



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH SIKLUS PEMBASAHAN DAN PENGERINGAN
TERHADAP KUAT GESER TANAH EKSPANSIF YANG
DISTABILISASI DENGAN SEMEN DAN PASIR MELALUI UJI
TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI TAK TERDRAINASE**

SKRIPSI

**VANDEMORA
0606072780**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA
DEPOK
JANUARI 2011**

994/FT.01/SKRIP/01/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH SIKLUS PEMBASAHAN DAN PENGERINGAN
TERHADAP KUAT GESER TANAH EKSPANSIF YANG
DISTABILISASI DENGAN SEMEN DAN PASIR MELALUI UJI
TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI TAK TERDRAINASE**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

VANDEMORA

0606072780

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2011**

994/FT.01/SKRIP/01/2011



UNIVERSITY OF INDONESIA

**THE EFFECT OF DRYING - WETTING CYCLES TO SHEAR
STRENGTH OF EXPANSIVE SOIL STABILIZED BY
CEMENT AND SAND THROUGH CONSOLIDATED
UNDRAINED TRIAXIAL TEST**

FINAL PROJECT

**Submitted as a partial fulfillment of the requirement for the degree of
Bachelor of Engineering**

**VANDEMORA
0606072780**

**FACULTY OF ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JANUARY 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Vandemora


NPM : 0606072780

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Januari 2011

PAGE OF ORIGINALITY STATEMENT

I declare that this undergraduate thesis is the result of my own research,
and all of the references either quoted or cited here
have been stated clearly.

Name : Vandemora
NPM : 0606072780
Signature : 
Date : January, 6th 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Vandemora

NPM : 0606072780

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Siklus Pembasahan Dan Pengeringan Terhadap
Kuat Geser Tanah Ekspansif Yang Distabilisasi Semen
Dan Pasir Melalui Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak
Terdrainasi.

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. Wiwik Rahayu DEA.

()

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

()

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

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Januari 2011

STATEMENT OF LEGITIMATION

The final report is submitted by

Name : Vandemora
NPM : 0606072780
Study Program : Civil Engineering
Title of final report : The Effect of Drying-Wetting Cycles to Shear Strength of Expansive Soil Stabilized by Cement and Sand through Consolidated Undrained Triaxial Test.

Has been succesfully defended in front of the Examiners and accepted as part of the necessary requirements to obtain Bachelor Engineering Degree in Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, University of Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

Councilor : Dr. Ir. Wiwik Rahayu DEA.

()

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

()

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

()

Approved at : Depok

Date : January, 6th 2011

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan YME atas segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Wiwik Rahayu M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
2. Ir. Widjojo A. Prakoso M.Sc., Ph.D dan Dr. Ir. Damrizal Damoerin M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritikan maupun masukan-masukan yang berharga dalam penulisan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar DTS FTUI yang telah memberikan ilmu mereka kepada saya selama saya mengikuti perkuliahan di Universitas. Jasa Bapak dan Ibu tidak dapat saya balas Satu per satu.
4. Laboran-laboran di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil UI, Pak Sunarto, Pak Wardoyo, dan Mas Anto yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan dalam skripsi ini.
5. Staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil UI, Mbak Wati, Pak Kasim, Bang Yali, Bang Hamid, Mbak Dian, Mba Mini, Mba Ami, yang selalu ramah dan banyak membantu.
6. Kedua orang tua terbaik saya, kakak, dan adik – adik saya, dan segenap keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan baik material maupun moral.
7. Tim peneliti Tanah Ekspansif Cikarang (Pudia, Zaki, Denny, Prima, Daden, dan Lani) yang saling bahu membahu dalam penelitian ini.

8. Seluruh sahabat saya Teknik Sipil angkatan 2006 Universitas Indonesia pada umumnya dan *geotekers* khususnya, yang selama ini saling memberikan dukungannya satu sama lain. Semoga kita tetap solid, kawan.

Saya menyadari bahwa skripsi ini banyak sekali kekurangannya karena keterbatasan penulis. Oleh Karena itu perlu diperlukan saran atau penelitian yang berkelanjutan untuk melengkapi skripsi ini Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Depok, 6 Januari 2011



Penulis

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

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

Nama : Vandemora
NPM : 0606072780
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

Pengaruh Siklus Pembasahan Dan Pengeringan Terhadap Kuat Geser Tanah Ekspansif Yang Distabilisasi Semen Dan Pasir Melalui Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 6 Januari 2011

Yang menyatakan



Vandemora

ABSTRAK

Nama : Vandemora
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Siklus Pembasahan Dan Pengeringan Terhadap Kuat Geser Tanah Ekspansif Yang Distabilisasi Semen Dan Pasir Melalui Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi

Penelitian ini merupakan studi awal mengamati pengaruh siklus basah kering terhadap potensi mengembang dan kuat geser tanah lempung ekspansif Cikarang, Jawa Barat dengan dan tanpa campuran semen dan pasir. Sampel tanah uji dipadatkan pada kadar air optimum standard proctor, kemudian dilakukan uji *One Dimension Swelling Method* dan uji triaksial CU. Untuk satu siklus, dilakukan proses pembasahan selama 4 hari dan pengeringan 3 hari udara tanpa pengecekan kadar air optimum awal. Efek dari siklus basah kering adalah terjadi penurunan potensi mengembang dan meningkatnya kuat geser baik untuk kondisi tanah asli dan tanah campuran.

Kata Kunci:

Tanah Ekspansif, Stabilisasi, Triaksial CU, Siklus Basah Kering, Kuat Geser

ABSTRACT

Nama : Vandemora
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : The Effect of Drying-Wetting Cycles to Shear Strength of Expansive Soil Stabilized by Cement and Sand through Consolidated Undrained Triaxial Test

This research was a preliminary study that investigated the effect of drying-wetting cycle on the swelling potential and the shear strength of the expansive clay sample, which had been taken from Cikarang, West Java, with and without adding the mixture of cement and sand. The expansive clay sample was compacted at the standard proctor optimum moisture content and tested by using the one dimension swelling method and triaxial CU test afterwards. One cycle consists of 4 days of wetting process and 3 days of natural drying process, without the initial optimum moisture content being considered. The effect of drying-wetting showed the decreasing potential of the clay to swell and the increasing shear strength of the expansive clay on both the original expansive clay and the expansive clay with the cement and sand mixture.

Key Words:

Expansive Soil, Stabilization, Triaksial CU, Drying-Wetting Cycles, Shear Strength.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanah Lempung Ekspansif.....	5
2.1.1 Pengertian Lempung Ekspansif	5
2.1.2 Proses Terjadinya Tanah Lempung Ekspansif.....	8
2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Kembang Susut Tanah Ekspansif.....	9
2.1.4 Identifikasi Tanah Ekspansif	11
2.2 Kuat Geser Tanah Lempung	16
2.2.1 Kriteria Keruntuhan Mohr Coloumb	16
2.2.2 Konsep Kondisi Kritis	20
2.3 Studi Stabilisasi Tanah Ekspansif	23
2.3.1 Umum	23
2.3.2 Bahan-Bahan Stabilisasi Tanah	24
2.3.2.1 Pasir.....	24
2.3.2.2 Semen.....	26
2.3.3 Studi Tentang Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Siklus Basah Kering	28
2.4 Penentuan Kuat Geser Tanah Melalui Uji Triaksial	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Kegiatan Umum Penelitian	33
3.2. Kombinasi Campuran dan Persiapan benda Uji.....	35
3.3 Pengujian Indeks Properties dan Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif	37
3.3.1 Batas - Batas Atteberg dan Uji Specific Gravity	38
3.3.2 Analisa Butiran (Sieve Analysis).....	37
3.3.3 Penentuan Kadar air Optimum dengan Pemadatan Tanah	38
3.3.3.1 Penentuan Kadar air Optimum.....	38
3.3.3.2 Pemadatan Tanah	39
3.3.4 Uji Mineral dan SEM.....	40
3.3.5 Test Pengembangan Satu Dimensi (Swelling Test).....	40

3.4	Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi (CU)	41
3.4.1	Tahap Saturasi	42
3.4.2	Konsolidasi	43
3.4.3	Tahap Kompresi	44
BAB IV HASIL DAN ANALISA UJI LABORATORIUM		45
4.1.	Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif	45
4.1.1.	Hasil Uji Mineral Lempung	45
4.1.2.	Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Asli	46
4.1.3.	Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Campuran (Tanah Asli + Campuran Semen dan Pasir)	47
4.2	Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir serta Penambahan Jumlah Siklus Basah kering Terhadap Potensi Mengembang	51
4.3	Hasil dan Analisa Pengujian Tanah Asli dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi dengan Penambahan Siklus Basah Kering	53
4.3.1	Deviator Stress (q) vs Tegangan Efektif (p')	54
4.3.2	Deviator Stress (q) vs Regangan (ϵ)	56
4.3.3	Regangan (ϵ) vs Δu	57
4.3.4	$\ln(p')$ vs Volume Spesifik (v).....	59
4.4	Hasil dan Analisa Pengujian Tanah Campuran Semen dan Pasir dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi dengan Penambahan Siklus Basah Kering.....	61
4.4.1	Deviator Stress (q) vs Tegangan Efektif (p')	62
4.4.2	Deviator Stress (q) vs Regangan (ϵ)	63
4.4.3	Regangan (ϵ) vs Δu	65
4.4.4	$\ln(p')$ vs Volume Spesifik (v).....	67
4.5	Analisa Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi	69
4.5.1	Terhadap Tegangan Deviator	69
4.5.2	Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah	69
BAB V PENUTUP		72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....		74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mineral Lempung Kaolinit, Illit, Montmorillonite.....	8
Gambar 2.2	Persebaran Tanah Ekspansif di Pulau Jawa (Sumber Departemen PU, Maret 1995)	9
Gambar 2.3	Grafik Identifikasi Van der Merwe (1964).....	13
Gambar 2.4	Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan (Seed et.al. 1962).....	15
Gambar 2.5	Kondisi Tegangan pada Keadaan Runtuh (R.F. Craig 1994).....	17
Gambar 2.6	Alternatif yang Menggambarkan Kondisi Tegangan (R.F. Craig, 1994).....	18
Gambar 2.7	Lintasan Tegangan atau Stress Path (Craig, 2001).....	19
Gambar 2.8	Bentuk Lintasan Tegangan Untuk Tes Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi (CU) pada Lempung Terkonsolidasi Normal [RF Craig, 1994].....	19
Gambar 2.9	Bentuk Lintasan Tegangan Untuk Tes Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi (CU) pada Lempung Terkonsolidasi berlebihan atau Overconsolidated [RF Craig, 1994]	19
Gambar 2.10	Lintasan Tegangan Efektif pada Lempung Terkonsolidasi Normal [RF Craig,1994]	20
Gambar 2.11	Kurva Konsolidasi pada Lempung Terkonsolidasi Normal [RF. Craig, 1994].....	21
Gambar 2.12	Plot 3 Dimensi Gabungan dari Gambar 2.20 dan Gambar 2.21 ..	22
Gambar 2.13	Proyeksi Critical State Line Bidang v-p' pada bidang v-ln (p') [RF. Craig, 1994].....	23
Gambar 3.1	Diagram alir percobaan	34

Gambar 3.2	Diagram Alir untuk Uji Triaksial CU (dengan Siklus Pembasahan dan Pengeringan	35
Gambar 4.1	Derajat Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Kriteria Seed (1962)	47
Gambar 4.2	Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai Berat Spesifik (Zaki AG,2010)	48
Gambar 4.3	Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai <i>Liquid Limit</i> (Zaki AG,2010)	49
Gambar 4.4	Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai <i>Plastic Limit</i> (Zaki AG,2010).....	49
Gambar 4.5	Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai <i>Plasticity Index</i> (Zaki AG,2010)	49
Gambar 4.6	Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Derajat Pengembangan Tanah Ekspansif (Zaki AG,2010).....	50
Gambar 4.7	Efek Bahan Stabilisasi Terhadap Hasil Pengujian Standard Proctor	51
Gambar 4.8	Hubungan Persentase Mengembang Terhadap Siklus Basah Kering	52
Gambar 4.9	Hubungan Tekanan Mengembang Terhadap Siklus Basah Kering	52
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Tanah Asli 0 siklus (Zaki AG,2010)	55
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Tanah Asli 1 siklus	55
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Tanah Asli 2 siklus	55
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Tanah Asli 0 siklus (Zaki AG,2010)	56

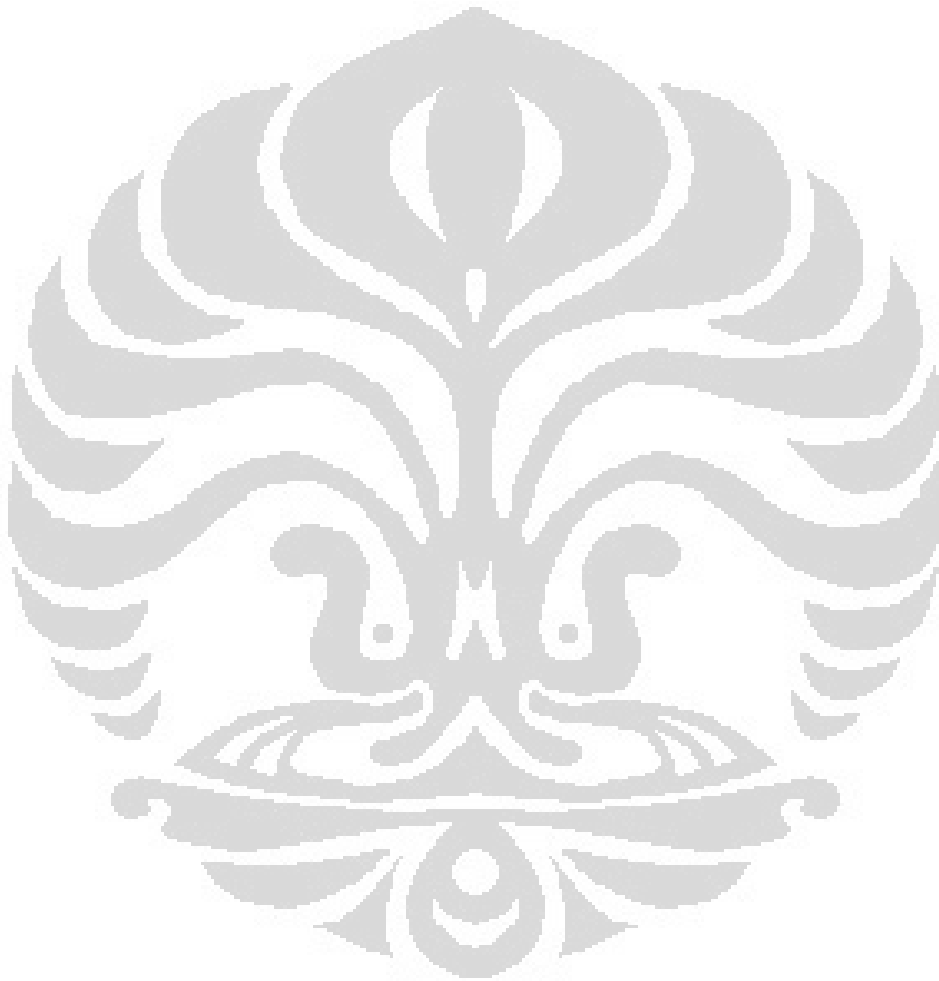
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Tanah Asli 1 siklus	56
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Tanah Asli 2 siklus	56
Gambar 4.16	Grafik Regangan (ϵ) Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Asli 0 siklus (Zaki AG,2010)	58
Gambar 4.17	Grafik Regangan (ϵ) Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Asli 1 siklus	58
Gambar 4.18	Grafik Regangan (ϵ) Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Asli 2 siklus	58
Gambar 4.19	Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Asli 0 Siklus (Zaki AG,2010)	60
Gambar 4.20	Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Asli 1 Siklus	60
Gambar 4.21	Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Asli 1 Siklus	60
Gambar 4.22	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG,2010) ...	62
Gambar 4.23	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Campuran 1 Siklus	62
Gambar 4.24	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Campuran 2 Siklus	62
Gambar 4.25	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG,2010)	64
Gambar 4.26	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Campuran 1 Siklus	64
Gambar 4.27	Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Campuran 2 Siklus	64

Gambar 4.28	Grafik Regangan Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG,2010)	66
Gambar 4.29	Grafik Regangan Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Campuran 1 Siklus	66
Gambar 4.30	Grafik Regangan Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Campuran 2 Siklus	66
Gambar 4.31	Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG, 2010)	68
Gambar 4.32	Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Campuran 1 Siklus	68
Gambar 4.33	Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Campuran 2 Siklus	68
Gambar 4.34	Kuat Geser Tanah Asli dan Tanah Campuran Semen dan Pasir Setelah Mengalami Siklus Basah Kering	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kisaran kapasitas tukar kation (Chen,1975)	6
Tabel 2.2	Korelasi Indeks Uji dengan Tingkat Pengembangan (Holtz & Gibs, 1956)	14
Tabel 2.3	Korelasi Indeks Plastisitas dengan Tingkat Pengembangan (Chen, 1967)	14
Tabel 2.4	Nilai Aktivitas dengan Potensi Pengembangan (Skempton, 1953).....	15
Tabel 2.5	Hubungan antara Jenis Mineral dengan Tingkat Keaktifan (Skempton, 1953).....	16
Tabel 4.1	Hasil Uji Sifat Fisis Tanah Asli (Zaki AG,2010)	46
Tabel 4.2	Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Batas-Batas Atterberg (Zaki AG,2010)	48
Tabel 4.3	Pengaruh Bahan Sabilisasi Terhadap Nilai Berat Kering Maksimum (Zaki AG,2010).....	50
Tabel 4.4	Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Asli 0 Siklus (Zaki AG,2010)	57
Tabel 4.5	Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Asli 1 Siklus	57
Tabel 4.6	Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Asli 2 Siklus	57
Tabel 4.7	Perbandingan Parameter λ , N , dan Γ Tanah Ekspansif Asli yang Telah Mengalami Penambahan Jumlah Siklus Basah Kering	69
Tabel 4.8	Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG,2010)	65
Tabel 4.9	Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Campuran 1 Siklus	65
Tabel 4.10	Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Campuran 2 Siklus	65

Tabel 4.11	Perbandingan Parameter λ , N, dan Γ Tanah Campuran Yang Telah Mengalami Penambahan Jumlah Siklus Basah Kering	67
Tabel 4.12	Perbandingan Parameter Kekuatan Geser Tanah Asli dengan Uji Triaksial CU yang Telah Mengalami Penambahan Jumlah Siklus Basah Kering.....	70
Tabel 4.13	Perbandingan Parameter Kekuatan Geser Tanah Campuran Semen dan Pasir dengan Uji Triaksial CU yang Telah Mengalami Penambahan Jumlah Siklus Basah Kering.....	70



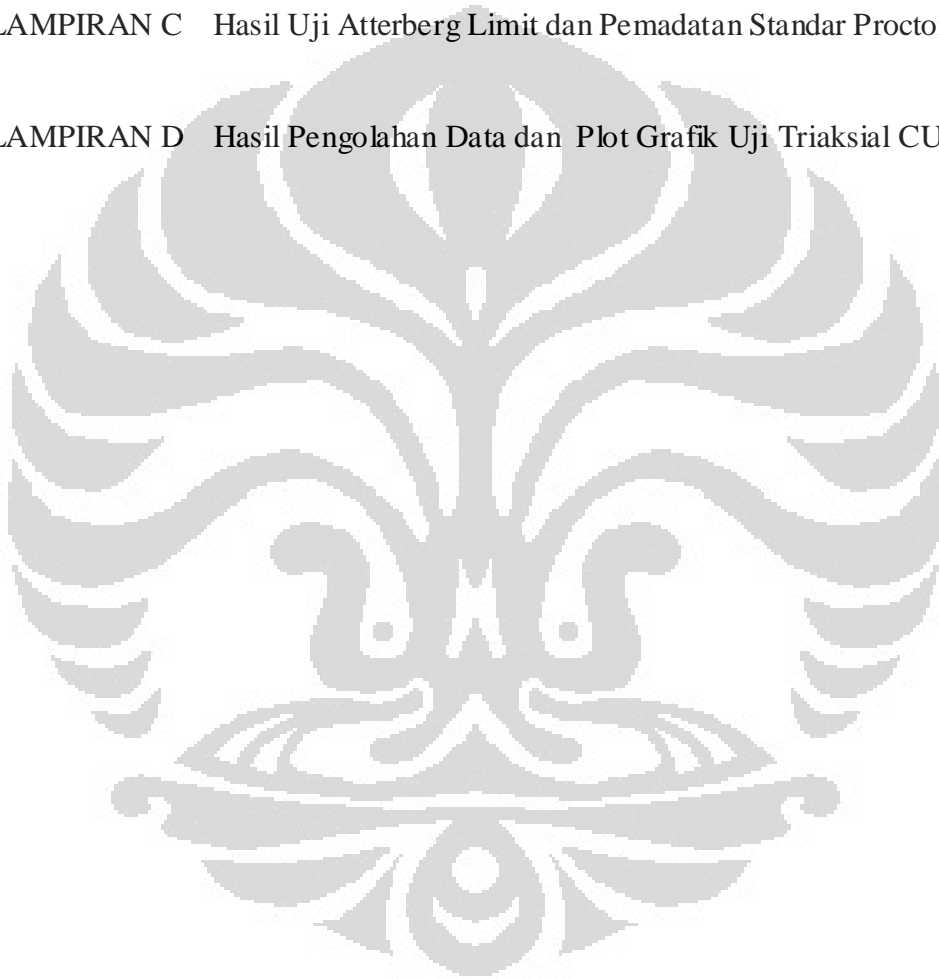
DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Hasil Uji Mineralogi Tanah Ekspansif (Balai Keramik, Bandung)

LAMPIRAN B Foto Uji Laboratorium, Uji SEM, Alat Triaksial CU

LAMPIRAN C Hasil Uji Atterberg Limit dan Pemasatan Standar Proctor

LAMPIRAN D Hasil Pengolahan Data dan Plot Grafik Uji Triaksial CU



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah adalah elemen yang penting dalam sebuah pekerjaan konstruksi. Salah satu komponen utama yang berkaitan dengan kekuatan fisik bangunan dan seluruh komponen yang mendukungnya adalah kestabilan tanah. Berbeda dengan material lainnya, tanah memiliki sifat dan perilaku berbeda satu sama lain bila dilakukan pembebanan terhadapnya sesuai dengan jenis dan lokasi dari tanah itu sendiri. Oleh karena itu, harus diteliti terlebih dahulu sifat fisik dan karakteristik tanah tersebut untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menahan beban yang akan dipikul di atasnya. Hal ini harus dilakukan karena tanah terdiri dari beberapa campuran partikel yang proses pembentukannya sangat beragam, tidak tekecuali tanah ekspansif.

Fenomena tanah lempung ekspansif merupakan persoalan yang cukup mengkhawatirkan dalam bidang geoteknik yang harus segera diatasi. Potensi mengembang tanah ekspansif merupakan masalah yang serius untuk bangunan – bangunan yang ada disekitarnya. Deformasi dari pengembangan ini biasanya tidak dapat ditanggung oleh kekakuan struktur sebuah konstruksi. Akibat yang bisa dilihat seperti terangkatnya struktur pelat, rusaknya dinding, rusaknya struktur jalan dan sebagainya. Masalah tanah ekspansif timbul sebagai adanya perubahan kadar air yang dikandung tanah tersebut dan jenis mineral yang ada pada tanah memberikan pengaruh terhadap penyerapannya. Untuk menyelesaikan masalah mengenai tanah ekspansif ada beberapa alternatif yang dapat diambil, antara lain dengan memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada dengan atau tanpa tambahan, sehingga didapat sifat-sifat yang diinginkan.

Untuk Stabilisasi tanah lempung ekspansif pada penelitian ini, digunakan bahan semen portland dan bahan tambahan pasir. Semen sudah banyak dipakai untuk memperbaiki sifat – sifat tanah yang tidak menguntungkan pada berbagai penelitian sebelumnya. Sedangkan pasir dipakai untuk memanfaatkan gaya gesekan yang dapat membentuk ikatan lempung.

Sampai saat ini belum banyak studi penelitian mengenai tanah lempung ekspansif. Hal utama yang harus diperhatikan terhadap tanah lempung ekspansif adalah perilaku pengembangannya. Jenis mineral yang dikandung tanah ini menyebabkan kuatnya kemampuan tanah ini untuk menyerap air. Tanah lempung ekspansif umumnya memiliki interval batas cair dengan batas plastis yang besar. Untuk mempelajari hal ini dilakukan penelitian kuat geser tanah ekspansif terhadap pengaruh siklus pembasahan dan pengeringan dengan tanah yang sudah distabilisasi atau di campur dengan semen dan pasir.

Uji laboratorium yang dilakukan adalah Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainase. Pada tugas akhir ini, objek yang akan diteliti adalah tanah ekspansif yang diambil dari perumahan The Elysium Delta Silikon 1 Lippo Cikarang. Parameter tanah ekspansif yang terpengaruh kadar air yang akan dilakukan penelitiannya pada tugas akhir ini adalah potensi mengembang (*swelling percentage* dan *swelling preassure*) dan kuat geser tanah (*shear strength*).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati dan mengetahui potensi mengembang atau swelling (*swelling percentage* dan *swelling preassure*) tanah ekspansif, perilaku dan besar nilai terukur kuat geser tanah ekspansif dengan penambahan bahan stabilisasi yaitu semen dan pasir akibat pengaruh siklus pembasahan dan pengeringan dengan uji Triaksial CU.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini di bagi atas sejumlah uji laboratorium terhadap contoh tanah terganggu (*disturb*). Pengamatan pertama yang dilakukan adalah uji indeks properties tanah yang meliputi uji batas atterberg, distribusi butiran, berat jenis tanah, dan kadar lempung untuk mengidentifikasi tanah ekspansif. Pengamatan kedua meliputi uji penentuan kepadatan untuk mencari kadar air optimum contoh tanah terpadatkan, untuk persiapan uji potensi pengembangan dan kuat geser tanah ekspansif. Yang ketiga adalah uji potensi mengembang dengan tanah

lempung ekspansif yang sudah di campur bahan stabilisasi semen dan pasir menggunakan oedometer dan kuat geser tanah ekspansif dengan uji triaksial CU.

1.4 Metode Penelitian

Metode penelitian dan pengumpulan data pada skripsi ini menggunakan studi pustaka dan studi eksperimen. Studi pustaka yaitu dengan cara mencari referensi-referensi dari buku-buku literatur dan jurnal-jurnal. Studi eksperimen yaitu mempraktekkan secara langsung percobaan-percobaan di laboratorium. Pengujian kekuatan geser menggunakan uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi.

1.5 Batasan Masalah

Pengamatan contoh uji tanah merupakan tanah yang dipadatkan yang diambil dari contoh tanah terganggu. Tinjauan perilaku mengembang dan kuat geser merupakan dua bagian yang berbeda, masing-masing pengamatan tidak saling berhubungan.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan menguraikan mengenai latar belakang, deskripsi masalah, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian mengenai tanah lempung ekspansif ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab Tinjauan Pustaka ini akan di bahas :

- Mengenai tanah ekspansif yang merupakan contoh tanah yang digunakan dalam penelitian ini.
- Teori kekuatan geser tanah dan metode yang di gunakan untuk menganalisa kekuatan geser tanah.
- Teori pengujian Triaksial dalam berbagai kondisi.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab tiga akan menerangkan mengenai rangkaian kegiatan penelitian dan prosedur pengujian di laboratorium, termasuk di dalamnya pembuatan contoh tanah hingga uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi.

BAB IV HASIL dan ANALISIS PENELITIAN

Bab ini berisikan hasil perhitungan pengujian laboratorium dan analisis data dari hasil tersebut sehingga dari hasil perhitungan tersebut didapat kesimpulan mengenai siklus basah kering terhadap kuat geser tanah ekspansif.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini penulis memberikan kesimpulan hasil penelitian ini dan saran untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

Sistematika Penulisan ini diharapkan akan mendapatkan hasil penelitian yang teratur sehingga pada akhirnya mudah di pahami dan di mengerti bagi pembaca dan peneliti selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung Ekspansif

2.1.1 Pengertian Lempung Ekspansif

Kebanyakan masalah tanah dalam ilmu teknik sipil adalah tanah lempung yang merupakan tanah kohesif. Tanah ekspansif merupakan salah satu tanah kohesif yang juga merupakan kumpulan dari partikel mineral yang mempunyai tingkat sensitifitas tinggi terhadap perubahan kadar air sehingga perilaku tanah sangat tergantung pada komposisi mineral, unsur kimia, tekstur, dan partikel serta pengaruh lingkungan. Mineralogi merupakan faktor utama untuk mengetahui kontrol ukuran, bentuk, sifat fisik dan kimia dari partikel tanah. Mineral lempung merupakan gugusan kristal berukuran mikro yang terbentuk dari proses pelapukan batuan induknya. Mineral ini terdiri dari dua lempeng kristal pembentuk kristal dasar yaitu *tetrahedral* atau *silicia* dan *octahedral* atau *alumina* dimana satuan – satuan dasar tersebut bersatu membentuk suatu lembaran (Holtz & Kovacs, 1981). Terdapat ratusan mineral lempung yang telah teridentifikasi namun yang sering dibahas dalam persoalan geoteknik hanya sebagian kecil saja (Lambe & Whitman, 1969). Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan kadar air dengan memperlihatkan perubahan volume yang besar dan penurunan *shear strength*.

Berdasarkan pengelompokan jenis mineral pembentukan lempung, yang tergolong dalam kelompok ini adalah *montmorillonite* yang merupakan mineral yang sangat bermasalah dalam geoteknik karena sifatnya yang ekspansif. Mineral lainnya yang memiliki sifat ekspansif meliputi *illite* dan *vermicullite*. Namun, kemampuan mengembangnya tidak seaktif *montmorillonite*.

Montmorillonite merupakan mineral lempung yang satuan susunan kristalnya terbentuk dari susunan dua lempeng *silica tetrahedral* mengapit satu lempeng *alumina octahedral* ditengahnya. Karena polanya yang sedemikian rupa, mineral ini sering disebut mineral 2:1. Tebal susunan kristalnya adalah $9,6 \text{ \AA}$ atau 0,96 nm. Ukuran gugus kristal *montmorillonite* ini sangat kecil dan sangat kuat untuk menarik air. Tanah yang mengandung mineral ini sangat mudah untuk

mengembang. Rumus kimia untuk mineral *montmorillonite* ini adalah $(\text{OH})_4 \text{Si}_8 (\text{Al}_{3.34} \text{Mg}_{66}) \text{O}_{20}$, $(\text{OH})_4 (\text{Si}_{7.34} \text{Al}_{66}) \text{Fe}_4 \text{O}_{20}$ dan $(\text{OH})_4 (\text{Si}_{7.34} \text{Al}_{66}) \text{Mg}_4 \text{O}_{20}$.

Illite memiliki formasi struktur satuan kristal yang hampir sama dengan *montmorillonite*. Perbedaannya yaitu terdapat kurang lebih 20% pergantian silikon (Si) oleh aluminium (Al) pada lempeng *tetrahedral* dan yang kedua adalah antar satuan kristal terdapat kalium (K) yang berfungsi sebagai penyeimbang muatan dan pengikat antar satuan kristal. Rumus kimia untuk *illite* adalah $(\text{OH})_4 \text{K}_y (\text{Si}_{8-y} \text{Al}_y) (\text{Al}_4 \text{Mg}_6 \text{Fe}_4 \text{Fe}_6) \text{O}_{20}$.

Chlorite terbentuk dari struktur lempeng kristal berurutan masing – masing adalah satu lempeng *silica*, satu lempeng *alumina*, satu lempeng *silica* dan satu lempeng *gibbsite*. Mineral ini sering juga disebut mineral 2:1:1. *Chlorite* dapat mengalami pergantian isomorf dan kehilangan lapisan lempeng *brucite* atau *gibbsite*. Akibatnya, *chlorite* memiliki kemampuan untuk mengembang namun tidak sebesar *montmorillonite*. Rumus kimia umum untuk *chlorite* adalah $(\text{OH})_4 (\text{Si Al})_8 (\text{Mg Fe})_6 \text{O}_{20}$ dan $(\text{OH})_4 (\text{Mg Al})_6 \text{O}_{20}$.

Kaolinit disebut mineral lempung 1:1. Bagian dasar struktur ini adalah lembaran tunggal *silica tetrahedra* yang digabung dengan satu lembaran *alumina oktahedran (gibbsite)* membentuk satu unit dasar dengan tebal 7,2 Å. Hubungan antar unit dasar ditentukan oleh ikatan hidrogen dan gaya bervalensi sekunder.

Chen (1975) membedakan jenis mineral lempung berdasarkan pada tebal dan diameter partikel, luas permukaan spesifik butirandan kapasitas pertukaran kation.

Tabel 2.1 Kisaran Kapasitas Tukar Kation (Chen,1975)

	<i>Kaolinite</i>	<i>Illite</i>	<i>Montmorillonite</i>
<i>Particle thickness</i>	(0,5 – 2) μm	(0,003 – 0,1) μm	< 9,5 Å ⁰
<i>Particle diameter</i>	(0,5 – 4) μm	(0,5 – 10) μm	(0,05 – 10) μm
<i>Specific surface (sq. m/gram)</i>	10 -20	65 – 180	50 – 840
<i>Cation exchange capacity (millequivalents per 100 g)</i>	3 – 15	10 – 40	70 – 80

Karakteristik tanah ekspansif dipengaruhi oleh dua hal, yaitu faktor mikroskopik dan faktor makroskopik. Faktor mikroskopik adalah mineralogi tanah dan perilaku kimiawi tanah. Sedangkan yang dimaksud dengan faktor

makroskopik adalah properti tanah secara fisik antara lain plastisitas dan berat volume tanah. Faktor makroskopik tanah ekspansif dipengaruhi oleh perilaku mikroskopiknya.

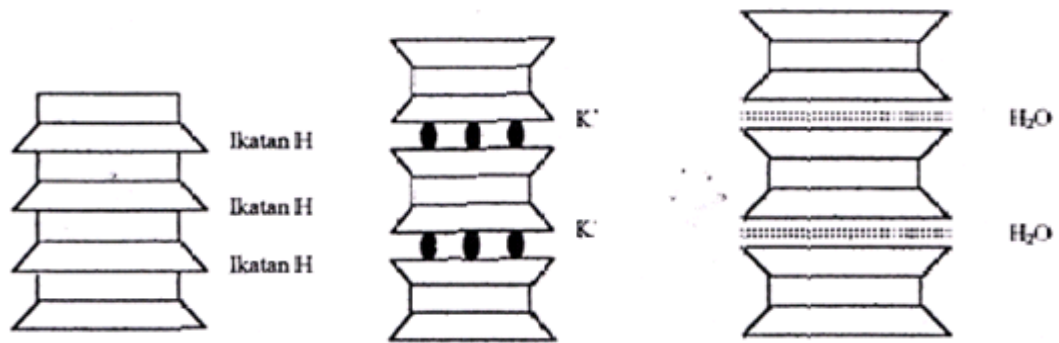
Ada beberapa hal yang termasuk faktor mikroskopik tanah ekspansif yang menyebabkan tanah ekspansif mengalami kembang susut, antara lain mineralogi tanahnya, perilaku kimiawi tanah dan jumlah exchangeable cation (*cation exchange capacity*) serta besarnya specific surface dari partikel tanah (Chen,1985). Karakteristik makro tanah ekspansif adalah yang biasanya menunjukkan perilaku kembang susut tanah. Batas atterberg merupakan salah satu parameter termasuk karakteristik makro tanah yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui potensi kembang susut tanah.

Dilihat dari skala makronya, karakteristik tanah ekspansif yang berpotensi besar untuk mengalami kembang susut, secara umum mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- Mempunyai harga batas cair dan indeks plastisitas tinggi.
- Mempunyai harga batas swelling index (Cs) yang besar.
- Mempunyai kandungan karbon organik, clay. Montmorillonite yang besar.
- Arah atau deformasi volume biasanya bersifat isotropic

Banyak cara yang dilakukan untuk memahami perilaku dan akibat yang ditimbulkan oleh lempung ekspansif. Menurut Gromko (1974), ada beberapa alasan yang menyebabkan struktur bangunan di atas lempung ekspansif mengalami pergerakan. Penyusutan pada tanah karena berkurangnya jumlah air sebagai akibat dari peristiwa penguapan secara langsung maupun melalui tumbuh – tumbuhan, atau peningkatan kandungan air pada tanah. Keduanya merupakan penyebab pergerakan pada lempung ekspansif. Demikian pula dengan kondisi alam di sekitar lokasi lempung ekspansif berada juga berperan penting terhadap perilaku tanah tersebut. Frekuensi hujan, laju penguapan, serta luas dan ketebalan tanah termasuk aktivitas lempungnya, pada akhirnya juga akan menjadi penyebab pergerakan pada lempung ekspansif.

Berikut adalah gambar struktur dari ketiga mineral tersebut



Gambar 2.1 Mineral Lempung Kaolinit, Illit, Montmorillonite

2.1.2 Proses Terjadinya Tanah Lempung Ekspansif

Mineral lempung terbentuk dari sejumlah proses alam seperti pelapukan dan sedimentasi. Pembentukan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti iklim, jenis tumbuhan yang ada pada lapisan tanah, topografi, batuan induk dan lamanya proses alam tersebut berlangsung.

Material induk yang berhubungan erat dengan tanah lempung ekspansif dibagi menjadi dua kelompok. Yang pertama terdiri dari batuan beju dasar, seperti basalt di India, *delorite sills* dan *selorite dykes* di Afrika Selatan. Kelompok yang kedua terdiri atas batuan sedimen yang mengandung *montmorillonite* sebagai satu konstituen yang terurai secara fisik menjadi tanah ekspansif. Proses ini terjadi di Amerika Utara dan Israel.

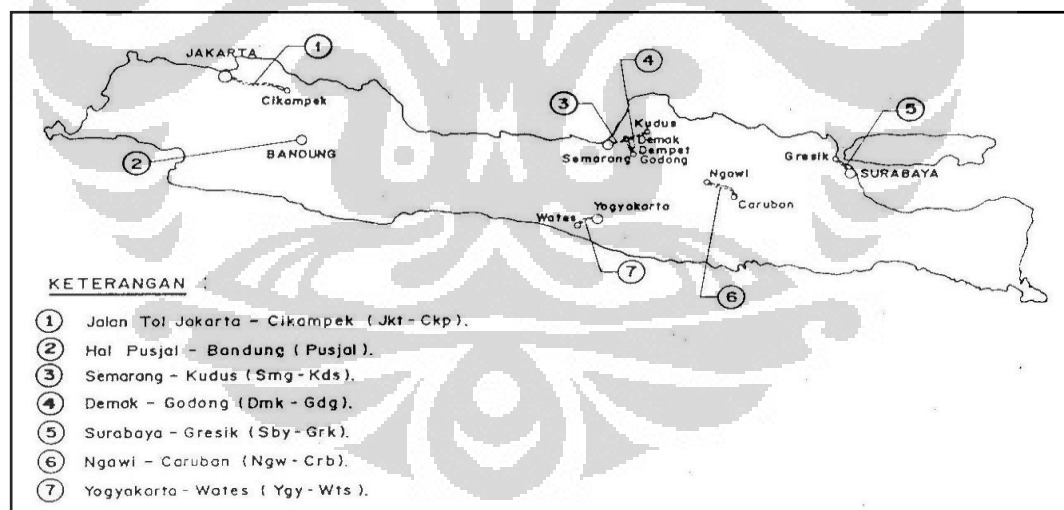
Montmorillonite terbentuk dari dua sumber terpisah. Hasil pelapukan dan erosi batuan – batuan dari dataran tinggi dialirkan oleh arus ke pantai atau dataran rendah lainnya. Partikel halus tanah sering sekali menjadi shale terkumpul ke laut. Sementara debu yang keluar dari erupsi vulkanik dapat jatuh ke dataran rendah dan laut. Debu ini kemudian berubah menjadi *montmorillonite*. Jadi pada dua tempat ini (dataran rendah dan laut), *montmorillonite* yang ada berasal dari dua lokasi yang berbeda yaitu pengaliran air dari dataran tinggi dan dari debu vulkanik.

Untuk tanah lempung ekspansif di Jawa Barat, Himawan menjelaskan melalui sejarah proses evolusi geologi wilayah Jawa Barat yang mengalami pengangkatan dan penurunan muka laut. Selama itu terjadi pengisian cekungan – cekungan sedimen. Batuan sedimen terbentuk sejak zaman tersier, sebagai endapan pada cekungan – cekungan sedimentasi di lingkungan darat. Ketebalan

sedimen ini lebih dari 6000 m. Batuan sedimen vulkanik menutupi paket sedimen ini sebagai aktivitas vulkanik kuarter setelah Jawa Barat muncul di atas permukaan laut. Batuan vulkanik dan sedimen membentuk ketidak selarasan lapisan.

Batuan sedimen *marine* ini, merupakan pengendapan erupsi gunung berapi sebelum zaman kuarter di Indonesia hingga *tuff*. Dengan kondisi kandungan komposisi mineralogi pegendapannya yang mengalami dekomposisi, maka tipe tanah yang dihasilkan lebih banyak mengandung mineral lempung *montmorillonite*, *illite*, dan *haloysite*, sehingga bersifat ekspansif. Paket sedimen dan endapan vulkanik kuarter yang menghasilkan tanah ekspansif khususnya Jawa Barat, penyebarannya dikelompokan sebagai berikut :

- Formasi Cinambo, meliputi wilayah Majalengka.
- Formasi Subang, wilayah Purwakarta sampai Majalengka.
- Formasi Pemali, Formasi Halan, dan Formasi Rambatan, meliputi Majalengka sampai Banyumas.
- Formasi Tapak, Majalengka sampai Banyumas..



Gambar 2.2 Persebaran Tanah Ekspansif di Pulau Jawa (Sumber Departemen PU, Maret 1995)

2.1.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kembang Susut Tanah Ekspansif

Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya potensi kembang susut tanah lempung ekspansif diantaranya :

1. Karakteristik Tanah

Adalah faktor yang dimiliki oleh tanah itu sendiri. Makin banyak tanah mengandung mineral lempung *montmorillonite* maka potensi kembang susut yang dimiliki oleh tanah tersebut akan semakin besar. Demikian pula indeks plastisitas (IP). Semakin tinggi IP maka potensi kembang susut akan tinggi pula.

2. Faktor lingkungan

Seperti yang telah diketahui bahwa tanah ekspansif akan mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan kadar air. Perubahan kadar air ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti :

- Tanah ekspansif dengan kadar air rendah atau hisapan yang tinggi akan menarik air lebih kuat dibanding tanah yang sama dengan kadar air yang lebih tinggi.
- Variasi presipitasi dan evapotransi mempengaruhi perubahan kadar air.
- Keberadaan fasilitas drainase, irigasi dan kolam akan memungkinkan tanah memiliki akses terhadap sumber air.
- Tanah dengan permeabilitas tinggi khususnya pada massa tanah, memungkinkan migrasi air secara lebih cepat sehingga mempercepat pengembangan.
- Peningkatan suhu menyebabkan kadar air menyebar ke daerah yang lebih dingin di bawah perkerasan atau bangunan.

3. Keadaan Tegangan

Tanah dalam kondisi *overconsolidated* lebih ekspansif jika dibandingkan tanah dalam kondisi *normally consolidated* dengan angka pori yang sama. Proses pengeringan dan pembasahan yang berulang – ulang cenderung mengurangi potensi pengembangan sampai suatu keadaan yang stabil. Pengembangan terjadi akibat adanya pergerakan gaya antar partikel. Oleh karena itu, besarnya pembebanan akan menyeimbangkan gaya antar partikel sehingga akan mengurangi besarnya pembebanan.

Biasanya suatu lempung diperkirakan mempunyai sifat pengembangan yang besar apabila memiliki indeks plastisitas (PI) lebih besar dari 20 % (nilai referensi). Lebih lanjut Bowles (1986) menambahkan bahwa pengembangan pada

tanah lempung terjadi apabila kadar airnya bertambah. Sedangkan penyusutan terjadi apabila kadar airnya berkurang sampai pada batas susutnya. Jadi bisa disimpulkan bahwa terjadinya perubahan volume yang cukup besar pada lempung ekspansif diakibatkan adanya perubahan indeks plastisitas (PI)

Menurut Chen, faktor yang berpengaruh pada proses mengembang tanah lempung ekspansif dapat dilihat pada dua kondisi proses yaitu kondisi di laboratorium dan kondisi di lapangan. Pengembangan yang biasa terjadi di laboratorium merupakan bentuk sederhana pengamatan faktor yang terjadi di lapangan. Faktor – faktor tersebut antara lain kadar mineral *montmorillonite*, waktu pembasahan, kepadatan awal, kadar air awal dan tekanan akibat beban luar. Oleh Chen, selanjutnya dijelaskan proses mengembang di lapangan jauh lebih rumit prosesnya dari yang terjadi di laboratorium. Beberapa faktor tambahan lain seperti iklim, profil tanah, air tanah, dan drainase.

Lebih rinci Iyer mengelompokan faktor – faktor yang berpengaruh pada proses mengembang kedalam tiga kelompok yaitu :

- a. Faktor Komposisi, yang meliputi jenis lempung, kadar lempung, dan komposisi air pori awal.
- b. Faktor Lingkungan, meliputi kadar air awal, kepadatan awal, struktur tanah awal, tingkat kejenuhan awal, komposisi air pengembang dan temperatur.
- c. Faktor Prosedur, meliputi ukuran dan bentuk contoh tanah, kadar gangguan terhadap contoh tanah.

2.1.4 Identifikasi Tanah Ekspansif

Pengidentifikasi untuk mengetahui keberadaan tanah ekspansif dapat dilakukan, dan cara pengidentifikasiannya diuraikan secara rinci oleh O’neill dan Poormoayed (1980) dengan cara sebagai berikut yaitu :

1. Visual

Indikasi alamiah yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif secara visual adalah :

- Karakteristik bongkahan tanahnya : saat keras saat mengering, licin saat dipotong dengan *Scraper* atau *shovel*, memiliki pola

retak tertentu. Lembut dan lengket ketika basah dan meninggalkan sisa ketika diremas dengan telapak tangan.

- Karakteristik di lapangan : fakta – fakta menunjukkan adanya pergerakan pada lereng, retak yang dialami akibat penyusutan dengan jarak yang tetap.
- Pengaruh Tumbuhan yang ada : Jaringan akar terus – menerus menghisap kandungan air pada bagian atas tanah sehingga sifat ekspansifnya masih terjaga. Ketika tanaman hilang karena di atasnya di bangun sebuah struktur, lempung tersebut akan kembali mendapatkan kandungan airnya sehingga mengembang yang akan membahayakan struktur bangunan sekalipun berlangsung lambat.

2. Iklim

Daerah yang mempunyai musim kering yang panjang dan kemudian dilanjutkan oleh musim penghujan lebih rentan terhadap aktifitas lempung ekspansifnya. Ada suatu cara penggolongan tingkat ekspansif suatu tanah berdasarkan iklim yaitu *Thornthwaite Moisture Indeks* yang didefinisikan sebagai perbandingan rata – rata curah hujan per tahun (dalam inch).

3. Pengujian Laboratorium

Pengujian meliputi *atterberg limit* dan analisa hidrometer dapat digunakan untuk mengidentifikasi sifat ekspansif tanah lempung. Tanah yang memiliki batas cair lebih dari 40 persen dan indeks plastisitas lebih besar dari 20 persen dapat dianggap potensial ekspansif.

