



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENCAMPURAN PASIR DAN SEMEN
TERHADAP KEKUATAN GESER TANAH EKSPANSIF
MELALUI UJI TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI
TAK TERDRAINASI**

SKRIPSI

ZAKI ABDULGHANI

0606072856

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENCAMPURAN PASIR DAN SEMEN
TERHADAP KEKUATAN GESER TANAH EKSPANSIF
MELALUI UJI TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI
TAK TERDRAINASI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ZAKI ABDULGHANI

0606072856

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITY OF INDONESIA

**EFFECT OF MIXING SAND AND CEMENT ON SHEAR
STRENGTH OF EXPANSIVE SOIL THROUGH TRIAXIAL
CONSOLIDATED UNDRAINED TEST**

FINAL REPORT

**Submitted as one of the requirements needed to obtain the Engineer
Bachelor Degree**

**ZAKI ABDULGHANI
0606072856**

**FACULTY OF ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JULY 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Zaki Abdulghani

NPM : 0606072856

Tanda Tangan :

Tanggal : 08 Juli 2010

PAGE OF ORIGINALITY PRONOUNCEMENT

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

Name : Zaki Abdulghani

NPM : 0606072856

Signature :

Date : July 08th, 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Zaki Abdulghani

NPM : 0606072856

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Pencampuran Pasir dan Semen Terhadap Kekuatan Geser Tanah Ekspansif 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, M.T. (.....)

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

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

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 08 Juli 2010

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report is submitted by :

Name : Zaki Abdulghani

NPM : 0606072856

Study Program : Civil Engineering

Title of Final Report : Effect of Mixing Sand And Cement on Shear Strength of
Expansive Soil Through Triaxial Consolidated Undrained
Test

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

COUNCIL EXAMINERS

Counselor : Dr. Ir. Wiwik Rahayu M.T (.....)

Examiner : Ir. Widjojo Adi Prakoso M.Sc.,Ph.D (.....)

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

Approved at : Departement of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
University of Indonesia, Depok.

Tanggal : July 08th, 2010

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Wiwik Rahayu, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga serta mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi hingga selesai.
2. Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc yang telah memberikan masukan-masukan yang berharga dalam penyusunan skripsi ini.
3. Kedua orang tua, adik-adik, kakak, dan pacar saya yang telah memberikan dukungan berupa semangat, doa maupun material.
4. Prima TP, Pudia P, Denny L, Vandemora, Daden N, dan Faiza F sebagai teman seperjuangan yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi, khususnya saat melakukan penelitian di laboratorium.
5. Teman-teman Departemen Teknik Sipil UI angkatan 2006 (khususnya peminatan Geoteknik) yang selama ini saling memberikan dukungan satu sama lain
6. Laboran-laboran Laboratorium Mekanika Tanah yang telah banyak membantu saya dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium.
7. Staf-staf Departemen Teknik Sipil UI yang telah membantu dan mempermudah saya dalam urusan administrasi dan akademis.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa mencurahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Amin.

Depok, 08 Juli 2010

Penulis

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

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

Nama : Zaki Abdulghani
NPM : 0606072856
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 PENCAMPURAN PASIR DAN SEMEN TERHADAP
KEKUATAN GESER TANAH EKSPANSIF 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 : 08 Juli 2010

Yang menyatakan

Zaki Abdulghani

ABSTRAK

Nama : Zaki Abdulghani
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Pencampuran Pasir dan Semen Terhadap Kekuatan Geser Tanah Ekspansif Melalui Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi

Kuat geser tanah ekspansif merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam perancangan pondasi atau *subgrade* pembangunan jalan sehingga penggunaan pasir dan semen sebagai bahan stabilisasi diharapkan dapat meningkatkan kekuatan geser tanah ekspansif. Dalam tugas akhir ini, metode penelitian yang digunakan adalah pengambilan sampel tanah terganggu di daerah Cikarang, Jawa Barat yang dicampur dan tidak dicampur dengan pasir dan semen yang kemudian dipadatkan kembali pada kadar air optimum sebelum pengujian triaksial *consolidated undrained*. Efek dari penambahan bahan stabilisasi diamati dari grafik hubungan tegangan deviator-tegangan efektif; tegangan deviator-regangan; perubahan tekanan air pori-regangan; dan volume spesifik-tegangan efektif kemudian akan dibandingkan hasilnya antara kedua kondisi. Penambahan bahan stabilisasi membuat kekuatan geser tanah ekspansif menjadi cenderung meningkat karena semen membuat ikatan antar partikel tanah semakin menguat dan pasir membuat tanah menjadi semakin padat.

Kata kunci: Tanah Ekspansif, Pasir, Semen, Kekuatan Geser, Triaksial *Consolidated Undrained*

ABSTRACT

Name : Zaki Abdulghani
Study Program : Civil Engineering
Judul : Effect of Mixing Sand and Cement on Shear Strength of Expansive Soil Through Triaxial Consolidated Undrained Test

The shear strength of expansive soil is one of the factor that important to know in foundation engineering and road construction subgrade, then using sand and cement as a stabilization material is hopefully can improve the shear strength of expansive soil. In this final assignment, method of research used disturbed soil sample from Cikarang, Jawa Barat that will be mixing and not mixing with sand and cement that compacted in the optimum water content condition before triaxial CU test. Effect of stabilization matter will be shown in the graphics relation between deviatory stress-effective stress; deviatory stress-strain; excess pore water pressure-strain; and specific volume- effective stress, finally the result for each condition will be compared. Stabilization matter addition make increasing on shear strength of expansive soil because cement make the bond between soil particle become stronger and sand make the soil become denser.

Kata kunci: Expansive Soil, Sand, Cement, Shear Strength, Triaxial CU

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL (BAHASA INDONESIA)	i
HALAMAN JUDUL (BAHASA INGGRIS)	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS (BAHASA INDONESIA) ...	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS (BAHASA INGGRIS)	iv
HALAMAN PENGESAHAN (BAHASA INDONESIA)	v
HALAMAN PENGESAHAN (BAHASA INGGRIS)	vi
KATA PENGANTAR	vii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Metode Penelitian	2
1.5 Sistematika Penelitian.....	3
BAB II STUDI LITERATUR	4
2.1 Tanah Lempung Ekspansif	4
2.1.1 Umum	4
2.1.2 Pengertian Lempung Ekspansif	4
2.1.3 Permasalahan yang Ditimbulkan Tanah Lempung Ekspansif	5
2.1.4 Identifikasi Tanah Ekspansif	7
2.2 Stabilisasi Tanah.....	11
2.2.1 Umum	11

2.2.2 Bahan-Bahan Stabilisasi Tanah	11
2.2.3 Studi Tentang Stabilisasi Tanah dengan Menggunakan Pasir dan Semen	13
2.3 Penentuan Parameter Kuat Geser Tanah Melalui Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi	18
2.3.1 Umum	18
2.3.2 Uji Kuat Geser Tanah dengan Alat Triaksial	19
2.3.3 Kriteria Keruntuhan Mohr Coloumb	22
2.3.4 Konsep Kondisi Kritis	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Kegiatan Penelitian	29
3.1.1 Penjelasan Uji Laboratorium	30
3.1.2 Bahan – Bahan Pengujian	32
3.2 Prosedur Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah	35
3.3 Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi	41
3.3.1 Maksud dan Tujuan Pengujian	41
3.3.2 Pemasangan Contoh Tanah dan Tahap Persiapan	41
3.3.3 Tahapan dalam Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi	43
BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL UJI LABORATORIUM	46
4.1 Hasil dan Analisa Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung Asli	46
4.2 Hasil dan Analisa Pengujian Sifat Fisis Tanah Lempung Ekspansif yang Telah Dicampur Bahan Stabilisasi	49
4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Unconfined Compression Strength	55
4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi	58
4.4.1 Tanah Ekspansif Tanpa Campuran	58
4.4.2 Tanah Ekspansif dengan Campuran Semen dan Pasir	62
4.5 Analisa Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Hasil Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi	66
4.5.1 Perilaku Tanah Ekspansif Akibat Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Tegangan Deviator dan Perubahan Tekanan Air Pori	66

4.5.2 Perilaku Tanah Ekspansif Akibat Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Parameter Kekuatan Geser	68
4.5.3 Perilaku Tanah Ekspansif Akibat Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Parameter λ , N, dan Γ	69
BAB V PENUTUP	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	73
DAFTAR REFERENSI	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Persebaran Tanah Ekspansif di Pulau Jawa.....	5
Gambar 2.2.	Kerusakan Jalan di Atas Tanah Ekspansif.....	6
Gambar 2.3.	Grafik Identifikasi Van der Merwe (1964).....	8
Gambar 2.4.	Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan (Seed et.al. 1962)	10
Gambar 2.5.	Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batas Cair	14
Gambar 2.6.	Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batas Plastis.....	14
Gambar 2.7.	Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Sudut Geser.....	15
Gambar 2.8.	Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Kohesi	15
Gambar 2.9.	Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Koefisien Pemampatan (Cv)	16
Gambar 2.10.	Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Indeks Pemampatan (Cc)	16
Gambar 2.11.	Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg dengan Kadar Semen 3%.....	17
Gambar 2.12.	Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg dengan Kadar Semen 6% ...	17
Gambar 2.13.	Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg dengan Kadar Semen 6% ...	18
Gambar 2.14.	Pengaruh Campuran Semen Terhadap Kohesi	18
Gambar 2.15.	Kondisi tegangan pada uji triaksial kondisi terkonsolidasi tak terdrainasi (CU Test).....	21
Gambar 2.16.	Kondisi Tegangan pada Keadaan Runtuh.....	22
Gambar 2.17.	Lintasan Tegangan atau Stress Path.....	23
Gambar 2.18.	Bentuk lintasan tegangan untuk tes triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (CU) pada lempung terkonsolidasi normal.....	24
Gambar 2.19.	Bentuk lintasan tegangan untuk tes triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (CU) pada lempung terkonsolidasi berlebihan/overconsolidated.....	24
Gambar 2.20.	Lintasan Tegangan Efektif pada Lempung Terkonsolidasi Normal.....	25
Gambar 2.21.	Kurva Konsolidasi pada Lempung Terkonsolidasi Normal.....	26
Gambar 2.22.	Proyeksi Critical State Line Bidang v-p' pada bidang v-ln (p')....	27
Gambar 2.23.	Prediksi Ilustrasi Hasil dari Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi untuk Normailly Consolidated Soil.....	27

Gambar 2.24. Prediksi Ilustrasi Hasil dari Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi untuk Heavily Consolidated Soil.....	28
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 4.1 Derajat Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Berdasarkan Kriteria Seed (1962).....	48
Gambar 4.2 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai Berat Spesifik.....	49
Gambar 4.3 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai <i>Liquid Limit</i>	50
Gambar 4.4 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai <i>Plastic Limit</i>	51
Gambar 4.5 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai <i>Plasticity Index</i>	51
Gambar 4.6 Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Derajat Pengembangan Tanah Ekspansif Berdasarkan Kriteria Seed (1962).....	53
Gambar 4.7 Efek Bahan Stabilisasi Terhadap Hasil Pengujian <i>Standard Proctor</i>	54
Gambar 4.8. Grafik <i>Stress vs Strain</i> dengan Uji UCT pada Kondisi Masa Pemeraman yang Berbeda.....	56
Gambar 4.9. Pengaruh Masa Pemeraman Terhadap Kekuatan Contoh Benda Uji.....	57
Gambar 4.10. Contoh Benda Uji Pada Saat Pengujian Kuat Tekan.....	57
Gambar 4.11. Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Ekspansif Tanpa Campuran.....	59
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Tanpa Campuran.....	59
Gambar 4.13. Grafik Regangan (ϵ) Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Ekspansif Tanpa Campuran.....	59
Gambar 4.14. Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Ekspansif Tanpa Campuran.....	60
Gambar 4.15. Sampel Tanah Ekspansif Asli Setelah Proses Kompresi.....	62
Gambar 4.16. Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Ekspansif Dengan Campuran.....	63
Gambar 4.17. Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Dengan Campuran.....	64

Gambar 4.18. Grafik Regangan Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Ekspansif Dengan Campuran.....	64
Gambar 4.19. Grafik Hubungan $\ln(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Ekspansif Dengan Campuran.....	64
Gambar 4.20. Sampel Tanah Ekspansif Dengan Campuran Setelah Proses Kompresi.....	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tabel Korelasi Indeks Uji dengan Tingkat Pengembangan.....	8
Tabel 2.2.	Tabel Korelasi Indeks Plastisitas dengan Tingkat Pengembangan ..	9
Tabel 2.3.	Tabel Nilai Aktivitas dengan Poensi Pengembangan	9
Tabel 2.4.	Hubungan antara Jenis Mineral dengan Tingkat Keaktifan... ..	11
Tabel 3.1.	Kandungan Kimia Semen Portland Tipe I	32
Tabel 4.1	Hasil Uji Sifat Fisis Tanah Asli	46
Tabel 4.2	Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Batas-Batas Atterberg	50
Tabel 4.2	Pengaruh Bahan Sabilisasi Terhadap Nilai Berat Kering Maksimum	53
Tabel 4.3	Pengaruh Masa Pemeraman Terhadap Nilai q_u	56
Tabel 4.4.	Hasil Proses Saturasi Pada Tanah Ekspansif Tanpa Campuran	58
Tabel 4.5.	Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Ekspansif Tanpa Campuran	61
Tabel 4.6.	Hasil Proses Saturasi Pada Tanah Ekspansif dengan Campuran	63
Tabel 4.7.	Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Ekspansif Dengan Campuran	65
Tabel 4.8.	Perbandingan Tegangan Deviator dan Tekanan Air Pori Tanah Ekspansif Tanpa Campuran dan Dengan Campuran	67
Tabel 4.9.	Perbandingan Parameter Kekuatan Geser Tanah Ekspansif Tanpa Campuran dan Dengan Campuran	68
Tabel 4.10	Perbandingan Parameter λ , N , dan Γ Tanah Ekspansif Tanpa Campuran dan Dengan Campuran	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Hasil Pengujian Laboratorium Tanah Ekspansif Tanpa Campuran Bahan Stabilisasi	76
Lampiran B Hasil Pengujian Laboratorium Sifat Fisik Tanah Ekspansif Dengan Campuran Bahan Stabilisasi	87
Lampiran C Hasil Pengujian Unconfined Compression Strength Tanah Ekspansif Dengan Campuran Bahan Stabilisasi	99
Lampiran D Hasil Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi Tanah Ekspansif Tanpa Dan Dengan Campuran Bahan Stabilisasi	106
Lampiran E Hasil Pengujian X-Ray Fluorescence dan X-Ray Diffraction	125



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan komponen yang harus benar-benar diperhatikan dalam perencanaan bangunan yang akan dibangun karena pada tanahlah bangunan-bangunan ini sepenuhnya menumpu. Kondisi tanah di Indonesia sangat beragam, mulai dari yang memberikan daya dukung yang baik sampai yang buruk. Karena keanekaragaman ini, maka penyelidikan tanah harus dilakukan. Salah satu jenis tanah mempunyai karakteristik yang khusus adalah tanah lempung ekspansif.

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah jenis lempung yang sering menimbulkan masalah bila digunakan sebagai tanah dasar pembangunan suatu bangunan sipil maupun sebagai lapisan dasar jalan disebabkan karakteristiknya yang khusus. Kerusakan yang diakibatkan oleh tanah ekspansif sedikit berbeda bila dibandingkan dengan kerusakan yang diakibatkan oleh bencana alam dalam hal tidak bersifat mendadak, karena waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya kerusakan cukup lama, sebagai akibatnya tanah ekspansif ini sering terlupakan dalam disain. Karena itu, 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.

Pada penelitian ini, stabilisasi tanah lempung ekspansif digunakan bahan kimia semen portland dan bahan tambahan pasir. Pemakaian bahan kimia semen sudah banyak dipakai untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang tidak menguntungkan. Sedangkan pemakaian pasir dimaksudkan untuk memanfaatkan gaya-gaya gesekan butiran-butiran yang dapat membentuk ikatan dengan mineral lempung.

Pengujian untuk mengetahui kekuatan geser pada tanah ekspansif adalah dengan uji triaksial terkosolidasi tak terdrainasi. Uji triaksial merupakan uji kekuatan geser yang paling sering digunakan, karena cocok untuk semua jenis tanah. Keuntungannya adalah bahwa pengaliran dapat dikontrol dan tekanan air pori dapat diukur. Uji triaksial terkosolidasi tak terdrainasi dilakukan dengan

cara memberikan tegangan normal pada sampel tanah yang diuji, sementara air pori masih diperbolehkan mengalir sampai terjadi konsolidasi, dimana sudah tidak lagi terjadi perubahan volume pada sampel uji. Kemudian jalan air ditutup dan sampel diberikan tegangan geser secara tertutup (undrained), sementara tegangan normal masih bekerja.

Penelitian di Indonesia mengenai pengaruh penambahan bahan stabilisasi semen dan pasir terhadap kekuatan geser tanah ekspansif masih sangat jarang dilakukan. Di dalam penelitian yang sudah ada peninjauan terhadap kekuatan geser tanah ekspansif masih hanya dilakukan sampai dengan menggunakan uji triaksial unconsolidated undrained ataupun uji direct shear, sangat jarang peninjauan kekuatan geser tanah ekspansif dilakukan dengan uji triaksial consolidated undrained. Selain itu, walaupun bahan stabilisasi berupa semen sudah banyak digunakan, namun yang membedakan penelitian ini adalah adanya penambahan bahan stabilisasi lain berupa pasir.

1.2 Tujuan Penelitian

Penulisan makalah ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan bahan-bahan stabilisasi tanah yaitu pasir dan semen terhadap kekuatan geser tanah ekspansif melalui uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah membandingkan kekuatan geser tanah ekspansif dalam kondisi normal dan dalam kondisi dicampur semen-pasir dengan uji laboratorium Pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Uji laboratorium yang dilakukan adalah uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi. Tanah uji diambil dari Perumahan Eucalyptuss, Lippo Cikarang, Jawa Barat.

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 Sistematika Penulisan

a. Bab I : Pendahuluan

Menguraikan hal-hal umum yang menjadi latar belakang penelitian ini. Selain itu, dijelaskan juga mengenai tujuan, ruang lingkup, metode penelitian dan juga sistematika penulisan.

b. Bab II : Studi Literatur

Berupa pembahasan mengenai konsep dasar dan teori tanah ekspansif, material semen dan pasir, serta deskripsi mengenai uji triaksial yterkonsolidasi tak terdrainasi.

c. Bab III : Metodologi Penelitian

Menguraikan metode-metode yang berhubungan dengan alur penelitian untuk memperoleh tujuan yang dicapai berdasarkan metodologi penelitian yang telah ditetapkan.

d. Bab IV : Hasil dan Analisa

Menguraikan tentang data dan analisa hasil penelitian berdasarkan penelitian yang ditetapkan dan pelaksanaan penelitian yang dilakukan.

e. Bab V : Kesimpulan

Menguraikan tentang kesimpulan dan saran mengenai data dan analisa hasil penelitian yang telah didapat.

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1. Tanah Lempung Ekspansif

2.1.1. Umum

Istilah tanah bagi para insinyur sipil adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antarpartikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Sedangkan menurut Wesley (1972), istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dipakai untuk mencakup semua beban berupa lempung, pasir, kerikil, dan batu – batuan besar. Sehingga dari sudut pandang teknik, tanah dapat diklasifikasikan menjadi kerikil, pasir, lanau, lempung dan koloid.

Lempung mempunyai butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian tersebut melekat satu sama lain. Sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk tanah itu diubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan.

Lempung juga disebut tanah kohesif. Dalam kondisi kering, lempung akan mempunyai kekuatan yang besar. Namun kekuatan itu akan mudah berkurang jika lempung tersebut bercampur dengan air yang cukup banyak. Craig (1974) dan Bowles (1986) menggambarkan lempung sebagai kumpulan partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas tinggi, yang pada waktu mengering membentuk suatu massa yang bersatu sedemikian rupa sehingga diperlukan gaya yang cukup besar untuk memisahkan setiap butiran mikroskopisnya.

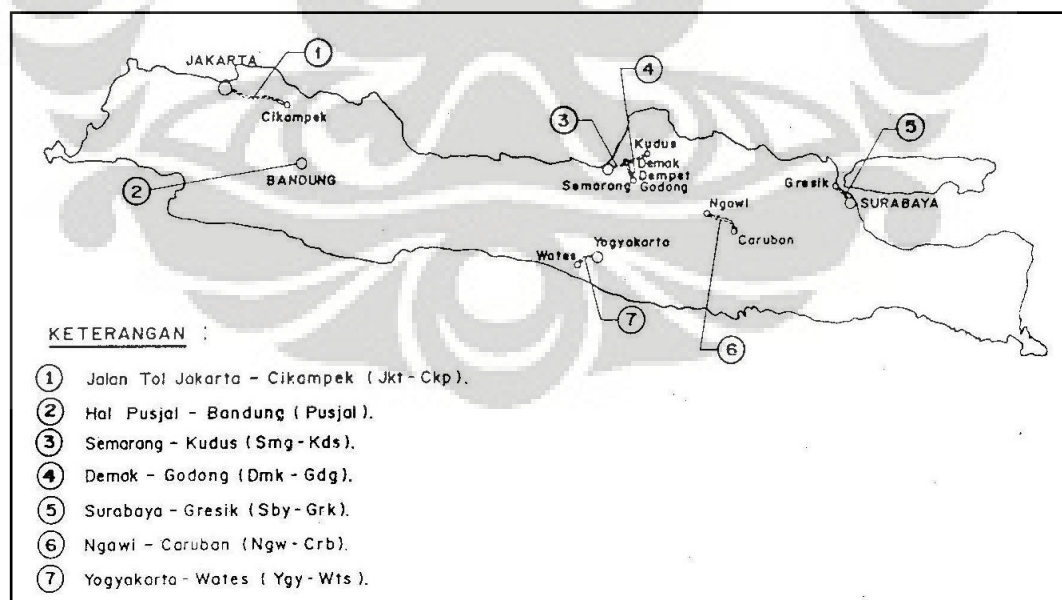
2.1.2. Pengertian Lempung Ekspansif

Seiring berkembangnya penelitian tentang tanah lempung, perkembangan selanjutnya menunjukkan adanya perilaku lain yang lebih rumit dari jenis tanah ini yang kemudian dikenal dengan ekspansif. Istilah ekspansif ini sebenarnya telah diperkenalkan pada sekitar tahun 1950-an, namun baru sekitar tahun 1960-an istilahnya ini banyak dibicarakan. Tanah ekspansif mempunyai karakteristik yang khas, yaitu kemampuannya untuk mengembang (*swell*) dalam keadaan basah dan menyusut (*shrink*) dalam keadaan kering.

Menurut Bowles (1986) lempung ekspansif adalah lempung yang mudah mengalami pengembangan dan penyusutan atau mengalami perubahan volume yang cukup besar akibat perubahan kadar airnya. Biasanya suatu lempung diperkirakan mempunyai sifat pengembangan yang besar apabila memiliki indeks plastisitas (PI) lebih besar dari 20% (nilai referensi). Pengembangan pada lempung terjadi apabila kadar airnya bertambah sedangkan penyusutan terjadi apabila kadar airnya berkurang hingga mencapai batas susutnya. Jadi bisa disimpulkan bahwa terjadinya perubahan volume yang cukup besar pada tanah ekspansif diakibatkan adanya perubahan indeks plastisitasnya (PI).

2.1.3. Permasalahan yang Ditimbulkan Tanah Lempung Ekspansif

Tanah ekspansif merupakan tanah yang mengembang pada saat air ditambahkan, dan menyusut pada saat keadaan kering. Perubahan volume tanah yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan rumah atau bangunan yang didirikan di atas tanah ini bergerak dan akhirnya dapat menyebabkan retakan. Setiap tahunnya di Amerika Serikat, kerugian akibat kerusakan yang disebabkan tanah ekspansif diperkirakan mencapai \$ 2.3 miliar. Kerugian ini dua kali lebih besar dari kerugian yang disebabkan oleh bencana alam seperti banjir, badai, tornado, dan gempa bumi.

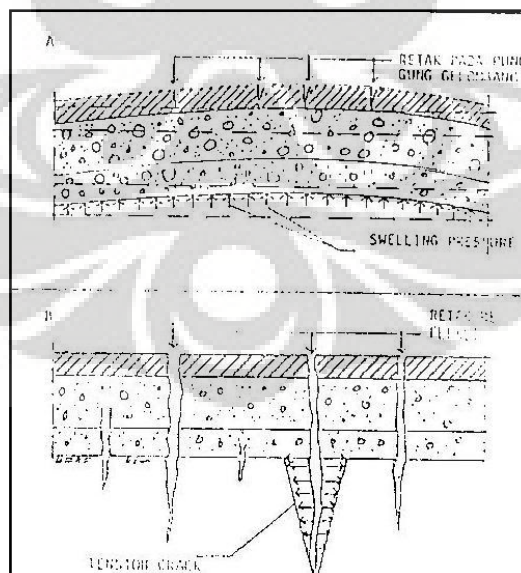


Gambar 2.1. Persebaran Tanah Ekspansif di Pulau Jawa

(Sumber: Laporan Pengkajian Penanganan Kerusakan Jalan di Atas Tanah Ekspansif; Departemen Pekerjaan Umum; Maret 1995)

Di Indonesia, tanah ekspansif sudah banyak menyebabkan kerusakan lapisan perkerasan jalan pada beberapa ruas jalan di pulau Jawa. Oleh karena itu, pemerintah pun telah memberikan perhatian khusus pada jenis tanah ini (terutama pada penelitian tentang perilaku tanah ekspansif, penanggulangan dan penanganan kerusakan jalan yang dibangun di atas tanah ekspansif), agar tidak menyebabkan kerusakan yang lebih parah.

Kerusakan yang diakibatkan tanah ekspansif dapat dilihat dalam beberapa bulan atau tahun setelah sebuah rumah selesai dibangun. Air yang berasal dari selokan atau air hujan bergerak menuju bagian bawah pondasi rumah (pondasi dangkal), sehingga menyebabkan tanah disekitar pondasi mengembang, lalu mendorong pondasi keatas. Kondisi ini disebut *edge-lift*, dapat menyebabkan retakan pada dinding dan pondasi itu sendiri. Setelah beberapa tahun, air akan terus bergerak lebih lanjut menuju bagian bawah pelat lantai, sehingga dapat menyebabkan kerusakan tambahan pada rumah. Selain pada rumah, kerusakan yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif juga biasa terjadi pada struktur lapis perkerasan jalan. Jadi dapat disimpulkan bahwa permasalahan yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif umumnya berkaitan dengan pondasi yang mengalami pergerakan (*heaving*), retak-retak (*cracking*), dan keruntuhan (*breakup*) pada lapisan perkerasan jalan, pondasi bangunan, dan slab-slab beton.



Gambar 2.2. Kerusakan Jalan di Atas Tanah Ekspansif

(Sumber: Laporan Penanggulangan Kerusakan Jalan di Atas Tanah Ekspansif; Departemen Pekerjaan Umum)

2.1.2. Identifikasi Tanah Ekspansif

Mengingat begitu besar kerugian yang ditimbulkan akibat perilaku tanah ekspansif, maka sedini mungkin harus dideteksi keberadaannya. Langkah ini sangat perlu dilakukan oleh para perencana sebelum menentukan desain akhir pondasinya. Pengidentifikasian untuk mengetahui keberadaan tanah ekspansif dapat dilakukan secara visual. Indikasi alamiah yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif secara visual diuraikan secara rinci oleh O'Neill dan Poormoayed (1980) dengan cara sebagai berikut yaitu:

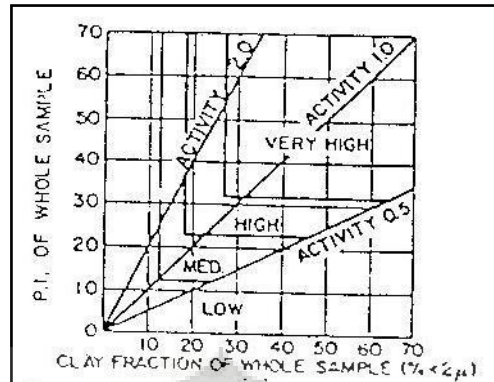
- Karakteristik bongkahan tanahnya : keras saat mengering, licin saat dipotong dengan *Scraper* atau *shovel*, memiliki pola retak tertentu. Lembut dan lengket ketika basah dan meninggalkan sisa ketika diremas dengan telapak tangan.
- Karakteristik di lapangan : fakta – fakta menunjukkan adanya pergerakan 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 akan membahayakan struktur bangunan sekalipun berlangsung lambat.

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 2.1. Tabel 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 2.2. Tabel 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. Aktivitas

- Metode Skempton (1953)

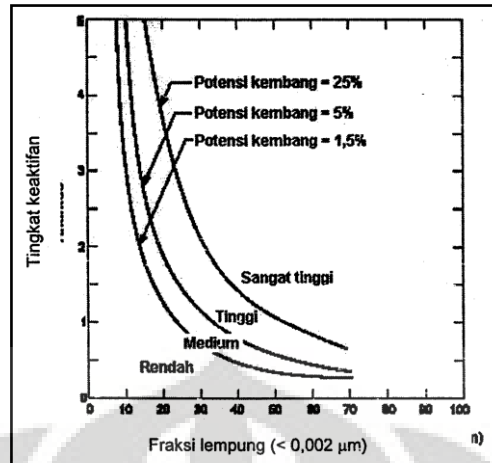
Skempton mendefinisikan aktifitas (A_c) sebagai indeks plastisitas dibagi dengan presentase fraksi lempung (CF) ($A_c = PI/CF$). Aktivitas ini berkorelasi kuat dengan potensi pengembangan dan tingkat keaktifan suatu tanah lempung.

Tabel 2.3. Tabel Nilai Aktivitas dengan Poensi 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

- Metode Seed (1962)

Seed et al. menggunakan rumus aktivitas Skempton yang telah dimodifikasi yaitu ($A_c = PI/CF-10$), dengan angka 10 merupakan faktor reduksi. Nilai aktivitas ini dan fraksi lempung kemudian digunakan untuk menentukan tingkat pengembangan tanah lempung.



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 terbentuk melalui proses pelapukan yang kompleks dari material asal seperti felspar, mika, dan batu kapur. Mineral utama pembentuk tanah lempung adalah montmorillonite, illite, dan kaolinite. Ketiga mineral tersebut berbentuk kristal Hidro Aluminium Silikat, tetapi ketiga mineral ini mempunyai sifat dan struktur dalam yang berbeda satu sama lain.

- Mineral montmorillonite mempunyai sifat pengembangan yang sangat tinggi. Rumus kimianya: $\text{Al}_2 \text{Mg} (\text{Si}_4 \text{O}_{10}) (\text{OH})_2 \cdot k \text{H}_2\text{O}$
- Mineral Illite, mempunyai sifat pengembangan yang sedang sampai tinggi. Rumus Kimianya: $\text{K}_y \text{Al}_2 (\text{Fe}_2 \text{Mg}_2 \text{Mg}_3) (\text{Si}_{4-y} \text{Al}_y) \text{O}_{10} (\text{OH})_2$
- Mineral Kaolinite, rumus kimianya: $\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4$

Mineral lempung merupakan faktor utama yang mengontrol perilaku tanah ekspansif. Skempton (1953) memperlihatkan hubungan antara jenis mineral dengan tingkat keaktifan dalam suatu tabel. Dari tabel tersebut terlihat bahwa apabila suatu lempung memiliki kandungan mineral monmorillonite maka tanah tersebut merupakan tanah ekspansif.

Tabel 2.4. 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. Stabilitas Tanah

2.2.1. Umum

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*).

2.2.2. Bahan-Bahan Stabilisasi Tanah

a) Pasir

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 utama pasir sebagai bahan stabilisasi yaitu menurunkan indeks plastisitas (PI)

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 menjadi homogen, dan bahan-bahan yang terdapat dalam pasir mempunyai kesempatan untuk dapat bereaksi dengan tanah.

b) Semen

Semen adalah material yang sering digunakan untuk stabilisasi tanah. 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 Semen Portland 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.

2.2.3. Studi Tentang Stabilisasi Tanah dengan Menggunakan Pasir dan Semen

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 properti tanah lempung dalam keadaan asli dengan lempung yang telah dicampur dengan pasir dan lempung yang dicampur dengan semen.

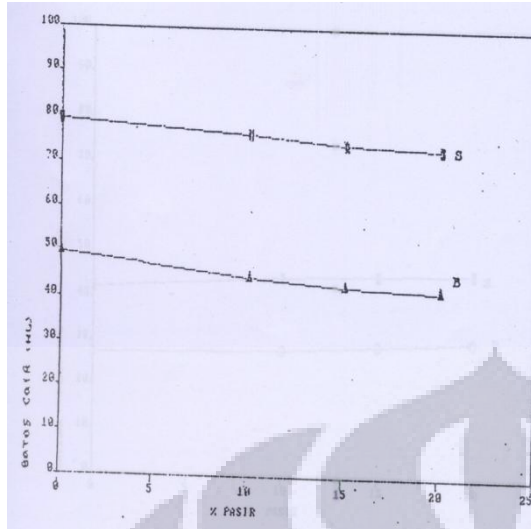
(a) Stabilisasi dengan Menggunakan Pasir

(Sumber: Laporan Penelitian Departemen Teknik Sipil UI tahun 1995, "Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Lempung yang Mengandung Kandungan Mineral yang Berbeda")

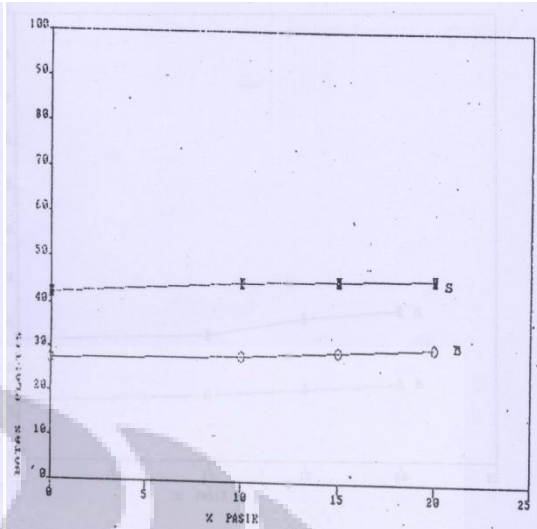
Variasi jumlah pasir yang ditambahkan adalah sebesar 10%, 15% dan 20% dari berat kering tanah. Sedangkan tanah yang digunakan untuk penelitian ini ada dua jenis dengan kandungan mineral yang berbeda-beda. Berikut ini adalah hasil dari penelitian tersebut:

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.



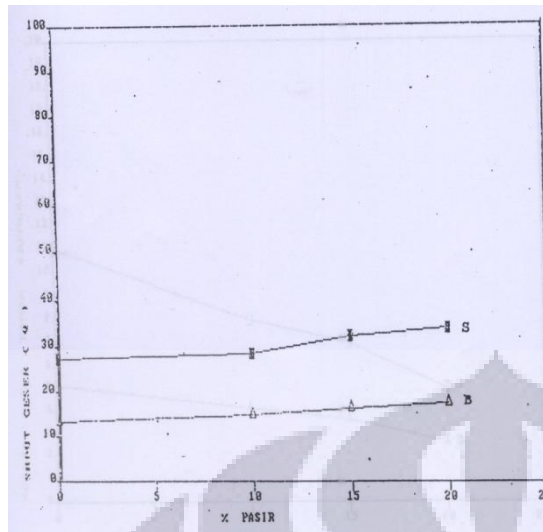
Gambar 2.5. Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batas Cair
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)



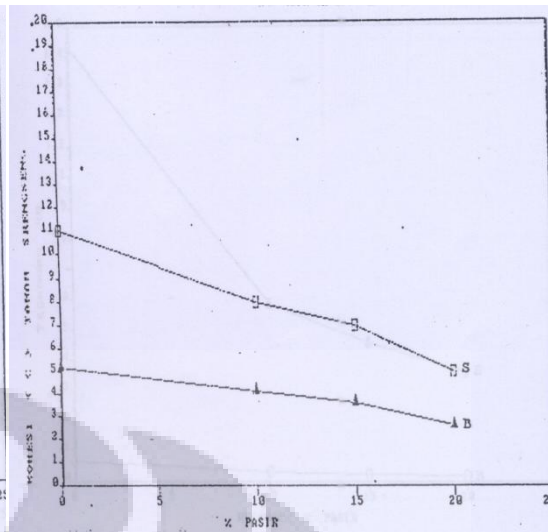
Gambar 2.6. Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Batas Plastis
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)

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.



Gambar 2.7. Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Sudut Geser
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)



Gambar 2.8. Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Kohesi
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)

Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Kuat Tekan Bebas

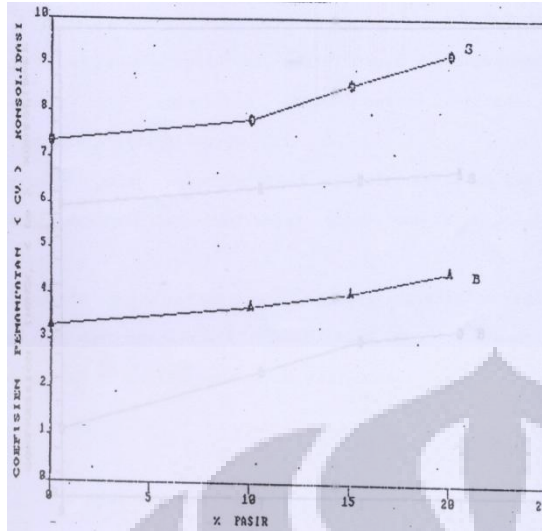
Kuat tekan bebas untuk campuran pasir mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan bebas (Q_u). Ini terjadi karena adanya pencampuran pasir ke dalam tanah, persinggungan yang terjadi pada tanah semakin besar, pori-pori tanah makin kecil, tanah semakin kering, daya lekat antar butiran makin kecil, sehingga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

Pengaruh Pasir Terhadap Konsolidasi

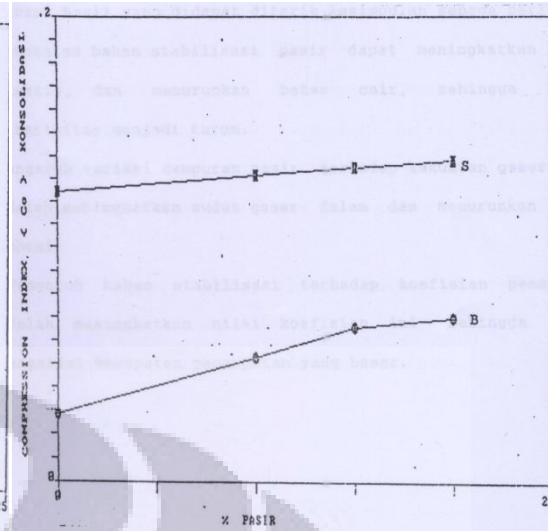
Dari pemeriksaan konsolidasi didapat parameter koefisien pemampatan (C_v) dan indeks pemampatan (C_c).

