.562	2.962	2.272	0.71	3.20	1.921	1.562	1.231		
700	0.700	9.22	12.58	140.0	19.600	1.59	0.69	1.558	2.958	2.268	0.71	3.19	1.919	1.558	1.229		
725	0.725	9.55	12.63	140.0	19.600	1.59	0.69	1.552	2.952	2.262	0.71	3.19	1.917	1.552	1.227		
750	0.750	9.88	12.67	140.0	19.600	1.59	0.69	1.547	2.947	2.257	0.71	3.18	1.916	1.547	1.226		
775	0.775	10.21	12.72	140.0	19.600	1.59	0.69	1.541	2.941	2.251	0.71	3.17	1.914	1.541	1.224		
800	0.800	10.54	12.76	140.0	19.600	1.59	0.69	1.536	2.936	2.246	0.71	3.16	1.912	1.536	1.222		
825	0.825	10.86	12.81	140.0	19.600	1.59	0.69	1.530	2.930	2.240	0.71	3.15	1.910	1.530	1.220		
850	0.850	11.19	12.86	140.0	19.600	1.59	0.69	1.524	2.924	2.234	0.71	3.15	1.908	1.524	1.218		
875	0.875	11.52	12.91	140.0	19.600	1.59	0.69	1.519	2.919	2.229	0.71	3.14	1.906	1.519	1.216		
900	0.900	11.85	12.96	140.0	19.600	1.59	0.69	1.513	2.913	2.223	0.71	3.13	1.904	1.513	1.214		

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 1.564 kg/cm² = 156.38 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Au) = 0.690 kg/cm² = 69.00 kPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 8.56 % = 8.560 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 2.96 kg/cm² = 296.38 kPa
 Total minor principal stress (σ3) = 1.40 kg/cm² = 140.00 kPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 2.27 kg/cm² = 227.38 kPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 0.71 kg/cm² = 71.00 kPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 3.20 % = 3.20 %

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)

TRIAXIAL DATA SHEET : Calculation (C1-50#180 kPa)

Project : Skripsi
Location : Lab Mektan FTUI
Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
Code : C1-50
Cell No : 3
Date : 23-24 Juni 2010

Type of Test : TX-CU
Tested By : Ucik Nurhayati
With : side drains
Without :
Rate of Strain : 0.0548 mm/min
LRC : 0.14

Eff. Cell Pressure : 1.80 kg/cm2
Cell Pressure : 2.70 kg/cm2
Back Pressure : 0.90 kg/cm2
Cons. Length (lc) : 7.59 cm
Cons. Area (Ac) : 11.42 cm2
Cons. Volume (Vc) : 78.27 cm3

Displacement		Unit Strain	Area Corrected	Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio			Critical State Parameters			
Dial Reading		ε	A _v /(1-ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress	Major Tot*	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'
1 div = 0.001 cm				1 div = 0.14 kg	u	Δu	(Δσ)	(σ1)	(σ'1)	(σ'3)	(σ'1/σ'3)	½(σ1+2σ'3)	(σ1-σ3)	½(σ'1+2σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(cm ²)	(div)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	11.42	0.0	0	0.90	0	0	1.800	1.800	1.80	1.00	1.800	0.000	1.800
25	0.025	0.33	11.46	53.0	7.420	0.98	0.08	0.648	2.448	2.368	1.72	1.38	2.016	0.648	1.936
50	0.050	0.66	11.49	79.7	11.158	1.10	0.20	0.971	2.771	2.571	1.60	1.61	2.124	0.971	1.924
75	0.075	0.99	11.53	89.7	12.558	1.20	0.30	1.089	2.889	2.589	1.50	1.73	2.163	1.089	1.863
100	0.100	1.32	11.57	96.7	13.538	1.30	0.40	1.170	2.970	2.570	1.40	1.84	2.190	1.170	1.790
125	0.125	1.65	11.61	103.5	14.490	1.38	0.48	1.248	3.048	2.568	1.32	1.95	2.216	1.248	1.736
150	0.150	1.98	11.65	108.7	15.218	1.45	0.55	1.307	3.107	2.557	1.25	2.05	2.236	1.307	1.686
175	0.175	2.30	11.69	112.9	15.806	1.45	0.55	1.352	3.152	2.602	1.25	2.08	2.251	1.352	1.701
200	0.200	2.63	11.73	116.9	16.366	1.50	0.60	1.396	3.196	2.596	1.20	2.16	2.265	1.396	1.665
225	0.225	2.96	11.77	119.7	16.758	1.55	0.65	1.424	3.224	2.574	1.15	2.24	2.275	1.424	1.625
250	0.250	3.29	11.81	122.7	17.178	1.58	0.68	1.455	3.255	2.575	1.12	2.30	2.285	1.455	1.605
275	0.275	3.62	11.85	126.2	17.668	1.60	0.70	1.491	3.291	2.591	1.10	2.36	2.297	1.491	1.597
300	0.300	3.95	11.89	128.7	18.018	1.60	0.70	1.516	3.316	2.616	1.10	2.38	2.305	1.516	1.605
325	0.325	4.28	11.93	131.2	18.368	1.60	0.70	1.540	3.340	2.640	1.10	2.40	2.313	1.540	1.613
350	0.350	4.61	11.97	133.7	18.718	1.62	0.72	1.564	3.364	2.644	1.08	2.45	2.321	1.564	1.601
375	0.375	4.94	12.01	136.2	19.068	1.62	0.72	1.588	3.388	2.668	1.08	2.47	2.329	1.588	1.609
400	0.400	5.27	12.05	138.7	19.418	1.65	0.75	1.611	3.411	2.661	1.05	2.53	2.337	1.611	1.587
425	0.425	5.60	12.09	141.2	19.768	1.65	0.75	1.634	3.434	2.684	1.05	2.56	2.345	1.634	1.595
450	0.450	5.93	12.14	143.6	20.104	1.70	0.80	1.656	3.456	2.656	1.00	2.66	2.352	1.656	1.552
475	0.475	6.26	12.18	145.9	20.426	1.70	0.80	1.677	3.477	2.677	1.00	2.68	2.359	1.677	1.559
500	0.500	6.59	12.22	148.4	20.776	1.70	0.80	1.700	3.500	2.700	1.00	2.70	2.367	1.700	1.567
525	0.525	6.91	12.27	152.5	21.350	1.70	0.80	1.741	3.541	2.741	1.00	2.74	2.380	1.741	1.580
550	0.550	7.24	12.31	154.7	21.658	1.70	0.80	1.759	3.559	2.759	1.00	2.76	2.386	1.759	1.586
575	0.575	7.57	12.35	157.0	21.980	1.70	0.80	1.779	3.579	2.779	1.00	2.78	2.393	1.779	1.593
600	0.600	7.90	12.40	159.5	22.330	1.70	0.80	1.801	3.601	2.801	1.00	2.80	2.400	1.801	1.600
625	0.625	8.23	12.44	159.5	22.330	1.70	0.80	1.795	3.595	2.795	1.00	2.79	2.398	1.795	1.598
650	0.650	8.56	12.49	159.5	22.330	1.70	0.80	1.788	3.588	2.788	1.00	2.79	2.396	1.788	1.596
675	0.675	8.89	12.53	159.5	22.330	1.70	0.80	1.782	3.582	2.782	1.00	2.78	2.394	1.782	1.594
700	0.700	9.22	12.58	159.5	22.330	1.70	0.80	1.775	3.575	2.775	1.00	2.78	2.392	1.775	1.592
725	0.725	9.55	12.62	159.5	22.330	1.70	0.80	1.769	3.569	2.769	1.00	2.77	2.390	1.769	1.590
750	0.750	9.88	12.67	159.5	22.330	1.70	0.80	1.763	3.563	2.763	1.00	2.76	2.388	1.763	1.588
775	0.775	10.21	12.72	159.5	22.330	1.70	0.80	1.756	3.556	2.756	1.00	2.76	2.385	1.756	1.585
800	0.800	10.54	12.76	159.5	22.330	1.70	0.80	1.750	3.550	2.750	1.00	2.75	2.383	1.750	1.583

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 1.801 kg/cm² = 180.12 kPa
 Pore pressure at max. dev. stress (Au) = 0.800 kg/cm² = 80.00 kPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 7.90 % = 7.903 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 3.60 kg/cm² = 360.12 kPa
 Total minor principal stress (σ3) = 1.80 kg/cm² = 180.00 kPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 2.80 kg/cm² = 280.12 kPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 1.00 kg/cm² = 100.00 kPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 2.80 = 2.80

* Dalam perhitungan major total stress tekanan *backpressure* yang digunakan dijadikan sebagai datum untuk kelebihan tekanan air pori)

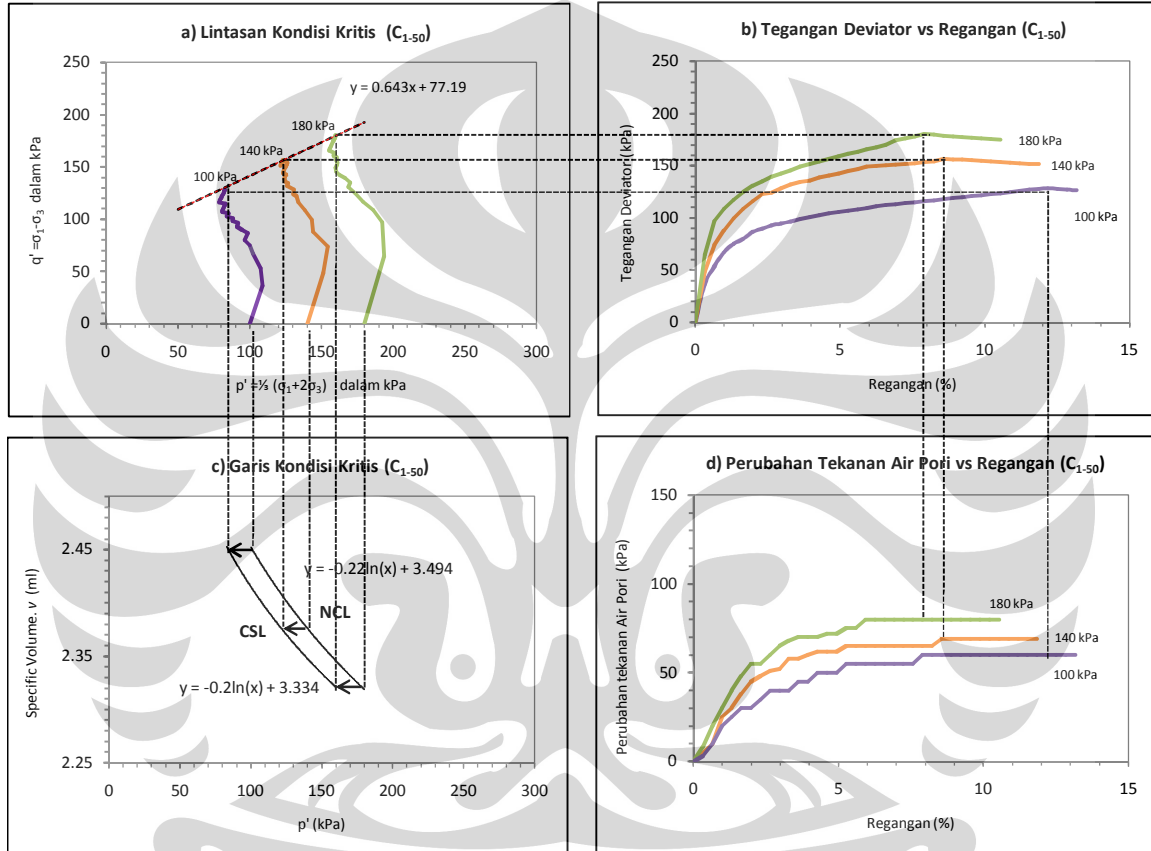


TRIAXIAL DATA SHEET : Graph (C1-50)

Project : Skripsi
 Location : Lab Mektan FTUI
 Date : 21-24 Juni 2010

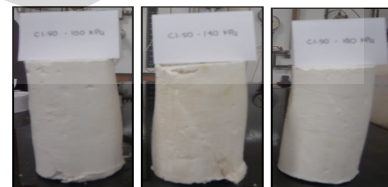
Type of Test : TX-CU
 With :
 Without : side drains

Sample : C1-50
 Remarks : Kaolin Pc = 100 kPa
 Tested by : Ucik Nurhayati



Description	Sample			Unit
	100 kPa	140 kPa	180 kPa	
Maximum deviator stress ($\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$)	128.09	156.38	180.12	kPa
Strain at max. deviator stress (ϵ)	12.18	8.56	7.90	%
Pore pressure at max. deviator stress (Δu)	60.00	69.00	80.00	kPa
Total major principal stress (σ_1)	228.09	296.38	360.12	kPa
Total minor principal stress (σ_3)	100.00	140.00	180.00	kPa
Effective major principal stress (σ_1')	168.09	227.38	280.12	kPa
Effective minor principal stress (σ_3')	40.00	71.00	100.00	kPa

Sample Failure :





TRIAXIAL DATA SHEET : Critical State (C1-50)

Project : Skripsi **Type :** TX-CU **Sample :** C1-50
Location : Lab Mektan FTUI **With :** side drains **Remarks :** Kaolin Pc = 100 kPa
Date : 21-24 Juni 2010 **Without :** **Tested by :** Ucik Nurhayati