4. Pengujian di Lapangan

Upaya lain yang dapat dilakukan adalah pengujian di lapangan karena tidak semua lempung ekspansif dapat teridentifikasi. Pengujian di lapangan yaitu dengan memeriksa kadar pH air pada lahan pertanian. Air ini akan bercampur dengan air lain yang mengandung ion bebas sehingga mendorong terjadinya pertukaran

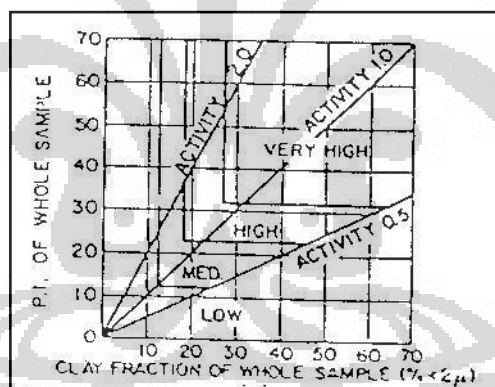
ion. Hal ini dapat menjadi indikasi yang kuat mengenai keberadaan tanah lempung ekspansif.

Selain pengidentifikasian secara visual, cara lain untuk mengidentifikasi tanah ekspansif juga dijelaskan dalam Laporan “Pengembangan Teknologi Penanggulangan Tanah Ekspansif dengan Horizontal Barrier” yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Cara tersebut umumnya menggunakan uji laboratorium seperti uji Atterberg dan presentase kandungan lempung untuk menggambarkan potensi pengembangan suatu tanah secara kualitatif. Identifikasi dapat dianalisis berdasarkan parameter di bawah ini:

a. Batas-Batas Atterberg

- Metode Van der Merwe (1964)

Metode Ven der Merwe menggunakan Indeks Plastisitas (PI) dan fraksi lempung (CF) untuk menggolongkan tanah ke dalam beberapa kelas berdasarkan potensi pengembangannya.



Gambar 2.3 Grafik Identifikasi Van der Merwe (1964)

(Sumber: Laporan Pengembangan Teknologi Penanggulangan Tanah Ekspansif dengan Horizontal Barrier; Departemen Pekerjaan Umum)

- Metode Holtz dan Gibs (1956)

Holtz dan Gibs menyajikan kriteria untuk memperkirakan potensi pengembangan suatu tanah lempung berdasarkan Indeks Plastisitas (PI), batas susut (SL), dan kandungan koloid.

Tabel 2.2 Korelasi Indeks Uji dengan Tingkat Pengembangan (Holtz & Gibs, 1956)
(Sumber: Laporan Pengembangan Teknologi Penanggulangan Tanah Ekspansif dengan
Horizontal Barrier; Departemen Pekerjaan Umum)

Data dari Index Tests			Kemungkinan Pengembangan (%) Perubahan Volume	Tingkat Pengembangan
Coloid Content (%)	PI (%)	SL (%)		
> 28	> 35	< 11	> 30	Sangat Tinggi
20 -31	25 - 41	7 - 12.0	20 -30	Tinggi
13 -23	15 - 28	10 - 16.0	10 - 20.0	Sedang
< 15	< 28	> 15	< 10	Rendah

- Metode Chen (1967)

Chen menggunakan indeks tunggal berdasarkan nilai indeks plastisitas (PI) untuk mengidentifikasi potensi pengembangan tanah ekspansif.

Tabel 2.3 Korelasi Indeks Plastisitas dengan Tingkat Pengembangan (Chen, 1967)
(Sumber: Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan; Departemen Pekerjaan Umum)

PI (%)	Potensi Pengembangan
> 32	Sangat Tinggi
23 – 32	Tinggi
12 – 32	Sedang
< 12	Rendah

b. Tingkat keaktifan (*activity*)

Batas Atterberg dan fraksi lempung dapat dikombinasikan menjadi satu parameter yang dinamakan tingkat keaktifan (*activity*). Pada umumnya, tanah dengan indeks plastisitas (PI) kurang dari 15% tidak akan memperlihatkan perilaku pengembangan. Untuk tanah dengan PI lebih besar dari 15% kadar lempung dan batas Atterbergnya harus diuji. Persamaan berikut untuk menentukan tingkat keaktifan suatu tanah:

$$A_c = \frac{PI}{CF}$$

dengan pengertian:

A_c adalah tingkat keaktifan (tanpa satuan)

PI adalah indeks plastisitas (%)

CF adalah presentase fraksi lempung (%)

Jika dikorelasikan dengan potensi pengembangan, maka tanah lempung dibagi menjadi tiga kelas tingkat keaktifannya, seperti yang diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 2.4 Nilai Aktivitas dengan Potensi Pengembangan (Skempton, 1953)

(Sumber: Laporan Pengembangan Teknologi Penanggulangan Tanah Ekspansif dengan Horizontal Barrier; Departemen Pekerjaan Umum)

Aktifitas (A_c)	Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan
< 0.75	Tidak Aktif	Rendah
$0.75 < A_c < 1.25$	Normal	Sedang
> 1.25	Aktif	Tinggi

Untuk tanah yang dipadatkan dengan pemadatan standar pada kadar air optimum, tingkat keaktifannya ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_c = \frac{PI}{CF - 10}$$

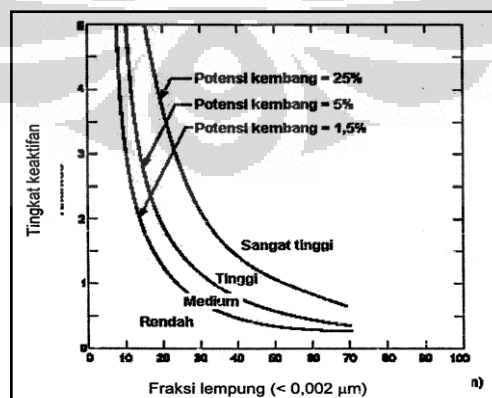
dengan pengertian:

A_c = tingkat keaktifan (tanpa satuan)

PI = indeks plastisitas (%)

CF = presentase fraksi lempung berdiameter < 0.002 mm (%)

Hasil perhitungan tingkat keaktifan dengan persamaan di atas dikaitkan dengan presentase fraksi lempungnya, kemudian diplot ke dalam grafik untuk memperoleh besarnya tingkat potensi mengembang tanah yang dipadatkan.



Gambar 2.4 Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan (Seed et.al. 1962)

(Sumber: Laporan Pengembangan Teknologi Penanggulangan Tanah Ekspansif dengan Horizontal Barrier; Departemen Pekerjaan Umum)

c. Mineral lempung

Mineral lempung merupakan faktor utama yang mengontrol perilaku tanah ekspansif. **Tabel 2.4** memperlihatkan hubungan antara jenis mineral dengan tingkat keaktifan. Dari tabel tersebut terlihat bahwa apabila suatu lempung memiliki kandungan mineral monmorillonite maka tanah tersebut merupakan tanah ekspansif.

Tabel 2.5 Hubungan antara Jenis Mineral dengan Tingkat Keaktifan (Skempton, 1953)

(Sumber: Laporan Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan;
Departemen Pekerjaan Umum)

Mineral	Keaktifan
Kaolinite	0.33 - 0.46
Illite	0.9
Montmorillonite (Ca)	1.5
Montmorillonite (Na)	7.2

2.2 Kuat Geser Tanah Lempung

2.2.1 Kriteria Keruntuhan Mohr-Coloumb

(sumber: Mekanika Tanah; R.F. Craig; 1994)

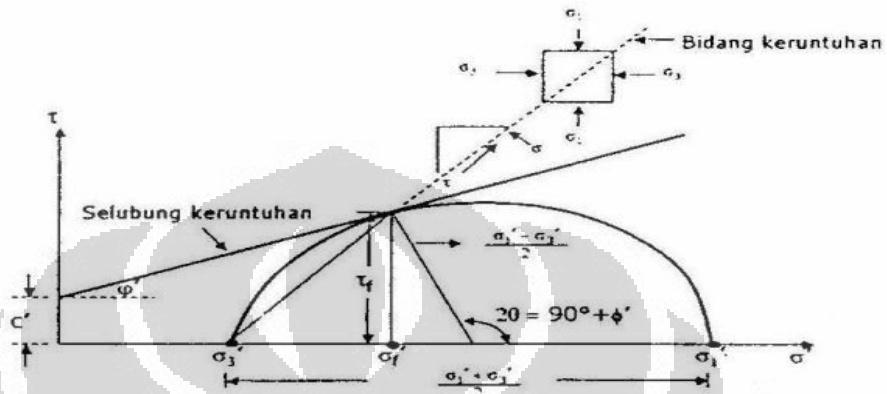
Kuat geser suatu massa tanah adalah sebuah bentuk perlawanan internal tanah tersebut persatuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser yang dimaksud. Kuat geser ini perlu diketahui untuk analisi stabilitas tanah. Kuat geser tanah merupakan kontribusi dari gaya tarik antar partikel tanah yang sering disebut kohesi (c) dan gaya friksi yang besarnya tergantung dari sudut geser dalam tanah (ϕ). Pada tanah lempung pengaruh yang paling besar adalah kohesi, sedangkan pada tanah butiran adalah daya friksi.

Kekuatan geser dapat dinyatakan dalam tegangan utama besar (σ'_1) dan kecil (σ'_3) pada keadaan runtuh di titik yang ditinjau. Garis yang dihasilkan pada persamaan diatas pada keadaan runtuh merupakan garis singgung terhadap lingkaran Mohr yang menunjukkan keadaan tegangan dengan nilai positif untuk tegangan tekan seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.5** di bawah ini, dimana koordinat titik singgung τ_f dan σ'_f adalah:

$$\tau_f = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3)\sin 2\theta \quad (2.1)$$

$$\sigma'_f = \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) \cos 2\theta \quad (2.2)$$

dan θ adalah sudut teoritis antara bidang utama besar dan bidang runtuh. Dengan demikian $\theta = 45^\circ + \phi'/2$.



Gambar 2.5 Kondisi Tegangan pada Keadaan Runtuhan (R.F. Craig 1994)

Perlawanan internal terhadap keruntuhan ini dipahami dengan jelas dari kriteria keruntuhan mohr – Coloumb :

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

Dimana : τ_f = tegangan geser pada bidang runtuh
 σ = tegangan normal pada massa tanah

Pada tanah jenuh, besar tegangan normal pada sebuah titik adalah sama dengan jumlah tegangan efektif (σ') ditambah dengan angka pori (u) atau

$$\sigma = \sigma' + u \quad (2.4)$$

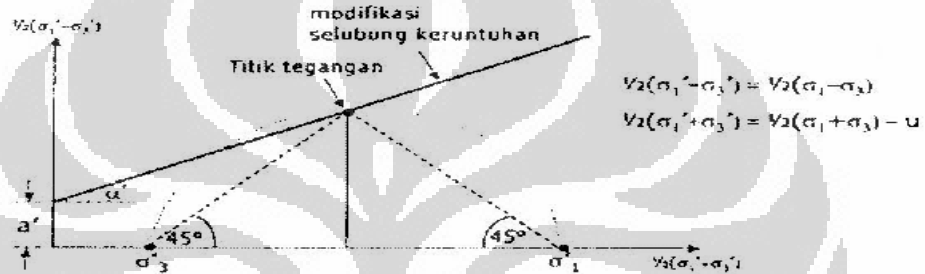
Tegangan efektif diterima oleh bagian butiran padat dari tanah, jadi berdasarkan prinsip mekanika :

$$\begin{aligned} \tau_f &= c + (\sigma - u) \tan \phi \\ &= c + \sigma' \tan \phi \end{aligned} \quad (2.5)$$

Kriteria Mohr-Couloumb berasumsi bahwa bila sejumlah keadaan tegangan diketahui, di mana masing - masing menghasilkan keruntuhan keruntuhan geser pada tanah, sebuah garis singgung akan bisa digambarkan pada lingkaran Mohr; garis singgung tersebut dinamakan selubung keruntuhan (*failure envelope*) tanah. Keadaan tegangan tidak mungkin berada diatas selubung

keruntuhannya. Kriteria ini tidak mempertimbangkan regangan pada saat atau sebelum terjadinya keruntuhan dan secara tidak langsung menyatakan bahwa tegangan utama menengah efektif (σ'_2) tidak mempengaruhi kekuatan geser tanah. Selubung keruntuhan pada tanah tertentu tidak selalu berbentuk garis lurus, tetapi secara perkiraan dapat dibuat menjadi garis lurus yang diambil dari suatu rentang tegangan serta parameter – parameter kekuatan geser pada rentang tersebut.

Selain penggambaran kondisi tegangan dengan cara seperti pada **Gambar 2.5** ada alternatif lain yang dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi tegangan.



Gambar 2.6 Alternatif yang Menggambarkan Kondisi Tegangan (R.F. Craig, 1994)

dimana selubung keruntuhan yang dimodifikasi dapat dicari dengan persamaan berikut:

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

$$\phi' = \sin^{-1}(\tan \alpha')$$

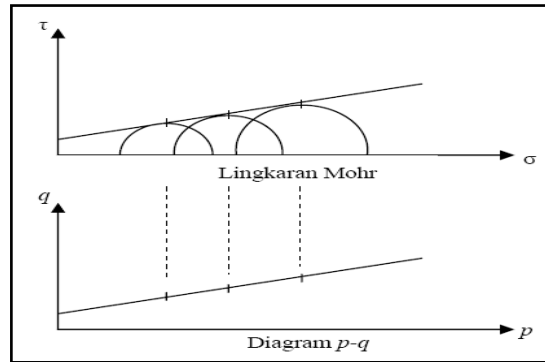
$$c' = \frac{a'}{\cos \phi'} \quad (2.6)$$

Selain menggunakan lingkaran Mohr, kondisi tegangan dapat diplot dalam bentuk titik tegangan (stress point) dengan menggunakan koordinat p dan q

$$p = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad (2.7)$$

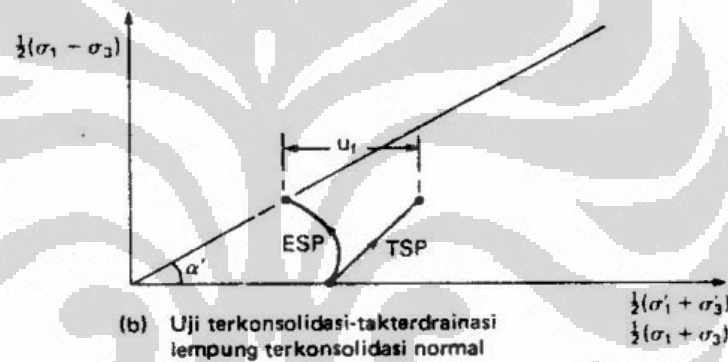
$$q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (2.8)$$

dimana p mewakili pusat lingkaran dan q mewakili tegangan geser maksimum. Tempat kedudukan titik-titik p - q untuk satu seri pengujian disebut lintasan tegangan (*stress path*).

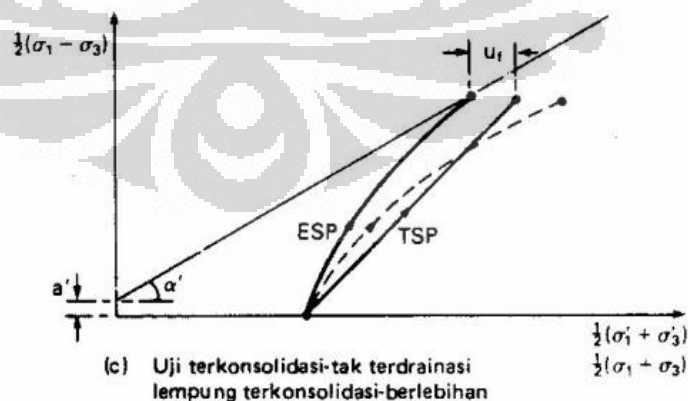


Gambar 2.7 Lintasan Tegangan atau Stress Path (Craig, 2001)

Berdasarkan lintasan tegangan di atas, beberapa literatur telah membuat penelitian tentang lintasan tegangan pada tanah lempung yang terkonsolidasi dengan uji triaksial.



Gambar 2.8 Bentuk Lintasan Tegangan untuk Tes Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi (CU) pada Lempung Terkonsolidasi Normal [RF Craig, 1994]

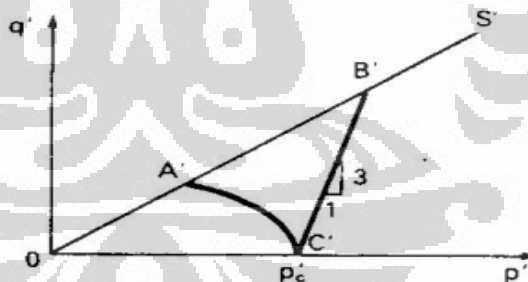


Gambar 2.9 Bentuk Lintasan Tegangan untuk Tes Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi (CU) pada lempung Terkonsolidasi Berlebihan / Overconsolidated [RF Craig, 1994]

2.2.2 Konsep Kondisi Kritis

Roscoe, Schofield, dan Wroth menjelaskan bahwa konsep kondisi kritis menghubungkan tegangan efektif dan volume spesifik yang bersesuaian ($v = 1 + e$) dari tanah lempung ketika mengalami pergeseran (*shearing*) pada kondisi-kondisi terdrainasi (*drained*) dan tak terdrainasi (*undrained*). Konsep ini mempersatukan karakteristik - karakteristik kekuatan geser dan deformasi. Hal ini merupakan idealisasi dari observasi pola-pola perilaku lempung jenuh yang tercetak kembali pada uji tekan triaksial, tetapi diasumsikan bahwa hal tersebut di atas berlaku juga untuk lempung tidak terganggu.

Suatu contoh uji yang mengalami tekanan isotropis dan mengalami penambahan tekanan aksial tertentu, akan mengalami keruntuhan (*failure*) pada suatu titik yang berada atau mendekati garis kondisi kritis seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.10** di mana sumbu-sumbu koordinatnya adalah q' dan p' . Pada gambar ini ditunjukkan ketika serangkaian uji terkonsolidasi tak terdrainasi dilakukan pada contoh uji yang masing-masing dikonsolidasikan pada harga $p'C$ yang berbeda, semua alur tegangan akan memiliki bentuk-bentuk yang sama dan keadaan tegangan saat runtuh akan terletak atau mendekati garis lurus OS' .



Gambar 2.10 Lintasan Tegangan Efektif pada Lempung Terkonsolidasi Normal
[RF Craig, 1994]

dimana :

$C'A'$: kondisi terkonsolidasi-tak terdrainasi

$C'B'$: kondisi terdrainasi

A' dan B' : titik-titik keruntuhan

OS' : garis keruntuhan

Proyeksi garis kondisi kritis (OS') pada bidang q'-p':

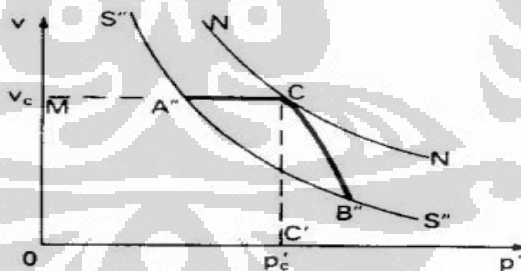
$$q' = M \times p \quad (2.9)$$

dimana M = kemiringan garis OS'

$$p' = \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3}{3} \text{ dan } p = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_3}{3} \quad (2.10)$$

$$q' = q = \sigma_1 - \sigma_3 \quad (2.11)$$

Gambar 2.10 di atas akan menghasilkan suatu kurva konsolidasi isotropis pada gambar 2.11 Volume contoh uji selama pemberian selisih tegangan utama pada uji terkonsolidasi terdrainasi lempung jenuh akan tetap, karena itu hubungan antara v dan p' akan diwakili oleh satu garis horisontal yang berawal pada titik (C) pada kurva konsolidasi yang bersesuaian dengan $p'C$ dan akan berakhir pada titik (A'') yang mewakili nilai p' pada saat runtuh. Selama uji terdrainasi volum contoh uji tanah akan berkurang dan hubungan antara v dan p' akan diwakili oleh kurva CB''. Jika serangkaian uji CU dan CD dilakukan pada beberapa contoh uji yang masing-masing dikonsolidasikan pada nilai $p'C$ yang berlainan, titik-titik yang mewakili nilai v dan p' pada saat runtuh akan terletak pada atau mendekati kurva S'' S'' yang berbentuk sama dengan kurva konsolidasi (NN).



Gambar 2.11 Kurva Konsolidasi pada Lempung Terkonsolidasi Normal
[RF. Craig, 1994]

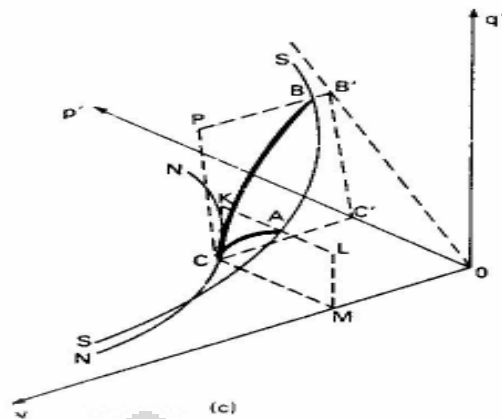
dimana :

NN : kondisi terkonsolidasi isotropis

CB'' : contoh uji mengecil pada kondisi terdrainasi

S'' S'' : failure line

$p'C$: tekanan konsolidasi



Gambar 2.12 Plot 3 Dimensi Gabungan dari Gambar 2.11 dan Gambar 2.12

dimana :

SS : garis kondisi kritis (*Critical State Line*)

CA : lintasan tegangan untuk kondisi takterdrainasi

CB : lintasan tegangan untuk kondisi terdrainasi

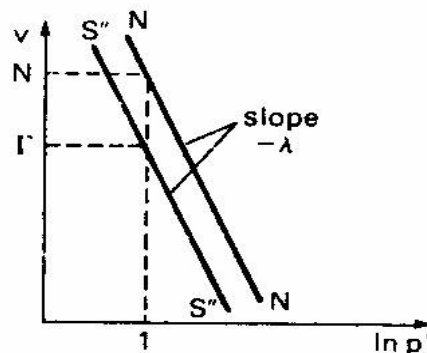
NN-SS : bidang batas

Kurva SS yang merupakan garis kondisi kritis (*Critical State Line*) adalah tempat terjadinya keruntuhan geser dan keruntuhan berturutan pada tegangan efektif konstan. Alur tegangan untuk uji terkonsolidasi-tak terdrainasi terletak pada bidang CKLM sejajar dengan bidang $q'-p'$, dimana nilai v konstan selama bagian tak terdrainasi dari uji tersebut. Alur tegangan untuk uji terdrainasi terletak pada suatu bidang yang tegak lurus terhadap bidang $q'-p'$ dengan kemiringa 3 : 1 ke arah sumbu q' . Kedua alur tersebut bermula pada titik C pada kurva konsolidasi normal NN yang terletak pada bidang $v-p'$.

Jika proyeksi garis kondisi kritis pada bidang $v-p'$ diplot kembali pada bidang $v - \ln p'$, maka proyeksi tersebut akan berbentuk garis lurus sejajar dengan garis konsolidasi normal yang bersesuaian (gradien $-\lambda$) seperti pada gambar 2.23. Persamaan garis kondisi kritis, dalam v dan p' dapat ditulis sebagai berikut:

$$v = \Gamma - \lambda \ln(p') \quad (2.10)$$

dimana Γ adalah nilai v pada garis kondisi kritis di mana $p' = 1 \text{ kN/m}^2$.



Gambar 2.13 Proyeksi Critical State Line Bidang $v-p'$ pada bidang $v-\ln(p')$ [RF. Craig, 1994]

2.3 Studi Stabilisasi Tanah Ekspansif

2.3.1 Umum

Apabila tanah yang terdapat di lapangan memiliki sifat-sifat yang tidak diinginkan seperti : sangat lunak, kompresibilitas kembang susut yang besar, sehingga di atas tanah tersebut tidak dapat didirikan suatu konstruksi bangunan maka untuk memperbaiki sifat tanah tersebut agar dapat dipakai dengan baik sebagai pendukung konstruksi di atasnya adalah dengan stabilisasi tanah. Stabilitas tanah dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut, (Bowles,1986) :

- a. Menambah kerapatan tanah.
- b. Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi dan atau tahanan geser yang timbul.
- c. Menambah material yang menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis dari material tanah.
- d. Merendahkan muka air tanah (drainase tanah).
- e. Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Lempung ekspansif yang mempunyai kadar kembang susut yang tinggi, jika dipaksakan untuk digunakan pada bangunan akan sangat merugikan karena berakibat cepat rusaknya bangunan tersebut. Tanah seperti ini harus diganti dengan tanah yang baik atau diperbaiki terlebih dahulu sifat-sifatnya. Perbaikan sifat-sifat fisik suatu tanah yang buruk sehingga menjadi tanah yang layak pakai, di bidang rekayasa sipil disebut dengan stabilisasi tanah (*soil stabilization*).

Penelitian tentang stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan bahan *stabilisator* berupa pasir dan semen sudah banyak dilakukan di Indonesia. Salah

satu institusi yang pernah melakukannya adalah Departemen Teknik Sipil, Universitas Indonesia pada tahun 1995. Penelitian tersebut dimaksudkan untuk membandingkan parameter dan propertintanah lempung dalam keadaan asli dengan lempung yang telah dicampur dengan pasir dan lempung yang dicampur dengan semen.

2.3.2 Bahan-Bahan Stabilisasi Tanah

2.3.2.1 Pasir

Pasir merupakan bagian dari tanah yang berbutir kasar, selain kerikil. Menurut Bowles (1986), pasir adalah tanah berbutir kasar apabila setengah dari fraksi kasar berada diantara saringan No. 4 (0,05 mm) dan saringan No. 200 (0,074 mm). Pasir merupakan material yang tidak berkoheesi (cohesionless) sehingga apabila dilakukan stabilisasi mekanis terhadap tanah lempung maka akan memiliki daya tahan terhadap deformasi. Hal ini disebabkan karena adanya daya ikat antar butir oleh bagian tanah yang berbutir halus (lempung). Kestabilan yang dicapai akan didapat setelah diberikan usaha pencampuran dan pemadatan yang cukup.

Disamping itu, pasir juga memberikan efek ketahanan terhadap kadar air di dalam massa tanah dan merupakan suatu kriteria yang perlu mendapat perhatian. Kestabilan masa tanah terhadap kadar air dalam stabilisasi tanah lempung merupakan syarat yang mesti dicapai.

Penggunaan pasir sebagai bahan stabilisasi tanah merupakan hal yang biasa di Indonesia. Untuk itu perlu dilakukan penelitian sampai sejauh mana pasir bisa digunakan untuk tanah yang mengandung berbagai mineral yang berbeda. Kemampuan pasir sebagai bahan stabilisasi yaitu:

- Menurunkan indeks plasitsitas (PI)
- Mengurangi tegangan air permukaan (water surface tension)

Stabilisasi tanah dengan pasir akan memberikan hasil yang baik apabila setelah tanah dicampur dengan pasir, dilakukan pemeraman sebelum dipadatkan. Dengan adanya masa pemeraman ini, campuran tanah dan pasir akan mejadi homogen, dan bahan-bahan yang terdapat dalam pasir mempunyai kesempatan untuk dapat bereaksi dengan tanah.

Berikut adalah hasil pengaruh penambahan pasir terhadap tanah ekspansif menurut Laporan Penelitian Departemen Teknik Sipil UI tahun 1995, “Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Lempung yang Mengandung Kandungan Mineral yang Berbeda”

(a) Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Plastisitas Tanah

Dari pengujian batas-batas Atterberg, pengaruh penambahan pasir terhadap plastisitas tanah adalah batas cair tanah campuran menurun sesuai dengan penambahan bahan pasir, batas plastis mengalami kenaikan sesuai dengan penambahan bahan pasir, dan harga indeks plastisitas menurun sejalan dengan penambahan presentase pasir. Turunya nilai indeks plastisitas ini menandakan bahwa semakin banyak kadar pasir yang ditambahkan pada tanah asli, luas permukaan spesifik dari tanah akan berkurang, mengakibatkan penyebaran air pada lapisan tanah berkurang.

(b) Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Kekuatan Geser

Dari pemeriksaan direct shear, didapat parameter sudut geser dalam (Φ) dan kohesi (c_u) dari campuran tanah dan pasir. Untuk kedua jenis tanah yang dipakai terlihat bahwa nilai sudut geser dalam mengalami kenaikan dan nilai kohesi mengalami penurunan sejalan dengan penambahan kadar pasir. Hal ini terjadi karena dengan adanya pencampuran pasir ke dalam tanah, mengakibatkan persinggungan antara butir-butir pasir dan tanah, berhubung tanah mengikat butiran pasir sehingga rongga-rongga tanah makin kecil. Karena pasir tidak memiliki daya lekat, maka penambahan pasir ke dalam tanah mengakibatkan nilai kohesi campuran tersebut mengalami penurunan.

(c) Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan bebas untuk campuran pasir mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan bebas (Q_u). Ini terjadi karena adanya pencampuran pasir ke dalam tanah, persinggungan yang terjadi pada tanah semakin besar, pori-pori tanah makin kecil, tanah semakin kering,

daya lekat antar butiran makin kecil, sehingga kekuatan tanah semakin berkurang.

(d) Pengaruh Pasir Terhadap Konsolidasi

Dari pemeriksaan konsolidasi didapat parameter koefisien pemampatan (C_v) dan indeks pemampatan (C_c).

- Semakin banyak kadar pasir yang dicampur, semakin tinggi nilai C_v
- Semakin banyak kadar pasir yang dicampur, semakin tinggi nilai C_c

Adanya penambahan pasir kedalam tanah mengakibatkan partikel-partikel tanah melekat pada butiran pasir sehingga pori-pori tanah menjadi lebih kecil. Akibatnya koefisien pemampatan (C_v) menjadi meningkat, sehingga kecepatan penurunan tanah menjadi lebih besar.

2.3.2.2 Semen

Reaksi antara semen dan air menghasilkan kalsium silikat dan aluminium hidrat yang akan mengikat partikel-partikel tanah. Proses hidrasi menghasilkan Ca(OH)_2 yang akan bereaksi dengan mineral-mineral dari tanah. Namun, reaksi ini tidak berlangsung seketika seperti proses hidrasi melainkan memakan waktu berbulan-bulan karena kekerasan dan kekuatan tanah akan terjadi secara bertahap seiring dengan proses pengenyalan dan pengkristalan. Aktifitas dari semen yang ditambahkan pada lempung ekspansif akan mengurangi batas cair, indeks plastisitas, potensi pengembangannya serta memperbesar batas susut dan gaya gesernya. Berikut ini adalah beberapa keunggulan semen sebagai bahan stabilisasi (Soepandji, 1995):

- Semen mudah didapat.
- Penggunaan semen pada umumnya membutuhkan sedikit perawatan dibandingkan dengan bahan stabilisasi lainnya.
- Hampir semua jenis tanah dapat distabilisasi dengan semen.

Stabilisasi tanah menggunakan Portland Cement ini efektif untuk semua jenis tanah. Kesulitan biasanya hanya dijumpai pada kondisi tanah dengan

kandungan organik yang tinggi. Dengan pencampuran semen, akan terjadi suatu perbaikan yang mekanismenya dapat diterangkan sebagai berikut:

(a) Pengurangan Plastisitas

Perubahan sifat yang terjadi jika semen dicampurkan pada tanah lempung adalah terjadinya penurunan plastisitas, perubahan ini disebabkan oleh lepasnya ion-ion kalsium selama berlangsungnya hidrasi semen. Terjadinya pertukaran kation atau pengerumunan kation tambahan akan merubah kerapatan muatan listrik di sekeliling partikel lempung. Partikel-partikel lempung kemudian saling menarik yang menyebabkan terjadinya flokulasi atau agresi. Lempung yang bergumpal bersifat atau berkelakuan seperti lanau yang mempunyai plastisitas rendah.

(b) Sementasi

Pada campuran tanah semen yang dipadatkan, hidrasi dari unsur-unsur semen terjadi dengan kecepatan yang berbeda-beda yang menghasilkan produk. Proses sementasi ini bersifat kimiawi yang dapat diartikan sebagai pembentukan ikatan kimiawi antara permukaan butir-butir tanah yang terbuka.

Penambahan semen mengakibatkan terjadinya reaksi penggumpalan (flocculation) sehingga luas permukaan spesifik dari tanah yang telah dicampur dengan semen berkurang, dan penyebaran air pada lapisan tanah menjadi lebih kecil pula. Mengecilnya nilai batas cair dan nilai indeks plastisitas menunjukkan bahwa dengan penambahan semen, mutu tanah menjadi lebih baik.

Selain itu nilai-nilai yang didapat secara keseluruhan adalah menurunnya untuk sudut geser dalam (Φ) dan naiknya untuk kohesi (c). Ini menunjukkan bahwa nilai daya dukung tanah semakin baik apabila kandungan semen semakin tinggi dan masa peram semakin lama.

2.3.3 Studi Tentang Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Siklus Basah

Kering

Pengamatan perilaku lempung ekspansif akibat siklus basah kering pertama kali dilakukan oleh Chen pada Tahun 1974. Ia mengamati perilaku potensi mengembang dalam bentuk persentase mengembang. Pengamatan yang dilakukan adalah pengamatan laboratorium dengan mengamati pengembangan dalam konsolidometer dan yang kedua pengamatan lapangan terhadap lapisan timbunan tanah untuk persiapan jalan. Hasil pengamatan laboratorium adalah terjadinya kemampuan potensi mengembang contoh tanah berkurang dengan bertambahnya siklus basah kering. Pengeringan tersebut semakin kecil setelah siklus kelima.

Pepescu dikutip dari makalah Lu, mempelajari perilaku tanah ekspansif akibat siklus basah kering dengan melihat kerusakan struktur bangunan yang timbul. Ia memperoleh kesimpulan bahwa kualitas kerusakan yang semakin kecil dengan bertambahnya musim. Setelah siklus kelima, kualitas kerusakan relatif sama dengan siklus sebelumnya.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan keduanya sepakat mengenai kecenderungan pengurangan potensi mengembang dengan bertambahnya siklus basah kering. Akan tetapi perilaku susut tidak berubah seiring bertambahnya siklus basah kering. Chen dan Pepescu menjelaskan fenomena ini dengan menggunakan konsep kepadatan kritis.

Kepadatan kering awal tanah juga mempengaruhi potensi mengembang tanah ekspansif selama siklus basah kering. Kepadatan kering awal tanah yang lebih besar dari kepadatan kering kritisnya maka perilaku mengembang tanah akibat siklus ini akan menurunkan kepadatan kering tanah pada kondisi kadar air yang sama sehingga terjadi penurunan potensi mengembang tanah akibat siklus basah kering ini. Hal ini berlaku untuk sebaliknya.

Sedangkan Al-Hamoud dan Al-Bashabseh melalui penelitiannya dengan tanah ekspansif di Jordania menyimpulkan bahwa:

- Siklus basah kering dapat mengurangi persentase mengembang dan tekanan mengembang.
- Penurunan terbesar terjadi pada siklus pertama.

- Penurunan yang signifikan terjadi pada siklus 4 dan 5.

Berdasarkan dari hasil uji SEM yang telah dilakukan sebelumnya terhadap tanah lempung ekspansif, terjadi penurunan nilai plastisitas dan penurunan kadar kandungan mineral tanah. Hal ini disebabkan terjadinya agregasi partikel tanah sehingga terjadi penurunan nilai *specific surface* butiran sehingga kemampuan menyerap air dari tanah lempung ekspansif ini berkurang.

Pengaruh air terhadap tanah dapat berupa proses larutan, proses hidrolisis, dan proses dekomposisi unsur – unsur tanah. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan beberapa ahli sebelumnya, proses siklus basah kering dapat memunculkan penyatuan butiran – butiran partikel tanah menjadi lebih besar. Faktor yang berpengaruh pada proses tersebut diantaranya distribusi partikel tanah, kadar kandungan lempung, jenis mineral lempung, kondisi lingkungan, dan adanya pelarutan unsur pembentuk tanah seperti unsur dekomposisi organik dan unsur sementasi organik. Sementasi partikel tanah lempung menjadi partikel berukuran besar disebabkan oleh proses kimiawi oleh unsur yang cukup dominan dalam tanah yang menghasilkan ikatan antar partikel secara kovalen. Grant yang dikutip dalam makalah Shridaran menjelaskan peningkatan kekuatan tanah lempung akibat siklus ini disebabkan oleh ikatan *aluminium oxide* yang muncul dari siklus awal dan akibat dari rekristalisasi *ferric oxide* pada siklus berikutnya.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, perlakuan siklus basah kering pada partikel tanah dapat menimbulkan penyatuan butiran – butiran tanah menjadi ukuran yang besar dan sebaliknya pula dapat terjadi proses penguraian butiran tanah menjadi butiran yang lebih kecil. Faktor yang berpengaruh pada proses tersebut diantaranya adalah distribusi partikel tanah, kadar kandungan lempungan, jenis mineral lempung, kondisi lingkungan, dan adanya pelarutan unsur pembentuk tanah.

Hasil percobaan kuat geser triaksial CU yang dilakukan pada contoh tanah lempung Cikarang (As'ad Sholikin, ITB 1999), menjelaskan bahwa terjadi peningkatan nilai kuat geser tanah ekspansif (tanpa bahan stabilisasi) setelah mengalami siklus basah kering. Peningkatan kekuatan yang besar tampak setelah melewati siklus ke-7. Siti Hardiyati (UNDIP, 2003), menyimpulkan bahwa tanah ekspansif dengan penambahan kapur sampai dengan perulangan siklus ke-8,

peningkatan S_u sangat jelas pada benda uji dengan campuran kapur dibandingkan tanpa penambahan kapur. Dari uji UCS yang dilakukan, rata – rata pada perulangan siklus ke-4 nilai kuat geser undrained merupakan nilai tertinggi untuk semua benda uji

2.4 Penentuan Kuat Geser Tanah Melalui Uji Triaksial

Parameter-parameter kekuatan geser untuk suatu tanah tertentu dapat ditentukan dari hasil-hasil pengujian laboratorium pada contoh-contoh tanah lapangan (in-situ soil) yang mewakili. Penentuan parameter-parameter kekuatan geser dapat dilakukan dengan melakukan pengujian-pengujian seperti, dengan menggunakan alat triaksial untuk tanah lempung atau dengan *direct shear* yang cocok untuk tanah pasir. Namun, pada penelitian ini yang digunakan hanyalah uji triaksial saja dikarenakan contoh uji berupa tanah ekspansif yang tergolong dalam kategori tanah lempung.

Menurut Bowles, nilai kuat geser pada tanah lempung tergantung pada jenis dan keadaan tanah (*undisturbed* atau *remoulded*) serta prosedur pengujian yang dilakukan (*UU, CU, CD*). Selain itu, saturasi pada contoh uji tanah harus diasumsikan 100 % untuk mendapatkan parameter kekuatan geser seperti di lapangan. Namun, tanah pada kenyataannya di lapangan akan mengalami suatu peristiwa pemampatan akibat beban yang dipikulnya. Peristiwa ini biasa disebut konsolidasi. Ada 2 jenis konsolidasi yaitu:

1. Terkonsolidasi normal

Pada kondisi ini, tegangan efektif yang terjadi sekarang merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami lempung ($OCR = 1$)

2. Terkonsolidasi berlebih

Pada kondisi konsolidasi ini, tegangan efektif yang terjadi pada masa lalu lebih besar daripada tegangan efektif saat ini ($OCR > 1$)

Nilai OCR (Over Consolidation Ratio) adalah pembagian antara tegangan efektif maksimum masa lalu terhadap tegangan efektif maksimum saat ini.

Pengujian ini merupakan pengujian kuat geser yang sering digunakan dan cocok untuk semua jenis tanah, terutama tanah lempung. Keuntungannya adalah bahwa kondisi pengaliran dapat dikontrol, tekanan air pori dapat diukur, dan bila

diperlukan, tanah jenuh dengan permeabilitas rendah dapat dibuat terkonsolidasi. Uji triaksial dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, tergantung dari kondisinya. Namun yang sering digunakan pada sebuah penelitian hanyalah uji triaksial tak terkonsolidasi tak terdrainasi (*UU Test*) dan uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (*CU Test*). Macam-macam kondisi pada uji triaksial tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tak terkonsolidasi tak terdrainasi (*Unconsolidated Undrained/UU*)

Pada kondisi ini, kondisi tanah yang dilakukan uji dapat berupa tanah jenuh ataupun tak jenuh. Pada kondisi ini *unconsolidated undrained* tanah tidak mengalami proses konsolidasi. Contoh tanah mengalami tekanan sel tertentu, kemudian digunakan selisih tegangan utama secara tiba-tiba tanpa pengaliran pada setiap tahap pengujian. Percepatan kompresi beban (*load rate*) yang diberikan tergolong cepat. Pada saat pengujian, setelah σ_3 bekerja, σ_1 dapat langsung dikerjakan tanpa harus menunggu samel terkonsolidasi.

Contoh uji kondisi *unconsolidated undrained* di lapangan adalah pembuatan pondasi dangkal yang sebelumnya dilakukan penggalian. Pada penggalian untuk pondasi dangkal, waktu yang dibutuhkan relatif cepat sehingga air dari dalam tanah tidak sempat mengalir. Nilai kuat geser tanah yang didapat merupakan nilai kuat geser tanah dari pembebanan yang dilakukan secara cepat tanpa ada proses konsolidasi.

2. Terkonsolidasi tak terdrainasi (*Consolidated Undrained/CU*)

Pada kondisi ini, pengaliran pada contoh uji tanah diperbolehkan di bawah tekanan sel tertentu hingga proses konsolidasi selesai. Kemudian dilakukan proses kompresi dengan selisih tegangan utama masih di bawah tekanan sel tertentu hingga mengalami keruntuhan. Sebelum σ_1 diaktifkan, sampel tanah harus dikonsolidasikan dulu dengan beban σ_3 dengan cara σ_3 diaktifkan terlebih dahulu dan diberi waktu agar air pori dapat mengalir keluar dari tanah. Setelah konsolidasi benar-benar selesai, barulah beban diaktifkan dengan penambahan beban sampai tanah pecah. Pada saat

pelaksanaan pengujian, besarnya air pori (U) dicatat. Tekanan efektifnya $\sigma'_3 = \sigma_3 - U$ dan $\sigma'_1 = \sigma_1 - U$.

Contoh uji kondisi *consolidated undrained* adalah proses pembangunan yang dilakukan dengan cepat, sehingga terjadi kenaikan tegangan pori hingga tanah runtuh. Contoh uji lainnya adalah pada bendungan yang dikosongkan secara tiba-tiba, kemudian diisi kembali dengan air hingga penuh. Pada saat itu, bendungan mengalami pembebanan dari air. Pada proses pengosongan bendungan, butiran tanah akan mengalami tendensi untuk naik ke atas bersama aliran air, hingga menyebabkan air tidak dapat mengalir keluar dari tubuh bendungan. Nilai kuat geser tanah yang didapatkan merupakan nilai kekuatan setelah tanah terkonsolidasi dan saat air pori tidak terdrainasi.

3. Terkonsolidasi Terdrainasi (*Consolidated Drained/CD*)

Pengaliran pada contoh tanah diperbolehkan dibawah tekanan tertentu sampai konsolidasi selesai. Kemudian, dengan pengaliran yang masih diperbolehkan, digunakan selisih tegangan utama dengan kecepatan sedang untuk membuat tekanan air pori tetap nol.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

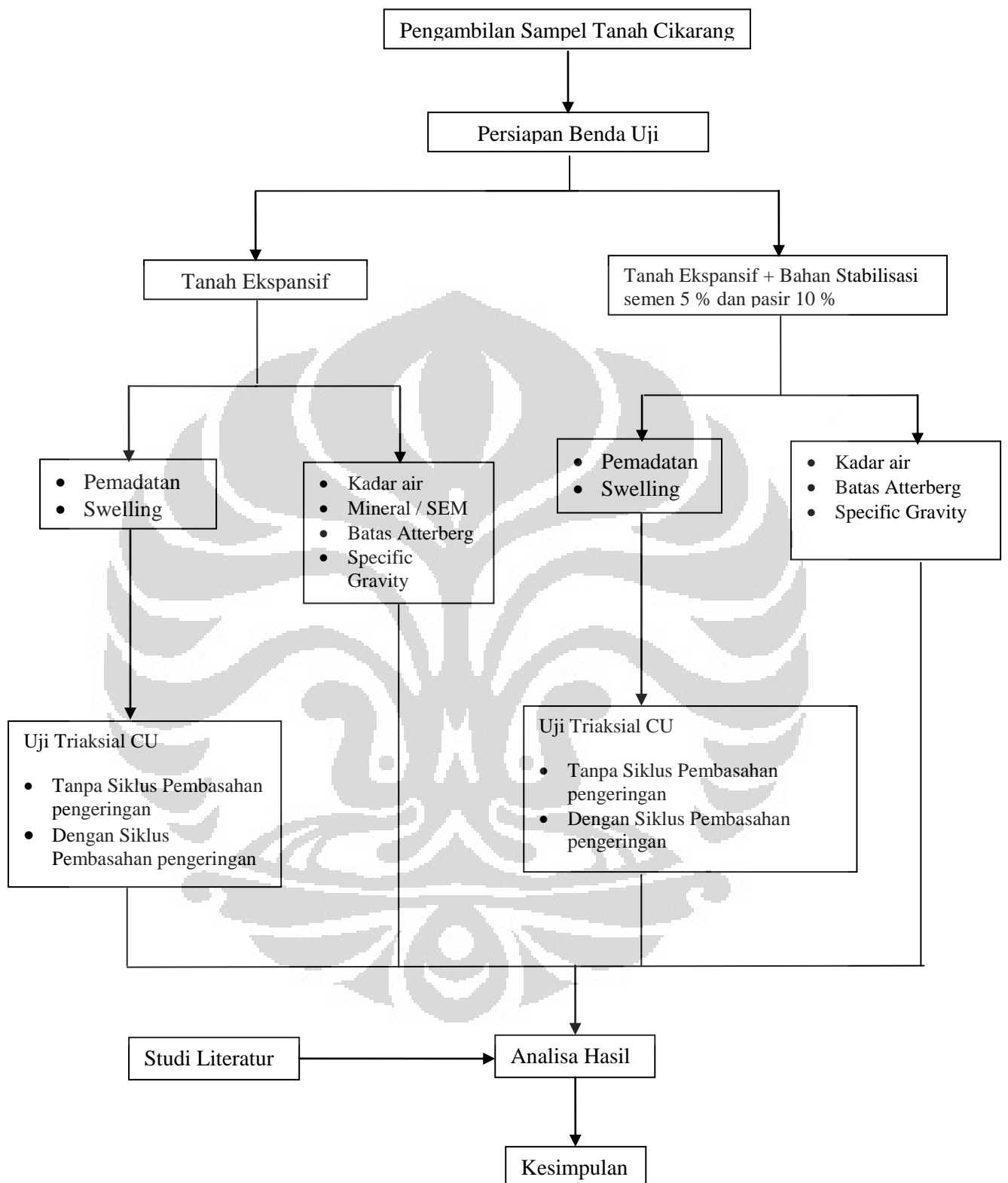
3.1 Kegiatan Umum Penelitian

Dalam Pengujian dengan menggunakan tanah lempung ekspansif ini, tanah ekspansif yang digunakan diambil dari perumahan The Elysium Delta Silikon 1 Lippo Cikarang. Secara umum, kegiatan penelitian ini meliputi pengambilan contoh tanah, identifikasi sifat fisik tanah lempung ekspansif (tanah asli dan tanah campuran), percobaan pendahuluan tanah asli dengan siklus pembasahan dan pengeringan, percobaan persentase mengembang dan kuat geser tanah ekspansif yang sudah di campur semen dan pasir akibat siklus pembasahan dan pengeringan.