- 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 ke dalam 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.



Gambar 2.9. Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Koefisien Pemampatan (C_v)
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)



Gambar 2.10. Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Indeks Pemampatan (C_c)
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)

(b) Stabilisasi dengan Menggunakan Semen

(Sumber: Laporan Penelitian Departemen Teknik Sipil UI tahun 1995, "Pengaruh Kekuatan Tanah Gambut Akibat Penambahan Semen Clean Set CS-10")

Semen yang dipakai pada penelitian kali ini adalah semen clean set. Semen Clean Set merupakan material stabilisasi tanah dengan bahan dasar berupa semen. Bahan ini digunakan untuk memperbaiki tanah lunak, endapan lumpur, dan lain-lain dengan cara pengerasan.

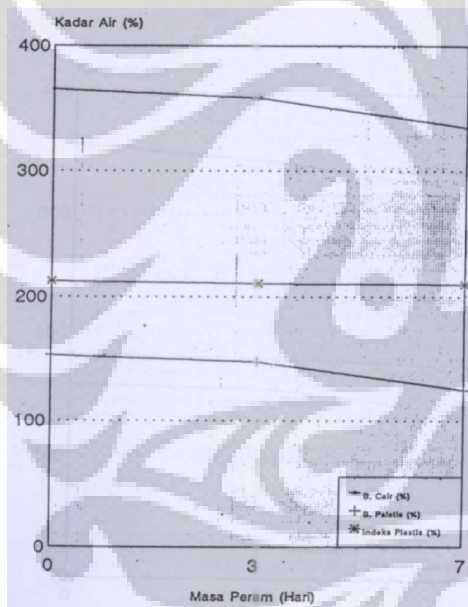
Adapun sifat-sifat dari semen Clean Set adalah dapat dipergunakan pada hampir semua jenis tanah, pada semen clean set, retak-retak yang diakibatkan oleh penyusutan jauh lebih sedikit daripada Semen Portland, kekuatan yang tinggi dapat dicapai dalam waktu yang lebih awal dibandingkan kapur, tidak mengandung senyawa berbahaya, sehingga tidak menyebabkan polusi sekunder (pencemaran ulang), dan kualitas bahan ini cukup stabil.

Variasi kadar campuran antara tanah dan semen yaitu 3%, 6% dan 9% terhadap masing-masing berat kering tanah. Berikut ini merupakan hasil dari penelitian tersebut:

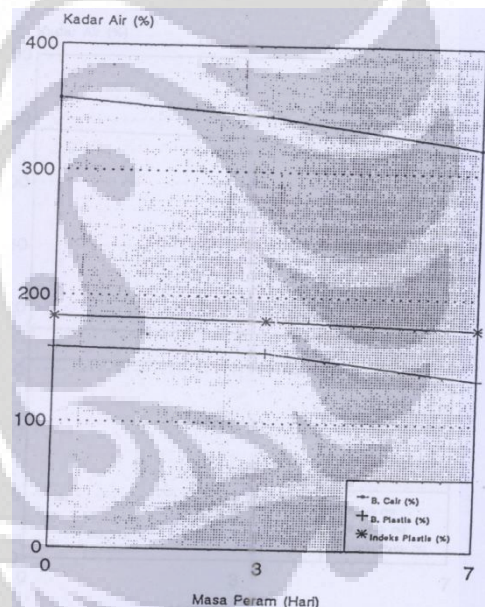
Pengaruh semen Clean Set terhadap plastisitas tanah adalah nilai batas plastisitas terlihat naik untuk campuran tanah pada kadar semen 3%, 6% dan

9%. Nilai indeks plastisitasnya turun untuk campuran tanah pada kadar tersebut. 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.

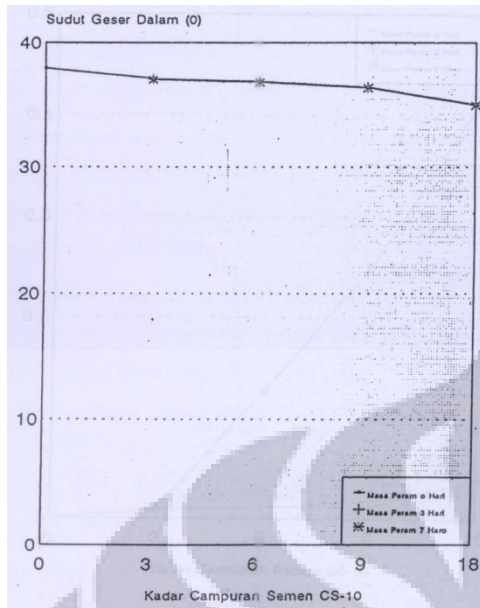
Pengaruh Semen Clean Set terhadap kekuatan geser langsung adalah nilai-nilai yang didapat secara keseluruhan menurun untuk sudut geser dalam (Φ) dan naik untuk kohesi (c). Ini menunjukkan bahwa nilai daya dukung tanah semakin baik apabila kandungan semen semakin tinggi dan masa peram semakin lama.



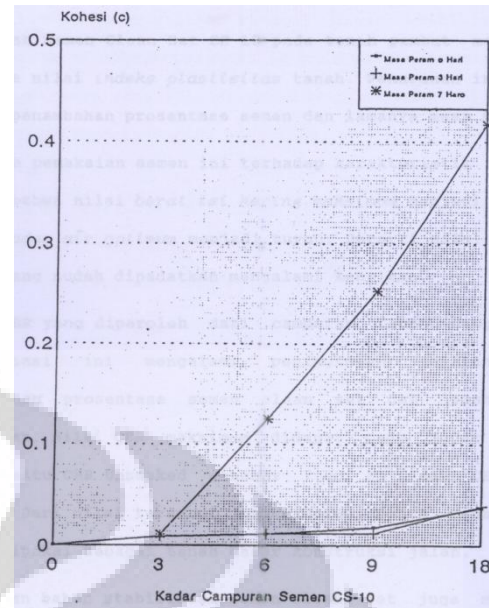
Gambar 2.11. Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg dengan Kadar Semen 3%
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)



Gambar 2.12. Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg dengan Kadar Semen 6%
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)



Gambar 2.13. Pengaruh Campuran Semen Terhadap Sudut Geser
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)



Gambar 2.14. Pengaruh Campuran Semen Terhadap Kohesi
(Sumber: Soepandji et.al. 1995)

2.3. Penentuan Parameter Kuat Geser Tanah Melalui Uji Triaksial Terkonsolidasi Terdrainasi

2.3.1. Umum

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah untuk melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser (*shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut.

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. Diperlukan ketelitian dan perhatian yang besar terhadap proses pengambilan contoh, penyimpanan contoh, dan perawatan contoh sebelum pengujian, terutama untuk contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed*) di mana struktur tanah di lapangan dan kadar airnya harus dipertahankan. 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.

2.3.2. Uji Kuat Geser Tanah dengan Alat Triaksial

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*)

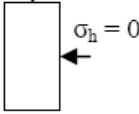

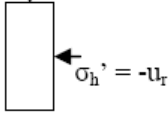
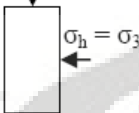

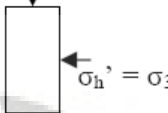
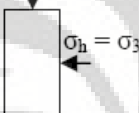

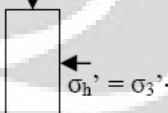
Pada kondisi ini, kondisi tanah yang dilakukan uji dapat berupa tanah jenuh ataupun tak jenuh. Pada kondisi ini *unconsolidated undrained* tanah

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 $\sigma'_1 = \sigma_1 - U$.

Setelah Saturasi	$\sigma_v = 0$  $\sigma_h = 0$	$u = u_r$ 	$\sigma_v' = -u_r$  $\sigma_h' = -u_r$
Pemberian σ_3 dengan drainasi	$\sigma_v = \sigma_3'$  $\sigma_h = \sigma_3'$	$\Delta u = 0$ 	$\sigma_v' = \sigma_3'$  $\sigma_h' = \sigma_3'$
Proses kompresi tanpa drainasi	$\sigma_v = \sigma_3' + \Delta\sigma$  $\sigma_h = \sigma_3'$	$\Delta u = A\Delta\sigma$ 	$\sigma_v' = \sigma_3' + (1-A)\Delta\sigma$  $\sigma_h' = \sigma_3' - A\Delta\sigma$

Gambar 2.15. Kondisi tegangan pada uji triaksial kondisi terkonsolidasi tak terdrainasi (CU Test) [Ajeng, 2006]

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

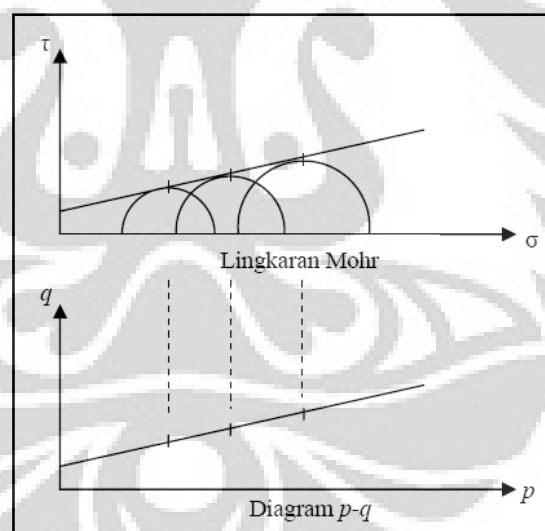
envelope) tanah. Keadaan tegangan tidak mungkin berada diatas selubung keruntuhnya. Kriteria ini tidak mempertimbangkan regangan pada saat atau sebelum terjadinya keruntuhan dan secara tidak langsung menyatakan bahwa tegangan utama menengah efektif (σ'_2) tidak mempengaruhi kekuatan geser tanah. Selubung 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 menggunakan lingkaran Mohr, kondisi tegangan dapat diplot dalam bentuk titik tegangan (stress point) dengan menggunakan koordinat p dan q :

$$p = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad (2.3)$$

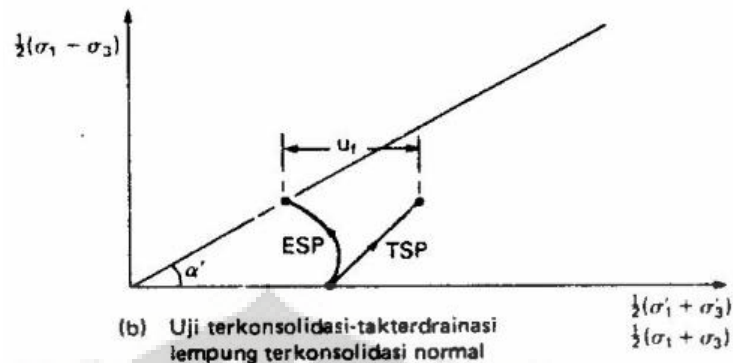
$$q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (2.4)$$

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*).

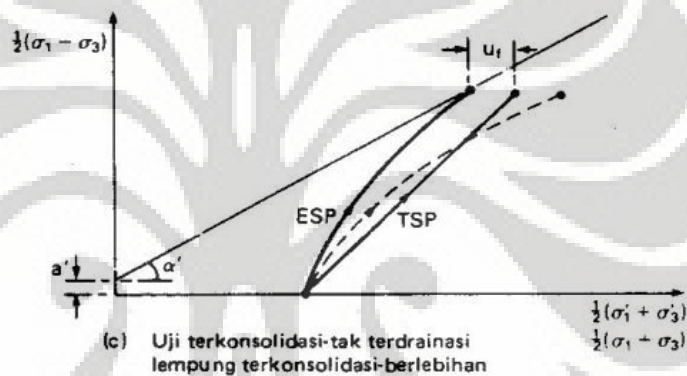


Gambar 2.17. Lintasan Tegangan atau Stress Path (RF Craig, 1994)

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



Gambar 2.18. Bentuk lintasan tegangan untuk tes triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (CU) pada lempung terkonsolidasi normal (RF Craig, 1994)



Gambar 2.19. Bentuk lintasan tegangan untuk tes triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (CU) pada lempung terkonsolidasi berlebihan/overconsolidated (RF Craig, 1994)

2.3.4. Konsep Kondisi Kritis

Menurut Roscoe, Schofield, dan Wroth, konsep kondisi kritis menghubungkan tegangan efektif dan volum 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 tertetak kembali pada uji tekan triaksial, tetapi diasumsikan bahwa hal tersebut di atas berlaku juga untuk lempung tidak terganggu.

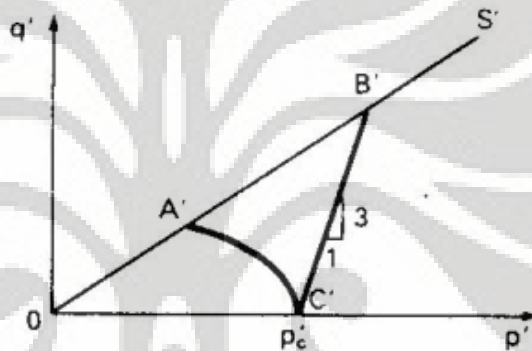
Suatu contoh uji yang mengalami tekanan isotropis dan mengalami penambahan tekanan aksial tertentu, akan mengalami keruntuhan (*failure*) pada

suatu titik yang berada atau mendekati garis kondisi kritis seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.22 dengan sumbu-sumbu koordinatnya adalah q' dan p' . Dimana:

$$p' = \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3}{3} \text{ dan } p = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_3}{3} \quad (2.5)$$

$$q' = q = \sigma_1 - \sigma_3 \quad (2.6)$$

Analisa lintasan kondisi kritis menggunakan persamaan (2.5) dan (2.6) merupakan analisa 3 dimensi (ruang) yaitu memperhitungkan arah tegangan yang biasanya diabaikan (σ_2) sehingga parameter kekuatan geser yang didapatkan bisa lebih akurat.



Gambar 2.20. 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

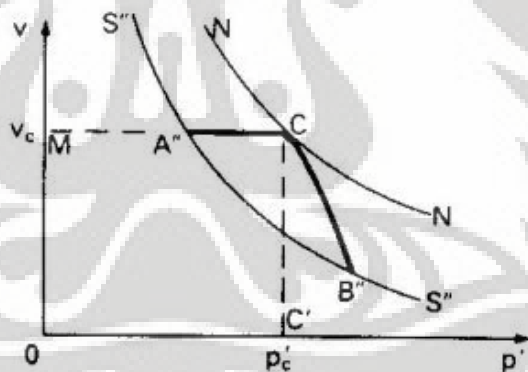
OS' : garis keruntuhan

Penentuan parameter kekuatan geser yaitu berupa kohesi dan nilai sudut geser (ϕ) ditentukan dari persamaan garis yang menyinggung titik puncak lintasan kondisi kritis. Dari persamaan garis tersebut, didapatkan nilai M (kemiringan garis/gradien) dan q_0 (nilai perkuatan awal) yaitu perpotongan garis singgung dengan sumbu q . Kemudian dengan menggunakan persamaan yang dibuat oleh Atkinson et al., 1982 dapat diperoleh nilai-nilai parameter kekuatan geser.

$$\varphi' = \sin^{-1} \left(\frac{3M}{6+M} \right) \quad (2.7)$$

$$c' = \left(\frac{3 - \sin \varphi'}{6 - \sin \varphi'} \right) q_0 \quad (2.8)$$

Gambar 2.20 di atas akan menghasilkan suatu kurva konsolidasi isotropis pada gambar 2.21. 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 2.21. Kurva Konsolidasi pada Lempung Terkonsolidasi Normal
(RF. Craig, 1994)

dimana :

NN : kondisi terkonsolidasi isotropis

CB'' : contoh uji mengecil pada kondisi terdrainasi

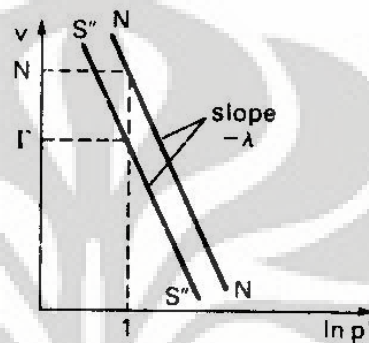
S'' S'' : failure line

p'_C : tekanan konsolidasi

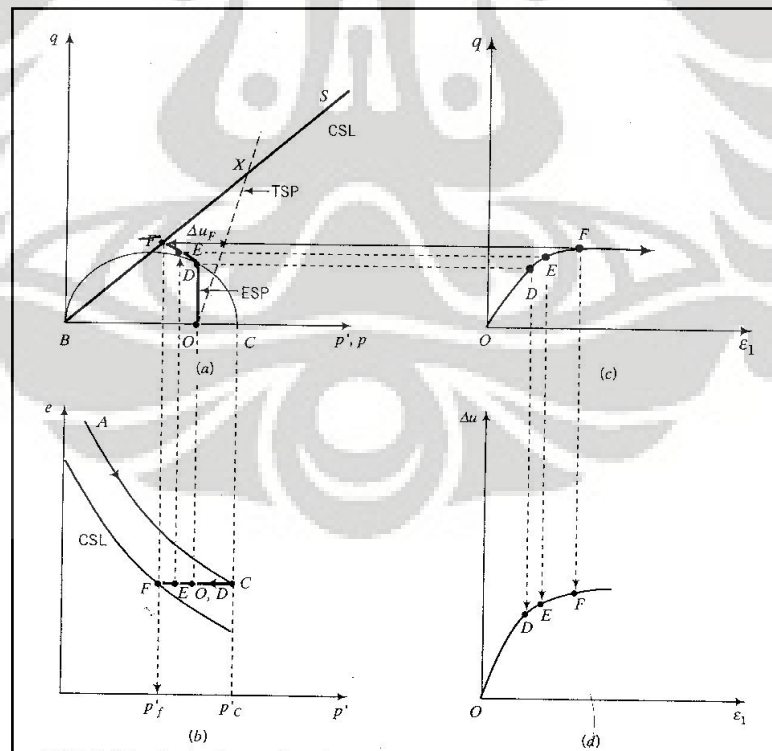
Jika proyeksi garis kondisi kritis pada bidang $v-p'$ diplot kembali pada bidang $v - \ln p'$, maka proyeksi tersebut akan berbentuk garis lurus sejajar dengan garis konsolidasi normal yang bersesuaian (gradien $-\lambda$) seperti pada gambar 2.22. Persamaan garis kondisi kritis, dalam v dan p' dapat ditulis sebagai berikut:

$$v = \Gamma - \lambda \ln (p') \quad (2.9)$$

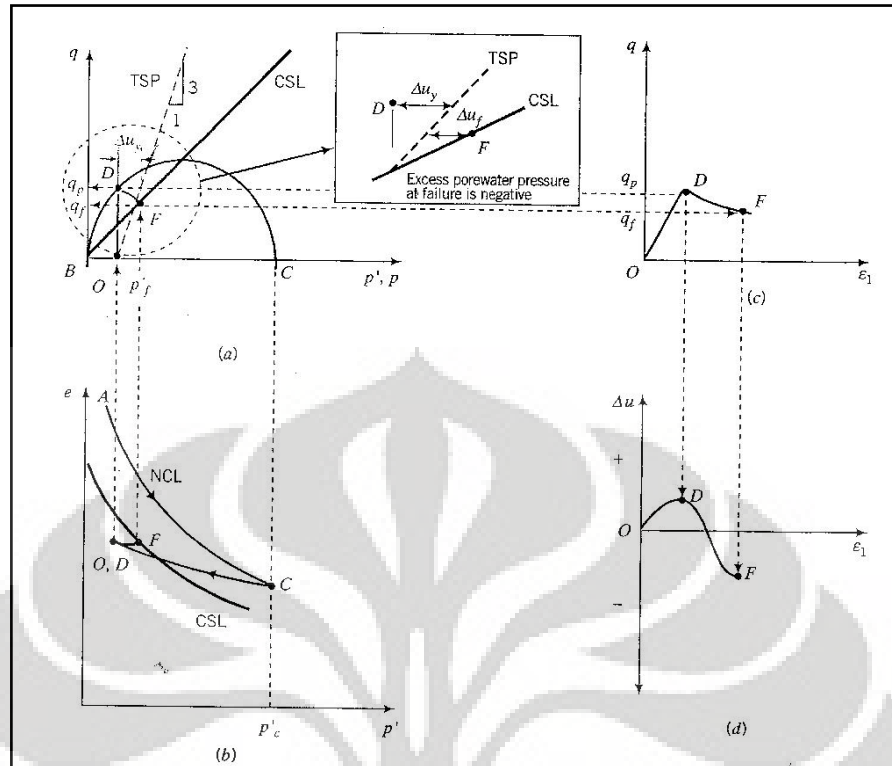
dimana Γ adalah nilai v pada garis kondisi kritis di mana $p' = 1 \text{ kN/m}^2$.



Gambar 2.22. Proyeksi Critical State Line Bidang $v-p'$ pada bidang $v-\ln (p')$
(RF. Craig, 1994)



Gambar 2.23. Prediksi Ilustrasi Hasil dari Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi untuk Normally Consolidated Soil (Budhu, 2007)

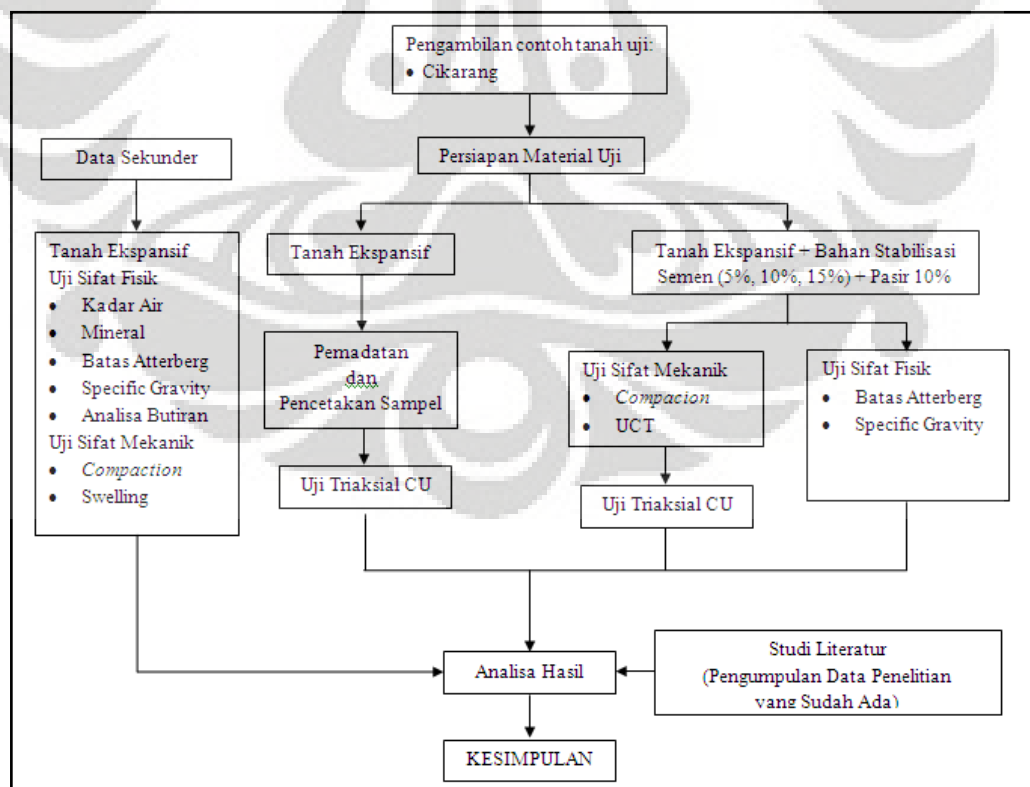


Gambar 2.24. Prediksi Ilustrasi Hasil dari Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi untuk Heavily Consolidated Soil (Budhu, 2007)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian yang dilakukan meliputi uji sifat fisik tanah, uji sifat mekanik tanah, persiapan contoh tanah uji, dan uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi. Uji sifat fisik tanah, salah satunya adalah uji batas atterberg untuk menentukan apakah tanah uji merupakan tanah ekspansif dan mendapatkan properti tanah yang lain. Selain itu, untuk mengidentifikasi apakah contoh tanah uji adalah benar tanah ekspansif, dilakukan juga uji kandungan mineral. Data sekunder diperoleh dari penelitian orang lain yang menggunakan tanah ekspansif yang berasal dari lokasi yang sama. Persiapan contoh tanah uji mencakup pencampuran bahan stabilisasi ke dalam tanah ekspansif dan pemeraman, untuk kemudian dilakukan uji Triaksial Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi dengan menggunakan tanah ekspansif. Kegiatan ini hampir seluruhnya dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Sipil FTUI.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1.1. Penjelsasan Uji Laboratorium

Penjelasan mengenai uji laboratorium mencakup tentang berapa banyak sampel yang dilakukan dan tujuan dilakukanya uji laboratorium yang bersangkutan pada penelitian ini.

a. Batas – batas Atterberg

Uji batas Atterberg dilakukan pada tanah asli tanpa bahan stabilisasi dan pada campuran tanah dengan variasi kadar bahan stabilisasi, yaitu 5% semen + 10% pasir, 10% semen + 10% pasir, dan 15% semen + 10% pasir. Setiap 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 ekspasif 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).

b. Analisa Butiran

Uji analisa butiran bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan tanah lempung, lanau, dan pasir pada sampel tanah. Pengujian ini hanya dilakukan terhadap tanah asli tanpa bahan stabilisasi dan dilakukan sebanyak 2 seri untuk 1 kondisi sampel sebagai data pembanding.

c. Pemadatan

Pemadatan dilakukan pada tanah asli tanpa bahan stabilisasi dan pada campuran tanah dengan variasi kadar bahan stabilisasi, yaitu 5% semen + 10% pasir, 10% semen + 10% pasir, dan 15% semen + 10% pasir. Pengujian bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh penambahan kadar campuran dalam tanah asli terhadap nilai kerapatan kering maksimum dan kadar air optimumnya. Pengujian ini hanya dilakukan sebanyak 1 seri untuk 1 kondisi sampel.

d. Uji Mineral

Uji mineral bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineral yang terdapat pada tanah sampel. Pengujian ini hanya dilakukan sebanyak 1 seri dan sampel yang diuji adalah dalam kondisi asli (tanpa campuran bahan stabilisasi).

e. Swelling Test

Swelling test bertujuan untuk mengidentifikasi kadar pengembangan tanah ekspansif. Pengujian ini hanya dilakukan sebanyak 1 seri dan sampel yang diuji adalah dalam kondisi asli (tanpa campuran bahan stabilisasi).

f. Unconfined Compression Test (UCT)

Uji UCT dilakukan pada tanah asli yang telah dicampur dengan kadar campuran yang optimum (berdasarkan hasil uji batas atterberg). Kondisi sampel tanah pada pengujian ini ada 3, yaitu kondisi pemeraman 0 hari (3 jam), pemeraman 4 hari, dan pemeraman 7 hari. Sehingga uji UCT ini bertujuan untuk melihat pengaruh pemeraman terhadap nilai kuat tekan bebas maksimum pada tanah yang telah dicampur bahan stabilisasi. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 2 seri untuk 1 kondisi sampel. Hasil dari uji UCT ini juga digunakan untuk data pendukung uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi.

g. Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi

Pengujian triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi dilakukan pada tanah ekspansif dalam kondisi eksisting (tanpa campuran) dan dalam kondisi telah dicampur bahan stabilisasi dengan kadar campuran yang optimum dengan waktu pemeraman 0 hari (3 jam). Pengujian triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi dilakukan sebanyak 1 seri untuk masing-masing kondisi tanah. Sehingga apabila 1 seri triaksial memerlukan 3 sampel, maka total sampel tanah yang dibutuhkan adalah 6 sampel.

3.1.2. Bahan – Bahan Pengujian

a. Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif yang digunakan dan diteliti adalah tanah yang berasal dari Cikarang dimana sampel tanah yang diambil berupa sampel tanah terganggu (*disturbed sample*). Sampel tanah dikatakan terganggu apabila struktur asli dari tanah tersebut sebagian atau seluruhnya termodifikasi dan rusak. Akan tetapi dengan pencegahan yang baik maka kadar air dari tanah tersebut dapat dipertahankan. Juga pada saat pengambilan contoh tanah, kondisi asli dari unsur-unsur partikel tanah tersebut harus dijaga. Agar kondisi tanah tersebut terjaga dari komposisi asalnya maka contoh tanah yang akan diteliti diletakkan di dalam kantong plastik ataupun di dalam karung.

Sedangkan untuk sampel tanah tak terganggu (*undisturbed sample*) adalah contoh tanah dimana struktur dan sifat-sifat tanah asli masih tetap terjaga, karena hanya sedikit sekali mengalami gangguan.

Untuk keperluan penelitian ini, pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggali bagian yang belum dibangun atau diganggu dengan menggunakan cangkul dan dimasukkan ke dalam karung-karung plastik.

b. 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 tahanan 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 masa tanah dan merupakan suatu kriteria yang perlu mendapat perhatian. Kestabilan masa tanah terhadap kadar air dalam stabilisasi tanah lempung merupakan syarat yang mesti dicapai.

c. Semen

Semen portland merupakan bahan stabilisasi tanah yang baik, mengingat kemampuannya mengeras dan mengikat butir-butir agregat sangat bermanfaat untuk mendapatkan suatu massa tanah yang kokoh dan kuat terhadap deformasi. Keuntungan stabilisasi dengan semen portland bahwa kestabilan massa tanah tidak tergantung dari gradasi butir ataupun kohesi antar butir, melainkan sepenuhnya disebabkan oleh pengerasan semen dan daya ikatnya (hidrasi semen portland).

Komposisi dasar semen portland adalah kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3). Ke-empat senyawa oksida tersebut menghasilkan 90% berat semen sehingga disebut sebagai major oxides. Sedangkan 10% lagi terdiri dari magnesia (MgO), alkali oksida (Na_2O dan K_2O), titania (TiO_2), fosfor pentaoksida (P_2O_5) dan gypsum, sehingga disebut senyawa minor.

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen portland Tipe I produksi PT Indocement. Adapun alasan digunakan semen dengan jenis ini adalah:

- Merupakan jenis yang umum
- Mudah didapatkan
- Tersedia bebas di pasaran dalam jumlah yang banyak
- Murah dibanding semen tipe khusus

Tabel 3.1 Kandungan Kimia Semen Portland Tipe I
(Sumber: Brosur Semen Tiga Roda Produksi PT. Indocement)

No	Chemical Properties	Unit	Portland Cement Type I
1	SiO ₂	%	19.0 - 21.0
2	Al ₂ O ₃	%	4.0 - 6.0
3	Fe ₂ O ₃	%	2.5 - 3.5
4	CaO	%	62.0 - 67.0
5	MgO	%	1.0 - 3.5
6	SO ₃	%	1.8 - 2.5
7	Loss on Ignition	%	1.5 - 3.5
8	Insoluble Residue	%	0.30 - 2.5
9	Free Lime	%	0.30 - 1.5
10	Total Alkali	%	0.30 - 0.60
11	Chloride	%	0.01 - 0.02
12	C ₃ S	%	55.0 - 64.0
13	C ₂ S	%	9.0 - 20.0
14	C ₃ A	%	7.0 - 11.0
15	C ₄ F	%	9.0 - 11.0

d. Air

Untuk stabilisasi dengan bahan kimia seperti semen, mala mutu air tidak dispesifikasikan dengan ketat. Hanya perlu diperhatikan jika air mengandung asam arang (misal air hujan), maka diusahakan agar hasil pencampuran dipadatkan secepat mungkin sebelum terjadi karbonisasi dari CaOH-nya.

Pada penelitian ini, air yang dipakai merupakan air dari kran yang ada, mengingat air tersebut banyak dikonsumsi untuk banyak kepentingan. Sedangkan air suling dipakai pada pengujian-pengujian yang distandarkan pada pengujian-pengujian tertentu.

3.2. Prosedur Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

Semua pengujian dilakukan sesuai pada aturan-aturan standar seperti yang ditetapkan ASTM. Pengujian-pengujian yang dilakukan tersebut adalah:

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

a. Prosedur Pencampuran Tanah dengan Bahan Stabilisasi

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:

$$BK = \frac{BB}{1 + \frac{w}{100}}$$

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 dipadatkan supaya campuran tidak mengeras.

7. Pemeraman lebih baik dilakukan setelah tanah dicetak ke dalam cetakan sampel uji.

b. Berat Spesifik (*Specific Gravity*)

Berat spesifik atau specific gravity (Gs) dari suatu tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi tanah dan berat isi air pada suhu 4° C. Pengujian ini mengacu pada ASTM D854-83 dengan menggunakan botol piknometer. Contoh tanah yang digunakan dalam pengujian ini adalah tanah kering oven pada suhu 110° C dan lolos saringan No.40. Contoh tanah dimasukan kedalam piknometer yang sebelumnya telah diisi air. Besarnya harga Gs didapat dengan rumus:

$$G_s = \alpha \times \frac{W_s}{W_w}$$

$$W_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$$

dimana:

- G_s = berat spesifik
 α = koreksi suhu
 W_s = berat contoh tanah (gr)
 W_w = berat air yang dipindahkan (gr)
 W_{bw} = berat piknomter + air (gr)
 W_{bws} = berat piknometer + air + tanah (gr)

c. Batas-batas Atterberg (*Atterberg Limits*)

Pengujian batas-batas atterberg di laboratorium dilakukan sesuai prosedur ASTM D4318-84. Contoh tanah yang akan diujikan adalah lolos saringan No.40, sedangkan batas-batas Atterberg yang diperiksa adalah Batas Cair (Liquid Limit), Batas Plastis (Plastic Limit), dan Batas Susut (Shrinkage Limit).

Batas cair adalah kadar air tanah yang merupakan batas pemisah antara keadaan cair dan keadaan padat. Pengujian batas cair dilakukan dengan mengetukan tanah yang berada pada mangkok standar (alat Casagrande) yang dibelah oleh alat pembuat celah (grooving tool) yang erukuran standar. Ketika diketukan celah akan merapat pada dasar mangkok sepanjang 0,5 inch (13 mm). Tinggi jatuh pada alat tersebut adalah 10 mm dan banyaknya ketkan perdetik

adalah 2 kali. Perhitungan dengan menggunakan rumus metode kuadrat terkecil (least square method), yaitu:

$$y = a + bx$$

y adalah harga ordinat dari suatu sistem grafik XY, sedangkan x adalah harga absisnya. Analog dengan rumus di atas, dari pengujian yang telah dilakukan akan didapatkan suatu hubungan antara jumlah ketukan dengan kadar air yang dihasilkannya.

$$w = a + b(\log N)$$

dimana:

w = kadar air tanah (%)
 N = banyak ketukan
 a,b = konstanta

Harga batas cair didapat apabila celah tersebut tepat merapat pada ketukan ke-25. Sedangkan batas plastis didefinisikan sebagai kadar air dari tanah yang merupakan batas pemisah antara kondisi plastis dengan keadaan pada saat tanah akan menjadi rusak (brittle). Pengujian batas plastis dilakukan dengan menggelintir contoh tanah menjadi gulungan-gulungan tanah dengan diameter 1/8 inch (3,2 mm), dimana pada saat itu terjadi retak-retak.

Batas-batas Atterberg ini telah banyak dipakai untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tanah. Indeks Plastisitas (Plasticity Index) didapat dari pengurangan Batas Cair dan Batas Plastis, yang menunjukkan tingkat plastisitas suatu tanah.

d. 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)

Selanjutnya dengan menggunakan grafik pembagian ukuran butiran dapat ditentukan jenis dan klasifikasi dari tanah yang digunakan.

e. **Pemadatan (*Compaction*)**

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.

$$CE = \frac{W \times H \times L \times B}{V}$$

dimana:

CE = energi yang dibutuhkan (*compactive effort*), (KJ/m³)

W = berat penumbuk (kg)

H = tinggi jatuh

L = jumlah lapisan

B = jumlah pukulan tiap lapisan

V = volume cetakan (m³)

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 KJ/m³.

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

$$\gamma_{wet} = \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1 + \frac{w}{100}}$$

dimana:

γ_{wet} = berat isi basah (gr/cm³)

γ_{dry} = berat isi kering (gr/cm³)

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:

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

dimana:

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

G_s = berat spesifik butiran padat tanah

w = Kadar air

f. Test Pengembangan Satu Dimensi (*Swelling Test*)

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui potensi pengembangan tanah pada beban overbuden. Selanjutnya dapat dilihat pula besar daya angkat dari tanah dengan memberikan beban sebagaimana pada test konsolidasi standar.

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 bori 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 kemali).

g. Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian kuat tekan bebas dilakukan untuk mengetahui kekuatan geser suatu tanah, dimana contoh tanah hanya dibebani oleh beban vertikal. Pengujian ini mengacu pada prosedur ASTM D2166-85.