Table 1 : Perhitungan Volume Spesifik

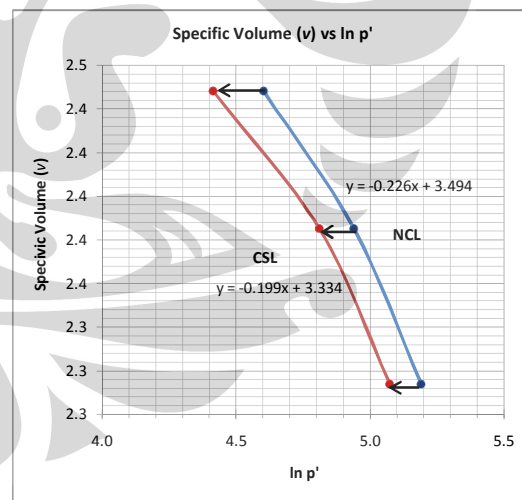
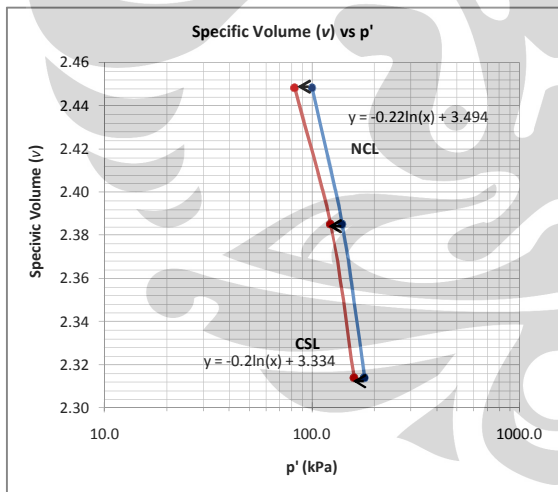
Keterangan		Satuan	100 kPa	140 kPa	180 kPa
Kondisi Sebelum Konsolidasi					
a	Berat Awal Sample Tanah (W _i)	gr	140.03	139.56	139.06
b	Specific Gravity (G _s)	-	2.6	2.6	2.6
c	Kadar Air Awal (w _o)	%	58.14	58.23	58.09
d	Volume Awal Tanah (V _o)	ml	86.77	87.00	86.77
e	Berat Bagian Padat Tanah (W _s)	gr	88.55	88.2	87.96
f	Volume Bagian Padat Tanah (V _s)	ml	34.06	33.92	33.83
g	Angka Pori Awal (e _o)	-	1.548	1.565	1.565
h	Volume Spesifik Awal (v _o)	ml	2.548	2.565	2.565
Kondisi Setelah Konsolidasi					
a	Perubahan Volume Sample (ΔV)	ml	3.40	6.10	8.50
b	Perubahan Angka Pori Sample (Δe)	-	0.100	0.180	0.251
c	Angka Pori Akhir Sample (e _c)	-	1.448	1.385	1.314
d	Volume Spesifik Akhir Sample (v _c)	ml	2.448	2.385	2.314

Table : Tabulasi Data p' dan ln p' vs v

CSL		NSL		v
p'	ln p'	p'	ln p'	
82.70	4.415	100.00	4.61	2.448
123.13	4.813	140.00	4.94	2.385
160.04	5.075	180.00	5.19	2.314

Table : Parameter Kemiringan dan Specific Volume

Ket	NCL		CSL	
	λ NCL	N	λ CSL	Γ
Parameter	-0.226	3.494	-0.199	3.334

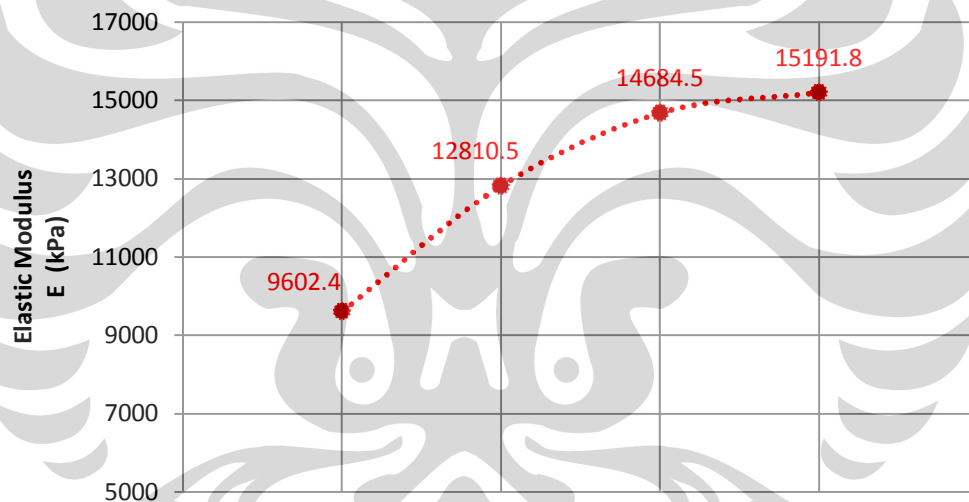




ESTIMASI NILAI MODULUS ELASTISITAS TANAH (E)

Sample Code	Description	E Average (kPa)	Increasing (%)
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	9602.4	0.00%
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	12810.5	33.41%
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	14684.5	52.93%
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	15191.8	58.21%

Graph of Increasing Elastic Moduly (E)

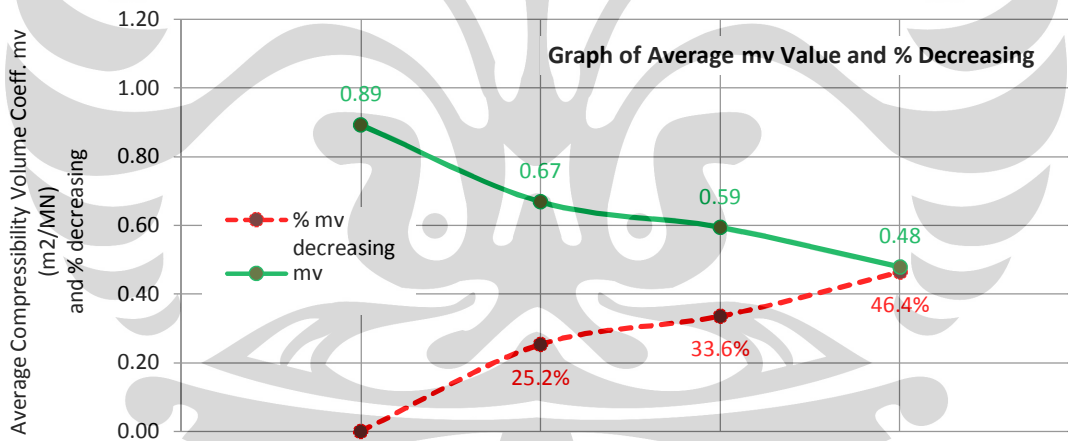




TABULASI NILAI KOEFISIEN KOMPRESIBILITAS VOLUME (mv)

Kode Sampel	Variasi Sample	100 kPa		140 kPa		180 kPa	
		mv	% decrease	mv	% decrease	mv	% decrease
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	0.74	0.0%	0.90	0%	1.04	-
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	0.54	26.8%	0.60	33%	0.86	17.1%
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	0.42	43.9%	0.54	40%	0.82	20.8%
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	0.39	47.1%	0.50	44%	0.54	47.5%

Kode Sampel	Variasi Sample	Rata-Rata	
		mv	% decrease
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	0.89	0.0%
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	0.67	25.2%
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	0.59	33.6%
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	0.48	46.4%



Tabulasi Data Parameter Hasil Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi (TX-CU)

Kode Sampel	Variasi Sample	Parameter Kuat Geser				Parameter Kondisi Kritis				E (kPa)	mv (m ² /MN)
		M	q _o	c' (kPa)	φ' (^o)	NCL		CSL			
						λ NCL	N	λ CSL	Γ		
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	0.916	39.75	18.47	23.41	-0.479	4.587	-0.525	4.698	9602.4	0.894
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	0.748	59.85	28.17	19.42	-0.421	4.375	-0.371	4.060	12810.5	0.668
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	0.688	73.44	34.73	17.98	-0.435	4.466	-0.397	4.231	14684.5	0.594
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	0.643	77.19	36.63	16.88	-0.226	3.494	-0.199	3.334	15191.8	0.479

Tabulasi Data Perhitungan Aplikasi Parameter Yang Diperoleh Dari Hasil Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi (TX-CU) Terhadap Daya Dukung (q_u) Dan Penurunan Elastik (S_i)

Kode Sampel	Variasi Sample	Aplikasi	
		q _u (kN/m)	S _i (cm)
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	599.101	0.357
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	600.827	0.268
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	628.553	0.234
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	624.520	0.226

Keterangan :

- Dalam perhitungan q_u diasumsikan pembebanan berupa beban timbunan dengan B=1 m, D=1 m untuk semua variasi contoh uji.
- Dalam perhitungan S_i diasumsikan beban netto pondasi (q) konstan untuk semua variasi contoh uji di mana q = 100 kPa)

Tabulasi Data Perhitungan Tegangan Normal dan Tahanan Geser
Berdasarkan Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Tekterdrainasi (TX-CU)

Data 100 kPa

Sample Code	Variasi Sample	Tegangan Tanah		θ ($^{\circ}$)	σ_n (kPa)	τ_n (kPa)
		σ_1'	σ_3'			
		(kPa)	(kPa)			
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	165.40	45.00	56.71	138.25	55.24
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	159.64	40.00	54.71	134.38	56.42
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	173.81	42.00	53.99	146.65	62.69
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	168.09	40.00	53.44	142.20	61.29

Data 140 kPa

Sample Code	Variasi Sample	Tegangan Tanah		θ ($^{\circ}$)	σ_n (kPa)	τ_n (kPa)
		σ_1'	σ_3'			
		(kPa)	(kPa)			
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	196.40	60.00	56.71	165.63	62.58
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	218.83	70.00	54.71	187.41	70.18
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	231.63	72.00	53.99	198.75	75.92
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	227.38	71.00	53.44	195.76	74.82

Table 9. Data 180 kPa

Sample Code	Variasi Sample	Tegangan Tanah		θ ($^{\circ}$)	σ_n (kPa)	τ_n (kPa)
		σ_1'	σ_3'			
		(kPa)	(kPa)			
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	261.27	87.97	56.71	222.18	79.52
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	269.49	95.00	54.71	232.65	82.28
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	286.54	101.00	53.99	248.32	88.24
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	280.12	100.00	53.44	243.70	86.18

Tabulasi Data Tegangan Deviator ($\Delta\sigma$), Regangan (ϵ) dan Tekanan Air Pori (Δu) saat Runtuh Berdasarkan Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Tekterdrainasi (TX-CU)

Kode Sampel	Variasi Sample	Ket	Sat	Tegangan Efektif		
				100 kPa	140 kPa	180 kPa
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	$\Delta\sigma$	kPa	120.40	136.40	173.30
		ϵ	%	12.16	11.12	9.03
		Δu	kPa	55.00	80.00	92.03
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	$\Delta\sigma$	kPa	119.64	148.83	174.49
		ϵ	%	10.53	8.56	7.57
		Δu	kPa	60.00	70.00	85.00
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	$\Delta\sigma$	kPa	131.81	159.63	185.54
		ϵ	%	9.87	7.24	6.58
		Δu	kPa	58.00	68.00	79.00
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	$\Delta\sigma$	kPa	128.09	156.38	180.12
		ϵ	%	12.18	8.56	7.90
		Δu	kPa	60.00	69.00	80.00

Tabulasi Data Perhitungan Tegangan Efektif Rata-Rata (p'), Selisih Tegangan Utama (q) dan Volume Spesifik (v) saat Runtuh Berdasarkan Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Tekterdrainasi (TX-CU)

Kode Sampel	Variasi Sample	Ket	Sat	Tegangan Efektif		
				100 kPa	140 kPa	180 kPa
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	p'	kPa	85.13	105.47	145.74
		q	kPa	120.40	136.40	173.30
		v	ml	2.371	2.239	2.086
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	p'	kPa	79.88	119.61	153.16
		q	kPa	119.64	148.83	174.49
		v	ml	2.413	2.337	2.159
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	p'	kPa	85.94	125.21	162.85
		q	kPa	131.81	159.63	185.54
		v	ml	2.443	2.354	2.181
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	p'	kPa	82.70	123.13	160.04
		q	kPa	128.09	156.38	180.12
		v	ml	2.448	2.385	2.314





LAMPIRAN D

- D1. Aplikasi Perhitungan Nilai q_u
- D2. Aplikasi Perhitungan Nilai m_v



ESTIMASI NILAI Q ULTIMIT

Persamaan Daya Dukung untuk Pondasi Jalur

Untuk menghitung besarnya daya dukung tanah dapat menggunakan persamaan :

$$Q_u = cN_c + \gamma DN_q + 0,5BN_\gamma \quad (1)$$

dengan pengertian:

Q_u adalah daya dukung tanah (kPa)

c adalah kohesi (kPa)

γ adalah berat isi tanah (kN/m³)

D adalah kedalaman tanah yang ditinjau (m)

B adalah lebar fondasi atau timbunan (m)

N_c, N_q, N_γ adalah faktor daya dukung

Terzaghi Bearing Capacity Factors

ϕ'	N_c	N_q	N_γ
15	12.86	4.45	1.52
16	13.68	4.92	1.82
17	14.60	5.45	2.18
18	15.12	6.04	2.59
19	16.56	6.70	3.07
20	17.69	7.44	3.64
21	18.92	8.26	4.31
22	20.27	9.19	5.09
23	21.75	10.23	6.00
24	23.36	11.40	7.08
25	25.13	12.72	8.34

Perhitungan

N_c	
19	16.56
19.42	17.04
20	17.69
N_q	
19	6.70
19.42	7.01
20	7.44
N_γ	
19	3.07
19.42	3.31
20	3.64

INTERPOLASI

Sumber : Pedoman Stabilisasi Dangkal Tanah Lunak dengan Semen dan Cerucuk (PU, 2005)

Tabel : Perhitungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Parameter Kuat Geser yang diperoleh setelah Tanah diberi Perkuatan Cerucuk

Kode Sampel	Variasi Sample	c' (kPa)	ϕ' (°)	γ (kN/m ³)	Faktor Daya Dukung			q_u (kN/m)	Prosentase Peningkatan q_u	Keterangan
					N_c	N_q	N_γ			
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	18.47	23.41	17	22.41	10.7	6.44	599.1	-	
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	28.17	19.42	17	17.04	7.01	3.31	600.8	0.29%	3
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	34.73	17.98	17	15.11	6.03	2.58	628.6	4.92%	1
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	36.63	16.88	17	14.49	5.45	2.14	624.5	4.24%	2

Keterangan :

D : 1 meter

B : 1 meter

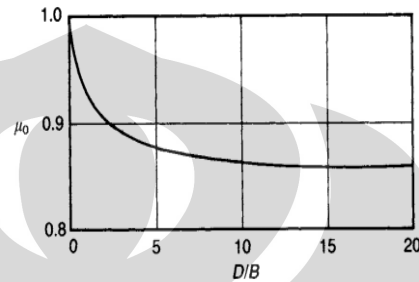


ESTIMASI NILAI PENURUNAN ELASTIK TANAH (S_i)

Perhitungan Immediate Settlement

D/B : 1
L/B : 1
H/B : 1

μ_0 : 0.73
 μ_1 : 0.47
B : 1 m



$L = \text{length}$

$s_i = \mu_0 \mu_1 \frac{qB}{E}$

q : 100 kPa

Kode Sampel	Variasi Sample	E (kPa)	S_i (cm)
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	9602.38	0.357
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	12810.51	0.268
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	14684.46	0.234
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	15191.83	0.226