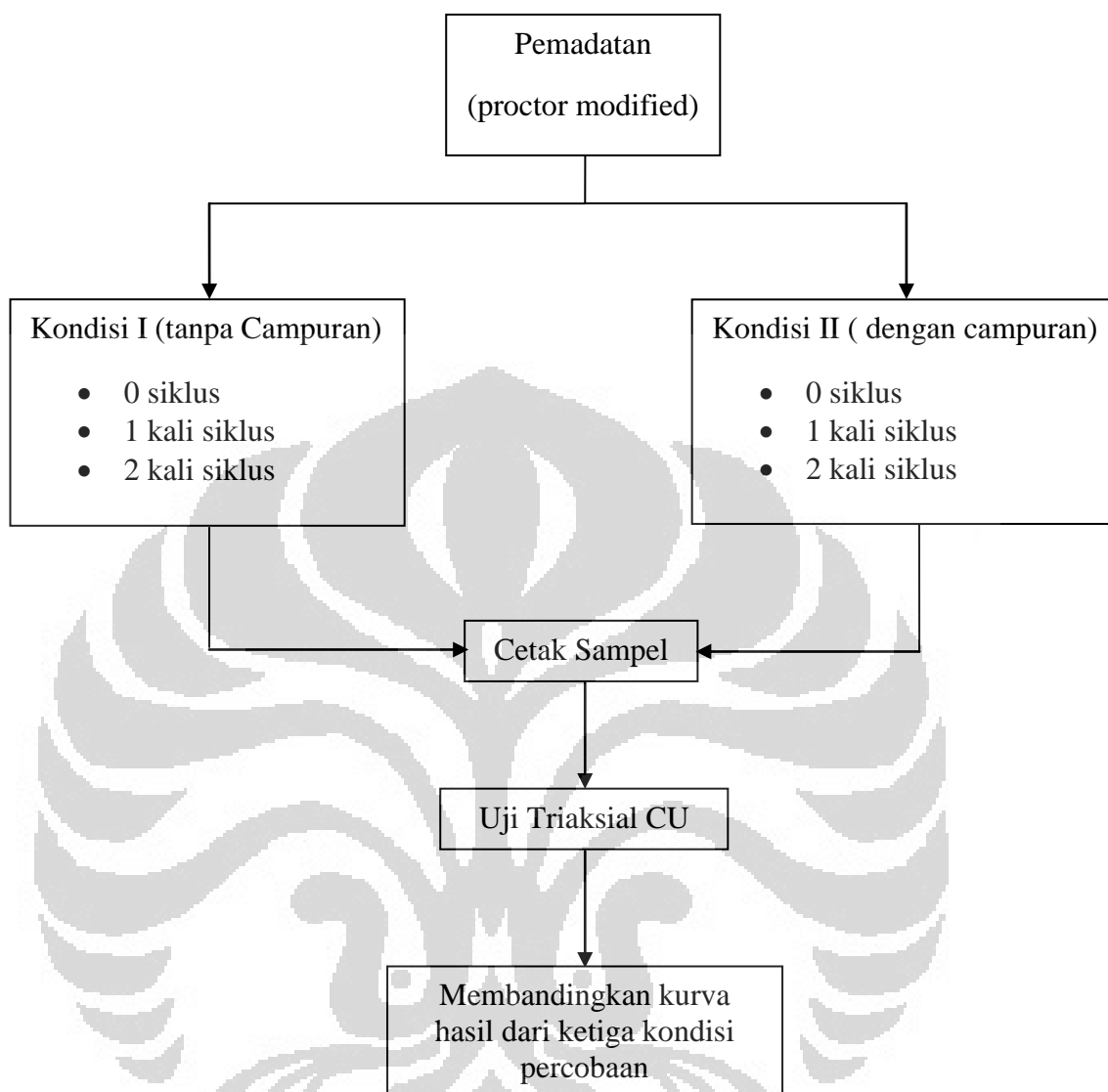
Bagian akhir dari kegiatan penelitian ini adalah pengamatan untuk mendapatkan parameter persentase mengembang dan kuat geser tanah ekspansif yang sudah dicampur semen dan pasir dengan presentase yang sudah ditetapkan sebelumnya untuk pengujian triaksial CU (*Consolidated Undrained*). Pengujian triaksial CU ini dibuat pada dua kondisi dengan dua perlakuan yang berbeda, yaitu :

1. Pengujian *Compaction* untuk tanah asli dan tanah campuran, lalu uji triaksial CU (tanpa siklus basah kering)
2. Pengujian *Compaction* untuk tanah asli dan tanah campuran, lalu direndam selama 4 hari lalu dikeringkan selama 3 hari kemudian diuji triaksial (dikatakan benda uji telah mengalami 1 kali siklus basah kering)

Untuk mendapatkan satu kali siklus basah kering, contoh tanah direndam selama 4 hari kemudian dikeringkan selama 3 hari udara tanpa dilakukan pengecekan kadar air awal (kadar air optimum baik kondisi tanah asli maupun campuran). Begitu juga untuk siklus kedua. Kegiatan penelitian ini seluruhnya dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Departemen Sipil FTUI.



Gambar 3.1 Diagram alir percobaan



Gambar 3.2 Diagram Alir untuk Uji Triaksial CU (dengan Siklus Pembasahan dan Pengeringan)

3.2. Kombinasi Campuran dan Persiapan benda Uji

Material yang akan diuji pada penelitian ini di bagi menjadi 2 kondisi dimana setiap kondisinya mengalami 0, 1, 2 kali siklus basah kering. Kondisi pertama yaitu dimana tanah ekspansif sebagai benda uji merupakan kondisi tanah asli (tanpa campuran), sedangkan untuk kondisi kedua benda uji merupakan tanah ekspansif yang telah di campur pasir 10 % dan semen 5 %. Kemudian kedua kondisi ini dilakukan penambahan jumlah siklus basah kering yaitu 1 siklus dan

2 siklus sebelum dilakukan uji potensi mengembang (*swelling percentage* dan *swelling preassure*) dan uji Triaksial CU.

- Kondisi 1 (Tanah Asli)
 - 0 siklus
 - 1 siklus
 - 2 siklus
- Kondisi 2 (Tanah Asli + Pasir + Semen)
 - 0 siklus
 - 1 siklus
 - 2 siklus

Prosedur laboratorium pada pencampuran tanah lempung dengan bahan stabilisasi dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Contoh tanah ekspansif yang sudah diketahui berat dan kadar airnya.
2. Dihitung berat contoh tanah ekspansif dalam keadaan kering, dengan rumus:

$$BK = \frac{BB}{1 + \frac{w}{100}} \quad (3.1)$$

dimana:

BK = berat kering contoh tanah (kg)

BB = berat basah contoh tanah (kg)

w = kadar air (%)

3. Semen, dihitung beratnya berdasarkan berat kering dari contoh tanah (misalnya 5%, artinya berat semen adalah 5% dari contoh tanah kering).
4. Dilakukan pencampuran tanah ekspansif dengan semen, dengan mengaduknya hingga homogen.
5. Pasir, beratnya dihitung berdasarkan berat kering tanah ekspansif (misalnya 5%, artinya berat pasir adalah 5% dari berat kering tanah ekspansi).
6. Campuran tanah ekspansif, pasir dan semen diaduk hingga homogen. Sebaiknya setelah dicampur langsung di-compact supaya campuran tidak mengeras.

Sebelum dilakukan uji pemadatan, sampel contoh tanah uji yang sebelumnya sudah dicampur semen dan pasir didiamkan selama kurang lebih 3 jam agar tanah dan bahan stabilisasi semen dan pasir tersebut tercampur secara homogen. Lalu kemudian dilakukan proses siklus basah kering sebelum dilakukan pengujian potensi kembang dan uji triaksial CU.

3.3 Pengujian Indeks Properties dan Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Contoh tanah yang telah mengalami proses kering udara diuji sebagai berikut:

- Indeks Properties (ASTM D854-8 dan D2216-80)
- Batas-batas Atterbeg (ASTM D4318-84)
- *Specific Gravity* (ASTM D422-63)
- Analisa Butiran (ASTM C136-46)
- Pemadatan Standar (ASTM D698-72 dan D558-82)
- Test Pengembangan Satu Dimensi (One Dimensional Swell) (D4546-85)

3.3.1 Batas - Batas Atterberg dan Uji Specific Gravity

Uji batas Atterberg dilakukan pada tanah asli dan pada campuran tanah dengan variasi kadar bahan stabilisasi, yaitu 5% semen + 10% pasir, 10% semen + 10% pasir, dan 15% semen + 10% pasir. Pengujian dilakukan sebanyak 2 seri untuk 1 kondisi sampel. Sehingga hasil yang akan digunakan adalah rata-rata dari kedua hasil pengujian tersebut. Hasil uji atterberg pada tanah asli dapat digunakan untuk mengidentifikasi apakah tanah sampel merupakan tanah ekspansif atau bukan. Selain itu, hasil dari uji batas atterberg pada campuran tanah dengan variasi kadar bahan stabilisasi juga digunakan untuk menentukan kombinasi kadar campuran yang optimum (dimana apabila presentase campuran ditambah, tidak akan terlalu berpengaruh terhadap perubahan indeks plastisitas. Sedangkan uji *Specific Gravity* (Gs) dari suatu tanah adalah perbandingan antara berat isi tanah dengan berat isi air pada suhu 4°C. Pengujian *Specific Gravity* yang dilakukan mengacu pada ASTM D 422-63 dengan menggunakan botol pknometer. Contoh

tanah yang digunakan adalah contoh tanah yang lolos saringan No.40 ASTM yang dilakukan pengeringan oven pada suhu 105°C.

3.3.2 Analisa Butiran (Sieve Analysis)

Pembagian ukuran butiran (gradasi) merupakan dasar untuk klasifikasi atau pemberian nama kepada macam-macam tanah tertentu. Penentuan ukuran butiran dilakukan dengan cara Analisa Saringan dan Hydrometer dengan disesuaikan dengan ASTM C136-46 / AASHTO T-27-74.

Tanah yang digunakan pada pengujian ini adalah tanah kering oven yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,074 mm). Sedangkan untuk saringan hydrometer tanah yang digunakan adalah tanah yang lolos saringan No.200 (0,074 mm). Susunan saringan untuk analisa ayakan dari atas ke bawah adalah:

- No.4 (4,75 mm)
- No.8 (2,36 mm)
- No.16 (1,18 mm)
- No.30 (0,59 mm)
- No.50 (0,297 mm)
- No.100 (0,149 mm)
- No.200 (0,074 mm)

Uji grain size bertujuan untuk menentukan pembagian ukuran butir suatu contoh tanah. Sedangkan uji hydrometer bertujuan untuk menentukan pembagian ukuran butir tanah yang lewat saringan No.200. Selanjutnya dengan menggunakan grafik pembagian ukuran butiran dapat ditentukan jenis dan klasifikasi dari tanah yang digunakan.

3.3.3 Penentuan Kadar air Optimum dengan Pemadatan Tanah

3.3.3.1 Penentuan Kadar air Optimum

Kadar air optimum diperoleh dari satu seri pengujian kepadatan tanah dengan menggunakan *standard proctor* (ASTM D698). Satu Seri pengujian ini yaitu dengan menyiapkan 5 contoh tanah yang akan dipadatkan dengan kadar air

yang berbeda. Hasilnya kemudian diplot pada grafik hubungan kepadatan kering (γ_{dry}) dengan kadar air (w). Kadar air optimum (w_{opt}) diperoleh dari titik kadar air dengan kepadatan kering (γ_{dry}) maksimum (merupakan puncak dari lengkungan grafik).

3.3.3.2 Pemadatan Tanah

Tujuan dari pengujian pemadatan adalah untuk mendapatkan kadar air optimum (*optimum water content*), dimana pada kadar air tersebut tanah mempunyai berat isi kering yang maksimum (*maximum dry density*).

Pemadatan adalah suatu proses dimana pori-pori tanah dikurangi dan udara dikeluarkan secara mekanis, pemadatan tanah juga merupakan suatu usaha yang dilakukan pada massa tanah, dan besarnya energi yang dibutuhkan untuk suatu usaha pemadatan tanah.

$$CE = \frac{W \times H \times L \times B}{V} \quad (3.2)$$

dimana:

CE = energi yang dibutuhkan (*compactive effort*), (KJ/m^3)

W = berat penumbuk (kg)

H = tinggi jatuh

L = jumlah lapisan

B = jumlah pukulan tiap lapisan

V = volume cetakan (m^3)

Pengujian pemadatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah jenis proktor standar (*standart proctor*) sesuai dengan ASTM D698-78. Tanah dicampur dengan kadar air yang berbeda-beda dan kemudian dipadatkan dengan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan tersebut dilakukan dalam tiga lapisan dan banyaknya tumbukan tiap lapisannya adalah 25 kali. Berat penumbuk adalah 5,5 lb (massa 2,52 kg) dan tinggi jatuh sebesar 12 inchi (30,48 cm). Sedangkan besarnya energi pemadatan adalah $592,5 \text{ KJ/m}^3$.

Untuk setiap pengujian, berat isi dari tanah yang dipadatkan dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\gamma_{wet} = \frac{W_s}{V} \quad (3.3)$$

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1 + \frac{w}{100}} \quad (3.4)$$

dimana:

γ_{wet} = berat isi basah (gr/cm^3)

γ_{dry} = berat isi kering (gr/cm^3)

W_s = berat tanah (gr)

w = kadar air (%)

Untuk suatu kadar air tertentu, berat isi kering maksimum secara teoritis didapat apabila pori-pori tanah sudah tidak ada udaranya lagi, yaitu pada saat dimana derajat kejenuhan tanah sama dengan 100%. Jadi berat isi kering maksimum teoritis pada kadar air tertentu dengan kondisi *zero air voids* (pori-pori tanah tidak mengandung udara sama sekali) dapat ditulis:

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s}{1 + (G_s \times w)} \quad (3.5)$$

dimana:

γ_{zav} = berat isi tanah pada kondisi zero air voids

G_s = berat spesifik butiran padat tanah

w = Kadar air

3.3.4 Uji Mineral dan SEM

Uji mineral bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineral yang terdapat pada tanah sampel. Sedangkan uji SEM dilakukan hanya untuk melihat gambaran mikroskopis dari tanah sampel. Pengujian ini dilakukan di FMIPA Salemba UI, dilakukan pada kondisi sampel tanah asli (tanpa campuran bahan stabilisasi).

3.3.5 Test Pengembangan Satu Dimensi (*Swelling Test*)

Swelling test bertujuan untuk mengidentifikasi kadar pengembangan tanah ekspansif. Pengujian ini hanya dilakukan sebanyak 1 seri dari masing – masing sampel dan sampel yang diuji adalah dalam kondisi tanah asli dan tanah

campuran (dengan bahan stabilisasi semen dan pasir) yang terlebih dahulu sudah mengalami siklus basah kering.

Adapun prosedur kerja pengujian pengembangan satu dimensi adalah sebagai berikut (dalam penelitian ini digunakan Metode B):

- Mempersiapkan contoh tanah yaitu tanah yang telah dipadatkan dalam mold diameter 4 in. dengan jumlah lapisan 3 dan jumlah pukulan 25 kali, decetak dalam ring konsolidasi.
- Memasang contoh pada *oedometer* tanpa diberi air
- Memasang batu pori dan dudukan beban; batu pori dan dudukan beban dibagikan atas berfungsi sebagai *seating pressure*.
- Dalam lima menit setelah pemasangan batu pori dan dudukan beban, mengatur dial pembacaan posisi nol.
- Memberikan beban sebesar P_0 atau sebesar tegangan efektif rencana.
- Membaca penurunan yang terjadi setelah lima menit pemberian beban P_0 .
- Menambahkan air.
- Mencatat swelling yang terjadi pada menit ke: 0,1; 0,2; 0,5; 1;2; 4;8; 15; 30; 60; 120; 240; 480; 2880; 4320.
- Memberikan beban sesuai dengan test konsolidasi standar dengan penambahan beban setiap 24 jam (beban yang diberikan minimal sampai pembacaan mencapai nol kembali).

3.4 Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi (CU)

Jenis uji triaksial yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah uji triaksial CU. pada uji triaksial CU ada tiga tahapan uji yang harus dilakukan, yaitu tahap saturasi, konsolidasi, dan kompresi. Pada kondisi ini, pengaliran pada contoh tanah diperbolehkan dibawah tekanan sel tertentu hingga proses konsolidasi selesai. Kemudian dilakukan proses kompresi dengan selisih tegangan utama masih di bawah tekanan sel tertentu hingga mengalami keruntuhan.

3.4.1 Tahap Saturasi

Yang dimaksud dengan proses saturasi adalah proses penghilangan / pembuangan udara dari dalam contoh tanah dan memasukan air ke dalam pori – pori atau rongga – rongga sehingga contoh tanah berada dalam kondisi derajat kejenuhan yang diinginkan. Adapun prinsip saturasi adalah memberikan tekanan pori yang tinggi sehingga air dapat masuk menempati rongga yang terisi udara. Pada saat yang bersamaan, tekanan sel dan tekanan balik dinaikan untuk menjaga agar tekanan tanah efektif bernilai positif. Saturasi dianggap selesai apabila kenaikan tekanan pori akan / hampir menyamai kenaikan tekanan sel yang diberikan.

Berikut adalah tahapan proses saturasi :

1. Semua katup harus dicek dalam kondisi tertutup. Pada hasil kalibrasi nilai awal tekanan pori dicatat, dimana nantinya menjadi faktor pengurang untuk pembacaan tekanan pori. Volume tekanan sel awal dicatat, kemudian tekanan sel diberikan hingga 50 kPa, katup tekanan sel dibuka ditunggu sekitar 5 menit hingga pembacaan konstan. Kemudian katup tekanan pori dibuka, sedangkan katup tekanan balik tetap tertutup. Setelah sekitar 10 – 15 menit, besarnya tekanan pori dan perubahan volume sel dicatat. Nilai koefisien B dihitung dengan rumus yang ada.
2. Katup tekanan pori ditutup, sedangkan katup tekanan sel tetap terbuka. Tekanan balik dinaikan hingga 10 kPa dibawah tekan pori (40 kPa), volume tekanan balik awal dicatat, kemudian katup tekanan balik dan tekanan pori dibuka. Setelah kira – kira stabil sambil mengatur kontrol regulator, tekanan pori dan perubahan volume tekanan balik yang terjadi dicatat.
3. Nilai tekanan pori diamati hingga mencapai nilai yang relatif sama dengan nilai tekanan balik, bila telah tercapai katup tekanan balik dan katup tekanan sel ditutup. Kemudian tekanan sel dinaikan sebesar 50 kPa sehingga akan tercapai tekanan sel sebesar 100 kPa. Langkah 1 dan 2 kemudian diulang hingga nilai B lebih besar dari 0,95. Dengan catatan kenaikan tekanan sel berikutnya adalah setiap 50 kPa.

4. Pada saat B mencapai lebih besar dari 0,95, maka kenaikan tekanan sel dan tekanan balik tidak diperlukan lagi, proses saturasi dihentikan dengan menutupkatup tekanan sel, tekanan pori, dan tekanan balik. Selanjutnya tanah siap untuk proses konsolidasi.

3.4.2 Konsolidasi

Adapun maksud dari proses konsolidasi adalah untuk memberikan tegangan efektif pada contoh tanah uji sesuai dengan tegangan efektif yang terjadi sebenarnya di lapangan. Tegangan efektif yang terjadi pada contoh tanah setelah proses saturasi biasanya lebih kecil daripada tegangan efektif yang terjadi pada contoh tanah. Tegangan efektif atau harga konsolidasi isotropik (σ'_3) dibentuk dengan mengatur katup sel (σ_3) dan tekanan balik (u).

Adapun tujuan penggunaan tekanan balik pada proses konsolidasi adalah untuk membuat tekanan pori seperti kondisi di lapangan. Jadi tekanan balik merupakan datum kelebihan untuk tekanan pori, sehingga dapat disimpulkan bahwa dimana nilai konsolidasi isotropik ini adalah selisih nilai / besarnya tekanan sel terhadap nilai tekanan balik.

Nilai tegangan efektif untuk pengujian ini adalah $\sigma'_3 = 100$ kPa, 200 kPa, dan 300 kPa. Jalannya prosedur dari tahapan konsolidasi ini adalah sebagai berikut:

1. Seluruh katup yang berhubungan dengan sel triaksial ditutup. Dari kondisi akhir saat saturasi, tekanan sel dinaikan atau tekanan balik diturunkan untuk memberikan tegangan efektif yang dibutuhkan.
2. Setelah nilai konsolidasi isotropik tercapai lalu secara beruntun katup tekanan sel di buka disusul secara bersamaan katup tekanan pori dan tekanan balik. Sebelumnya disiapkan *stopwatch* untuk mencatat tekanan pori dan volume tekanan balik untuk $t = 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60$ dan 120 menit hingga sekitar 48 jam atau pada saat pembacaan tekanan pori telah mendekati atau sama dengan tekanan balik yang ada. Dengan kata lain, konsolidasi selesai bila grafik hubungan antara perubahan volumetekananan balik dengan akar kuadrat waktu telah mencapai nilai yang asimtotis.

3. Pada saat akhir konsolidasi, katup tekanan balik ditutup untuk selanjutnya disiapkan untuk proses kompresi.

3.4.3 Tahap Kompresi

Pada uji triaksial CU, air tidak diperbolehkan mengalir pada saat kompresi (setelah proses konsolidasi selesai). Sehingga tekanan air pori akan mengalami kenaikan hingga tanah mengalami keruntuhan. Untuk mendapatkan kondisi seperti ini maka kecepatan penurunan yang terjadi harus cukup besar.

Selama percobaan harus dipastikan bahwa piston penekan telah menyentuh *top loading cap*, setelah itu tangkai parsneling dipindahkan ke posisi mendatar sehingga motor penggerak gigi dapat menggerakkan sel triaksial untuk menekan contoh tanah. Pembacaan *axial force reading* dan *displacement reading* diatur supaya menunjukkan angka nol.

Proses kompresi dimulai dengan cara menyalakan power-on mesin triaksial, lalu gigi roda akan menggerakkan sel triaksial ke atas, menekan contoh tanah. Pembacaan tekan pori setiap *displacement* tertentu dilakukan dengan memutar kontrol regulator hingga level air raksa tepat sejajar jarum nol indikator. Pada saat yang bersamaan juga dibaca *axial load* yang terjadi dengan $LRC = 0,15$ kg / div. Pembacaan dilakukan hingga contoh tanah mengalami keruntuhan atau *axial load*-nya makin berkurang.

Setelah pengujian selesai, motor penggerak dimatikan, katup tekanan pori ditutup, air dalam sel dikeluarkan dengan cara menurunkan tekanan sel dan membuka sekrup pembuang udara hingga air terdorong keluar. Karet *O-rings* dilepas dan membran karet dikeluarkan dari contoh tanah. Contoh tanah dikeluarkan dari sel triaksial, kemudian dicari kadar airnya. Lalu karet *O-rings* dibersihkan, membran karet dibuang, batu pori dan *top loading cap* dibersihkan. Seluruh tekanan dipastikan dalam kondisi nol dan seluruh katup tekanan dalam kondisi terbuka.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA UJI LABORATORIUM

Penelitian merupakan studi awal yang dilakukan terdiri dari pengujian sifat-sifat fisis dan mekanis dari contoh tanah asli dan tanah yang telah dicampur bahan-bahan stabilisasi berupa semen dan pasir. Dari hasil pengujian tersebut nantinya akan dapat terlihat pengaruh bahan-bahan stabilisasi semen dan pasir terhadap sifat fisis, dan sifat mekanis berupa kekuatan geser setelah mengalami penambahan jumlah siklus yaitu 0 siklus, 1 siklus, dan 2 siklus dengan uji Triaksial CU sebagaimana tujuan dalam penelitian ini. Parameter kuat geser tanah yang akan dicari yaitu kohesi (c) dan sudut geser tanah (ϕ) dalam kondisi tegangan efektif dan juga sejumlah parameter kondisi kritis seperti M , q_0 , lamda (λ), dan N .

4.1. Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

4.1.1. Hasil Uji Mineral Lempung

Hasil uji mineralogi memperlihatkan bahwa jenis mineral montmorillonite mempunyai presentase kandungan dalam sampel tanah sebesar 23.80 %, lebih kecil dari mineral halloysite yang kandungannya mencapai 49.66 %. Nilai kandungan mineral montmorillonite di dalam sampel tanah ini dipengaruhi oleh kondisi sampel tanah pada saat diambil di lapangan. Kemungkinan sampel tanah telah tercampur dengan tanah urugan atau material-material lainnya karena pengambilan sampel tanah hanya dilakukan di kedalaman 20 – 50 cm. Selain itu dilakukan juga uji SEM untuk tanah uji dengan tujuan untuk melihat struktur tanah mikro. Hasil foto mikro dari SEM menunjukkan bahwa tanah berbentuk porous (berpori). Dengan demikian memungkinkan tanah ekspansif tersebut untuk mengalami proses penyerapan air yang tinggi. Sedangkan pada uji SEM, dapat dilihat bahwa pada tanah uji ekspansif merupakan yang berporus (berongga) sehingga jika dicampurkan air ke tanah tersebut, tanah akan menyerap air dan air tersebut akan mengikat senyawa – senyawa kimia yang ada di dalam tanah. Akibatnya tanah akan mengalami pengembangan. Gambar hasil uji SEM dapat dilihat pada **lampiran B**.

4.1.2. Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Asli

Beberapa hasil pengujian sifat fisik tanah asli yang dilakukan oleh tim peneliti tanah ekspansif Cikarang, Jawa Barat, disajikan dalam **Tabel 4.1** berikut ini:

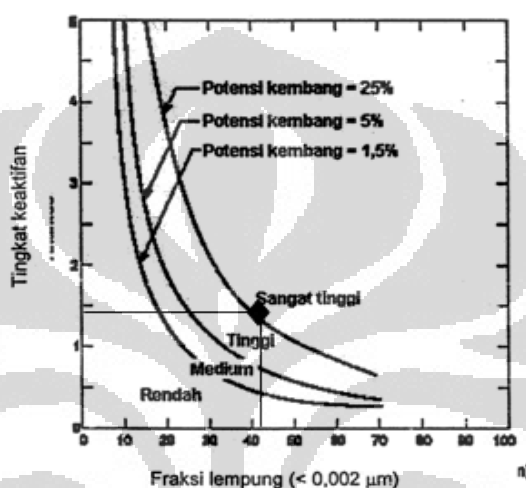
Tabel 4.1 Hasil Uji Sifat Fisis Tanah Asli (Zaki AG,2010)

Parameter	Tanah Asli
Berat Spesifik	2.661
Batas-batas Atterberg	
- Batas Cair (%)	89.84
- Batas Plastis (%)	45.44
- Indeks Plastisitas (%)	44.40
- Batas Susut (%)	13.22
Analisa Ukuran Butiran	
- Pasir (%)	3.4
- Lanau (%)	55.9
- Lempung (%)	40.7
Aktivitas (Seed)	1.45
W optimum (%)	32.3
γ_d maksimum (gr/cm ³)	1.356
Swelling (%)	8.938
Mineral	
Montmorillonite	23.8
Halloysite	49.66
Feldspar	12.92
Alpha Quartz	13.62

Hasil dari pengujian sifat fisik tanah lempung ekspansif dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Nilai batas Atterberg yang didapat adalah batas batas plastis 45.44%, cair sebesar 89.84%, dan batas susut 13.22%. Dengan demikian didapat nilai PI sebesar 44.40%. Nilai PI ini cukup besar dan menyatakan bahwa tanah Lempung Ekspansif Cikarang ini memiliki tingkat plastisitas tinggi.

Komposisi jenis tanah yang terkandung dalam tanah lempung ekspansif yaitu pasir 3.4%, lanau 55.9%, dan lempung 40.7%. Disini dapat kita lihat bahwa kandungan lanau sedikit lebih dominan dibandingkan tanah jenis lempung, dimana seharusnya dalam tanah lempung ekspansif tanah jenis lempunglah yang seharusnya lebih dominan. Hal ini dapat disebabkan karena tanah sampel yang diambil sudah tercampur dengan tanah-tanah urugan, yang mengakibatkan ukuran butiran dari tanah tersebut menjadi lebih besar.

Data dan hasil pengujian diatas dapat digunakan untuk mengidentifikasi derajat pengembangan dari tanah sampel. Untuk mengidentifikasi derajat pengembangan dari tanah lempung ekspansif Cikarang, penulis mengacu pada kriteria Seed (1962) diperoleh nilai aktivitas tanah lempung ekspansif adalah 1.45. Lalu dengan menghubungkan nilai aktivitas dan presentase fraksi lempung (40.7 %), derajat pengembangan tanah lempung ekspansif termasuk tinggi - sangat tinggi dengan potensi kembang sekitar 25% (**Gambar 4.1**).



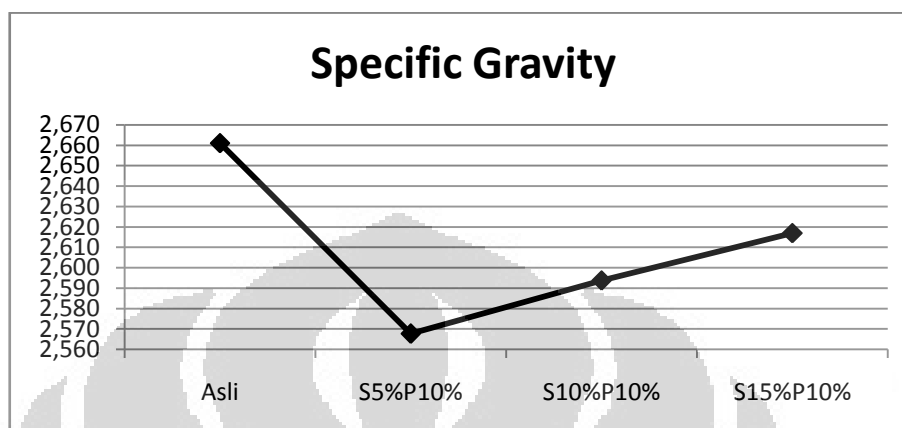
Gambar 4.1 Derajat Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Kriteria Seed (1962)

4.1.3. Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Campuran (Tanah Asli + Campuran Semen dan Pasir)

Untuk pengujian sifat fisik tanah campuran dengan bahan stabilisasi Semen dan pasir telah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh salah satu tim peneliti tanah ekspansif yaitu Zaki AG “*Pengaruh Pencampuran Pasir dan Semen Terhadap Kekuatan Geser Tanah Ekspansif Melalui Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi*” (2010). Pengujian sifat fisik ini meliputi pengujian berat spesifik (*specific gravity*), batas-batas atterberg, dan pemadatan standar (*compaction standard proctor*). Bahan stabilisasi yang digunakan adalah semen dengan variasi presentase 5%, 10%, 15% dicampur pasir dengan presentase 10% dari berat tanah kering. Tujuan pengujian ini adalah untuk melihat seberapa jauh pengaruh bahan stabilisasi tersebut terhadap sifat fisis asli tanah lempung ekspansif. Setelah itu akan didapat presentase campuran yang optimum dimana presentase campuran tersebut akan digunakan untuk pengujian kuat geser tanah dengan Triaksial CU

untuk mencari parameter kuat geser tanah yaitu nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ).

a) **Berat Spesifik**



Gambar 4.2 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai Berat Spesifik (Zaki AG,2010)

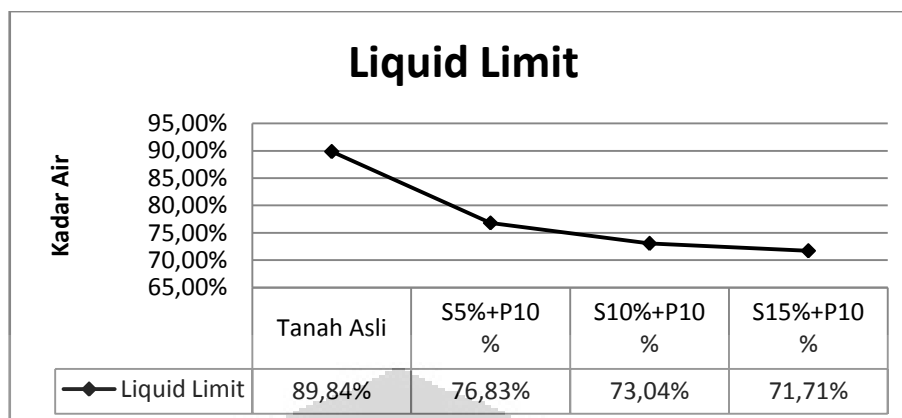
Dari **Gambar 4.2** diatas, dapat dilihat nilai berat spesifik akan menurun saat pasir dan semen baru ditambahkan. Tetapi seiring dengan bertambahnya presentase kadar semen dengan presentase pasir yang tetap, nilai berat spesifik akan terus bertambah.

b) **Batas-Batas Atterberg**

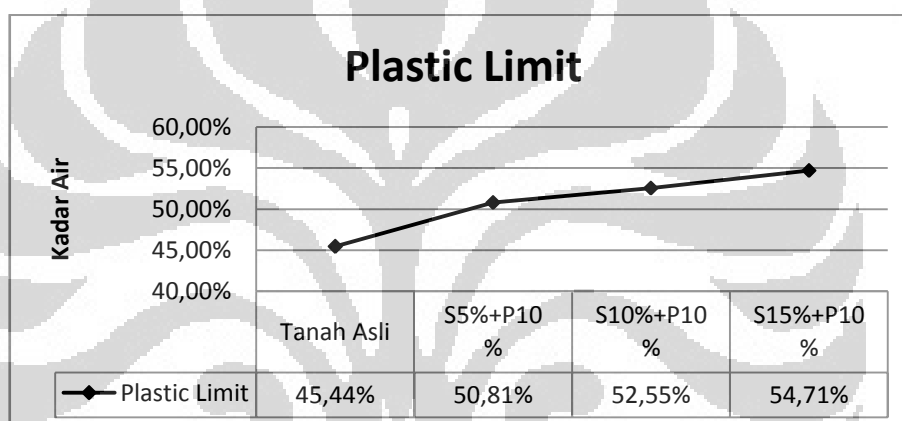
Efek penambahan bahan stabilisasi berupa semen dan pasir dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dibawah ini:

Tabel 4.2 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Batas-Batas Atterberg (Zaki AG,2010)

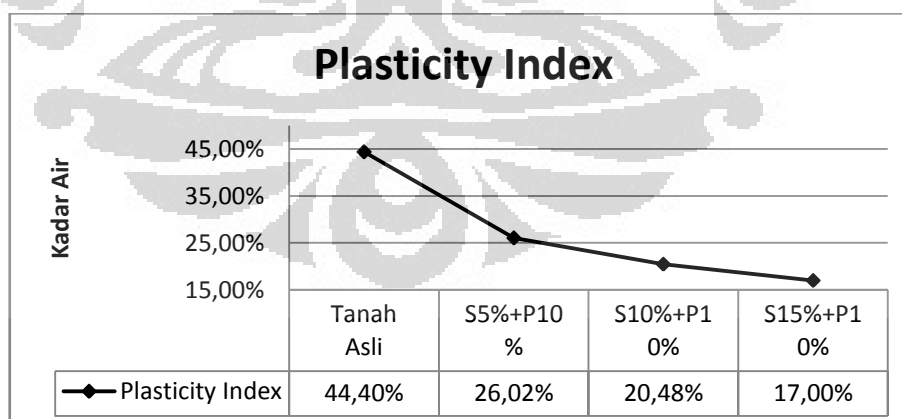
	Tanah Asli	S5%+P10%	S10%+P10%	S15%+P10%
Liquid Limit				
Seri 1	89.31%	76.22%	73.17%	72.49%
Seri 2	90.36%	77.45%	72.91%	70.93%
Rata - Rata	89.84%	76.83%	73.04%	71.71%
Plastic Limit				
Seri 1	45.12%	50.84%	52.27%	54.37%
Seri 2	45.76%	50.78%	52.84%	55.04%
Rata - Rata	45.44%	50.81%	52.55%	54.71%
Plasticity Index				
Seri 1	44.19%	25.38%	20.91%	18.11%
Seri 2	44.60%	26.67%	20.06%	15.89%
Rata - Rata	44.40%	26.02%	20.48%	17.00%



Gambar 4.3 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai *Liquid Limit* (Zaki AG,2010)



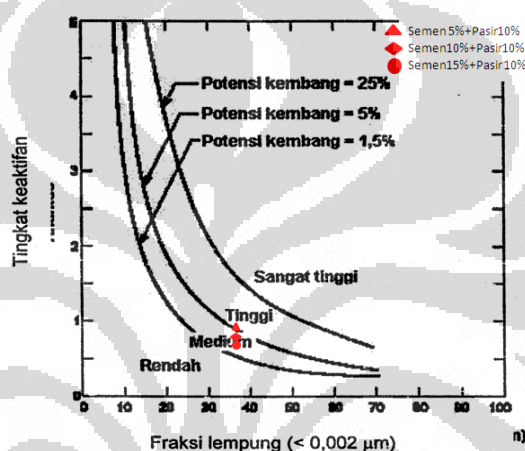
Gambar 4.4 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai *Plastic Limit* (Zaki AG,2010)



Gambar 4.5 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai *Plasticity Index* (Zaki AG,2010)

Dari **Gambar 4.3** – **Gambar 4.5** didapatkan bahwa penurunan nilai batas cair (*liquid limit*) dan nilai indeks plastisitas (IP) mengalami penurunan yang berbanding lurus dengan penambahan semen dan pasir. Namun nilai batas plastic

mengalami peningkatan seiring penambahan kadar semen dan pasir. Pada saat penambahan presentase semen 10% dan 15%, penurunannya tidak terlalu drastis bila dibandingkan dengan penambahan semen 5%. Dengan demikian penambahan presentase semen lebih dari 5 % tidak memberikan hasil yang signifikan dan efisien. Efek penambahan pasir dapat mempengaruhi batas-batas Atterberg pada tanah lempung karena pasir mengisi rongga-rongga tanah (filler) sehingga membuat tanah menjadi padat. Campuran semen dan pasir pada tanah lempung dapat menurunkan nilai indeks plastisitas karena adanya reaksi penyerapan air (absorpsi) dan pertukaran ion pada campuran tanah (Zaki AG,2010).



Gambar 4.6 Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Derajat Pengembangan Tanah Ekspansif (Zaki AG,2010)

c) Pemadatan

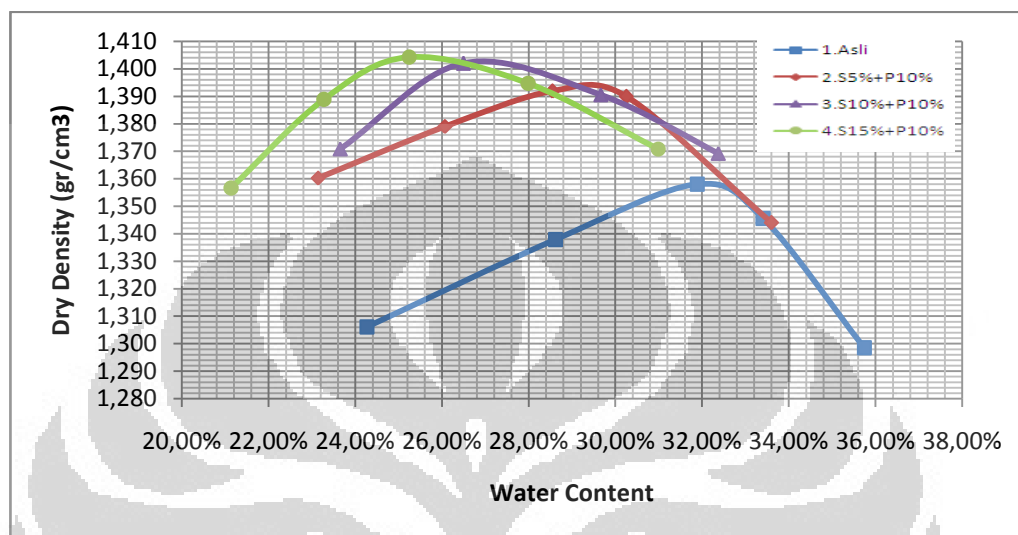
Tabel 4.2 menunjukkan nilai perubahan *optimum water content* dan *maximum dry density* terhadap penambahan semen dan pasir.

Tabel 4.3 Pengaruh Bahan Sabilisasi Terhadap Nilai Berat Kering Maksimum (Zaki AG,2010)

	Asli	S5%+P10%	S10%+P10%	S15%+P10%
Opt. Water content	32.3%	29.4%	26.8%	25.3%
Max Dry density, gr/cm³	1.356	1.394	1.402	1.406

Perubahan nilai-nilai kerapatan kering yang akan semakin meningkat dan kadar air yang semakin rendah sejalan dengan penambahan presentase kadar semen dan pasir (**Gambar 4.7**). Kadar air optimum tanah asli sebesar 32.3%

dengan kerapatan kering maksimum 1.356 gr/cm^3 . Sedangkan untuk tanah campuran yang selanjutnya akan dipakai pada pengujian Triaksial adalah campuran semen 5% dan pasir 10% dengan kadar air optimum 29.4% dengan kerapatan maksimum 1.394 gr/cm^3 .



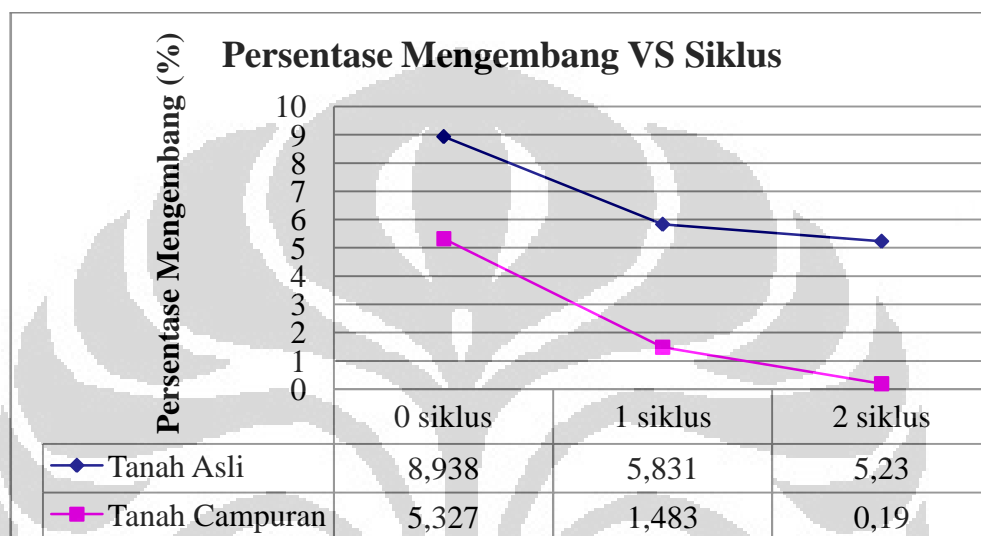
Gambar 4.7 Efek Bahan Stabilisasi Terhadap Hasil Pengujian Standard Proctor (Zaki AG,2010)

Penambahan pasir akan menyebabkan butiran tanah menjadi relatif lebih besar, sehingga tanah yang dicampurkan semakin bergradasi dan menyebabkan pori antar butiran menjadi kecil (sebagai pengisi pori-pori tanah). Lalu semen memisahkan lapisan air yang menyelimuti butiran tanah dan membentuk suatu permukaan aktif sehingga butiran tanah yang halus menjadi menggumpal dan membentuk partikel yang lebih besar.

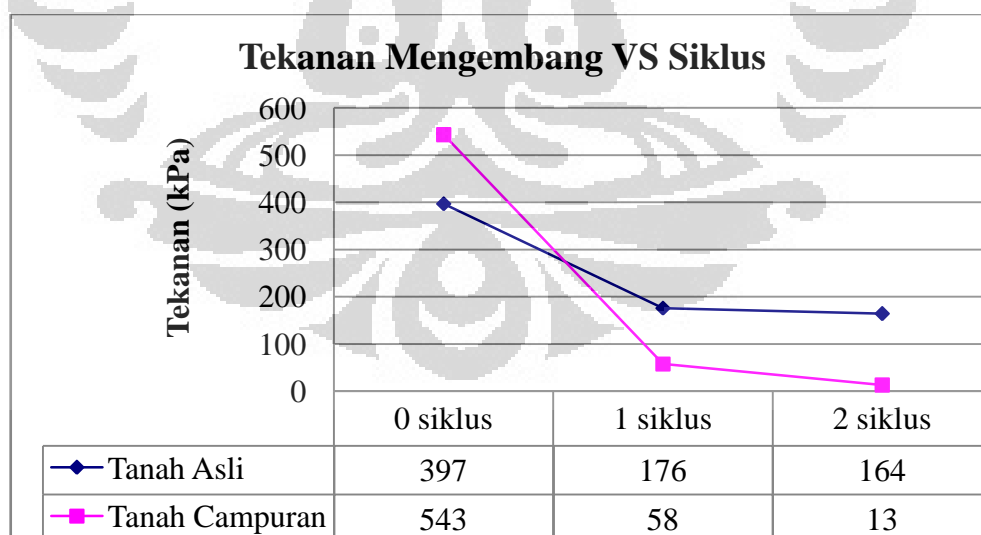
4.2 Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir serta Penambahan Jumlah Siklus Basah kering Terhadap Potensi Mengembang

Pada uji swelling ini dilakukan pada 2 kondisi sampel tanah yaitu tanah asli dan tanah campuran semen dan pasir. Setiap kondisi sampel tanah mengalami penambahan jumlah siklus yaitu 0 siklus, 1 siklus, dan 2 siklus untuk kemudian dicari persentase swellingnya (*swelling percentage*) dan tekanan swellingnya (*swelling pressure*). Dari hasil uji potensi kembang untuk kondisi tanah asli dan tanah campuran semen dan pasir nilai *swelling percentage*-nya cenderung

menurun akibat perulangan siklus basah kering. Demikian juga untuk nilai *swelling pressure*-nya juga akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah siklus baik pada tanah asli dan tanah campuran. Dengan demikian, pengaruh siklus basah kering terhadap perilaku mengembang contoh tanah bernilai positif dimana baik persentase mengembang dan tekanan mengembangnya mengalami penurunan dengan bertambahnya jumlah siklus.



Gambar 4.8 Hubungan Persentase Mengembang Terhadap Siklus Basah Kering



Gambar 4.9 Tekanan Mengembang Terhadap Siklus Basah Kering

Menurut Chen, potensi kembang (*swelling percentage* dan *swelling pressure*) mengalami penurunan disebabkan karena terjadinya penyesuaian

kepadatan tanah uji terhadap kepadatan kering kritisnya. Pada saat awal siklus pembasahan, massa tanah langsung menyesuaikan kepadatannya menuju ke tingkat kepadatan kritisnya. Sedangkan akibat dari agregasi (sementas) pada butiran tanah sudah terjadi sejak siklus pertama dan sangat dominan sehingga potensi kembangnya lebih besar pada siklus awal. Pada siklus selanjutnya, potensi kembang tetap menurun namun nilainya cenderung lebih kecil.

4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Tanah Asli dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi dengan Penambahan Siklus Basah Kering

Untuk uji Triaksial CU, Sampel Tanah yang digunakan adalah tanah ekspansif asli pada kondisi optimum, yaitu pada saat kadar air $\pm 32.3\%$. jumlah sampel yang dicetak untuk penggunaan 1 seri triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi sebanyak 3 buah yaitu untuk pemberian σ_3 sebesar 100 kPa, 200 kPa, dan 300 kPa. Sampel yang digunakan berukuran rata - rata tinggi (t) = 7.16 cm dan diameter (d) = 3.56 cm. Hasil dari pengujian triaksial CU ini selanjutnya dianalisis dengan menggunakan konsep kondisi kritis. Disini dipersiapkan tiga perlakuan untuk pengujian Triaksial CU untuk tanah asli yaitu tanah asli yang mengalami 0 siklus (Zaki AG,2010), 1 kali siklus, dan 2 kali siklus dimana yang dimaksud satu kali siklus adalah tanah tersebut mengalami empat hari perendaman di dalam air lalu dikeringkan 3 hari kering udara tanpa pengecekan kadar air awal.