Contoh tanah dibentuk dengan cetakan berbentuk silinder kecil dengan kriteria perbandingan dimensi panjang terhadap diameternya adalah antara 2 sampai 3. Pengujian yang dilakukan dengan perbandingan diluar kriteria tersebut akan menyebabkan bidang runtuh yang tumpang tindih (*overlapping*) jika $L/d < 2$, dan akan tekuk bila $L/d > 3$.

Contoh tanah yang telah dikeluarkan dari cetaknya ditimbang kemudian dilakukan pengujian. Contoh tanah diletakan pada mesin penekan secara sentris, dan plat penekan menyentuh permukaan contoh tanah secara merata. Kecepatan

kontrol antara 0.5%-2% permenit. Pembacaan dial proving ring dilakukan setiap 25 unit dial deformasi sampai contoh tanah mengalami keruntuhan.

3.3. Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi

3.3.1 Maksud dan Tujuan Pengujian

Pengujian ini untuk menentukan pengaruh hubungan kekuatan tanah dan kuat gesernya pada spesimen berbentuk silinder baik pada kondisi undisturbed, maupun permodelan tanah kohesif remoulded pada kondisi jenuh ketika terkonsolidasi secara merata. Kuat geser jenuh pada kompresi pada tingkatan yang konstan akibat aksial deformasi. Metode pengujian ini menghasilkan perhitungan dari nilai tegangan total dan efektif yang terjadi dan kompresi aksial dari sampel yang diuji dengan pengukuran beban aksial, deformasi aksial, serta tekanan air pori.

Pengujian ini menghasilkan data yang berguna untuk menentukan nilai kekuatan dan deformasi dari tanah kohesif, seperti contohnya metode amplop pada kekuatan Mohr dan nilai Modulus Young. Secara umum, 3 sampel diuji pada tekanan efektif konsolidasi yang berbeda untuk menentukan nilai kekuatan metode amplop. Nilai kekuatan dari metode amplop dan pengembangan dari hubungan dalam membantu menginterpretasikan dan mengevaluasi dari hasil uji ditentukan dari spesifikasi yang diinginkan oleh perencana. Nilai satuan dinyatakan dalam SI maupun non-SI sebaiknya dipisahkan sesuai dengan standar masing-masing.

3.3.2 Pemasangan Contoh Tanah dan Tahap Persiapan

Contoh tanah lempung ekspansif yang telah dipadatkan dalam keadaan kadar air optimum dikeluarkan dari dalam mold kecil dengan bantuan alat hydraulic extruder, lalu dimasukkan ke dalam alat cetakan tanah berbentuk silinder kecil sesuai dengan standar ASTM D2850-87 yaitu berukuran antara 2 – 2.5 diameter contoh dengan ukuran partikel terbesarnya adalah lebih kecil dari 1/6 kali diameter contoh tanah.

Alat pencetak tanah yang telah diolesi vaselin diletakan pada bagian atas contoh tanah (di atas tabung) diijepit dengan pelat penjepit yang terikat pada baut dikedua sisinya.

Contoh Tanah yang telah tercetak dalam silinder cetakan tanah lalu diratakan kedua ujungnya dengan menggunakan spatula, bila ada bagian tanah yang kurang rata pada kedua ujungnya maka diisikan sedikit contoh tanah yang berasal dari tabung yang sama lalu dipadatkan dengan diameter silinder cetakan tanah. Lalu dengan alat berbentuk silinder (pasangan dari silinder cetakan tanah), contoh tanah dikeluarkan secara perlahan.

Kemudian setelah dikeluarkan, contoh tanah dibungkus dengan menggunakan tissue tipis yang membantu pengaliran samping (side drain) agar contoh tanah dapat terkonsolidasi secara merata. Setelah pencetakan contoh tanah sebaiknya langsung dimasukan ke alat uji triaksial tapi sebelumnya ditimbang dan diukur dimensinya. Sebaliknya bila tidak langsung diuji maka dimasukan ke dalam suatu tempat tertutup (tidak langsung berhubungan dengan udara) yang mempunyai suatu kandungan air tertentu sehingga kadar airnya tetap terjaga. Sebelum meletakan contoh tanah pada alat triaksial sebaiknya dipastikan dahulu pada selang-selang tekanan tidak ada udara yang terjebak serta pengukur volume dibuat sedemikian rupa sehingga pada sat kondisi akhir saturasi volume tersebut menjadi penuh terisi dan nantinya pada saat konsolidasi, perubahan volume contoh tanah tetap terpantau. Lalu nol indicator disetel pada posisi tegak lurus dilanjutkan dengan melvelkan air raksa agar tepat sejajar jarum nol indicator dengan cara kontrol diputar ke kanan, pada alat pengukur tekanan pori terbaca nilai awal yang merupakan nilai kalibrasi alat pengukur tersebut.

Contoh tanah yang sudah siap untuk uji triaksial lalu diletakan pada alat contoh tanah caranya dengan memutar penggerak kasar/manual mesin kompresi. Kran pengukur tekanan-tekanan pori dan kran tekanan balik dipastikan dalam kondisi tertutup. Lalu seluruh sel triaksial tersebut diisi penuh dengan air, caranya dengan membuka katup tekanan sel hingga sekitar $0,5 \text{ kg/cm}^2$ dan sekrup pembuang udara juga dibuka sehingga udara dalam sel triaksial dapat bebas keluar hingga air melimpah keluar, lalu ditutup kembali. Katup tekanan sel dikembalikan ke posisi 0 kg/cm^2 dan kran tekanan sel dipastiakn dalam posisi tertutup. Sebelum

memulai proses konsolidasi, hendaknya seluruh katup dan kran tekanan dipastikan dalam kondisi tertutup dan menunjuk pada posisi 0 kg/cm^2 .

3.3.3 Tahapan Dalam Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi

Dalam uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi terdapat 3 tahap, yaitu:

1. Tahap Saturasi

Yang dimaksud dengan proses saturasi adalah proses pembuangan udara dari dalam contoh tanah dan memasukan air ke dalam pori-pori sehingga contoh tanah berada dalam kondisi derajat kejenuhan yang diinginkan. Pada umumnya contoh tanah dibuat dalam kondisi jenuh sempurna.

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 efektif bernilai positif. Saturasi dianggap selesai bila kenaikan tekanan pori akan/hampir menyamai tekanan sel yang diberikan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien B yang menyatakan perbandingan antara kenaikan tekanan pori terhadap kenaikan tekanan sel ($B = \Delta u / \Delta \sigma_3$).

Berikut ini akan diterangkan proses saturasi secara runut dengan menggunakan alat mesin triaksial:

- a. Semua katup dicek dalam kondisi tertutup. Hasil kalibrasi nilai awal tekanan pori dicatat, dimana nantinya menjadi faktor pengurang untuk pembacaan tekanan pori. Volume tekanan awal sel dicatat. Lalu tekanan sel diberikan hingga $0,5 \text{ kg/cm}^2$, katup tekanan sel dibuka, ditunggu sekitar 5 menit sampai pembacaan konstan. Kemudian katup tekanan pori dibuka, sedangkan katup tekanan balik tetap tertutup. Setelah 10-15 menit, besarnya tekanan pori dan perubahan volume sel dicatat. Nilai koefisien B dihitung dengan rumus yang ada.
- b. Langkah selanjutnya, katup tekanan pori ditutup, sedangkan katup tekanan sel tetap terbuka. Tekanan balik dinaikan hingga $0,1 \text{ kg/cm}^2$ di bawah

tekanan pori, volume tekanan balik awal dicatat, kemudian katup tekanan balik dan tekanan pori dibuka. Setelah kira-kira stabil, tekanan pori yang terjadi dicatat. Perubahan volume tekanan balik juga dicatat.

- c. Nilai tekanan pori diamati hingga mencapai nilai yang relatif sama dengan nilai tekanan balik, bila telah tercapai lalu katup tekanan balik dan katup tekanan sel ditutup. Kemudian tekanan sel dinaikan sebesar $0,5 \text{ kg/cm}^2$ sehingga akan tercapai tekanan sel sebesar $1,0 \text{ kg/cm}^2$. Kemudian langkah a dan b diulangi sehingga nilai B mencapai angka yang diinginkan.
- d. Pada saat nilai B mencapai nilai yang diinginkan, maka kenaikan tekanan sel dan tekanan balik tidak diperlukan lagi, proses saturasi dihentikan dengan menutup katup tekanan sel, tekanan pori, dan tekanan balik.

2. Tahap 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 saturasi biasanya lebih kecil daripada tegangan efektif yang terjadi pada contoh tanah. Tegangan efektif atau harga konsolidasi isotropik (Δ_3') dibentuk dengan mengatur katup tekanan sel (Δ_3) dan tekanan balik (u). Tujuan penggunaan tekanan balik pada proses konsolidasi adalah untuk membuat tekanan pori seperti pada kondisi di lapangan. Jadi tekanan balik merupakan datum untuk kelebihan tekanan pori, sehingga dapat disimpulkan bahwa dimana nilai konsolidasi isotropik ini adalah selisih nilai/besarnya tekanan sel terhadap nilai tekanan balik atau $\Delta_3' = \Delta_3 - u$.

- a. Seluruh katup yang berhubungan dengan sel triaksial ditutup. Dari kondisi akhir saat saturasi selesai, tekanan sel dinaikan atau tekanan balik diturunkan untuk memberikan tegangan efektif yang dibutuhkan.
- b. Setelah nilai tekanan konsolidasi isotropik tercapai lalu secara berurutan katup tekanan sel dibukadikusul secara bersamaan katup tekanan pori dan tekanan balik. Sebelumnya disiapkan stopwatch untuk mencatat tekanan pori dan volume tekanan balik untuk $t = 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64$ menit hingga sekitar 24 jam atau pada saat pembacaan tekanan pori telah

mendekati atau sama dengan tekanan balik yang ada. Atau dengan kata lain, konsolidasi selesai bila grafik hubungan antara perubahan volume tekanan balikkdengan akar kuadrat waktu telah tercapai nilai yang asimtotis.

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

3. Tahap Kompresi

Pada uji dengan triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi, air tidak diperbolehkan mengalir pada saat kompresi. Sehingga tekanan pori akan mengalami kenaikan hingga tanah mengalami keruntuhan. Untuk mendapatkan kondisi seperti ini maka kecepatan penurunan (settlement rate) yang terjadi harus cukup besar, pada pengujian ini diambil 0,01 mm/menit. Piston penekan dipastikan telah menyentuh top loading cap, setelah itu tangkai versneling dipindahkan ke posisi mendatar sehingga motor penggerak gigi dapat menggerakkan sek triaksial untuk menekan contoh tanah. Pembacaan axial force reading dan displacement reading diatur agar menunjukkan angka nol.

Proses kompresi dimulai dengan cara menyetel power-on mesin triaksial, lalu gigi roda akan menggerakkan sel traksial ke atas, menekan contoh tanah. Pembacaan tekanan pori setiap displacement tertentu dilakukan dengan memutar kontrol regulator hingga level air raksa dapat sejajar jarum nol indikator. Pada saat yang sama juga dibaca axial load yang terjadi dengan LRC = 0.14 lb/div. Pembacaan dilakukan hingga contoh tanah mengalami keruntuhan.

Setelah pengujian selesai, motor penggerak dimatikan, katup tekanan pori ditutup, air dalam sel dikeluarkan dengan cara menurunkan tekanan sel dan membuka sekrup pembuang udara sehingga air terdorong keluar. Karet dilepas dan membran karet dikeluarkan dari contoh tanah. Contoh tanah dikeluarkan dari sel triaksial, kemudian dicari kadar airnya.

BAB IV

DATA DAN ANALISA HASIL UJI LABORATORIUM

Hasil penelitian yang dibahas disini terdiri dari hasil pengujian sifat-sifat fisis dan mekanis dari contoh tanah asli dan hasil pengujian campuran tanah asli dan tanah yang telah dicampur bahan-bahan stabilisasi berupa semen dan pasir. Dari hasil pengujian tersebut, akan dilihat pengaruh bahan-bahan stabilisasi tersebut terhadap sifat fisis, dan sifat mekanis berupa kekuatan geser sebagaimana tujuan dalam penelitian ini.

4.1. Hasil dan Analisa Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung Asli

Pengujian sifat fisik tanah asli, yaitu berupa tanah lempung ekspansif yang berasal dari Cikarang, Jawa Barat, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Denny Lesayuti, Pudia Prisantdy, Vandemora, Faiza Firlany dan Daden Nursandi disajikan dalam **Tabel 4.1** berikut ini:

Tabel 4.1 Hasil Uji Sifat Fisis Tanah Asli

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

Data-data dari hasil pengujian sifat fisis ini selain sebagai penguat data juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi derajat pengembangan dari tanah sampel. Pada penelitian ini, penulis menggunakan kriteria yang dibuat oleh Seed (1962) untuk mengidentifikasi derajat pengembangan dari tanah lempung ekspansif Cikarang, yang menghubungkan nilai aktivitas lempung ($A_c = PI/CF-10$) dengan presentase fraksi lempung yang lolos saringan no. 200.

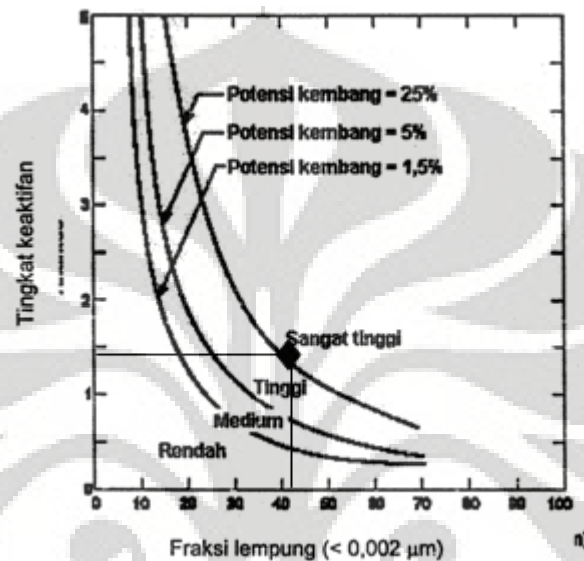
Pengujian sifat fisis tanah asli adalah bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dari tanah tersebut. Hasil dari pengujian sifat fisis tanah lempung ekspansif dapat dilihat di **Tabel 4.1**.

Nilai batas-batas Atterberg yang didapat adalah batas cair sebesar 89.84%, batas plastis 45.44%, dan batas susut 13.22%. Sehingga nilai indeks plastisitasnya adalah sebesar 44.40%. Nilai indeks plastisitas yang cukup besar pada tanah lempung ekspansif menunjukkan bahwa tanah ini merupakan jenis tanah yang memiliki tingkat plastisitas tinggi. Pengertian plastisitas itu sendiri adalah kemampuan tanah untuk berdeformasi atau berubah bentuk tanpa mengalami retak.

Pengujian analisa ukuran butiran tanah ini menunjukkan komposisi jenis tanah yang terkandung dalam tanah lempung ekspansif. Komposisi yang didapat adalah pasir 3.4%, lanau 55.9%, dan lempung 40.7%. Kandungan tanah jenis lanau yang didapat sedikit lebih dominan dibandingkan tanah jenis lempung, padahal seharusnya dalam tanah lempung ekspansif, tanah jenis lempung lebih dominan. Hal ini dapat disebabkan karena tanah sampel yang diambil di daerah Cikarang, Jawa Barat ini sudah tercampur dengan tanah-tanah urugan, sehingga ukuran butiran dari tanah tersebut menjadi lebih besar.

Data-data dari hasil pengujian batas-batas Atterberg dan analisa ukuran butiran selain sebagai penguat data juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi derajat pengembangan dari tanah sampel. Pada penelitian ini, penulis menggunakan kriteria yang dibuat oleh Prof. Seed (1962) untuk mengidentifikasi derajat pengembangan dari tanah lempung ekspansif Cikarang, yang menghubungkan nilai aktivitas lempung ($A_c = PI/CF-10$) dengan presentase fraksi lempung yang lolos saringan no. 200. Penentuan derajat pengembangan dari tanah lempung ekspansif ini menggunakan hasil-hasil pengujian batas-batas atterberg

dan analisa ukuran butiran, sehingga berdasarkan kriteria yang dibuat oleh Seed (1962) 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 s.d. sangat tinggi dengan potensi kembang sekitar 25% (**Gambar 4.1**).



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

Sedangkan untuk nilai potensi mengembang (*swelling*), tanah ekspansif yang berasal dari Ciakarang ini didapat *swelling* sekitar 8.938 %. Pengujian ini dilakukan sebanyak 2 kali dan didapat nilai *swelling* rata-rata adalah 8.938 %.

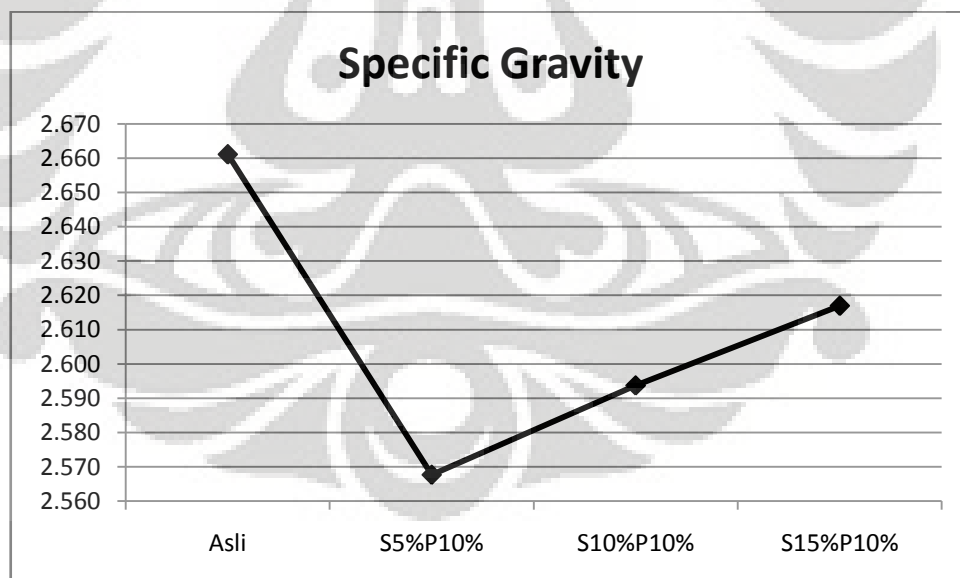
Hasil uji mineralogi memperlihatkan bahwa jenis mineral montmorillonite mempunyai presentase kandungan dalam sampel tanah sebesar 23.80 %, lebih kecil dari mineral halloysite yang kandungannya mencapai 49.66 %. Nilai kandungan mineral montmorillonite di dalam sampel tanah ini dipengaruhi oleh kondisi sampel tanah pada saat diambil di lapangan. Sampel tanah dapat dimungkinkan telah bercampur dengan tanah urugan atau material-material lainnya karena pengambilan sampel tanah hanya dilakukan di kedalaman 20 – 50 cm.

4.2. Hasil dan Analisa Pengujian Sifat Fisis Tanah Lempung Ekspansif yang Telah Dicampur Bahan Stabilisasi

Pengujian sifat-sifat fisis pada tanah lempung yang telah dicampur dengan bahan stabilisasi 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% dan pasir dengan presentase 10% dari berat tanah kering.

Pengujian sifat fisis tanah lempung yang telah dicampur bahan stabilisasi berupa semen dan pasir bertujuan untuk melihat seberapa jauh pengaruh bahan-bahan stabilisasi tersebut terhadap sifat fisis asli tanah lempung ekspansif. Selain itu, pengujian sifat fisis tanah asli yang telah dicampur dengan bahan stabilisasi juga bertujuan untuk menentukan presentase campuran yang optimum dan efisien yang mana presentase campuran tersebut akan digunakan untuk pengujian kekuatan geser tanah dengan Triaksial CU. Presentse campuran yang digunakan untuk semen adalah 5%, 10%, dan 15%, sedangkan untuk pasir adalah 10%.

a) Berat Spesifik



Gambar 4.2 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai Berat Spesifik

Pada **Gambar 4.2** nilai berat spesifik akan menurun saat pasir dan semen baru ditambahkan. Namun seiring dengan bertambahnya presentase

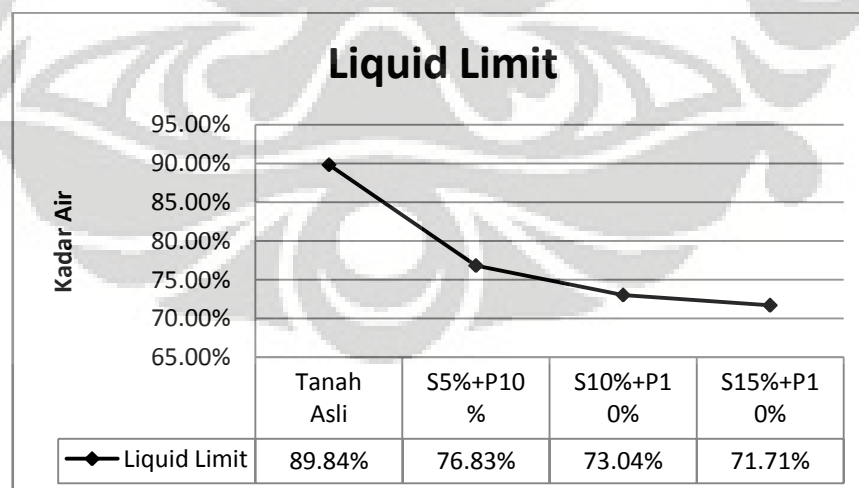
kadar semen (dengan presentase pasir yang tetap), nilai berat spesifik akan terus bertambah.

b) Batas-Batas Atterberg

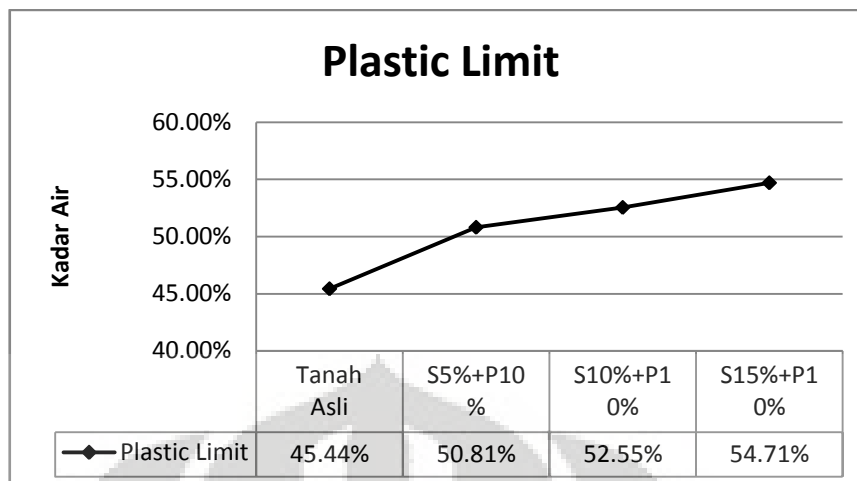
Batas-batas Atterberg yang ditinjau meliputi batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan index plastisitas. Efek penambahan bahan stabilisasi berupa semen dan pasir dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dibawah ini:

Tabel 4.2 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Batas-Batas Atterberg

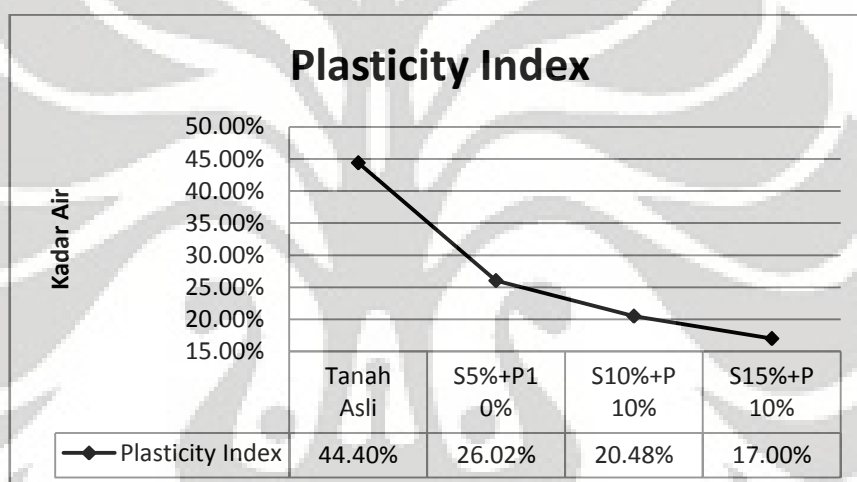
	Tanah Asli	S5%+P10%	S10%+P10%	S15%+P10%
Liquid Limit				
Seri 1	89.31%	76.22%	73.17%	72.49%
Seri 2	90.36%	77.45%	72.91%	70.93%
Rata - Rata	89.84%	76.83%	73.04%	71.71%
Plastic Limit				
Seri 1	45.12%	50.84%	52.27%	54.37%
Seri 2	45.76%	50.78%	52.84%	55.04%
Rata - Rata	45.44%	50.81%	52.55%	54.71%
Plasticity 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*



Gambar 4.4 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai *Plastic Limit*



Gambar 4.5 Pengaruh Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai *Plasticity Index*

Pengujian atterberg limit dilakukan 2 seri, hal ini bertujuan untuk memastikan apakah pengujian yang dilakukan sudah benar atau salah. **Gambar 4.3 – 4.5** menunjukkan hasil dari pengujian *atterberg limit* yang telah dirata-rata antara seri 1 dan seri 2. Pada **Gambar 4.3** batas cair (*liquid limit*) mengalami penurunan yang cukup drastis karena penambahan semen 5% dan pasir 10% yaitu berubah dari 89.84% menjadi 76.83%. Makin banyak presentase semen yang dicampurkan (sementara presentase pasir tetap), akan semakin menurun nilai batas cairnya, namun saat penambahan presentase semen 10% dan 15%, penurunannya tidak terlalu drastis (penurunan hanya 2-3%). Hal ini menunjukkan bahwa apabila presentase semen yang ditambahkan

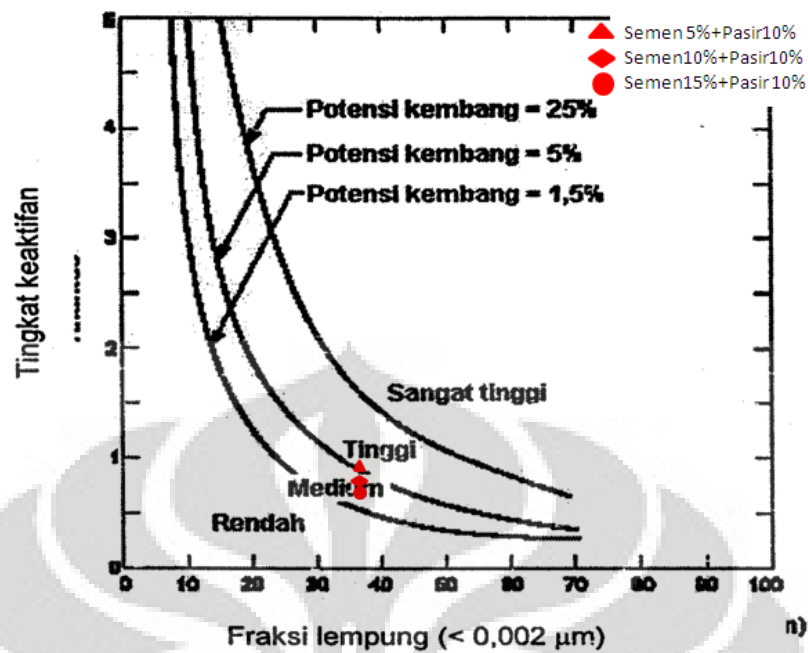
lebih dari 5%, maka hasilnya tidak signifikan sehingga akan tidak efisien apabila menambahkan presentase campuran semen lebih dari 5%.

Berbeda dengan batas cari, pada **Gambar 4.4** batas plastis (*plastic limit*) akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan presentase semen ke dalam tanah lempung ekspansif. Tetapi pola perubahan nilai batas plastis terhadap penambahan presentase semen relatif sama dengan pola perubahan nilai batas cair. Pada saat penambahan semen 5% dan pasir 10%, nilai batas plastis menurun relatif besar, yaitu dari 45.44% menjadi 50.81%. Namun pada saat peningkatan penambahan presentase semen menjadi 10% dan 15%, penurunan nilai batas plastis tidak terlalu signifikan yaitu $\pm 2\%$.

Nilai indeks plastisitas akan berubah seiring dengan berubahnya nilai batas cair (menurun) dan batas plastis (meningkat) karena $IP = LL - PL$, sehingga nilai indeks plastisitas akan mengalami penurunan (**Gambar 4.5**). Pada saat penambahan semen 5% dan pasir 10%, nilai indeks plastisitas berubah dari 44.40% menjadi 26.02% dan selanjutnya terus mengalami penurunan seiring dengan penambahan presentase semen.

Penambahan pasir dapat mempengaruhi batas-batas Atterberg pada tanah lempung, hal ini terjadi karena pasir akan mengisi rongga-rongga tanah (filler) dan membuat tanah menjadi padat sehingga nilai batas cair dapat menurun dan akhirnya mempengaruhi nilai indeks plastisitas.

Sedangkan campuran semen dan pasir pada tanah lempung dapat menurunkan nilai indeks plastisitas karena adanya reaksi penyerapan air (absorpsi) dan pertukaran ion pada campuran tanah dengan semen portland. 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.



Gambar 4.6 Pengaruh Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Derajat Pengembangan Tanah Ekspansif Berdasarkan Kriteria Seed (1962)

c) Pemadatan

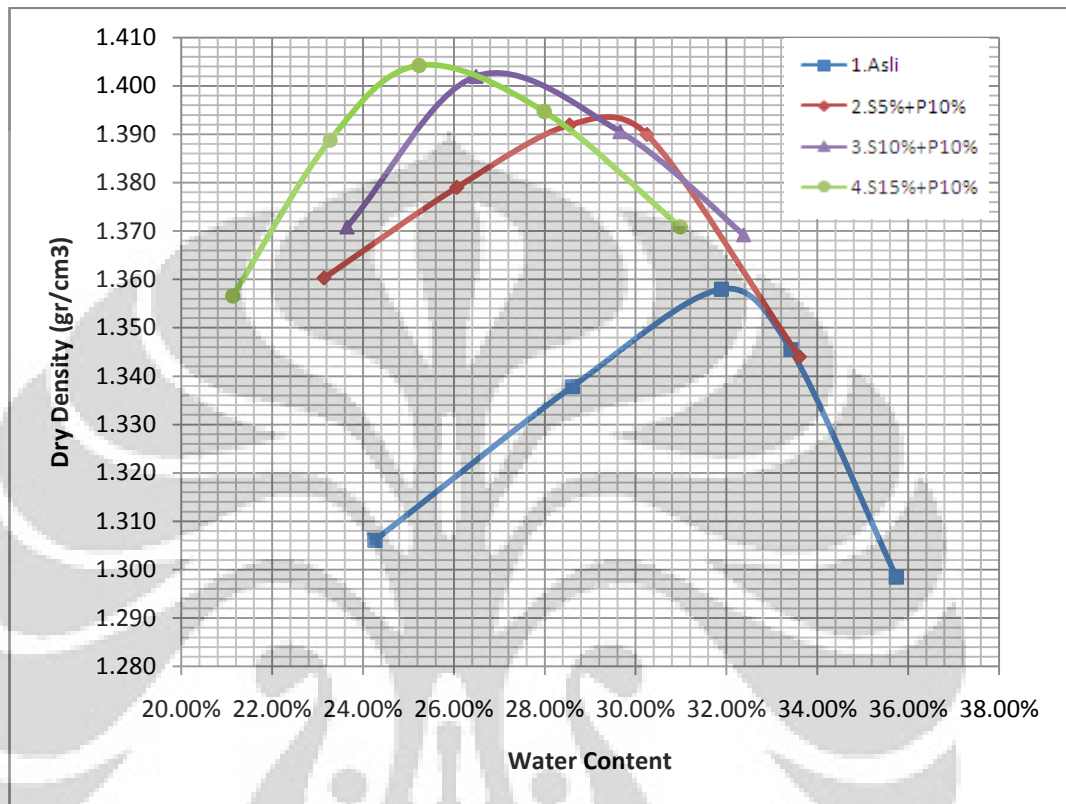
Tabel 4.2 menunjukkan nilai perubahan *optimum water content* dan *maximum dry density* terhadap penambahan kadar bahan stabilisasi.

Tabel 4.2 Pengaruh Bahan Sablilisasi Terhadap Nilai Berat Kering Maksimum

	Asli	S5%+P10%	S10%+P10%	S15%+P10%
Opt. Water content	32.3%	29.4%	26.8%	25.3%
Max Dry density, gr/cm ³	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 semen dan pasir (Gambar 4.7). Tipe tanah serta gradasi juga akan mempengaruhi kurva pemadatan, umumnya tanah yang dominan berbutir halus atau *fine grain* akan membutuhkan kadar air lebih untuk mencapai pemadatan optimum, sebaliknya tanah dominan berbutir kasar atau *coarse grain* membutuhkan sedikit kadar air untuk mencapai kadar air pemadatan optimum. Hal ini juga terkait pada sifat plastisitasnya dimana tanah berbutir

halus atau *fine grain* seperti lempung kelanauan memiliki sifat plastis dibanding tanah berbutir kasar seperti pasir kelanauan yang memiliki index plastisitas rendah.



Gambar 4.7 Efek Bahan Stabilisasi Terhadap Hasil Pengujian Standard Proctor

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). Sedangkan reaksi penyerapan air (absorpsi) dan pertukaran ion pada campuran tanah dengan semen akan membuat kadar air semakin rendah. 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. Sehingga, dengan penambahan semen dan pasir, maka butiran tanah lempung lebih bergradasi kasar dan membutuhkan sedikit kadar air untuk mencapai kadar air pematatan optimum.

4.3. Hasil dan Analisa Pengujian Unconfined Compression Strength

Percobaan dengan *unconfined compression test* ini dilakukan untuk membandingkan tegangan maksimum yang dapat diterima contoh uji dengan *deviator stress* maksimum yang dihasilkan oleh percobaan triaksial *CU*. Dari perbandingan ini akan diketahui perilaku contoh uji masing-masing percobaan dan korelasi tegangan percobaan triaksial *CU* terhadap percobaan *unconfined*.

Percobaan *unconfined* ini menggunakan sampel tanah ekspansif yang telah dicampur bahan stabilisasi berupa semen 5% dan pasir 10% dan diuji sebanyak 2 seri untuk setiap kondisi sampel. Kondisi sampel adalah pada kadar air optimum campuran sedangkan variasi yang digunakan berupa masa peram yaitu 0 hari (3 jam), 4 hari, dan 7 hari. Percobaan ini bertujuan untuk melihat efek masa pemeraman pada tanah lempung ekspansif yang telah dicampur bahan stabilisasi terhadap tegangan maksimum (q_u maks) yang dapat ditahan oleh contoh uji.

Percobaan *unconfined* ini menghasilkan grafik yang menggambarkan hubungan antara *Stress vs Strain* pada contoh uji terhadap masa pemeraman. Grafik tersebut memberikan informasi mengenai perilaku contoh uji terhadap tegangan (*stress*) yang diberikan selama pengujian berlangsung. Selain itu akan diketahui pula tegangan maksimum (q_u maks) yang dapat ditahan oleh contoh uji. Grafik tersebut ditunjukkan pada **Gambar 4.8**.

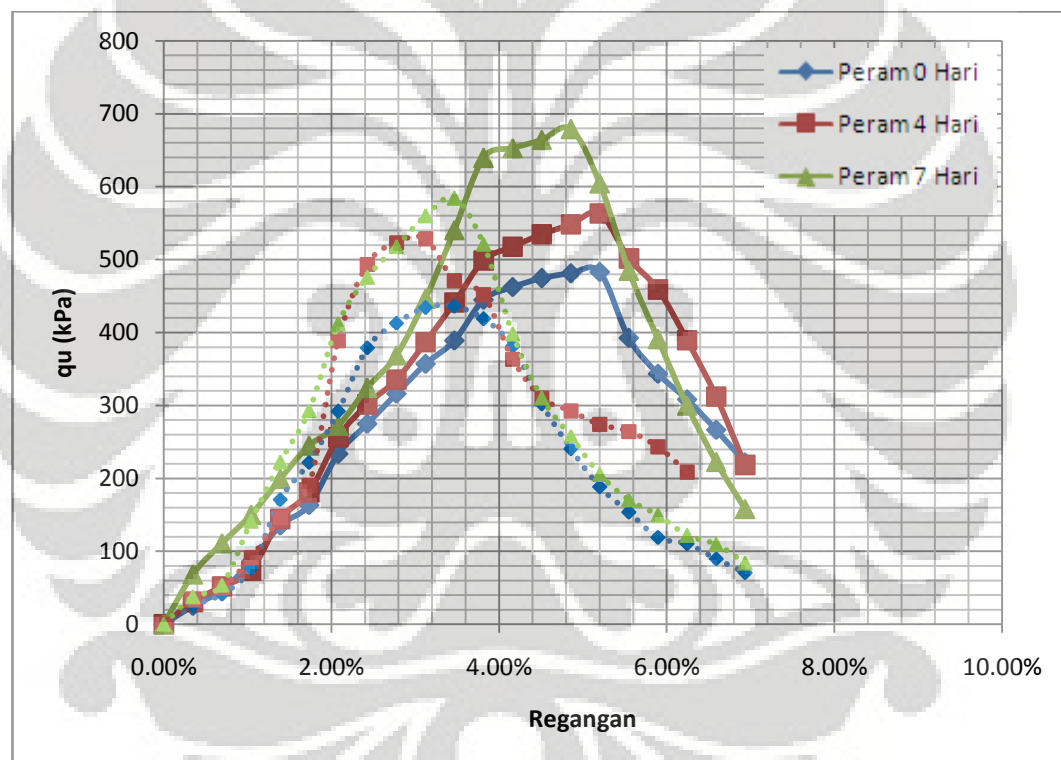
Dari **Gambar 4.8** memperlihatkan bahwa dengan memperlama masa pemeraman pada contoh uji akan memberikan kontribusi terhadap kemampuan contoh uji untuk menerima beban yang lebih besar. Pada grafik terlihat bahwa tegangan maksimum (q_u maks) akan meningkat seiring dengan penambahan masa pemeraman. Pada masa pemeraman 0 hari, tegangan maksimum terjadi pada 435.96 - 482.9 kPa. Sedangkan pada masa pemeraman 4 hari adalah 528.42 - 563.4 kPa atau peningkatan sekitar 16% dan 584.18 - 678.9 kPa (40%) pada masa pemeraman 7 hari. Peningkatan kekuatan tersebut cenderung linier (**Gambar 4.9**). Dari hasil-hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan pemberian masa pemeraman, maka kekuatan tanah yang telah dicampur dengan semen 5% dan pasir 10% akan meningkat secara signifikan.