S_i : 0.357 cm

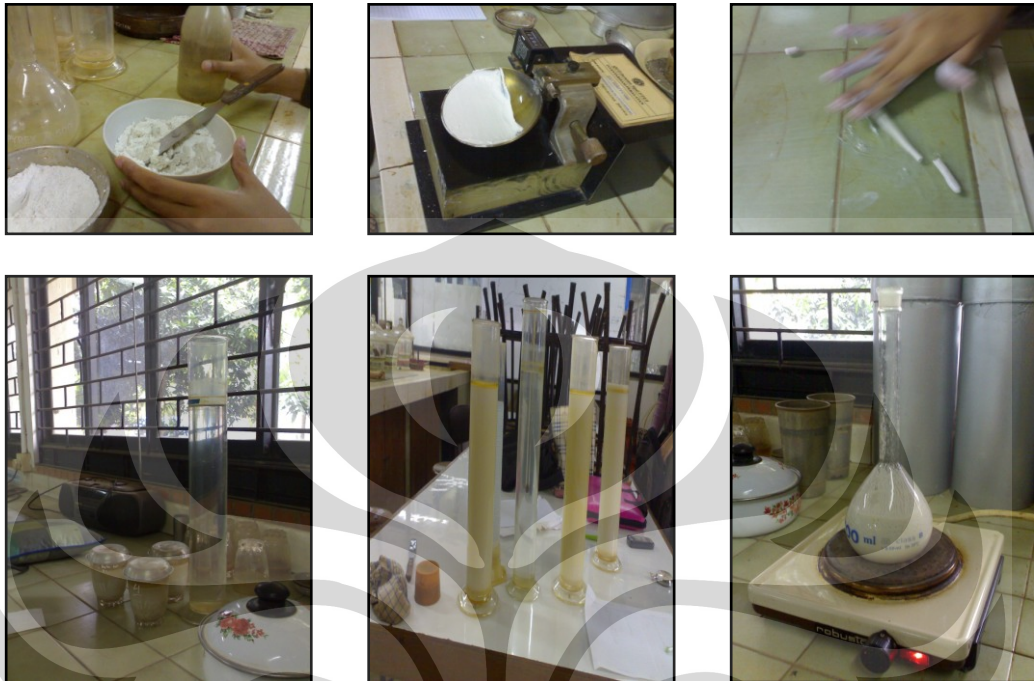
Kode Sampel	Variasi Sample	E (kPa)	q (kPa)	Δq (kPa)
C0	Kaolin (tanpa cerucuk)	9602.38	100.0	0.0
C1-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=1	12810.51	133.4	33.4
C2-25	Kaolin + Cerucuk L=25 mm n=2	14684.46	152.9	52.9
C1-50	Kaolin + Cerucuk L=50 mm n=1	15191.83	158.2	58.2



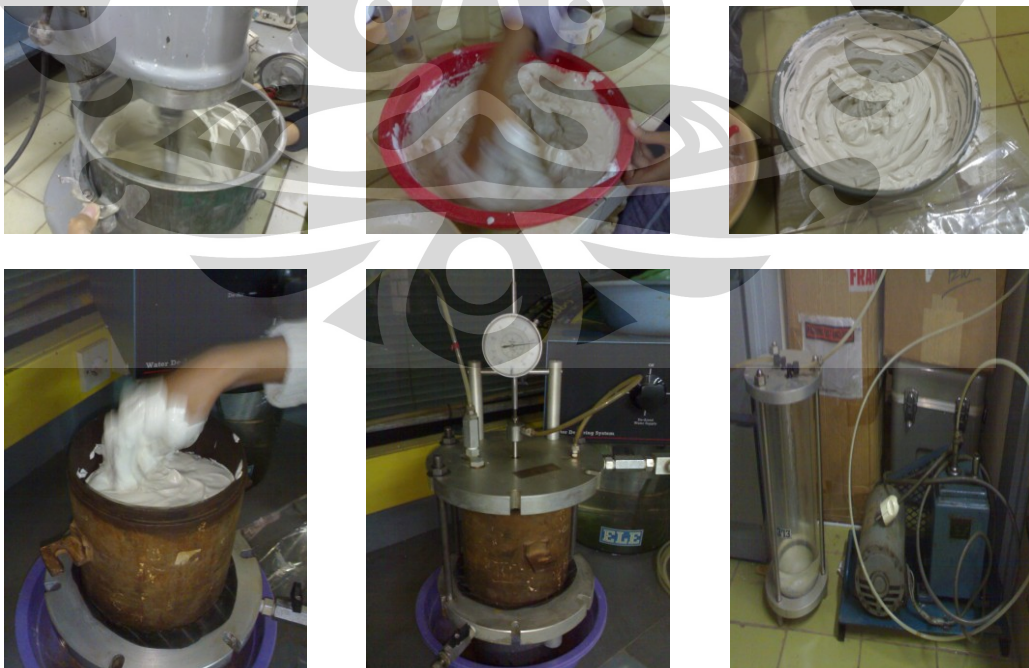
LAMPIRAN E

Dokumentasi Penelitian

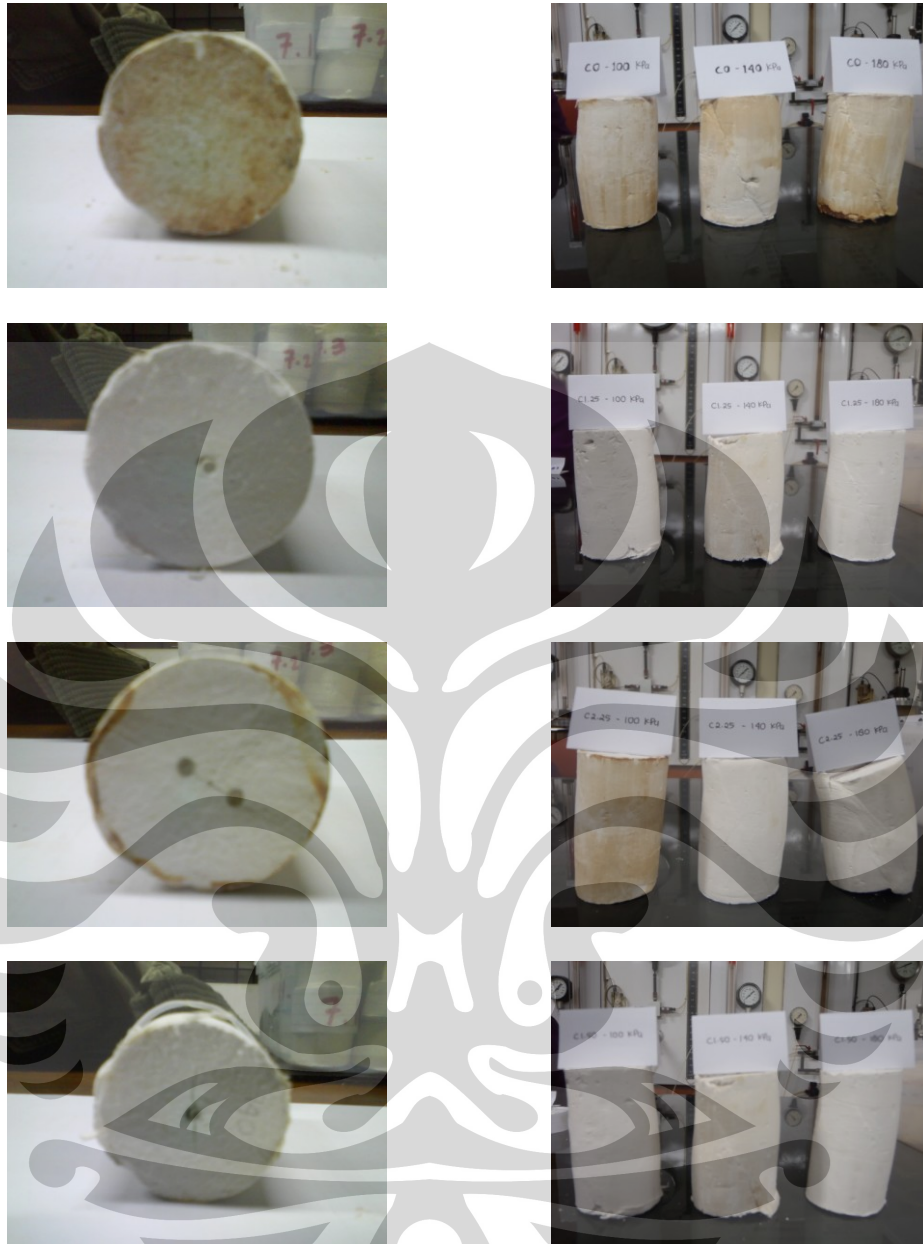
DOKUMENTASI FOTO



Gambar : Pengujian Indeks Propertis Tanah Kaolin



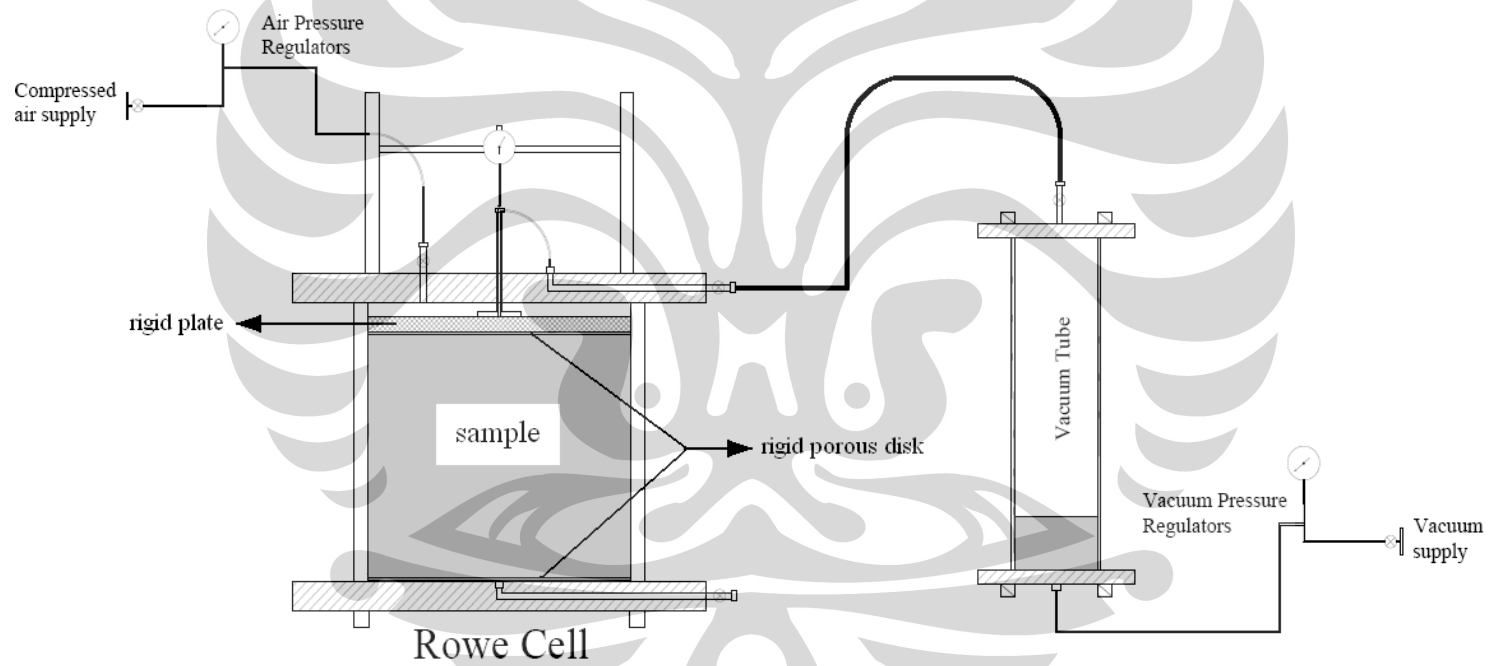
Gambar : Preloading dengan Rowe Cell



Gambar : Pola Keruntuhan Contoh Uji Hasil Uji Triaksial CU

GAMBAR : SKEMA ALAT ROWE CELL YANG TELAH DIMODIFIKASI

(Sumber: Mesriana, 2009)





LAMPIRAN F

Referensi

PENINGKATAN DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL DENGAN MENGGUNAKAN CERUCUK: SUATU STUDI MODEL

Soebianto Tjandrawibawa

Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

Jemmy Efendy, Wijaya Gunawan

Alumni Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Cerucuk banyak dipakai untuk meningkatkan daya dukung pondasi dan mengurangi penurunan yang akan terjadi. Untuk mengetahui perilaku pondasi dengan cerucuk tersebut, telah dilakukan penelitian berupa test pembebanan pada suatu model pondasi dengan menggunakan "biting" bambu sebagai cerucuk. Tiga macam pemasangan cerucuk yaitu tegak, miring dan kombinasi tegak miring dilakukan pada test tersebut. Hasil percobaan menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah sebesar 60% oleh cerucuk miring, 37% oleh cerucuk tegak dan 33% bila dipakai kombinasi tegak miring.

Kata kunci:

ABSTRACT

"Cerucuk" are widely used in foundation engineering to increase bearing capacity of the foundation and reduce the settlement. In order to study the behavior of the cerucuk some laboratory tests have been conducted on foundation model using bamboo sticks as cerucuk. Three positions of cerucuk namely, vertical, inclined and combination of vertical-inclined are tested. Based on the test result, it is concluded that 60% increase of bearing capacity is achieved by inclined cerucuk, 37% by vertical cerucuk and 33% by combination of vertical-inclined cerucuk.

Keywords:

PENDAHULUAN

Pemakaian cerucuk sebagai usaha untuk meningkatkan daya dukung tanah secara sederhana yang memiliki beberapa keunggulan antaralain biaya yang relatif murah, bahan mudah didapat, pelaksanaannya sederhana, mudah dikontrol serta waktu pelaksanaan yang singkat.

Meski upaya perbaikan tanah ini telah lama diketahui, namun penelitian ke arah ini belum banyak dilakukan. Sebuah penelitian untuk mempelajari pemakaian cerucuk ini pernah dikerjakan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Petra. Telah dipelajari pengaruh spasi dan pola penempatan suatu formasi cerucuk terhadap peningkatan daya dukung suatu lajur di atas lapisan pasir yang luas [1].

Untuk mengetahui berapa peningkatan daya dukung suatu pondasi setempat (segiempat) akibat penempatan cerucuk di bawahnya, dilakukan suatu penelitian atas suatu model pondasi di atas lapisan lempung lunak. Lempung lunak ini diperkuat dengan pasir dan cerucuk pada luasan pondasi tersebut. Cerucuk dipasang tegak maupun miring, dan sebagai modelnya digunakan "biting-biting" bambu.

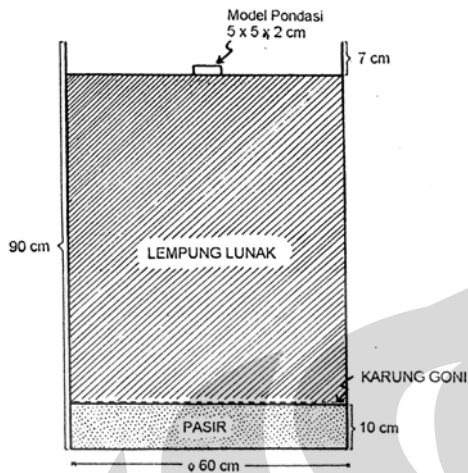
Secara umum, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif dalam peningkatan daya dukung tanah lunak untuk konstruksi yang menggunakan pondasi dangkal.

METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan membebani suatu model pondasi yang mempunyai penampang bujurangkar berukuran 5 x 5 cm² tebal 2 cm diletakkan di tengah-tengah permukaan suatu lapisan tanah liat. Sebagai cerucuk dipakai "biting" bambu ϕ 3 mm – 13 cm. Tanah liat lunak dari kondisi asal diaduk (dengan mixer) terlebih dahulu sebelum di-

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Desember 2000. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil volume 3 nomor 1 Maret 2001.

masukkan ke dalam tong ϕ 60 cm, tinggi 90 cm (Gambar 1). Untuk homogenitas tanah dilakukan pra pembebanan (preloading) selama 3x24 jam dengan beban merata sekitar 1,05 t/m².



Gambar 1. Ukuran Tong Uji

Pembebanan dilakukan pada model pondasi dengan susunan cerucuk sebagai berikut (Gambar 2):

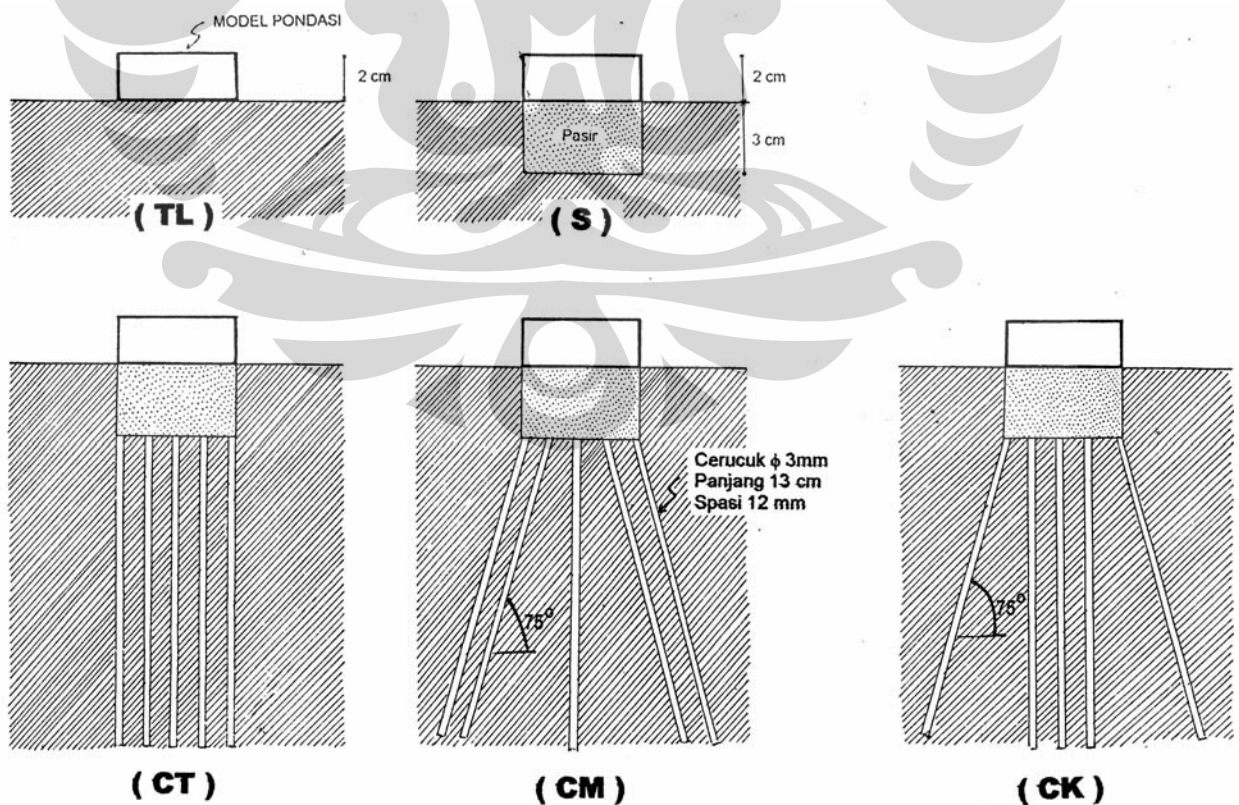
- Lapisan tanah liat lunak saja (kode TL)
- Lapisan tanah liat yang diberi lapisan pasir (kode S)
- Lapisan tanah liat yang dipasang cerucuk dengan susunan batang cerucuk tegak lurus

- Lapisan tanah liat yang dipasang cerucuk dengan susunan batang cerucuk membentuk sudut 75° dalam dua arah dan di atasnya diberi lapisan pasir (kode CM)
- Lapisan tanah liat yang dipasang cerucuk dengan susunan batang cerucuk dikombinasi antara tegak dan miring bersudut 75° dalam dua arah dan di atasnya diberi lapisan pasir (kode CK).

Jarak pemasangan antar cerucuk diambil 4 x diameter cerucuk, atau 12 mm. Setelah prapembebanan selesai dan bebannya diangkat permukaan tanah liat diratakan dan model pondasi diletakkan tepat di tengah-tengahnya. Untuk pemberian pasir di bawah model pondasi, lapisan lempung dilunangi seluas model pondasi dan sedalam 3 cm, dan galian diisi dengan pasir halus hingga rata permukaan.

Untuk pengujian CT, CM maupun CK pemasangan cerucuk dilakukan sesudah permukaan tanah liat dilubangi seluas pondasi dan sedalam 3 cm. Sesudah itu baru pasir di-hamparkan di atasnya.

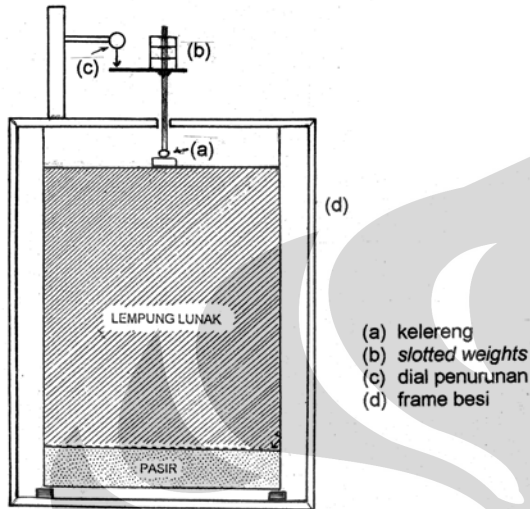
Untuk menjamin beban sentris dan tegak, dipasang frame kaku yang melalukan sebuah rod peyangga beban. Rod ini tepat menyentuh



Gambar 2. Skema Pengujian

kelereng yang dipasang tepat di tengah-tengah model pondasi.

Dial penurunan dipasang untuk mengukur penurunan rod penyangga setelah dibebani (Gambar 3). Beban berupa lempengan besi yang dicoak (*slotted weights*). Beban ini diterimakan ke sebuah plat penyangga.



Gambar 3. Set up Pembebanan

Berat plat penyangga beban 1.5 kg dan dianggap sebagai beban awal. Kenaikan beban selanjutnya adalah 1 kg. Penambahan beban sesuai standar [2], yaitu setiap 60 menit apabila penurunan kurang dari 0,25 mm/jam, atau setiap 120 menit bila lebih.

Pembacaan dial penurunan setiap 20 menit. Pemberian beban dan pembacaan dial ini diteruskan sampai terjadi penurunan yang melebihi 20% lebar pondasi. Sebagai beban keruntuhan, dipilih beban yang mengakibatkan penurunan 10% lebar pondasi, atau dalam hal ini 5 mm. Hal ini sesuai yang diusulkan [3]. Program penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Program penelitian

No.	Jenis model Test	Notasi	Jumlah Model
1	Lapisan tanah liat saja	TL	3
2	Lapisan tanah liat yang diberi lapisan pasir	S	3
3	Lapisan tanah liat yang diberi lapisan pasir dan cerucuk dengan susunan batang cerucuk tegak lurus	CT	3
4	Lapisan tanah liat yang diberi lapisan pasir dan cerucuk dengan susunan batang cerucuk membentuk sudut 75° terhadap bidang pondasi, dan dalam 2 arah	CM	3
5	Lapisan tanah liat yang diberi lapisan pasir dan cerucuk dengan susunan batang cerucuk dikombinasi antara tegak dengan yang miring 75° terhadap bidang pondasi	CK	3

HASIL PENELITIAN

Data Teknis Tanah Liat

Karakteristik tanah liat (berasal dari daerah Margomulyo) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Batas cair (LL)	: 126%
Batas plastis (PL)	: 28%
Plasticity Index (PI)	: 97%
Kadar air (w)	: 102%
Liquidity Index (LI)	: 0.76
Berat volume (γ)	: 1.43 t/m ³
Specific gravity (Gs)	: 1.64

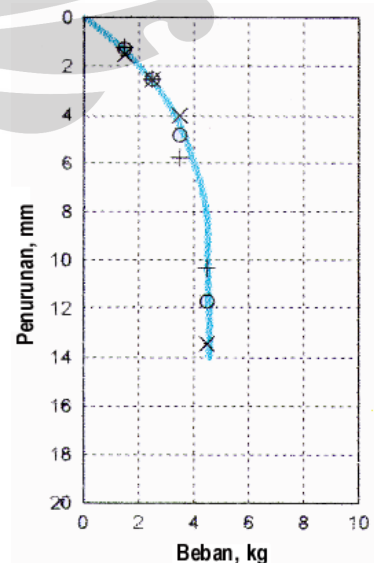
Beban dan Penurunan

Dari masing-masing skema pengujian dibuat grafik beban dan penurunannya. Ternyata untuk setiap skema pengujian dengan tiga kali pembebanan didapat grafik hubungan beban-penurunan yang konsisten. Hal ini dapat dilihat di gambar 4 s/d 8.

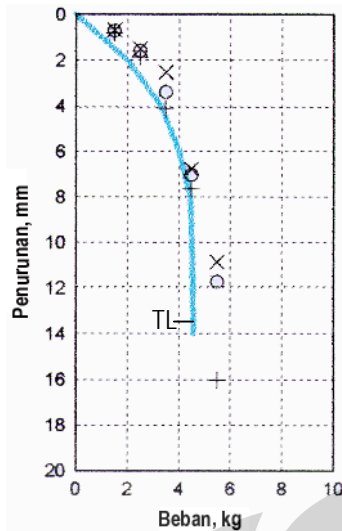
Dengan membandingkan hasil skema S, CT, CM, dan CK dengan skema TL (tanah liat asli), dapat ditentukan persentase kenaikan daya dukung pondasi. Beban yang dibandingkan adalah beban yang menghasilkan penurunan 5 mm (10% lebar pondasi). Hasil-hasil ini dirangkumkan dalam tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Persentase Kenaikan Daya Dukung

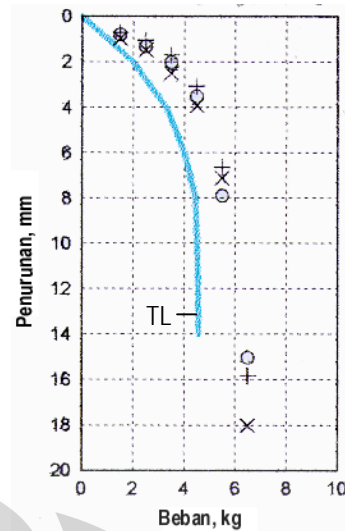
Skema	Kenaikan Daya Dukung
S	12%
CT	38%
CM	64%
CK	37%



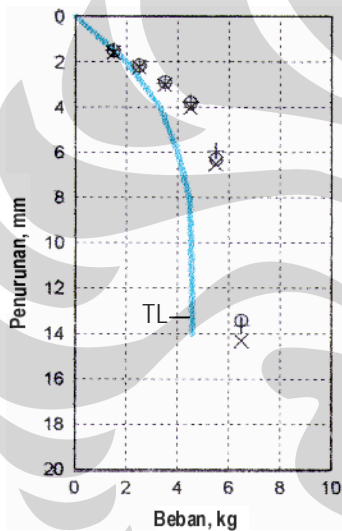
Gambar 4. Hubungan Beban Penurunan, Tanah Liat Murni (TL)



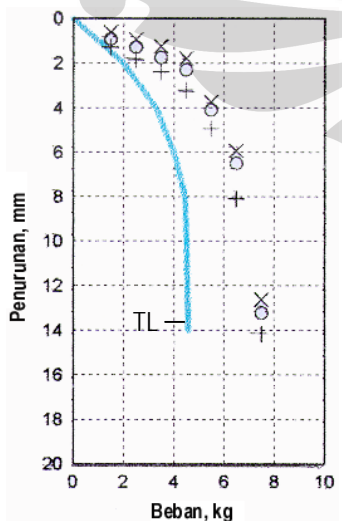
Gambar 5. Hubungan Beban Penurunan, Tanah Liat dengan Pasir (S)



Gambar 8. Hubungan Beban Penurunan, Tanah Liat dengan Cerucuk Tegak dan Miring (CK)



Gambar 6. Hubungan Beban Penurunan, Tanah Liat dengan Cerucuk Tegak (CT)



Gambar 7. Hubungan Beban Penurunan, Tanah Liat dengan Cerucuk Miring (CM)

KESIMPULAN

Dari hasil test pembebanan atas model yang telah dilakukan, terlihat adanya perbaikan tanah dengan penggunaan cerucuk.

Penurunan pondasi akibat suatu beban akan jauh berkurang. Dibandingkan dengan model pondasi pada kondisi tanah liat lunak saja maka, atas dasar penurunan sebesar 10% lebar pondasi:

1. Penambahan pasir tebal di bawah pondasi akan meningkatkan daya dukung pondasi sebanyak 12%
2. Formasi cerucuk tegak di bawah pasir meningkatkan daya dukungnya sampai 38%
3. Dengan memasang cerucuk secara miring (75°) di bawah pasir, peningkatan daya dukung ini mencapai 64%.
4. Namun bila yang dipasang miring hanya cerucuk terluar saja, maka pengaruhnya hanya menyamai pengaruh dari formasi tegak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bambang S.M., Soehargo. H., *Perbaikan Tanah Dengan Cerucuk*, Skripsi No. 268. S., Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UK. Petra, Surabaya, 1986
2. ASTM: *Designation D1143-81: Piles under static axial compressive load.*
3. Terzaghi, K. and Peck, R.B., *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, New York 1948.