Pengujian triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi dimulai dengan proses saturasi, yaitu proses pembuangan udara dari dalam contoh tanah dan memasukan air ke dalam pori-pori sehingga contoh tanah berada dalam kondisi derajat kejenuhan yang diinginkan. Tahap yang kedua adalah proses konsolidasi yaitu proses untuk memberikan tegangan efektif pada contoh tanah uji sesuai dengan tegangan efektif yang terjadi sebenarnya dilapangan. Hasil dari proses konsolidasi adalah perubahan volume dan perubahan tekanan air pori yang terjadi pada sampel. Setelah proses konsolidasi dilanjutkan dengan proses kompresi.

4.3.1 Deviator Stress (q) vs Tegangan Efektif (p')

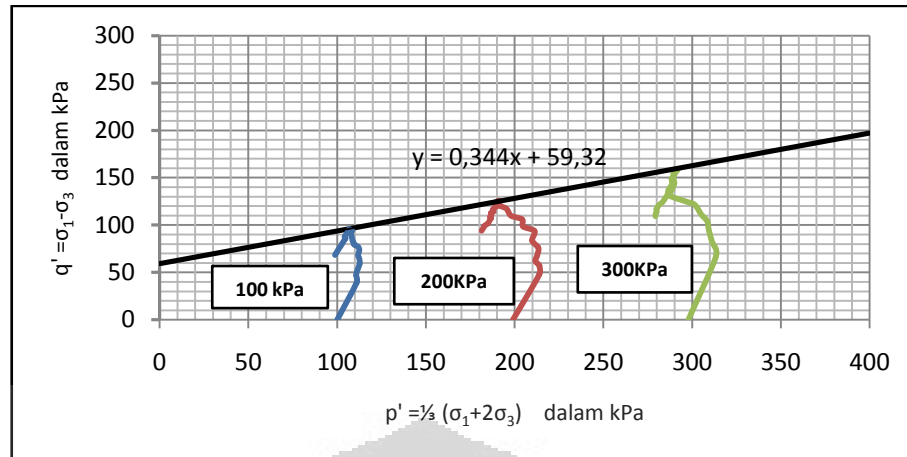
Tegangan deviator (q) merupakan variabel yang mewakili besarnya beban yang bekerja pada sampel tanah. Dalam pengujian triaksial CU, tegangan deviator ini didefinisikan sebagai selisih antara tegangan utama besar (σ_1) dengan tegangan utama kecil (σ_3).

Dari grafik **Gambar 4.10 – 4.12**, secara umum lintasan tegangan pada awal pembebanan mengarah ke kanan namun kemudian berubah arah ke kiri hingga sampel mencapai keruntuhan. Ketika tegangan deviator diterapkan pada sampel, mulanya tegangan ini diterima oleh kerangka padat tanah sehingga terjadi peningkatan tegangan efektif tanah. Namun kemudian air pori ikut menahan tegangan yang bekerja pada tanah yang mengakibatkan peningkatan tekanan air pori positif dan penurunan tegangan efektif yang bekerja sehingga lintasan tegangan mulai berubah arah ke kiri hingga sampel mengalami keruntuhan.

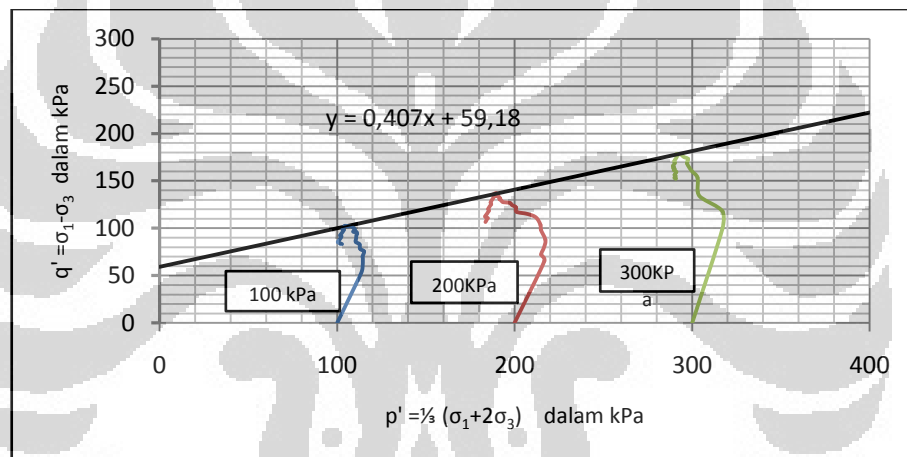
Untuk *Stress path* pada kondisi 0 siklus, 1 siklus, dan 2 siklus yang diberi tegangan 200 kPa dan 300 kPa mulai mengalami *normally consolidated* yang ditandai dengan pergerakan lintasan tegangan yang condong ke kiri walaupun pada mulanya bergerak ke kanan (sumbu-x positif). Pergerakan *stress path* ini menandakan apabila *stress path* bergerak ke sumbu-x positif, nilai tegangan efektif bertambah. Tetapi apabila bergerak ke arah sumbu-x negatif maka nilai tegangan efektif berkurang, hal ini menunjukkan bahwa pada saat beban aksial masih bertambah, tegangan efektif dapat bergerak turun walaupun tanah belum mengalami keruntuhan.

Sedangkan *stress path* yang diberi tegangan 100 kPa pada kondisi 0 siklus, 1 siklus, dan 2 siklus mengalami *over consolidated* karena tegangan efektif pada saat mengalami keruntuhan berada di sebelah kanan tegangan efektif awal. Hal ini mungkin disebabkan pada saat proses pemadatan tanah pada saat pencetakan sampel dimana tekanan yang diberikan tidak homogen/rata.

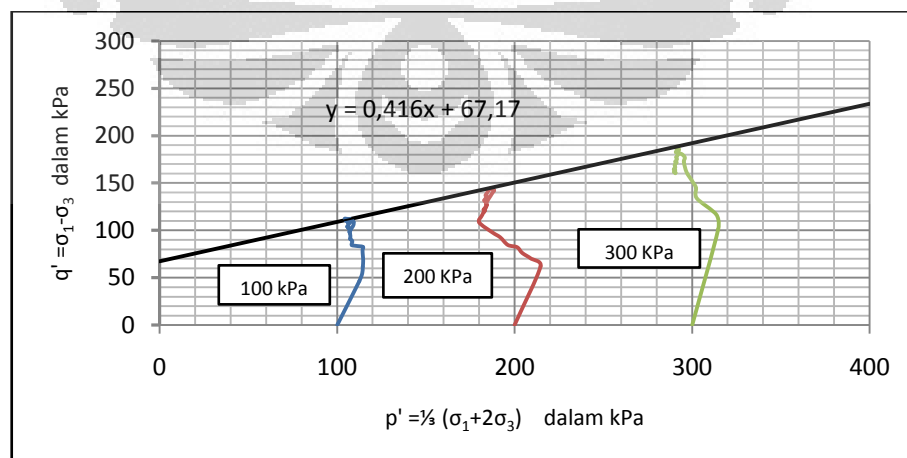
Berikut grafik yang menunjukkan hubungan Deviator Stress (q) vs Tegangan Efektif (p') hasil pengujian Triaksial Cu tanah asli yang telah mengalami penambahan jumlah siklus basah kering (0 siklus, 1 siklus, dan 2 siklus) :



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Tanah Asli 0 siklus (Zaki AG,2010)



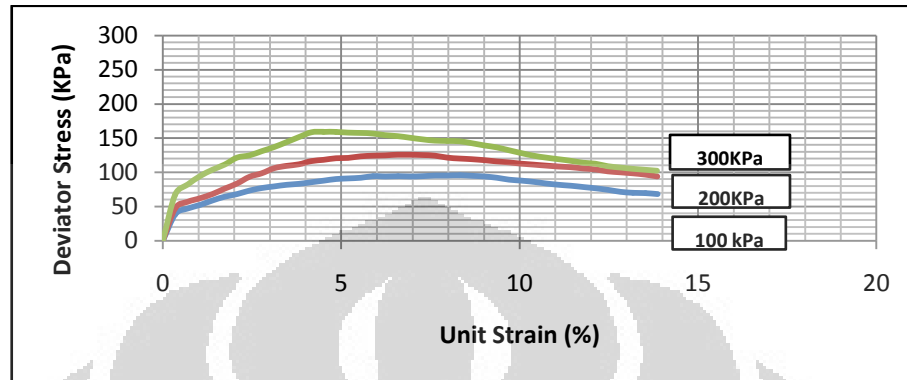
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Tanah Asli 1 siklus



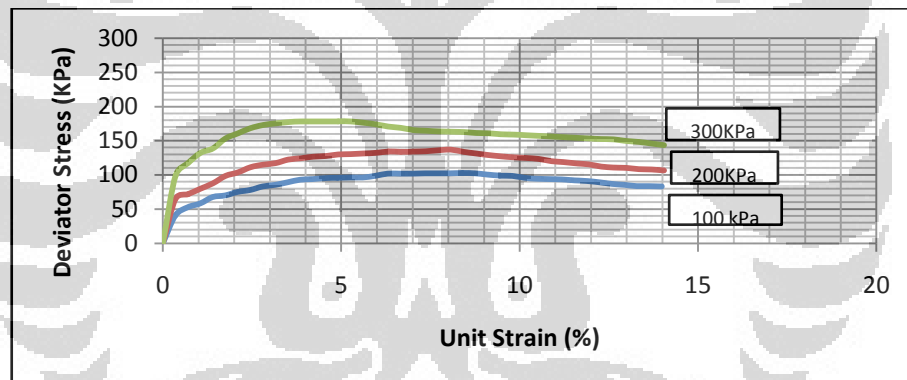
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Tanah Asli 2 siklus

4.3.2 Deviator Stress (q) vs Regangan (ϵ)

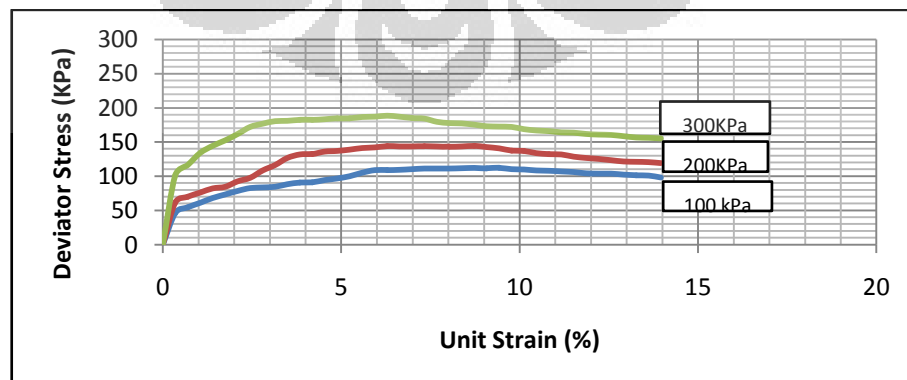
Berikut grafik yang menunjukkan hubungan Deviator Stress (q) vs Regangan (ϵ) hasil pengujian Triaksial CU tanah asli yang telah mengalami penambahan jumlah siklus basah kering :



Gambar 4.13 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Tanah Asli 0 siklus (Zaki AG,2010)



Gambar 4.14 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Tanah Asli 1 siklus



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Tanah Asli 2 siklus

Gambar 4.13 – 4.15 memperlihatkan bahwa tegangan deviator maksimum baik kondisi 0 siklus, 1 siklus, dan 2 siklus akan meningkat seiring dengan peningkatan σ_3 . Semakin besar tekanan, maka semakin besar pula kepadatan tanah sehingga nilai tegangan deviator maksimumnya juga akan semakin besar. Rata – rata regangan yang terjadi pada saat mencapai nilai tegangan deviator maksimum untuk masing – masing siklus cenderung menurun. Nilainya secara berurutan adalah 7,63% untuk 0 siklus (Zaki AG,2010), 7,25% untuk 1 kali siklus, dan 7,56% untuk 2 kali siklus.

Tabel 4.4 – Tabel 4.5 menunjukkan nilai tegangan deviator dan regangan untuk kondisi tanah asli yang telah mengalami penambahan jumlah siklus.

Tabel 4.4 Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Asli 0 Siklus (Zaki AG,2010)

σ_3 (kPa)	100	200	300
q (kPa)	95.701	125.732	159.105
ϵ (%)	8.32	6.93	4.85
ϵ rata2	6.70		

Tabel 4.5 Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Asli 1Siklus

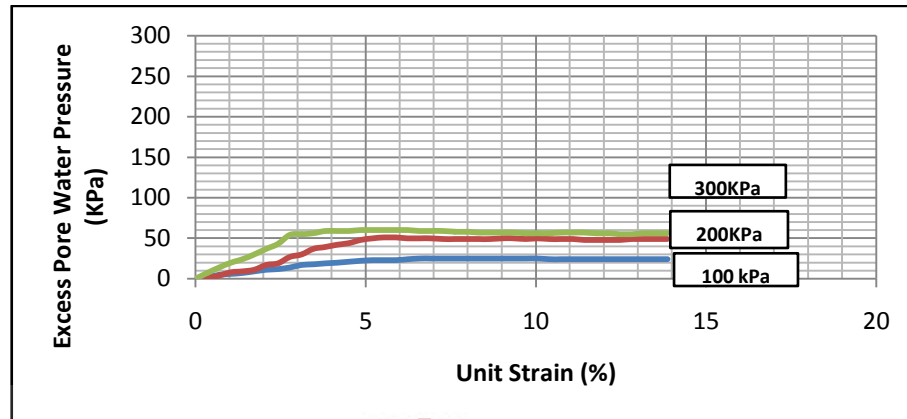
σ_3 (kPa)	100	200	300
q (kPa)	102,580	136,911	178,159
ϵ (%)	8,74	8,08	4,92
ϵ rata2	7,25		

Tabel 4.6 Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Asli 2 Siklus

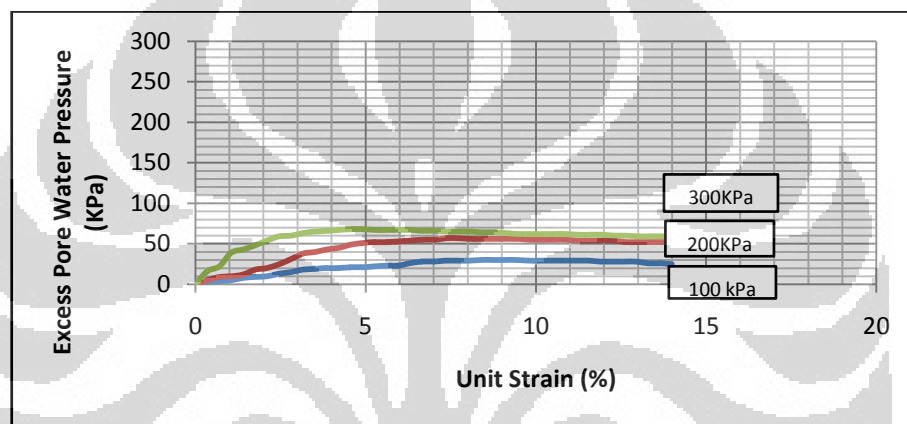
σ_3 (kPa)	100	200	300
q (kPa)	112,372	144,224	188,409
ϵ (%)	9,43	6,98	6,28
ϵ rata2	7,56		

4.3.3 Regangan (ϵ) vs Δu

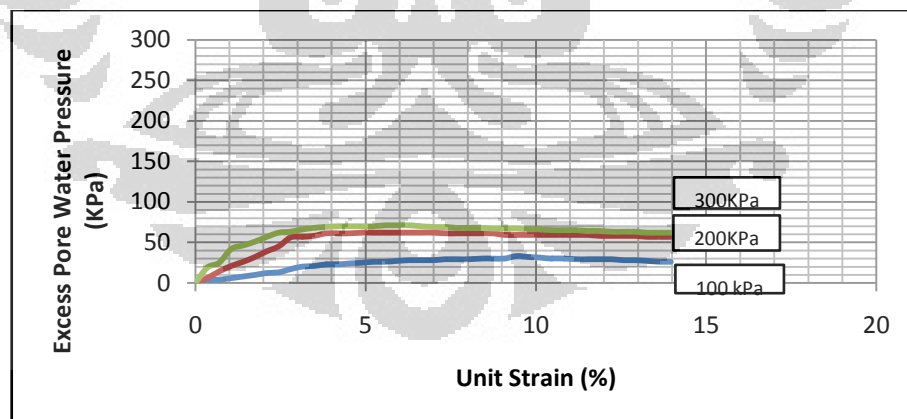
Berikut grafik yang menunjukkan hubungan Regangan (ϵ) vs Δu pada kondisi tanah asli yang telah mengalami penambahan jumlah siklus.



Gambar 4.16 Grafik Regangan (ϵ) Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Asli 0 siklus (Zaki AG,2010)



Gambar 4.17 Grafik Regangan (ϵ) Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Asli 1 siklus



Gambar 4.18 Grafik Regangan (ϵ) Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Asli 2 siklus

Pada kondisi *undrained*, air pori tidak diperbolehkan mengalir keluar dari contoh tanah sehingga sebagaimana dijelaskan sebelumnya, air pori ikut menahan tegangan yang bekerja pada sampel tanah. Air pori turut memikul beban pada saat beban diberikan pada sampel. Tekanan air pori terus meningkat sampai pada

kondisi air pori tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan (tanah mengalami keruntuhan). Semakin besar tekanan yang diberikan, maka nilai perubahan tekanan air pori juga akan meningkat. Peningkatan yang terjadi masih dalam rentang tekanan air pori positif

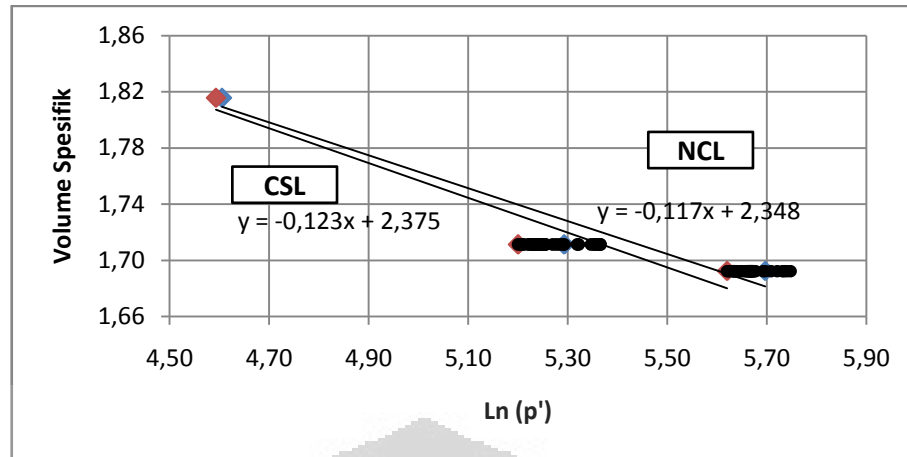
4.3.4 $\ln(p')$ vs Volume Spesifik (v)

Gambar 4.19 – 4.21 menggambarkan kondisi tanah sampel. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa garis *Critical State Line* (CSL) berada di sebelah kiri garis *Normally Consolidated Line* (NCL) yaitu garis konsolidasi normal yang bersesuaian. Karena garis *critical state line* berada di sebelah kiri garis *normal consolidation line*, maka sampel tanah asli yang telah mengalami uji triaksial CU dengan penambahan jumlah siklus berada dalam kondisi *normally consolidated*. 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.

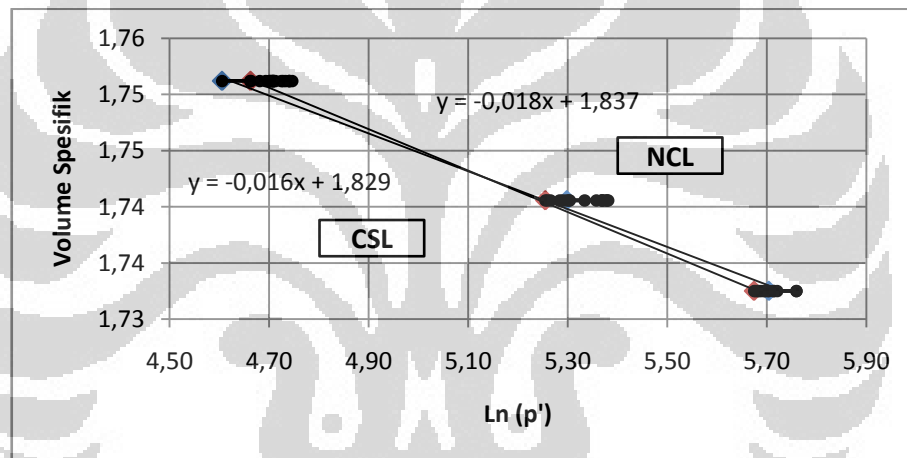
Berikut adalah tabulasi yang menunjukkan nilai parameter NCL dan CSL untuk kondisi tanah asli yang telah mengalami penambahan jumlah siklus :

Tabel 4.7 Perbandingan Parameter λ , N, dan Γ Tanah Ekspansif Asli yang Telah Mengalami Penambahan Jumlah Siklus Basah Kering

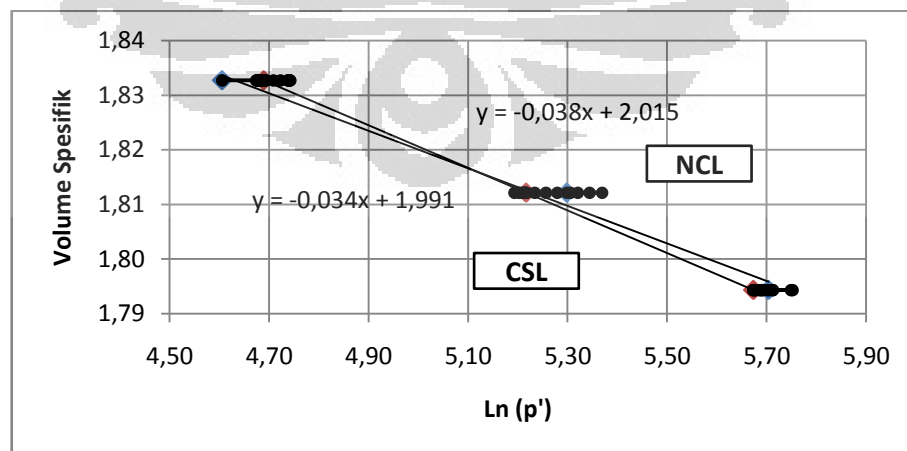
Parameter	Tanah Asli		
	0 siklus (Zaki AG,2010)	1 siklus	2 siklus
N	2.375	1,829	2,015
λ_{NCL}	-0.123	-0.016	-0.034
Γ	2.348	1.869	2.081
λ_{CSL}	-0.117	-0.018	-0.038



Gambar 4.19 Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Asli 0 Siklus (Zaki AG,2010)



Gambar 4.20 Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Asli 1 Siklus



Gambar 4.21 Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Asli 2 Siklus

4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Tanah Campuran Semen dan Pasir dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi dengan Penambahan Siklus Basah Kering

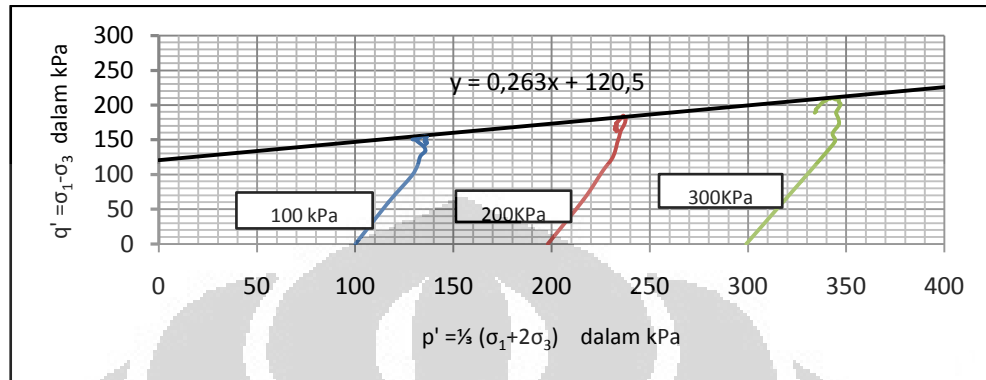
Persentase pemakaian campuran bahan stabilisasi pasir dan semen untuk uji Triaksial CU untuk tanah campuran adalah semen 5 % dan pasir 10 %. Penentuan ini berdasarkan hasil uji atterberg limit terhadap tanah ekspansif + pasir dengan kadar semen 5%, 10%, dan 15%. Dimana didapatkan bahwa campuran 5% semen merupakan kadar campuran yang paling efisien karena penambahan kadar semen menjadi 10% atau 15%, hasil yang didapatkan tidak terlalu signifikan.

Kondisi sampel adalah pada kondisi optimum campuran, yaitu pada saat kadar air $\pm 29.4\%$. Proses pencetakan sampel tanah sama seperti pada tanah ekspansif asli. Hanya saja, sampel tanah ekspansif dengan campuran ini diperam selama $\pm 2-3$ jam setelah dicetak dengan tujuannya agar semen dan pasir dapat bereaksi dengan tanah. Jumlah sampel yang dicetak untuk penggunaan 1 seri triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi sebanyak 3 buah yaitu untuk pemberian σ_3 sebesar 100 kPa, 200 kPa, dan 300 kPa. Sampel yang digunakan berukuran rata-rata tinggi (t) = 7.16 cm dan diameter (d) = 3.56 cm. Hasil dari pengujian triaksial CU ini selanjutnya dianalisis dengan menggunakan konsep kondisi kritis. Seperti halnya pada tanah asli, pada tanah campuran pasir 10% dan semen 5% ini pun mengalami tiga kondisi yaitu 0 siklus (Zaki AG,2010), 1 kali siklus, dan 2 kali siklus, dimana yang dimaksud satu kali siklus adalah tanah tersebut mengalami empat hari perendaman di dalam air lalu dikeringkan 3 hari kering udara tanpa pengecekan kadar air awal. Kemudian nantinya akan dilihat pengaruh penambahan bahan stabilisasi tersebut terhadap kekuatan geser tanah akibat penambahan jumlah siklus.

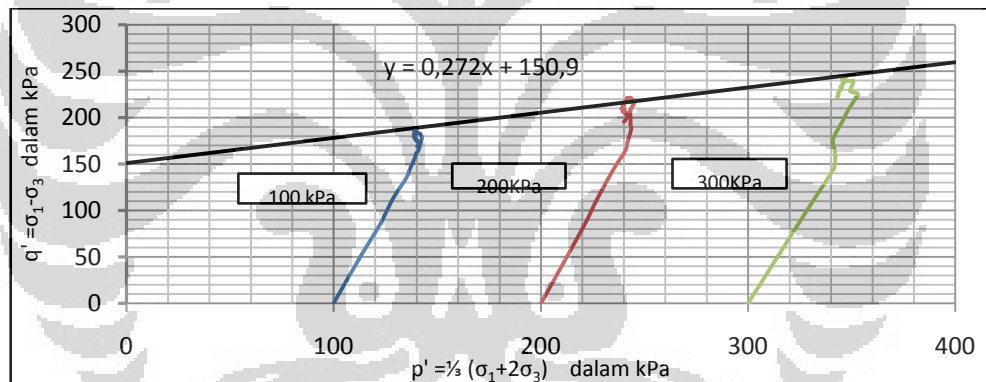
Uji triaksial dimulai dengan proses saturasi dengan tujuan untuk mencari nilai koefisien B minimal sebesar 0.95. Pada tanah campuran ini, waktu yang dibutuhkan lebih lama karena sampel tanah menjadi lebih padat akibat penambahan semen dan pasir. Sehingga air akan membutuhkan lebih banyak waktu untuk mengisi rongga-rongga tanah. Kemudian dilanjutkan dengan proses konsolidasi dan kompresi untuk shearing.

4.4.1 Deviator Stress (q) vs Tegangan Efektif (p')

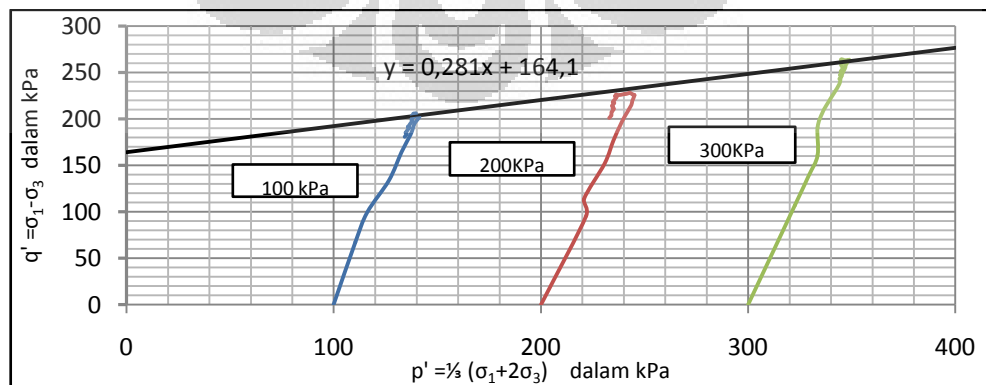
Berikut grafik yang menunjukkan Deviator Stress (q) vs Tegangan Efektif (p') hasil pengujian Triaksial Cu tanah campuran yang telah mengalami penambahan jumlah siklus basah kering (0 siklus, 1 siklus, dan 2 siklus):



Gambar 4.22 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG,2010)



Gambar 4.23 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Campuran 1 Siklus



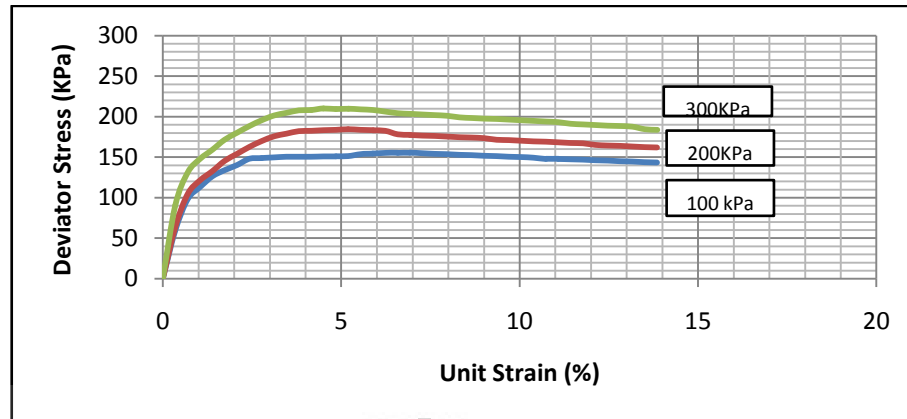
Gambar 4.24 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Campuran 2 Siklus

Dapat dilihat pada **Gambar 4.22 – 4.24**, bahwa pergerakan *stress path* ke arah sumbu-x positif pada contoh sampel tanah cenderung bergerak vertikal, dimana tegangan efektifnya bertambah seiring dengan penambahan beban. Hal ini dapat menjelaskan bahwa sampel tanah mengalami kondisi *overconsolidated* yang sangat besar karena nilai tegangan efektif yang terjadi pada saat mengalami keruntuhan jauh lebih besar daripada tegangan efektif awal.

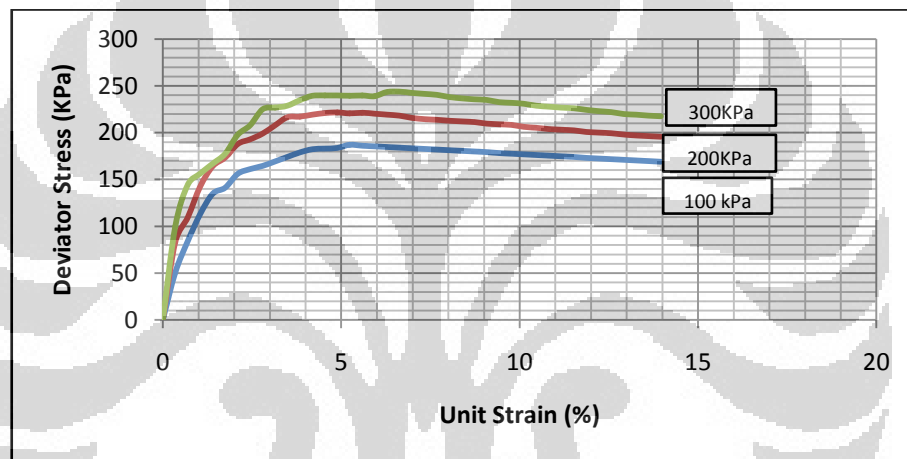
4.4.2 Deviator Stress (q) vs Regangan (ϵ)

Gambar 4.25 – 4.27 memperlihatkan grafik hubungan antara tegangan deviator (q) terhadap regangan (ϵ) untuk kondisi tanah campuran. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa tegangan deviator maksimum akan meningkat seiring dengan peningkatan σ_3 yang diberikan karena tekanan akan mempengaruhi kemampuan/kepadatan tanah. Semakin besar tekanan, semakin besar pula kepadatan tanah sehingga nilai tegangan deviator maksimum semakin besar. Rata – rata regangan yang terjadi pada saat mencapai nilai tegangan deviator maksimum untuk masing – masing siklus secara berurutan adalah 6,06% untuk 0 siklus (Zaki AG,2010), 5,59% untuk 1 kali siklus, dan 5,93% untuk 2 kali siklus. Jika dibandingkan dengan tanah asli, nilai regangan pada tanah campuran jauh lebih kecil untuk masing – masing siklus yang dialami.

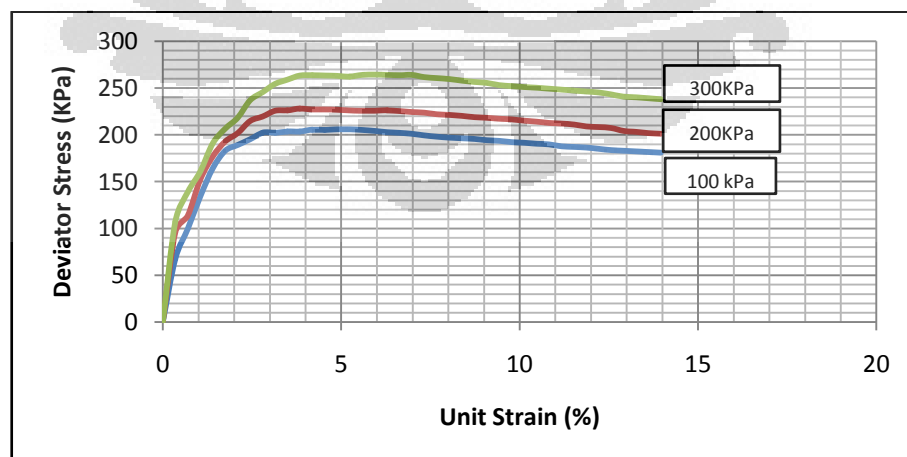
Berikut grafik Deviator Stress (q) vs Regangan (ϵ) hasil pengujian Triaksial Cu tanah campuran yang telah mengalami penambahan jumlah siklus basah kering (0 siklus, 1 siklus, dan 2 siklus).



Gambar 4.25 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG,2010)



Gambar 4.26 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Campuran 1 Siklus



Gambar 4.27 Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Campuran 2 Siklus

Sedangkan **Tabel 4.8 – Tabel 4.10** menunjukkan nilai tegangan deviator dan regangan untuk kondisi tanah campuran yang telah mengalami penambahan jumlah siklus.

Tabel 4.8 Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Campuran 0 Siklus
(Zaki AG,2010)

σ_3 (kPa)	100	200	300
q (kPa)	155,450	184,437	209,999
ϵ (%)	6,93	5,20	7,62
ϵ rata2	6,06		

Tabel 4.9 Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Campuran 1 Siklus

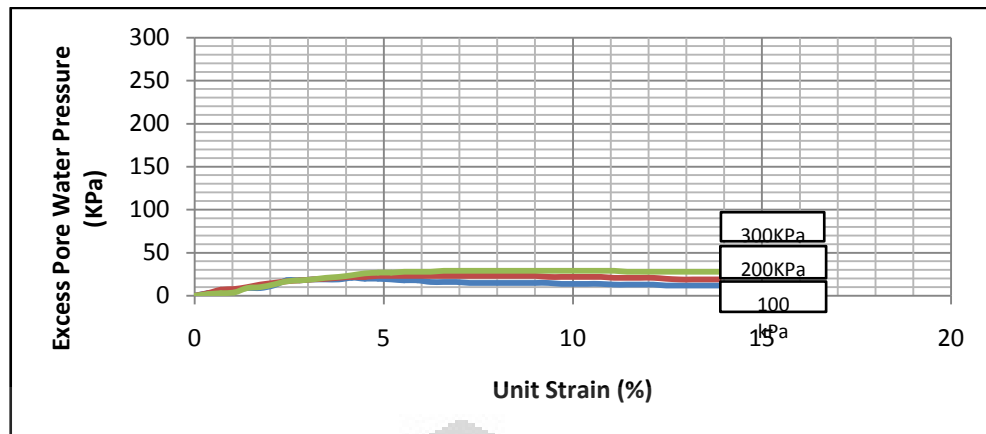
σ_3 (kPa)	100	200	300
q (kPa)	187,046	221,410	243,683
ϵ (%)	5,24	5,93	6,63
ϵ rata2	5,93		

Tabel 4.10 Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Campuran 2 Siklus

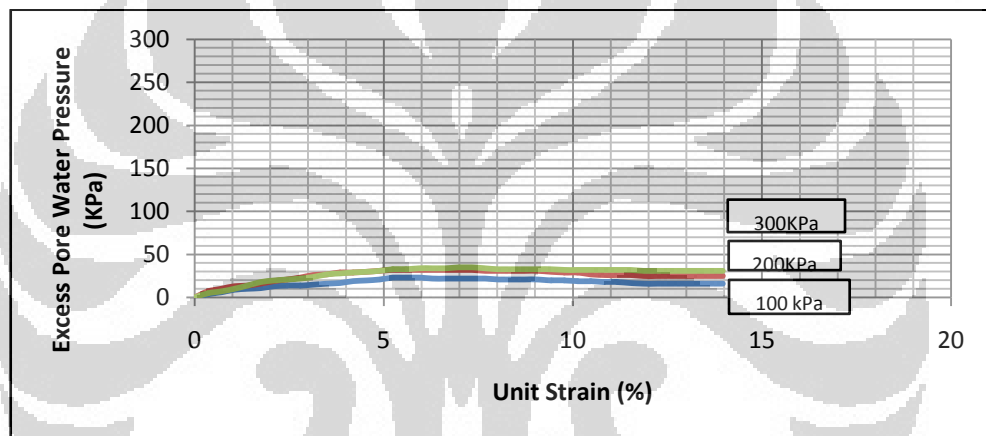
σ_3 (kPa)	100	200	300
q (kPa)	205,835	227,939	264,135
ϵ (%)	5,59	6,28	6,98
ϵ rata2	6,28		

4.4.3 Regangan (ϵ) vs Δu

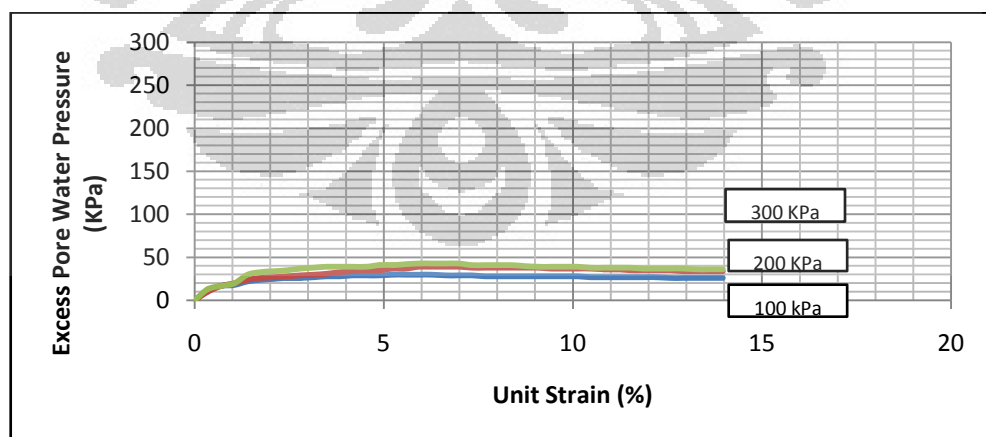
Gambar 4.26 - 4.28 menunjukkan grafik hubungan perubahan tekanan air pori terhadap regangan untuk kondisi tanah campuran yang mengalami penambahan jumlah siklus. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan, maka nilai perubahan tekanan air pori juga akan meningkat. Setelah regangan tersebut, nilai perubahan tekanan air pori berubah seiring dengan tekanan yang dialami tanah.



Gambar 4.28 Grafik Regangan Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG,2010)



Gambar 4.29 Grafik Regangan Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Campuran 1 Siklus



Gambar 4.30 Grafik Regangan Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Campuran 2 Siklus

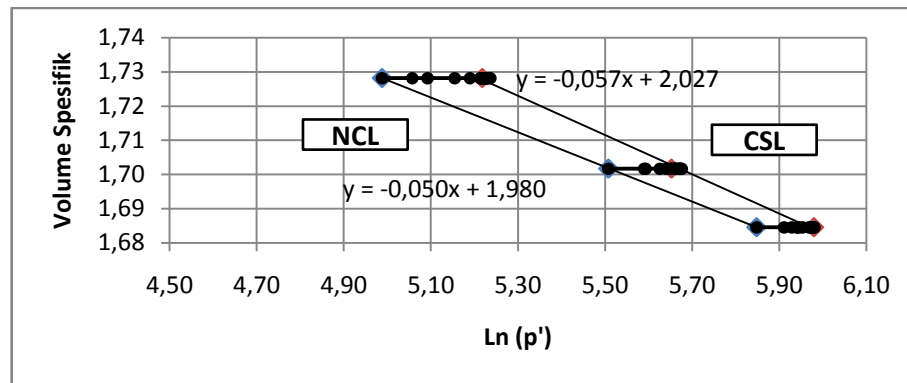
4.4.4 $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v)

Pada **Gambar 4.31 - 4.33** terlihat bahwa garis *Critical State Line* (CSL) *Normally Consolidated Line* (NCL). Dengan demikian sampel tanah campuran semen dan pasir yang telah mengalami uji triaksial CU dengan penambahan jumlah siklus berada dalam kondisi *over consolidated*. Pada tanah ekspansif dengan campuran semen dan pasir nilai N mengalami penurunan sedangkan nilai Γ mengalami kenaikan. Hal ini menyatakan bahwa pencampuran tanah dengan semen dan pasir dapat menambah jarak antar garis kondisi normal dengan garis kondisi kritisnya, sehingga tanah tersebut dapat menahan perubahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan yang tanpa mengalami pencampuran dengan semen dan pasir.

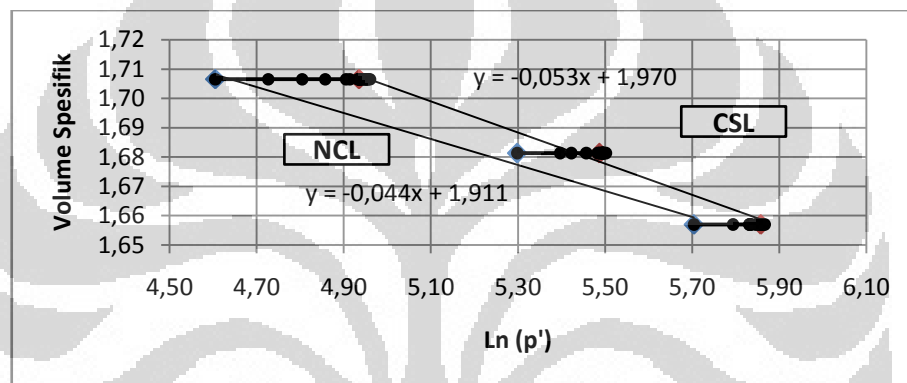
Berikut adalah tabulasi yang menunjukkan nilai parameter NCL dan CSL untuk kondisi tanah campuran yang telah mengalami penambahan jumlah siklus :

Tabel 4.11 Perbandingan Parameter λ , N , dan Γ Tanah Campuran Yang Telah Mengalami Penambahan Jumlah Siklus Basah Kering

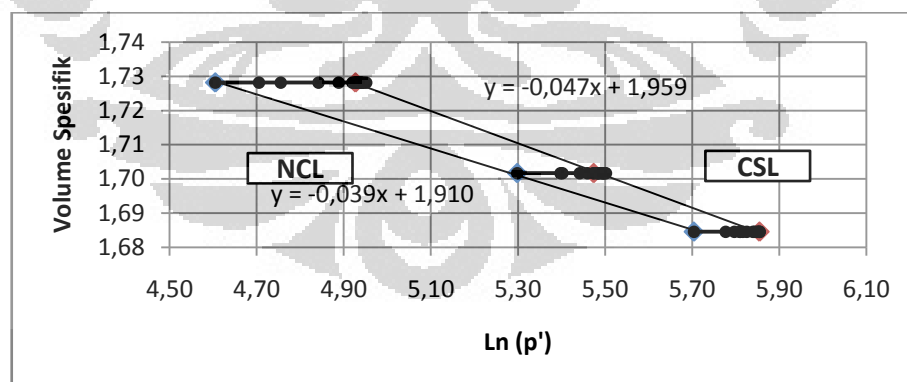
Parameter	Tanah Asli		
	0 siklus (Zaki AG,2010)	1 siklus	2 siklus
N	2.335	1.911	1.910
λ_{NCL}	-0.136	-0.044	-0.039
Γ	2.497	1.970	1.959
λ_{CSL}	-0.161	-0.044	-0.047



Gambar 4.31 Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Campuran 0 Siklus (Zaki AG, 2010)



Gambar 4.32 Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Campuran 1 Siklus



Gambar 4.33 Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Campuran 2 Siklus

4.5 Analisa Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi

4.5.1 Terhadap Tegangan Deviator

Tabel 4.4 – 4.6 menunjukkan nilai tegangan deviator untuk kondisi tanah asli yang mengalami penambahan jumlah siklus yaitu 0,1, dan 2 sedangkan tabel 4.8 – 4.10 untuk kondisi tanah campuran semen dan pasir dengan penambahan jumlah siklus yang sama.. Dari tabel tersebut dapat dilihat semakin besar nilai σ_3 yang diberikan semakin besar pula tegangan deviator yang didapatkan. Hal ini disebabkan karena pemberian σ_3 yang semakin besar menyebabkan semakin rapatnya partikel-partikel tanah tersebut, sehingga partikel-partikel tanah tersebut semakin bersinggungan. Karena itu, maka tegangan geser yang dapat ditahan oleh tanah menjadi semakin besar.

Penambahan campuran semen dan pasir juga akan mengakibatkan peningkatan nilai tegangan deviator tanah ekspansif yang berkisar antara 50.89 kPa – 59.75 kPa (Zaki AG,2010). Hal ini disebabkan karena tanah tersebut mengeras setelah semen bereaksi dengan air yang. Pasir sendiri berfungsi sebagai *filler* untuk mengisi rongga – rongga tanah agar tanah menjadi lebih padat. Penambahan jumlah siklus untuk tanah asli akan mengakibatkan peningkatan nilai tegangan deviator Sedangkan penambahan jumlah siklus untuk tanah campuran semen dan pasir sendiri juga meningkatkan nilai tegangan deviatornya.