Peningkatan kekuatan ini lebih disebabkan adanya campuran bahan stabilisasi berupa semen, sedangkan pasir hanya berfungsi sebagai *filler* yang

menyebabkan tanah menjadi lebih granular. Apabila tanah yang telah dicampur dengan semen diberi air, maka campuran tersebut akan mengeras. Semen dapat mengeras karena adanya proses kimia antara semen dan air yang disebut proses hidrasi semen dan menyebabkan terjadinya lekatan yang kuat antar butiran tanah.

Tabel 4.3 Pengaruh Masa Pemeraman Terhadap Nilai q_u

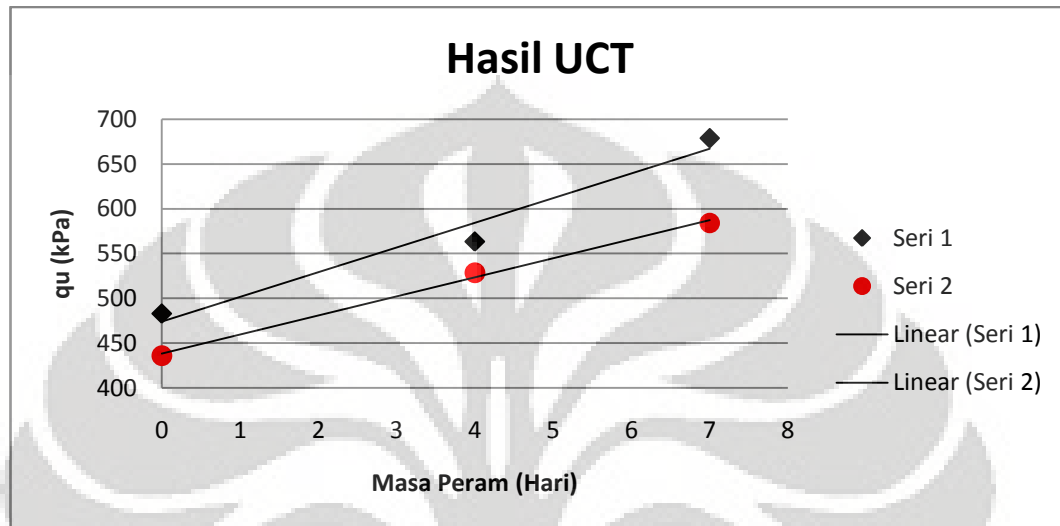
Lama Peram	q_u		Su		Strain	
	seri 1	seri 2	seri 1	seri 2	seri 1	seri 2
Peram 0 Hari	482.93	435.96	241.46	217.98	5.20%	3.47%
Peram 4 Hari	563.42	528.53	281.71	264.26	5.20%	3.12%
Peram 7 Hari	678.92	584.18	339.46	292.09	4.85%	3.47%



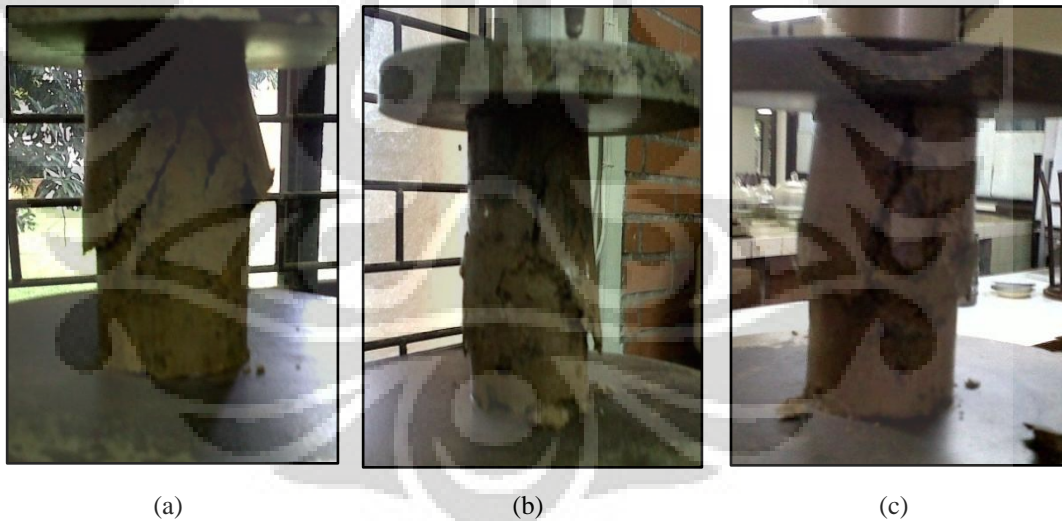
Gambar 4.8. Grafik *Stress vs Strain* dengan Uji UCT pada Kondisi Masa Pemeraman yang Berbeda

Proses hidrasi akan selalu terjadi seiring bertambahnya umur contoh benda uji (seperti pada beton), sehingga apabila semakin lama masa pemeraman, maka kekuatan contoh benda uji akan semakin meningkat pula. Selain itu, regangan yang dapat dicapai pada saat mencapai tegangan maksimum pada masa pemeraman yang berbeda-beda tersebut relatif sama. Masa pemeraman 0 hari dan

4 hari akan menghasilkan regangan sebesar 3.12% - 5.20%, sedangkan masa pemeraman 7 hari adalah 3.47% - 4.85%. Dari bentuk grafik pun dapat disimpulkan bahwa contoh uji mengalami kondisi getas dimana terjadi penurunan kekuatan yang signifikan setelah mencapai q_u maksimum.



Gambar 4.9. Pengaruh Masa Pemeraman Terhadap Kekuatan Contoh Benda Uji



Gambar 4.10. Contoh Benda Uji Pada Saat Pengujian Kuat Tekan
(a) Kondisi Peram 0 Hari; (b) Kondisi Peram 4 Hari; (c) Kondisi Peram 7 Hari

4.4. Hasil dan Analisa Pengujian Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi

4.4.1. Tanah Ekspansif Tanpa Campuran

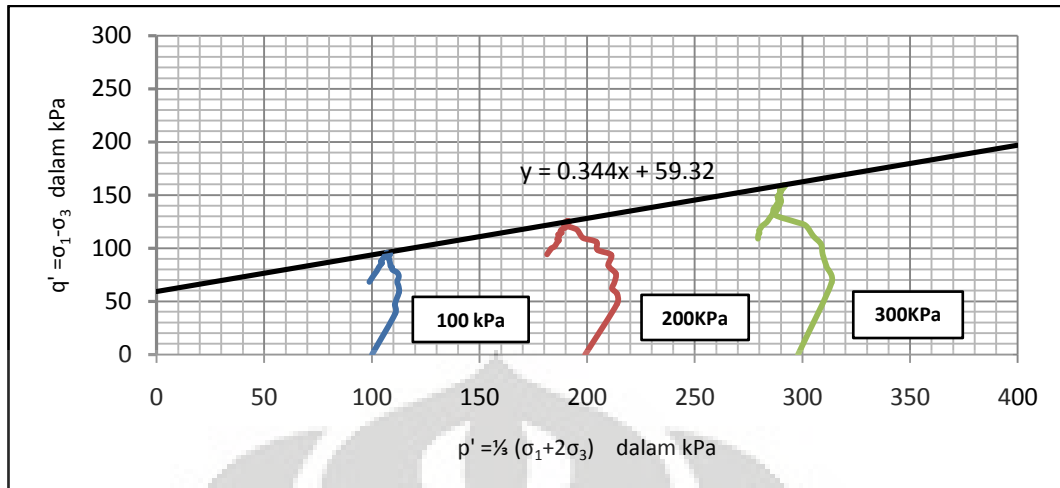
Sampel tanah yang digunakan untuk uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi adalah tanah ekspansif asli pada kondisi optimum, yaitu pada saat kadar air $\pm 32.3\%$. Sampel tanah dicetak menggunakan pemadatan standar dan dipadatkan di dalam *mold* kecil berdiameter ± 10.16 cm dan tinggi ± 11.78 cm. Kemudian sampel tanah yang telah padat tersebut dicetak kembali ke dalam cetakan tanah untuk pengujian triaksial yang mempunyai perbandingan tinggi dan diameternya adalah 2:1. Sedangkan jumlah sampel yang dicetak adalah sebanyak 3 buah (untuk penggunaan 1 seri triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi) yaitu untuk pemberian σ_3 sebesar 100 kPa, 200 kPa, dan 300 kPa.

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. Derajat kejenuhan disimbolkan dengan koefisien B yang menyatakan perbandingan antara kenaikan tekanan pori terhadap kenaikan tekanan sel ($B = \Delta u / \Delta \sigma_3$). Nilai B yang harus dicapai minimal adalah 0.95. Hasil dari proses saturasi (nilai B) dapat dilihat dari **Tabel 4.4**, sedangkan hasil selengkapnya untuk hasil proses saturasi dapat dilihat pada lampiran.

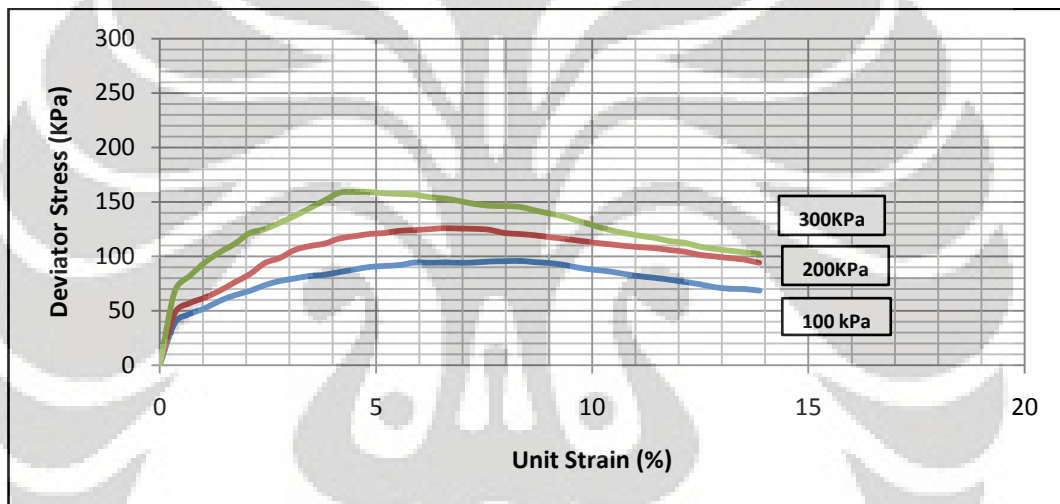
Tabel 4.4. Hasil Proses Saturasi Pada Tanah Ekspansif Tanpa Campuran

	σ_3	Cell Pressure	Koef. B
Sampel 1	100 kPa	150 kPa	0.96
Sampel 2	200 kPa	150 kPa	0.98
Sampel 3	300 kPa	150 kPa	0.98

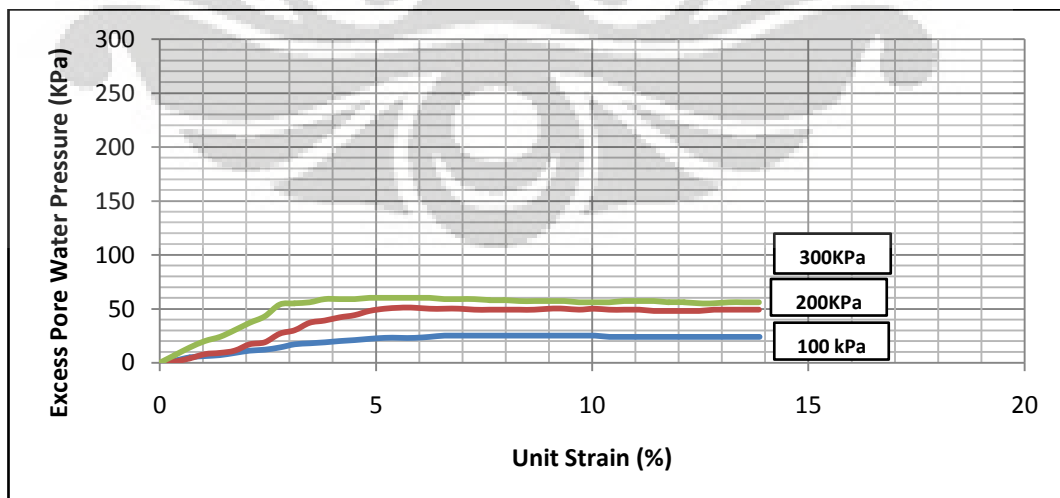
Tahap yang kedua adalah proses konsolidasi yaitu proses untuk memberikan tegangan efektif pada contoh tanah uji sesuai dengan tegangan efektif yang terjadi sebenarnya dilapangan. Pada penelitian ini, tegangan efektif atau harga konsolidasi isotropik ($\Delta \sigma_3'$) yang diberikan pada masing-masing sampel adalah 100 kPa, 200 kPa, dan 300 kPa. Hasil dari proses konsolidasi adalah perubahan volume dan perubahan tekanan air pori yang terjadi pada sampel. Grafik hubungan perubahan volume dan perubahan tekanan air pori dapat dilihat pada lampiran.



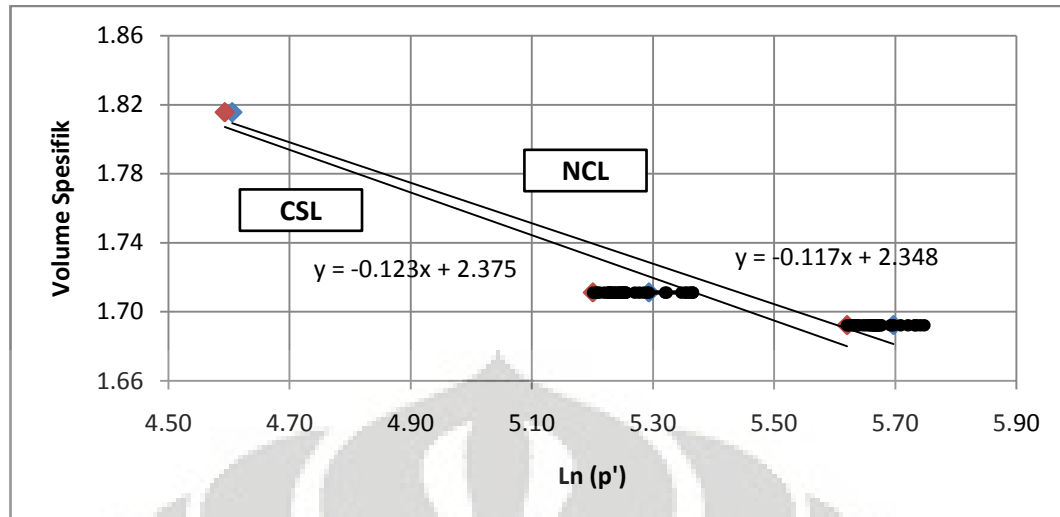
Gambar 4.11. Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Ekspansif Tanpa Campuran



Gambar 4.12. Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ϵ) Pada Sampel Tanah Tanpa Campuran



Gambar 4.13. Grafik Regangan (ϵ) Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Ekspansif Tanpa Campuran



Gambar 4.14. Grafik Hubungan $\text{Ln}(p')$ – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Ekspansif Tanpa Campuran

Proses kompresi dengan triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi, air tidak diperbolehkan mengalir pada saat kompresi. Sehingga tekanan pori akan mengalami kenaikan hingga tanah mengalami keruntuhan. **Gambar 4.11** menunjukkan grafik hubungan tegangan deviator (q) terhadap tegangan efektif (p'). Semua grafik menggambarkan kemiripan yaitu bergerak ke arah sumbu-x positif kemudian ke sumbu-x negatif sampai pada akhirnya sampel tanah mengalami keruntuhan. 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.

Dari pola pergerakan kurva *stress path* dapat diidentifikasi kondisi sampel pada saat pengujian, apakah tanah tersebut berada dalam kondisi *normally consolidated* atau *over consolidated*. *Stress path* 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). Nilai tegangan efektif pada saat tanah mengalami keruntuhan berada di sebelah kiri atau lebih kecil dari tegangan efektif awal. Namun kurva *stress path* yang diberi tegangan 100 kPa sedikit mengalami *over consolidated* karena tegangan efektif pada saat mengalami keruntuhan berada

di sebelah kanan tegangan efektif awal. Hal ini dipengaruhi oleh proses pemadatan tanah pada saat pencetakan sampel. Tekanan yang diberikan pada saat pemadatan tanah tidak homogen/rata, sehingga kondisi tanah pada saat pengujian triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi dapat berbeda-beda. Selain itu, dari grafik tersebut bisa didapatkan parameter M dan q_0 . Parameter-parameter ini dapat menentukan kekuatan geser tanah dan akan dibahas pada sub-bab berikutnya.

Gambar 4.14 merupakan grafik hubungan antara volume spesifik (v) dan $\ln(p')$. Grafik ini juga dapat menggambarkan kondisi tanah sampel. Berdasarkan grafik tersebut, tanah sampel berada dalam kondisi *normally consolidated* karena garis *critical state line* berada di sebelah kiri garis *normal consolidation line*.

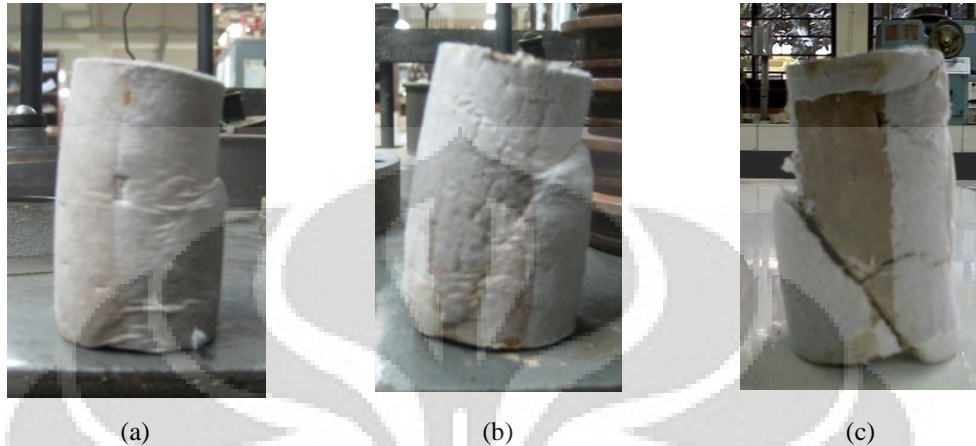
Hubungan antara tegangan deviator (q) terhadap regangan diperlihatkan grafik pada **Gambar 4.12**. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa tegangan deviator maksimum akan meningkat seiring dengan peningkatan σ_3 yang diberikan karena tekanan akan mempengaruhi kemampatan/kepadatan tanah. Semakin besar tekanan, semakin besar pula kepadatan tanah sehingga nilai tegangan deviator maksimum semakin besar. Regangan yang terjadi pada saat mencapai nilai tegangan deviator maksimum terjadi pada 4.85% - 8.32%, dengan rata-rata regangan yang dapat ditahan tanah ekspansif asli adalah 7.63%.

Tabel 4.5. Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Ekspansif Tanpa Campuran

σ_3 (kPa)	100	200	300
q (kPa)	95.701	125.732	159.105
ϵ (%)	8.32	6.93	4.85
ϵ rata2	7.63		

Pada grafik hubungan perubahan tekanan air pori terhadap regangan (**Gambar 4.13**), grafik tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi *undrained*, air pori tidak diperbolehkan mengalir keluar dari contoh tanah, sehingga saat diberikan beban, air pori turut memikul beban. Kondisi ini dapat dibuktikan dari bentuk kurva yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan nilai regangan. Hal inilah yang menjadikan tekanan air pori terus meningkat sampai pada kondisi air pori tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan, yaitu pada saat tanah mulai mengalami keruntuhan. Dari grafik tersebut juga dapat disimpulkan bahwa

semakin besar tekanan yang diberikan, maka nilai perubahan tekanan air pori juga akan meningkat. Nilai perubahan tekanan air pori maksimum berturut-turut untuk tekanan 100 kPa, 200 kPa, dan 300 kPa adalah 25 kPa, 50 kPa, dan 60 kPa.



(a) (b) (c)
Gambar 4.15. Sampel Tanah Ekspansif Asli Setelah Proses Kompresi
 (a) 100 kPa; (b) 200 kPa; (c) 300 kPa

4.4.2. Tanah Ekspansif dengan Campuran Semen dan Pasir

Penentuan pemakaian presentase campuran semen yang digunakan untuk uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi adalah berdasarkan hasil uji atterberg limit terhadap tanah ekspansif + pasir dengan kadar semen 5%, 10%, dan 15%. Dari hasil-hasil tersebut didapatkan bahwa campuran 5% semen merupakan kadar campuran yang paling efisien karena apabila dengan menambahkan kadar semen menjadi 10% atau 15%, hasil yang didapatkan tidak terlalu signifikan. Selain itu, penggunaan kadar semen yang berlebih tentu saja tidak akan ekonomis karena semen harganya relatif mahal.

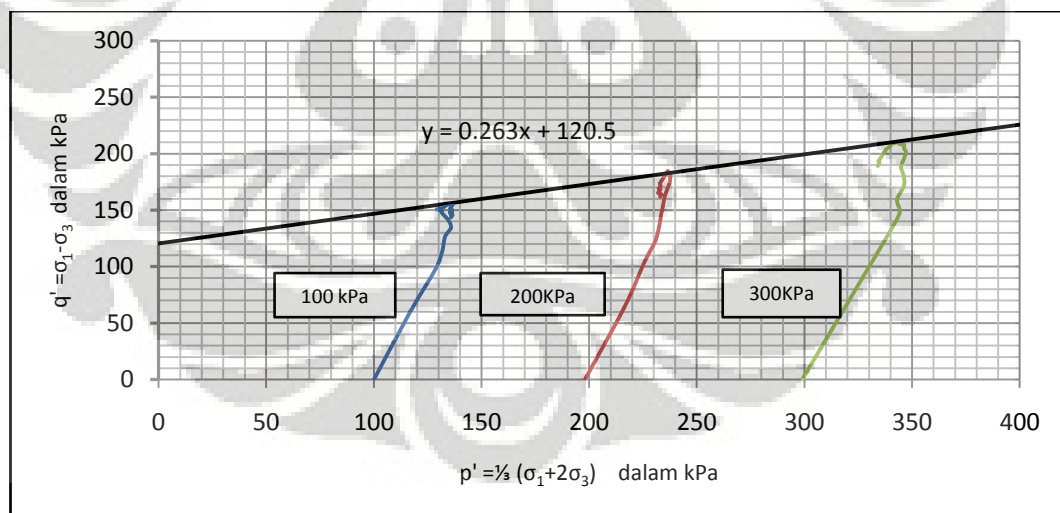
Sampel tanah yang digunakan untuk uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi adalah tanah ekspansif dengan campuran 5% semen dan 10% pasir. Kondisi sampel adalah pada kondisi optimum campuran, yaitu pada saat kadar air $\pm 29.4\%$. Proses pencetakan sampel tanah sama seperti pada tanah ekspansif asli. Hanya saja, sampel tanah ekspansif dengan campuran ini diperam selama ± 3 jam setelah dicetak. Hal ini bertujuan untuk membiarkan agar semen dan pasir dapat bereaksi dengan tanah.

Uji triaksial dimulai dengan proses saturasi. Sama seperti tanah ekspansif tanpa campuran, proses ini bertujuan untuk mencari nilai koefisien B minimal sebesar 0.95. Perbedaanya dengan tanah ekspansif tanpa campuran adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat saturasi > 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.

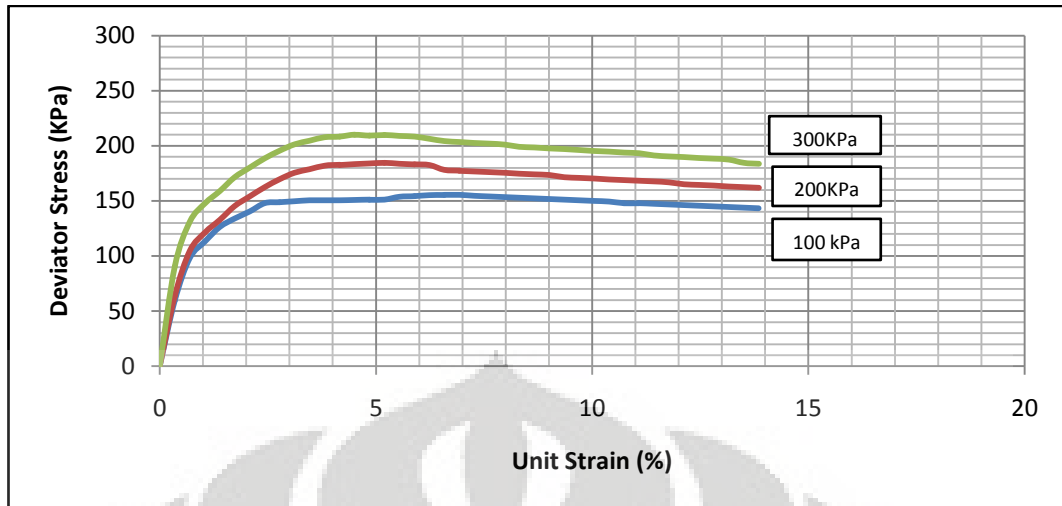
Tabel 4.6. Hasil Proses Saturasi Pada Tanah Ekspansif dengan Campuran

	σ_3	Cell Pressure	Koef. B
Sampel 1	100 kPa	150 kPa	0.96
Sampel 2	200 kPa	150 kPa	0.96
Sampel 3	300 kPa	150 kPa	0.98

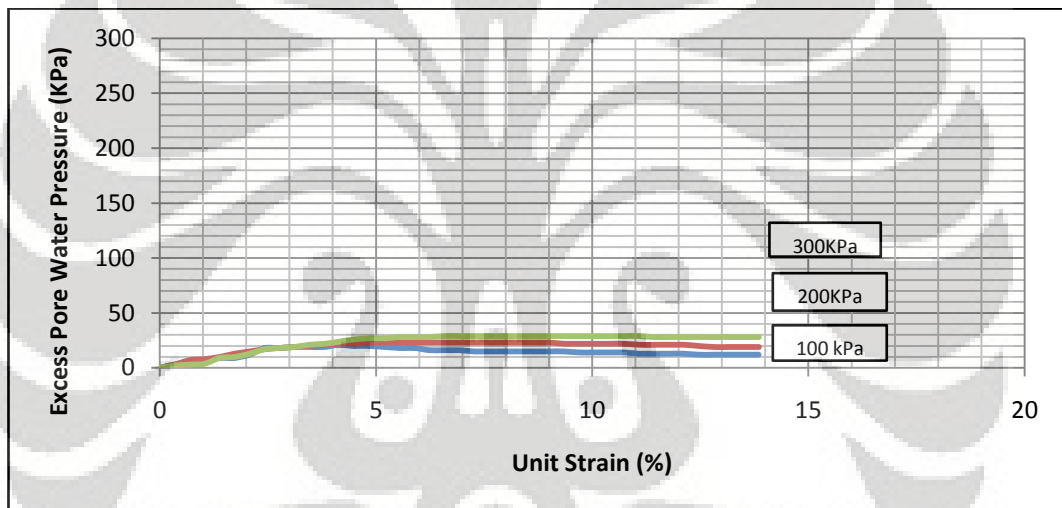
Tahap kedua adalah proses konsolidasi. Hasil dari proses konsolidasi adalah perubahan volume dan perubahan tekanan air pori yang terjadi pada sampel. Grafik hubungan perubahan volume dan perubahan tekanan air pori dapat dilihat pada lampiran.



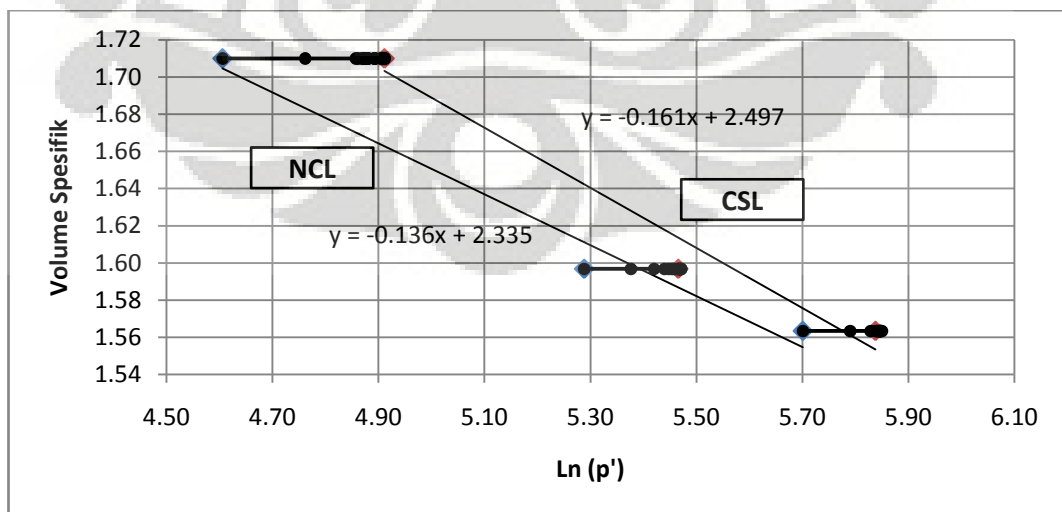
Gambar 4.16. Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Tegangan Efektif (p') Pada Sampel Tanah Ekspansif Dengan Campuran



Gambar 4.17. Grafik Hubungan Deviator Stress (q) Terhadap Unit Strain/Regangan (ε) Pada Sampel Tanah Dengan Campuran



Gambar 4.18. Grafik Regangan Terhadap Δu Pada Sampel Tanah Ekspansif Dengan Campuran



Gambar 4.19. Grafik Hubungan Ln (p') – Volume Spesifik (v) Pada Sampel Tanah Ekspansif Dengan Campuran

Gambar 4.16 menunjukkan grafik hubungan tegangan deviator terhadap tegangan efektif. Semua grafik menggambarkan kemiripan yaitu selalu bergerak ke arah sumbu-x positif lalu pergerakannya cenderung vertikal sampai pada akhirnya mengalami keruntuhan. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan efektif selalu bertambah seiring dengan penambahan beban. Pada perbandingan grafik *stress path*, pergerakan *stress path* ke arah sumbu-x positif pada contoh sampel tanah mengalami kondisi *overconsolidated* yang sangat besar karena bentuk lengkungannya yang condong ke kanan. Nilai tegangan efektif yang terjadi pada saat mengalami keruntuhan jauh lebih besar daripada tegangan efektif awal.

Gambar 4.19 merupakan grafik hubungan antara volume spesifik (v) dan $\ln(p')$. Grafik ini juga dapat menggambarkan kondisi tanah sampel. Berdasarkan grafik tersebut, tanah sampel berada dalam kondisi *over consolidated* karena garis *critical state line* berada di sebelah kanan garis *normal consolidation line*.

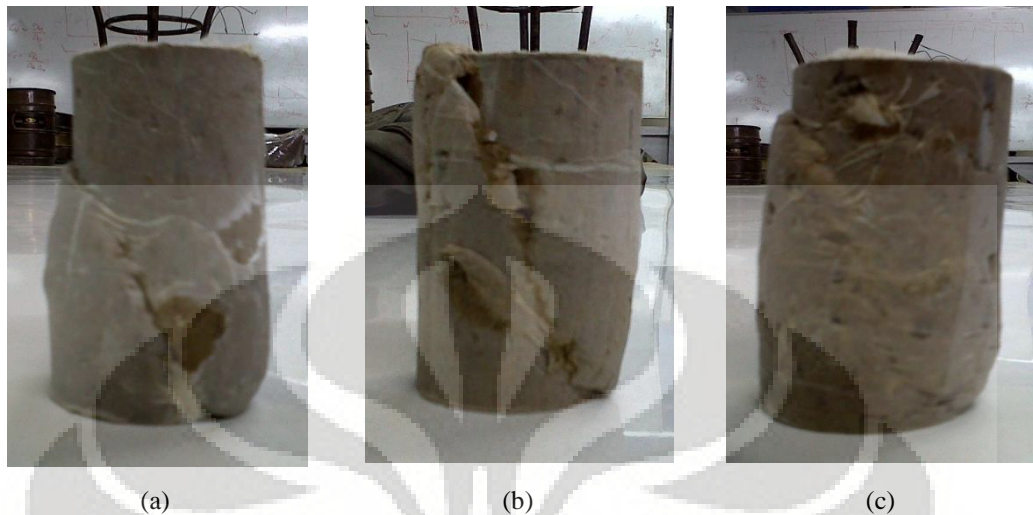
Hubungan antara tegangan deviator (q) terhadap regangan diperlihatkan grafik pada **Gambar 4.17**. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa tegangan deviator maksimum akan meningkat seiring dengan peningkatan σ_3 yang diberikan karena tekanan akan mempengaruhi kemampuan/kepadatan tanah. Semakin besar tekanan, semakin besar pula kepadatan tanah sehingga nilai tegangan deviator maksimum semakin besar. Regangan yang terjadi pada saat mencapai nilai tegangan deviator maksimum terjadi pada 5.20% - 7.62%, dengan rata-rata regangan yang dapat ditahan tanah ekspansif asli adalah 6.06%.

Tabel 4.7. Nilai Tegangan Deviator Maksimum dan Regangan Pada Tanah Ekspansif Dengan Campuran

σ_3 (kPa)	100	200	300
$\Delta\sigma$ (kPa)	155.450	184.437	209.999
ϵ (%)	6.93	5.20	7.62
ϵ rata2	6.06 %		

Gambar 4.18 menunjukkan grafik hubungan perubahan tekanan air pori terhadap regangan. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan, maka nilai perubahan tekanan air pori juga akan meningkat. Namun pada mulanya, besarnya perubahan tekanan air pori relatif

sama sampai regangan sekitar 4%. Setelah regangan tersebut, nilai perubahan tekanan air pori berubah seiring dengan tekanan yang dialami tanah.



Gambar 4.20. Sampel Tanah Ekspansif Dengan Campuran Setelah Proses Kompresi
(a) 100 kPa; (b) 200 kPa; (c) 300 kPa

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

4.5.1. Perilaku Tanah Ekspansif Akibat Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Tegangan Deviator dan Perubahan Tekanan Air Pori

Pemberian pembebanan dilakukan sampai mencapai regangan $\pm 14\%$. Dari **Tabel 4.8** di bawah 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.

Nilai tegangan deviator tanah ekspansif akan meningkat karena penambahan campuran pasir dan semen. Peningkatan nilai tegangan deviator berkisar antara 50.89 kPa – 59.75 kPa. Peningkatan ini disebabkan karena semen bereaksi dengan air yang terkandung di dalam tanah sehingga tanah tersebut mengeras. Sementara fungsi pasir dalam campuran tersebut hanyalah sebagai *filler* agar tanah menjadi lebih padat. Berbeda dengan tegangan deviator,

penurunan regangan terjadi pada sampel tanah yang telah dicampur semen dan pasir. Penurunan regangan dari 6.70 % menjadi 6.06 %. Hal ini berarti tanah tersebut telah mengalami perbaikan sehingga tanah tersebut menjadi lebih kaku dari pada sebelum dilakukan pencampuran

Tabel 4.8. Perbandingan Tegangan Deviator dan Perubahan Tekanan Air Pori Tanah Ekspansif Tanpa Campuran dan Dengan Campuran

Jenis Sampel	σ_3 (kPa)	q (kPa)	Δu (kPa)	ε (%)	ε rata2
Tanah ekspansif tanpa campuran	100	95.70	25.00	8.32	6.70%
	200	125.73	50.00	6.93	
	300	159.10	60.00	4.85	
Tanah ekspansif dengan campuran semen dan pasir	100	155.45	16.00	6.93	6.06%
	200	184.44	23.00	5.20	
	300	210.00	26.00	7.62	

Sedangkan pada kondisi *undrained*, air pori tidak diperbolehkan mengalir keluar dari contoh tanah, sehingga saat diberikan beban, air pori turut memikul beban. Kondisi ini dapat terlihat dari bentuk kurva yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan nilai regangan. Hal inilah yang menjadikan tekanan air pori terus meningkat sampai pada kondisi air pori tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan, yaitu pada saat tanah mulai mengalami keruntuhan.

Berdasarkan **Tabel 4.8**, perubahan tekanan pori akan meningkat seiring dengan bertambahnya σ_3 yang diberikan pada sampel tanah. Hal ini disebabkan semakin besar tekanan yang diberikan, maka sampel tanah akan semakin mampat sehingga tekanan air porinya semakin besar. Selain itu, nilai perubahan tekanan air pori pada tanah ekspansif yang sudah dicampur dengan semen dan pasir lebih kecil daripada nilai perubahan tekanan air pori tanah ekspansif tanpa campuran. Air pori yang terdapat dalam tanahlah yang menyebabkan tanah tersebut mempunyai tekanan air pori. Sehingga semakin sedikit kandungan air pori di dalam tanah tersebut, maka tekanan air porinya pun akan semakin kecil. Hal inilah yang menyebabkan perubahan tekanan air pori pada tanah yang telah dicampur bahan stabilisasi lebih kecil. Adanya semen dalam tanah membuat kandungan air di dalam tanah menjadi berkurang.