PENGUJIAN SKALA PENUH DAN ANALISIS PERKUATAN CERUCUK MATRAS BAMBU UNTUK TIMBUNAN BADAN JALAN DI ATAS TANAH LUNAK DI LOKASI TAMBAK OSO, SURABAYA

Masyhur Irsyam¹⁾, Sugeng Krisnanto²⁾

¹⁾ Staf pengajar pada Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung

²⁾ Asisten akademik pada Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung

ABSTRACT

Bamboo pile-mattress was proposed as an alternative ground reinforcement to support road embankment on soft soils for the Surabaya Eastern Ring Road Project. A full scale test program was performed to investigate reliability of the reinforcement system since standard calculation for this type of construction was not available. The full scale program was consisted of ground settlement monitoring by settlement plates and pore water pressure monitoring by piezometers. Readings were taken for each stage of embankment construction.

Analytical and numerical analyses were also performed to verify the full scale test results. Analytical calculation for immediate settlement was performed based on the elasticity theory, for consolidation settlement was performed by the 1-D Terzaghi's consolidation theory. Numerical calculation was performed using the finite element method utilizing a commercial software package called PLAXIS. In the finite element analyses, subsurface soil and embankment were modeled as elastic-plastic solid materials using the Mohr-Coulomb failure criteria. Bamboo piles and mattress were modeled as elastic-plastic springs and elastic-plastics beams, respectively.

Monitoring records and analysis results show that bamboo pile-mattress reinforcement has effectively increased stability. Consolidation settlement was found to be relatively uniform. Results also show that monitoring records and analysis results are relatively similar.

KEYWORDS: *bamboo pile-mattress system, embankment on soft soil, soil reinforcement, finite element method*

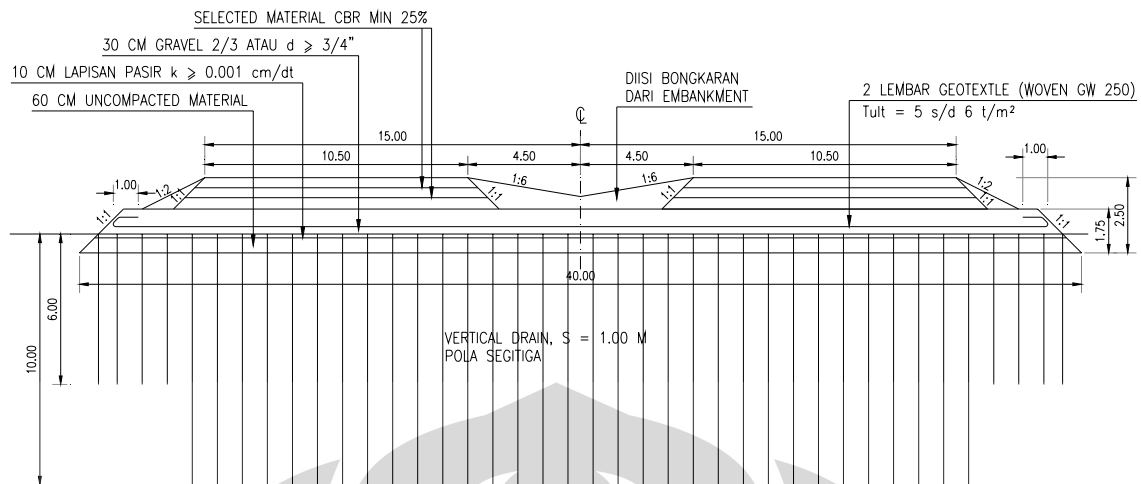
PENDAHULUAN

Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya sebagian besar melewati daerah dengan kondisi tanah dasar berupa lempung sangat lunak hingga sedang dengan ketebalan 12 – 45 m. Pada daerah-daerah tersebut jalan tol direncanakan menggunakan timbunan badan jalan. Penggunaan timbunan badan jalan di atas tanah lunak diprediksi akan menimbulkan masalah stabilitas lereng, daya dukung tanah dasar dan penurunan tanah dasar.

Rancangan awal timbunan badan jalan di atas tanah lunak untuk proyek tersebut adalah dengan sistem perbaikan tanah dasar menggunakan geotextile-vertical drain. Kedalaman vertical drain yang digunakan dalam rancangan awal adalah 10 m, sedangkan geotextile yang digunakan bervariasi

si dari 2 hingga 7 lapis tergantung tinggi timbunan yang direncanakan. Rancangan awal timbunan badan jalan di atas tanah lunak dengan sistem perbaikan tanah dasar menggunakan geotextile-vertical drain untuk tinggi timbunan 2,5 m ditunjukkan dalam Gambar 1.

Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu diajukan sebagai alternatif terhadap rancangan awal tersebut. Sistem cerucuk matras bambu merupakan sistem perkuatan tanah dasar yang mengkombinasikan cerucuk bambu dan matras bambu untuk memikul timbunan badan jalan. Sistem ini memanfaatkan perilaku cerucuk bambu sebagai pondasi, matras bambu untuk meratakan beban timbunan dan gaya apung bambu untuk menambah daya dukung terhadap beban timbunan.



Gambar 1. Rancangan awal timbunan badan jalan di atas tanah lunak dengan sistem perbaikan tanah dasar menggunakan geotextile-vertical drain (PT Citra Marga Nusaphala Persada Tbk., 1998).

Untuk menguji kehandalan sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu sebagai alternatif rancangan, dilakukan pengujian skala penuh di sekitar lokasi rencana Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya yaitu di Tambak Oso. Lokasi Tambak Oso dipilih sebagai tempat pengujian karena pada lokasi tersebut dijumpai lapisan lempung sangat lunak hingga sedang dengan ketebalan 30 m dan pada lokasi tersebut relatif tidak dijumpai lensa pasir. Dengan demikian lokasi tersebut mewakili kondisi tanah yang cukup jelek pada lokasi rencana Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya. Pengujian trial embankment skala penuh dilakukan oleh PT. Hutama Karya (Persero), PT. Citra Marga Nusaphala Persada Tbk. dan LPPM ITB sebagai penelitian bersama.

Makalah ini menyajikan hasil pengujian trial embankment skala penuh timbunan badan jalan di atas tanah lunak dengan sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu di lokasi Tambak Oso, Surabaya. Sebelum pengujian skala penuh dilaksanakan di lapangan, terlebih dahulu dilakukan analisis stabilitas timbunan dan prediksi penurunan tanah dasar yang akan terjadi akibat beban trial embankment tersebut. Prediksi penurunan tanah dasar yang akan terjadi dilakukan menggunakan metode analitis dan metode elemen hingga. Pengujian di lapangan mencakup konstruksi trial embankment dan pengamatan stabilitas trial embankment dan penurunan tanah dasar selama rentang waktu tertentu. Hasil pengamatan ini dibandingkan dengan prediksi penu-

runan yang akan terjadi pada akhir konsolidasi untuk mengetahui derajat konsolidasi yang terjadi.

PENGALAMAN SEBELUMNYA DENGAN CERUCUK DAN / ATAU MATRAS BAMBU SEBAGAI PERKUATAN TANAH DASAR PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk dan / atau matras bambu telah digunakan pada beberapa pekerjaan timbunan di atas tanah lunak. Penggunaan matras bambu dalam pembangunan embankment dike di PLTGU Tambak Lorok Semarang ditunjukkan dalam

Gambar 2. Pada lokasi tersebut matras bambu digunakan sebagai perkuatan tanah dasar di bawah embankment dike pada out fall channel sepanjang 1 km. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa lempung berlanau sangat lunak hingga lunak sedalaman 27 m, sedangkan timbunan out fall channel yang dibangun adalah setinggi 3 m. Matras bambu yang digunakan sebanyak 3 lapis.

Penggunaan cerucuk matras bambu untuk bangunan pengendali banjir di Boezem Morokrengan Surabaya ditunjukkan dalam Gambar 3. Pada pekerjaan tersebut, cerucuk matras bambu digunakan untuk perkuatan tanah dasar di bawah timbunan struktur palisade. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa lumpur dan lempung sangat lunak sedalam 12 – 20 m, sedangkan timbunan struktur palisade yang dibangun adalah setinggi 2,5 – 5 m diatas seabed.

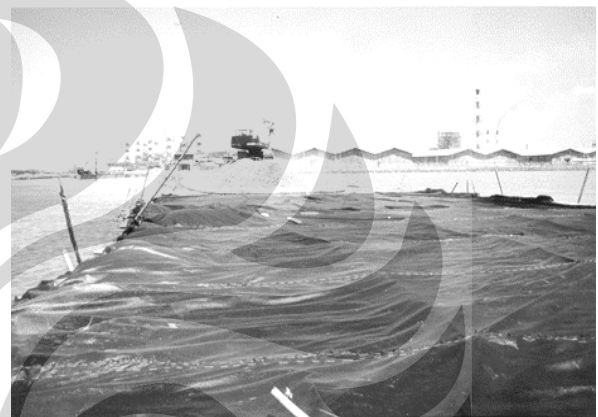
Cerucuk bambu yang digunakan dalam pekerjaan tersebut sedalam 8 m, sedangkan matras bambu yang digunakan sebanyak 3 lapis.

Cerucuk matras bambu juga telah digunakan pada Pelabuhan Ikan Muara Angke Jakarta. Pada lokasi tersebut, cerucuk matras bambu digunakan untuk perkuatan tanah dasar di bawah struktur causeway dan struktur breakwater. Tanah dasar pada lokasi tersebut berupa tanah lempung sangat lunak hingga lunak dengan kedalaman 9 – 14 m,

sedangkan timbunan break water yang dibangun adalah setinggi 6,6 m diukur dari seabed dengan ketinggian di atas muka air laut terendah sebesar 3,6 m. Cerucuk bambu yang digunakan dalam pekerjaan tersebut sedalam 6 m, sedangkan matras bambu yang digunakan sebanyak 5 lapis. Penggunaan cerucuk matras bambu pada Pelabuhan Ikan Muara Angke Jakarta ditunjukkan dalam Gambar 4.



(a) Pemasangan matras bambu



(b) Penghamparan geotextile di atas matras bambu



(c) Penimbunan embankment dike di atas cerucuk matras bambu

Gambar 2. Perkuatan cerucuk matras bambu yang digunakan dalam pembangunan embankment dike pada tambak Lorok Out Fall Channel sepanjang 1 km di PLTGU tambak Lorok, Semarang (Irysam, 1996).



(a) Pemasangan cerucuk bambu



(b) Pemasangan matras bambu



(c) Konstruksi timbunan dengan perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu

Gambar 3. Perkuatan cerucuk matras bambu yang digunakan untuk timbunan struktur Palisade pada bangunan pengendali banjir di Boezem Morokrembangan, Surabaya (Irsyam, 2000).



(a) Pemasangan cerucuk bambu



(b) Pemasangan matras bambu



(c) Struktur Causeway dan Breakwater dengan perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu

Gambar 4. Perkuatan cerucuk matras bambu digunakan dalam struktur Break Water dan Cause-way di pelabuhan ikan Muara Angke, Jakarta Utara (Irsyam, 2000) .

KONDISI TANAH PADA LOKASI PENGUJIAN

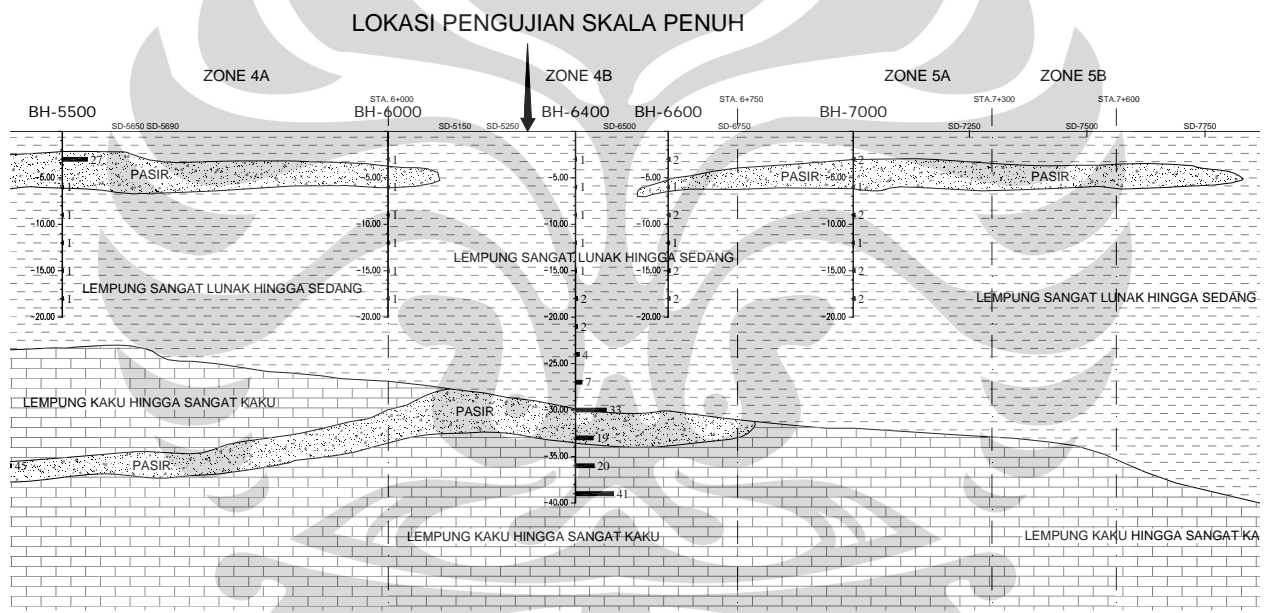
Dari data hasil penyelidikan tanah diketahui bahwa di sekitar lokasi pengujian terdapat lapisan lempung dengan konsistensi sangat lunak hingga sedang dengan ketebalan 25 m hingga 45 m. Di bawah lapisan tersebut terdapat lapisan lempung dengan konsistensi kaku hingga sangat kaku. Lensa-lensa pasir terdapat pada lapisan lempung sangat lunak hingga lunak pada zona 4A, zona 5A dan zona 5B. Kondisi perlapisan tanah di sekitar lokasi pengujian dapat dilihat dalam Gambar 5.

Pengujian trial embankment skala penuh dilakukan pada zona 4B. Pada daerah tersebut, tanah lempung sangat lunak hingga sedang memiliki

ketebalan 30 m dan tidak terdapat lensa pasir. Properti tanah pada lokasi pengujian ditunjukkan dalam Tabel 1.