Sedangkan untuk regangan sendiri, terjadi kenaikan regangan pada tanah asli yang mengalami penambahan jumlah siklus. Kenaikan ini disebabkan bertambahnya nilai kadar air sampel tanah akibat penambahan jumlah siklus sehingga tanah itu tingkat elastisitasnya mengalami peningkatan. Namun penurunan regangan terjadi pada sampel tanah yang telah dicampur semen dan pasir. Namun nilai regangannya juga meningkat seiring penambahan jumlah siklus.

4.5.2 Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah

Dari Hasil pengujian Triaksial CU yang dilakukan didapatkan parameter-parameter kekuatan geser dari tanah ekspansif baik tanah asli maupun yang telah

dicampur dengan semen 5% dan pasir 10% yang telah mengalami penambahan jumlah siklus basah kering 0, 1, 2 siklus Parameter kekuatan geser yang dimaksud tersebut adalah c dan ϕ , dimana parameter ini bisa didapatkan dengan menggambarkan grafik q' dan p' dimana dengan menggambarkan grafik ini akan didapatkan nilai M dan q_0 . Parameter kekuatan geser bisa didapat dari rumus:

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{3M}{6+M} \right] \quad (4.1)$$

$$c' = \left[\frac{3 - \sin \phi'}{6 \sin \phi'} \right] q_0 \quad (4.2)$$

Data-data yang didapatkan dari hasil pengujian pada kondisi terkonsolidasi tak terdrainasi ditampilkan dalam bentuk grafik (**Gambar 4.10 – 4.12** untuk tanah asli dan **Gambar 4.22 – 4.24** untuk tanah campuran semen dan pasir), dimana kedua kondisi tersebut mengalami penambahan jumlah siklus yang sama yaitu 0, 1, 2 siklus. Parameter – parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut :

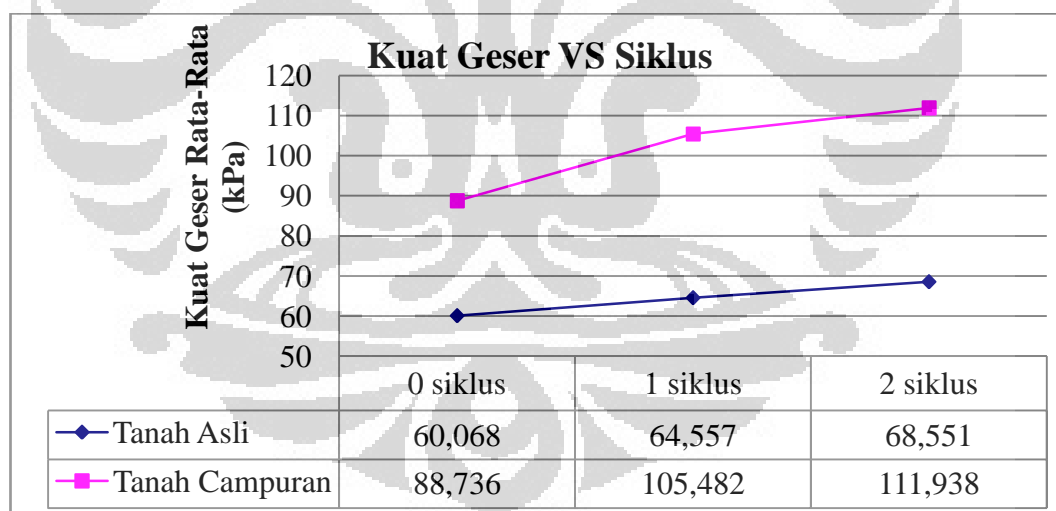
Tabel 4.12 Perbandingan Parameter Kekuatan Geser Tanah Asli dengan Uji Triaksial CU yang Telah Mengalami Penambahan Jumlah Siklus Basah Kering

Parameter	Tanah Asli		
	0 siklus (Zaki AG,2010)	1 siklus	2 siklus
M	0.344	0.407	0,416
q_0	59.32	59,18	67,17
ϕ' (°)	9,36	10,99	11,22
c' (kPa)	28.83	28,62	32,46
τ' (kPa)	60,07	64,56	68,55

Tabel 4.13 Perbandingan Parameter Kekuatan Geser Tanah Campuran Semen dan Pasir dengan Uji Triaksial CU yang Telah Mengalami Penambahan Jumlah Siklus Basah Kering

Parameter	Tanah Campuran Semen dan Pasir		
	0 siklus (Zaki AG,2010)	1 siklus	2 siklus
M	0.265	0.272	0,281
q_0	120,5	150,9	164,1
ϕ' (°)	7,24	7,48	7,71
c' (kPa)	58,96	73,78	80,17
τ' (kPa)	88,74	105,48	111,938

Tabel 4.12 dan **4.13** merupakan nilai parameter kuat geser pada kondisi tegangan kritis dari grafik hasil dari pengujian Triaksial CU. M adalah nilai suatu gradien kemiringan garis batas kondisi kritis yang merupakan perbandingan antara nilai q dan p' pada titik batas kritis kondisi runtuh dimana nilai M mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah siklus baik pada kondisi tanah asli maupun tanah campuran semen dan pasir. Namun nilainya menurun untuk kondisi tanah campuran. Nilai q_0 menyatakan bahwa tanah tersebut sebelumnya mempunyai pembebanan awal yang merupakan akibat dari pemadatan. Tanah ekspansif asli mempunyai nilai q_0 yang lebih kecil dari tanah ekspansif yang telah dicampur semen dan pasir. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan semen dan pasir akan menambah kepadatan tanah. Sedangkan akibat siklus basah kering nilainya juga mengalami peningkatan baik untuk kondisi tanah asli maupun tanah campuran. Selain itu dapat dilihat pula bahwa nilai kohesi mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah siklus. Hal yang sama juga terjadi pada nilai sudut geser, namun untuk tanah campuran nilai sudut gesernya cenderung menurun.



Gambar 4.34 Kuat Geser Tanah Asli dan Tanah Campuran Semen dan Pasir Setelah Mengalami Siklus Basah Kering

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

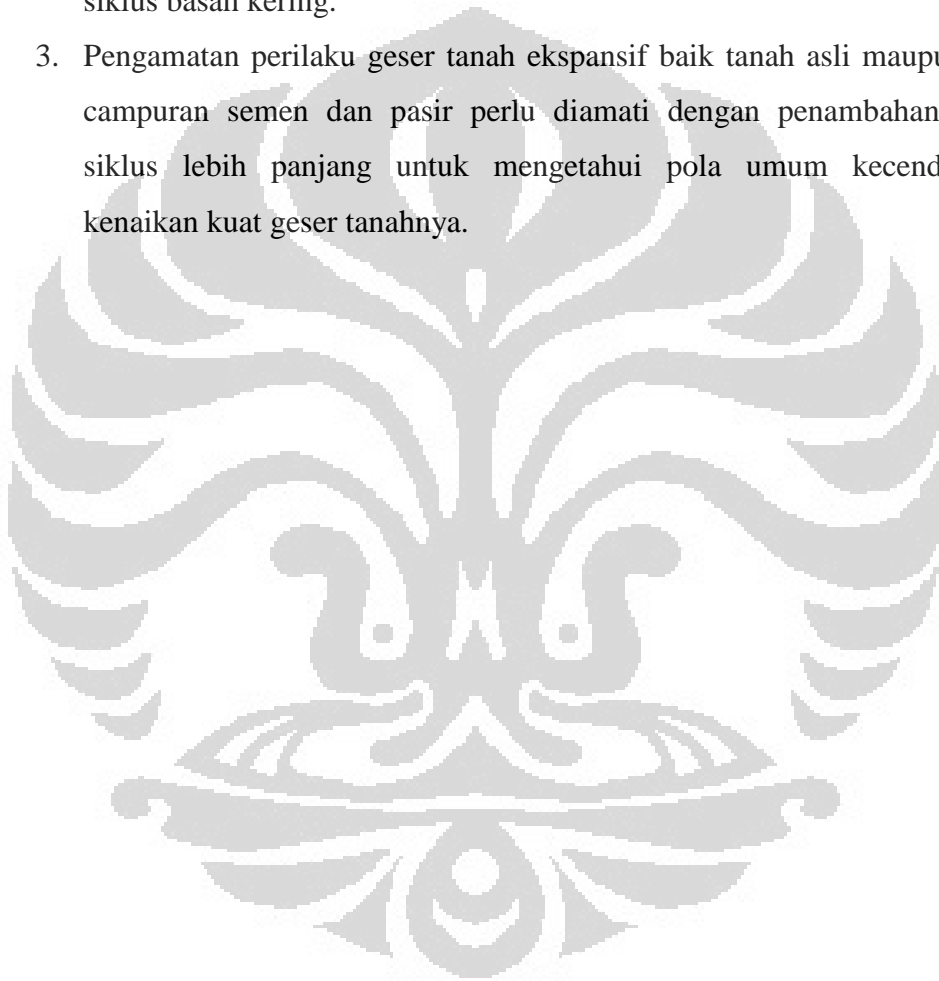
Penelitian yang dilakukan merupakan studi awal (uji laboratorium awal). Tanah yang diambil dari perumahan The Elysium Delta Silikon 1 Lippo Cikarang merupakan tanah ekspansif dengan kandungan mineral lempung : *montmorillonite* sebesar 23.8 %. Hasil Uji indeks tanah (sifat fisik tanah) yang dilakukan oleh tim peneliti tanah ekspansif didapatkan nilai indeks plastisitas (IP) 44.40% dan nilai *Activity* 1,45 (mengacu pada kriteria Seed, 1962).

Adapun kesimpulan dari penelitian ini antara lain

1. Benda uji tanah ekspansif akan mengalami penurunan potensi mengembang setelah mengalami pertambahan siklus basah kering. Penambahan bahan stabilisasi semen dan pasir pada kondisi tanah campuran juga akan menurunkan potensi mengembang.
2. Dari uji triaksial CU didapatkan hasil bahwa penambahan jumlah siklus baik untuk tanah asli maupun tanah campuran semen 5% dan pasir 10% akan mengakibatkan peningkatan nilai tegangan deviator.
3. Hasil uji triaksial CU tentang parameter kekuatan geser menunjukkan bahwa nilai q_0 dan kohesi (c') mengalami peningkatan karena dicampurnya semen dan pasir. Namun nilai M dan sudut geser (ϕ') mengalami penurunan. Sedangkan pengaruh penambahan jumlah siklus untuk kedua kondisi baik tanah asli maupun campuran menyebabkan nilai parameter M mengalami peningkatan. Dengan demikian kuat gesernya pun ikut meningkat.
4. Pada kondisi sebelum pencampuran dengan penambahan jumlah siklus, lintasan tegangan bergerak ke arah kiri atau contoh tanah mengalami *normally consolidated*. Sedangkan kondisi setelah pencampuran dengan penambahan jumlah siklus, lintasan tegangan bergerak ke arah kanan atau mengalami *over consolidated*.

5.1. Saran

1. Jumlah contoh tanah uji yang digunakan dan jumlah siklus yang dialami oleh contoh tanah baik kondisi tanah asli dan tanah campuran sebaiknya perlu diperbanyak agar data lebih akurat.
2. Perlu dikembangkan penelitian untuk tanah dalam kondisi kadar air diatas atau dibawah kadar air optimum dimana contoh tanah dalam kondisi tanah asli dan tanah campuran semen dan pasir dengan mengalami perlakuan siklus basah kering.
3. Pengamatan perilaku geser tanah ekspansif baik tanah asli maupun tanah campuran semen dan pasir perlu diamati dengan penambahan jumlah siklus lebih panjang untuk mengetahui pola umum kecenderungan kenaikan kuat geser tanahnya.



DAFTAR PUSTAKA

Abdul Ghani, Zaki. (2010). *PENGARUH PENCAMPURAN PASIR DAN SEMEN TERHADAP KEKUATAN GESER TANAH EKSPANSIF MELALUI UJI TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI TAK TERDRAINAS*. Skripsi S1. Universitas Indonesia.

AS'AD SHOLIHIN.(1999). *Studi perilaku Mengembang dan Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Akibat Siklus Berulang Basah Kering*. Tesis Magister Bidang Keahlian Rekayasa Geoteknik Program Studi Pasca Sarjana. Institut Teknologi Bandung.

Annual Books of ASTM, America Society for Testing Materials. (1989). Philadelphia.

Budhu, M. (2007). *Soil mechanics and foundations*. John Willey and Sons Inc. USA.

Chen, F.H. (1975). *Foundations On Expansive Soils*. Elsevier Scientific Publishing Company. New York.

Chen, F.H. and Ma, Gs (1987). *Swelling and Shrinkage behavior of Expansive Clay*. 6th Int Conference on Expansive Soil Vol 1. New Dehli, India, 127-129.

Craig, R.F. (1987). *Mekanika Tanah* (1994). Terjemahan Budi Susilo Supandji dari *Soil Mechanics, Fourth Edition (1987)*, Erlangga, Jakarta.

DAS. (1983). *Advanced Soil Mechanics*, Mc. Graw Hill, Singapore.

DAS, BRAJA.M. (1985). *Principles of Geotechnical Engineering*, PWS Publishers.

Departemen Pekerjaan Umum. *Laporan Penelitian: Penanggulangan Kerusakan Jalan di Atas Tanah Ekspansif*. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum. *Laporan Penelitian: Perilaku Perubahan Tanah Ekspansif*. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum. *Laporan Penelitian: Pengembangan Teknologi Penanggulangan Tanah Ekspansif dengan Horizontal Barrier*. Jakarta.

Hardiyati, Siti (2003). *Studi potensi Mengembang dan Kekuatan Tanah Lempung Ekspansif Dengan dan Tanpa Kapur Akibat Siklus Berulang Basah Kering*. Tesis Magister Bidang Keahlian Rekayasa Geoteknik Program Studi Pasca Sarjana. UNDIP.

HOLTZ, W.G and GIBBS, H.J.(1954).*Engineering Properties of Expansive Clays* Proc, ASCE, Soil Mechanics Foundation Div.80 (516).


LAMBE, T.W. (1951). *Soil Testing for Engineering*. John Wiley and Sons. Inc, New York.




LAMPIRAN A

HASIL UJI MINERALOGI TANAH EKSPANSIF

HASIL UJI MINERAL



DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
BALAI BESAR KERAMIK
LABORATORIUM PENGUJIAN BALAI BESAR KERAMIK
 Jl. Jend. A. Yani No. 392 Bandung, Telp. (022) 7206221, 7207115, 7206296 Fax. (022) 7205322 E-mail: keramik@bbk.go.id



SERTIFIKAT PENGUJIAN

Nomor : 141 - 5 / BBK / JU - 04 / 2010	Halaman 1 dari 3
--	------------------

Peminta Jasa

- Nama : Pudia Prisdhy
- Alamat : Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok

Uraian Contoh

- Tanggal Terima : 29 April 2010
- Jenis : Lempung
- Tanda : Ekspansif
- Jumlah : 1 (Satu) Contoh

Pengambilan Contoh


- Instansi Pengambil : Peminta jasa (keterwakilan contoh di luar tanggung jawab Laboratorium Balai Besar Keramik)
- Pengambil : -
- Tanggal Pengambilan : -
- Laporan Berita Acara Pengambilan Contoh : -


Pengujian

- Metoda Uji : SNI 15-0449-1989; SNI 15-4936-1998; SNI 15-2173-1991; SNI 15-1569-1989. X-Ray Diffractometry
- Tgl Pelaksanaan Pengujian : 29 April - 24 Juni 2010

Hasil Uji

Hasil pengujian terdiri dari 3 (Tiga) halaman

Bandung, 24 Juni 2010
 Balai Besar Keramik
 Kepala Seksi Pengujian

 Ir. Enymin
 NIP. 090 013 138



F-PSK-03-02

Sertifikat ini bukan Sertifikat Jaminan Mutu dan berlaku 6 (enam) bulan sejak diterbitkan. Hasil uji dalam Sertifikat ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji. Dilarang menggunakan Sertifikat ini, kecuali secara langsung.

SERTIFIKAT PENGUJIAN

Nomor : 141 -5 /BBK /JU -04/2010

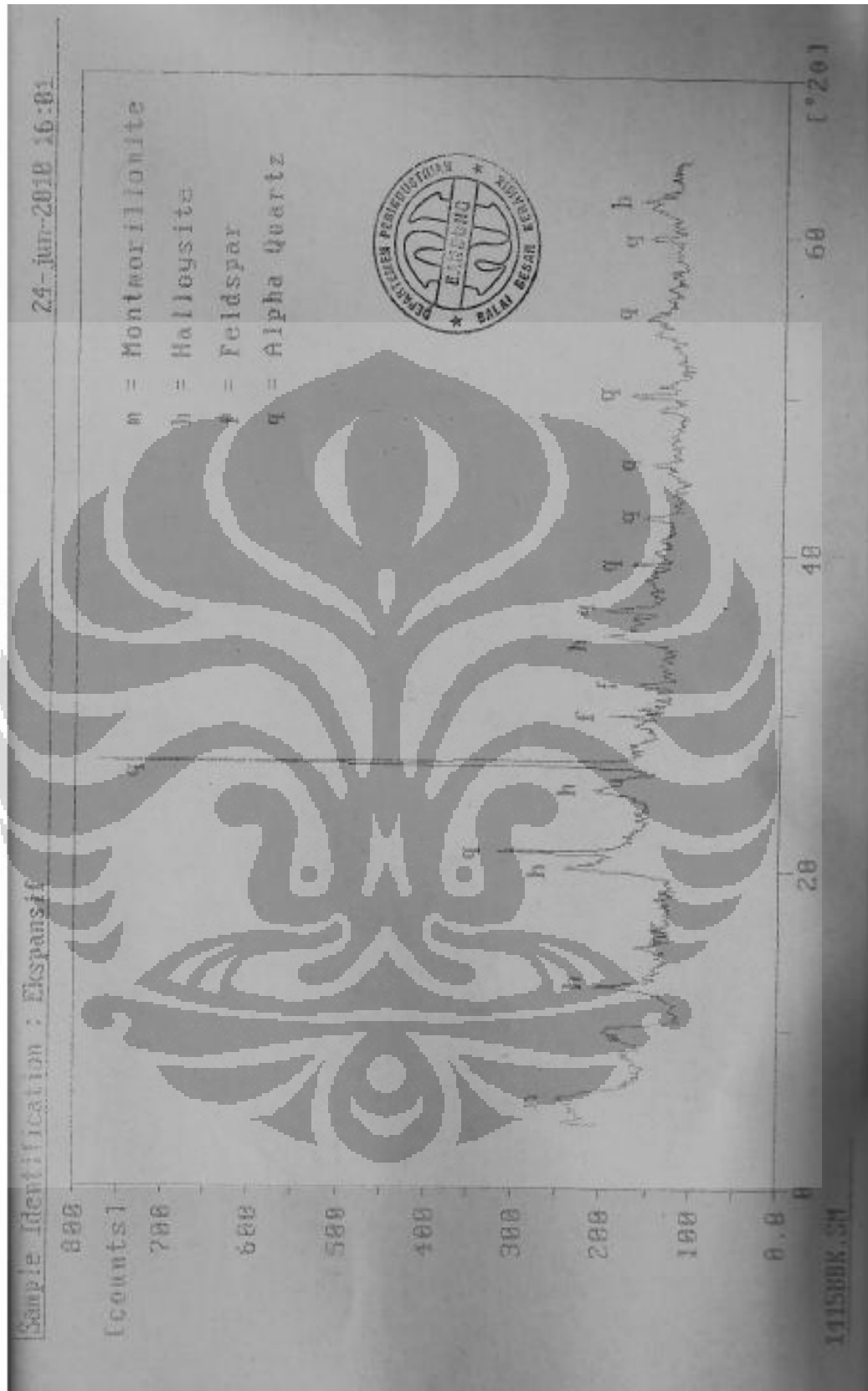
Halaman 2 dari 3

No.	Tanda Contoh	Jenis Uji	Metode Uji	Hasil Uji	
1.	Ekspansif	Analisis Kimia, % berat	SiO ₂	SNI 15-0449-1989	57,89
			Al ₂ O ₃	SNI 15-4936-1998	19,03
			Fe ₂ O ₃	SNI 15-2173-1991	3,13
			TiO ₂	SNI 15-0449-1989	0,64
			CaO	SNI 15-1569-1989	2,62
			MgO	SNI 15-1569-1989	1,88
			Na ₂ O	SNI 15-0449-1989	1,46
			K ₂ O	SNI 15-0449-1989	2,41
			Hilang Pijar	SNI 15-0449-1989	10,94
				Analisis Mineral % berat	X-Ray Diffractometry

Bertaku untuk contoh yang diruji. Dilarang menggunakan sebagian laporan uji ini kecuali secara lengkap.



F-PSK-03-02





LAMPIRAN B

FOTO HASIL UJI LABORATORIUM, UJI SEM, ALAT TRIAKSIAL CU

FOTO UJI LABORATORIUM, UJI SEM, ALAT TRIAKSIAL CU,

Foto Uji SEM

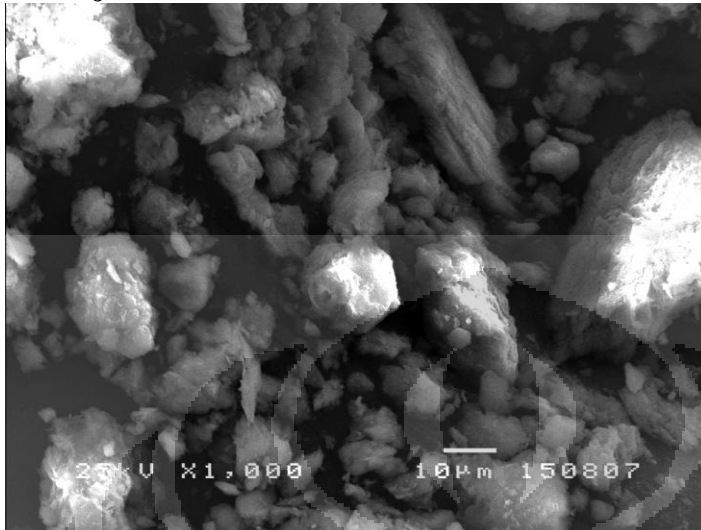


Foto –Foto Hasil Uji Triaksial CU

- Asli 1 siklus



- Asli 2 siklus



- **Campuran 1 siklus**



- **Campuran 2 siklus**



- **Foto Alat Triaksial CU**





LAMPIRAN C

**HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM IDENTIFIKASI TANAH
LEMPUNG EKSPANSIF (TANAH ASLI DAN TANAH CAMPURAN
SEMEN + PASIR)**

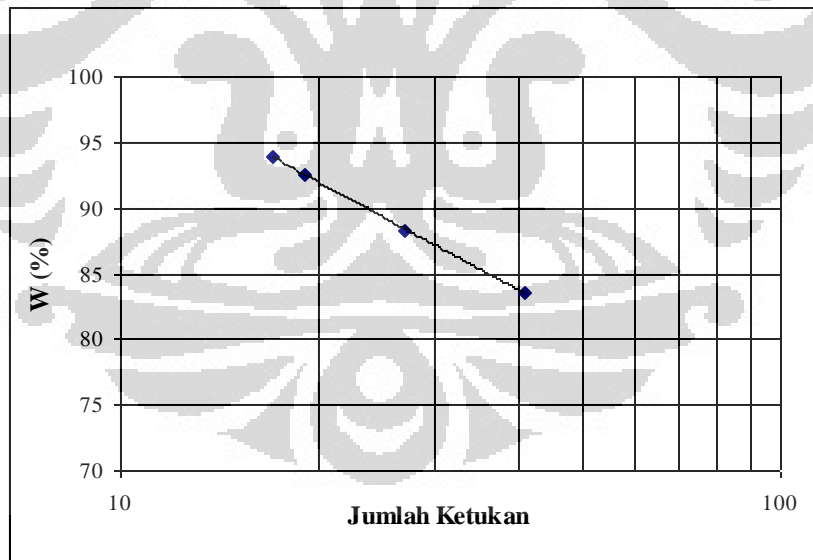
***ATTERBERG LIMIT (ASTM D4318-84), UJI SPECIFIC GRAVITY (ASTM
D422-63), UJI SWELLING (D4546-85), UJI ANALISA BUTIRAN (ASTM
C136-46), UJI PEMADATAN STANDARD PROCTOR (ASTM D698-78)***

ATTERBERG LIMIT

Sample No. : SERI 1
Description of Soil : Expansive Soil (Tanah asli)
Date : 12 January 2010

Liquid Limit Determination

	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can	52.26	47.23	51.85	56.35
Berat tanah kering + can	32.67	27.17	31.19	33.36
Berat can	9.23	4.43	8.88	8.89
Berat tanah kering	23.44	22.74	22.31	24.47
Berat air	19.59	20.06	20.66	22.99
Kadar air	83.58	88.21	92.60	93.95
Jumlah ketukan, N	41	27	19	17



Liquid Limit = 89.32 %

Plastic Limit Determination

Can No.	I	II
Berat tanah basah + Can	45.66	44.57
Berat tanah kering + Can	38.06	37.32
Berat Can	21.27	21.2
Berat tanah kering	16.79	16.12
Berat air	7.6	7.25
Kadar air	45.27	44.98
Kadar air rata-rata (plastic limit)	45.12 %	

Flow index, FI = 27.24%

Liquid limit, LL = 89.32%

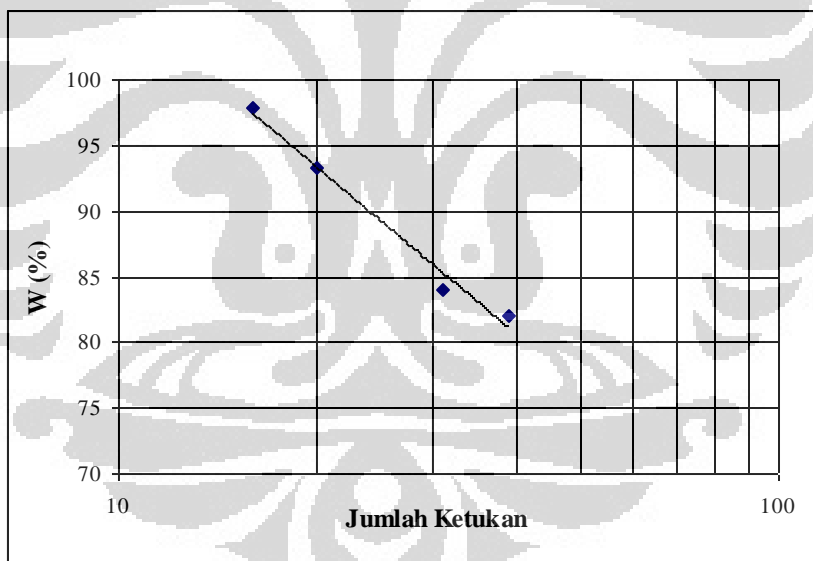
Plastic limit, PL = 45.12%

Plasticity index, IP = 44.20%

Sample No. : SERI 2
 Description of Soil : Expansive Soil (Tanah Asli)
 Date : 13 January 2010

Liquid Limit Determination

	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can	51.92	54.25	51.56	59.82
Berat tanah kering + can	32.17	33.3	30.67	34.57
Berat can	8.1	8.35	8.28	8.75
Berat tanah kering	24.07	24.95	22.39	25.82
Berat air	19.75	20.95	20.89	25.25
Kadar air	82.05	83.97	93.30	97.79
Jumlah ketukan, N	39	31	20	16



Liquid Limit = 89.23 %

Plastic Limit Determination

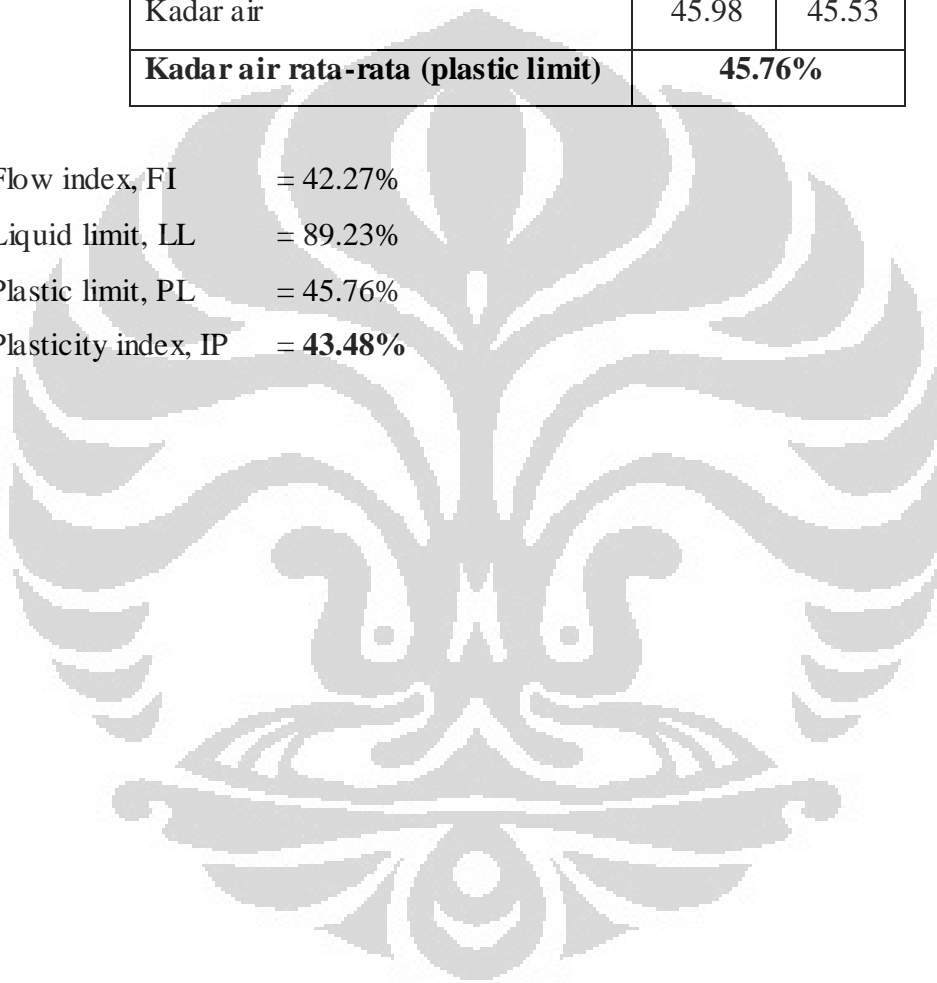
Can No.	I	II
Berat tanah basah + Can	33.13	32.23
Berat tanah kering + Can	25.86	25.4
Berat Can	10.05	10.4
Berat tanah kering	15.81	15
Berat air	7.27	6.83
Kadar air	45.98	45.53
Kadar air rata-rata (plastic limit)	45.76%	

Flow index, FI = 42.27%

Liquid limit, LL = 89.23%

Plastic limit, PL = 45.76%

Plasticity index, IP = **43.48%**



Shrinkage Limit Determination

Sample No. : SERI 1

Description of Soil : Expansive Soil (Tanah Asli)

Date : 13 January 2010

No. coated dish		1	2
Berat tanah basah + coated dish	w_{w+c} (gr)	61.3	69.01
Berat coated dish	w_c (gr)	37.24	46
Berat tanah basah	$w_w = w_{w+c} - w_c$ (gr)	24.06	23.01
Berat tanah kering + coated dish	w_{d+c} (gr)	49.34	57.63
Berat tanah kering	$w_d = w_{d+c} - w_c$ (gr)	12.1	11.63
Berat raksa + coated dish	w_{Hg+c} (gr)	262.62	261.26
Berat raksa	w_{Hg} (gr)	225.38	215.26
Volume tanah basah (V_w)	$w_{Hg}/13.53$	16.66	15.91
Berat raksa + shrinkage dish	w_{Hg+s} (gr)	757.97	758.92
Berat raksa + shrinkage dish (setelah sub-merging soil cake)	w'_{Hg+s} (gr)	672.85	679.08
Berat raksa yang dipindahkan	$(w_{Hg+s}) - (w'_{Hg+s})$	85.12	79.84
Volume tanah kering (V_d)	$(w'_{Hg})/13.53$	6.29	5.90
Shrinkage Limit	SL	13.17%	11.79%
Shrinkage Ratio	SR	1.92	1.97

Shrinkage Limit Determination

Sample No. : SERI 2

Description of Soil : Expansive Soil (Tanah Asli)

Date : 14 January 2010

No. coated dish		1	2
Berat tanah basah + coated dish	w_{w+c} (gr)	40.51	45.56
Berat coated dish	w_c (gr)	19.33	24.78
Berat tanah basah	$w_w = w_{w+c} - w_c$ (gr)	21.18	20.78
Berat tanah kering + coated dish	w_{d+c} (gr)	29.94	35.16
Berat tanah kering	$w_d = w_{d+c} - w_c$ (gr)	10.61	10.38
Berat raksa + coated dish	w_{Hg+c} (gr)	217.39	217.56
Berat raksa	w_{Hg} (gr)	198.06	192.78
Volume tanah basah (V_w)	$w_{Hg}/13.53$	14.64	14.25
Berat raksa + shrinkage dish	w_{Hg+s} (gr)	755.14	755.5
Berat raksa + shrinkage dish (setelah sub-merging soil cake)	w'_{Hg+s} (gr)	681.07	682.82
Berat raksa yang dipindahkan	$(w_{Hg+s}) - (w'_{Hg+s})$	74.07	72.68
Volume tanah kering (V_d)	$(w'_{Hg})/13.53$	5.47	5.37
Shrinkage Limit	SL	13.25%	14.68%
Shrinkage Ratio	SR	1.94	1.93

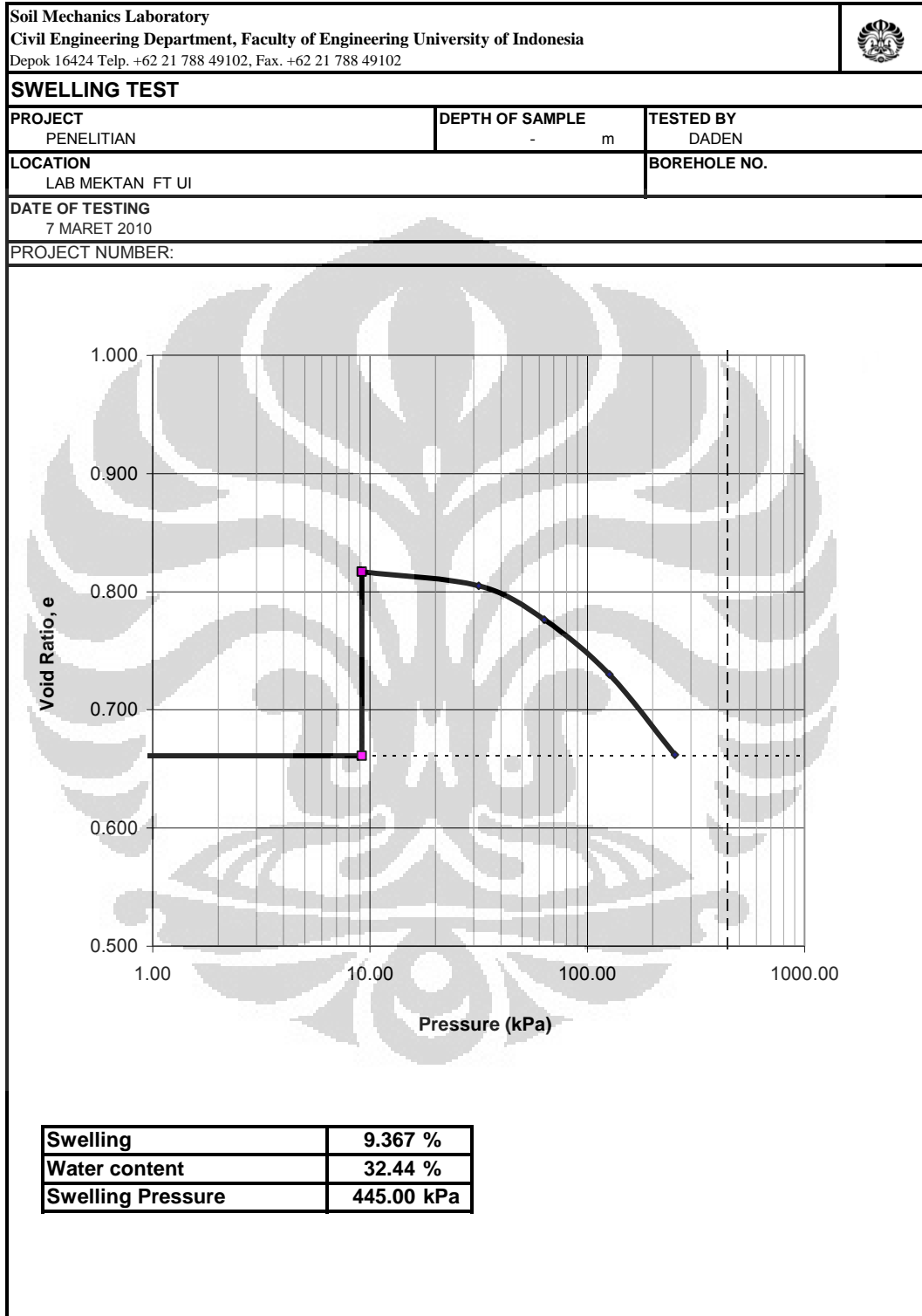
SPECIFIC GRAVITY

Project : Skripsi
 Location of Project : Cikarang
 Description of Soil : Expansive Soil (Tanah Asli)
 Test Performed by : Zaki

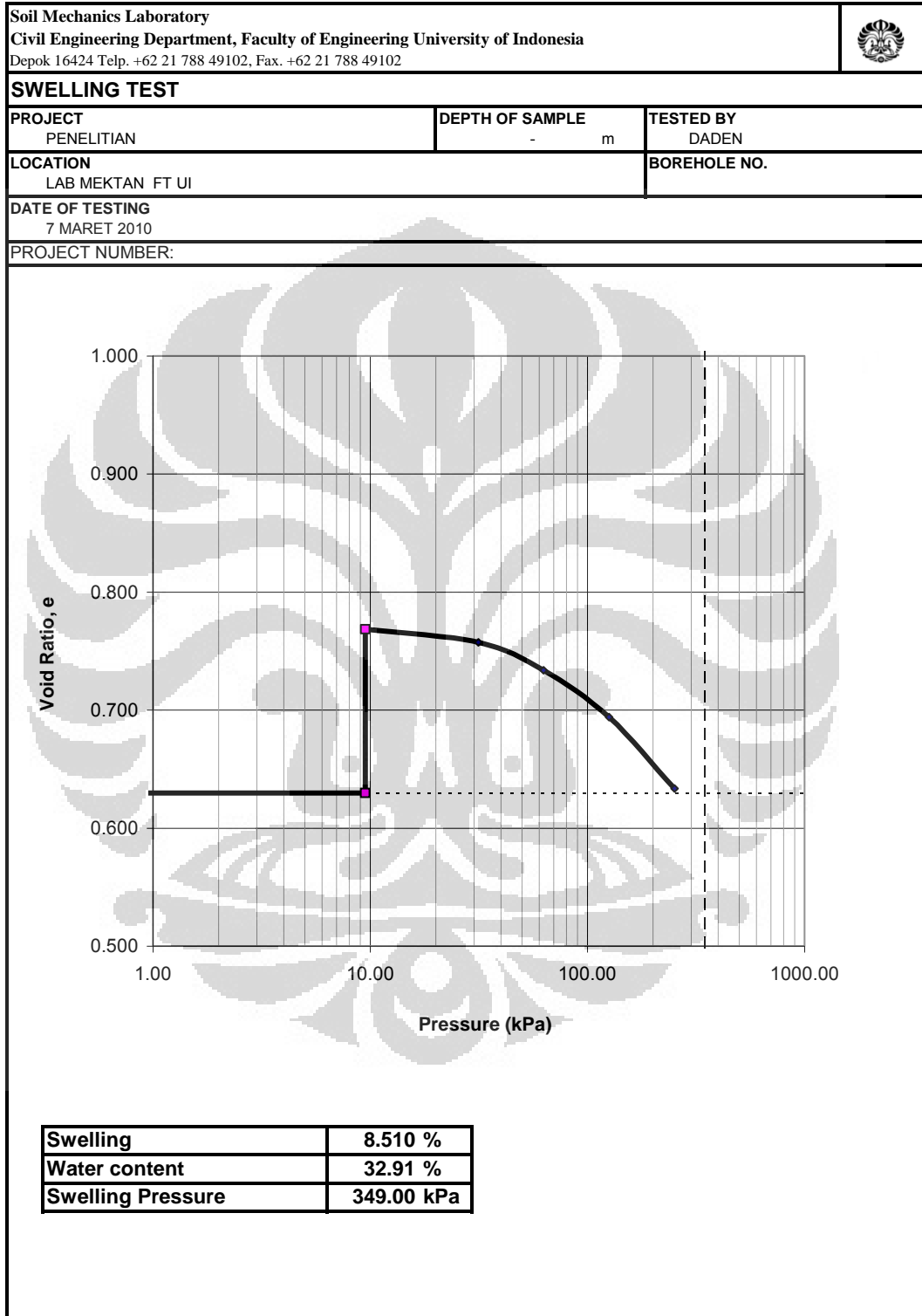
Sample Number	1	2
Berat Tanah (W_s)	100	100
Berat Piknometer + Air (W_{bw})	654.57	656.39
Berat Piknometer + Air + Tanah (W_{bws})	716.92	719.16
Berat Air (W_w)	37.65	37.23
Suhu ($^{\circ}C$)	28	28
Koefisien	0.9963	0.9963
Specific Gravity (G_s)	2.646	2.676

Average Specific Gravity = 2.661

SWELLING TEST SERI 1

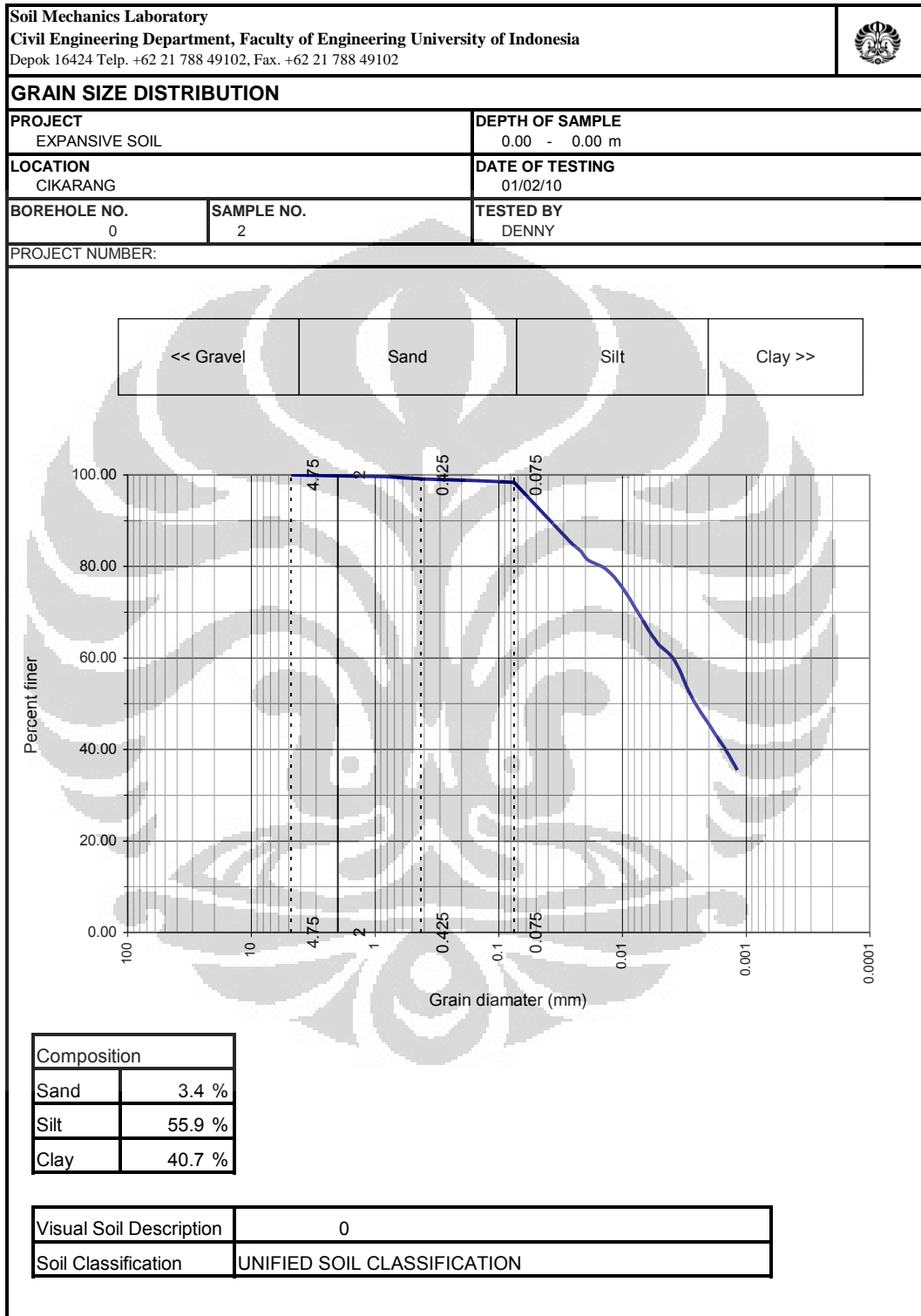


SWELLING TEST SERI 2

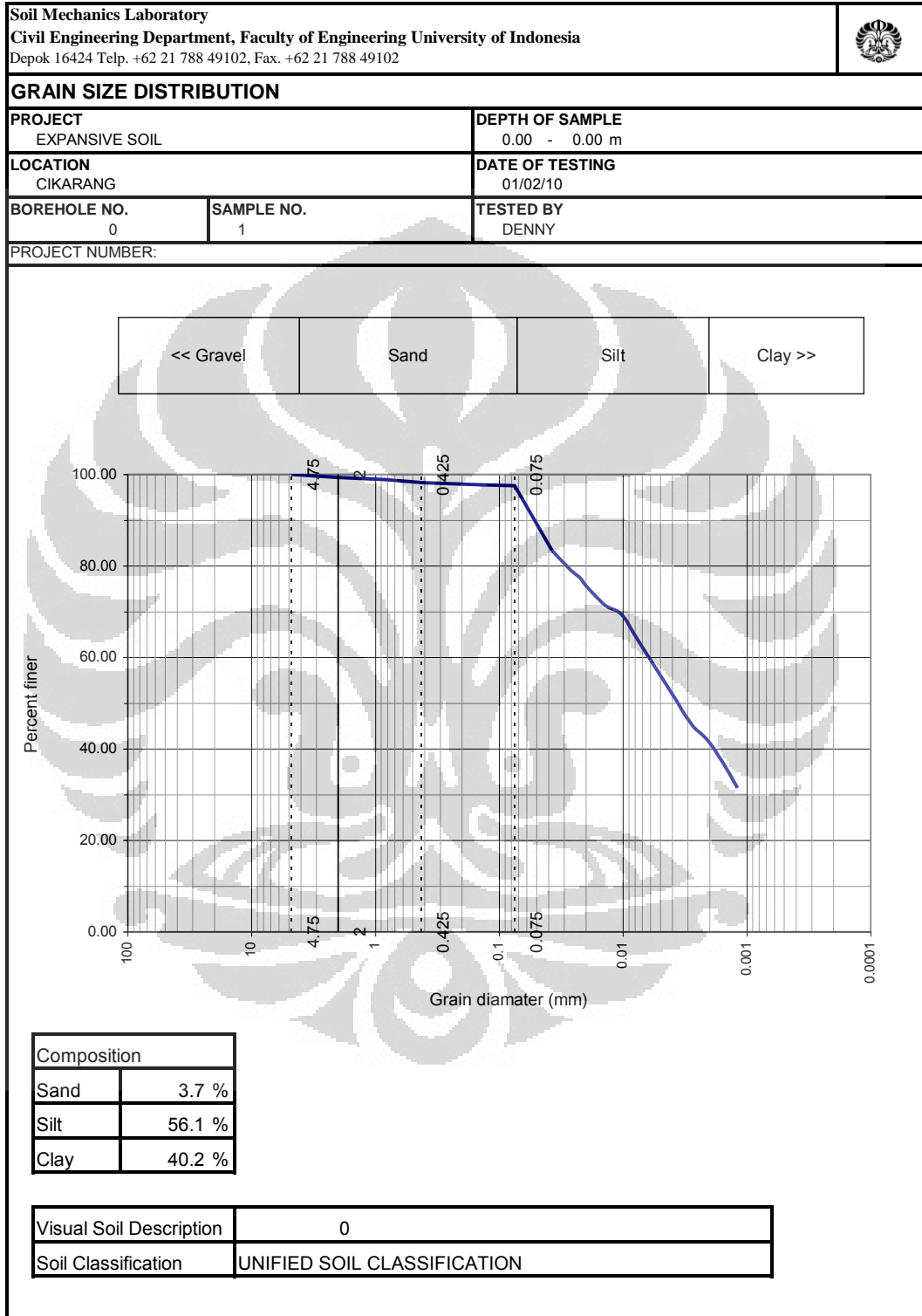


ANALISA BUTIRAN

SERI 1



ANALISA BUTIRAN SERI 2

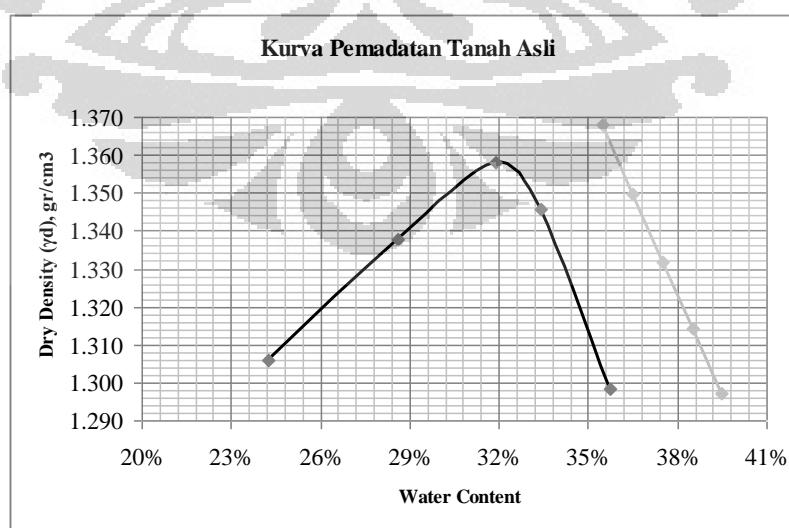


**PEMADATAN
(STANDARD PROCTOR)**

Project : Skripsi
Location of Project : Cikarang
Description of Soil : Expansive Soil (Tanah Asli)
Test Performed by : Denny, Zaki, Vandemora, Pudia