4.5.2. Perilaku Tanah Ekspansif Akibat Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Parameter Kekuatan Geser

Hasil dari pengujian yang dilakukan adalah didapatnya parameter-parameter kekuatan geser dari tanah ekspansif dan yang telah dicampur dengan semen 5% dan pasir 10% dengan pemeraman 0 hari. Parameter-parameter kekuatan geser tersebut adalah c dan ϕ . Parameter – parameter kekuatan geser 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:

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

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

Data-data yang didapatkan dari hasil pengujian pada kondisi terkonsolidasi tak terdrainasi diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik (**Gambar 4.11 dan 4.15**), sehingga dapat dengan jelas dilihat bagaimana perilaku tanah ekspansif pada saat pembebanan dilakukan. Dari hasil-hasil pengujian dan pengolahan data yang didapat adalah berupa parameter kekuatan geser tanah ekspansif sebelum dan sesudah dicampur dengan semen dan pasir.

Tabel 4.9. Perbandingan Parameter Kekuatan Geser Tanah Ekspansif Tanpa Campuran dan Dengan Campuran

Parameter	Tanah Ekspansif	
	Tanpa Campuran	Dengan Campuran
M	0.344	0.263
q_0	59.32	120.5
ϕ' (°)	9.36	7.24
c' (kPa)	28.83	58.96

Dari **Tabel 4.9** dapat dilihat adanya suatu peningkatan nilai kohesi dan penurunan sudut geser dari sampel tanah sebelum dilakukan pencampuran dan sesudah dilakukan pencampuran dengan semen dan pasir. Peningkatan nilai kohesi yaitu sekitar 104.48 %, yaitu dari 28.83 kPa menjadi 58.96 kPa. Sedangkan sudut gesernya mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan sebesar 22.70

%, yaitu dari 9.36° menjadi 7.24° . Dari perubahan nilai parameter kekuatan geser ini dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan campuran semen, maka akan menambah nilai kohesi antar partikel tanah. Namun pengaruh campuran pasir terhadap sampel tanah tidak terlalu berpengaruh karena pengaruh semen lebih dominan terhadap sampel tanah, sehingga nilai kuat gesernya berkurang.

Parameter kekuatan geser lainnya adalah M dan q_0 . M adalah nilai suatu gradien kemiringan garis batas kondisi kritis dari contoh tanah tersebut yang berarti merupakan perbandingan antara nilai q dan p' pada titik batas kondisi runtuh. Sedangkan 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.

4.5.3. Perilaku Tanah Ekspansif Akibat Penambahan Semen dan Pasir Terhadap Parameter λ , N , dan Γ

Pada grafik pada **Gambar 4.14 dan 4.18** terdapat dua buah garis, yaitu garis konsolidasi normal (NCL) dan garis kondisi kritis (CSL). Persamaan dari garis konsolidasi normal adalah $v = N - \lambda \ln p'$ dimana dari persamaan tersebut didapatkan parameter λ_{NCL} yang merupakan gradien dari garis konsolidasi normal dan parameter N . Persamaan garis kondisi kritis adalah $v = \Gamma - \lambda \ln p'$ dari persamaan ini didapat parameter λ_{CSL} dan parameter Γ . Lintasan - lintasan tegangan pada $v - \ln p'$ selalu bermula dari garis NCL dan akan selalu berakhir disekitar garis CSL. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bagaimana perilaku tanah yang telah dipadatkan ketika mengalami pembebanan, dimana grafiknya landai menandakan perubahan dari volume yang kecil ketika pembebanan. Idealnya kemiringan NCL dan CSL adalah sama. Namun pada percobaan ini kemiringan antara dua garis ini tidak sama disebabkan volume spesifik awal dan rentang keruntuhan yang berbeda untuk setiap contoh uji.

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.

Tabel 4.10. Perbandingan Parameter λ , N, dan Γ Tanah Ekspansif Tanpa Campuran dan Dengan Campuran

Parameter	Tanah Ekspansif	
	Tanpa Campuran	Dengan Campuran
N	2.375	2.335
λ_{NCL}	-0.123	-0.136
Γ	2.348	2.497
λ_{CSL}	-0.117	-0.161

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan pengambilan sampel di lapangan, pengujian laboratorium, dan analisa data hasil pengujian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah pada daerah Cikarang, khususnya yang terletak disekitar perumahan Eucalyptus merupakan tanah lempung yang mempunyai tingkat plastisitas tinggi dengan indeks plastisitas (IP) 44.40 % dan batas cair (LL) sebesar 89.84 %. Sedangkan kandungan mineral *montmorillonite*-nya yaitu 23.80%. Potensi pengembangan berdasarkan kriteria Seed (1962), tanah pada daerah Cikarang memiliki potensi kembang yang tinggi s.d sangat tinggi dengan tingkat keaktifan sebesar 1.45.
2. Pengaruh pencampuran semen dan pasir terhadap nilai *Atterberg Limits* seiring dengan penambahan kadar semen 5%, 10%, dan 15% pada tanah ekspansif dapat menurunkan nilai batas cair dan meningkatkan nilai batas plastis, sehingga nilai indeks plastisitas akan berkurang. Namun perubahan nilai *atterberg limit* yang signifikan terjadi pada penambahan kadar semen 5% dan pasir 10% sehingga kadar inilah yang dinilai paling efisien, dimana tingkat potensi kembang tanah, yaitu dari tinggi s.d sangat tinggi menjadi medium s.d tinggi.
3. Penambahan kadar semen membuat kadar air optimum akan berkurang, sedangkan nilai kerapatan kering maksimumnya akan bertambah. Hal ini menandakan bahwa dengan penambahan semen dan pasir tanah akan menjadi semakin padat.
4. Pengaruh masa pemeraman (0, 4, dan 7 hari) diamati melalui uji *unconfined compression strength* yang hasilnya menunjukkan bahwa semakin lama masa pemeraman dilakukan, maka kekuatan tanah untuk menahan beban (q_u) akan semakin bertambah. Penambahan kekuatan tanah ini disebabkan karena adanya proses hidrasi antara air yang terkandung di dalam tanah dengan semen selama masa peram.

5. Hasil uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi dengan jumlah seri pengujian yang terbatas menunjukkan bahwa tegangan deviator maksimum tanah ekspansif mengalami peningkatan setelah ditambahkan semen 5% dan pasir 10%. Peningkatan ini disebabkan karena semen bereaksi dengan air yang terkandung di dalam tanah sehingga tanah tersebut mengeras. Sementara fungsi pasir dalam campuran tersebut hanyalah sebagai *filler* agar tanah menjadi lebih padat.
6. Hasil uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi tentang parameter kekuatan geser menunjukkan bahwa nilai q_0 dan kohesi (c') cenderung meningkat setelah ditambahkan semen 5% dan pasir 10%. Namun nilai M dan sudut geser (ϕ') cenderung tidak mengalami perubahan. Dari perubahan nilai parameter kekuatan geser dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan campuran semen, maka akan menambah nilai kohesi antar partikel tanah. Namun pengaruh campuran pasir terhadap sampel tanah tidak terlalu berpengaruh karena pengaruh semen lebih dominan terhadap sampel tanah.
7. Akibat penambahan campuran semen 5% dan pasir 10%, mempengaruhi pergerakan lintasan tegangan pada kurva hubungan antara tegangan deviator dan tegangan efektif. Pada kondisi sebelum pencampuran, lintasan tegangan cenderung bergerak ke kiri atau contoh tanah mengalami *normally consolidated*. Sedangkan kondisi setelah pencampuran, lintasan tegangan cenderung bergerak ke arah kanan atau mengalami *over consolidated*.

5.2. Saran

Pemantauan pengaruh kekuatan geser tanah ekspansif terhadap campuran semen dan pasir akan menjadi lebih baik bila dilakukan variasi waktu pemeraman hingga mencapai 7 hari karena pola peningkatan kekuatan gesernya akan dapat terlihat. Selain itu jumlah seri pengujian triaksial *consolidated undrained* yang dilakukan lebih baik ditambah untuk memastikan data hasil yang didapat dari pengujian valid.

Proses penyimpanan benda uji pada saat pemeraman pun perlu diperhatikan. Benda uji harus dijaga agar tidak mengalami penyusutan karena pengaruh campuran semen. Selain itu perlu diperhatikan antara waktu pencampuran tanah dengan semen dan pasir dengan waktu pengujian (seperti *compaction* dan batas *atterberg*), apabila terlalu lama didiamkan maka tanah akan mengeras, sehingga makin sulit untuk dilakukan pengujian terhadap tanah tersebut.

Pada proses pencetakan benda uji dari mold setelah dipadatkan menjadi cetakan kecil untuk pengujian triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi dapat menimbulkan kendala karena banyak diameter cetakan yang tidak sesuai dengan diameter ekstrudernya sehingga menyebabkan contoh tanah menjadi rusak. Sedangkan cetakan triaksial harus selalu dijaga kebersihannya agar tidak menimbulkan korosi pada bagian dalam cetakan.

Alat triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi harus digunakan secara hati-hati karena alat tersebut sangat sensitif terhadap gangguan dari luar seperti selangnya tersentuh sehingga bergoyang. Selain itu, alat triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi harus di *reset* setiap kali pemakaian agar faktor kesalahan alat dapat diminimalisir. Contohnya adalah selang-selang harus dipastikan bahwa tidak ada udara yang terperangkap di dalamnya dan batu pori harus dibersihkan setelah selesai pengujian agar tidak ada kotoran yang menyumbat rongga-rongga di dalam batu pori.

DAFTAR REFERENSI

- Atkinson, J.H., and Brandsby, P.L. (1982). *The Mechanics of Soil*. McGraww Hill Book Company (U.K.) Ltd.
- Ajengtyas S, Andhika.(2006). *Studi Karakteristik Geser Tanah Gambut Yang Dipadatkan Pada Kadar Air Rendah*. Skripsi. Depok.
- Bishop, A.W. and Henkel, D.J. (1982). *The Measurement of Soil Properties in The Triaxial Test*. Edward Arnold Ltd., London.
- 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.
- Craig, R.F. (1987). *Mekanika Tanah* (1994). Terjemahan Budi Susilo Soupandji dari *Soil Mechanics, Fourth Edition (1987)*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M. (1986). *Advance Soil Mechanics*. Butterwoths. Sydney.
- Lesayuti, Denny. (2010). *Korelasi Nilai California Bearing Ratio (CBR) dan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Pada Tanah Ekspansif Yang Distabilisasi Dengan Pasir, Semen, dan Kapur*. Seminar Skripsi. Depok.
- 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.
- Damoerin et al. 2009. “Pengaruh Pembebanan Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lunak Berdasarkan Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainasi”. *Konfrensi Nasional Teknik Sipil 3*. Jakarta.
- Ingles, O.G., and Metcalf, J.B. (1972). *Soil Stabilization Principle and Practice*. Butterwoths. Sydney.
- Gromko, G.J. (1974). *Review of Expansive Soils*. Journal of The Geotechnical Engineering Division, HSCE, Vol. 100. No GT6, June 1974.

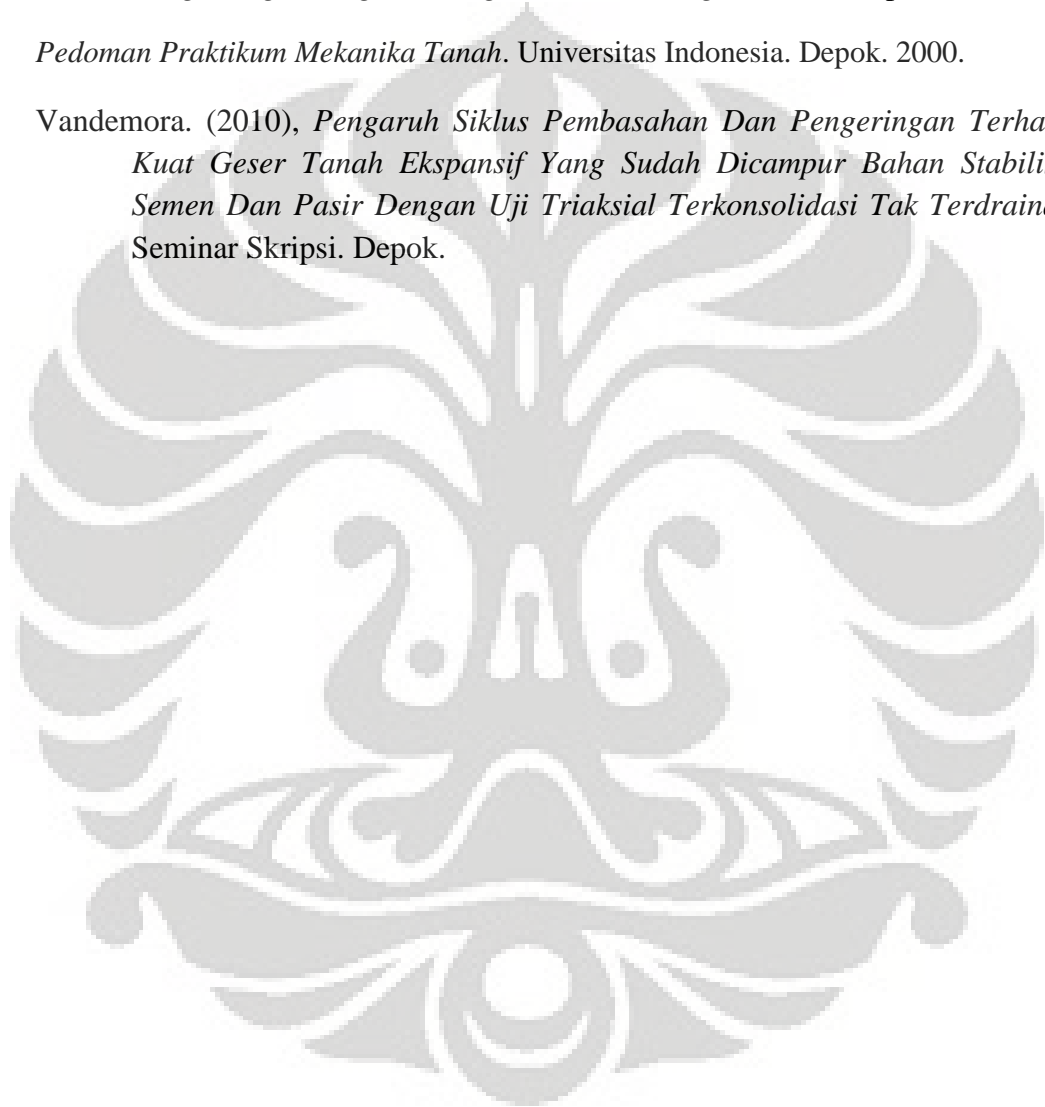
Prisandhy, Pudia. (2010). *Korelasi Nilai California Bearing Ratio (CBR) dan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Pada Tanah Ekspansif Yang Dipadatkan*. Seminar Skripsi. Depok.

Soepandji et al. 1995. *Pengaruh Kekuatan Tanah Gambut Akibat Penambahan Semen Clean Set (CS-10)*. Depok.

Soepandji et al. 1995. *Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) Yang Mengandung Kandungan Mineral Yang Berbeda*. Depok.

Pedoman Praktikum Mekanika Tanah. Universitas Indonesia. Depok. 2000.

Vandemora. (2010), *Pengaruh Siklus Pembasahan Dan Pengeringan Terhadap Kuat Geser Tanah Ekspansif Yang Sudah Dicampur Bahan Stabilisasi Semen Dan Pasir Dengan Uji Triaksial Terkonsolidasi Tak Terdrainase*. Seminar Skripsi. Depok.





LAMPIRAN A

**HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM TANAH EKSPANSIF
TANPA CAMPURAN BAHAN STABILISASI**

SPECIFIC GRAVITY

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

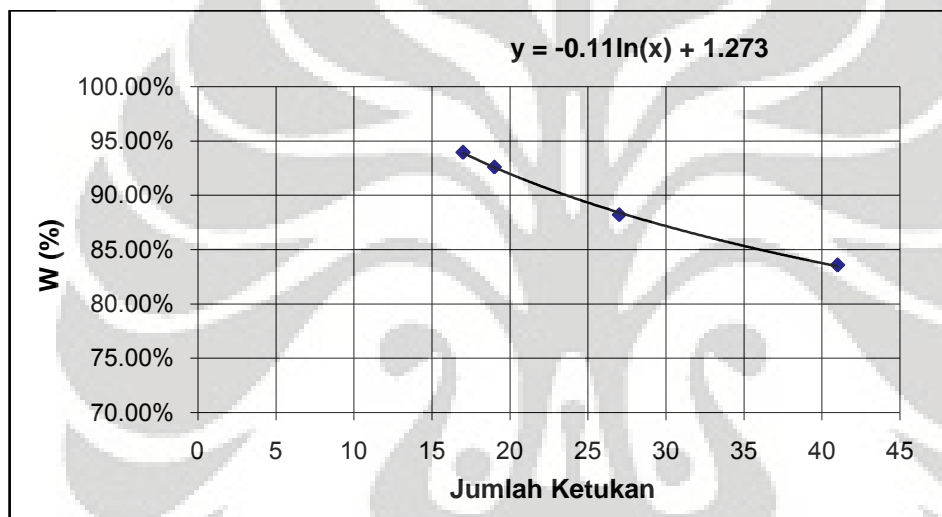
Sample Number	1	2
Berat Tanah (Ws)	100	100
Berat Piknometer + Air (Wbw)	654.57	656.39
Berat Piknometer + Air + Tanah (Wbws)	716.92	719.16
Berat Air (Ww)	37.65	37.23
Suhu (°C)	28	28
Koefisien	0.9963	0.9963
Specific Gravity (Gs)	2.65	2.68

Average Specific Gravity = **2.661**

ATTERBERG LIMITS TANAH ASLI
SERI 1

LIQUID LIMIT

	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



LL **89.31**

PLASTIC LIMIT

Can No.	1	2
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%	

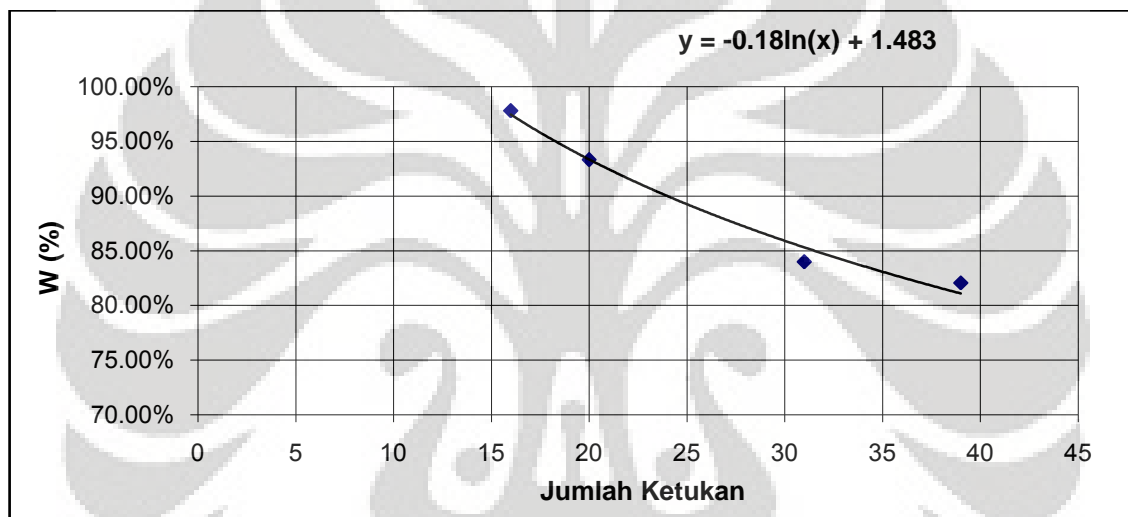
SHIRNKAGE LIMIT

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

ATTERBERG LIMITS TANAH ASLI
SERI 2

LIQUID LIMIT

	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



LL = 90.36%

PLASTIC LIMIT

Can No.	1	2
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%	

SHIRNKAGE LIMIT

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

STANDARD COMPACTION TEST

Project : Skripsi
Location of Project : Cikarang
Description of Soil : Expansive
Test Performed by : Denny, Zaki, Vandemora, Pudia
Blow/Layer : 56 **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

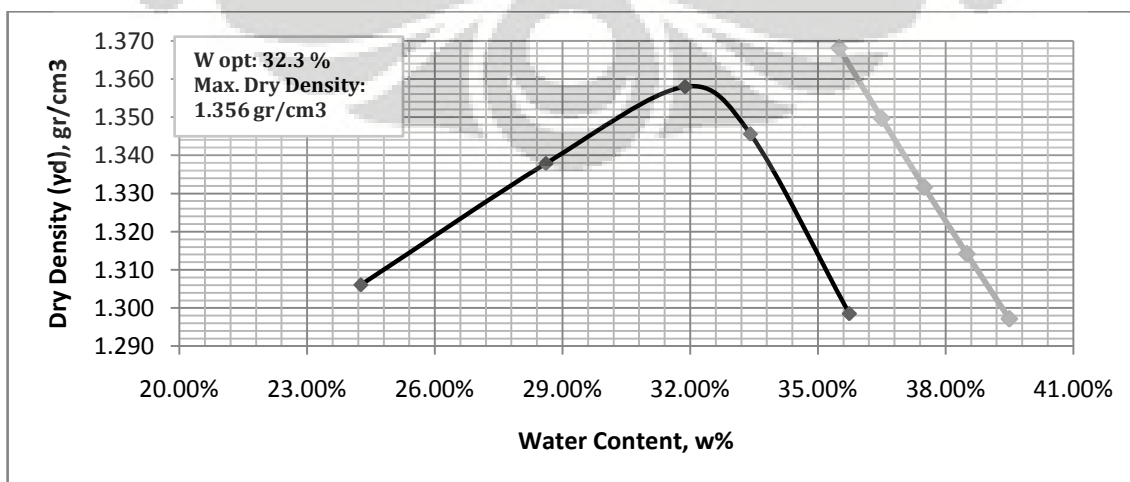
Water Content Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	24%	27%	31%	33%	36%
Wt of can + wet soil	521	423	509.81	437.86	591.87
Wt of can + dry soil	429.9	333.09	391.18	332.89	444.1
Wt of water	91.1	89.91	118.63	104.97	147.77
Wt of can	54.43	18.85	19.11	18.72	30.65
Wt of dry soil	375.47	314.24	372.07	314.17	413.45
Water content, w%	24.263%	28.612%	31.884%	33.412%	35.741%

Density Determination

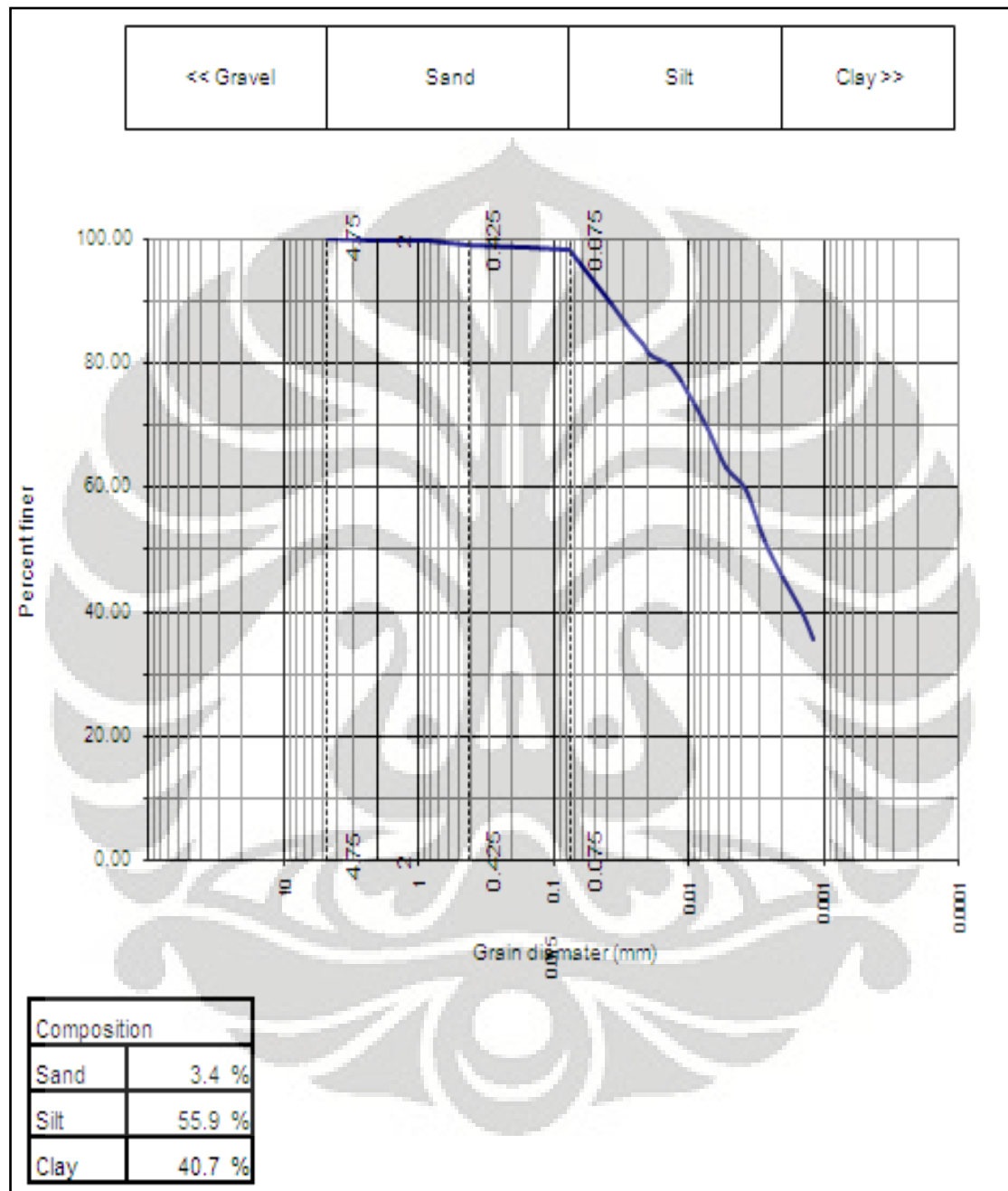
Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	24%	27%	31%	33%	36%
Water Content	24.26%	28.61%	31.88%	33.41%	35.74%
Wt of Soil + Mold	7288	7498	7649	7658	7588
Wt of Mold	3800	3800	3800	3800	3800
Wt of Soil in Mold	3488	3698	3849	3858	3788
Wet density, gr/cm ³	1.623	1.721	1.791	1.795	1.763
Dry density, gr/cm ³	1.306	1.338	1.358	1.346	1.298

ZAV LINE	1.368	1.350	1.332	1.314	1.297
Kadar Air	35.50%	36.50%	37.50%	38.50%	39.50%



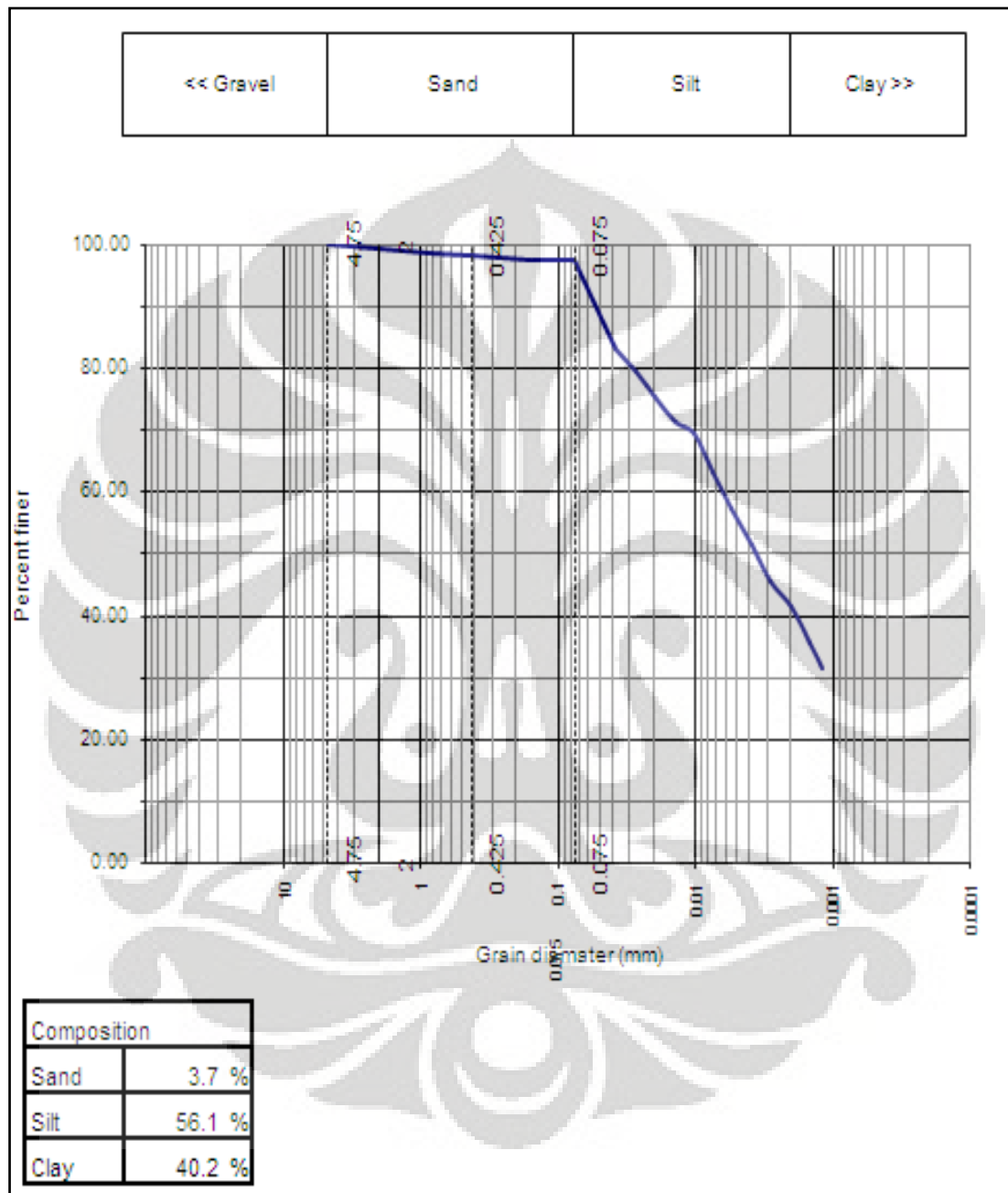
GRAIN SIZE ANALYSIS

SERI 1



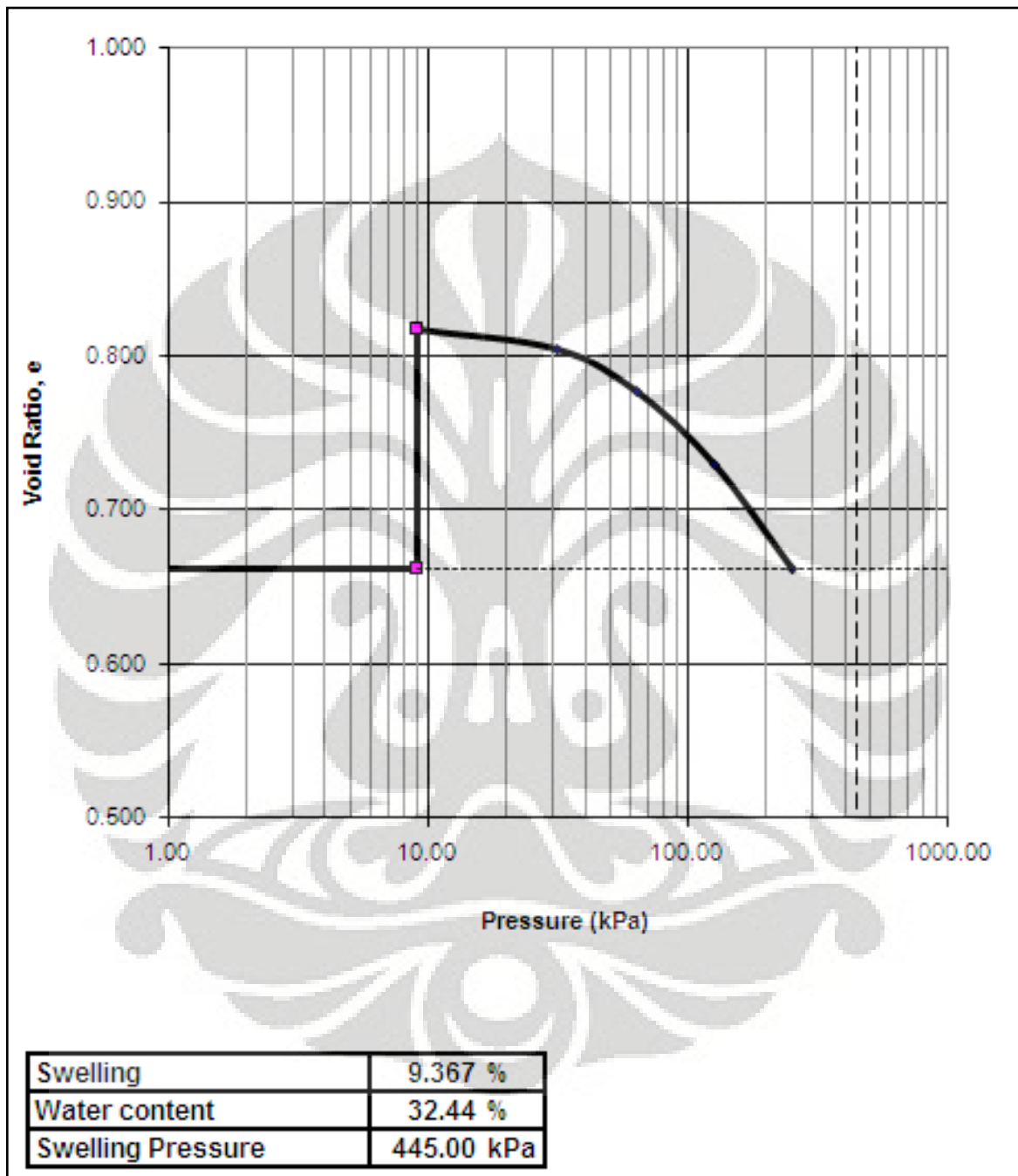
GRAIN SIZE ANALYSIS

SERI 2



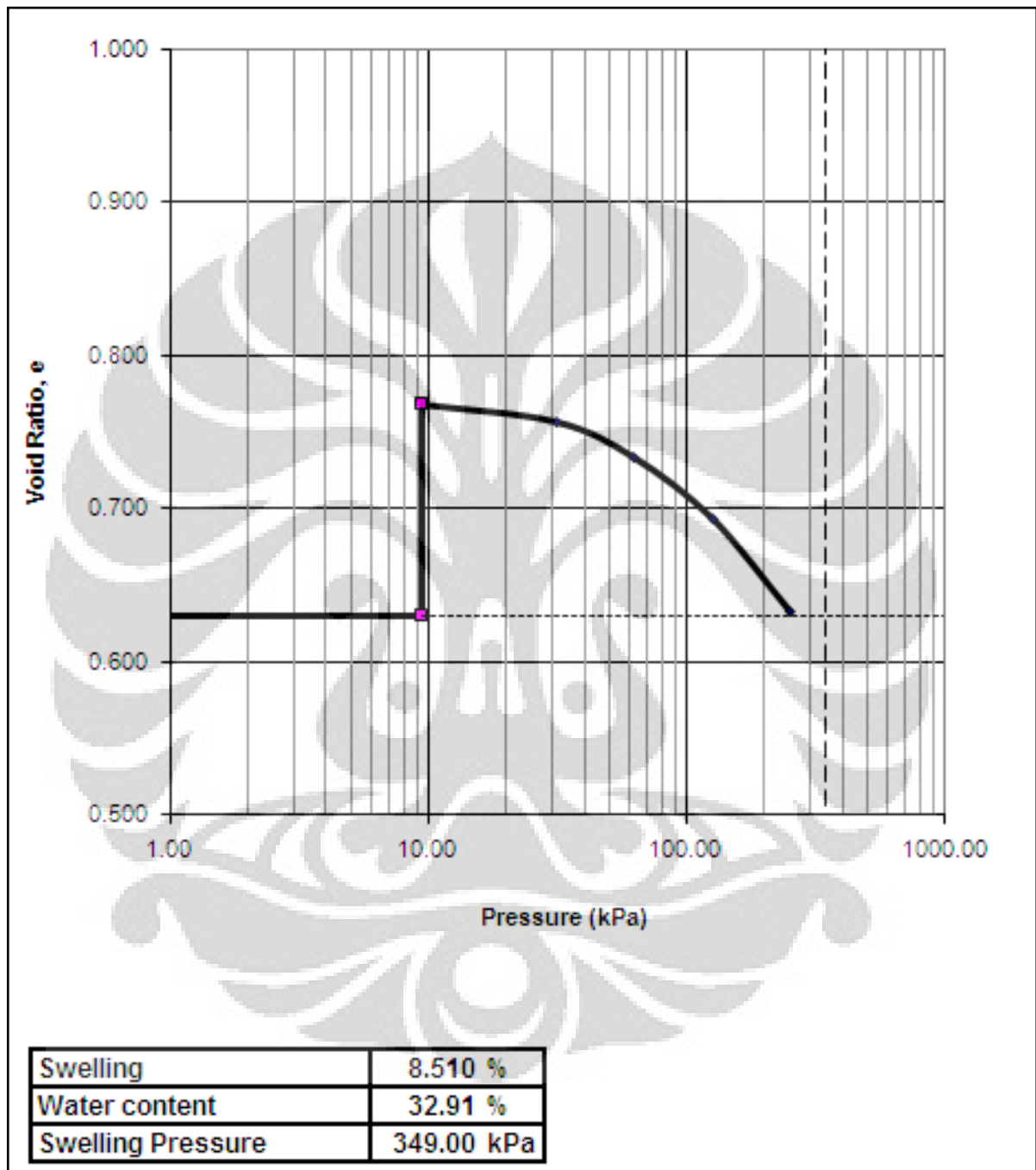
SWELLING TEST


SERI 1



SWELLING TEST

SERI 2



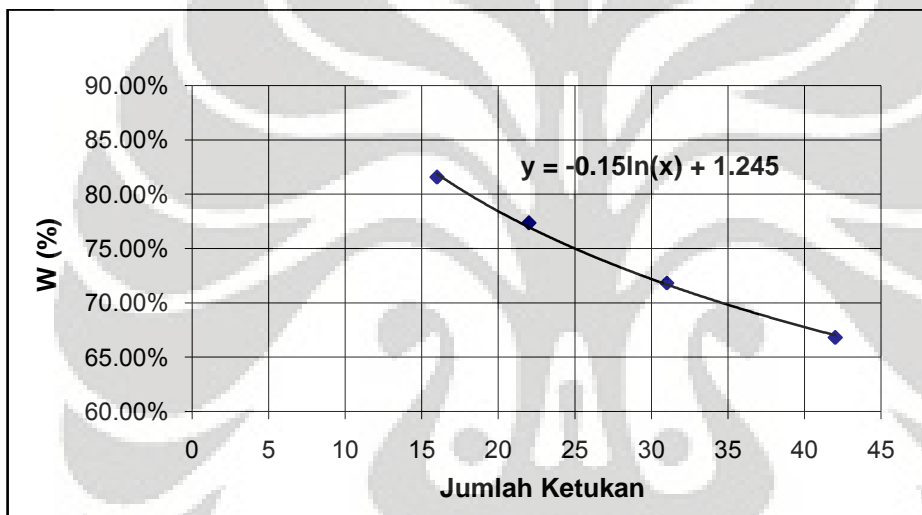


LAMPIRAN B
HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM SIFAT FISIK
TANAH EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN BAHAN STABILISASI