ANALISIS SEBELUM DILAKUKAN KONSTRUKSI TRIAL EMBANKMENT SKALA PENUH

Sebelum dilakukan pengujian trial embankment skala penuh di lapangan, terlebih dahulu dilakukan analisis pendahuluan terhadap trial embankment dengan sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu yang akan dikonstruksi tersebut. Analisis pendahuluan dilakukan untuk:



Gambar 5. Kondisi perlapisan tanah di sekitar lokasi pengujian. (PT Citra Marga Nusaphala Persada Tbk., 1998)

Tabel 1 Properti Tanah pada Lokasi Pengujian (PT. Utama Karya (Persero), PT. Citra Marga Nusaphala Persada Tbk, LPPM Institut Teknologi Bandung, 2005)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	c (kN/m ²)	φ (°)	γ (kN/m ³)	e _o	C _c
0 – 23	lempung sangat lunak	6 – 15	1	14	2	0,9
23 – 25	lempung lunak	15 – 35	1	15	1,8	0,8
25 – 30	lempung sedang	35 – 55	1	16	1	0,75
dibawah 30	lempung kaku hingga sangat kaku	55 – 150	1	16		

- Menjamin bahwa tanah dasar kuat memikul beban akibat trial embankment skala penuh
- Menjamin bahwa trial embankment skala penuh yang akan dikonstruksi memiliki stabilitas lereng yang cukup
- Memprediksi penurunan yang akan terjadi pada saat dan setelah dilakukan konstruksi trial embankment

1. Mekanisme Keruntuhan Timbunan Badan Jalan

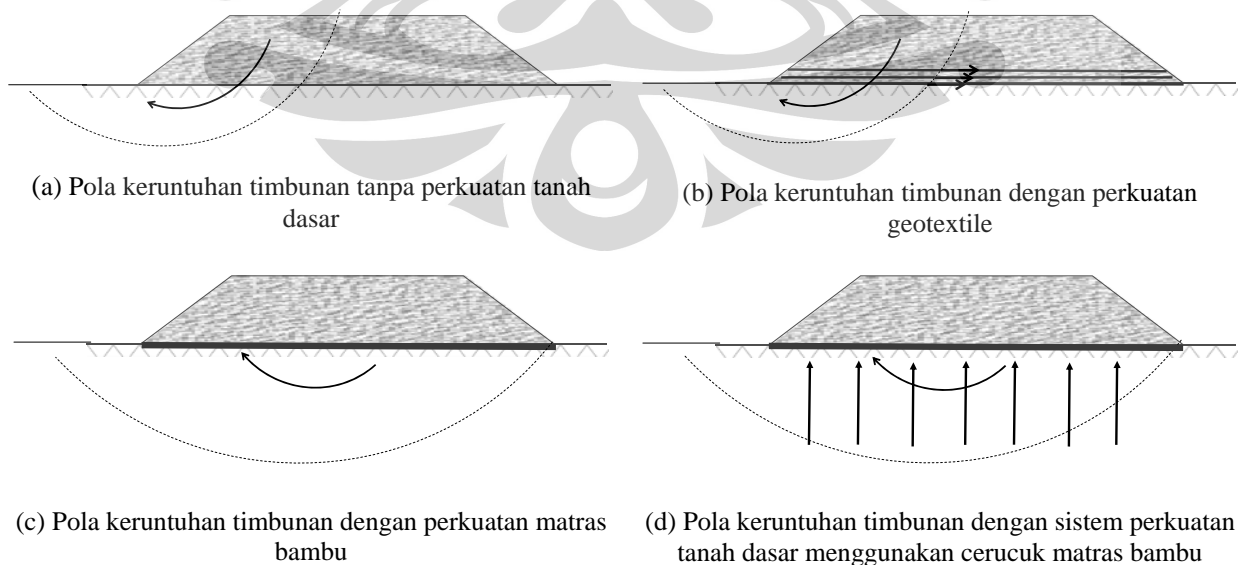
Mekanisme keruntuhan timbunan di atas tanah lunak dengan berbagai jenis perlakuan terhadap tanah dasar ditunjukkan dalam Gambar 6. Apabila tanah dasar tidak diberikan perkuatan, maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan dalam dengan bidang keruntuhan memotong timbunan dan melewati tanah dasar, seperti ditunjukkan dalam Gambar 6(a). Penggunaan perkuatan geotextile dapat meningkatkan angka keamanan stabilitas timbunan dibandingkan tanah dasar tanpa perkuatan karena kuat tarik geotextile tersebut dapat memberi tahanan momen tambahan pada bidang keruntuhannya (Gambar 6(b)). Perkuatan matras bambu dapat meningkatkan stabilitas timbunan lebih tinggi dibandingkan penggunaan geotextile. Dengan adanya matras bambu, maka bidang kelongsoran yang terjadi tidak dapat memotong matras bambu tersebut.

Lintasan kelongsoran lebih panjang dibandingkan dengan perkuatan geotextile sehingga angka keamanan meningkat (Gambar 6(c)). Penambahan cerucuk pada matras bambu menambah daya dukung tanah dasar karena cerucuk matras bambu mentransfer beban timbunan ke lapisan tanah yang lebih dalam (Gambar 6(d)).

2. Analisis Penurunan Tanah Dasar

Analisis penurunan tanah dasar mencakup perhitungan penurunan seketika dan penurunan konsolidasi. Analisis penurunan tanah dasar dilakukan dengan metode analitis dan metode elemen hingga. Pada analisis penurunan tanah dasar dengan metode analitis, perhitungan penurunan seketika dilakukan dengan memodelkan tanah sebagai material elastik dan perhitungan penurunan konsolidasi dilakukan menggunakan teori konsolidasi 1 dimensi dari Terzaghi (Terzaghi, 1967).

Tahapan penimbunan dalam analisis disesuaikan dengan rencana pengujian skala penuh di lapangan, yaitu penimbunan tahap 1 setinggi 2,5 m ditambah dengan timbunan tahap 2 hingga trial embankment memiliki ketinggian akhir 3,25 m. Penimbunan tahap 2 ini dilakukan untuk memodelkan beban lalu lintas pada timbunan badan jalan. Pelaksanaan timbunan tahap 1 direncanakan



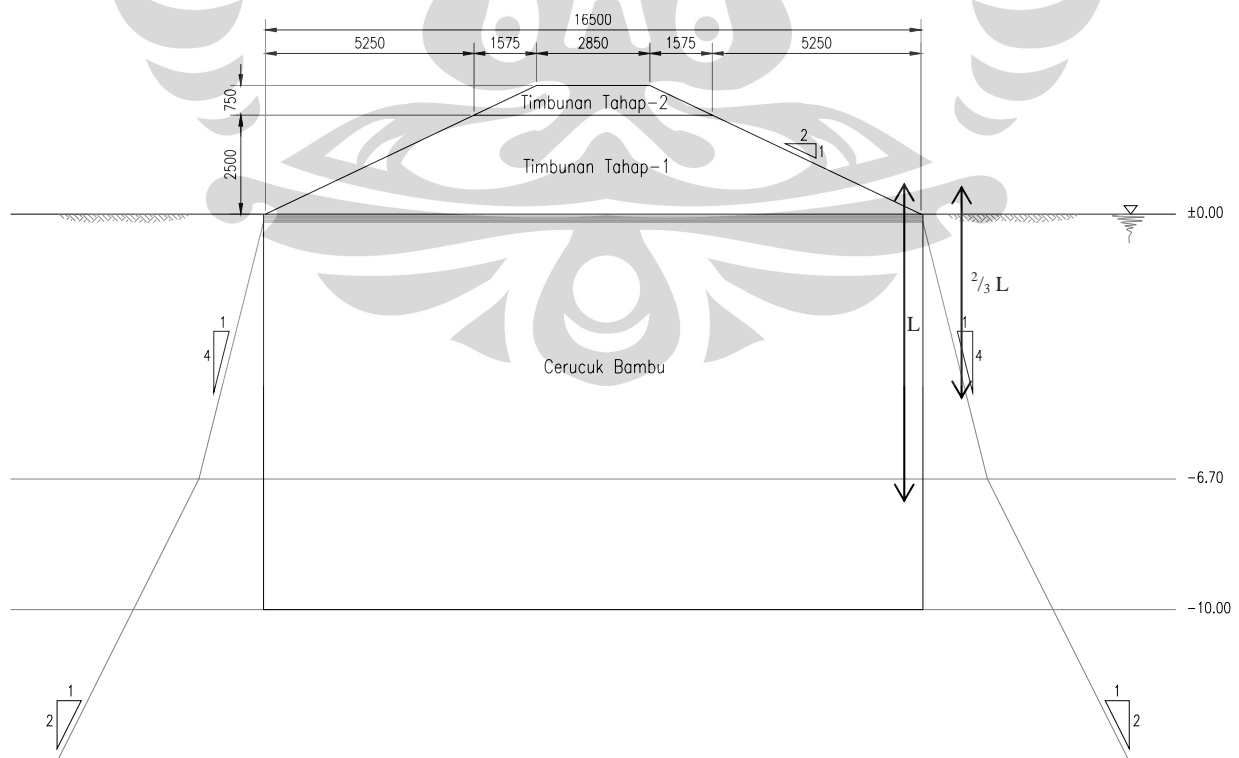
Gambar 6. Pola keruntuhan timbunan dengan berbagai jenis perlakuan terhadap tanah dasar.

selama 20 hari, sedangkan timbunan tahap 2 direncanakan dikonstruksi 55 hari setelah timbunan tahap 1 selesai. Dalam perhitungan besar penurunan konsolidasi, distribusi penambahan tegangan pada tanah dasar akibat beban timbunan dihitung menggunakan distribusi tiang kelompok yang didominasi oleh transfer beban melalui tahanan selimut tiang (Tomlinson, 1977). Pemodelan penyebaran tegangan pada tanah dasar untuk perhitungan besar penurunan konsolidasi ditunjukkan dalam Gambar 7.

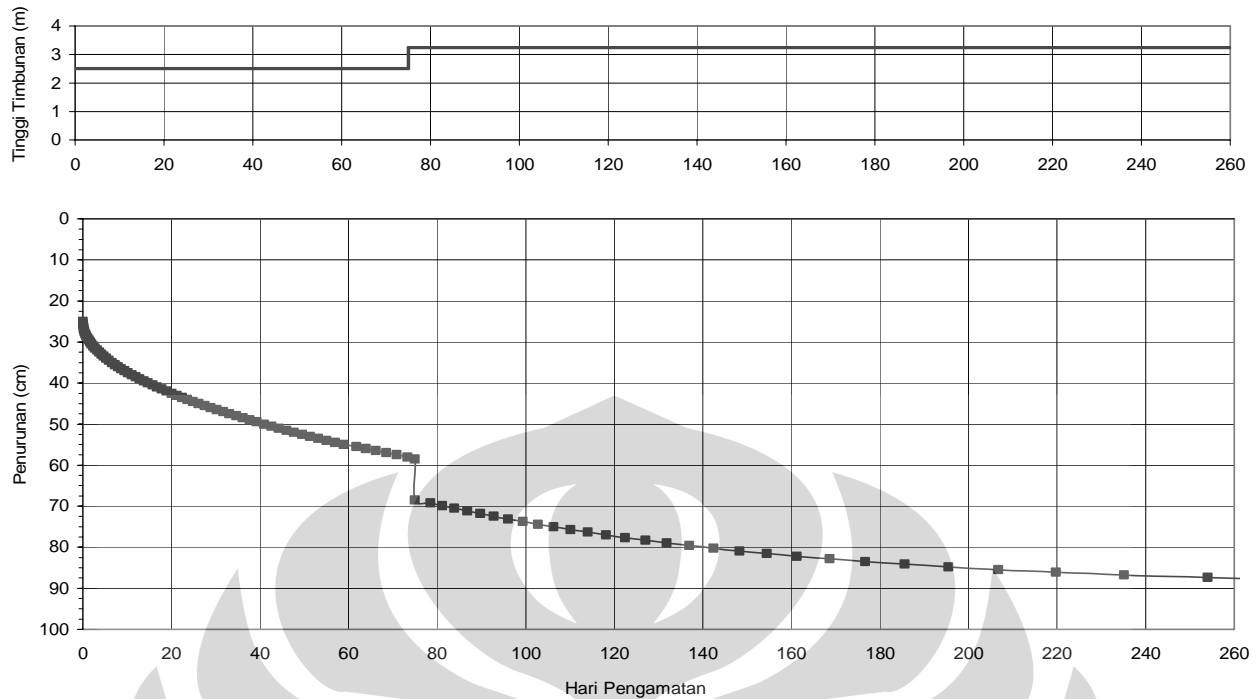
Dari hasil perhitungan menggunakan metode analitis, diprediksi penurunan seketika yang akan terjadi adalah sebesar ± 125 cm untuk tinggi timbunan 2,5 m dan ± 10 cm setelah penambahan timbunan hingga trial embankment memiliki ketinggian akhir 3,25 m. Penurunan konsolidasi yang akan terjadi pada hari ke-75 sesaat sebelum penambahan timbunan diprediksi sebesar $\pm 33,5$ cm, sedangkan penurunan konsolidasi setelah penambahan timbunan diprediksi sebesar $\pm 54,5$ cm. Prediksi laju penurunan konsolidasi (time rate consolidation) menggunakan teori konsolidasi Terzaghi 1-D ditunjukkan dalam Gambar 8.

Analisis penurunan tanah dasar juga dilakukan menggunakan metode elemen hingga

dengan bantuan program PLAXIS (Brinkgreve & Vermeer, 1998). Pada analisis penurunan tanah menggunakan metode elemen hingga, tanah dasar dan tanah timbunan dimodelkan menggunakan material solid, cerucuk bambu dimodelkan menggunakan pegas-pegas, sedangkan matras bambu dimodelkan dengan material beam. Perilaku material solid untuk tanah timbunan dan tanah dasar dimodelkan dengan material elastik-plastik. Keruntuhan tanah dimodelkan menggunakan teori keruntuhan Mohr-Coulomb menggunakan parameter-parameter kuat geser tanah (kohesi dan sudut geser tanah), sedangkan perilaku deformasi tanah dimodelkan menggunakan parameter modulus elastisitas tanah. Modulus elastisitas tanah dasar dihitung menggunakan korelasi modulus elastisitas terhadap nilai kohesi, overconsolidation dan indeks plastisitas dari Jamiolkowski et al. (1979). Pegas untuk memodelkan cerucuk bambu menggunakan model elastik-plastik. Kondisi plastik pegas dihitung dari daya dukung ultimit satu buah cerucuk bambu, sedangkan konstanta pegas dihitung dari daya dukung ultimit satu buah cerucuk dibagi dengan perkiraan besarnya penurunan yang diperlukan untuk

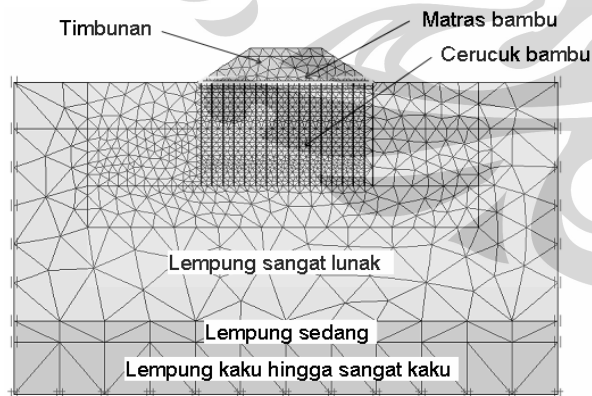


Gambar 7. Pemodelan penyebaran tegangan pada tanah dasar.