Blow/Layer : 25 **No. of Layers** : 3 **Wt. of Hammer** :
Mold Diam. (cm) : 15.245 **H (cm)** : 11.78 **Volume (cm³)** : 2149.17
Date Test : 14/1/2010

Sample No.	1	2	3	4	5
Water Content	24.26%	28.61%	31.88%	33.41%	35.74%
Wt of Soil + Mold	7288	7498	7649	7658	7588
Wt of Mold	3800	3800	3800	3800	3800
Wt of Soil in Mold	3488	3698	3849	3858	3788
Wet density, gr/cm ³	1.623	1.721	1.791	1.795	1.763
Dry density, gr/cm ³	1.306	1.338	1.358	1.346	1.298



Opt. water content : 32.30 %

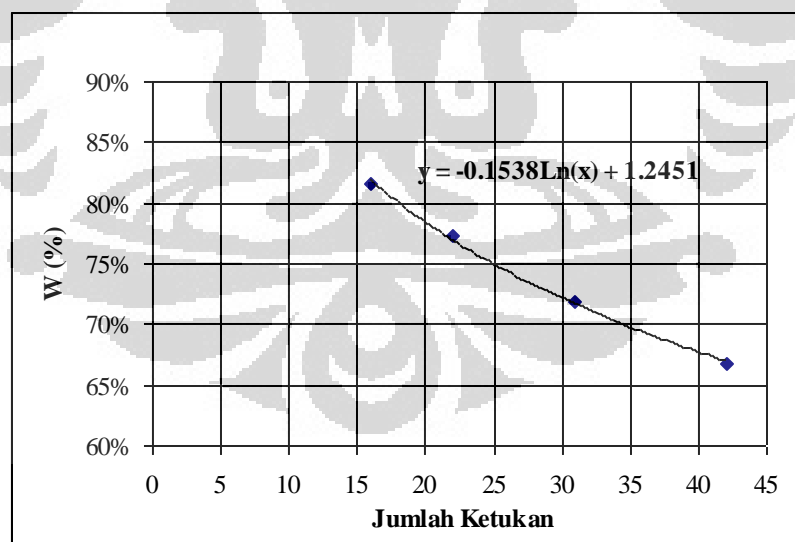
Dry Density : 1.356 gr/cm³

ATTERBERG LIMIT
(TANAH EKSPANSIF + 5% SEMEN + 10% PASIR)

Sample No. : SERI 1
Description of Soil : Expansive Soil
Tested by : Zaki

Liquid Limit Determination

	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can	54.33	51.42	50.03	46.42
Berat tanah kering + can	36.06	33.55	31.96	29.3
Berat can	8.71	8.67	8.6	8.31
Berat tanah kering	27.35	24.88	23.36	20.99
Berat air	18.27	17.87	18.07	17.12
Kadar air	66.80	71.82	77.35	81.56
Jumlah ketukan, N	42	31	22	16



Liquid Limit = 76.22 %

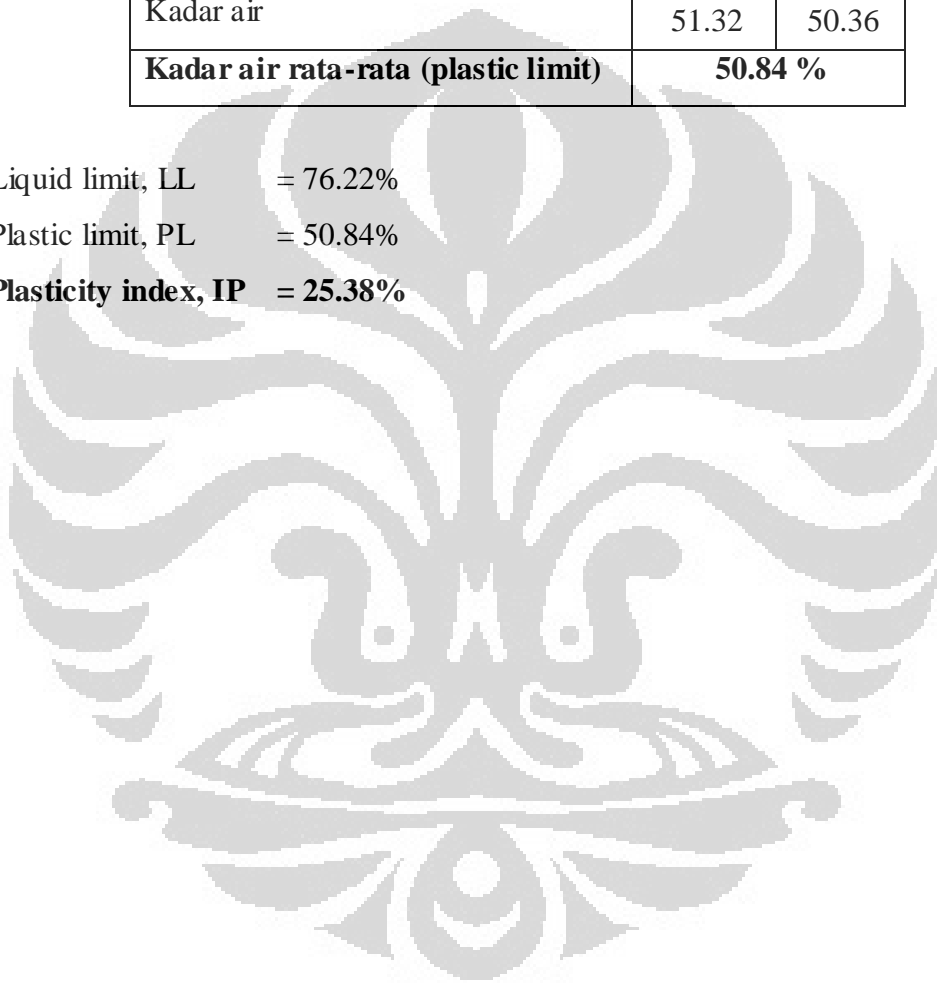
Plastic Limit Determination

Can No.	I	II
Berat tanah basah + Can	43.77	44.01
Berat tanah kering + Can	33.27	33.59
Berat Can	12.81	12.9
Berat tanah kering	20.46	20.69
Berat air	10.5	10.42
Kadar air	51.32	50.36
Kadar air rata-rata (plastic limit)	50.84 %	

Liquid limit, LL = 76.22%

Plastic limit, PL = 50.84%

Plasticity index, IP = 25.38%

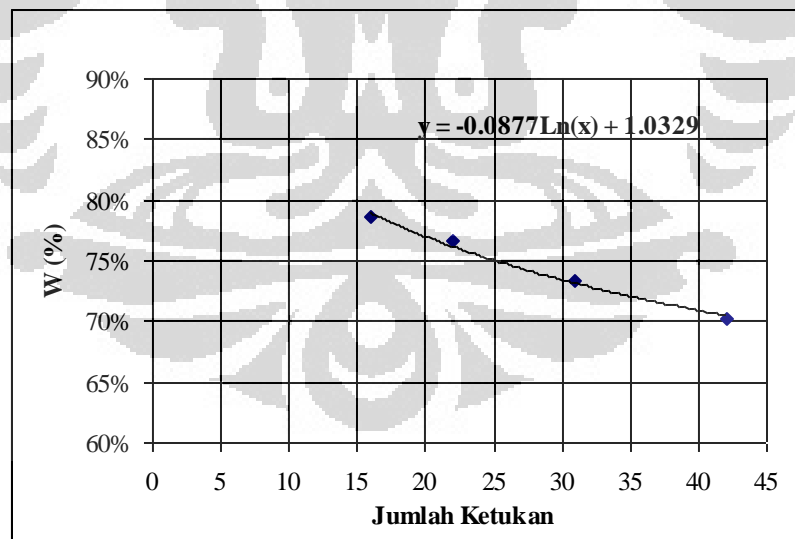


ATTERBERG LIMIT
(TANAH EKSPANSIF + 5% SEMEN + 10% PASIR)

Sample No. : SERI 2
Description of Soil : Expansive Soil
Tested by : Zaki

Liquid Limit Determination

	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can	45.97	49.33	44.64	41.68
Berat tanah kering + can	30.61	32.13	29.02	27
Berat can	8.74	8.69	8.63	8.33
Berat tanah kering	21.87	23.44	20.39	18.67
Berat air	15.36	17.2	15.62	14.68
Kadar air	70.23	73.38	76.61	78.63
Jumlah ketukan, N	42	31	22	16



Liquid Limit = 77.45 %

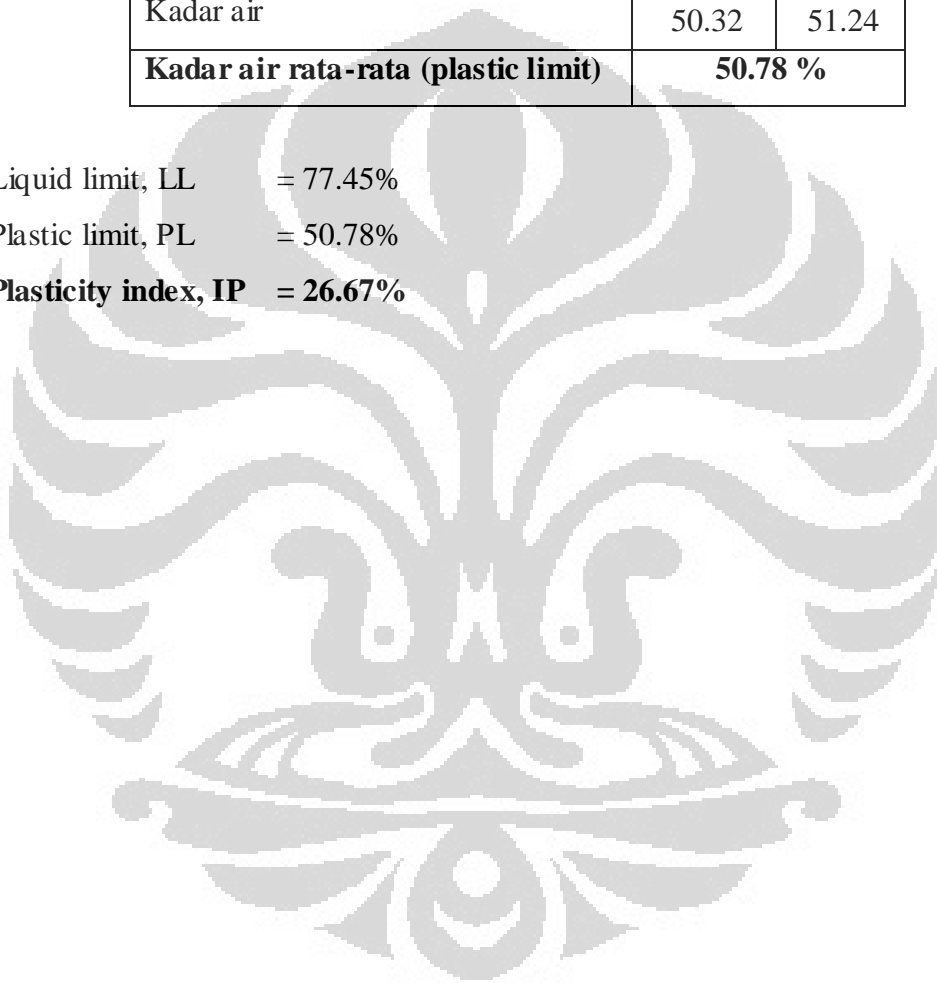
Plastic Limit Determination

Can No.	I	II
Berat tanah basah + Can	42.96	47.9
Berat tanah kering + Can	32.89	38.99
Berat Can	12.88	21.6
Berat tanah kering	20.01	17.39
Berat air	10.07	8.91
Kadar air	50.32	51.24
Kadar air rata-rata (plastic limit)	50.78 %	

Liquid limit, LL = 77.45%

Plastic limit, PL = 50.78%

Plasticity index, IP = 26.67%



SPECIFIC GRAVITY
(TANAH EKSPANSIF + 5% SEMEN + 10% PASIR)

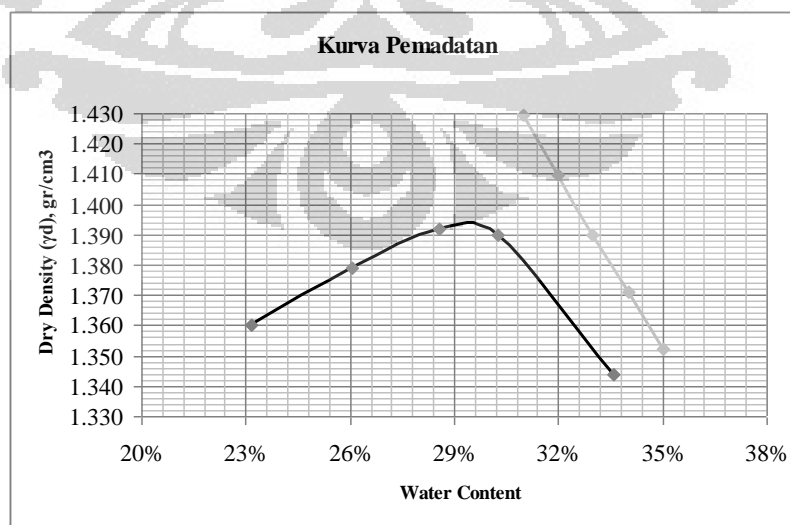
Project : Skripsi
 Location of Project : Cikarang
 Description of Soil : Expansive Soil
 Test Performed by : Zaki

Sample Number	1
Berat Tanah (W_s)	100
Berat Piknometer + Air (W_{bw})	656,42
Berat Piknometer + Air + Tanah (W_{bws})	717,63
Berat Air (W_w)	38,79
Suhu ($^{\circ}C$)	29
Koefisien	0,996
Specific Grafity (G_s)	2,568

**PEMADATAN + BAHAN STABILISASI SEMEN
(STANDARD PROCTOR)**

Project : Skripsi
Location of Project : Cikarang
Description of Soil : Expansive + 5% Semen + 10% Pasir
Test Performed by : Zaki
Blow/Layer : 25 **No. of Layers** : 3 **Wt. of Hammer** :
Mold Diam. (cm) : 10.16 **H (cm)** : 11.67 **Volume (cm³)** : 945.64
Date Test : 14/1/2010

Sample No.	1	2	3	4	5
Water Content	23.14%	26.07%	28.55%	30.25%	33.60%
Wt of Soil + Mold	2822	2882	2930	2950	2936
Wt of Mold	1238	1238	1238	1238	1238
Wt of Soil in Mold	1584	1644	1692	1712	1698
Wet density, gr/cm ³	1.675	1.738	1.789	1.810	1.796
Dry density, gr/cm ³	1.360	1.379	1.392	1.390	1.344

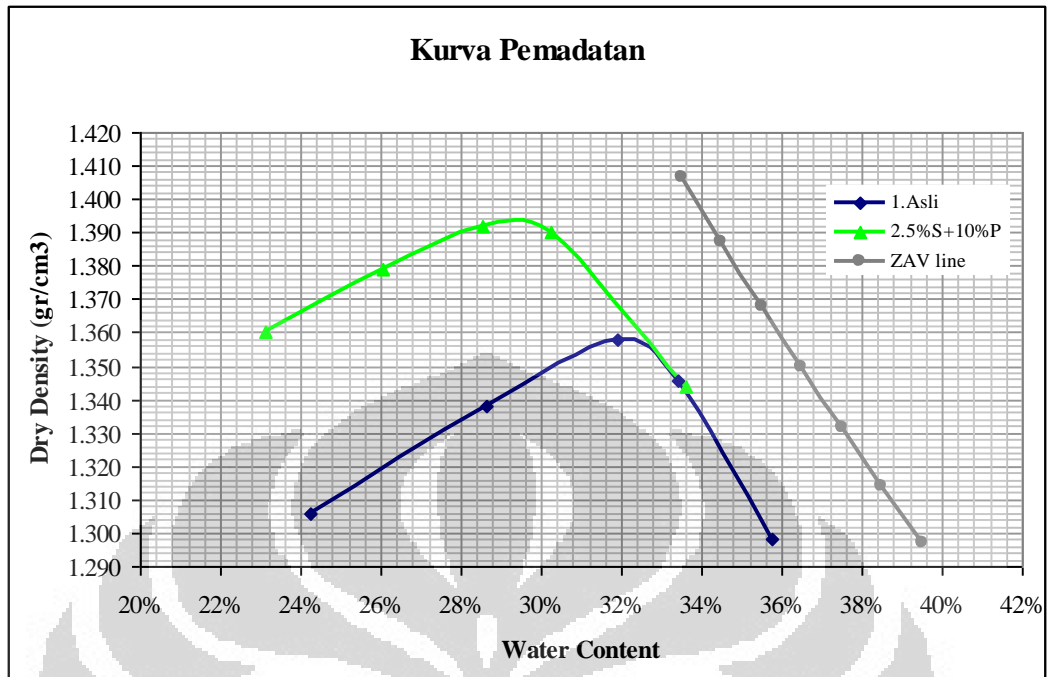


Opt. water content : 29.40 %

Dry Density : 1.394 gr/cm³

LC - 18

Universitas Indonesia





LAMPIRAN D

HASIL PENGOLAHAN DATA DAN PLOT GRAFIK UJI TRIAKSIAL CU

TRIAxIAL SHEARING

Project	Skripsi Ekspansif	Hole No.	-	Type of Test	CU
Location	Lab Mektan FTUI	Depth	-	With	side drains
Remarks	Asli 1 siklus	Tested By	Vandemora	Without	

SPECIMEN 1				SPECIMEN 2				SPECIMEN 3			
Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial Reading	U (kg/cm ²)	Deformation		Dial Reading	U (kg/cm ²)	Deformation		Dial Reading	U (kg/cm ²)
Dial (div)	Δh			Dial (div)	Δh			Dial (div)	Δh		
0		0	1,4	0		0	1,4	0		0	1,4
25		29	1,43	25		47,0	1,450	25		71,50	1,56
50		38	1,44	50		52,0	1,490	50		85,00	1,62
75		42	1,45	75		58,0	1,500	75		96,00	1,79
100		49	1,48	100		64,0	1,520	100		101,00	1,83
125		51	1,49	125		72,0	1,580	125		112,00	1,88
150		55	1,5	150		76,0	1,600	150		118,00	1,94
175		57,1	1,53	175		82,0	1,650	175		124,00	1,99
200		61	1,55	200		85,0	1,710	200		128,00	2
225		63	1,58	225		87,0	1,780	225		130,00	2,03
250		66	1,59	250		91,0	1,800	250		132,00	2,05
275		69	1,6	275		93,0	1,830	275		133,00	2,06
300		70	1,6	300		95,0	1,850	300		133,5	2,07
325		71,5	1,61	325		96,0	1,890	325		134	2,08
350		72	1,61	350		98,0	1,910	350		134,6	2,08
375		72,5	1,62	375		99,0	1,920	375		135	2,07
400		73	1,63	400		100,0	1,920	400		134	2,07
425		75	1,63	425		101,0	1,930	425		133	2,07
450		77,6	1,66	450		103	1,940	450		131	2,07
475		77,9	1,68	475		103	1,950	475		130	2,06
500		78,2	1,68	500		103,5	1,95	500		128	2,06
525		79	1,69	525		104,5	1,97	525		127,5	2,05
550		79,2	1,69	550		106	1,97	550		127,5	2,05
575		79,5	1,69	575		107	1,96	575		127,5	2,05
600		80	1,7	600		105	1,96	600		127,5	2,04
625		80	1,7	625		103,3	1,96	625		127	2,04
650		79	1,7	650		102	1,96	650		127	2,03
675		78	1,7	675		101	1,96	675		126,5	2,020
700		78	1,69	700		100	1,95	700		126,5	2,020
725		76	1,69	725		99,7	1,95	725		126,5	2,020
750		75,5	1,69	750		99	1,95	750		126	2,020
775		75,2	1,69	775		97	1,95	775		126	2,020
800		75,0	1,69	800		96	1,94	800		125,5	2,010
825		74,5	1,69	825		95	1,94	825		125,50	2,010
850		74,0	1,68	850		94	1,94	850		125,00	2,010
875		72,8	1,68	875		92	1,94	875		125,00	2,000
900		71,0	1,68	900		91	1,92	900		125,00	2,000
925		70,0	1,68	925		91	1,92	925		123,50	1,990
950		69,0	1,66	950		90	1,92	950		123,00	1,990
975		69	1,66	975		90	1,92	975		121,50	1,990
1000		69	1,65	1000		89	1,92	1000		120,00	1,990

Date of Test :

Soil Investigation and Foundation Engineering

Project : Skripsi	Type of Test : TX-CU	Eff. Cell Pressure (σ_3) : 1,00 kg/cm2
Location : Lab Mektan FTUI	Tested By : Vandemora	Cell Pressure (σ_3) : 2,40 kg/cm2
Remarks :	With : side drains	Back Pressure : 1,40 kg/cm2
Code : Asli 1 siklus	Without :	Consolidated Length : 7,149 cm
Cell No : 1	Rate of Strain : 0.005 mm/min	Consolidated Area : 10,002 cm2
Date of Test : 11-Agust-10	LRC : 0,14	Consolidated Volume : 68,534 cm3

Strain			Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress ($\Delta\sigma$)	Principal Stress and Ratio				Critical State Parameters				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ϵ	Factor (1 - ϵ)	Corrected Ao/(1 - ϵ)	1 div	0.14 kg	Dial Reading	Dial Reading	Major Tot. (σ_1)		Major Eff. (σ_1)	Minor Eff. (σ_3)	Eff. Ratio (σ_1/σ_3)	p $\frac{1}{2}(\sigma_1 + 2\sigma_3)$	q ($\sigma_1 - \sigma_3$)	p' $\frac{1}{3}(\sigma_1 + 2\sigma_3)$	ln p ($\sigma_1 - \sigma_3$)		
(div)	(cm)	(%)	(cm2)	(div)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)		
0	0,000	0,000	100	10,002	0,00	0,000	1,40	0	0,000	2,400	1,000	1,00	2,400	0,000	1,000	0,875		
25	0,025	0,350	99,650	10,037	29,00	4,060	1,43	0,03	0,405	2,805	1,375	0,97	2,535	0,405	1,105	0,930		
50	0,050	0,699	99,301	10,072	38,00	5,320	1,44	0,04	0,528	2,928	1,488	0,96	2,576	0,528	1,136	0,946		
75	0,075	1,049	98,951	10,108	42,00	5,880	1,45	0,05	0,582	2,982	1,532	0,95	2,594	0,582	1,144	0,953		
100	0,100	1,399	98,601	10,144	49,00	6,860	1,48	0,08	0,676	3,076	1,596	0,92	2,625	0,676	1,145	0,965		
125	0,125	1,748	98,252	10,180	51,00	7,140	1,49	0,09	0,701	3,101	1,611	0,91	2,634	0,701	1,144	0,968		
150	0,150	2,098	97,902	10,216	55,00	7,700	1,50	0,10	0,754	3,154	1,654	0,90	2,651	0,754	1,151	0,975		
175	0,175	2,448	97,552	10,253	57,10	7,994	1,53	0,13	0,780	3,180	1,650	0,87	2,660	0,780	1,130	0,978		
200	0,200	2,798	97,202	10,290	61,00	8,540	1,55	0,15	0,830	3,230	1,680	0,85	2,677	0,830	1,127	0,985		
225	0,225	3,147	96,853	10,327	63,00	8,820	1,58	0,18	0,854	3,254	1,674	0,82	2,685	0,854	1,105	0,988		
250	0,250	3,497	96,503	10,364	66,00	9,240	1,59	0,19	0,892	3,292	1,702	0,81	2,697	0,892	1,107	0,992		
275	0,275	3,847	96,153	10,402	69,00	9,660	1,60	0,20	0,929	3,329	1,729	0,80	2,710	0,929	1,110	0,997		
300	0,300	4,196	95,804	10,440	70,00	9,800	1,60	0,20	0,939	3,339	1,739	0,80	2,713	0,939	1,113	0,998		
325	0,325	4,546	95,454	10,478	71,50	10,010	1,61	0,21	0,955	3,355	1,745	0,79	2,718	0,955	1,108	1,000		
350	0,350	4,896	95,104	10,517	72,00	10,080	1,61	0,21	0,958	3,358	1,748	0,79	2,719	0,958	1,109	1,000		
375	0,375	5,245	94,755	10,556	72,50	10,150	1,62	0,22	0,962	3,362	1,742	0,78	2,723	0,962	1,101	1,001		
400	0,400	5,595	94,405	10,595	73,00	10,220	1,63	0,23	0,965	3,365	1,735	0,77	2,725	0,965	1,092	1,001		
425	0,425	5,945	94,055	10,634	75,00	10,500	1,63	0,23	0,987	3,387	1,757	0,77	2,728	0,987	1,099	1,004		
450	0,450	6,295	93,705	10,674	77,60	10,864	1,66	0,26	1,018	3,418	1,758	0,74	2,738	2,739	1,018	1,008		
475	0,475	6,644	93,356	10,714	77,90	10,906	1,68	0,28	1,018	3,418	1,738	0,72	2,739	1,018	1,059	1,008		
500	0,500	6,994	93,006	10,754	78,20	10,948	1,68	0,28	1,018	3,418	1,738	0,72	2,739	1,018	1,059	1,008		
525	0,525	7,344	92,656	10,795	79,00	11,060	1,69	0,29	1,025	3,425	1,735	0,71	2,744	2,742	1,025	1,009		
550	0,550	7,693	92,307	10,836	79,20	11,088	1,69	0,29	1,023	3,423	1,733	0,71	2,744	2,741	1,023	1,051	1,008	
575	0,575	8,043	91,957	10,877	79,50	11,130	1,69	0,29	1,023	3,423	1,733	0,71	2,744	2,741	1,023	1,051	1,008	
600	0,600	8,393	91,607	10,918	80,00	11,200	1,70	0,30	1,026	3,426	1,726	0,70	2,747	2,742	1,026	1,042	1,009	
625	0,625	8,742	91,258	10,960	80,00	11,200	1,70	0,30	1,022	3,422	1,722	0,70	2,746	2,741	1,022	1,041	1,008	
650	0,650	9,092	90,908	11,002	79,00	11,060	1,70	0,30	1,005	3,405	1,705	0,70	2,744	2,735	1,005	1,035	1,006	
675	0,675	9,442	90,558	11,045	78,00	10,920	1,70	0,30	0,989	3,389	1,689	0,70	2,741	2,730	0,989	1,030	1,004	
700	0,700	9,792	90,208	11,088	78,00	10,920	1,69	0,29	0,985	3,385	1,695	0,71	2,739	2,728	0,985	1,038	1,004	
725	0,725	10,141	89,859	11,131	76,00	10,640	1,69	0,29	0,956	3,356	1,666	0,71	2,735	2,719	0,956	1,029	1,000	
750	0,750	10,491	89,509	11,174	75,50	10,570	1,69	0,29	0,946	3,346	1,656	0,71	2,733	2,715	0,946	1,025	0,999	
775	0,775	10,841	89,159	11,218	75,20	10,528	1,69	0,29	0,938	3,338	1,648	0,71	2,732	2,713	0,938	1,023	0,998	
800	0,800	11,190	88,810	11,262	75,00	10,500	1,69	0,29	0,932	3,332	1,642	0,71	2,731	2,711	0,932	1,021	0,997	
825	0,825	11,540	88,460	11,307	74,50	10,430	1,69	0,29	0,922	3,322	1,632	0,71	2,730	2,707	0,922	1,017	0,996	
850	0,850	11,890	88,110	11,352	74,00	10,360	1,68	0,28	0,913	3,313	1,633	0,72	2,727	2,704	0,913	1,024	0,995	
875	0,875	12,239	87,761	11,397	72,80	10,192	1,68	0,28	0,894	3,294	1,614	0,72	2,724	2,698	0,894	1,018	0,993	
900	0,900	12,589	87,411	11,442	71,00	9,940	1,68	0,28	0,869	3,269	1,589	0,72	2,721	2,690	0,869	1,010	0,989	
925	0,925	12,939	87,061	11,488	70,00	9,800	1,68	0,28	0,853	3,253	1,573	0,72	2,718	2,684	0,853	1,004	0,987	
950	0,950	13,289	86,711	11,535	69,00	9,660	1,66	0,26	0,837	3,237	1,577	0,74	2,713	2,679	0,837	1,019	0,986	
975	0,975	13,638	86,362	11,581	69,00	9,660	1,66	0,26	0,834	3,234	1,574	0,74	2,713	2,678	0,834	1,018	0,985	
1000	1,000	13,988	86,012	11,629	69,00	9,660	1,65	0,25	0,831	3,231	1,581	0,75	2,711	2,677	0,831	1,027	0,985	

Calculation
 Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$) = 102,58 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 168,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ϵ) = 6,994 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ_1) = 342,6 KPa
 Total minor principal stress (σ_3) = 240 KPa
 Effective major principal stress (σ_1') = 174,6 KPa
 Effective minor principal stress (σ_3') = 72,0 KPa
 Effective principal stress ratio (σ_1'/σ_3') = 2,42

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 2,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure	: 3,40 kg/cm3
Remarks	:	With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm4
Code	: Asli 1 siklus	Without	:	Consolidated Length	: 7,119 cm
Cell No	: 2	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10,058 cm2
Date of Test	: 11-Agust-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 68,233 cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ε	Factor (100 - ε)	Corrected Ao/(1 - ε)	Dial Reading	1 div	0.14 kg	Dial Reading		Major Tot. (σ1)	Major Eff. (σ1)	Minor Eff. (σ3)	Eff. Ratio (σ1/σ3)	p ½(σ1+σ3)	q ½(σ1-σ3)	p' ½(σ1+σ'3)	q' ½(σ1-σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(cm2)	(div)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	10,058	0,0	0,000	1,40	0,0000	3,400	2,000	2,00	1,00	3,400	0,000	2,000	0,000	
25	0,025	0,351	99,649	10,093	47,0	6,580	1,45	0,05	0,6519	4,052	2,602	1,95	1,33	3,617	0,652	2,167	0,652
50	0,050	0,702	99,298	10,129	52,0	7,280	1,49	0,09	0,7187	4,119	2,629	1,91	1,38	3,640	0,719	2,150	0,719
75	0,075	1,054	98,946	10,165	58,0	8,120	1,50	0,10	0,7988	4,199	2,699	1,90	1,42	3,666	0,799	2,166	0,799
100	0,100	1,405	98,595	10,201	64,0	8,960	1,52	0,12	0,8783	4,278	2,758	1,88	1,47	3,693	0,878	2,173	0,878
125	0,125	1,756	98,244	10,237	72,0	10,080	1,58	0,18	0,9846	4,385	2,805	1,82	1,54	3,728	0,985	2,148	0,985
150	0,150	2,107	97,893	10,274	76,0	10,640	1,60	0,20	1,0356	4,436	2,836	1,80	1,58	3,745	1,036	2,145	1,036
175	0,175	2,458	97,542	10,311	82,0	11,480	1,65	0,25	1,1134	4,513	2,863	1,75	1,64	3,771	1,113	2,121	1,113
200	0,200	2,809	97,191	10,348	85,0	11,900	1,71	0,31	1,1499	4,550	2,840	1,69	1,68	3,783	1,150	2,073	1,150
225	0,225	3,161	96,839	10,386	87,0	12,180	1,78	0,38	1,1727	4,573	2,793	1,62	1,72	3,791	1,173	2,011	1,173
250	0,250	3,512	96,488	10,424	91,0	12,740	1,80	0,40	1,2222	4,622	2,822	1,60	1,76	3,807	1,222	2,007	1,222
275	0,275	3,863	96,137	10,462	93,0	13,020	1,83	0,43	1,2445	4,645	2,815	1,57	1,79	3,815	1,245	1,985	1,245
300	0,300	4,214	95,786	10,500	95,0	13,300	1,85	0,45	1,2666	4,667	2,817	1,55	1,82	3,822	1,267	1,972	1,267
325	0,325	4,565	95,435	10,539	96,0	13,440	1,89	0,49	1,2753	4,675	2,785	1,51	1,84	3,825	1,275	1,935	1,275
350	0,350	4,917	95,083	10,578	98,0	13,720	1,91	0,51	1,2971	4,697	2,787	1,49	1,87	3,832	1,297	1,922	1,297
375	0,375	5,268	94,732	10,617	99,0	13,860	1,92	0,52	1,3055	4,705	2,785	1,48	1,88	3,835	1,305	1,915	1,305
400	0,400	5,619	94,381	10,656	100,0	14,000	1,92	0,52	1,3138	4,714	2,794	1,48	1,89	3,838	1,314	1,918	1,314
425	0,425	5,970	94,030	10,696	101,0	14,140	1,93	0,53	1,3220	4,722	2,792	1,47	1,90	3,841	1,322	1,911	1,322
450	0,450	6,321	93,679	10,736	103,0	14,420	1,94	0,54	1,3431	4,743	2,803	1,46	1,92	3,848	1,343	1,908	1,343
475	0,475	6,672	93,328	10,777	103,0	14,420	1,95	0,55	1,3381	4,738	2,788	1,45	1,92	3,846	1,338	1,896	1,338
500	0,500	7,024	92,976	10,817	103,5	14,490	1,95	0,55	1,3395	4,740	2,790	1,45	1,92	3,847	1,340	1,897	1,340
525	0,525	7,375	92,625	10,858	104,5	14,630	1,97	0,57	1,3473	4,747	2,777	1,43	1,94	3,849	1,347	1,879	1,347
550	0,550	7,726	92,274	10,900	106,0	14,840	1,97	0,57	1,3615	4,761	2,791	1,43	1,95	3,854	1,361	1,884	1,361
575	0,575	8,077	91,923	10,941	107,0	14,980	1,96	0,56	1,3691	4,769	2,809	1,44	1,95	3,856	1,369	1,896	1,369
600	0,600	8,428	91,572	10,983	105,0	14,700	1,96	0,56	1,3384	4,738	2,778	1,44	1,93	3,846	1,338	1,886	1,338
625	0,625	8,779	91,221	11,026	103,3	14,462	1,96	0,56	1,3117	4,712	2,752	1,44	1,91	3,837	1,312	1,877	1,312
650	0,650	9,131	90,869	11,068	102,0	14,280	1,96	0,56	1,2902	4,690	2,730	1,44	1,90	3,830	1,290	1,870	1,290
675	0,675	9,482	90,518	11,111	101,0	14,140	1,96	0,56	1,2726	4,673	2,713	1,44	1,88	3,824	1,273	1,864	1,273
700	0,700	9,833	90,167	11,155	100,0	14,000	1,95	0,55	1,2551	4,655	2,705	1,45	1,87	3,818	1,255	1,868	1,255
725	0,725	10,184	89,816	11,198	99,7	13,958	1,95	0,55	1,2465	4,646	2,696	1,45	1,86	3,815	1,246	1,865	1,246
750	0,750	10,535	89,465	11,242	99,0	13,860	1,95	0,55	1,2329	4,633	2,683	1,45	1,85	3,811	1,233	1,861	1,233
775	0,775	10,887	89,113	11,286	97,0	13,580	1,95	0,55	1,2032	4,603	2,653	1,45	1,83	3,801	1,203	1,851	1,203
800	0,800	11,238	88,762	11,331	96,0	13,440	1,94	0,54	1,1861	4,586	2,646	1,46	1,81	3,795	1,186	1,855	1,186
825	0,825	11,589	88,411	11,376	95,0	13,300	1,94	0,54	1,1691	4,569	2,629	1,46	1,80	3,790	1,169	1,850	1,169
850	0,850	11,940	88,060	11,421	94,0	13,160	1,94	0,54	1,1522	4,552	2,612	1,46	1,79	3,784	1,152	1,844	1,152
875	0,875	12,291	87,709	11,467	92,0	12,880	1,94	0,54	1,1232	4,523	2,583	1,46	1,77	3,774	1,123	1,834	1,123
900	0,900	12,642	87,358	11,513	91,0	12,740	1,92	0,52	1,1066	4,507	2,587	1,48	1,75	3,769	1,107	1,849	1,107
925	0,925	12,994	87,006	11,560	91,0	12,740	1,92	0,52	1,1021	4,502	2,582	1,48	1,74	3,767	1,102	1,847	1,102
950	0,950	13,345	86,655	11,607	90,0	12,600	1,92	0,52	1,0856	4,486	2,566	1,48	1,73	3,762	1,086	1,842	1,086
975	0,975	13,696	86,304	11,654	90,0	12,600	1,92	0,52	1,0812	4,481	2,561	1,48	1,73	3,760	1,081	1,840	1,081
1000	1,000	14,047	85,953	11,701	89,0	12,460	1,92	0,52	1,0648	4,465	2,545	1,48	1,72	3,755	1,065	1,835	1,065

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ) = 136,91 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 192,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 5,268 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ1) = 476,9 KPa
 Total minor principal stress (σ3) = 340 KPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 284,9 KPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 148,0 KPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 1,93

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 3,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure	: 4,40 kg/cm3
Remarks	:	With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm4
Code	: Asli 1 siklus	Without	:	Consolidated Length	: 7,119 cm
Cell No	: 3	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10,057 cm2
Date of Test	: 11-Agust-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 67,533 cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ε	Factor (100 - ε)	Corrected Ao/(1 - ε)	Dial Reading	Dial Reading	u	Δu	Stress (σ1-σ3)	Major Tot. (σ1)	Major Eff. (σ'1)	Minor Eff. (σ'3)	Eff. Ratio (σ'1/σ'3)	p ½(σ1+σ3)	q ½(σ1-σ3)	p' ½(σ'1+σ'3)	q' ½(σ'1-σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(cm2)	(div)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	10,057	0,0	0,000	1,40	0	0,0000	4,400	3,000	3,00	1,00	4,400	0,000	3,000	0,000
25	0,025	0,351	99,649	10,092	71,5	10,010	1,56	0,16	0,9918	5,392	3,832	2,84	1,35	4,731	0,992	3,171	0,992
50	0,050	0,702	99,298	10,128	85,0	11,900	1,62	0,22	1,1749	5,575	3,955	2,78	1,42	4,792	1,175	3,172	1,175
75	0,075	1,054	98,946	10,164	96,0	13,440	1,79	0,39	1,3223	5,722	3,932	2,61	1,51	4,841	1,322	3,051	1,322
100	0,100	1,405	98,595	10,200	101,0	14,140	1,83	0,43	1,3862	5,786	3,956	2,57	1,54	4,862	1,386	3,032	1,386
125	0,125	1,756	98,244	10,237	112,0	15,680	1,88	0,48	1,5317	5,932	4,052	2,52	1,61	4,911	1,532	3,031	1,532
150	0,150	2,107	97,893	10,274	118,0	16,520	1,94	0,54	1,6080	6,008	4,068	2,46	1,65	4,936	1,608	2,996	1,608
175	0,175	2,458	97,542	10,311	124,0	17,360	1,99	0,59	1,6837	6,084	4,094	2,41	1,70	4,961	1,684	2,971	1,684
200	0,200	2,810	97,190	10,348	128,0	17,920	2,00	0,60	1,7318	6,132	4,132	2,40	1,72	4,977	1,732	2,977	1,732
225	0,225	3,161	96,839	10,385	130,0	18,200	2,03	0,63	1,7525	6,152	4,122	2,37	1,74	4,984	1,752	2,954	1,752
250	0,250	3,512	96,488	10,423	132,0	18,480	2,05	0,65	1,7730	6,173	4,123	2,35	1,75	4,991	1,773	2,941	1,773
275	0,275	3,863	96,137	10,461	133,0	18,620	2,06	0,66	1,7799	6,180	4,120	2,34	1,76	4,993	1,780	2,933	1,780
300	0,300	4,214	95,786	10,500	133,5	18,690	2,07	0,67	1,7801	6,180	4,110	2,33	1,76	4,993	1,780	2,923	1,780
325	0,325	4,565	95,435	10,538	134,0	18,760	2,08	0,68	1,7802	6,180	4,100	2,32	1,77	4,993	1,780	2,913	1,780
350	0,350	4,917	95,083	10,577	134,6	18,844	2,08	0,68	1,7816	6,182	4,102	2,32	1,77	4,994	1,782	2,914	1,782
375	0,375	5,268	94,732	10,616	135,0	18,900	2,07	0,67	1,7803	6,180	4,110	2,33	1,76	4,993	1,780	2,923	1,780
400	0,400	5,619	94,381	10,656	134,0	18,760	2,07	0,67	1,7605	6,161	4,091	2,33	1,76	4,987	1,761	2,917	1,761
425	0,425	5,970	94,030	10,696	133,0	18,620	2,07	0,67	1,7409	6,141	4,071	2,33	1,75	4,980	1,741	2,910	1,741
450	0,450	6,321	93,679	10,736	131,0	18,340	2,07	0,67	1,7083	6,108	4,038	2,33	1,73	4,969	1,708	2,899	1,708
475	0,475	6,673	93,327	10,776	130,0	18,200	2,06	0,66	1,6889	6,089	4,029	2,34	1,72	4,963	1,689	2,903	1,689
500	0,500	7,024	92,976	10,817	128,0	17,920	2,06	0,66	1,6567	6,057	3,997	2,34	1,71	4,952	1,657	2,892	1,657
525	0,525	7,375	92,625	10,858	127,5	17,850	2,05	0,65	1,6440	6,044	3,994	2,35	1,70	4,948	1,644	2,898	1,644
550	0,550	7,726	92,274	10,899	127,5	17,850	2,05	0,65	1,6377	6,038	3,988	2,35	1,70	4,946	1,638	2,896	1,638
575	0,575	8,077	91,923	10,941	127,5	17,850	2,05	0,65	1,6315	6,032	3,982	2,35	1,69	4,944	1,632	2,894	1,632
600	0,600	8,429	91,571	10,983	127,5	17,850	2,04	0,64	1,6253	6,025	3,985	2,36	1,69	4,942	1,625	2,902	1,625
625	0,625	8,780	91,220	11,025	127,0	17,780	2,04	0,64	1,6127	6,013	3,973	2,36	1,68	4,938	1,613	2,898	1,613
650	0,650	9,131	90,869	11,068	127,0	17,780	2,03	0,63	1,6065	6,006	3,976	2,37	1,68	4,935	1,606	2,905	1,606
675	0,675	9,482	90,518	11,111	126,5	17,710	2,02	0,62	1,5940	5,994	3,974	2,38	1,67	4,931	1,594	2,911	1,594
700	0,700	9,833	90,167	11,154	126,5	17,710	2,02	0,62	1,5878	5,988	3,968	2,38	1,67	4,929	1,588	2,909	1,588
725	0,725	10,185	89,815	11,197	126,5	17,710	2,02	0,62	1,5816	5,982	3,962	2,38	1,66	4,927	1,582	2,907	1,582
750	0,750	10,536	89,464	11,241	126,0	17,640	2,02	0,62	1,5692	5,969	3,949	2,38	1,66	4,923	1,569	2,903	1,569
775	0,775	10,887	89,113	11,286	126,0	17,640	2,02	0,62	1,5630	5,963	3,943	2,38	1,66	4,921	1,563	2,901	1,563
800	0,800	11,238	88,762	11,330	125,5	17,570	2,01	0,61	1,5507	5,951	3,941	2,39	1,65	4,917	1,551	2,907	1,551
825	0,825	11,589	88,411	11,375	125,5	17,570	2,01	0,61	1,5446	5,945	3,935	2,39	1,65	4,915	1,545	2,905	1,545
850	0,850	11,940	88,060	11,421	125,0	17,500	2,01	0,61	1,5323	5,932	3,922	2,39	1,64	4,911	1,532	2,901	1,532
875	0,875	12,292	87,708	11,466	125,0	17,500	2,00	0,60	1,5262	5,926	3,926	2,40	1,64	4,909	1,526	2,909	1,526
900	0,900	12,643	87,357	11,513	125,0	17,500	2,00	0,60	1,5201	5,920	3,920	2,40	1,63	4,907	1,520	2,907	1,520
925	0,925	12,994	87,006	11,559	123,5	17,290	1,99	0,59	1,4958	5,896	3,906	2,41	1,62	4,899	1,496	2,909	1,496
950	0,950	13,345	86,655	11,606	123,0	17,220	1,99	0,59	1,4837	5,884	3,894	2,41	1,62	4,895	1,484	2,905	1,484
975	0,975	13,696	86,304	11,653	121,5	17,010	1,99	0,59	1,4597	5,860	3,870	2,41	1,61	4,887	1,460	2,897	1,460
1000	1,000	14,048	85,952	11,701	120,0	16,800	1,99	0,59	1,4358	5,836	3,846	2,41	1,60	4,879	1,436	2,889	1,436

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 178,16 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 208,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 4,565 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 618,2 KPa
 Total minor principal stress (σ3) = 440 KPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 410,2 KPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 232,0 KPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 1,77

TRIAXIAL SHEARING

Project	Skripsi Ekspansif	Hole No.	-	Type of Test	CU
Location	Lab Mektan FTUI	Depth	-	With	side drains
Remarks	Asli 2 siklus	Tested By	Vandemora	Without	