**ATTERBERG LIMIT TANAH EKSPANSIF + SEMEN 5% + PASIR 10%
SERI 1**

LIQUID LIMIT

	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



$$\begin{aligned}
 M &= -0.15 \\
 x &= 1.245 \\
 LL &= 76.22\%
 \end{aligned}$$

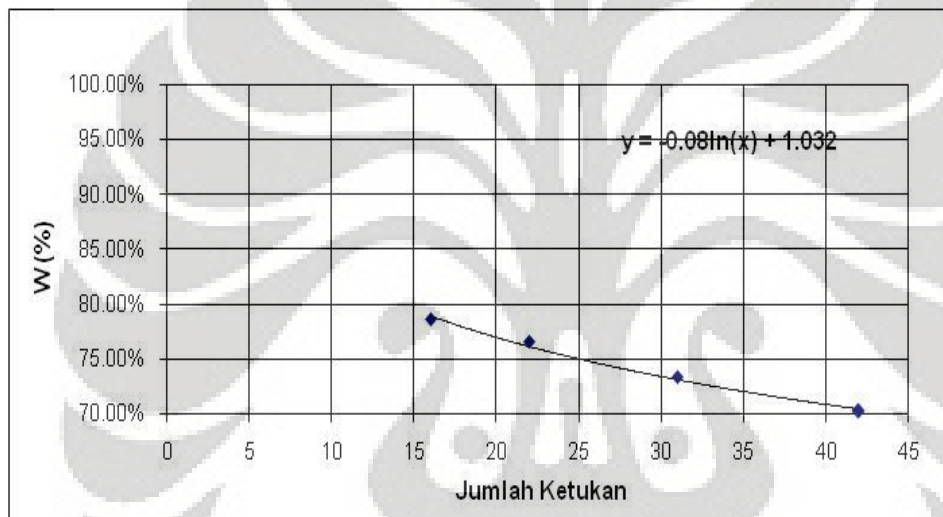
PLASTIC LIMIT

Can No.	1	2
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%	

**ATTERBERG LIMIT TANAH EKSPANSIF + SEMEN 5% + PASIR 10%
SERI 2**

LIQUID LIMIT

	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



M = -0.08
 x = 1.032
 LL = 77.45%

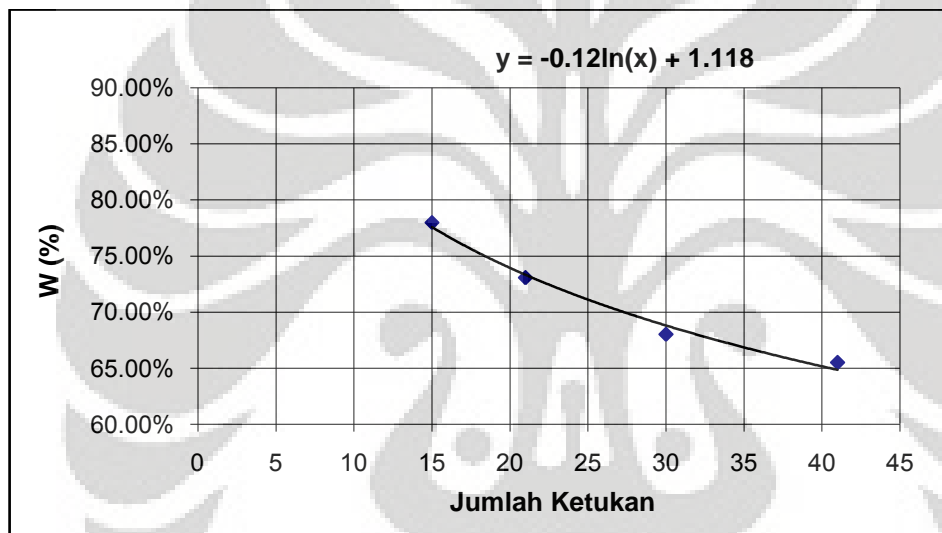
PLASTIC LIMIT

Can No.	1	2
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%	

**ATTERBERG LIMIT TANAH EKSPANSIF + SEMEN 10% + PASIR 10%
SERI 1**

LIQUID LIMIT

	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can	40.72	46.81	45.86	44.24
Berat tanah kering + can	26.32	31.19	29.94	28.3
Berat can	4.33	8.22	8.15	7.86
Berat tanah kering	21.99	22.97	21.79	20.44
Berat air	14.4	15.62	15.92	15.94
Kadar air	65.48%	68.00%	73.06%	77.98%
Jumlah ketukan, N	41	30	21	15



$$\begin{aligned} M &= -0.12 \\ x &= 1.118 \\ LL &= 73.17\% \end{aligned}$$

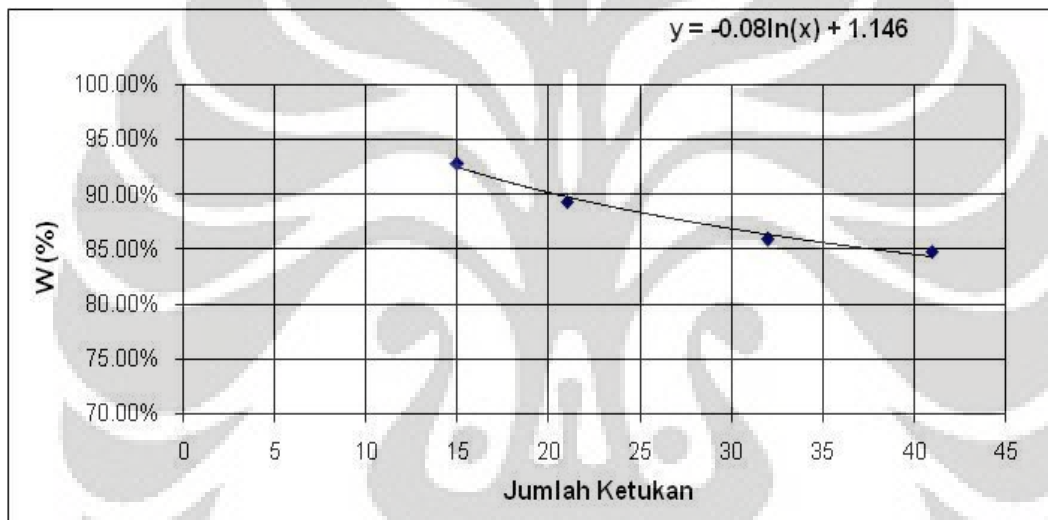
PLASTIC LIMIT

Can No.	1	2
Berat tanah basah + Can	45.53	44.67
Berat tanah kering + Can	34.35	33.69
Berat Can	12.9	12.74
Berat tanah kering	21.45	20.95
Berat air	11.18	10.98
Kadar air	52.12%	52.41%
Kadar air rata-rata (plastic limit)	52.27%	

**ATTERBERG LIMIT TANAH EKSPANSIF + SEMEN 10% + PASIR 10%
SERI 2**

LIQUID LIMIT

	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can	42.68	51.68	43.93	44.82
Berat tanah kering + can	27.09	33.6	28.97	29.03
Berat can	4.34	8.23	8.16	7.88
Berat tanah kering	22.75	25.37	20.81	21.15
Berat air	15.59	18.08	14.96	15.79
Kadar air	68.53%	71.27%	71.89%	74.66%
Jumlah ketukan, N	41	32	21	15



$$\begin{aligned}
 M &= -0.05 \\
 x &= 0.89 \\
 LL &= 72.91\%
 \end{aligned}$$

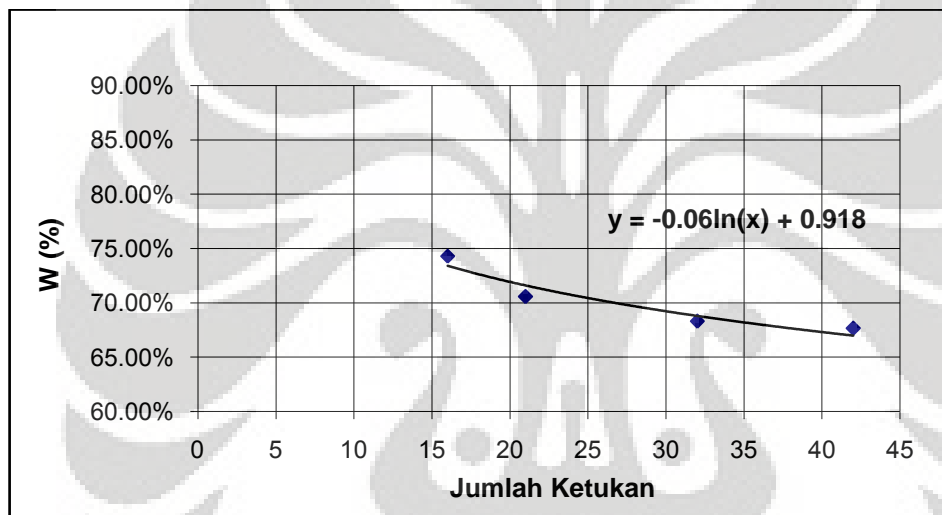
PLASTIC LIMIT

Can No.	1	2
Berat tanah basah + Can	48.64	46.56
Berat tanah kering + Can	36.22	34.93
Berat Can	12.74	12.9
Berat tanah kering	23.48	22.03
Berat air	12.42	11.63
Kadar air	52.90%	52.79%
Kadar air rata-rata (plastic limit)	52.84%	

**ATTERBERG LIMIT TANAH EKSPANSIF + SEMEN 15% + PASIR 10%
SERI 1**

LIQUID LIMIT

	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can	42.43	47.21	44.1	46.25
Berat tanah kering + can	27.06	31.39	29.23	29.89
Berat can	4.34	8.23	8.16	7.87
Berat tanah kering	22.72	23.16	21.07	22.02
Berat air	15.37	15.82	14.87	16.36
Kadar air	67.65%	68.31%	70.57%	74.30%
Jumlah ketukan, N	42	32	21	16



$$\begin{aligned}
 M &= -0.06 \\
 x &= 0.918 \\
 LL &= 72.49\%
 \end{aligned}$$

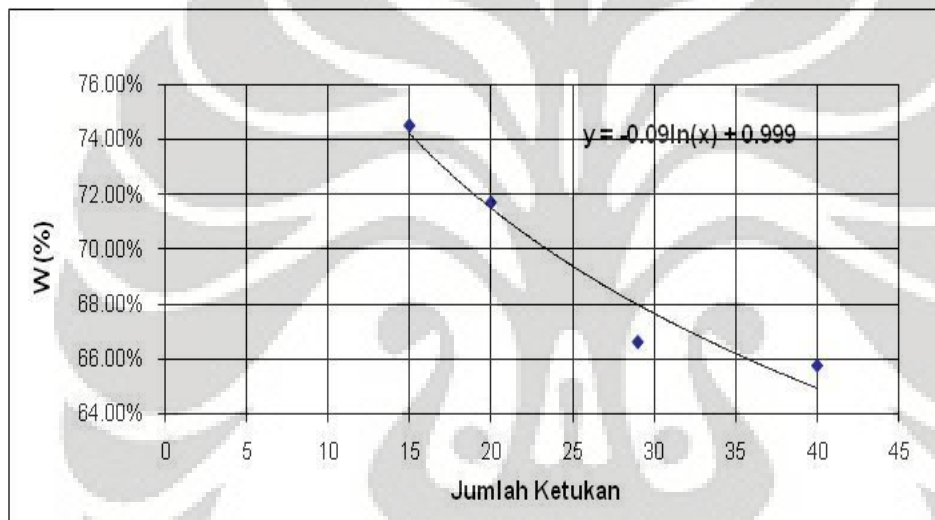
PLASTIC LIMIT

Can No.	1	2
Berat tanah basah + Can	43.12	45.21
Berat tanah kering + Can	32.46	33.34
Berat Can	12.89	11.47
Berat tanah kering	19.57	21.87
Berat air	10.66	11.87
Kadar air	54.47%	54.28%
Kadar air rata-rata (plastic limit)	54.37%	

**ATTERBERG LIMIT TANAH EKSPANSIF + SEMEN 15% + PASIR 10%
SERI 2**

LIQUID LIMIT

	I	II	III	IV
Berat tanah basah + can	45.98	45.5	45.15	40.99
Berat tanah kering + can	29.44	29.05	28.32	25.85
Berat can	4.3	4.37	4.38	4.37
Berat tanah kering	25.14	24.68	23.94	21.48
Berat air	16.54	16.45	16.83	15.14
Kadar air	65.79%	66.65%	70.30%	70.48%
Jumlah ketukan, N	40	29	20	15



$$\begin{aligned}
 M &= -0.09 \\
 x &= 0.999 \\
 LL &= 70.93\%
 \end{aligned}$$

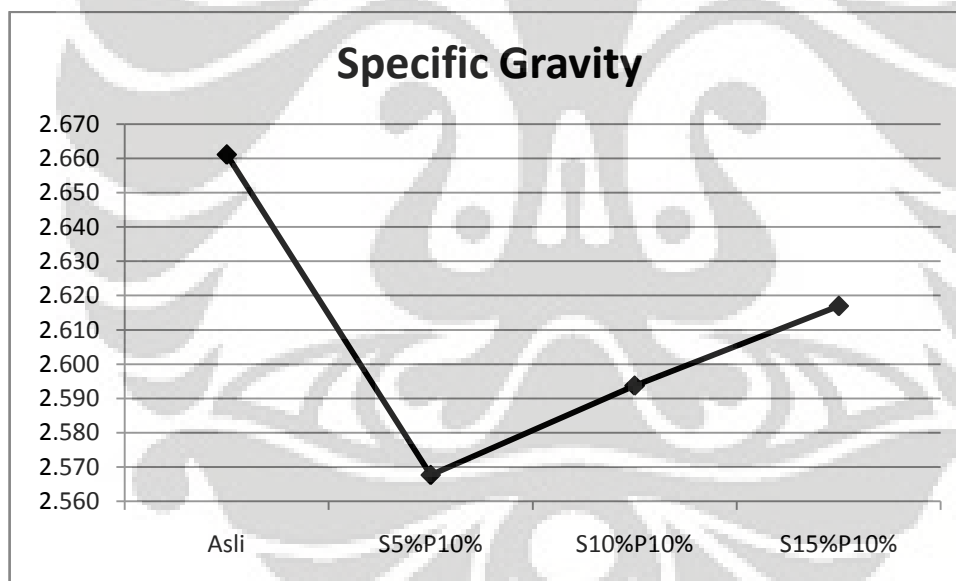
PLASTIC LIMIT

Can No.	1	2
Berat tanah basah + Can	51.5	62.64
Berat tanah kering + Can	37.58	48.37
Berat Can	12.95	21.73
Berat tanah kering	24.63	26.64
Berat air	13.92	14.27
Kadar air	56.52%	53.57%
Kadar air rata-rata (plastic limit)	55.04%	

SPECIFIC GRAVITY

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

Sample Number	Asli	S5%P10%	S10%P10%	S15%P10%
Berat Tanah (Ws)	100	100	100	100
Berat Piknometer + Air (Wbw)	654.57	656.42	664.22	667.29
Berat Piknometer + Air + Tanah (Wbws)	716.92	717.63	725.82	729.23
Berat Air (Ww)	37.65	38.79	38.4	38.06
Suhu (°C)	28	29	29	29
Koefisien	0.9963	0.996	0.996	0.996
Specific Gravity (Gs)	2.646	2.568	2.594	2.617



STANDARD COMPACTION TEST

Project : Skripsi
Location of Project : Cikarang
Description of Soil : Expansive
Test Performed by : Denny, Zaki, Vandemora, Pudia
Blow/Layer : 56 **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

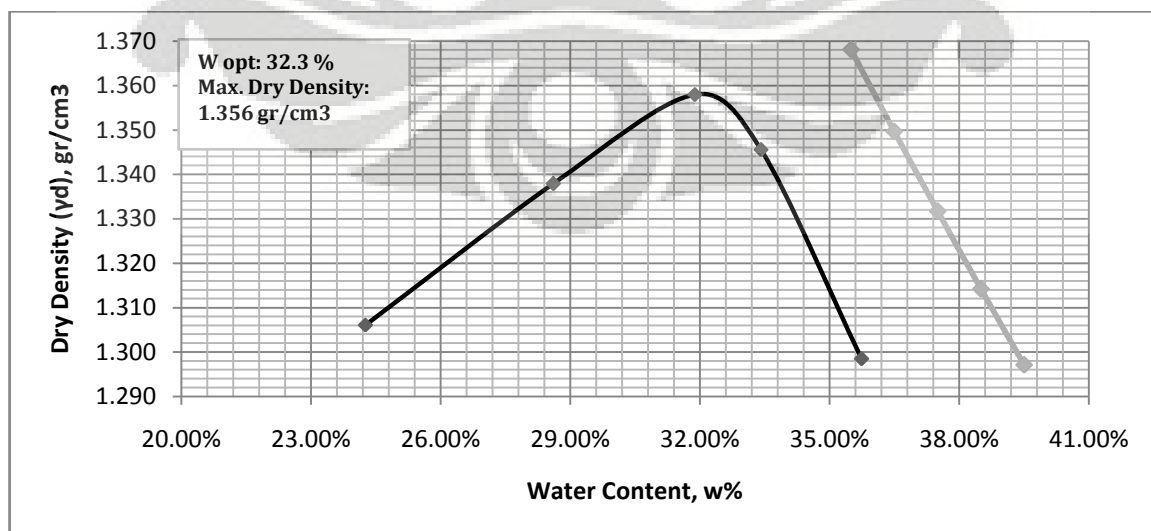
Water Content Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	24%	27%	31%	33%	36%
Wt of can + wet soil	521	423	509.81	437.86	591.87
Wt of can + dry soil	429.9	333.09	391.18	332.89	444.1
Wt of water	91.1	89.91	118.63	104.97	147.77
Wt of can	54.43	18.85	19.11	18.72	30.65
Wt of dry soil	375.47	314.24	372.07	314.17	413.45
Water content, w%	24.263%	28.612%	31.884%	33.412%	35.741%

Density Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	24%	27%	31%	33%	36%
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

ZAV LINE	1.368	1.350	1.332	1.314	1.297
Kadar Air	35.50%	36.50%	37.50%	38.50%	39.50%



STANDARD COMPACTION TEST

Project : Skripsi
Location of Project : Cikarang
Description of Soil : Expansive + Pasir 10% + Semen 5%
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 : 14/3/2010

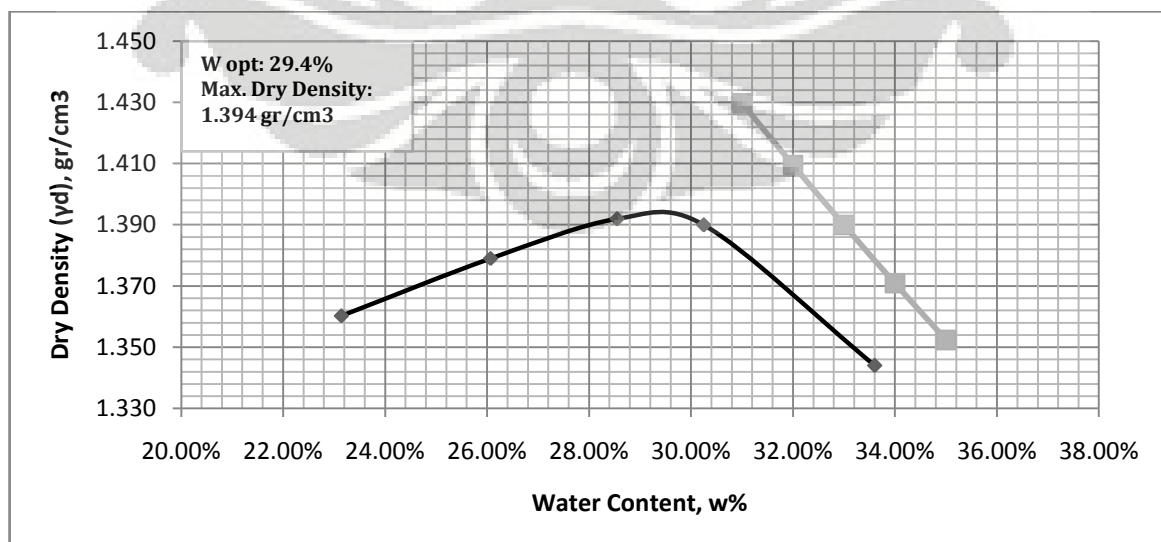
Water Content Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	23%	26%	29%	32%	35%
Wt of can + wet soil	342	404.52	419.17	415.5	427.62
Wt of can + dry soil	281.74	324.84	334.82	328.35	324.86
Wt of water	60.26	79.68	84.35	87.15	102.76
Wt of can	21.33	19.2	39.35	40.27	19.06
Wt of dry soil	260.41	305.64	295.47	288.08	305.8
Water content, w%	23.140%	26.070%	28.548%	30.252%	33.604%

Density Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	23%	26%	29%	32%	35%
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

ZAV LINE		1.430	1.410	1.390	1.371	1.352
Kadar Air		31.00%	32.00%	33.00%	34.00%	35.00%



STANDARD COMPACTION TEST

Project : Skripsi
Location of Project : Cikarang
Description of Soil : Expansive + Pasir 10% + Semen 10%
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 : 21/3/2010

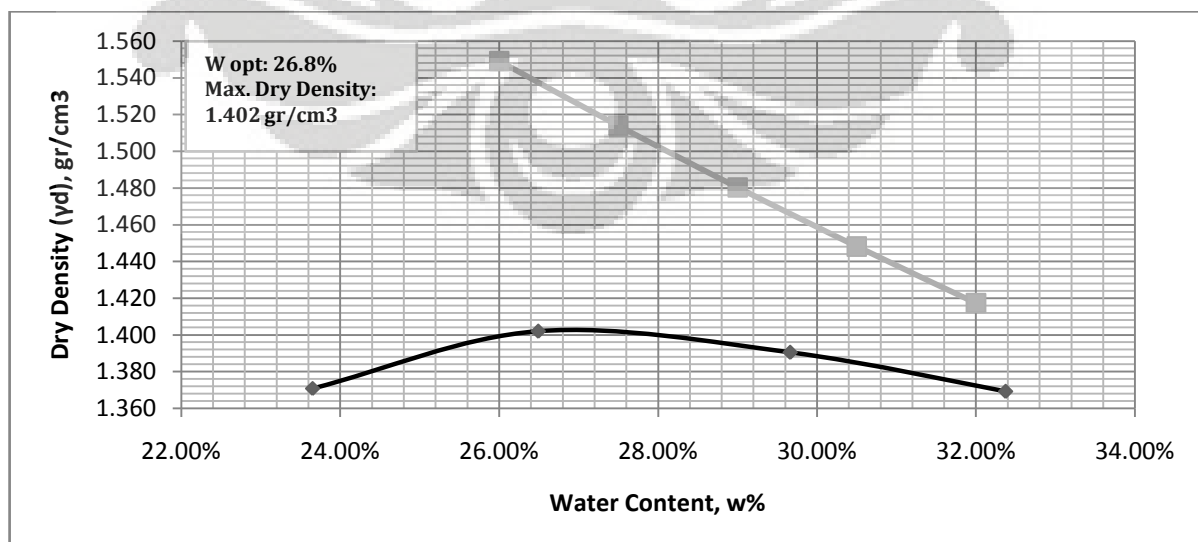
Water Content Determination

Sample No.	1	2	3	4
Assumed water content	23%	26%	29%	32%
Wt of can + wet soil	440.1	311.16	351.43	360.73
Wt of can + dry soil	361.75	249.98	275.28	277.73
Wt of water	78.35	61.18	76.15	83
Wt of can	30.52	19.05	18.56	21.36
Wt of dry soil	331.23	230.93	256.72	256.37
Water content, w%	23.654%	26.493%	29.663%	32.375%

Density Determination

Sample No.	1	2	3	4
Assumed water content	23%	26%	29%	32%
Water Content	23.65%	26.49%	29.66%	32.38%
Wt of Soil + Mold	3327	3401	3429	3438
Wt of Mold	1724	1724	1724	1724
Wt of Soil in Mold	1603	1677	1705	1714
Wet density, gr/cm ³	1.695	1.773	1.803	1.813
Dry density, gr/cm ³	1.371	1.402	1.391	1.369

ZAV LINE	1.549	1.514	1.480	1.448	1.417
Kadar Air	26.00%	27.50%	29.00%	30.50%	32.00%



STANDARD COMPACTION TEST

Project : Skripsi
Location of Project : Cikarang
Description of Soil : Expansive + Pasir 10% + Semen 15%
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

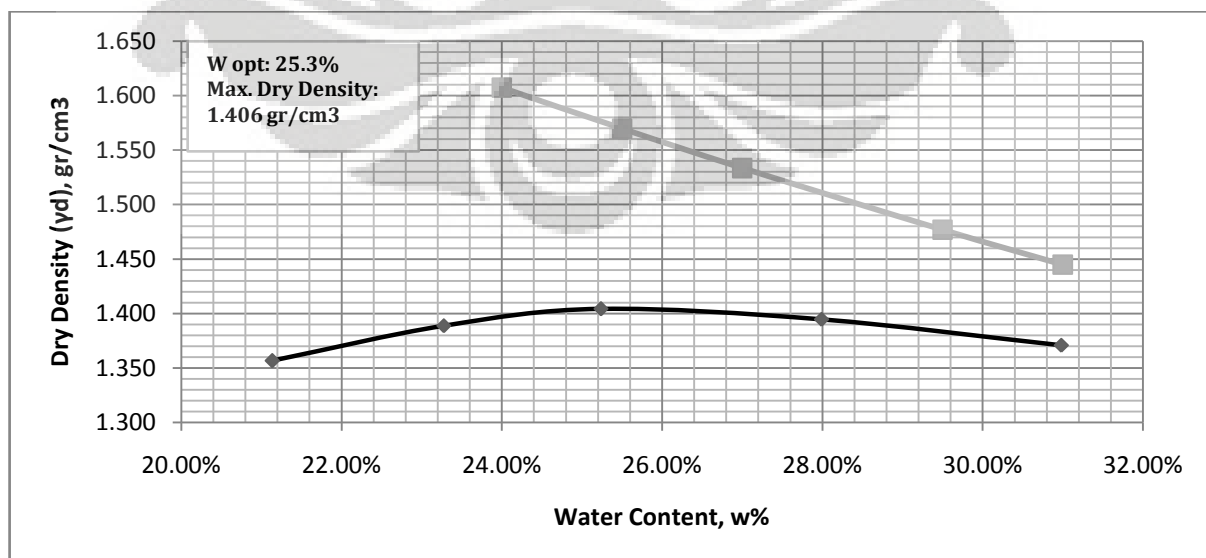
Water Content Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	23%	26%	29%	32%	35%
Wt of can + wet soil	273.31	286.84	280.81	377.68	340.48
Wt of can + dry soil	228.98	236.34	228.13	299.34	264.58
Wt of water	44.33	50.5	52.68	78.34	75.9
Wt of can	19.25	19.37	19.39	19.46	19.61
Wt of dry soil	209.73	216.97	208.74	279.88	244.97
Water content, w%	21.137%	23.275%	25.237%	27.991%	30.983%

Density Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	23%	26%	29%	32%	35%
Water Content	21.14%	23.28%	25.24%	27.99%	30.98%
Wt of Soil + Mold	3278	3343	3387	3412	3422
Wt of Mold	1724	1724	1724	1724	1724
Wt of Soil in Mold	1554	1619	1663	1688	1698
Wet density, gr/cm ³	1.643	1.712	1.759	1.785	1.796
Dry density, gr/cm ³	1.357	1.389	1.404	1.395	1.371

ZAV LINE	1.607	1.570	1.533	1.477	1.445
Kadar Air	24.00%	25.50%	27.00%	29.50%	31.00%





LAMPIRAN C
HASIL PENGUJIAN UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH
TANAH EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN BAHAN STABILISASI

UCT TANAH EKSPANSIF + S5% + P10% PERAM 0 HARI SERI 1

Tinggi : 7.21 cm Luas : 10.30 cm²
 Diameter : 3.62 cm Vol : 74.24 cm³

Awal Akhir
 Brt Basah : 134.04 gr Can: 18.59 gr
 γ wet : 1.81 gr/cm³ Can + Wet: 154.3 gr
 γ dry : 1.40 gr/cm³ Can + Dry: 123.96 gr
 Kadar Air: 28.79%
 Kalibrasi: 0.186 kg/div

Sample Deformation (cm)	Load Dial (units)	Unit Strain $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area CF $1-\epsilon$	Corrected Area $A' = A_0/1-\epsilon$	Total Load on Sampel (kg)	Sample Unit Load (kPa)
0	0	0.00%	1.0000	10.296	0	0.000
0.025	14	0.35%	0.9965	10.332	2.604	25.203
0.05	26	0.69%	0.9931	10.368	4.836	46.643
0.075	48	1.04%	0.9896	10.405	8.928	85.809
0.1	76	1.39%	0.9861	10.441	14.136	135.388
0.125	92	1.73%	0.9827	10.478	17.112	163.314
0.15	132	2.08%	0.9792	10.515	24.552	233.493
0.175	156	2.43%	0.9757	10.552	29.016	274.970
0.2	180	2.77%	0.9723	10.590	33.48	316.145
0.225	204	3.12%	0.9688	10.628	37.944	357.020
0.25	223	3.47%	0.9653	10.666	41.478	388.875
0.275	256	3.81%	0.9619	10.705	47.616	444.818
0.3	267	4.16%	0.9584	10.743	49.662	462.259
0.325	275	4.51%	0.9549	10.782	51.15	474.387
0.35	280	4.85%	0.9515	10.822	52.08	481.258
0.375	282	5.20%	0.9480	10.861	52.452	482.929
0.4	230	5.55%	0.9445	10.901	42.78	392.438
0.425	202	5.89%	0.9411	10.941	37.572	343.397
0.45	182	6.24%	0.9376	10.982	33.852	308.258
0.475	158	6.59%	0.9341	11.022	29.388	266.619
0.5	132	6.93%	0.9307	11.064	24.552	221.918

UCT TANAH EKSPANSIF + S5% + P10% PERAM 0 HARI SERI 2

Tinggi : 7.21 cm Luas : 10.30 cm²
 Diameter : 3.62 cm Vol : 74.24 cm³

Awal Akhir
 Brt Basah : 135.84 gr Can: 18.65 gr
 γ wet : 1.83 gr/cm³ Can + Wet: 154.32 gr
 γ dry : 1.42 gr/cm³ Can + Dry: 123.63 gr
 Kadar Air: 29.23%
 Kalibrasi: 0.186 kg/div

Sample Deformation (cm)	Load Dial (units)	Unit Strain $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area CF $1-\epsilon$	Corrected Area $A' = A_0/1-\epsilon$	Total Load on Sampel (kg)	Sample Unit Load (kPa)
0	0	0.00%	1.0000	10.296	0	0.000
0.025	14	0.35%	0.9965	10.332	2.604	25.203
0.05	23	0.69%	0.9931	10.368	4.278	41.261
0.075	43	1.04%	0.9896	10.405	7.998	76.870
0.1	96	1.39%	0.9861	10.441	17.856	171.016
0.125	125	1.73%	0.9827	10.478	23.25	221.894
0.15	165	2.08%	0.9792	10.515	30.69	291.867
0.175	215	2.43%	0.9757	10.552	39.99	378.964
0.2	235	2.77%	0.9723	10.590	43.71	412.745
0.225	248	3.12%	0.9688	10.628	46.128	434.024
0.25	250	3.47%	0.9653	10.666	46.5	435.958
0.275	241	3.81%	0.9619	10.705	44.826	418.754
0.3	220	4.16%	0.9584	10.743	40.92	380.887
0.325	175	4.51%	0.9549	10.782	32.55	301.882
0.35	140	4.85%	0.9515	10.822	26.04	240.629
0.375	110	5.20%	0.9480	10.861	20.46	188.377
0.4	90	5.55%	0.9445	10.901	16.74	153.563
0.425	70	5.89%	0.9411	10.941	13.02	118.999
0.45	65	6.24%	0.9376	10.982	12.09	110.092
0.475	53	6.59%	0.9341	11.022	9.858	89.435
0.5	42	6.93%	0.9307	11.064	7.812	70.610

UCT TANAH EKSPANSIF + S5% + P10% PERAM 4 HARI SERI 1

Tinggi : 7.22 cm Luas : 10.53 cm²
 Diameter : 3.66 cm Vol : 75.99 cm³

Awal		Akhir	
Br _t Basah :	134.65 gr	Can:	19.22 gr
γ _{wet} :	1.77 gr/cm ³	Can + Wet:	155.73 gr
γ _{dry} :	1.38 gr/cm ³	Can + Dry:	125.65 gr
		Kadar Air:	28.26%
Kalibrasi:	0.186 kg/div		

Sample Deformation (cm)	Load Dial (units)	Unit Strain $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area CF $1-\epsilon$	Corrected Area $A' = A_0/1-\epsilon$	Total Load on Sampel (kg)	Sample Unit Load (kPa)
0	0	0.00%	1.0000	10.296	0	0.000
0.025	17	0.35%	0.9965	10.332	3.162	30.604
0.05	29	0.69%	0.9931	10.368	5.394	52.024
0.075	41	1.04%	0.9896	10.405	7.626	73.295
0.1	81	1.39%	0.9861	10.441	15.066	144.295
0.125	102	1.73%	0.9827	10.478	18.972	181.066
0.15	145	2.08%	0.9792	10.515	26.97	256.489
0.175	171	2.43%	0.9757	10.552	31.806	301.409
0.2	191	2.77%	0.9723	10.590	35.526	335.465
0.225	221	3.12%	0.9688	10.628	41.106	386.772
0.25	253	3.47%	0.9653	10.666	47.058	441.190
0.275	287	3.81%	0.9619	10.705	53.382	498.683
0.3	299	4.16%	0.9584	10.743	55.614	517.661
0.325	310	4.51%	0.9549	10.782	57.66	534.763
0.35	319	4.85%	0.9515	10.822	59.334	548.290
0.375	329	5.20%	0.9480	10.861	61.194	563.417
0.4	294	5.55%	0.9445	10.901	54.684	501.638
0.425	270	5.89%	0.9411	10.941	50.22	458.997
0.45	230	6.24%	0.9376	10.982	42.78	389.556
0.475	185	6.59%	0.9341	11.022	34.41	312.180
0.5	130	6.93%	0.9307	11.064	24.18	218.556

UCT TANAH EKSPANSIF + S5% + P10% PERAM 4 HARI SERI 2

Tinggi : 7.22 cm Luas : 10.53 cm²
 Diameter : 3.66 cm Vol : 75.99 cm³

Awal		Akhir	
Brt Basah :	137.15 gr	Can:	18.65 gr
γ wet :	1.80 gr/cm ³	Can + Wet:	153.44 gr
γ dry :	1.40 gr/cm ³	Can + Dry:	123.09 gr
		Kadar Air:	29.06%
Kalibrasi:	0.186 kg/div		

Sample Deformation (cm)	Load Dial (units)	Unit Strain $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area CF $1-\epsilon$	Corrected Area $A' = A_0/1-\epsilon$	Total Load on Sampel (kg)	Sample Unit Load (kPa)
0	0	0.00%	1.0000	10.296	0	0.000
0.025	19	0.35%	0.9965	10.332	3.534	34.204
0.05	28	0.69%	0.9931	10.368	5.208	50.230
0.075	51	1.04%	0.9896	10.405	9.486	91.172
0.1	82	1.39%	0.9861	10.441	15.252	146.076
0.125	107	1.73%	0.9827	10.478	19.902	189.941
0.15	220	2.08%	0.9792	10.515	40.92	389.156
0.175	280	2.43%	0.9757	10.552	52.08	493.535
0.2	298	2.77%	0.9723	10.590	55.428	523.396
0.225	302	3.12%	0.9688	10.628	56.172	528.530
0.25	270	3.47%	0.9653	10.666	50.22	470.835
0.275	260	3.81%	0.9619	10.705	48.36	451.768
0.3	210	4.16%	0.9584	10.743	39.06	363.574
0.325	180	4.51%	0.9549	10.782	33.48	310.508
0.35	170	4.85%	0.9515	10.822	31.62	292.192
0.375	160	5.20%	0.9480	10.861	29.76	274.002
0.4	155	5.55%	0.9445	10.901	28.83	264.469
0.425	143	5.89%	0.9411	10.941	26.598	243.098
0.45	123	6.24%	0.9376	10.982	22.878	208.328