Gambar 8. Prediksi laju penurunan konsolidasi menggunakan teori konsolidasi 1 dimensi Terzaghi.

memobilisir daya dukung ultimit cerucuk. Material beam untuk memodelkan matras bambu menggunakan model elastik-linear. Modulus elastisitas material beam disesuaikan dengan material bambu penyusun matras, sedangkan momen inersia material beam disesuaikan dengan geometri matras bambu. Model elemen hingga trial embankment ditunjukkan dalam Gambar 9.



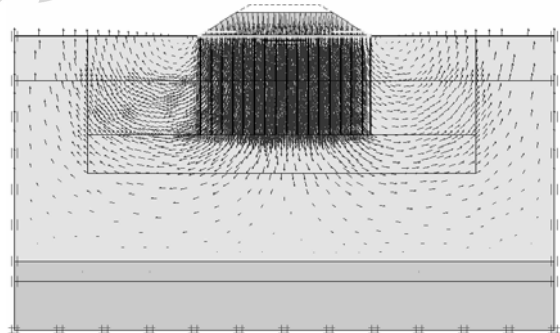
Gambar 9. Pemodelan elemen hingga trial embankment.

Analisis menggunakan metode elemen hingga dilakukan untuk memperkirakan besar penurunan seketika akibat konstruksi timbunan tahap pertama setinggi 2,5 m, besar penurunan seketika akibat penambahan timbunan dari 2,5 m menjadi 3,25 m, besar penurunan pada akhir waktu konsolidasi dan

laju penurunan konsolidasi. Hasil analisis penurunan tanah menggunakan metode elemen hingga ditunjukkan dalam output Program PLAXIS dalam Gambar 10 hingga Gambar 12 berikut ini.

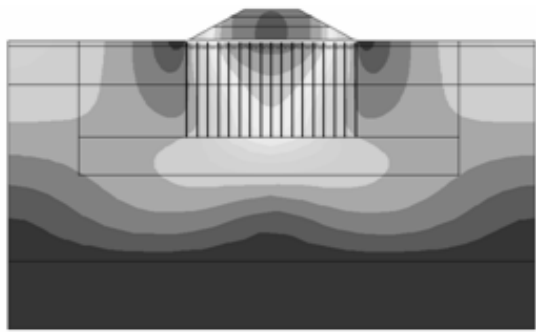


(a) Pola deformasi (Shading)

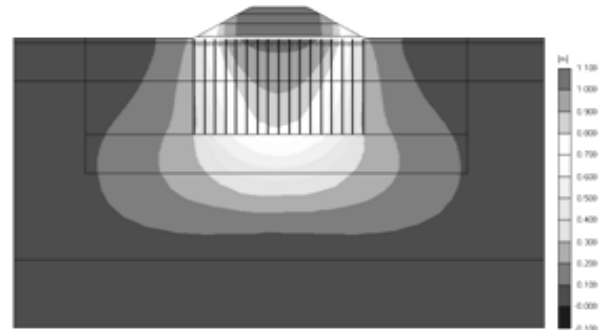


(b) Pola deformasi (Vector)

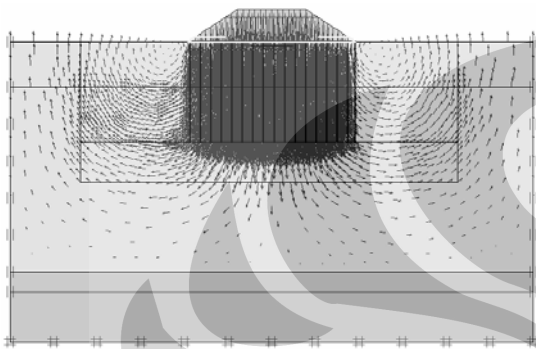
Gambar 10. Penurunan seketika akibat timbunan badan jalan dengan tinggi 2,5 m.



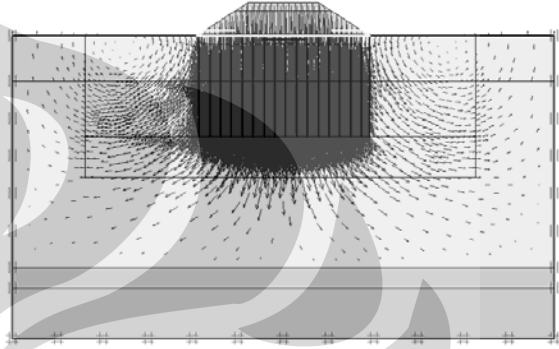
(a) Pola Deformasi (Shading)



(a) Pola Deformasi (Shading)



(b) Pola Deformasi (Vector)



(b) Pola Deformasi (Vector)

Gambar 11. Penurunan seketika timbunan badan jalan akibat tambahan timbunan setelah penambahan timbunan dari 2,5 m menjadi 3,5 m.

Gambar 12. Penurunan total pada akhir masa konsolidasi akibat timbunan badan jalan setelah penambahan timbunan dari 2,5 m menjadi 3,5 m.

Dari hasil perhitungan menggunakan metode ini, diprediksi penurunan seketika yang akan terjadi adalah sebesar ± 25 cm untuk tinggi timbunan 2,5 m dan ± 15 cm setelah penambahan timbunan dari 2,5 m menjadi 3,25 m. Penurunan konsolidasi yang akan terjadi pada hari ke-75 sesaat sebelum penambahan timbunan diprediksi sebesar ± 25 cm, sedangkan penurunan konsolidasi setelah penambahan timbunan diprediksi sebesar ± 58 cm. Prediksi laju penurunan konsolidasi menggunakan metode elemen hingga ditunjukkan dalam Gambar 13.

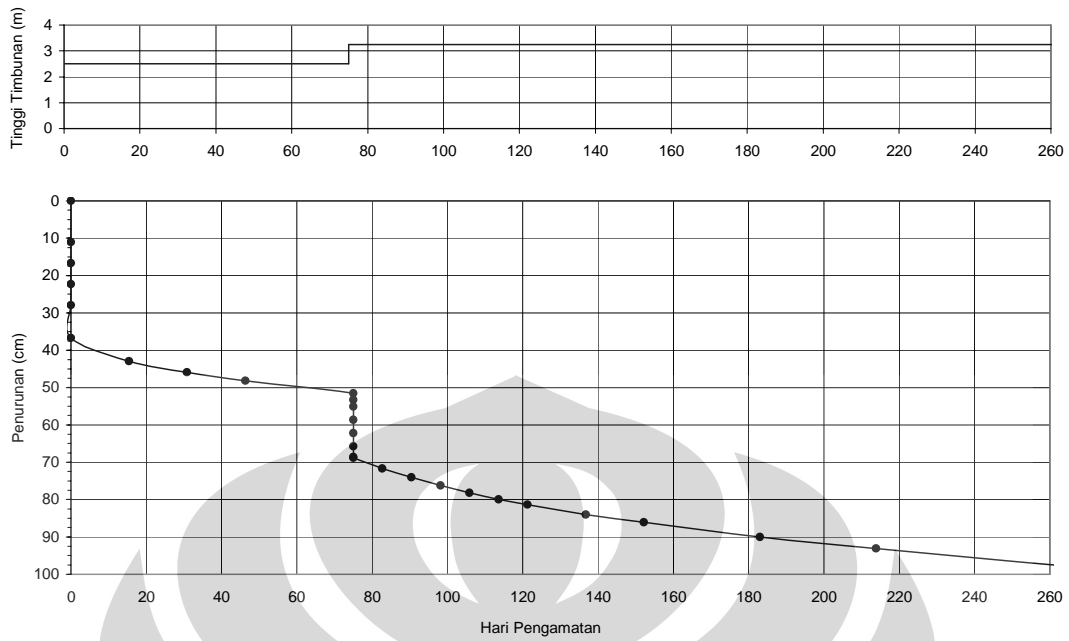
Berdasarkan prediksi penurunan menggunakan metode analitis dan metode elemen hingga, penurunan elastik yang akan terjadi diperkirakan sebesar 37 cm, sedangkan penurunan konsolidasi yang akan terjadi diperkirakan sebesar 58 cm.

PELAKSANAAN PENGUJIAN DI LAPANGAN

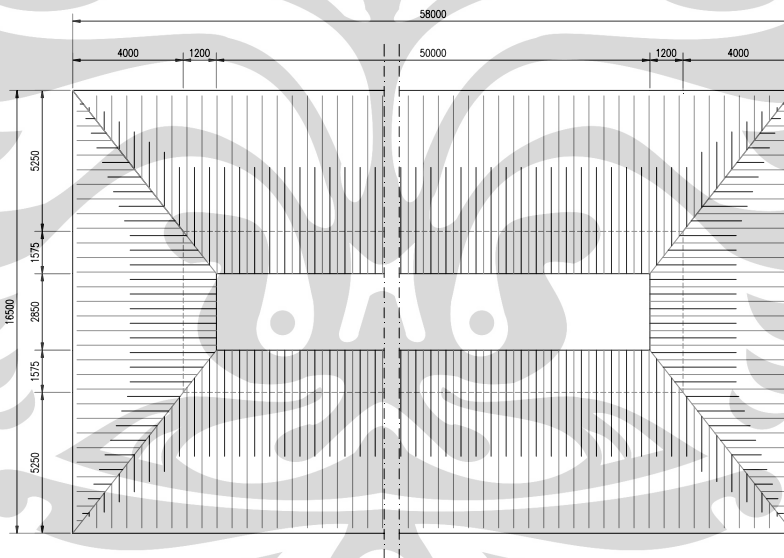
1. Konstruksi Trial Embankment dan Pemasangan Instrumentasi

Konstruksi trial embankment skala penuh dilakukan oleh PT. Hutama Karya. Trial embankment yang dibangun memiliki panjang 58 m, lebar 16,5 m dan tinggi 3,25 m. Detail trial

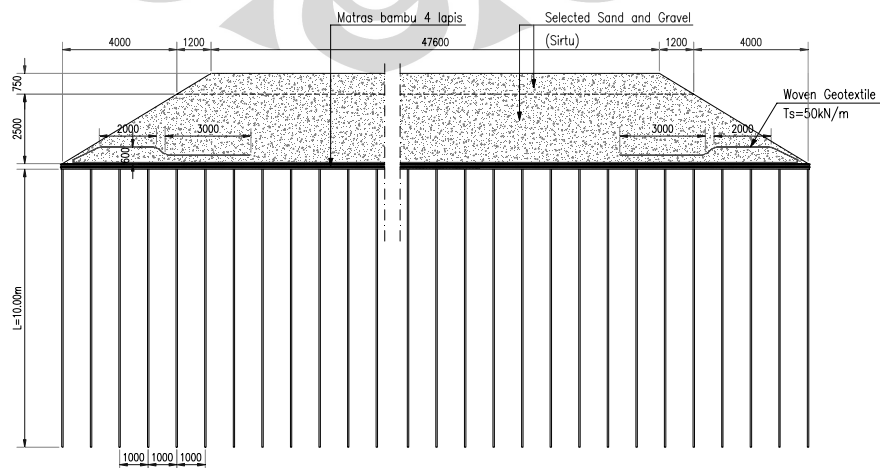
embankment yang dikonstruksi di lapangan ditunjukkan dalam Gambar 14. Tanah di dasar trial embankment tersebut diberi perkuatan cerucuk matras bambu. Cerucuk bambu yang digunakan sedalam 10 m, yang tersusun dari cluster 3 batang bambu dengan jarak antar cerucuk 1 m, sedangkan matras bambu menggunakan 4 lapis bambu yang disusun dengan orientasi antar lapisan saling tegak lurus. Detail cerucuk matras bambu yang digunakan ditunjukkan dalam Gambar 15. Untuk mencegah masuknya material timbunan ke tanah dasar, maka di atas matras bambu dipasang geotextile. Penimbunan tahap pertama dilakukan di atas lapisan geotextile tersebut. Penimbunan dilakukan sampai setinggi 2,5 m. Setelah dilakukan penimbunan sampai setinggi 2,5 m, dilakukan penambahan timbunan hingga trial embankment memiliki ketinggian akhir 3,25 m. Penambahan timbunan ini dilakukan untuk memodelkan beban lalu lintas pada timbunan badan jalan. Pelaksanaan penimbunan tahap pertama sampai setinggi 2,5 m dilakukan selama sekitar 20 hari, yaitu dari tanggal 9 Mei 2005 hingga 11 Juni 2005, sedangkan penambahan timbunan dilaksanakan 55 hari setelah timbunan tahap pertama selesai.



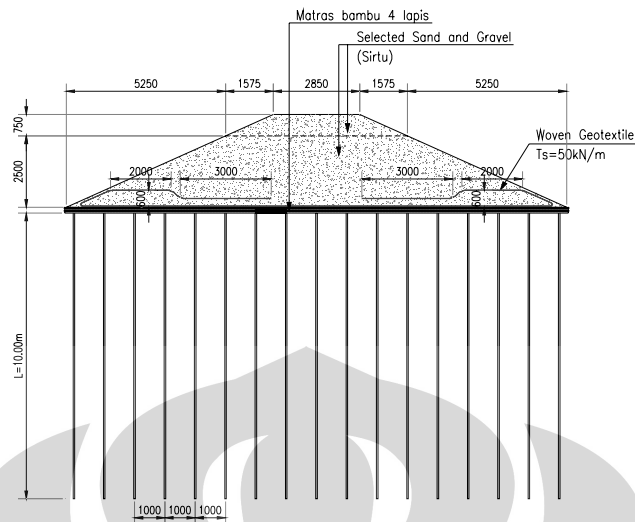
Gambar 13. Prediksi laju penurunan konsolidasi menggunakan metode elemen hingga.



(a) Tampak atas trial embankment

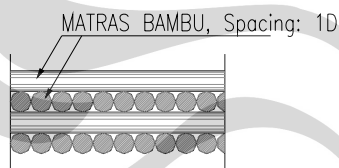


(b) Potongan memanjang trial embankment

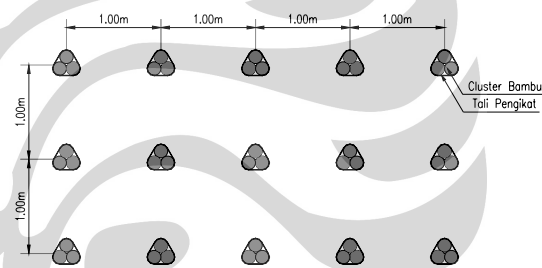


(c) Potongan melintang trial embankment

Gambar 14. Detail trial embankment.