SPECIMEN 1				SPECIMEN 2				SPECIMEN 3			
Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial Reading	U (kg/cm ²)	Deformation		Dial Reading	U (kg/cm ²)	Deformation		Dial Reading	U (kg/cm ²)
Dial (div)	Δh			Dial (div)	Δh			Dial (div)	Δh		
0		0	1,4	0		0	1,400	0		0	1,4
25		33,0	1,43	25		44,00	1,460	25		72	1,590
50		39,0	1,44	50		50,00	1,540	50		83	1,650
75		44,0	1,46	75		54,50	1,610	75		96	1,820
100		49,0	1,48	100		59,00	1,660	100		104	1,860
125		53,0	1,5	125		61,00	1,720	125		110	1,910
150		57,0	1,52	150		67,00	1,790	150		117	1,970
175		60,0	1,53	175		71,00	1,850	175		125	2,020
200		61,0	1,57	200		79,00	1,960	200		129	2,030
225		62,0	1,6	225		85,00	1,970	225		132	2,060
250		65,0	1,61	250		93,00	1,980	250		133	2,080
275		67,0	1,63	275		97	2,010	275		134,5	2,090
300		67,5	1,63	300		98	2,010	300		135	2,100
325		70	1,64	325		101	2,010	325		136	2,100
350		72	1,65	350		102	2,020	350		137,5	2,100
375		75,0	1,66	375		104	2,020	375		138	2,100
400		79,0	1,66	400		106	2,020	400		140	2,110
425		82,0	1,67	425		107	2,020	425		141	2,110
450		82,5	1,68	450		109	2,020	450		142,5	2,110
475		83	1,68	475		109	2,020	475		142	2,100
500		84	1,68	500		109,5	2,020	500		141	2,090
525		85,0	1,69	525		110	2,010	525		141	2,090
550		85,4	1,69	550		110	2,010	550		138	2,080
575		85,7	1,69	575		110,4	2,010	575		137	2,080
600		86,3	1,7	600		111	2,010	600		137	2,080
625		87,0	1,7	625		112	2,010	625		136	2,070
650		87	1,7	650		111	1,990	650		135	2,070
675		88	1,73	675		110,00	1,990	675		135	2,070
700		86,7	1,72	700		108,00	1,990	700		135	2,060
725		86,5	1,71	725		108,00	1,990	725		133	2,060
750		86	1,7	750		106,00	1,990	750		132	2,050
775		86	1,7	775		105,00	1,990	775		132	2,050
800		85,6	1,69	800		105,00	1,990	800		131	2,050
825		85	1,69	825		103,00	1,990	825		131	2,040
850		84,0	1,69	850		102,0	1,980	850		130	2,040
875		84,0	1,69	875		101,0	1,980	875		130	2,030
900		84,0	1,68	900		100,0	1,980	900		130	2,030
925		83,5	1,68	925		99,0	1,980	925		129	2,030
950		83,0	1,67	950		99,0	1,970	950		128	2,020
975		83,0	1,66	975		99,0	1,970	975		128	2,020
1000		81,0	1,66	1000		98,0	1,970	1000		128	2,020

Date of Test :

Soil Investigation and Foundation Engineering

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Eff. Cell Pressure (σ^3)	: 1,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure (σ^3)	: 2,40 kg/cm2
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm2
Code	: Asli 2 siklus	Without		Consolidated Length	: 7,161 cm
Cell No	: 1	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 9,930 cm2
Date of Test	: 08-Sep-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 69,233 cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress ($\Delta\sigma$)	Principal Stress and Ratio				Critical State Parameters				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ϵ	Factor (1 - ϵ)	Corrected Ao/(1 - ϵ)	Dial Reading 1 div	0.14 kg	Dial Reading u	Dial Reading Δu		Major Tot. (σ^1)	Major Eff. (σ^1)	Minor Eff. (σ^3)	Eff. Ratio (σ^1/σ^3)	p $\frac{1}{2}(\sigma^1 + 2\sigma^3)$	q ($\sigma^1 - \sigma^3$)	p' $\frac{1}{3}(\sigma^1 + 2\sigma^3)$	ln p ($\sigma^1 - \sigma^3$)	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm2)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	9,930	0,00	0,000	1,40	0	0,000	2,400	1,000	1,00	1,00	2,400	0,000	1,000	0,875
25	0,025	0,349	99,651	9,965	33,00	4,620	1,43	0,03	0,464	2,864	1,434	0,97	1,48	2,555	0,464	1,125	0,938
50	0,050	0,698	99,302	10,000	39,00	5,460	1,44	0,04	0,546	2,946	1,506	0,96	1,57	2,582	0,546	1,142	0,949
75	0,075	1,047	98,953	10,035	44,00	6,160	1,46	0,06	0,614	3,014	1,554	0,94	1,65	2,605	0,614	1,145	0,957
100	0,100	1,396	98,604	10,071	49,00	6,860	1,48	0,08	0,681	3,081	1,601	0,92	1,74	2,627	0,681	1,147	0,966
125	0,125	1,745	98,255	10,107	53,00	7,420	1,50	0,10	0,734	3,134	1,634	0,90	1,82	2,645	0,734	1,145	0,973
150	0,150	2,095	97,905	10,143	57,00	7,980	1,52	0,12	0,787	3,187	1,667	0,88	1,89	2,662	0,787	1,142	0,979
175	0,175	2,444	97,556	10,179	60,00	8,400	1,53	0,13	0,825	3,225	1,695	0,87	1,95	2,675	0,825	1,145	0,984
200	0,200	2,793	97,207	10,216	61,00	8,540	1,57	0,17	0,836	3,236	1,666	0,83	2,01	2,679	0,836	1,109	0,985
225	0,225	3,142	96,858	10,252	62,00	8,680	1,60	0,20	0,847	3,247	1,647	0,80	2,06	2,682	0,847	1,082	0,987
250	0,250	3,491	96,509	10,289	65,00	9,100	1,61	0,21	0,884	3,284	1,674	0,79	2,12	2,695	0,884	1,085	0,991
275	0,275	3,840	96,160	10,327	67,00	9,380	1,63	0,23	0,908	3,308	1,678	0,77	2,18	2,703	0,908	1,073	0,994
300	0,300	4,189	95,811	10,364	67,50	9,450	1,63	0,23	0,912	3,312	1,682	0,77	2,18	2,704	0,912	1,074	0,995
325	0,325	4,538	95,462	10,402	70,00	9,800	1,64	0,24	0,942	3,342	1,702	0,76	2,24	2,714	0,942	1,074	0,998
350	0,350	4,887	95,113	10,441	72,00	10,080	1,65	0,25	0,965	3,365	1,715	0,75	2,29	2,722	0,965	1,072	1,001
375	0,375	5,236	94,764	10,479	75,00	10,500	1,66	0,26	1,002	3,402	1,742	0,74	2,35	2,734	1,002	1,074	1,006
400	0,400	5,586	94,414	10,518	79,00	11,060	1,66	0,26	1,052	3,452	1,792	0,74	2,42	2,751	1,052	1,091	1,012
425	0,425	5,935	94,065	10,557	82,00	11,480	1,67	0,27	1,087	3,487	1,817	0,73	2,49	2,762	1,087	1,092	1,016
450	0,450	6,284	93,716	10,596	82,50	11,550	1,68	0,28	1,090	3,490	1,810	0,72	2,51	2,763	1,090	1,083	1,016
475	0,475	6,633	93,367	10,636	83,00	11,620	1,68	0,28	1,093	3,493	1,813	0,72	2,52	2,764	1,093	1,084	1,017
500	0,500	6,982	93,018	10,676	84,00	11,760	1,68	0,28	1,102	3,502	1,822	0,72	2,53	2,767	1,102	1,087	1,018
525	0,525	7,331	92,669	10,716	85,00	11,900	1,69	0,29	1,111	3,511	1,821	0,71	2,56	2,770	1,111	1,080	1,019
550	0,550	7,680	92,320	10,756	85,40	11,956	1,69	0,29	1,112	3,512	1,822	0,71	2,57	2,771	1,112	1,081	1,019
575	0,575	8,029	91,971	10,797	85,70	11,998	1,69	0,29	1,111	3,511	1,821	0,71	2,57	2,770	1,111	1,080	1,019
600	0,600	8,378	91,622	10,838	86,30	12,082	1,70	0,30	1,115	3,515	1,815	0,70	2,59	2,772	1,115	1,072	1,019
625	0,625	8,727	91,273	10,880	87,00	12,180	1,70	0,30	1,120	3,520	1,820	0,70	2,60	2,773	1,120	1,073	1,020
650	0,650	9,076	90,924	10,922	87,00	12,180	1,70	0,30	1,115	3,515	1,815	0,70	2,59	2,772	1,115	1,072	1,019
675	0,675	9,426	90,574	10,964	88,00	12,320	1,73	0,33	1,124	3,524	1,794	0,67	2,68	2,775	1,124	1,045	1,020
700	0,700	9,775	90,225	11,006	86,70	12,138	1,72	0,32	1,103	3,503	1,783	0,68	2,62	2,768	1,103	1,048	1,018
725	0,725	10,124	89,876	11,049	86,50	12,110	1,71	0,31	1,096	3,496	1,786	0,69	2,59	2,765	1,096	1,055	1,017
750	0,750	10,473	89,527	11,092	86,00	12,040	1,70	0,30	1,085	3,485	1,785	0,70	2,55	2,762	1,085	1,062	1,016
775	0,775	10,822	89,178	11,135	86,00	12,040	1,70	0,30	1,081	3,481	1,781	0,70	2,54	2,760	1,081	1,060	1,015
800	0,800	11,171	88,829	11,179	85,60	11,984	1,69	0,29	1,072	3,472	1,782	0,71	2,51	2,757	1,072	1,067	1,014
825	0,825	11,520	88,480	11,223	85,00	11,900	1,69	0,29	1,060	3,460	1,770	0,71	2,49	2,753	1,060	1,063	1,013
850	0,850	11,869	88,131	11,268	84,00	11,760	1,69	0,29	1,044	3,444	1,754	0,71	2,47	2,748	1,044	1,058	1,011
875	0,875	12,218	87,782	11,312	84,00	11,760	1,69	0,29	1,040	3,440	1,750	0,71	2,46	2,747	1,040	1,057	1,010
900	0,900	12,567	87,433	11,358	84,00	11,760	1,68	0,28	1,035	3,435	1,755	0,72	2,44	2,745	1,035	1,065	1,010
925	0,925	12,917	87,083	11,403	83,50	11,690	1,68	0,28	1,025	3,425	1,745	0,72	2,42	2,742	1,025	1,062	1,009
950	0,950	13,266	86,734	11,449	83,00	11,620	1,67	0,27	1,015	3,415	1,745	0,73	2,39	2,738	1,015	1,068	1,007
975	0,975	13,615	86,385	11,495	83,00	11,620	1,66	0,26	1,011	3,411	1,751	0,74	2,37	2,737	1,011	1,077	1,007
1000	1,000	13,964	86,036	11,542	81,00	11,340	1,66	0,26	0,983	3,383	1,723	0,74	2,33	2,728	0,983	1,068	1,003

Calculation

Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$)	=	112,37 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	168,00 KPa
Strain at max. dev. stress (ϵ)	=	6,982 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ^1)	=	352,4 KPa
Total minor principal stress (σ^3)	=	240 KPa
Effective major principal stress (σ^1)	=	184,4 KPa
Effective minor principal stress (σ^3)	=	72,0 KPa
Effective principal stress ratio (σ^1/σ^3)	=	2,56

Project : Skripsi	Type of Test : TX-CU	Effective Cell Pressure : 2,00 kg/cm2
Location : Lab Mektan FTUI	Tested By : Vandemora	Cell Pressure : 3,40 kg/cm3
Remarks :	With : side drains	Back Pressure : 1,40 kg/cm4
Code : Asli 2 siklus	Without :	Consolidated Length : 7,162 cm
Cell No : 2	Rate of Strain : 0.005 mm/min	Consolidated Area : 9,923 cm2
Date of Test : 08-Sep-10	LRC : 0,14	Consolidated Volume : 67,603 cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm		Unit Strain ε	Factor (100 - ε)	Corrected Ao/(1 - ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress (σ1-σ3)	Major Tot. (σ1)	Major Eff. (σ'1)	Minor Eff. (σ'3)	Eff. Ratio (σ'1/σ'3)	p ½(σ1+σ3)	q ½(σ1-σ3)	p' ½(σ'1+σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm2)	(div)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)
0	0,000	0,000	100	9,923	0,0	0,000	1,40	0	0,0000	3,400	2,000	2,00	1,00	3,400	0,000	2,000	0,000
25	0,025	0,349	99,651	9,958	44,0	6,160	1,46	0,06	0,6186	4,019	2,559	1,94	1,32	3,606	0,619	2,146	0,619
50	0,050	0,698	99,302	9,993	50,0	7,000	1,54	0,14	0,7005	4,100	2,560	1,86	1,38	3,633	0,700	2,093	0,700
75	0,075	1,047	98,953	10,028	54,5	7,630	1,61	0,21	0,7609	4,161	2,551	1,79	1,43	3,654	0,761	2,044	0,761
100	0,100	1,396	98,604	10,064	59,0	8,260	1,66	0,26	0,8208	4,221	2,561	1,74	1,47	3,674	0,821	2,014	0,821
125	0,125	1,745	98,255	10,099	61,0	8,540	1,72	0,32	0,8456	4,246	2,526	1,68	1,50	3,682	0,846	1,962	0,846
150	0,150	2,094	97,906	10,135	67,0	9,380	1,79	0,39	0,9255	4,325	2,535	1,61	1,57	3,708	0,925	1,918	0,925
175	0,175	2,444	97,556	10,172	71,0	9,940	1,85	0,45	0,9772	4,377	2,527	1,55	1,63	3,726	0,977	1,876	0,977
200	0,200	2,793	97,207	10,208	79,0	11,060	1,96	0,56	1,0834	4,483	2,523	1,44	1,75	3,761	1,083	1,801	1,083
225	0,225	3,142	96,858	10,245	85,0	11,900	1,97	0,57	1,1615	4,562	2,592	1,43	1,81	3,787	1,162	1,817	1,162
250	0,250	3,491	96,509	10,282	93,0	13,020	1,98	0,58	1,2663	4,666	2,686	1,42	1,89	3,822	1,266	1,842	1,266
275	0,275	3,840	96,160	10,319	97,0	13,580	2,01	0,61	1,3160	4,716	2,706	1,39	1,95	3,839	1,316	1,829	1,316
300	0,300	4,189	95,811	10,357	98,0	13,720	2,01	0,61	1,3247	4,725	2,715	1,39	1,95	3,842	1,325	1,832	1,325
325	0,325	4,538	95,462	10,395	101,0	14,140	2,01	0,61	1,3603	4,760	2,750	1,39	1,98	3,853	1,360	1,843	1,360
350	0,350	4,887	95,113	10,433	102,0	14,280	2,02	0,62	1,3687	4,769	2,749	1,38	1,99	3,856	1,369	1,836	1,369
375	0,375	5,236	94,764	10,471	104,0	14,560	2,02	0,62	1,3904	4,790	2,770	1,38	2,01	3,863	1,390	1,843	1,390
400	0,400	5,585	94,415	10,510	106,0	14,840	2,02	0,62	1,4120	4,812	2,792	1,38	2,02	3,871	1,412	1,851	1,412
425	0,425	5,934	94,066	10,549	107,0	14,980	2,02	0,62	1,4200	4,820	2,800	1,38	2,03	3,873	1,420	1,853	1,420
450	0,450	6,283	93,717	10,588	109,0	15,260	2,02	0,62	1,4412	4,841	2,821	1,38	2,04	3,880	1,441	1,860	1,441
475	0,475	6,632	93,368	10,628	109,0	15,260	2,02	0,62	1,4358	4,836	2,816	1,38	2,04	3,879	1,436	1,859	1,436
500	0,500	6,981	93,019	10,668	109,5	15,330	2,02	0,62	1,4370	4,837	2,817	1,38	2,04	3,879	1,437	1,859	1,437
525	0,525	7,331	92,669	10,708	110,0	15,400	2,01	0,61	1,4382	4,838	2,828	1,39	2,03	3,879	1,438	1,869	1,438
550	0,550	7,680	92,320	10,749	110,0	15,400	2,01	0,61	1,4327	4,833	2,823	1,39	2,03	3,878	1,433	1,868	1,433
575	0,575	8,029	91,971	10,789	110,4	15,456	2,01	0,61	1,4325	4,833	2,823	1,39	2,03	3,878	1,433	1,868	1,433
600	0,600	8,378	91,622	10,831	111,0	15,540	2,01	0,61	1,4348	4,835	2,825	1,39	2,03	3,878	1,435	1,868	1,435
625	0,625	8,727	91,273	10,872	112,0	15,680	2,01	0,61	1,4422	4,842	2,832	1,39	2,04	3,881	1,442	1,871	1,442
650	0,650	9,076	90,924	10,914	111,0	15,540	1,99	0,59	1,4239	4,824	2,834	1,41	2,01	3,875	1,424	1,885	1,424
675	0,675	9,425	90,575	10,956	110,0	15,400	1,99	0,59	1,4057	4,806	2,816	1,41	2,00	3,869	1,406	1,879	1,406
700	0,700	9,774	90,226	10,998	108,0	15,120	1,99	0,59	1,3748	4,775	2,785	1,41	1,98	3,858	1,375	1,868	1,375
725	0,725	10,123	89,877	11,041	108,0	15,120	1,99	0,59	1,3695	4,769	2,779	1,41	1,97	3,856	1,369	1,866	1,369
750	0,750	10,472	89,528	11,084	106,0	14,840	1,99	0,59	1,3389	4,739	2,749	1,41	1,95	3,846	1,339	1,856	1,339
775	0,775	10,821	89,179	11,127	105,0	14,700	1,99	0,59	1,3211	4,721	2,731	1,41	1,94	3,840	1,321	1,850	1,321
800	0,800	11,170	88,830	11,171	105,0	14,700	1,99	0,59	1,3159	4,716	2,726	1,41	1,93	3,839	1,316	1,849	1,316
825	0,825	11,519	88,481	11,215	103,0	14,420	1,99	0,59	1,2858	4,686	2,696	1,41	1,91	3,829	1,286	1,839	1,286
850	0,850	11,868	88,132	11,260	102,0	14,280	1,98	0,58	1,2683	4,668	2,688	1,42	1,89	3,823	1,268	1,843	1,268
875	0,875	12,218	87,782	11,304	101,0	14,140	1,98	0,58	1,2509	4,651	2,671	1,42	1,88	3,817	1,251	1,837	1,251
900	0,900	12,567	87,433	11,349	100,0	14,000	1,98	0,58	1,2335	4,634	2,654	1,42	1,87	3,811	1,234	1,831	1,234
925	0,925	12,916	87,084	11,395	99,0	13,860	1,98	0,58	1,2163	4,616	2,636	1,42	1,86	3,805	1,216	1,825	1,216
950	0,950	13,265	86,735	11,441	99,0	13,860	1,97	0,57	1,2115	4,611	2,641	1,43	1,85	3,804	1,211	1,834	1,211
975	0,975	13,614	86,386	11,487	99,0	13,860	1,97	0,57	1,2066	4,607	2,637	1,43	1,84	3,802	1,207	1,832	1,207
1000	1,000	13,963	86,037	11,534	98,0	13,720	1,97	0,57	1,1896	4,590	2,620	1,43	1,83	3,797	1,190	1,827	1,190

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 144,22 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 202,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 5,236 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 484,2 KPa
 Total minor principal stress (σ3) = 340 KPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 282,2 KPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 138,0 KPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 2,05

Project : Skripsi	Type of Test : TX-CU	Effective Cell Pressure : 3,00 kg/cm2
Location : Lab Mektan FTUI	Tested By : Vandemora	Cell Pressure : 4,40 kg/cm3
Remarks :	With : side drains	Back Pressure : 1,40 kg/cm4
Code : Asli 2 siklus	Without :	Consolidated Length : 7,162 cm
Cell No : 3	Rate of Strain : 0.005 mm/min	Consolidated Area : 9,923 cm2
Date of Test : 09-Sep-10	LRC : 0,14	Consolidated Volume : 67,803 cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ε	Factor (100 - ε)	Corrected Ao/(1 - ε)	Dial Reading	Dial Reading	u	Δu	Stress (σ1-σ3)	Major Tot. (σ1)	Major Eff. (σ'1)	Minor Eff. (σ'3)	Eff. Ratio (σ'1/σ'3)	p ½(σ1+σ3)	q ½(σ1-σ3)	p' ½(σ'1+σ'3)	q' ½(σ'1-σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(cm2)	(div)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	9,923	0,0	0,000	1,40	0	0,0000	4,400	3,000	3,00	1,00	4,400	0,000	3,000	0,000
25	0,025	0,349	99,651	9,958	72,0	10,080	1,59	0,19	1,0122	5,412	3,822	2,81	1,36	4,737	1,012	3,147	1,012
50	0,050	0,698	99,302	9,993	83,0	11,620	1,65	0,25	1,1628	5,563	3,913	2,75	1,42	4,788	1,163	3,138	1,163
75	0,075	1,047	98,953	10,028	96,0	13,440	1,82	0,42	1,3402	5,740	3,920	2,58	1,52	4,847	1,340	3,027	1,340
100	0,100	1,396	98,604	10,064	104,0	14,560	1,86	0,46	1,4468	5,847	3,987	2,54	1,57	4,882	1,447	3,022	1,447
125	0,125	1,745	98,255	10,100	110,0	15,400	1,91	0,51	1,5248	5,925	4,015	2,49	1,61	4,908	1,525	2,998	1,525
150	0,150	2,094	97,906	10,136	117,0	16,380	1,97	0,57	1,6161	6,016	4,046	2,43	1,67	4,939	1,616	2,969	1,616
175	0,175	2,443	97,557	10,172	125,0	17,500	2,02	0,62	1,7204	6,120	4,100	2,38	1,72	4,973	1,720	2,953	1,720
200	0,200	2,793	97,207	10,208	129,0	18,060	2,03	0,63	1,7691	6,169	4,139	2,37	1,75	4,990	1,769	2,960	1,769
225	0,225	3,142	96,858	10,245	132,0	18,480	2,06	0,66	1,8038	6,204	4,144	2,34	1,77	5,001	1,804	2,941	1,804
250	0,250	3,491	96,509	10,282	133,0	18,620	2,08	0,68	1,8109	6,211	4,131	2,32	1,78	5,004	1,811	2,924	1,811
275	0,275	3,840	96,160	10,320	134,5	18,830	2,09	0,69	1,8247	6,225	4,135	2,31	1,79	5,008	1,825	2,918	1,825
300	0,300	4,189	95,811	10,357	135,0	18,900	2,10	0,70	1,8248	6,225	4,125	2,30	1,79	5,008	1,825	2,908	1,825
325	0,325	4,538	95,462	10,395	136,0	19,040	2,10	0,70	1,8316	6,232	4,132	2,30	1,80	5,011	1,832	2,911	1,832
350	0,350	4,887	95,113	10,433	137,5	19,250	2,10	0,70	1,8451	6,245	4,145	2,30	1,80	5,015	1,845	2,915	1,845
375	0,375	5,236	94,764	10,472	138,0	19,320	2,10	0,70	1,8450	6,245	4,145	2,30	1,80	5,015	1,845	2,915	1,845
400	0,400	5,585	94,415	10,510	140,0	19,600	2,11	0,71	1,8648	6,265	4,155	2,29	1,81	5,022	1,865	2,912	1,865
425	0,425	5,934	94,066	10,549	141,0	19,740	2,11	0,71	1,8712	6,271	4,161	2,29	1,82	5,024	1,871	2,914	1,871
450	0,450	6,283	93,717	10,589	142,5	19,950	2,11	0,71	1,8841	6,284	4,174	2,29	1,82	5,028	1,884	2,918	1,884
475	0,475	6,632	93,368	10,628	142,0	19,880	2,10	0,70	1,8705	6,270	4,170	2,30	1,81	5,023	1,870	2,923	1,870
500	0,500	6,981	93,019	10,668	141,0	19,740	2,09	0,69	1,8504	6,250	4,160	2,31	1,80	5,017	1,850	2,927	1,850
525	0,525	7,330	92,670	10,708	141,0	19,740	2,09	0,69	1,8434	6,243	4,153	2,31	1,80	5,014	1,843	2,924	1,843
550	0,550	7,680	92,320	10,749	138,0	19,320	2,08	0,68	1,7974	6,197	4,117	2,32	1,77	4,999	1,797	2,919	1,797
575	0,575	8,029	91,971	10,790	137,0	19,180	2,08	0,68	1,7776	6,178	4,098	2,32	1,77	4,993	1,778	2,913	1,778
600	0,600	8,378	91,622	10,831	137,0	19,180	2,08	0,68	1,7709	6,171	4,091	2,32	1,76	4,990	1,771	2,910	1,771
625	0,625	8,727	91,273	10,872	136,0	19,040	2,07	0,67	1,7513	6,151	4,081	2,33	1,75	4,984	1,751	2,914	1,751
650	0,650	9,076	90,924	10,914	135,0	18,900	2,07	0,67	1,7317	6,132	4,062	2,33	1,74	4,977	1,732	2,907	1,732
675	0,675	9,425	90,575	10,956	135,0	18,900	2,07	0,67	1,7251	6,125	4,055	2,33	1,74	4,975	1,725	2,905	1,725
700	0,700	9,774	90,226	10,998	135,0	18,900	2,06	0,66	1,7184	6,118	4,058	2,34	1,73	4,973	1,718	2,913	1,718
725	0,725	10,123	89,877	11,041	133,0	18,620	2,06	0,66	1,6864	6,086	4,026	2,34	1,72	4,962	1,686	2,902	1,686
750	0,750	10,472	89,528	11,084	132,0	18,480	2,05	0,65	1,6673	6,067	4,017	2,35	1,71	4,956	1,667	2,906	1,667
775	0,775	10,821	89,179	11,127	132,0	18,480	2,05	0,65	1,6608	6,061	4,011	2,35	1,71	4,954	1,661	2,904	1,661
800	0,800	11,170	88,830	11,171	131,0	18,340	2,05	0,65	1,6417	6,042	3,992	2,35	1,70	4,947	1,642	2,897	1,642
825	0,825	11,519	88,481	11,215	131,0	18,340	2,04	0,64	1,6353	6,035	3,995	2,36	1,69	4,945	1,635	2,905	1,635
850	0,850	11,868	88,132	11,260	130,0	18,200	2,04	0,64	1,6164	6,016	3,976	2,36	1,68	4,939	1,616	2,899	1,616
875	0,875	12,217	87,783	11,304	130,0	18,200	2,03	0,63	1,6100	6,010	3,980	2,37	1,68	4,937	1,610	2,907	1,610
900	0,900	12,567	87,433	11,350	130,0	18,200	2,03	0,63	1,6036	6,004	3,974	2,37	1,68	4,935	1,604	2,905	1,604
925	0,925	12,916	87,084	11,395	129,0	18,060	2,03	0,63	1,5849	5,985	3,955	2,37	1,67	4,928	1,585	2,898	1,585
950	0,950	13,265	86,735	11,441	128,0	17,920	2,02	0,62	1,5663	5,966	3,946	2,38	1,66	4,922	1,566	2,902	1,566
975	0,975	13,614	86,386	11,487	128,0	17,920	2,02	0,62	1,5600	5,960	3,940	2,38	1,66	4,920	1,560	2,900	1,560
1000	1,000	13,963	86,037	11,534	128,0	17,920	2,02	0,62	1,5537	5,954	3,934	2,38	1,65	4,918	1,554	2,898	1,554

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 188,4 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 210,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 4,538 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 628,4 KPa
 Total minor principal stress (σ3) = 440 KPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 418,4 KPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 230,0 KPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 1,82

TRIAXIAL SHEARING

Project		Skripsi Ekspansif		Hole No.		-		Type of Test		CU	
Location		Lab Mektan FTUI		Depth		-		With		side drains	
Remarks		Tanah Campuran 1 siklus		Tested By		Vandemora		Without			
SPECIMEN 1				SPECIMEN 2				SPECIMEN 3			
Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U	Deformation		Dial	U	Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh	Reading	(kg/cm ²)	Dial (div)	Δh	Reading	(kg/cm ²)	Dial (div)	Δh	Reading	(kg/cm ²)
0		0,00	1,40	0		0,00	1,40	0		0	1,4
25		36,00	1,44	25		59,00	1,47	25		71	1,45
50		60,00	1,46	50		78,00	1,50	50		103	1,47
75		81,00	1,49	75		102,00	1,53	75		112	1,5
100		97,00	1,50	100		118,00	1,54	100		120	1,54
125		102,00	1,51	125		125,00	1,56	125		128	1,58
150		113,00	1,53	150		136,00	1,59	150		143	1,6
175		117,00	1,54	175		140,00	1,61	175		151	1,61
200		120,00	1,54	200		145,00	1,63	200		164	1,62
225		124,00	1,55	225		152,00	1,66	225		166	1,64
250		128,00	1,56	250		159,00	1,67	250		168	1,67
275		132,00	1,57	275		160,00	1,69	275		173	1,68
300		135,00	1,59	300		162,00	1,69	300		177	1,69
325		136,00	1,60	325		164,00	1,70	325		178	1,7
350		137,00	1,61	350		165,00	1,71	350		178,5	1,71
375		140,00	1,63	375		165,00	1,72	375		179	1,73
400		139,80	1,63	400		166,00	1,72	400		180	1,73
425		139,80	1,63	425		166,00	1,72	425		180	1,74
450		139,80	1,62	450		165,80	1,72	450		184	1,74
475		139,80	1,62	475		165,50	1,72	475		185	1,74
500		139,80	1,62	500		164,50	1,72	500		184,8	1,75
525		139,80	1,62	525		164,00	1,72	525		184,5	1,75
550		139,80	1,62	550		164,00	1,71	550		184,5	1,74
575		139,80	1,61	575		164,00	1,71	575		183,5	1,73
600		139,80	1,61	600		164,00	1,71	600		183	1,73
625		139,80	1,61	625		164,00	1,71	625		183	1,73
650		139,80	1,61	650		163,50	1,71	650		183	1,73
675		139,40	1,60	675		163,50	1,70	675		182	1,73
700		139,40	1,60	700		163,50	1,69	700		182	1,72
725		139,40	1,59	725		162,50	1,69	725		182	1,72
750		139,40	1,59	750		162,50	1,67	750		181	1,72
775		139,40	1,58	775		162,00	1,66	775		181	1,72
800		139,40	1,58	800		162,00	1,66	800		181	1,72
825		139,40	1,57	825		162,00	1,66	825		181	1,72
850		139,20	1,56	850		161,50	1,65	850		180,5	1,71
875		139,20	1,56	875		161,50	1,65	875		180	1,71
900		139,20	1,56	900		161,50	1,65	900		180	1,71
925		139,20	1,56	925		161,00	1,65	925		179	1,71
950		139,20	1,56	950		161,00	1,65	950		179	1,71
975		139,20	1,56	975		161,00	1,65	975		179	1,71
1000		139,20	1,56	1000		161,00	1,65	1000		179	1,71

Date of Test :

Soil Investigation and Foundation Engineering

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Eff. Cell Pressure ($\sigma'3$)	: 1,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure ($\sigma3$)	: 2,40 kg/cm2
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm2
Code	: Tanah Campuran 1 siklus	Without		Consolidated Length	: 7,161 cm
Cell No	: 1	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 9,930 cm2
Date of Test	: 28-Jul-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 68,933 cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress ($\Delta\sigma$)	Principal Stress and Ratio				Critical State Parameters				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ϵ	Factor (1 - ϵ)	Corrected Ao/(1 - ϵ)	Dial Reading 1 div	0.14 kg (kg)	Dial Reading u	Δu		Major Tot. ($\sigma1$)	Major Eff. ($\sigma'1$)	Minor Eff. ($\sigma'3$)	Eff. Ratio ($\sigma'1/\sigma'3$)	p $\frac{1}{2}(\sigma1+\sigma3)$	q ($\sigma1-\sigma3$)	p' $\frac{1}{3}(\sigma1+2\sigma'3)$	ln p ($\sigma1-\sigma3$)	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	9,930	0,00	0,000	1,40	0	0,000	2,400	1,000	1,00	1,00	2,400	0,000	1,000	0,875
25	0,025	0,349	99,651	9,965	36,00	5,040	1,44	0,04	0,506	2,906	1,466	0,96	1,53	2,569	0,506	1,129	0,943
50	0,050	0,698	99,302	10,000	60,00	8,400	1,46	0,06	0,840	3,240	1,780	0,94	1,89	2,680	0,840	1,220	0,986
75	0,075	1,047	98,953	10,035	81,00	11,340	1,49	0,09	1,130	3,530	2,040	0,91	2,24	2,777	1,130	1,287	1,021
100	0,100	1,396	98,604	10,071	97,00	13,580	1,50	0,10	1,348	3,748	2,248	0,90	2,50	2,849	1,348	1,349	1,047
125	0,125	1,746	98,254	10,106	102,00	14,280	1,51	0,11	1,413	3,813	2,303	0,89	2,59	2,871	1,413	1,361	1,055
150	0,150	2,095	97,905	10,142	113,00	15,820	1,53	0,13	1,560	3,960	2,430	0,87	2,79	2,920	1,560	1,390	1,072
175	0,175	2,444	97,556	10,179	117,00	16,380	1,54	0,14	1,609	4,009	2,469	0,86	2,87	2,936	1,609	1,396	1,077
200	0,200	2,793	97,207	10,215	120,00	16,800	1,54	0,14	1,645	4,045	2,505	0,86	2,91	2,948	1,645	1,408	1,081
225	0,225	3,142	96,858	10,252	124,00	17,360	1,55	0,15	1,693	4,093	2,543	0,85	2,99	2,964	1,693	1,414	1,087
250	0,250	3,491	96,509	10,289	128,00	17,920	1,56	0,16	1,742	4,142	2,582	0,84	3,07	2,981	1,742	1,421	1,092
275	0,275	3,840	96,160	10,327	132,00	18,480	1,57	0,17	1,790	4,190	2,620	0,83	3,16	2,997	1,790	1,427	1,097
300	0,300	4,189	95,811	10,364	135,00	18,900	1,59	0,19	1,824	4,224	2,634	0,81	3,25	3,008	1,824	1,418	1,101
325	0,325	4,538	95,462	10,402	136,00	19,040	1,60	0,20	1,830	4,230	2,630	0,80	3,29	3,010	1,830	1,410	1,102
350	0,350	4,887	95,113	10,440	137,00	19,180	1,61	0,21	1,837	4,237	2,627	0,79	3,33	3,012	1,837	1,402	1,103
375	0,375	5,237	94,763	10,479	140,00	19,600	1,63	0,23	1,870	4,270	2,640	0,77	3,43	3,023	1,870	1,393	1,106
400	0,400	5,586	94,414	10,517	139,80	19,572	1,63	0,23	1,861	4,261	2,631	0,77	3,42	3,020	1,861	1,390	1,105
425	0,425	5,935	94,065	10,556	139,80	19,572	1,63	0,23	1,854	4,254	2,624	0,77	3,41	3,018	1,854	1,388	1,105
450	0,450	6,284	93,716	10,596	139,80	19,572	1,62	0,22	1,847	4,247	2,627	0,78	3,37	3,016	1,847	1,396	1,104
475	0,475	6,633	93,367	10,635	139,80	19,572	1,62	0,22	1,840	4,240	2,620	0,78	3,36	3,013	1,840	1,393	1,103
500	0,500	6,982	93,018	10,675	139,80	19,572	1,62	0,22	1,833	4,233	2,613	0,78	3,35	3,011	1,833	1,391	1,102
525	0,525	7,331	92,669	10,716	139,80	19,572	1,62	0,22	1,827	4,227	2,607	0,78	3,34	3,009	1,827	1,389	1,102
550	0,550	7,680	92,320	10,756	139,80	19,572	1,62	0,22	1,820	4,220	2,600	0,78	3,33	3,007	1,820	1,387	1,101
575	0,575	8,029	91,971	10,797	139,80	19,572	1,61	0,21	1,813	4,213	2,603	0,79	3,29	3,004	1,813	1,394	1,100
600	0,600	8,378	91,622	10,838	139,80	19,572	1,61	0,21	1,806	4,206	2,596	0,79	3,29	3,002	1,806	1,392	1,099
625	0,625	8,728	91,272	10,879	139,80	19,572	1,61	0,21	1,799	4,199	2,589	0,79	3,28	3,000	1,799	1,390	1,098
650	0,650	9,077	90,923	10,921	139,80	19,572	1,61	0,21	1,792	4,192	2,582	0,79	3,27	2,997	1,792	1,387	1,098
675	0,675	9,426	90,574	10,963	139,40	19,516	1,60	0,20	1,780	4,180	2,580	0,80	3,23	2,993	1,780	1,393	1,096
700	0,700	9,775	90,225	11,006	139,40	19,516	1,60	0,20	1,773	4,173	2,573	0,80	3,22	2,991	1,773	1,391	1,096
725	0,725	10,124	89,876	11,049	139,40	19,516	1,59	0,19	1,766	4,166	2,576	0,81	3,18	2,989	1,766	1,399	1,095
750	0,750	10,473	89,527	11,092	139,40	19,516	1,59	0,19	1,760	4,160	2,570	0,81	3,17	2,987	1,760	1,397	1,094
775	0,775	10,822	89,178	11,135	139,40	19,516	1,58	0,18	1,753	4,153	2,573	0,82	3,14	2,984	1,753	1,404	1,093
800	0,800	11,171	88,829	11,179	139,40	19,516	1,58	0,18	1,746	4,146	2,566	0,82	3,13	2,982	1,746	1,402	1,093
825	0,825	11,520	88,480	11,223	139,40	19,516	1,57	0,17	1,739	4,139	2,569	0,83	3,10	2,980	1,739	1,410	1,092
850	0,850	11,869	88,131	11,267	139,20	19,488	1,56	0,16	1,730	4,130	2,570	0,84	3,06	2,977	1,730	1,417	1,091
875	0,875	12,219	87,781	11,312	139,20	19,488	1,56	0,16	1,723	4,123	2,563	0,84	3,05	2,974	1,723	1,414	1,090
900	0,900	12,568	87,432	11,357	139,20	19,488	1,56	0,16	1,716	4,116	2,556	0,84	3,04	2,972	1,716	1,412	1,089
925	0,925	12,917	87,083	11,403	139,20	19,488	1,56	0,16	1,709	4,109	2,549	0,84	3,03	2,970	1,709	1,410	1,088
950	0,950	13,266	86,734	11,449	139,20	19,488	1,56	0,16	1,702	4,102	2,542	0,84	3,03	2,967	1,702	1,407	1,088
975	0,975	13,615	86,385	11,495	139,20	19,488	1,56	0,16	1,695	4,095	2,535	0,84	3,02	2,965	1,695	1,405	1,087
1000	1,000	13,964	86,036	11,542	139,20	19,488	1,56	0,16	1,688	4,088	2,528	0,84	3,01	2,963	1,688	1,403	1,086

Calculation

Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$)	=	187,05 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	162,00 KPa
Strain at max. dev. stress (ϵ)	=	6,982 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress ($\sigma1$)	=	427,0 KPa
Total minor principal stress ($\sigma3$)	=	240 KPa
Effective major principal stress ($\sigma'1$)	=	265,0 KPa
Effective minor principal stress ($\sigma'3$)	=	78,0 KPa
Effective principal stress ratio ($\sigma'1/\sigma'3$)	=	3,40

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 2,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure	: 3,40 kg/cm3
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm4
Code	: Tanah Campuran 1 siklus	Without		Consolidated Length	: 7,162 cm
Cell No	: 2	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 9,923 cm2
Date of Test	: 28-Jul-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 67,703 cm3

Dial Reading 1 div = 0.001 cm (div)	Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress (σ1-σ3) (kg/cm2)	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
	Dial Reading (cm)	Unit Strain (%)	Factor (100 - ε) (%)	Corrected Ao/(1 - ε) (cm2)	1 div (div)	0.14 kg (kg)	u (kg/cm2)	Δu (kg/cm2)		Major Tot. (σ1) (kg/cm2)	Major Eff. (σ'1) (kg/cm2)	Minor Eff. (σ'3) (kg/cm2)	Eff. Ratio (σ'1/σ'3) (%)	p (kg/cm2)	q (kg/cm2)	p' (kg/cm2)	q' (kg/cm2)	
	(cm)	(%)	(%)	(cm2)	(div)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)		(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	9,923	0,0	0,000	1,40	0	0,0000	3,400	2,000	2,00	1,00	3,400	0,000	2,000	0,000	
25	0,025	0,349	99,651	9,958	59,0	8,260	1,47	0,07	0,8295	4,229	2,759	1,93	1,43	3,676	0,829	2,206	0,829	
50	0,050	0,698	99,302	9,993	78,0	10,920	1,50	0,10	1,0928	4,493	2,993	1,90	1,58	3,764	1,093	2,264	1,093	
75	0,075	1,047	98,953	10,028	102,0	14,280	1,53	0,13	1,4240	4,824	3,294	1,87	1,76	3,875	1,424	2,345	1,424	
100	0,100	1,396	98,604	10,064	118,0	16,520	1,54	0,14	1,6415	5,042	3,502	1,86	1,88	3,947	1,642	2,407	1,642	
125	0,125	1,745	98,255	10,100	125,0	17,500	1,56	0,16	1,7328	5,133	3,573	1,84	1,94	3,978	1,733	2,418	1,733	
150	0,150	2,094	97,906	10,136	136,0	19,040	1,59	0,19	1,8785	5,279	3,689	1,81	2,04	4,026	1,879	2,436	1,879	
175	0,175	2,443	97,557	10,172	140,0	19,600	1,61	0,21	1,9269	5,327	3,717	1,79	2,08	4,042	1,927	2,432	1,927	
200	0,200	2,793	97,207	10,208	145,0	20,300	1,63	0,23	1,9886	5,389	3,759	1,77	2,12	4,063	1,989	2,433	1,989	
225	0,225	3,142	96,858	10,245	152,0	21,280	1,66	0,26	2,0771	5,477	3,817	1,74	2,19	4,092	2,077	2,432	2,077	
250	0,250	3,491	96,509	10,282	159,0	22,260	1,67	0,27	2,1649	5,565	3,895	1,73	2,25	4,122	2,165	2,452	2,165	
275	0,275	3,840	96,160	10,320	160,0	22,400	1,69	0,29	2,1706	5,571	3,881	1,71	2,27	4,124	2,171	2,434	2,171	
300	0,300	4,189	95,811	10,357	162,0	22,680	1,69	0,29	2,1898	5,590	3,900	1,71	2,28	4,130	2,190	2,440	2,190	
325	0,325	4,538	95,462	10,395	164,0	22,960	1,70	0,30	2,2088	5,609	3,909	1,70	2,30	4,136	2,209	2,436	2,209	
350	0,350	4,887	95,113	10,433	165,0	23,100	1,71	0,31	2,2141	5,614	3,904	1,69	2,31	4,138	2,214	2,428	2,214	
375	0,375	5,236	94,764	10,472	165,0	23,100	1,72	0,32	2,2060	5,606	3,886	1,68	2,31	4,135	2,206	2,415	2,206	
400	0,400	5,585	94,415	10,510	166,0	23,240	1,72	0,32	2,2112	5,611	3,891	1,68	2,32	4,137	2,211	2,417	2,211	
425	0,425	5,934	94,066	10,549	166,0	23,240	1,72	0,32	2,2030	5,603	3,883	1,68	2,31	4,134	2,203	2,414	2,203	
450	0,450	6,283	93,717	10,589	165,8	23,212	1,72	0,32	2,1922	5,592	3,872	1,68	2,30	4,131	2,192	2,411	2,192	
475	0,475	6,632	93,368	10,628	165,5	23,170	1,72	0,32	2,1801	5,580	3,860	1,68	2,30	4,127	2,180	2,407	2,180	
500	0,500	6,981	93,019	10,668	164,5	23,030	1,72	0,32	2,1588	5,559	3,839	1,68	2,28	4,120	2,159	2,400	2,159	
525	0,525	7,330	92,670	10,708	164,0	22,960	1,72	0,32	2,1441	5,544	3,824	1,68	2,28	4,115	2,144	2,395	2,144	
550	0,550	7,680	92,320	10,749	164,0	22,960	1,71	0,31	2,1361	5,536	3,826	1,69	2,26	4,112	2,136	2,402	2,136	
575	0,575	8,029	91,971	10,790	164,0	22,960	1,71	0,31	2,1280	5,528	3,818	1,69	2,26	4,109	2,128	2,399	2,128	
600	0,600	8,378	91,622	10,831	164,0	22,960	1,71	0,31	2,1199	5,520	3,810	1,69	2,25	4,107	2,120	2,397	2,120	
625	0,625	8,727	91,273	10,872	164,0	22,960	1,71	0,31	2,1118	5,512	3,802	1,69	2,25	4,104	2,112	2,394	2,112	
650	0,650	9,076	90,924	10,914	163,5	22,890	1,71	0,31	2,0973	5,497	3,787	1,69	2,24	4,099	2,097	2,389	2,097	
675	0,675	9,425	90,575	10,956	163,5	22,890	1,70	0,30	2,0893	5,489	3,789	1,70	2,23	4,096	2,089	2,396	2,089	
700	0,700	9,774	90,226	10,998	163,5	22,890	1,69	0,29	2,0812	5,481	3,791	1,71	2,22	4,094	2,081	2,404	2,081	
725	0,725	10,123	89,877	11,041	162,5	22,750	1,69	0,29	2,0605	5,461	3,771	1,71	2,20	4,087	2,061	2,397	2,061	
750	0,750	10,472	89,528	11,084	162,5	22,750	1,67	0,27	2,0525	5,453	3,783	1,73	2,19	4,084	2,053	2,414	2,053	
775	0,775	10,821	89,179	11,127	162,0	22,680	1,66	0,26	2,0382	5,438	3,778	1,74	2,17	4,079	2,038	2,419	2,038	
800	0,800	11,170	88,830	11,171	162,0	22,680	1,66	0,26	2,0302	5,430	3,770	1,74	2,17	4,077	2,030	2,417	2,030	
825	0,825	11,519	88,481	11,215	162,0	22,680	1,66	0,26	2,0223	5,422	3,762	1,74	2,16	4,074	2,022	2,414	2,022	
850	0,850	11,868	88,132	11,260	161,5	22,610	1,65	0,25	2,0081	5,408	3,758	1,75	2,15	4,069	2,008	2,419	2,008	
875	0,875	12,217	87,783	11,304	161,5	22,610	1,65	0,25	2,0001	5,400	3,750	1,75	2,14	4,067	2,000	2,417	2,000	
900	0,900	12,567	87,433	11,350	161,5	22,610	1,65	0,25	1,9922	5,392	3,742	1,75	2,14	4,064	1,992	2,414	1,992	
925	0,925	12,916	87,084	11,395	161,0	22,540	1,65	0,25	1,9781	5,378	3,728	1,75	2,13	4,059	1,978	2,409	1,978	
950	0,950	13,265	86,735	11,441	161,0	22,540	1,65	0,25	1,9701	5,370	3,720	1,75	2,13	4,057	1,970	2,407	1,970	
975	0,975	13,614	86,386	11,487	161,0	22,540	1,65	0,25	1,9622	5,362	3,712	1,75	2,12	4,054	1,962	2,404	1,962	
1000	1,000	13,963	86,037	11,534	161,0	22,540	1,65	0,25	1,9543	5,354	3,704	1,75	2,12	4,051	1,954	2,401	1,954	

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ)	=	221,41 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	172,00 KPa
Strain at max. dev. stress (ε)	=	5,236 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ1)	=	561,4 KPa
Total minor principal stress (σ3)	=	340 KPa
Effective major principal stress (σ'1)	=	389,4 KPa
Effective minor principal stress (σ'3)	=	168,0 KPa
Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3)	=	2,32