UCT TANAH EKSPANSIF + S5% + P10% PERAM 7 HARI SERI 1

Tinggi : 7.26 cm Luas : 10.47 cm²
 Diameter : 3.65 cm Vol : 76.00 cm³

Awal Akhir
 Brt Basah : 137.08 gr Can: 19.22 gr
 γ wet : 1.80 gr/cm³ Can + Wet: 156.15 gr
 γ dry : 1.40 gr/cm³ Can + Dry: 125.43 gr
 Kadar Air: 28.92%
 Kalibrasi: 0.186 kg/div

Sample Deformation (cm)	Load Dial (units)	Unit Strain $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area CF $1-\epsilon$	Corrected Area $A' = A_0/1-\epsilon$	Total Load on Sampel (kg)	Sample Unit Load (kPa)
0	0	0.00%	1.0000	10.296	0	0.000
0.025	38	0.35%	0.9965	10.332	7.068	68.408
0.05	62	0.69%	0.9931	10.368	11.532	111.225
0.075	84	1.04%	0.9896	10.405	15.624	150.165
0.1	112	1.39%	0.9861	10.441	20.832	199.519
0.125	138	1.73%	0.9827	10.478	25.668	244.971
0.15	154	2.08%	0.9792	10.515	28.644	272.409
0.175	184	2.43%	0.9757	10.552	34.224	324.323
0.2	210	2.77%	0.9723	10.590	39.06	368.836
0.225	255	3.12%	0.9688	10.628	47.43	446.275
0.25	310	3.47%	0.9653	10.666	57.66	540.589
0.275	368	3.81%	0.9619	10.705	68.448	639.426
0.3	377	4.16%	0.9584	10.743	70.122	652.703
0.325	385	4.51%	0.9549	10.782	71.61	664.141
0.35	395	4.85%	0.9515	10.822	73.47	678.918
0.375	353	5.20%	0.9480	10.861	65.658	604.518
0.4	284	5.55%	0.9445	10.901	52.824	484.575
0.425	230	5.89%	0.9411	10.941	42.78	390.997
0.45	177	6.24%	0.9376	10.982	32.922	299.789
0.475	132	6.59%	0.9341	11.022	24.552	222.745
0.5	94	6.93%	0.9307	11.064	17.484	158.032

UCT TANAH EKSPANSIF + S5% + P10% PERAM 7 HARI SERI 2

Tinggi : 7.26 cm Luas : 10.47 cm²
 Diameter : 3.65 cm Vol : 76.00 cm³

Awal		Akhir	
Brt Basah :	136.05 gr	Can:	28.65 gr
γ wet :	1.79 gr/cm ³	Can + Wet:	154.06 gr
γ dry :	1.38 gr/cm ³	Can + Dry:	125.43 gr
		Kadar Air:	29.58%
Kalibrasi:	0.186 kg/div		

Sample Deformation (cm)	Load Dial (units)	Unit Strain $\epsilon = \Delta L/L_0$	Area CF $1-\epsilon$	Corrected Area $A' = A_0/1-\epsilon$	Total Load on Sampel (kg)	Sample Unit Load (kPa)
0	0	0.00%	1.0000	10.296	0	0.000
0.025	21	0.35%	0.9965	10.332	3.906	37.804
0.05	30	0.69%	0.9931	10.368	5.58	53.818
0.075	79	1.04%	0.9896	10.405	14.694	141.227
0.1	125	1.39%	0.9861	10.441	23.25	222.677
0.125	165	1.73%	0.9827	10.478	30.69	292.900
0.15	233	2.08%	0.9792	10.515	43.338	412.151
0.175	270	2.43%	0.9757	10.552	50.22	475.909
0.2	295	2.77%	0.9723	10.590	54.87	518.127
0.225	320	3.12%	0.9688	10.628	59.52	560.031
0.25	335	3.47%	0.9653	10.666	62.31	584.184
0.275	300	3.81%	0.9619	10.705	55.8	521.271
0.3	230	4.16%	0.9584	10.743	42.78	398.200
0.325	180	4.51%	0.9549	10.782	33.48	310.508
0.35	150	4.85%	0.9515	10.822	27.9	257.817
0.375	120	5.20%	0.9480	10.861	22.32	205.502
0.4	100	5.55%	0.9445	10.901	18.6	170.625
0.425	88	5.89%	0.9411	10.941	16.368	149.599
0.45	72	6.24%	0.9376	10.982	13.392	121.948
0.475	65	6.59%	0.9341	11.022	12.09	109.685
0.5	50	6.93%	0.9307	11.064	9.3	84.060



LAMPIRAN D
HASIL PENGUJIAN TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI TK TERDRAINASI
TANAH EKSPANSIF TANPA DAN DENGAN CAMPURAN BAHAN
STABILISASI

PROJECT
LOCATION
DESCRIPTION
DEPTH OF SAMPLE
TO
WATER LEVEL
TESTED BY

Skripsi Ekspansif	
Lab Mektan FTUI	
-	
0	
1	
0	
Zaki Ag	

		SAMPLE		
		1	2	3
Wt OF WET SOIL + CAN	(gram)	135.85	134.76	158.24
Wt OF DRY SOIL + CAN	(gram)	102.61	101.85	119.96
Wt OF CAN	(gram)	0	0	0
Wt OF DRY SOIL	(gram)	102.61	101.85	119.96
Wt. OF MOISTURE	(gram)	33.24	32.91	38.28
WATER CONTENT	(%)	32.39	32.31	31.91
AVERAGE W. CONTENT	(%)	32.21		
SAMPLE HEIGHT	(cm)	7.21	7.22	7.58
AVERAGE		7.34		
SAMPLE DIAMETER	(cm)	3.58	3.66	3.78
AVERAGE		3.67		
AREA	(cm ²)	10.06	10.52	11.22
VOLUME	(cm ³)	72.54	75.92	85.02
ρ_{wet}	(kg/cm ³)	1.87	1.77	1.86
AVERAGE	(kg/cm ³)	1.84		
ρ_{dry}	(kg/cm ³)	1.41	1.34	1.41
AVERAGE	(kg/cm ³)	1.39		
LRC	(kg/div)	0.14		
S ₃	(kg/cm ²)	1.00	2.00	3.00
count		1	1	1

TRIAXIAL SHEARING

Project	Skripsi Ekspansif	Hole No.	-	Type of Test	CU
Location	Lab Mektan FTUI	Depth	-	With	side drains
Remarks	Ekspansif ASLI	Tested By	Zaki Ag	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	0.000	0.0	1.400	0	0.000	0.0	1.410	0	0.000	0.00	1.420
25	0.025	28.0	1.420	25	0.025	36.0	1.420	25	0.025	51.00	1.490
50	0.050	34.0	1.450	50	0.050	43.0	1.450	50	0.050	62.00	1.560
75	0.075	38.0	1.460	75	0.075	47.0	1.490	75	0.075	71.50	1.620
100	0.100	43.0	1.470	100	0.100	52.0	1.500	100	0.100	79.00	1.660
125	0.125	47.0	1.490	125	0.125	58.0	1.520	125	0.125	85.00	1.720
150	0.150	50.0	1.510	150	0.150	64.0	1.580	150	0.150	93.00	1.790
175	0.175	54.0	1.520	175	0.175	72.0	1.600	175	0.175	96.00	1.850
200	0.200	57.0	1.540	200	0.200	76.0	1.680	200	0.200	101.00	1.960
225	0.225	59.0	1.570	225	0.225	82.0	1.710	225	0.225	106.00	1.970
250	0.250	61.0	1.580	250	0.250	85.0	1.780	250	0.250	112.00	1.980
275	0.275	62.0	1.590	275	0.275	87.0	1.800	275	0.275	118.00	2.010
300	0.300	64.0	1.600	300	0.300	91.0	1.830	300	0.300	124.00	2.010
325	0.325	66.0	1.610	325	0.325	93.0	1.850	325	0.325	125.00	2.010
350	0.350	68.0	1.620	350	0.350	95.0	1.890	350	0.350	125.50	2.020
375	0.375	69.0	1.630	375	0.375	96.0	1.910	375	0.375	125.00	2.020
400	0.400	70.0	1.630	400	0.400	98.0	1.920	400	0.400	125.00	2.020
425	0.425	72.0	1.630	425	0.425	99.0	1.920	425	0.425	125.00	2.020
450	0.450	72.1	1.640	450	0.450	100.0	1.910	450	0.450	123.50	2.020
475	0.475	72.5	1.650	475	0.475	101.0	1.910	475	0.475	123.00	2.010
500	0.500	72.5	1.650	500	0.500	101.2	1.910	500	0.500	121.50	2.010
525	0.525	73.0	1.650	525	0.525	101.2	1.900	525	0.525	120.00	2.010
550	0.550	74.0	1.650	550	0.550	101.0	1.900	550	0.550	119.00	2.000
575	0.575	74.5	1.650	575	0.575	99.0	1.900	575	0.575	119.00	2.000
600	0.600	75.0	1.650	600	0.600	98.5	1.900	600	0.600	119.00	1.990
625	0.625	74.5	1.650	625	0.625	98.0	1.900	625	0.625	117.00	1.990
650	0.650	74.0	1.650	650	0.650	97.0	1.910	650	0.650	115.00	1.990
675	0.675	72.8	1.650	675	0.675	96.0	1.910	675	0.675	113.00	1.990
700	0.700	71.0	1.650	700	0.700	95.0	1.900	700	0.700	110.00	1.980
725	0.725	70.0	1.650	725	0.725	94.0	1.910	725	0.725	107.00	1.980
750	0.750	69.0	1.640	750	0.750	93.0	1.900	750	0.750	104.00	1.980
775	0.775	67.5	1.640	775	0.775	92.2	1.900	775	0.775	102.00	1.990
800	0.800	66.0	1.640	800	0.800	91.5	1.900	800	0.800	100.50	1.990
825	0.825	65.0	1.640	825	0.825	91.0	1.890	825	0.825	99.00	1.990
850	0.850	64.0	1.640	850	0.850	90.0	1.890	850	0.850	97.00	1.980
875	0.875	62.5	1.640	875	0.875	89.0	1.890	875	0.875	96.00	1.980
900	0.900	61.0	1.640	900	0.900	87.0	1.890	900	0.900	93.50	1.970
925	0.925	59.0	1.640	925	0.925	86.0	1.900	925	0.925	92.00	1.970
950	0.950	58.0	1.640	950	0.950	85.0	1.900	950	0.950	91.00	1.980
975	0.975	58.0	1.640	975	0.975	84.0	1.900	975	0.975	90.00	1.980
1000	1.000	57.0	1.640	1000	1.000	82.0	1.900	1000	1.000	89.00	1.980

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	: Zaki Ag	Cell Pressure (σ^3)	: 2.40 kg/cm2
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1.40 kg/cm2
Code	: Ekspansif ASLI	Without		Consolidated Length	: 7.209 cm
Cell No	: 1	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10.059 cm2
Date of Test	: 4 Juli 2010	LRC	: 0.14	Consolidated Volume	: 70.039 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		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)	1 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)		
0	0.000	0.000	100	10.059	0.00	0.000	1.400	0.000	0.000	2.400	1.000	1.00	1.00	2.400	0.000	1.000	0.875	
25	0.025	0.347	99.653	10.094	28.00	3.920	1.420	0.020	0.388	2.788	1.368	0.98	1.40	2.529	0.388	1.109	0.928	
50	0.050	0.694	99.306	10.129	34.0	4.760	1.450	0.050	0.470	2.870	1.420	0.95	1.49	2.557	0.470	1.107	0.939	
75	0.075	1.040	98.960	10.164	38.0	5.320	1.460	0.060	0.523	2.923	1.463	0.94	1.56	2.574	0.523	1.114	0.946	
100	0.100	1.387	98.613	10.200	43.0	6.020	1.470	0.070	0.590	2.990	1.520	0.93	1.63	2.597	0.590	1.127	0.954	
125	0.125	1.734	98.266	10.236	47.0	6.580	1.490	0.090	0.643	3.043	1.553	0.91	1.71	2.614	0.643	1.124	0.961	
150	0.150	2.081	97.919	10.272	50.0	7.000	1.510	0.110	0.681	3.081	1.571	0.89	1.77	2.627	0.681	1.117	0.966	
175	0.175	2.427	97.573	10.309	54.0	7.560	1.520	0.120	0.733	3.133	1.613	0.88	1.83	2.644	0.733	1.124	0.972	
200	0.200	2.774	97.226	10.346	57.0	7.980	1.540	0.140	0.771	3.171	1.631	0.86	1.90	2.657	0.771	1.117	0.977	
225	0.225	3.121	96.879	10.383	59.0	8.260	1.570	0.170	0.796	3.196	1.626	0.83	1.96	2.665	0.796	1.095	0.980	
250	0.250	3.468	96.532	10.420	61.0	8.540	1.580	0.180	0.820	3.220	1.640	0.82	2.00	2.673	0.820	1.093	0.983	
275	0.275	3.815	96.185	10.457	62.0	8.680	1.590	0.190	0.830	3.230	1.640	0.81	2.02	2.677	0.830	1.087	0.985	
300	0.300	4.161	95.839	10.495	64.0	8.960	1.600	0.200	0.854	3.254	1.654	0.80	2.07	2.685	0.854	1.085	0.988	
325	0.325	4.508	95.492	10.533	66.0	9.240	1.610	0.210	0.877	3.277	1.667	0.79	2.11	2.692	0.877	1.082	0.990	
350	0.350	4.855	95.145	10.572	68.0	9.520	1.620	0.220	0.901	3.301	1.681	0.78	2.15	2.700	0.901	1.080	0.993	
375	0.375	5.202	94.798	10.610	69.0	9.660	1.630	0.230	0.910	3.310	1.680	0.77	2.18	2.703	0.910	1.073	0.995	
400	0.400	5.548	94.452	10.649	70.0	9.800	1.630	0.230	0.920	3.320	1.690	0.77	2.20	2.707	0.920	1.077	0.996	
425	0.425	5.895	94.105	10.689	72.0	10.080	1.630	0.230	0.943	3.343	1.713	0.77	2.22	2.714	0.943	1.084	0.999	
450	0.450	6.242	93.758	10.728	72.1	10.094	1.640	0.240	0.941	3.341	1.701	0.76	2.24	2.714	0.941	1.074	0.998	
475	0.475	6.589	93.411	10.768	72.5	10.150	1.650	0.250	0.943	3.343	1.693	0.75	2.26	2.714	0.943	1.064	0.998	
500	0.500	6.936	93.064	10.808	72.5	10.150	1.650	0.250	0.939	3.339	1.689	0.75	2.25	2.713	0.939	1.063	0.998	
525	0.525	7.282	92.718	10.849	73.0	10.220	1.650	0.250	0.942	3.342	1.692	0.75	2.26	2.714	0.942	1.064	0.998	
550	0.550	7.629	92.371	10.889	74.0	10.360	1.650	0.250	0.951	3.351	1.701	0.75	2.27	2.717	0.951	1.067	1.000	
575	0.575	7.976	92.024	10.930	74.5	10.430	1.650	0.250	0.954	3.354	1.704	0.75	2.27	2.718	0.954	1.068	1.000	
600	0.600	8.323	91.677	10.972	75.0	10.500	1.650	0.250	0.957	3.357	1.707	0.75	2.28	2.719	0.957	1.069	1.000	
625	0.625	8.670	91.330	11.013	74.5	10.430	1.650	0.250	0.947	3.347	1.697	0.75	2.26	2.716	0.947	1.066	0.999	
650	0.650	9.016	90.984	11.055	74.0	10.360	1.650	0.250	0.937	3.337	1.687	0.75	2.25	2.712	0.937	1.062	0.998	
675	0.675	9.363	90.637	11.098	72.8	10.192	1.650	0.250	0.918	3.318	1.668	0.75	2.22	2.706	0.918	1.056	0.996	
700	0.700	9.710	90.290	11.140	71.0	9.940	1.650	0.250	0.892	3.292	1.642	0.75	2.19	2.697	0.892	1.047	0.992	
725	0.725	10.057	89.943	11.183	70.0	9.800	1.650	0.250	0.876	3.276	1.626	0.75	2.17	2.692	0.876	1.042	0.990	
750	0.750	10.403	89.597	11.227	69.0	9.660	1.640	0.240	0.860	3.260	1.620	0.76	2.13	2.687	0.860	1.047	0.988	
775	0.775	10.750	89.250	11.270	67.5	9.450	1.640	0.240	0.839	3.239	1.599	0.76	2.10	2.680	0.839	1.040	0.986	
800	0.800	11.097	88.903	11.314	66.0	9.240	1.640	0.240	0.817	3.217	1.577	0.76	2.07	2.672	0.817	1.032	0.983	
825	0.825	11.444	88.556	11.358	65.0	9.100	1.640	0.240	0.801	3.201	1.561	0.76	2.05	2.667	0.801	1.027	0.981	
850	0.850	11.791	88.209	11.403	64.0	8.960	1.640	0.240	0.786	3.186	1.546	0.76	2.03	2.662	0.786	1.022	0.979	
875	0.875	12.137	87.863	11.448	62.5	8.750	1.640	0.240	0.764	3.164	1.524	0.76	2.01	2.655	0.764	1.015	0.976	
900	0.900	12.484	87.516	11.493	61.0	8.540	1.640	0.240	0.743	3.143	1.503	0.76	1.98	2.648	0.743	1.008	0.974	
925	0.925	12.831	87.169	11.539	59.0	8.260	1.640	0.240	0.716	3.116	1.476	0.76	1.94	2.639	0.716	0.999	0.970	
950	0.950	13.178	86.822	11.585	58.0	8.120	1.640	0.240	0.701	3.101	1.461	0.76	1.92	2.634	0.701	0.994	0.968	
975	0.975	13.524	86.476	11.632	58.0	8.120	1.640	0.240	0.698	3.098	1.458	0.76	1.92	2.633	0.698	0.993	0.968	
1000	1.000	13.871	86.129	11.679	57.0	7.980	1.640	0.240	0.683	3.083	1.443	0.76	1.90	2.628	0.683	0.988	0.966	

Calculation

Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$)	=	95.70 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	165.00 KPa
Strain at max. dev. stress (ϵ)	=	8.323 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ^1)	=	335.7 KPa
Total minor principal stress (σ^3)	=	240 KPa
Effective major principal stress (σ^1)	=	170.7 KPa
Effective minor principal stress (σ^3)	=	75.0 KPa
Effective principal stress ratio (σ^1/σ^3)	=	2.28

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 2.00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Zaki Ag	Cell Pressure	: 3.40 kg/cm3
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1.40 kg/cm4
Code	: Ekspansif P10 S5	Without		Consolidated Length	: 7.217 cm
Cell No	: 2	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10.506 cm2
Date of Test	: 4 Juli 2010	LRC	: 0.14	Consolidated Volume	: 65.522 cm3

Strain		Area Corrected			Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress (σ1-σ3)	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		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)		
0	0.000	0.000	100	10.506	0.0	0.000	1.410	0.000	0.0000	3.400	1.990	1.99	1.00	3.400	0.000	1.990	0.000	
25	0.025	0.346	99.654	10.542	36.0	5.040	1.420	0.010	0.4781	3.878	2.458	1.98	1.24	3.559	0.478	2.139	0.478	
50	0.050	0.693	99.307	10.579	43.0	6.020	1.450	0.040	0.5690	3.969	2.519	1.95	1.29	3.590	0.569	2.140	0.569	
75	0.075	1.039	98.961	10.616	47.0	6.580	1.490	0.080	0.6198	4.020	2.530	1.91	1.32	3.607	0.620	2.117	0.620	
100	0.100	1.386	98.614	10.654	52.0	7.280	1.500	0.090	0.6833	4.083	2.583	1.90	1.36	3.628	0.683	2.128	0.683	
125	0.125	1.732	98.268	10.691	58.0	8.120	1.520	0.110	0.7595	4.160	2.640	1.88	1.40	3.653	0.760	2.133	0.760	
150	0.150	2.079	97.921	10.729	64.0	8.960	1.580	0.170	0.8351	4.235	2.655	1.82	1.46	3.678	0.835	2.098	0.835	
175	0.175	2.425	97.575	10.767	72.0	10.080	1.600	0.190	0.9362	4.336	2.736	1.80	1.52	3.712	0.936	2.112	0.936	
200	0.200	2.771	97.229	10.805	76.0	10.640	1.680	0.270	0.9847	4.385	2.705	1.72	1.57	3.728	0.985	2.048	0.985	
225	0.225	3.118	96.882	10.844	82.0	11.480	1.710	0.300	1.0586	4.459	2.749	1.69	1.63	3.753	1.059	2.043	1.059	
250	0.250	3.464	96.536	10.883	85.0	11.900	1.780	0.370	1.0935	4.493	2.713	1.62	1.67	3.764	1.093	1.984	1.093	
275	0.275	3.811	96.189	10.922	87.0	12.180	1.800	0.390	1.1152	4.515	2.715	1.60	1.70	3.772	1.115	1.972	1.115	
300	0.300	4.157	95.843	10.962	91.0	12.740	1.830	0.420	1.1622	4.562	2.732	1.57	1.74	3.787	1.162	1.957	1.162	
325	0.325	4.503	95.497	11.001	93.0	13.020	1.850	0.440	1.1835	4.583	2.733	1.55	1.76	3.794	1.183	1.944	1.183	
350	0.350	4.850	95.150	11.041	95.0	13.300	1.890	0.480	1.2046	4.605	2.715	1.51	1.80	3.802	1.205	1.912	1.205	
375	0.375	5.196	94.804	11.082	96.0	13.440	1.910	0.500	1.2128	4.613	2.703	1.49	1.81	3.804	1.213	1.894	1.213	
400	0.400	5.543	94.457	11.122	98.0	13.720	1.920	0.510	1.2335	4.634	2.714	1.48	1.83	3.811	1.234	1.891	1.234	
425	0.425	5.889	94.111	11.163	99.0	13.860	1.920	0.510	1.2416	4.642	2.722	1.48	1.84	3.814	1.242	1.894	1.242	
450	0.450	6.236	93.764	11.205	100.0	14.000	1.910	0.500	1.2495	4.649	2.739	1.49	1.84	3.816	1.249	1.906	1.249	
475	0.475	6.582	93.418	11.246	101.0	14.140	1.910	0.500	1.2573	4.657	2.747	1.49	1.84	3.819	1.257	1.909	1.257	
500	0.500	6.928	93.072	11.288	101.2	14.168	1.910	0.500	1.2551	4.655	2.745	1.49	1.84	3.818	1.255	1.908	1.255	
525	0.525	7.275	92.725	11.330	101.2	14.168	1.900	0.490	1.2505	4.650	2.750	1.50	1.83	3.817	1.250	1.917	1.250	
550	0.550	7.621	92.379	11.373	101.0	14.140	1.900	0.490	1.2433	4.643	2.743	1.50	1.83	3.814	1.243	1.914	1.243	
575	0.575	7.968	92.032	11.415	99.0	13.860	1.900	0.490	1.2141	4.614	2.714	1.50	1.81	3.805	1.214	1.905	1.214	
600	0.600	8.314	91.686	11.459	98.5	13.790	1.900	0.490	1.2035	4.603	2.703	1.50	1.80	3.801	1.203	1.901	1.203	
625	0.625	8.660	91.340	11.502	98.0	13.720	1.900	0.490	1.1928	4.593	2.693	1.50	1.80	3.798	1.193	1.898	1.193	
650	0.650	9.007	90.993	11.546	97.0	13.580	1.910	0.500	1.1762	4.576	2.666	1.49	1.79	3.792	1.176	1.882	1.176	
675	0.675	9.353	90.647	11.590	96.0	13.440	1.910	0.500	1.1596	4.560	2.650	1.49	1.78	3.787	1.160	1.877	1.160	
700	0.700	9.700	90.300	11.634	95.0	13.300	1.900	0.490	1.1432	4.543	2.643	1.50	1.76	3.781	1.143	1.881	1.143	
725	0.725	10.046	89.954	11.679	94.0	13.160	1.910	0.500	1.1268	4.527	2.617	1.49	1.76	3.776	1.127	1.866	1.127	
750	0.750	10.393	89.607	11.724	93.0	13.020	1.900	0.490	1.1105	4.511	2.611	1.50	1.74	3.770	1.111	1.870	1.111	
775	0.775	10.739	89.261	11.770	92.2	12.908	1.900	0.490	1.0967	4.497	2.597	1.50	1.73	3.766	1.097	1.866	1.097	
800	0.800	11.085	88.915	11.816	91.5	12.810	1.900	0.490	1.0841	4.484	2.584	1.50	1.72	3.761	1.084	1.861	1.084	
825	0.825	11.432	88.568	11.862	91.0	12.740	1.890	0.480	1.0740	4.474	2.584	1.51	1.71	3.758	1.074	1.868	1.074	
850	0.850	11.778	88.222	11.909	90.0	12.600	1.890	0.480	1.0581	4.458	2.568	1.51	1.70	3.753	1.058	1.863	1.058	
875	0.875	12.125	87.875	11.956	89.0	12.460	1.890	0.480	1.0422	4.442	2.552	1.51	1.69	3.747	1.042	1.857	1.042	
900	0.900	12.471	87.529	12.003	87.0	12.180	1.890	0.480	1.0148	4.415	2.525	1.51	1.67	3.738	1.015	1.848	1.015	
925	0.925	12.817	87.183	12.051	86.0	12.040	1.900	0.490	0.9991	4.399	2.499	1.50	1.67	3.733	0.999	1.833	0.999	
950	0.950	13.164	86.836	12.099	85.0	11.900	1.900	0.490	0.9836	4.384	2.484	1.50	1.66	3.728	0.984	1.828	0.984	
975	0.975	13.510	86.490	12.147	84.0	11.760	1.900	0.490	0.9681	4.368	2.468	1.50	1.65	3.723	0.968	1.823	0.968	
1000	1.000	13.857	86.143	12.196	82.0	11.480	1.900	0.490	0.9413	4.341	2.441	1.50	1.63	3.714	0.941	1.814	0.941	

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ)	=	125.73 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	191.00 KPa
Strain at max. dev. stress (ε)	=	6.928 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ1)	=	465.7 KPa
Total minor principal stress (σ3)	=	340 KPa
Effective major principal stress (σ'1)	=	274.7 KPa
Effective minor principal stress (σ'3)	=	149.0 KPa
Effective principal stress ratio (σ'1/σ'3)	=	1.84

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 3.00 kg/cm2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Zaki Ag	Cell Pressure	: 4.40 kg/cm3
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1.40 kg/cm4
Code	: Ekspansif P10 S5	Without		Consolidated Length	: 7.217 cm
Cell No	: 3	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10.508 cm2
Date of Test	: 4 Juli 2010	LRC	: 0.14	Consolidated Volume	: 67.222 cm3

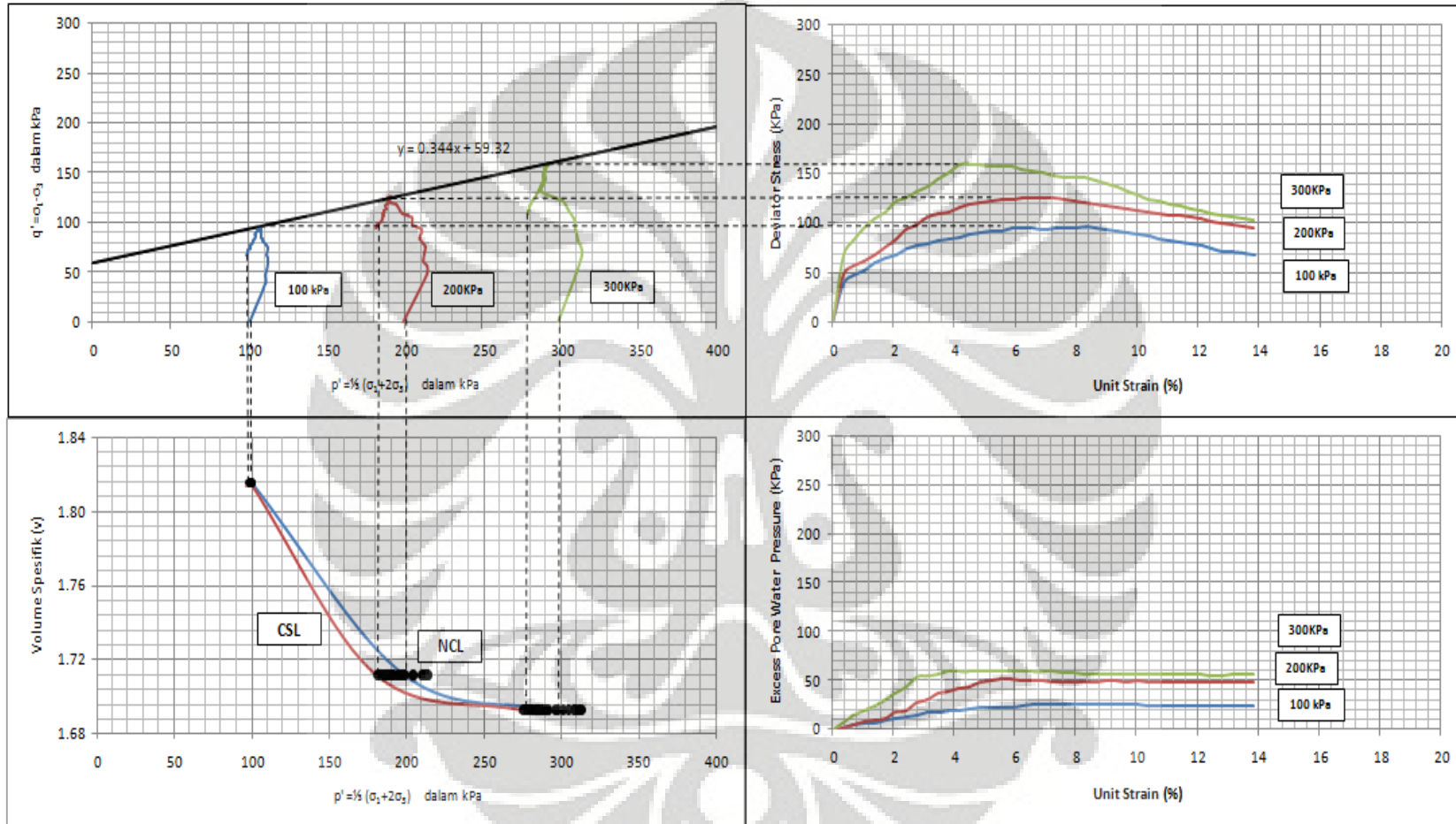
Strain		Area Corrected			Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress ($\sigma_1 - \sigma_3$)	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm (div)	Unit Strain ϵ (cm)	Factor (100 - ϵ) (%)	Corrected Ao/(1 - ϵ) (cm2)	Dial Reading 1 div (div)	0.14 kg (kg)	u (kg/cm2)	Δu (kg/cm2)	Major Tot. (σ_1) (kg/cm2)		Major Eff. (σ_1) (kg/cm2)	Minor Eff. (σ_3) (kg/cm2)	Eff. Ratio (σ_1/σ_3) (%)	p $\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$ (kg/cm2)	q $\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ (kg/cm2)	p' $\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$ (kg/cm2)	q' $\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ (kg/cm2)		
0	0.000	0.000	100	10.508	0.0	0.000	1.420	0.000	0.0000	4.400	2.980	2.98	1.00	4.400	0.000	2.980	0.000	
25	0.025	0.346	99.654	10.544	51.0	7.140	1.490	0.070	0.6772	5.077	3.587	2.91	1.23	4.626	0.677	3.136	0.677	
50	0.050	0.693	99.307	10.581	62.0	8.680	1.560	0.140	0.8204	5.220	3.660	2.84	1.29	4.673	0.820	3.113	0.820	
75	0.075	1.039	98.961	10.618	71.5	10.010	1.620	0.200	0.9428	5.343	3.723	2.78	1.34	4.714	0.943	3.094	0.943	
100	0.100	1.386	98.614	10.655	79.0	11.060	1.660	0.240	1.0380	5.438	3.778	2.74	1.38	4.746	1.038	3.086	1.038	
125	0.125	1.732	98.268	10.693	85.0	11.900	1.720	0.300	1.1129	5.513	3.793	2.68	1.42	4.771	1.113	3.051	1.113	
150	0.150	2.078	97.922	10.731	93.0	13.020	1.790	0.370	1.2134	5.613	3.823	2.61	1.46	4.804	1.213	3.014	1.213	
175	0.175	2.425	97.575	10.769	96.0	13.440	1.850	0.430	1.2481	5.648	3.798	2.55	1.49	4.816	1.248	2.966	1.248	
200	0.200	2.771	97.229	10.807	101.0	14.140	1.960	0.540	1.3084	5.708	3.748	2.44	1.54	4.836	1.308	2.876	1.308	
225	0.225	3.118	96.882	10.846	106.0	14.840	1.970	0.550	1.3683	5.768	3.798	2.43	1.56	4.856	1.368	2.886	1.368	
250	0.250	3.464	96.536	10.885	112.0	15.680	1.980	0.560	1.4406	5.841	3.861	2.42	1.60	4.880	1.441	2.900	1.441	
275	0.275	3.810	96.190	10.924	118.0	16.520	2.010	0.590	1.5123	5.912	3.902	2.39	1.63	4.904	1.512	2.894	1.512	
300	0.300	4.157	95.843	10.963	124.0	17.360	2.010	0.590	1.5835	5.983	3.973	2.39	1.66	4.928	1.583	2.918	1.583	
325	0.325	4.503	95.497	11.003	125.0	17.500	2.010	0.590	1.5905	5.990	3.980	2.39	1.67	4.930	1.590	2.920	1.590	
350	0.350	4.849	95.151	11.043	125.5	17.570	2.020	0.600	1.5910	5.991	3.971	2.38	1.67	4.930	1.591	2.910	1.591	
375	0.375	5.196	94.804	11.083	125.0	17.500	2.020	0.600	1.5789	5.979	3.959	2.38	1.66	4.926	1.579	2.906	1.579	
400	0.400	5.542	94.458	11.124	125.0	17.500	2.020	0.600	1.5732	5.973	3.953	2.38	1.66	4.924	1.573	2.904	1.573	
425	0.425	5.889	94.111	11.165	125.0	17.500	2.020	0.600	1.5674	5.967	3.947	2.38	1.66	4.922	1.567	2.902	1.567	
450	0.450	6.235	93.765	11.206	123.5	17.290	2.020	0.600	1.5429	5.943	3.923	2.38	1.65	4.914	1.543	2.894	1.543	
475	0.475	6.581	93.419	11.248	123.0	17.220	2.010	0.590	1.5310	5.931	3.921	2.39	1.64	4.910	1.531	2.900	1.531	
500	0.500	6.928	93.072	11.290	121.5	17.010	2.010	0.590	1.5067	5.907	3.897	2.39	1.63	4.902	1.507	2.892	1.507	
525	0.525	7.274	92.726	11.332	120.0	16.800	2.010	0.590	1.4826	5.883	3.873	2.39	1.62	4.894	1.483	2.884	1.483	
550	0.550	7.621	92.379	11.374	119.0	16.660	2.000	0.580	1.4647	5.865	3.865	2.40	1.61	4.888	1.465	2.888	1.465	
575	0.575	7.967	92.033	11.417	119.0	16.660	2.000	0.580	1.4592	5.859	3.859	2.40	1.61	4.886	1.459	2.886	1.459	
600	0.600	8.313	91.687	11.460	119.0	16.660	1.990	0.570	1.4537	5.854	3.864	2.41	1.60	4.885	1.454	2.895	1.454	
625	0.625	8.660	91.340	11.504	117.0	16.380	1.990	0.570	1.4239	5.824	3.834	2.41	1.59	4.875	1.424	2.885	1.424	
650	0.650	9.006	90.994	11.548	115.0	16.100	1.990	0.570	1.3942	5.794	3.804	2.41	1.58	4.865	1.394	2.875	1.394	
675	0.675	9.353	90.647	11.592	113.0	15.820	1.990	0.570	1.3648	5.765	3.775	2.41	1.57	4.855	1.365	2.865	1.365	
700	0.700	9.699	90.301	11.636	110.0	15.400	1.980	0.560	1.3235	5.723	3.743	2.42	1.55	4.841	1.323	2.861	1.323	
725	0.725	10.045	89.955	11.681	107.0	14.980	1.980	0.560	1.2824	5.682	3.702	2.42	1.53	4.827	1.282	2.847	1.282	
750	0.750	10.392	89.608	11.726	104.0	14.560	1.980	0.560	1.2417	5.642	3.662	2.42	1.51	4.814	1.242	2.834	1.242	
775	0.775	10.738	89.262	11.772	102.0	14.280	1.990	0.570	1.2131	5.613	3.623	2.41	1.50	4.804	1.213	2.814	1.213	
800	0.800	11.085	88.915	11.817	100.5	14.070	1.990	0.570	1.1906	5.591	3.601	2.41	1.49	4.797	1.191	2.807	1.191	
825	0.825	11.431	88.569	11.864	99.0	13.860	1.990	0.570	1.1683	5.568	3.578	2.41	1.48	4.789	1.168	2.799	1.168	
850	0.850	11.777	88.223	11.910	97.0	13.580	1.980	0.560	1.1402	5.540	3.560	2.42	1.47	4.780	1.140	2.800	1.140	
875	0.875	12.124	87.876	11.957	96.0	13.440	1.980	0.560	1.1240	5.524	3.544	2.42	1.46	4.775	1.124	2.795	1.124	
900	0.900	12.470	87.530	12.004	93.5	13.090	1.970	0.550	1.0904	5.490	3.520	2.43	1.45	4.763	1.090	2.793	1.090	
925	0.925	12.817	87.183	12.052	92.0	12.880	1.970	0.550	1.0687	5.469	3.499	2.43	1.44	4.756	1.069	2.786	1.069	
950	0.950	13.163	86.837	12.100	91.0	12.740	1.980	0.560	1.0529	5.453	3.473	2.42	1.44	4.751	1.053	2.771	1.053	
975	0.975	13.509	86.491	12.149	90.0	12.600	1.980	0.560	1.0371	5.437	3.457	2.42	1.43	4.746	1.037	2.766	1.037	
1000	1.000	13.856	86.144	12.198	89.0	12.460	1.980	0.560	1.0215	5.422	3.442	2.42	1.42	4.741	1.022	2.761	1.022	