(a) Detail Matras Bambu

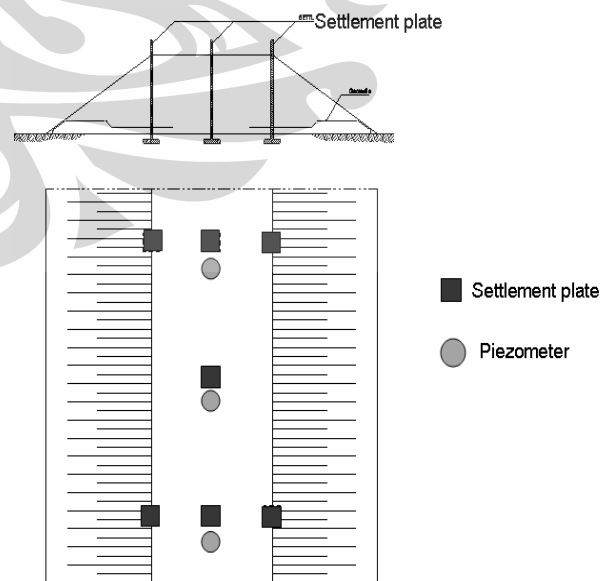


(b) Detail Cerucuk Bambu

Gambar 15. Detail cerucuk matras bambu.

Untuk mengamati penurunan tanah dasar akibat beban trial embankment skala penuh, dipasang instrumentasi berupa tujuh buah settlement plate. Piezometer dipasang pada tiga lokasi untuk mengamati tekanan air pori yang terjadi. Posisi penempatan settlement plate dan piezometer pada trial embankment ditunjukkan dalam Gambar 16.

Pelaksanaan konstruksi trial embankment skala penuh dilakukan dengan terlebih dahulu memancang cerucuk bambu. Matras bambu setebal 4 lapis kemudian diletakkan di atas cerucuk-cerucuk bambu tersebut. Geotextile digunakan di atas matras bambu untuk mencegah masuknya material timbunan ke tanah dasar. Selanjutnya penimbunan dilaksanakan lapis per lapis. Pelaksanaan konstruksi trial embankment skala penuh di lapangan ditunjukkan dalam Gambar 17.



Gambar 16. Posisi penempatan settlement plate dan piezometer pada trial embankment.



(a) Pemasangan Cerucuk Bambu



(b) Ikatan 3 Bambu untuk Struktur Cerucuk



(c) Pemasangan Matras Bambu



(d) Pelaksanaan Penimbunan



(e) Penyelesaian Timbunan Badan Jalan

Gambar 17. Pelaksanaan konstruksi trial embankment.

2. Pengamatan Trial Embankment

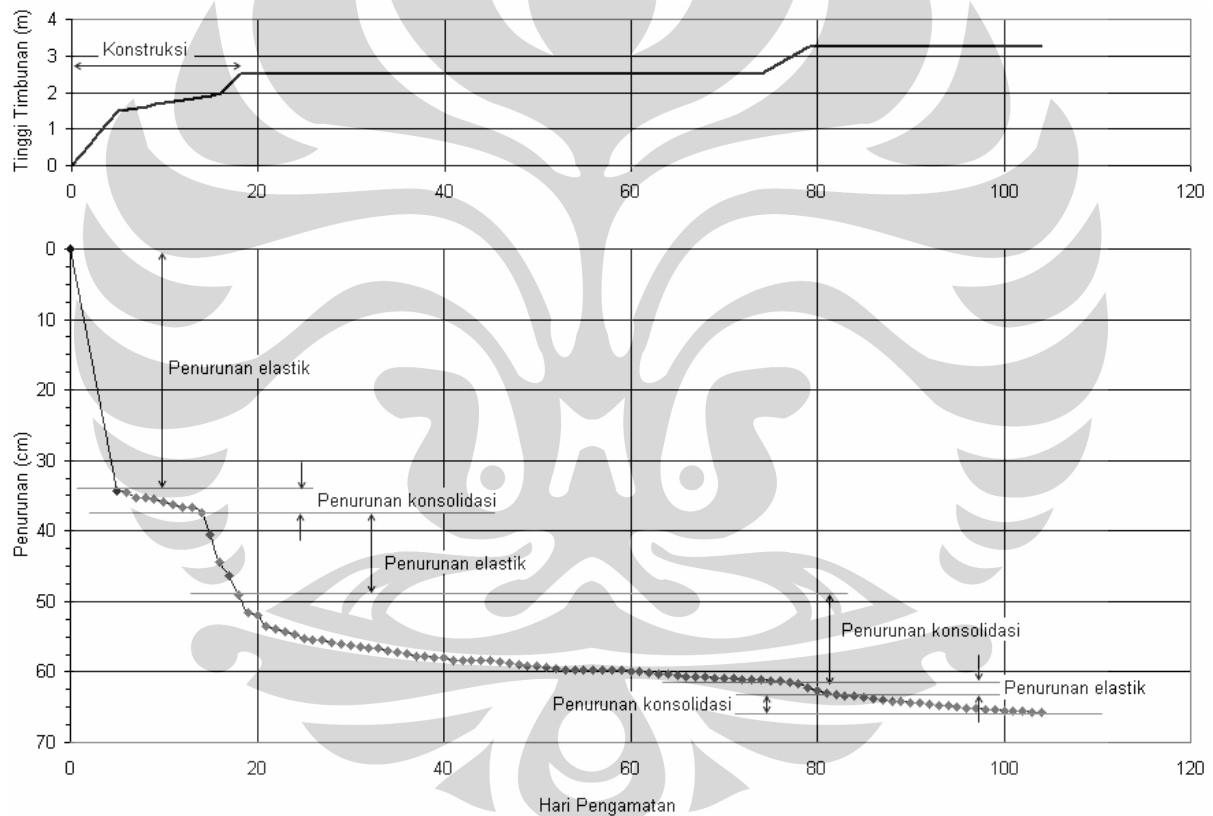
Pengamatan terhadap stabilitas timbunan dan penurunan tanah dasar akibat konstruksi trial embankment dilakukan selama 3 bulan yaitu dari tanggal 26 Mei 2005 sampai tanggal 6 September 2005. Dari pengamatan diketahui bahwa dengan perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu, daya dukung tanah dasar mencukupi untuk memikul beban akibat trial embankment setinggi 3,25 m dan timbunan

memiliki stabilitas lereng yang cukup. Selain itu dilakukan pengamatan terhadap ketujuh settlement plate yang terpasang. Hasil pengamatan penurunan yang terjadi pada ketujuh settlement plate ditunjukkan dalam

Tabel 2, sedangkan contoh pengamatan penurunan tanah dasar pada settlement plate 4 (di tengah trial embankment) ditunjukkan dalam Gambar 18.

Tabel 2 Rangkuman Hasil Pengamatan Penurunan yang Terjadi

Posisi Pengamatan	Penurunan Seketika (cm)	Penurunan Konsolidasi Hasil Pengamatan Selama Tiga Bulan (cm)
settlement plate-1	35,00	14,90
settlement plate -2	27,10	16,00
settlement plate -3	32,10	15,60
settlement plate -4	47,80	17,50
settlement plate -5	41,30	15,90
settlement plate -6	49,30	17,50
settlement plate -7	50,70	15,50

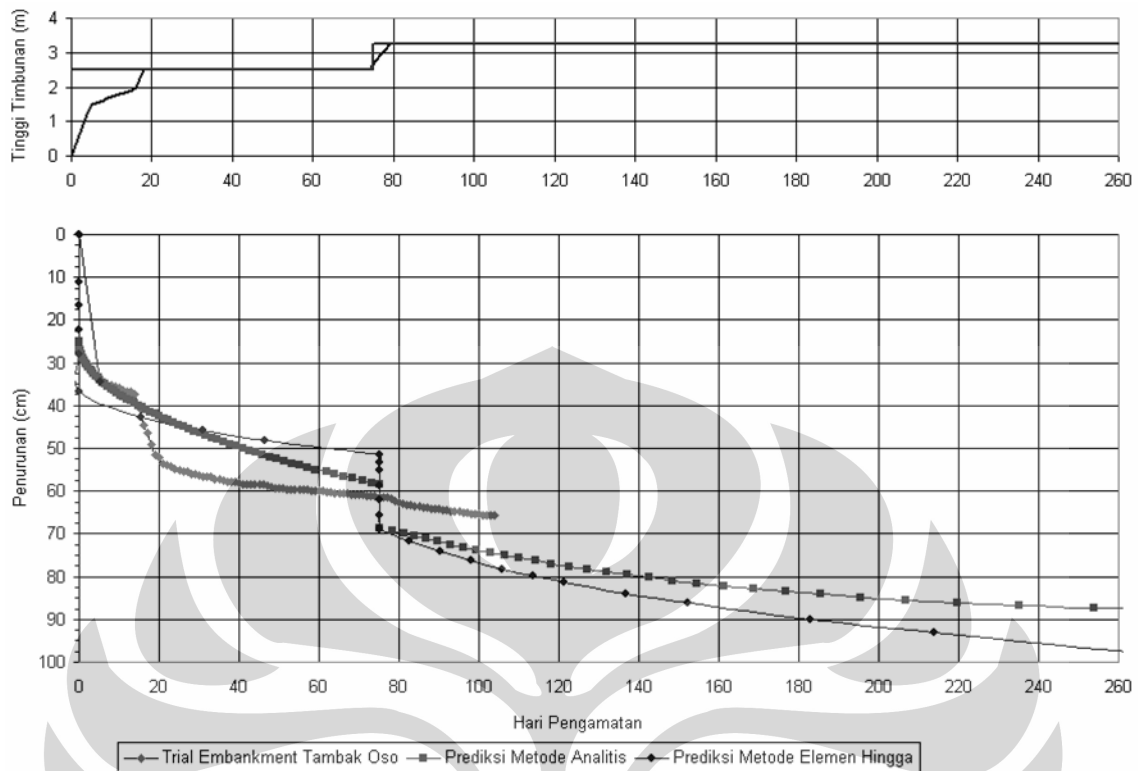


Gambar 18. Pengamatan penurunan pada lokasi settlement plate 4.

PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN SKALA PENUH DENGAN HASIL ANALISIS DAN DATA PENGAMATAN SEBELUMNYA

Perbandingan hasil pengamatan penurunan tanah dasar pada trial embankment dengan hasil analisis pengamatan sebelumnya ditunjukkan dalam Gambar 19. Dari perbandingan data-data yang ada terlihat bahwa penurunan konsolidasi tanah dasar akibat beban timbunan apabila tanah

dasar diberi perkuatan cerucuk matras bambu lebih kecil dibandingkan apabila tanah dasar diperbaiki dengan vertical drain. Dari data pengamatan model uji timbunan skala penuh dibandingkan dengan prediksi penurunan yang akan terjadi, maka penurunan tanah dasar timbunan dengan perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu diperkirakan sudah mencapai 30%.



Gambar 19. Perbandingan hasil pengujian skala penuh dengan hasil analisis dan data pengamatan sebelumnya.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pengamatan lapangan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengamatan terhadap trial embankment diketahui bahwa dengan menggunakan sistem cerucuk matras bambu:
 - Daya dukung tanah dasar mencukupi untuk memikul beban akibat trial embankment
 - Timbunan memiliki stabilitas lereng yang cukup
 - Penurunan yang terjadi relatif seragam.
 - Setelah pengamatan selama 3 bulan, laju penurunan tanah dasar mengecil, apabila dibandingkan dengan perkiraan prediksi penurunan akhir yang akan terjadi, konsolidasi yang telah terjadi pada akhir pengamatan diperkirakan telah mencapai 30%.
2. Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu dapat digunakan

sebagai alternatif rancangan timbunan badan jalan di atas tanah lunak pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Lingkar Timur Surabaya. Penurunan yang terjadi dapat diatasi dengan perawatan berkala berupa overlay.

3. Sistem perkuatan tanah dasar menggunakan cerucuk matras bambu dapat digunakan untuk konstruksi badan jalan di atas tanah lunak untuk tinggi timbunan 3,25 m dan ketebalan maksimum tanah lunak 30 m.

REFERENSI

- Brinkgreve & Vermeer (1998), "*PLAXIS: Finite Element Code for Soil and Rock Analyses*", A. A. Balkema, Rotterdam.
- Indijono, Tri (1999), "*Kinerja Berbagai Jenis Salir Tegak pada Perilaku Konsolidasi Tanah Lunak di Uji Timbunan untuk Jalan Lingkar Timur Surabaya*", Tesis Magister, Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

- Irsyam, M. (1996), "*Stability Analysis for Coastal Embankment, A Case Study at the Discharge Canal Embankment of the Tambak Lorok Combine Cycle Power Plan*", Proceeding of International Symposium on Offshore Engineering, Bandung.
- Irsyam, M. (2000), "*Laporan Dermaga Kapal Penyebrangan di Pantura Bagi Masyarakat Kepulauan Seribu*", Dinas PU Pemda DKI Jakarta – PT Agusta Primakarsa.
- Irsyam, M., Soedanasto, Pramotahardjo, Y.A., Himawan, A., (2000), "*Modifikasi Konstruksi Dinding Penahan untuk Reklamasi di Atas Tanah Sangat Lunak di Daerah Boezem-Morokrengan*", Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Geoteknik IV, Jakarta.
- Jamiolkowki, M., Lancellotta, R., Marchetti, S., Nova, R., Pasqualini, E. (1979), "*Design Paramters for Soft Clays*", Proc. 7th Eur. Conf. on Soil Mech. Found. Engng., Vol. 5, 21-54, Brighton.
- Laboratorium Mekanika Tanah Institut Teknologi Bandung (1997), "*Hasil Pekerjaan Penyelidikan Tanah Trial Embankment Surabaya Eastern Ring Road, Lokasi Pondok Chandra, Surabaya*", Bandung.
- PT. Citra Marga Nusaphala Persada (1998), "*Laporan Geoteknik Tahap I Ruas Waru – Tambak Oso – Akses Juanda, Rencana Teknik Akhir Proyek Jalan Tol Simpang Susun Waru – Tanjung Perak Surabaya (SERR)*".
- PT. Hutama Karya (Persero), PT. Citra Marga Nusaphala Persada Tbk, LPPM Institut Teknologi Bandung (2005), "*Trial Matras Bambu pada Tanah Lunak, Lokasi Tambak Oso, Jawa Timur*".
- Terzaghi, K. (1967), "*Soil Mechanics in Engineering Practice, Second Edition*", Wiley, New York.
- Tomlinson, M. J. (1977), "*Pile Design and Construction Practice*", A Viewpoint Publication, London.