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 3,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure	: 4,40 kg/cm3
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm4
Code	: Tanah Campuran 1 siklus	Without		Consolidated Length	: 7,162 cm
Cell No	: 3	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 9,924 cm2
Date of Test	: 29-Jul-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 68,103 cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ε	Factor (100 - ε)	Corrected Ao/(1 - ε)	Dial Reading 1 div	0.14 kg	Dial Reading u	Δu	Stress (σ1-σ3)	Major Tot. (σ1)	Major Eff. (σ'1)	Minor Eff. (σ'3)	Eff. Ratio (σ'1/σ'3)	p ½(σ1+σ3)	q ½(σ1-σ3)	p' ½(σ'1+σ'3)	q' ½(σ'1-σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(kg/cm2)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	9,924	0,0	0,000	1,40	0	0,0000	4,400	3,000	3,00	1,00	4,400	0,000	3,000	0,000
25	0,025	0,349	99,651	9,958	71,0	9,940	1,45	0,05	0,9982	5,398	3,948	2,95	1,34	4,733	0,998	3,283	0,998
50	0,050	0,698	99,302	9,993	103,0	14,420	1,47	0,07	1,4430	5,843	4,373	2,93	1,49	4,881	1,443	3,411	1,443
75	0,075	1,047	98,953	10,029	112,0	15,680	1,50	0,10	1,5635	5,964	4,464	2,90	1,54	4,921	1,564	3,421	1,564
100	0,100	1,396	98,604	10,064	120,0	16,800	1,54	0,14	1,6693	6,069	4,529	2,86	1,58	4,956	1,669	3,416	1,669
125	0,125	1,745	98,255	10,100	128,0	17,920	1,58	0,18	1,7743	6,174	4,594	2,82	1,63	4,991	1,774	3,411	1,774
150	0,150	2,094	97,906	10,136	143,0	20,020	1,60	0,20	1,9752	6,375	4,775	2,80	1,71	5,058	1,975	3,458	1,975
175	0,175	2,443	97,557	10,172	151,0	21,140	1,61	0,21	2,0782	6,478	4,868	2,79	1,74	5,093	2,078	3,483	2,078
200	0,200	2,793	97,207	10,209	164,0	22,960	1,62	0,22	2,2491	6,649	5,029	2,78	1,81	5,150	2,249	3,530	2,249
225	0,225	3,142	96,858	10,246	166,0	23,240	1,64	0,24	2,2683	6,668	5,028	2,76	1,82	5,156	2,268	3,516	2,268
250	0,250	3,491	96,509	10,283	168,0	23,520	1,67	0,27	2,2874	6,687	5,017	2,73	1,84	5,162	2,287	3,492	2,287
275	0,275	3,840	96,160	10,320	173,0	24,220	1,68	0,28	2,3469	6,747	5,067	2,72	1,86	5,182	2,347	3,502	2,347
300	0,300	4,189	95,811	10,357	177,0	24,780	1,69	0,29	2,3925	6,792	5,102	2,71	1,88	5,197	2,392	3,507	2,392
325	0,325	4,538	95,462	10,395	178,0	24,920	1,70	0,30	2,3972	6,797	5,097	2,70	1,89	5,199	2,397	3,499	2,397
350	0,350	4,887	95,113	10,434	178,5	24,990	1,71	0,31	2,3952	6,795	5,085	2,69	1,89	5,198	2,395	3,488	2,395
375	0,375	5,236	94,764	10,472	179,0	25,060	1,73	0,33	2,3931	6,793	5,063	2,67	1,90	5,198	2,393	3,468	2,393
400	0,400	5,585	94,415	10,511	180,0	25,200	1,73	0,33	2,3976	6,798	5,068	2,67	1,90	5,199	2,398	3,469	2,398
425	0,425	5,934	94,066	10,550	180,0	25,200	1,74	0,34	2,3887	6,789	5,049	2,66	1,90	5,196	2,389	3,456	2,389
450	0,450	6,283	93,717	10,589	184,0	25,760	1,74	0,34	2,4327	6,833	5,093	2,66	1,91	5,211	2,433	3,471	2,433
475	0,475	6,632	93,368	10,629	185,0	25,900	1,74	0,34	2,4368	6,837	5,097	2,66	1,92	5,212	2,437	3,472	2,437
500	0,500	6,981	93,019	10,668	184,8	25,872	1,75	0,35	2,4251	6,825	5,075	2,65	1,92	5,208	2,425	3,458	2,425
525	0,525	7,330	92,670	10,709	184,5	25,830	1,75	0,35	2,4121	6,812	5,062	2,65	1,91	5,204	2,412	3,454	2,412
550	0,550	7,679	92,321	10,749	184,5	25,830	1,74	0,34	2,4030	6,803	5,063	2,66	1,90	5,201	2,403	3,461	2,403
575	0,575	8,028	91,972	10,790	183,5	25,690	1,73	0,33	2,3809	6,781	5,051	2,67	1,89	5,194	2,381	3,464	2,381
600	0,600	8,378	91,622	10,831	183,0	25,620	1,73	0,33	2,3654	6,765	5,035	2,67	1,89	5,188	2,365	3,458	2,365
625	0,625	8,727	91,273	10,872	183,0	25,620	1,73	0,33	2,3564	6,756	5,026	2,67	1,88	5,185	2,356	3,455	2,356
650	0,650	9,076	90,924	10,914	183,0	25,620	1,73	0,33	2,3474	6,747	5,017	2,67	1,88	5,182	2,347	3,452	2,347
675	0,675	9,425	90,575	10,956	182,0	25,480	1,73	0,33	2,3256	6,726	4,996	2,67	1,87	5,175	2,326	3,445	2,326
700	0,700	9,774	90,226	10,999	182,0	25,480	1,72	0,32	2,3167	6,717	4,997	2,68	1,86	5,172	2,317	3,452	2,317
725	0,725	10,123	89,877	11,041	182,0	25,480	1,72	0,32	2,3077	6,708	4,988	2,68	1,86	5,169	2,308	3,449	2,308
750	0,750	10,472	89,528	11,084	181,0	25,340	1,72	0,32	2,2861	6,686	4,966	2,68	1,85	5,162	2,286	3,442	2,286
775	0,775	10,821	89,179	11,128	181,0	25,340	1,72	0,32	2,2772	6,677	4,957	2,68	1,85	5,159	2,277	3,439	2,277
800	0,800	11,170	88,830	11,172	181,0	25,340	1,72	0,32	2,2683	6,668	4,948	2,68	1,85	5,156	2,268	3,436	2,268
825	0,825	11,519	88,481	11,216	181,0	25,340	1,72	0,32	2,2594	6,659	4,939	2,68	1,84	5,153	2,259	3,433	2,259
850	0,850	11,868	88,132	11,260	180,5	25,270	1,71	0,31	2,2442	6,644	4,934	2,69	1,83	5,148	2,244	3,438	2,244
875	0,875	12,217	87,783	11,305	180,0	25,200	1,71	0,31	2,2291	6,629	4,919	2,69	1,83	5,143	2,229	3,433	2,229
900	0,900	12,566	87,434	11,350	180,0	25,200	1,71	0,31	2,2203	6,620	4,910	2,69	1,83	5,140	2,220	3,430	2,220
925	0,925	12,915	87,085	11,395	179,0	25,060	1,71	0,31	2,1991	6,599	4,889	2,69	1,82	5,133	2,199	3,423	2,199
950	0,950	13,264	86,736	11,441	179,0	25,060	1,71	0,31	2,1903	6,590	4,880	2,69	1,81	5,130	2,190	3,420	2,190
975	0,975	13,614	86,386	11,487	179,0	25,060	1,71	0,31	2,1815	6,582	4,872	2,69	1,81	5,127	2,182	3,417	2,182
1000	1,000	13,963	86,037	11,534	179,0	25,060	1,71	0,31	2,1727	6,573	4,863	2,69	1,81	5,124	2,173	3,414	2,173

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 243,68 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 170,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 4,538 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 683,7 KPa
 Total minor principal stress (σ3) = 440 KPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 513,7 KPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 270,0 KPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 1,90

TRIAXIAL SHEARING

Project		Skripsi Ekspansif		Hole No.		-		Type of Test		CU	
Location		Lab Mektan FTUI		Depth		-		With		side drains	
Remarks		Tanah Campuran 2 siki		Tested By		Vandemora		Without			
SPECIMEN 1				SPECIMEN 2				SPECIMEN 3			
Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial	U	Deformation		Dial	U	Deformation		Dial	U
Dial (div)	Δh	Reading	(kg/cm ²)	Dial (div)	Δh	Reading	(kg/cm ²)	Dial (div)	Δh	Reading	(kg/cm ²)
0		0,00	1,40	0		0,00	1,40	0		0	1,4
25		48,00	1,52	25		68,00	1,50	25		76	1,53
50		71,00	1,57	50		81,00	1,57	50		99	1,57
75		96,00	1,58	75		109,00	1,60	75		115	1,6
100		118,00	1,62	100		127,00	1,64	100		137	1,7
125		132,00	1,64	125		139,00	1,66	125		149	1,73
150		137,00	1,65	150		146,00	1,67	150		158	1,74
175		142,00	1,66	175		156,00	1,68	175		172	1,75
200		147,50	1,66	200		160,00	1,69	200		179	1,77
225		148,00	1,67	225		165,00	1,70	225		186	1,78
250		149,50	1,68	250		166,00	1,71	250		190	1,79
275		150,00	1,68	275		168,00	1,73	275		194	1,79
300		152,00	1,69	300		168,00	1,74	300		195	1,79
325		152,50	1,69	325		168,50	1,75	325		195,5	1,79
350		153,50	1,69	350		169,00	1,75	350		196	1,81
375		154,00	1,70	375		169,00	1,77	375		196	1,81
400		154,00	1,70	400		169,50	1,77	400		198	1,82
425		153,80	1,70	425		170,00	1,79	425		199	1,83
450		153,50	1,70	450		171,00	1,79	450		199,5	1,83
475		153,50	1,69	475		171,00	1,79	475		200	1,83
500		153,20	1,69	500		171,00	1,79	500		201	1,83
525		152,50	1,69	525		171,00	1,78	525		200	1,81
550		152,00	1,68	550		170,40	1,78	550		200	1,81
575		152,00	1,68	575		170,40	1,78	575		199,5	1,81
600		152,00	1,68	600		170,20	1,78	600		199,5	1,81
625		152,00	1,68	625		170,00	1,78	625		199	1,8
650		151,50	1,68	650		170,00	1,78	650		199	1,79
675		151,50	1,68	675		170,00	1,77	675		198	1,79
700		151,00	1,68	700		170,00	1,77	700		198	1,79
725		151,00	1,68	725		169,50	1,77	725		198	1,79
750		151,00	1,67	750		169,50	1,77	750		198	1,78
775		151,00	1,67	775		169,00	1,76	775		198	1,78
800		150,00	1,67	800		169,00	1,76	800		198	1,78
825		150,00	1,67	825		169,00	1,75	825		198	1,78
850		150,00	1,67	850		168,00	1,75	850		198	1,77
875		149,50	1,67	875		168,00	1,75	875		197	1,77
900		149,00	1,66	900		168,00	1,75	900		197	1,77
925		149,00	1,66	925		166,00	1,74	925		196	1,77
950		149,00	1,66	950		166,00	1,74	950		196	1,76
975		149,00	1,66	975		165,50	1,74	975		196	1,76
1000		149,00	1,66	1000		165,50	1,74	1000		196	1,76

Date of Test :

Soil Investigation and Foundation Engineering

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Eff. Cell Pressure ($\sigma'3$)	: 1,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure ($\sigma3$)	: 2,40 kg/cm2
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm2
Code	: Tanah Campuran 2 siklus	Without		Consolidated Length	: 7,161 cm
Cell No	: 1	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 9,930 cm2
Date of Test	: 01-Sep-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 69,133 cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress ($\Delta\sigma$)	Principal Stress and Ratio				Critical State Parameters				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ϵ	Factor (1 - ϵ)	Corrected Ao/(1 - ϵ)	Dial Reading 1 div	0.14 kg	Dial Reading u	Dial Reading Δu		Major Tot. ($\sigma1$)	Major Eff. ($\sigma'1$)	Minor Eff. ($\sigma'3$)	Eff. Ratio ($\sigma'1/\sigma'3$)	p $\frac{1}{2}(\sigma1+2\sigma3)$	q ($\sigma1-\sigma3$)	p' $\frac{1}{3}(\sigma1+2\sigma'3)$	ln p ($\sigma1-\sigma3$)	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm2)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	9,930	0,00	0,000	1,40	0	0,000	2,400	1,000	1,00	1,00	2,400	0,000	1,000	0,875
25	0,025	0,349	99,651	9,965	48,00	6,720	1,52	0,12	0,674	3,074	1,554	0,88	1,77	2,625	0,674	1,105	0,965
50	0,050	0,698	99,302	10,000	71,0	9,940	1,57	0,17	0,994	3,394	1,824	0,83	2,20	2,731	0,994	1,161	1,005
75	0,075	1,047	98,953	10,035	96,0	13,440	1,58	0,18	1,339	3,739	2,159	0,82	2,63	2,846	1,339	1,266	1,046
100	0,100	1,396	98,604	10,071	118,0	16,520	1,62	0,22	1,640	4,040	2,420	0,78	3,10	2,947	1,640	1,327	1,081
125	0,125	1,745	98,255	10,107	132,0	18,480	1,64	0,24	1,829	4,229	2,589	0,76	3,41	3,010	1,829	1,370	1,102
150	0,150	2,095	97,905	10,143	137,0	19,180	1,65	0,25	1,891	4,291	2,641	0,75	3,52	3,030	1,891	1,380	1,109
175	0,175	2,444	97,556	10,179	142,0	19,880	1,66	0,26	1,953	4,353	2,693	0,74	3,64	3,051	1,953	1,391	1,115
200	0,200	2,793	97,207	10,215	147,5	20,650	1,66	0,26	2,021	4,421	2,761	0,74	3,73	3,074	2,021	1,414	1,123
225	0,225	3,142	96,858	10,252	148,0	20,720	1,67	0,27	2,021	4,421	2,751	0,73	3,77	3,074	2,021	1,404	1,123
250	0,250	3,491	96,509	10,289	149,5	20,930	1,68	0,28	2,034	4,434	2,754	0,72	3,83	3,078	2,034	1,398	1,124
275	0,275	3,840	96,160	10,327	150,0	21,000	1,68	0,28	2,034	4,434	2,754	0,72	3,82	3,078	2,034	1,398	1,124
300	0,300	4,189	95,811	10,364	152,0	21,280	1,69	0,29	2,053	4,453	2,763	0,71	3,89	3,084	2,053	1,394	1,126
325	0,325	4,538	95,462	10,402	152,5	21,350	1,69	0,29	2,052	4,452	2,762	0,71	3,89	3,084	2,052	1,394	1,126
350	0,350	4,887	95,113	10,440	153,5	21,490	1,69	0,29	2,058	4,458	2,768	0,71	3,90	3,086	2,058	1,396	1,127
375	0,375	5,236	94,764	10,479	154,0	21,560	1,70	0,30	2,057	4,457	2,757	0,70	3,94	3,086	2,057	1,386	1,127
400	0,400	5,586	94,414	10,518	154,0	21,560	1,70	0,30	2,050	4,450	2,750	0,70	3,93	3,083	2,050	1,383	1,126
425	0,425	5,935	94,065	10,557	153,8	21,532	1,70	0,30	2,040	4,440	2,740	0,70	3,91	3,080	2,040	1,380	1,125
450	0,450	6,284	93,716	10,596	153,5	21,490	1,70	0,30	2,028	4,428	2,728	0,70	3,90	3,076	2,028	1,376	1,124
475	0,475	6,633	93,367	10,636	153,5	21,490	1,69	0,29	2,021	4,421	2,731	0,71	3,85	3,074	2,021	1,384	1,123
500	0,500	6,982	93,018	10,676	153,2	21,448	1,69	0,29	2,009	4,409	2,719	0,71	3,83	3,070	2,009	1,380	1,122
525	0,525	7,331	92,669	10,716	152,5	21,350	1,69	0,29	1,992	4,392	2,702	0,71	3,81	3,064	1,992	1,374	1,120
550	0,550	7,680	92,320	10,756	152,0	21,280	1,68	0,28	1,978	4,378	2,698	0,72	3,75	3,059	1,978	1,379	1,118
575	0,575	8,029	91,971	10,797	152,0	21,280	1,68	0,28	1,971	4,371	2,691	0,72	3,74	3,057	1,971	1,377	1,117
600	0,600	8,378	91,622	10,838	152,0	21,280	1,68	0,28	1,963	4,363	2,683	0,72	3,73	3,054	1,963	1,374	1,117
625	0,625	8,727	91,273	10,880	152,0	21,280	1,68	0,28	1,956	4,356	2,676	0,72	3,72	3,052	1,956	1,372	1,116
650	0,650	9,077	90,923	10,921	151,5	21,210	1,68	0,28	1,942	4,342	2,662	0,72	3,70	3,047	1,942	1,367	1,114
675	0,675	9,426	90,574	10,964	151,5	21,210	1,68	0,28	1,935	4,335	2,655	0,72	3,69	3,045	1,935	1,365	1,113
700	0,700	9,775	90,225	11,006	151,0	21,140	1,68	0,28	1,921	4,321	2,641	0,72	3,67	3,040	1,921	1,360	1,112
725	0,725	10,124	89,876	11,049	151,0	21,140	1,68	0,28	1,913	4,313	2,633	0,72	3,66	3,038	1,913	1,358	1,111
750	0,750	10,473	89,527	11,092	151,0	21,140	1,67	0,27	1,906	4,306	2,636	0,73	3,61	3,035	1,906	1,365	1,110
775	0,775	10,822	89,178	11,135	151,0	21,140	1,67	0,27	1,898	4,298	2,628	0,73	3,60	3,033	1,898	1,363	1,109
800	0,800	11,171	88,829	11,179	150,0	21,000	1,67	0,27	1,879	4,279	2,609	0,73	3,57	3,026	1,879	1,356	1,107
825	0,825	11,520	88,480	11,223	150,0	21,000	1,67	0,27	1,871	4,271	2,601	0,73	3,56	3,024	1,871	1,354	1,106
850	0,850	11,869	88,131	11,268	150,0	21,000	1,67	0,27	1,864	4,264	2,594	0,73	3,55	3,021	1,864	1,351	1,106
875	0,875	12,218	87,782	11,312	149,5	20,930	1,67	0,27	1,850	4,250	2,580	0,73	3,53	3,017	1,850	1,347	1,104
900	0,900	12,568	87,432	11,358	149,0	20,860	1,66	0,26	1,837	4,237	2,577	0,74	3,48	3,012	1,837	1,352	1,103
925	0,925	12,917	87,083	11,403	149,0	20,860	1,66	0,26	1,829	4,229	2,569	0,74	3,47	3,010	1,829	1,350	1,102
950	0,950	13,266	86,734	11,449	149,0	20,860	1,66	0,26	1,822	4,222	2,562	0,74	3,46	3,007	1,822	1,347	1,101
975	0,975	13,615	86,385	11,495	149,0	20,860	1,66	0,26	1,815	4,215	2,555	0,74	3,45	3,005	1,815	1,345	1,100
1000	1,000	13,964	86,036	11,542	149,0	20,860	1,66	0,26	1,807	4,207	2,547	0,74	3,44	3,002	1,807	1,342	1,099

Calculation
 Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$) = 205,83 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 169,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ϵ) = 6,982 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress ($\sigma1$) = 445,8 KPa
 Total minor principal stress ($\sigma3$) = 240 KPa
 Effective major principal stress ($\sigma'1$) = 276,8 KPa
 Effective minor principal stress ($\sigma'3$) = 71,0 KPa
 Effective principal stress ratio ($\sigma'1/\sigma'3$) = 3,90

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 2,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure	: 3,40 kg/cm3
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm4
Code	: Campuran 2 siklus	Without		Consolidated Length	: 7,162 cm
Cell No	: 2	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 9,922 cm2
Date of Test	: 01-Sep-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 66,703 cm3

Strain		Area Corrected			Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ε	Factor (100 - ε)	Corrected Ao/(1 - ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress (σ1-σ3)	Major Tot. (σ1)	Major Eff. (σ'1)	Minor Eff. (σ'3)	Eff. Ratio (σ'1/σ'3)	p ½(σ1+σ3)	q ½(σ1-σ3)	p' ½(σ'1+σ'3)	q' ½(σ'1-σ'3)		
(div)	(cm)	(%)	(%)	1 div	0.14 kg	u	Δu	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)		
0	0,000	0,000	100	9,922	0,0	0,000	1,40	0	0,0000	3,400	2,000	2,00	1,00	3,400	0,000	2,000	0,000	
25	0,025	0,349	99,651	9,957	68,0	9,520	1,50	0,10	0,9561	4,356	2,856	1,90	1,50	3,719	0,956	2,219	0,956	
50	0,050	0,698	99,302	9,992	81,0	11,340	1,57	0,17	1,1349	4,535	2,965	1,83	1,62	3,778	1,135	2,208	1,135	
75	0,075	1,047	98,953	10,027	109,0	15,260	1,60	0,20	1,5218	4,922	3,322	1,80	1,85	3,907	1,522	2,307	1,522	
100	0,100	1,396	98,604	10,063	127,0	17,780	1,64	0,24	1,7669	5,167	3,527	1,76	2,00	3,989	1,767	2,349	1,767	
125	0,125	1,745	98,255	10,099	139,0	19,460	1,66	0,26	1,9270	5,327	3,667	1,74	2,11	4,042	1,927	2,382	1,927	
150	0,150	2,095	97,905	10,135	146,0	20,440	1,67	0,27	2,0169	5,417	3,747	1,73	2,17	4,072	2,017	2,402	2,017	
175	0,175	2,444	97,556	10,171	156,0	21,840	1,68	0,28	2,1473	5,547	3,867	1,72	2,25	4,116	2,147	2,436	2,147	
200	0,200	2,793	97,207	10,207	160,0	22,400	1,69	0,29	2,1945	5,594	3,904	1,71	2,28	4,131	2,194	2,441	2,194	
225	0,225	3,142	96,858	10,244	165,0	23,100	1,70	0,30	2,2549	5,655	3,955	1,70	2,33	4,152	2,255	2,452	2,255	
250	0,250	3,491	96,509	10,281	166,0	23,240	1,71	0,31	2,2604	5,660	3,950	1,69	2,34	4,153	2,260	2,443	2,260	
275	0,275	3,840	96,160	10,319	168,0	23,520	1,73	0,33	2,2794	5,679	3,949	1,67	2,36	4,160	2,279	2,430	2,279	
300	0,300	4,189	95,811	10,356	168,0	23,520	1,74	0,34	2,2711	5,671	3,931	1,66	2,37	4,157	2,271	2,417	2,271	
325	0,325	4,538	95,462	10,394	168,5	23,590	1,75	0,35	2,2696	5,670	3,920	1,65	2,38	4,157	2,270	2,407	2,270	
350	0,350	4,887	95,113	10,432	169,0	23,660	1,75	0,35	2,2680	5,668	3,918	1,65	2,37	4,156	2,268	2,406	2,268	
375	0,375	5,236	94,764	10,471	169,0	23,660	1,77	0,37	2,2597	5,660	3,890	1,63	2,39	4,153	2,260	2,383	2,260	
400	0,400	5,585	94,415	10,509	169,5	23,730	1,77	0,37	2,2580	5,658	3,888	1,63	2,39	4,153	2,258	2,383	2,258	
425	0,425	5,934	94,066	10,548	170,0	23,800	1,79	0,39	2,2563	5,656	3,866	1,61	2,40	4,152	2,256	2,362	2,256	
450	0,450	6,284	93,716	10,588	171,0	23,940	1,79	0,39	2,2611	5,661	3,871	1,61	2,40	4,154	2,261	2,364	2,261	
475	0,475	6,633	93,367	10,627	171,0	23,940	1,79	0,39	2,2527	5,653	3,863	1,61	2,40	4,151	2,253	2,361	2,253	
500	0,500	6,982	93,018	10,667	171,0	23,940	1,79	0,39	2,2443	5,644	3,854	1,61	2,39	4,148	2,244	2,358	2,244	
525	0,525	7,331	92,669	10,707	171,0	23,940	1,78	0,38	2,2359	5,636	3,856	1,62	2,38	4,145	2,236	2,365	2,236	
550	0,550	7,680	92,320	10,748	170,4	23,856	1,78	0,38	2,2196	5,620	3,840	1,62	2,37	4,140	2,220	2,360	2,220	
575	0,575	8,029	91,971	10,789	170,4	23,856	1,78	0,38	2,2112	5,611	3,831	1,62	2,36	4,137	2,211	2,357	2,211	
600	0,600	8,378	91,622	10,830	170,2	23,828	1,78	0,38	2,2003	5,600	3,820	1,62	2,36	4,133	2,200	2,353	2,200	
625	0,625	8,727	91,273	10,871	170,0	23,800	1,78	0,38	2,1893	5,589	3,809	1,62	2,35	4,130	2,189	2,350	2,189	
650	0,650	9,076	90,924	10,913	170,0	23,800	1,78	0,38	2,1809	5,581	3,801	1,62	2,35	4,127	2,181	2,347	2,181	
675	0,675	9,425	90,575	10,955	170,0	23,800	1,77	0,37	2,1725	5,573	3,803	1,63	2,33	4,124	2,173	2,354	2,173	
700	0,700	9,774	90,226	10,997	170,0	23,800	1,77	0,37	2,1642	5,564	3,794	1,63	2,33	4,121	2,164	2,351	2,164	
725	0,725	10,124	89,876	11,040	169,5	23,730	1,77	0,37	2,1495	5,549	3,779	1,63	2,32	4,116	2,149	2,346	2,149	
750	0,750	10,473	89,527	11,083	169,5	23,730	1,77	0,37	2,1411	5,541	3,771	1,63	2,31	4,114	2,141	2,344	2,141	
775	0,775	10,822	89,178	11,126	169,0	23,660	1,76	0,36	2,1265	5,526	3,766	1,64	2,30	4,109	2,126	2,349	2,126	
800	0,800	11,171	88,829	11,170	169,0	23,660	1,76	0,36	2,1181	5,518	3,758	1,64	2,29	4,106	2,118	2,346	2,118	
825	0,825	11,520	88,480	11,214	169,0	23,660	1,75	0,35	2,1098	5,510	3,760	1,65	2,28	4,103	2,110	2,353	2,110	
850	0,850	11,869	88,131	11,259	168,0	23,520	1,75	0,35	2,0891	5,489	3,739	1,65	2,27	4,096	2,089	2,346	2,089	
875	0,875	12,218	87,782	11,303	168,0	23,520	1,75	0,35	2,0808	5,481	3,731	1,65	2,26	4,094	2,081	2,344	2,081	
900	0,900	12,567	87,433	11,349	168,0	23,520	1,75	0,35	2,0725	5,473	3,723	1,65	2,26	4,091	2,073	2,341	2,073	
925	0,925	12,916	87,084	11,394	166,0	23,240	1,74	0,34	2,0397	5,440	3,700	1,66	2,23	4,080	2,040	2,340	2,040	
950	0,950	13,265	86,735	11,440	166,0	23,240	1,74	0,34	2,0315	5,431	3,691	1,66	2,22	4,077	2,031	2,337	2,031	
975	0,975	13,614	86,386	11,486	165,5	23,170	1,74	0,34	2,0172	5,417	3,677	1,66	2,22	4,072	2,017	2,332	2,017	
1000	1,000	13,964	86,036	11,533	165,5	23,170	1,74	0,34	2,0091	5,409	3,669	1,66	2,21	4,070	2,009	2,330	2,009	

Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 227,94 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 177,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 5,236 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 567,9 KPa
 Total minor principal stress (σ3) = 340 KPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 390,9 KPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 163,0 KPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 2,40

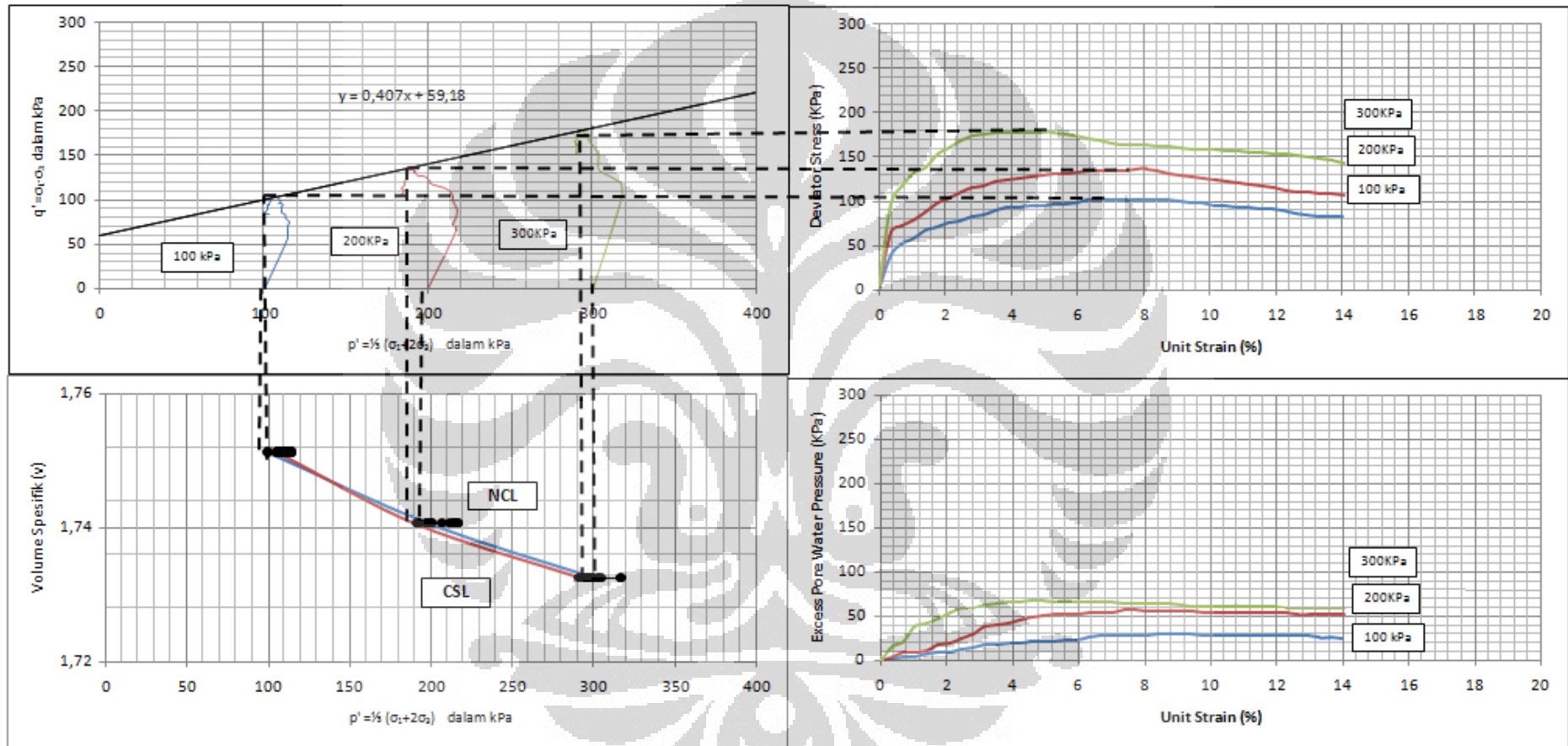
Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 3,00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Vandemora	Cell Pressure	: 4,40 kg/cm3
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1,40 kg/cm4
Code	: Campuran 2 siklus	Without		Consolidated Length	: 7,161 cm
Cell No	: 3	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 9,922 cm2
Date of Test	: 02-Sep-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 66,003 cm3

Strain		Area Corrected			Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm		Unit Strain ε	Factor (100 - ε)	Corrected Ao/(1 - ε)	Dial Reading		Dial Reading		Stress (σ1-σ3)	Major Tot. (σ1)	Major Eff. (σ'1)	Minor Eff. (σ'3)	Eff. Ratio (σ'1/σ'3)	p ½(σ1+σ3)	q ½(σ1-σ3)	p' ½(σ'1+σ'3)	q' ½(σ'1-σ'3)	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm2)	1 div (div)	0.14 kg (kg)	u (kg/cm2)	Δu (kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	9,922	0,0	0,000	1,40	0	0,0000	4,400	3,000	3,00	1,00	4,400	0,000	3,000	0,000	
25	0,025	0,349	99,651	9,956	76,0	10,640	1,53	0,13	1,0687	5,469	3,939	2,87	1,37	4,756	1,069	3,226	1,069	
50	0,050	0,698	99,302	9,991	99,0	13,860	1,57	0,17	1,3872	5,787	4,217	2,83	1,49	4,862	1,387	3,292	1,387	
75	0,075	1,047	98,953	10,027	115,0	16,100	1,60	0,20	1,6057	6,006	4,406	2,80	1,57	4,935	1,606	3,335	1,606	
100	0,100	1,396	98,604	10,062	137,0	19,180	1,70	0,30	1,9061	6,306	4,606	2,70	1,71	5,035	1,906	3,335	1,906	
125	0,125	1,745	98,255	10,098	149,0	20,860	1,73	0,33	2,0658	6,466	4,736	2,67	1,77	5,089	2,066	3,359	2,066	
150	0,150	2,095	97,905	10,134	158,0	22,120	1,74	0,34	2,1828	6,583	4,843	2,66	1,82	5,128	2,183	3,388	2,183	
175	0,175	2,444	97,556	10,170	172,0	24,080	1,75	0,35	2,3677	6,768	5,018	2,65	1,89	5,189	2,368	3,439	2,368	
200	0,200	2,793	97,207	10,207	179,0	25,060	1,77	0,37	2,4552	6,855	5,085	2,63	1,93	5,218	2,455	3,448	2,455	
225	0,225	3,142	96,858	10,244	186,0	26,040	1,78	0,38	2,5421	6,942	5,162	2,62	1,97	5,247	2,542	3,467	2,542	
250	0,250	3,491	96,509	10,281	190,0	26,600	1,79	0,39	2,5874	6,987	5,197	2,61	1,99	5,262	2,587	3,472	2,587	
275	0,275	3,840	96,160	10,318	194,0	27,160	1,79	0,39	2,6323	7,032	5,242	2,61	2,01	5,277	2,632	3,487	2,632	
300	0,300	4,189	95,811	10,355	195,0	27,300	1,79	0,39	2,6363	7,036	5,246	2,61	2,01	5,279	2,636	3,489	2,636	
325	0,325	4,538	95,462	10,393	195,5	27,370	1,79	0,39	2,6334	7,033	5,243	2,61	2,01	5,278	2,633	3,488	2,633	
350	0,350	4,887	95,113	10,432	196,0	27,440	1,81	0,41	2,6305	7,030	5,220	2,59	2,02	5,277	2,630	3,467	2,630	
375	0,375	5,236	94,764	10,470	196,0	27,440	1,81	0,41	2,6208	7,021	5,211	2,59	2,01	5,274	2,621	3,464	2,621	
400	0,400	5,586	94,414	10,509	198,0	27,720	1,82	0,42	2,6378	7,038	5,218	2,58	2,02	5,279	2,638	3,459	2,638	
425	0,425	5,935	94,065	10,548	199,0	27,860	1,83	0,43	2,6413	7,041	5,211	2,57	2,03	5,280	2,641	3,450	2,641	
450	0,450	6,284	93,716	10,587	199,5	27,930	1,83	0,43	2,6382	7,038	5,208	2,57	2,03	5,279	2,638	3,449	2,638	
475	0,475	6,633	93,367	10,627	200,0	28,000	1,83	0,43	2,6349	7,035	5,205	2,57	2,03	5,278	2,635	3,448	2,635	
500	0,500	6,982	93,018	10,666	201,0	28,140	1,83	0,43	2,6382	7,038	5,208	2,57	2,03	5,279	2,638	3,449	2,638	
525	0,525	7,331	92,669	10,707	200,0	28,000	1,81	0,41	2,6152	7,015	5,205	2,59	2,01	5,272	2,615	3,462	2,615	
550	0,550	7,680	92,320	10,747	200,0	28,000	1,81	0,41	2,6054	7,005	5,195	2,59	2,01	5,268	2,605	3,458	2,605	
575	0,575	8,029	91,971	10,788	200,0	28,000	1,81	0,41	2,5955	6,996	5,186	2,59	2,00	5,265	2,596	3,455	2,596	
600	0,600	8,378	91,622	10,829	199,5	27,930	1,81	0,41	2,5792	6,979	5,169	2,59	2,00	5,260	2,579	3,450	2,579	
625	0,625	8,727	91,273	10,870	199,0	27,860	1,80	0,40	2,5629	6,963	5,163	2,60	1,99	5,254	2,563	3,454	2,563	
650	0,650	9,077	90,923	10,912	199,0	27,860	1,79	0,39	2,5531	6,953	5,163	2,61	1,98	5,251	2,553	3,461	2,553	
675	0,675	9,426	90,574	10,954	198,0	27,720	1,79	0,39	2,5305	6,931	5,141	2,61	1,97	5,244	2,531	3,454	2,531	
700	0,700	9,775	90,225	10,997	198,0	27,720	1,79	0,39	2,5208	6,921	5,131	2,61	1,97	5,240	2,521	3,450	2,521	
725	0,725	10,124	89,876	11,039	198,0	27,720	1,79	0,39	2,5110	6,911	5,121	2,61	1,96	5,237	2,511	3,447	2,511	
750	0,750	10,473	89,527	11,082	198,0	27,720	1,78	0,38	2,5013	6,901	5,121	2,62	1,95	5,234	2,501	3,454	2,501	
775	0,775	10,822	89,178	11,126	198,0	27,720	1,78	0,38	2,4915	6,892	5,112	2,62	1,95	5,231	2,492	3,451	2,492	
800	0,800	11,171	88,829	11,169	198,0	27,720	1,78	0,38	2,4818	6,882	5,102	2,62	1,95	5,227	2,482	3,447	2,482	
825	0,825	11,520	88,480	11,214	198,0	27,720	1,78	0,38	2,4720	6,872	5,092	2,62	1,94	5,224	2,472	3,444	2,472	
850	0,850	11,869	88,131	11,258	198,0	27,720	1,77	0,37	2,4623	6,862	5,092	2,63	1,94	5,221	2,462	3,451	2,462	
875	0,875	12,218	87,782	11,303	198,0	27,720	1,77	0,37	2,4525	6,853	5,083	2,63	1,93	5,218	2,453	3,448	2,453	
900	0,900	12,568	87,432	11,348	197,0	27,580	1,77	0,37	2,4304	6,830	5,060	2,63	1,92	5,210	2,430	3,440	2,430	
925	0,925	12,917	87,083	11,393	196,0	27,440	1,77	0,37	2,4084	6,808	5,038	2,63	1,92	5,203	2,408	3,433	2,408	
950	0,950	13,266	86,734	11,439	196,0	27,440	1,76	0,36	2,3988	6,799	5,039	2,64	1,91	5,200	2,399	3,440	2,399	
975	0,975	13,615	86,385	11,485	196,0	27,440	1,76	0,36	2,3891	6,789	5,029	2,64	1,90	5,196	2,389	3,436	2,389	
1000	1,000	13,964	86,036	11,532	196,0	27,440	1,76	0,36	2,3795	6,779	5,019	2,64	1,90	5,193	2,379	3,433	2,379	

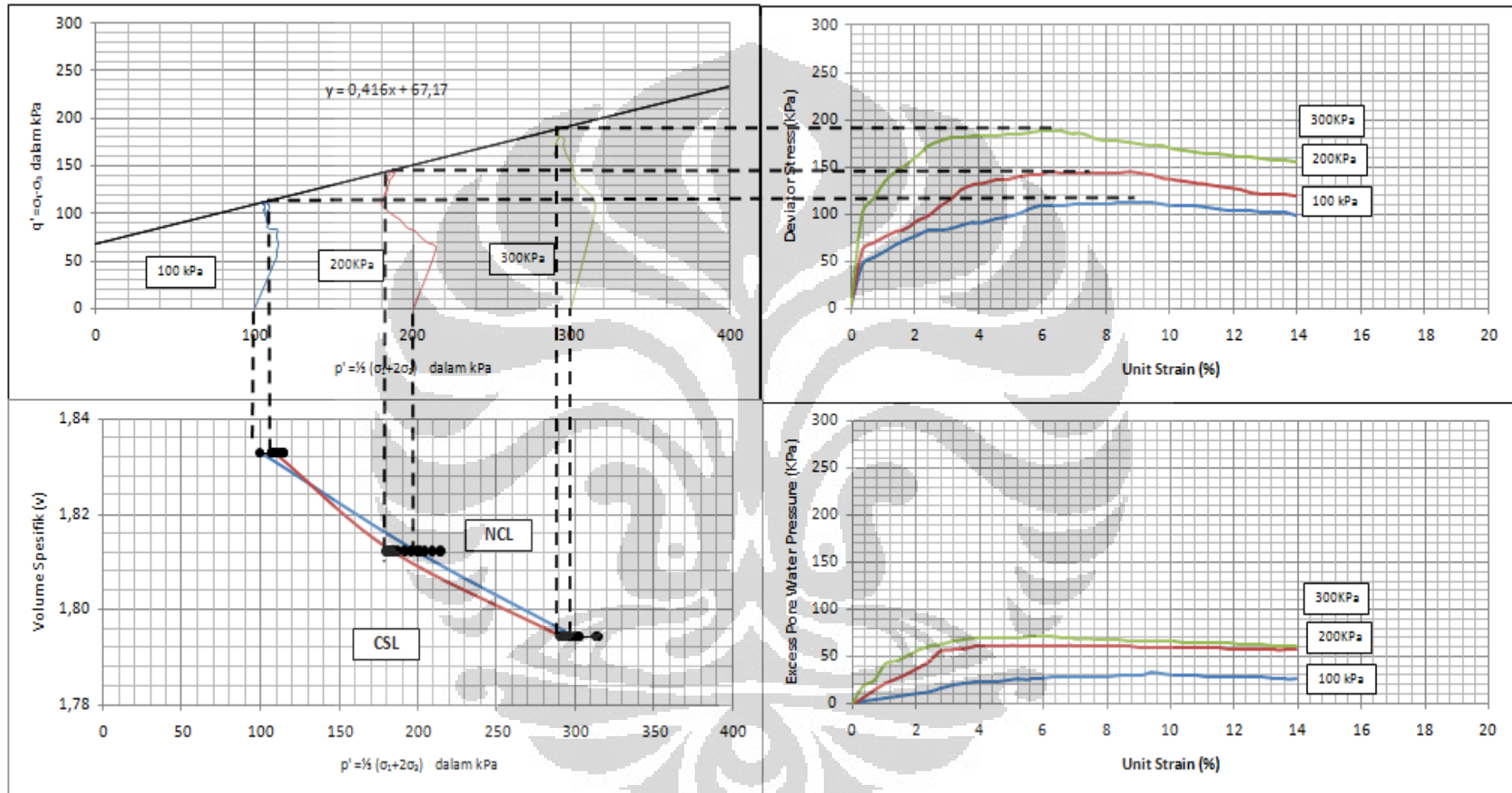
Calculation
 Maximum deviator stress (Δσ) = 264,13 KPa
 Pore pressure at max. dev. stress (u) = 179,00 KPa
 Strain at max. dev. stress (ε) = 4,538 %

Principal Stresses at maximum deviator stress
 Total major principal stress (σ1) = 704,1 KPa
 Total minor principal stress (σ3) = 440 KPa
 Effective major principal stress (σ'1) = 525,1 KPa
 Effective minor principal stress (σ'3) = 261,0 KPa
 Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3) = 2,01

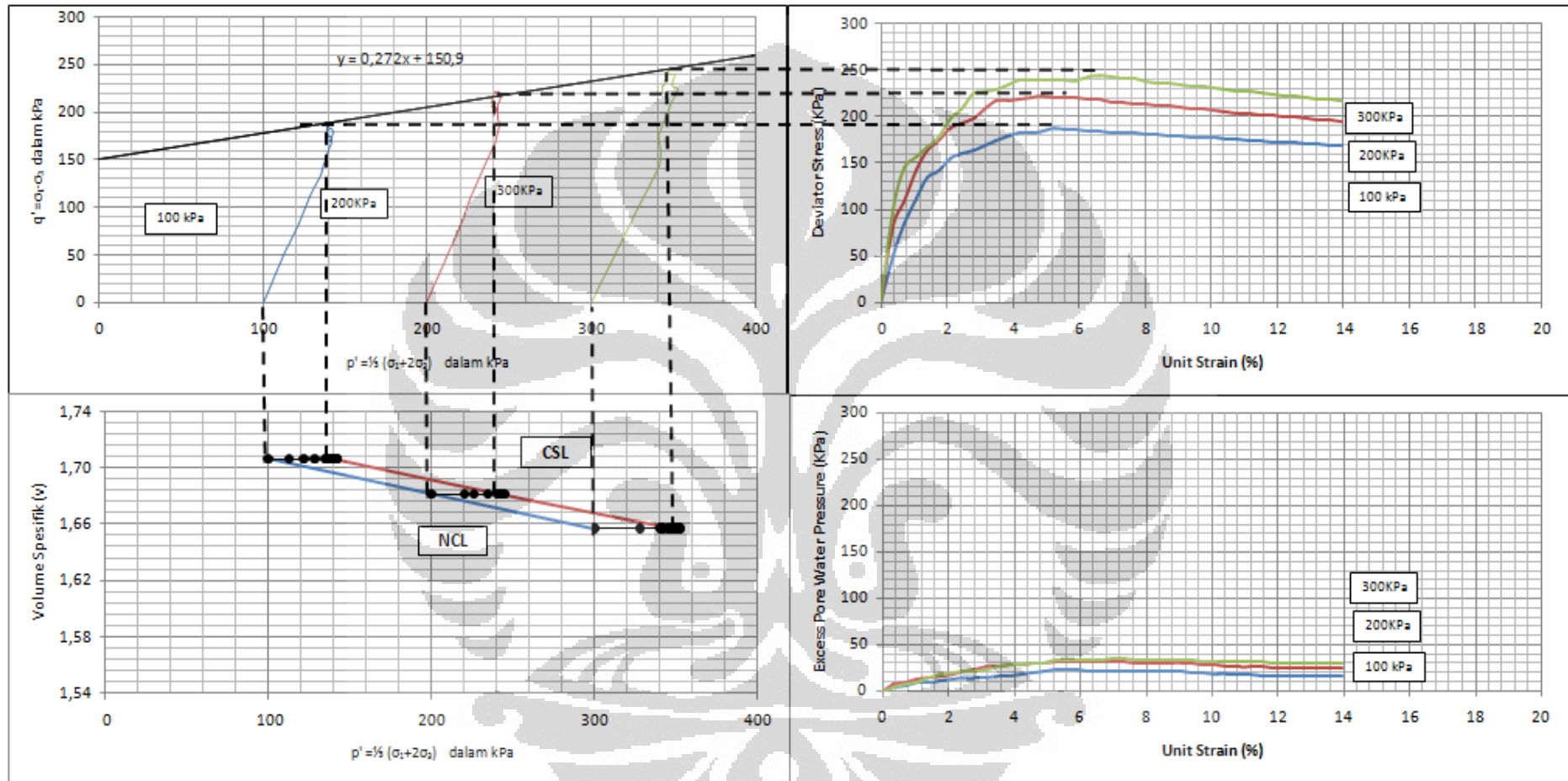
Plot Grafik Triaksial CU Tanah Asli 1 kali siklus



Plot Grafik Triaksial CU Tanah Asli 2 kali siklus



Plot Grafik Triaksial CU Tanah Campuran Semen dan Pasir 1 kali siklus



Plot Grafik Triaksial CU Tanah Campuran Semen dan Pasir 2 kali siklus