Calculation

Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$)	=	159.10 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	202.00 KPa
Strain at max. dev. stress (ϵ)	=	4.849 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ_1)	=	599.1 KPa
Total minor principal stress (σ_3)	=	440 KPa
Effective major principal stress (σ_1')	=	397.1 KPa
Effective minor principal stress (σ_3')	=	238.0 KPa
Effective principal stress ratio (σ_1'/σ_3')	=	1.67



Gambar D.1 Hubungan Grafik-Grafik Hasil Uji Triaksal CU Untuk Tanah Ekspansif Tanpa Campuran

PROJECT
LOCATION
DESCRIPTION
DEPTH OF SAMPLE
TO
WATER LEVEL
TESTED BY

Skripsi Ekspansif	
Lab Mektan FTUI	
Tanah Ekspansif P10 S5	
0	
1	
0	
Zaki Ag	

		SAMPLE		
		1	2	3
Wt OF WET SOIL + CAN	(gram)	136.32	135.83	135.71
Wt OF DRY SOIL + CAN	(gram)	105.79	106.34	105.33
Wt OF CAN	(gram)	0	0	0
Wt OF DRY SOIL	(gram)	105.79	106.34	105.33
Wt. OF MOISTURE	(gram)	30.53	29.49	30.38
WATER CONTENT	(%)	28.86	27.73	28.84
AVERAGE W. CONTENT	(%)	28.48		
SAMPLE HEIGHT	(cm)	7.22	7.22	7.26
AVERAGE		7.23		
SAMPLE DIAMETER	(cm)	3.58	3.66	3.65
AVERAGE		3.63		
AREA	(cm ²)	10.06	10.52	10.46
VOLUME	(cm ³)	72.64	75.92	75.93
ρ_{wet}	(kg/cm ³)	1.88	1.79	1.79
AVERAGE	(kg/cm ³)	1.82		
ρ_{dry}	(kg/cm ³)	1.46	1.40	1.39
AVERAGE	(kg/cm ³)	1.41		
LRC	(kg/div)	0.14		
S ₃	(kg/cm ²)	1.00	2.00	3.00

count

1

1

1

TRIAXIAL SHEARING

Project	Skripsi Ekspansif	Hole No.	-	Type of Test	CU
Location	Lab Mektan FTUI	Depth	-	With	side drains
Remarks	Ekspansif P10 S5	Tested By	Zaki Ag	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		0.0	1.40	0		0.0	1.42	0		0.00	1.41
25		43.0	1.43	25		48.0	1.45	25		68.00	1.43
50		71.0	1.44	50		79.0	1.49	50		99.00	1.44
75		82.0	1.46	75		92.0	1.50	75		112.00	1.45
100		92.0	1.49	100		101.0	1.52	100		121.00	1.50
125		98.0	1.49	125		111.0	1.55	125		131.00	1.51
150		103.0	1.52	150		118.0	1.57	150		138.00	1.54
175		109.0	1.58	175		125.0	1.59	175		145.00	1.58
200		110.0	1.58	200		131.0	1.60	200		151.00	1.59
225		111.0	1.59	225		136.0	1.61	225		156.00	1.60
250		112.0	1.59	250		139.0	1.62	250		159.00	1.62
275		112.5	1.59	275		142.0	1.63	275		162.00	1.63
300		112.8	1.61	300		143.0	1.64	300		163.00	1.65
325		113.5	1.60	325		144.0	1.64	325		165.00	1.67
350		114.0	1.60	350		145.0	1.65	350		165.00	1.68
375		114.6	1.59	375		146.0	1.65	375		166.00	1.68
400		117.0	1.58	400		146.0	1.65	400		166.00	1.69
425		117.8	1.58	425		146.0	1.65	425		166.00	1.69
450		119.0	1.56	450		146.0	1.65	450		165.00	1.69
475		119.5	1.56	475		143.0	1.65	475		164.00	1.70
500		120.0	1.56	500		143.0	1.65	500		164.00	1.70
525		119.8	1.55	525		143.0	1.65	525		164.00	1.70
550		119.8	1.55	550		143.0	1.65	550		164.00	1.70
575		119.8	1.55	575		143.0	1.65	575		164.00	1.70
600		119.8	1.55	600		143.0	1.65	600		163.00	1.70
625		119.8	1.55	625		143.0	1.65	625		163.00	1.70
650		119.8	1.55	650		143.0	1.65	650		163.00	1.70
675		119.8	1.55	675		142.0	1.64	675		163.00	1.70
700		119.8	1.54	700		142.0	1.64	700		163.00	1.70
725		119.8	1.54	725		142.0	1.64	725		163.00	1.70
750		119.8	1.54	750		142.0	1.64	750		163.00	1.70
775		119.0	1.54	775		142.0	1.64	775		163.00	1.70
800		119.5	1.53	800		142.0	1.63	800		163.00	1.70
825		119.5	1.53	825		142.0	1.63	825		162.00	1.69
850		119.5	1.53	850		142.0	1.63	850		162.00	1.69
875		119.5	1.53	875		141.0	1.63	875		162.00	1.69
900		119.5	1.52	900		141.0	1.62	900		162.00	1.69
925		119.5	1.52	925		141.0	1.61	925		162.00	1.69
950		119.5	1.52	950		141.0	1.61	950		162.00	1.69
975		119.5	1.52	975		141.0	1.61	975		160.00	1.69
1000		119.5	1.52	1000		141.0	1.61	1000		160.00	1.69

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	: Zaki Ag	Cell Pressure (σ^3)	: 2.40 kg/cm2
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1.40 kg/cm2
Code	: Ekspansif P10 S5	Without		Consolidated Length	: 7.219 cm
Cell No	: 1	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10.059 cm2
Date of Test	: 10 Juli 2010	LRC	: 0.14	Consolidated Volume	: 70.440 cm3

Strain		Area Corrected			Axial Load		Pore Pressure		Deviator	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		Dial Reading		Stress ($\Delta\sigma$)	Major Tot. (σ^1)	Major Eff. (σ^1)	Minor Eff. (σ^3)	Eff. Ratio (σ^1/σ^3)	p $\frac{1}{2}(\sigma^1+\sigma^3)$	q ($\sigma^1-\sigma^3$)	p' $\frac{1}{3}(\sigma^1+2\sigma^3)$	ln p ($\sigma^1-\sigma^3$)	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm2)	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	10.059	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	0.346	99.654	10.094	43.00	6.020	1.43	0.03	0.596	2.996	1.566	0.97	1.61	2.599	0.596	1.169	0.955	
50	0.050	0.693	99.307	10.129	71.0	9.940	1.44	0.04	0.981	3.381	1.941	0.96	2.02	2.727	0.981	1.287	1.003	
75	0.075	1.039	98.961	10.164	82.0	11.480	1.46	0.06	1.129	3.529	2.069	0.94	2.20	2.776	1.129	1.316	1.021	
100	0.100	1.385	98.615	10.200	92.0	12.880	1.49	0.09	1.263	3.663	2.173	0.91	2.39	2.821	1.263	1.331	1.037	
125	0.125	1.731	98.269	10.236	98.0	13.720	1.49	0.09	1.340	3.740	2.250	0.91	2.47	2.847	1.340	1.357	1.046	
150	0.150	2.078	97.922	10.272	103.0	14.420	1.52	0.12	1.404	3.804	2.284	0.88	2.60	2.868	1.404	1.348	1.054	
175	0.175	2.424	97.576	10.309	109.0	15.260	1.58	0.18	1.480	3.880	2.300	0.82	2.81	2.893	1.480	1.313	1.062	
200	0.200	2.770	97.230	10.345	110.0	15.400	1.58	0.18	1.489	3.889	2.309	0.82	2.82	2.896	1.489	1.316	1.063	
225	0.225	3.117	96.883	10.382	111.0	15.540	1.59	0.19	1.497	3.897	2.307	0.81	2.85	2.899	1.497	1.309	1.064	
250	0.250	3.463	96.537	10.420	112.0	15.680	1.59	0.19	1.505	3.905	2.315	0.81	2.86	2.902	1.505	1.312	1.065	
275	0.275	3.809	96.191	10.457	112.5	15.750	1.59	0.19	1.506	3.906	2.316	0.81	2.86	2.902	1.506	1.312	1.065	
300	0.300	4.156	95.844	10.495	112.8	15.792	1.61	0.21	1.505	3.905	2.295	0.79	2.90	2.902	1.505	1.292	1.065	
325	0.325	4.502	95.498	10.533	113.5	15.890	1.60	0.20	1.509	3.909	2.309	0.80	2.89	2.903	1.509	1.303	1.066	
350	0.350	4.848	95.152	10.571	114.0	15.960	1.60	0.20	1.510	3.910	2.310	0.80	2.89	2.903	1.510	1.303	1.066	
375	0.375	5.194	94.806	10.610	114.6	16.044	1.59	0.19	1.512	3.912	2.322	0.81	2.87	2.904	1.512	1.314	1.066	
400	0.400	5.541	94.459	10.649	117.0	16.380	1.58	0.18	1.538	3.938	2.358	0.82	2.88	2.913	1.538	1.333	1.069	
425	0.425	5.887	94.113	10.688	117.8	16.492	1.58	0.18	1.543	3.943	2.363	0.82	2.88	2.914	1.543	1.334	1.070	
450	0.450	6.233	93.767	10.728	119.0	16.660	1.56	0.16	1.553	3.953	2.393	0.84	2.85	2.918	1.553	1.358	1.071	
475	0.475	6.580	93.420	10.767	119.5	16.730	1.56	0.16	1.554	3.954	2.394	0.84	2.85	2.918	1.554	1.358	1.071	
500	0.500	6.926	93.074	10.807	120.0	16.800	1.56	0.16	1.554	3.954	2.394	0.84	2.85	2.918	1.554	1.358	1.071	
525	0.525	7.272	92.728	10.848	119.8	16.772	1.55	0.15	1.546	3.946	2.396	0.85	2.82	2.915	1.546	1.365	1.070	
550	0.550	7.618	92.382	10.888	119.8	16.772	1.55	0.15	1.540	3.940	2.390	0.85	2.81	2.913	1.540	1.363	1.069	
575	0.575	7.965	92.035	10.929	119.8	16.772	1.55	0.15	1.535	3.935	2.385	0.85	2.81	2.912	1.535	1.362	1.069	
600	0.600	8.311	91.689	10.971	119.8	16.772	1.55	0.15	1.529	3.929	2.379	0.85	2.80	2.910	1.529	1.360	1.068	
625	0.625	8.657	91.343	11.012	119.8	16.772	1.55	0.15	1.523	3.923	2.373	0.85	2.79	2.908	1.523	1.358	1.067	
650	0.650	9.004	90.996	11.054	119.8	16.772	1.55	0.15	1.517	3.917	2.367	0.85	2.79	2.906	1.517	1.356	1.067	
675	0.675	9.350	90.650	11.096	119.8	16.772	1.55	0.15	1.511	3.911	2.361	0.85	2.78	2.904	1.511	1.354	1.066	
700	0.700	9.696	90.304	11.139	119.8	16.772	1.54	0.14	1.506	3.906	2.366	0.86	2.75	2.902	1.506	1.362	1.065	
725	0.725	10.043	89.957	11.182	119.8	16.772	1.54	0.14	1.500	3.900	2.360	0.86	2.74	2.900	1.500	1.360	1.065	
750	0.750	10.389	89.611	11.225	119.8	16.772	1.54	0.14	1.494	3.894	2.354	0.86	2.74	2.898	1.494	1.358	1.064	
775	0.775	10.735	89.265	11.269	119.0	16.660	1.54	0.14	1.478	3.878	2.338	0.86	2.72	2.893	1.478	1.353	1.062	
800	0.800	11.081	88.919	11.312	119.5	16.730	1.53	0.13	1.479	3.879	2.349	0.87	2.70	2.893	1.479	1.363	1.062	
825	0.825	11.428	88.572	11.357	119.5	16.730	1.53	0.13	1.473	3.873	2.343	0.87	2.69	2.891	1.473	1.361	1.062	
850	0.850	11.774	88.226	11.401	119.5	16.730	1.53	0.13	1.467	3.867	2.337	0.87	2.69	2.889	1.467	1.359	1.061	
875	0.875	12.120	87.880	11.446	119.5	16.730	1.53	0.13	1.462	3.862	2.332	0.87	2.68	2.887	1.462	1.357	1.060	
900	0.900	12.467	87.533	11.491	119.5	16.730	1.52	0.12	1.456	3.856	2.336	0.88	2.65	2.885	1.456	1.365	1.060	
925	0.925	12.813	87.187	11.537	119.5	16.730	1.52	0.12	1.450	3.850	2.330	0.88	2.65	2.883	1.450	1.363	1.059	
950	0.950	13.159	86.841	11.583	119.5	16.730	1.52	0.12	1.444	3.844	2.324	0.88	2.64	2.881	1.444	1.361	1.058	
975	0.975	13.506	86.494	11.629	119.5	16.730	1.52	0.12	1.439	3.839	2.319	0.88	2.63	2.880	1.439	1.360	1.058	
1000	1.000	13.852	86.148	11.676	119.5	16.730	1.52	0.12	1.433	3.833	2.313	0.88	2.63	2.878	1.433	1.358	1.057	

Calculation

Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$)	=	155.45 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	156.00 KPa
Strain at max. dev. stress (ϵ)	=	6.926 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ^1)	=	395.4 KPa
Total minor principal stress (σ^3)	=	240 KPa
Effective major principal stress (σ^1)	=	239.4 KPa
Effective minor principal stress (σ^3)	=	84.0 KPa
Effective principal stress ratio (σ^1/σ^3)	=	2.85

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 2.00 kg/cm ²
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Ucik Nurhayati	Cell Pressure	: 3.40 kg/cm ³
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1.40 kg/cm ⁴
Code	: Ekspansif P10 S5	Without		Consolidated Length	: 7.217 cm
Cell No	: 2	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10.506 cm ²
Date of Test	: 10 Juli 2010	LRC	: 0.14	Consolidated Volume	: 66.122 cm ³

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)	(%)	(%)	(cm ²)	1 div	0.14 kg	u	Δu	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
0	0.000	0.000	100	10.506	0.0	0.000	1.42	0	0.0000	3.400	1.980	1.98	1.00	3.400	0.000	1.980	0.000	
25	0.025	0.346	99.654	10.543	48.0	6.720	1.45	0.03	0.6374	4.037	2.587	1.95	1.33	3.612	0.637	2.162	0.637	
50	0.050	0.693	99.307	10.580	79.0	11.060	1.49	0.07	1.0454	4.445	2.955	1.91	1.55	3.748	1.045	2.258	1.045	
75	0.075	1.039	98.961	10.617	92.0	12.880	1.50	0.08	1.2132	4.613	3.113	1.90	1.64	3.804	1.213	2.304	1.213	
100	0.100	1.386	98.614	10.654	101.0	14.140	1.52	0.10	1.3272	4.727	3.207	1.88	1.71	3.842	1.327	2.322	1.327	
125	0.125	1.732	98.268	10.692	111.0	15.540	1.55	0.13	1.4535	4.853	3.303	1.85	1.79	3.884	1.453	2.334	1.453	
150	0.150	2.078	97.922	10.730	118.0	16.520	1.57	0.15	1.5397	4.940	3.370	1.83	1.84	3.913	1.540	2.343	1.540	
175	0.175	2.425	97.575	10.768	125.0	17.500	1.59	0.17	1.6252	5.025	3.435	1.81	1.90	3.942	1.625	2.352	1.625	
200	0.200	2.771	97.229	10.806	131.0	18.340	1.60	0.18	1.6972	5.097	3.497	1.80	1.94	3.966	1.697	2.366	1.697	
225	0.225	3.118	96.882	10.845	136.0	19.040	1.61	0.19	1.7557	5.156	3.546	1.79	1.98	3.985	1.756	2.375	1.756	
250	0.250	3.464	96.536	10.884	139.0	19.460	1.62	0.20	1.7880	5.188	3.568	1.78	2.00	3.996	1.788	2.376	1.788	
275	0.275	3.811	96.189	10.923	142.0	19.880	1.63	0.21	1.8201	5.220	3.590	1.77	2.03	4.007	1.820	2.377	1.820	
300	0.300	4.157	95.843	10.962	143.0	20.020	1.64	0.22	1.8263	5.226	3.586	1.76	2.04	4.009	1.826	2.369	1.826	
325	0.325	4.503	95.497	11.002	144.0	20.160	1.64	0.22	1.8324	5.232	3.592	1.76	2.04	4.011	1.832	2.371	1.832	
350	0.350	4.850	95.150	11.042	145.0	20.300	1.65	0.23	1.8384	5.238	3.588	1.75	2.05	4.013	1.838	2.363	1.838	
375	0.375	5.196	94.804	11.082	146.0	20.440	1.65	0.23	1.8444	5.244	3.594	1.75	2.05	4.015	1.844	2.365	1.844	
400	0.400	5.543	94.457	11.123	146.0	20.440	1.65	0.23	1.8376	5.238	3.588	1.75	2.05	4.013	1.838	2.363	1.838	
425	0.425	5.889	94.111	11.164	146.0	20.440	1.65	0.23	1.8309	5.231	3.581	1.75	2.05	4.010	1.831	2.360	1.831	
450	0.450	6.235	93.765	11.205	146.0	20.440	1.65	0.23	1.8242	5.224	3.574	1.75	2.04	4.008	1.824	2.358	1.824	
475	0.475	6.582	93.418	11.247	143.0	20.020	1.65	0.23	1.7801	5.180	3.530	1.75	2.02	3.993	1.780	2.343	1.780	
500	0.500	6.928	93.072	11.289	143.0	20.020	1.65	0.23	1.7735	5.173	3.523	1.75	2.01	3.991	1.773	2.341	1.773	
525	0.525	7.275	92.725	11.331	143.0	20.020	1.65	0.23	1.7669	5.167	3.517	1.75	2.01	3.989	1.767	2.339	1.767	
550	0.550	7.621	92.379	11.373	143.0	20.020	1.65	0.23	1.7603	5.160	3.510	1.75	2.01	3.987	1.760	2.337	1.760	
575	0.575	7.967	92.033	11.416	143.0	20.020	1.65	0.23	1.7537	5.154	3.504	1.75	2.00	3.985	1.754	2.335	1.754	
600	0.600	8.314	91.686	11.459	143.0	20.020	1.65	0.23	1.7471	5.147	3.497	1.75	2.00	3.982	1.747	2.332	1.747	
625	0.625	8.660	91.340	11.503	143.0	20.020	1.65	0.23	1.7405	5.140	3.490	1.75	1.99	3.980	1.740	2.330	1.740	
650	0.650	9.007	90.993	11.546	143.0	20.020	1.65	0.23	1.7339	5.134	3.484	1.75	1.99	3.978	1.734	2.328	1.734	
675	0.675	9.353	90.647	11.591	142.0	19.880	1.64	0.22	1.7152	5.115	3.475	1.76	1.97	3.972	1.715	2.332	1.715	
700	0.700	9.699	90.301	11.635	142.0	19.880	1.64	0.22	1.7086	5.109	3.469	1.76	1.97	3.970	1.709	2.330	1.709	
725	0.725	10.046	89.954	11.680	142.0	19.880	1.64	0.22	1.7021	5.102	3.462	1.76	1.97	3.967	1.702	2.327	1.702	
750	0.750	10.392	89.608	11.725	142.0	19.880	1.64	0.22	1.6955	5.096	3.456	1.76	1.96	3.965	1.696	2.325	1.696	
775	0.775	10.739	89.261	11.770	142.0	19.880	1.64	0.22	1.6890	5.089	3.449	1.76	1.96	3.963	1.689	2.323	1.689	
800	0.800	11.085	88.915	11.816	142.0	19.880	1.63	0.21	1.6824	5.082	3.452	1.77	1.95	3.961	1.682	2.331	1.682	
825	0.825	11.432	88.568	11.863	142.0	19.880	1.63	0.21	1.6759	5.076	3.446	1.77	1.95	3.959	1.676	2.329	1.676	
850	0.850	11.778	88.222	11.909	142.0	19.880	1.63	0.21	1.6693	5.069	3.439	1.77	1.94	3.956	1.669	2.326	1.669	
875	0.875	12.124	87.876	11.956	141.0	19.740	1.63	0.21	1.6610	5.051	3.421	1.77	1.93	3.950	1.651	2.320	1.651	
900	0.900	12.471	87.529	12.003	141.0	19.740	1.62	0.20	1.6445	5.045	3.425	1.78	1.92	3.948	1.645	2.328	1.645	
925	0.925	12.817	87.183	12.051	141.0	19.740	1.61	0.19	1.6380	5.038	3.428	1.79	1.92	3.946	1.638	2.336	1.638	
950	0.950	13.164	86.836	12.099	141.0	19.740	1.61	0.19	1.6315	5.032	3.422	1.79	1.91	3.944	1.632	2.334	1.632	
975	0.975	13.510	86.490	12.148	141.0	19.740	1.61	0.19	1.6250	5.025	3.415	1.79	1.91	3.942	1.625	2.332	1.625	
1000	1.000	13.856	86.144	12.196	141.0	19.740	1.61	0.19	1.6185	5.018	3.408	1.79	1.90	3.939	1.618	2.329	1.618	

Calculation

Maximum deviator stress (Δσ)	=	184.44 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	165.00 KPa
Strain at max. dev. stress (ε)	=	5.196 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ1)	=	524.4 KPa
Total minor principal stress (σ3)	=	340 KPa
Effective major principal stress (σ'1)	=	359.4 KPa
Effective minor principal stress (σ'3)	=	175.0 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	: Ucik Nurhayati	Cell Pressure	: 4.40 kg/cm3
Remarks		With	: side drains	Back Pressure	: 1.40 kg/cm4
Code	: Ekspansif P10 S5	Without		Consolidated Length	: 7.216 cm
Cell No	: 3	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10.505 cm2
Date of Test	: 10 Juli 2010	LRC	: 0.14	Consolidated Volume	: 64.122 cm3

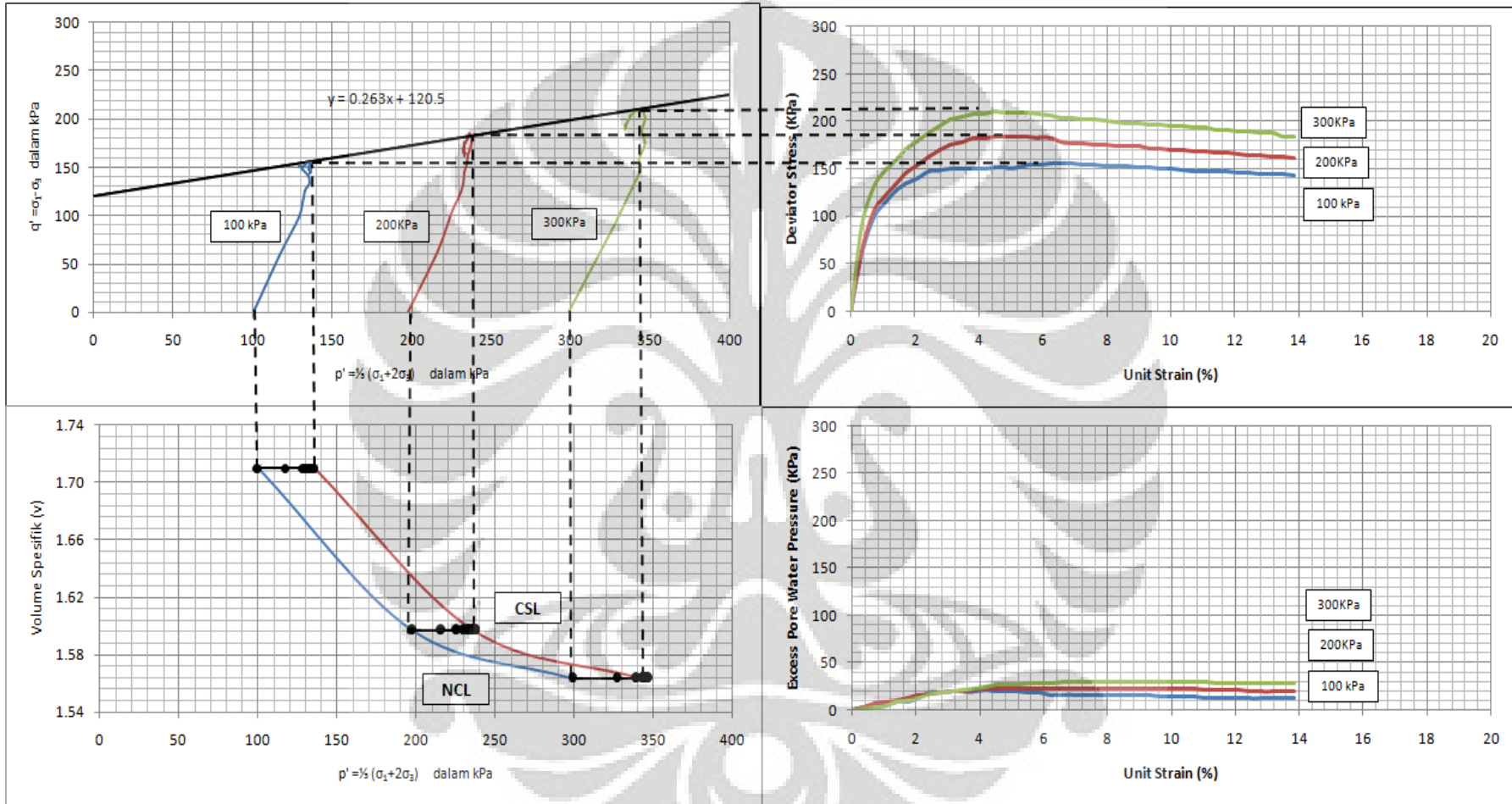
Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress ($\sigma_1 - \sigma_3$)	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain ϵ	Factor (100 - ϵ)	Corrected Ao/(1 - ϵ)	Dial Reading		Dial Reading			Major Tot. (σ_1)	Major Eff. (σ_1)	Minor Eff. (σ_3)	Eff. Ratio (σ_1/σ_3)	p $\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$	q $\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$	p' $\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$	q' $\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm2)	(div)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0.000	0.000	100	10.505	0.0	0.000	1.41	0	0.0000	4.400	2.990	2.99	1.00	4.400	0.000	2.990	0.000
25	0.025	0.346	99.654	10.541	68.0	9.520	1.43	0.02	0.9031	5.303	3.873	2.97	1.30	4.701	0.903	3.271	0.903
50	0.050	0.693	99.307	10.578	99.0	13.860	1.44	0.03	1.3103	5.710	4.270	2.96	1.44	4.837	1.310	3.397	1.310
75	0.075	1.039	98.961	10.615	112.0	15.680	1.45	0.04	1.4772	5.877	4.427	2.95	1.50	4.892	1.477	3.442	1.477
100	0.100	1.386	98.614	10.652	121.0	16.940	1.50	0.09	1.5903	5.990	4.490	2.90	1.55	4.930	1.590	3.430	1.590
125	0.125	1.732	98.268	10.690	131.0	18.340	1.51	0.10	1.7157	6.116	4.606	2.89	1.59	4.972	1.716	3.462	1.716
150	0.150	2.079	97.921	10.728	138.0	19.320	1.54	0.13	1.8010	6.201	4.661	2.86	1.63	5.000	1.801	3.460	1.801
175	0.175	2.425	97.575	10.766	145.0	20.300	1.58	0.17	1.8856	6.286	4.706	2.82	1.67	5.029	1.886	3.449	1.886
200	0.200	2.772	97.228	10.804	151.0	21.140	1.59	0.18	1.9567	6.357	4.767	2.81	1.70	5.052	1.957	3.462	1.957
225	0.225	3.118	96.882	10.843	156.0	21.840	1.60	0.19	2.0143	6.414	4.814	2.80	1.72	5.071	2.014	3.471	2.014
250	0.250	3.464	96.536	10.882	159.0	22.260	1.62	0.21	2.0456	6.446	4.826	2.78	1.74	5.082	2.046	3.462	2.046
275	0.275	3.811	96.189	10.921	162.0	22.680	1.63	0.22	2.0768	6.477	4.847	2.77	1.75	5.092	2.077	3.462	2.077
300	0.300	4.157	95.843	10.960	163.0	22.820	1.65	0.24	2.0821	6.482	4.832	2.75	1.76	5.094	2.082	3.444	2.082
325	0.325	4.504	95.496	11.000	165.0	23.100	1.67	0.26	2.1000	6.500	4.830	2.73	1.77	5.100	2.100	3.430	2.100
350	0.350	4.850	95.150	11.040	165.0	23.100	1.68	0.27	2.0924	6.492	4.812	2.72	1.77	5.097	2.092	3.417	2.092
375	0.375	5.197	94.803	11.080	166.0	23.240	1.68	0.27	2.0974	6.497	4.817	2.72	1.77	5.099	2.097	3.419	2.097
400	0.400	5.543	94.457	11.121	166.0	23.240	1.69	0.28	2.0897	6.490	4.800	2.71	1.77	5.097	2.090	3.407	2.090
425	0.425	5.889	94.111	11.162	166.0	23.240	1.69	0.28	2.0821	6.482	4.792	2.71	1.77	5.094	2.082	3.404	2.082
450	0.450	6.236	93.764	11.203	165.0	23.100	1.69	0.28	2.0619	6.462	4.772	2.71	1.76	5.087	2.062	3.397	2.062
475	0.475	6.582	93.418	11.245	164.0	22.960	1.70	0.29	2.0418	6.442	4.742	2.70	1.76	5.081	2.042	3.381	2.042
500	0.500	6.929	93.071	11.287	164.0	22.960	1.70	0.29	2.0343	6.434	4.734	2.70	1.75	5.078	2.034	3.378	2.034
525	0.525	7.275	92.725	11.329	164.0	22.960	1.70	0.29	2.0267	6.427	4.727	2.70	1.75	5.076	2.027	3.376	2.027
550	0.550	7.622	92.378	11.371	164.0	22.960	1.70	0.29	2.0191	6.419	4.719	2.70	1.75	5.073	2.019	3.373	2.019
575	0.575	7.968	92.032	11.414	164.0	22.960	1.70	0.29	2.0115	6.412	4.712	2.70	1.75	5.071	2.012	3.371	2.012
600	0.600	8.315	91.685	11.457	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9917	6.392	4.692	2.70	1.74	5.064	1.992	3.364	1.992
625	0.625	8.661	91.339	11.501	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9842	6.384	4.684	2.70	1.73	5.061	1.984	3.361	1.984
650	0.650	9.007	90.993	11.545	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9767	6.377	4.677	2.70	1.73	5.059	1.977	3.359	1.977
675	0.675	9.354	90.646	11.589	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9692	6.369	4.669	2.70	1.73	5.056	1.969	3.356	1.969
700	0.700	9.700	90.300	11.633	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9616	6.362	4.662	2.70	1.73	5.054	1.962	3.354	1.962
725	0.725	10.047	89.953	11.678	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9541	6.354	4.654	2.70	1.72	5.051	1.954	3.351	1.954
750	0.750	10.393	89.607	11.723	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9466	6.347	4.647	2.70	1.72	5.049	1.947	3.349	1.947
775	0.775	10.740	89.260	11.769	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9391	6.339	4.639	2.70	1.72	5.046	1.939	3.346	1.939
800	0.800	11.086	88.914	11.814	163.0	22.820	1.70	0.29	1.9315	6.332	4.632	2.70	1.72	5.044	1.932	3.344	1.932
825	0.825	11.433	88.567	11.861	162.0	22.680	1.69	0.28	1.9122	6.312	4.622	2.71	1.71	5.037	1.912	3.347	1.912
850	0.850	11.779	88.221	11.907	162.0	22.680	1.69	0.28	1.9047	6.305	4.615	2.71	1.70	5.035	1.905	3.345	1.905
875	0.875	12.125	87.875	11.954	162.0	22.680	1.69	0.28	1.8973	6.297	4.607	2.71	1.70	5.032	1.897	3.342	1.897
900	0.900	12.472	87.528	12.001	162.0	22.680	1.69	0.28	1.8898	6.290	4.600	2.71	1.70	5.030	1.890	3.340	1.890
925	0.925	12.818	87.182	12.049	162.0	22.680	1.69	0.28	1.8823	6.282	4.592	2.71	1.69	5.027	1.882	3.337	1.882
950	0.950	13.165	86.835	12.097	162.0	22.680	1.69	0.28	1.8748	6.275	4.585	2.71	1.69	5.025	1.875	3.335	1.875
975	0.975	13.511	86.489	12.146	160.0	22.400	1.69	0.28	1.8443	6.244	4.554	2.71	1.68	5.015	1.844	3.325	1.844
1000	1.000	13.858	86.142	12.195	160.0	22.400	1.69	0.28	1.8369	6.237	4.547	2.71	1.68	5.012	1.837	3.322	1.837

Calculation

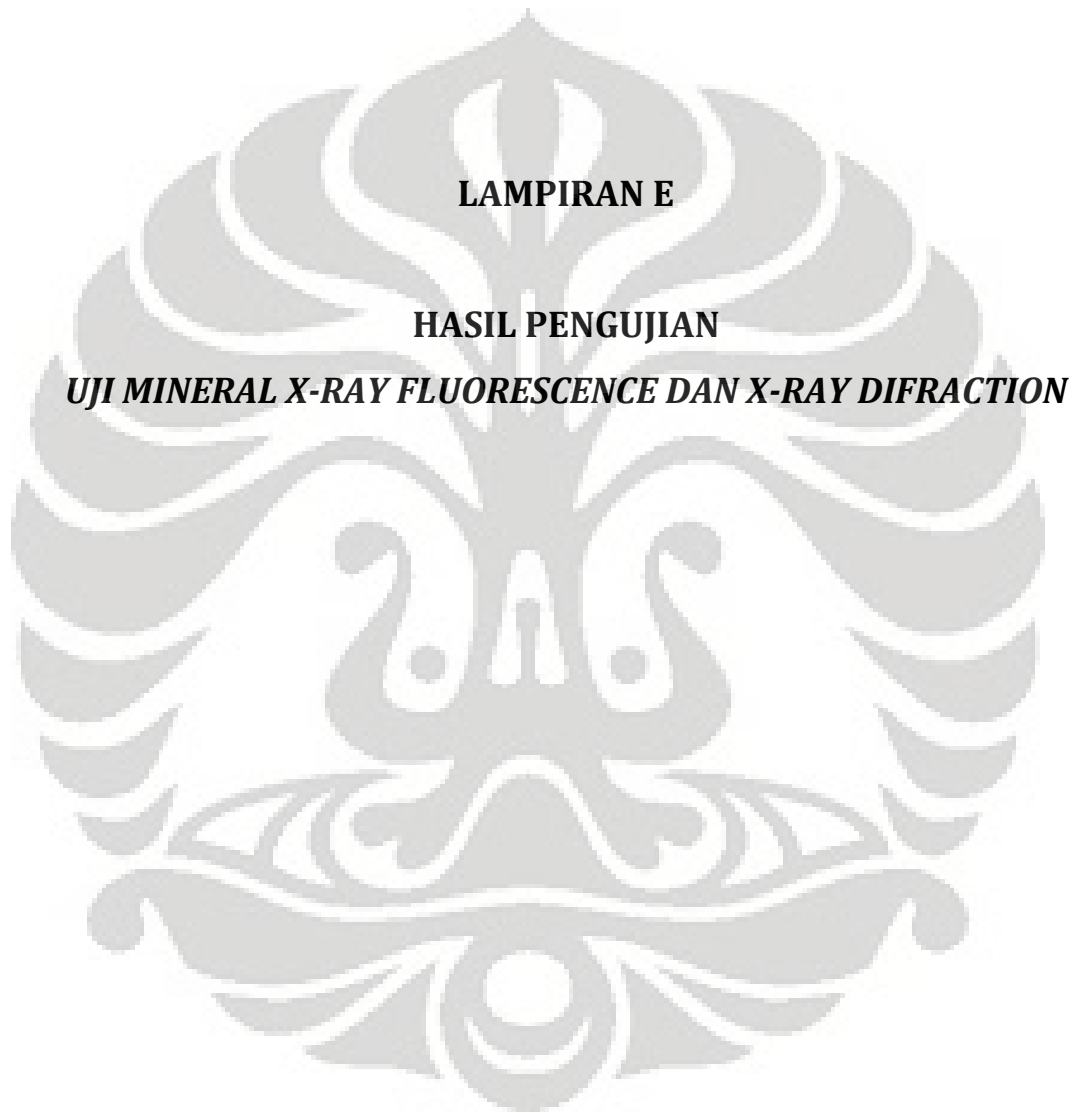
Maximum deviator stress ($\Delta\sigma$)	=	210.00 KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	167.00 KPa
Strain at max. dev. stress (ϵ)	=	4.504 %

Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress (σ_1)	=	650.0 KPa
Total minor principal stress (σ_3)	=	440 KPa
Effective major principal stress (σ_1')	=	483.0 KPa
Effective minor principal stress (σ_3')	=	273.0 KPa
Effective principal stress ratio (σ_1'/σ_3')	=	1.77



Gambar D.2 Hubungan Grafik-Grafik Hasil Uji Triaksal CU Untuk Tanah Ekspansif Dengan Campuran



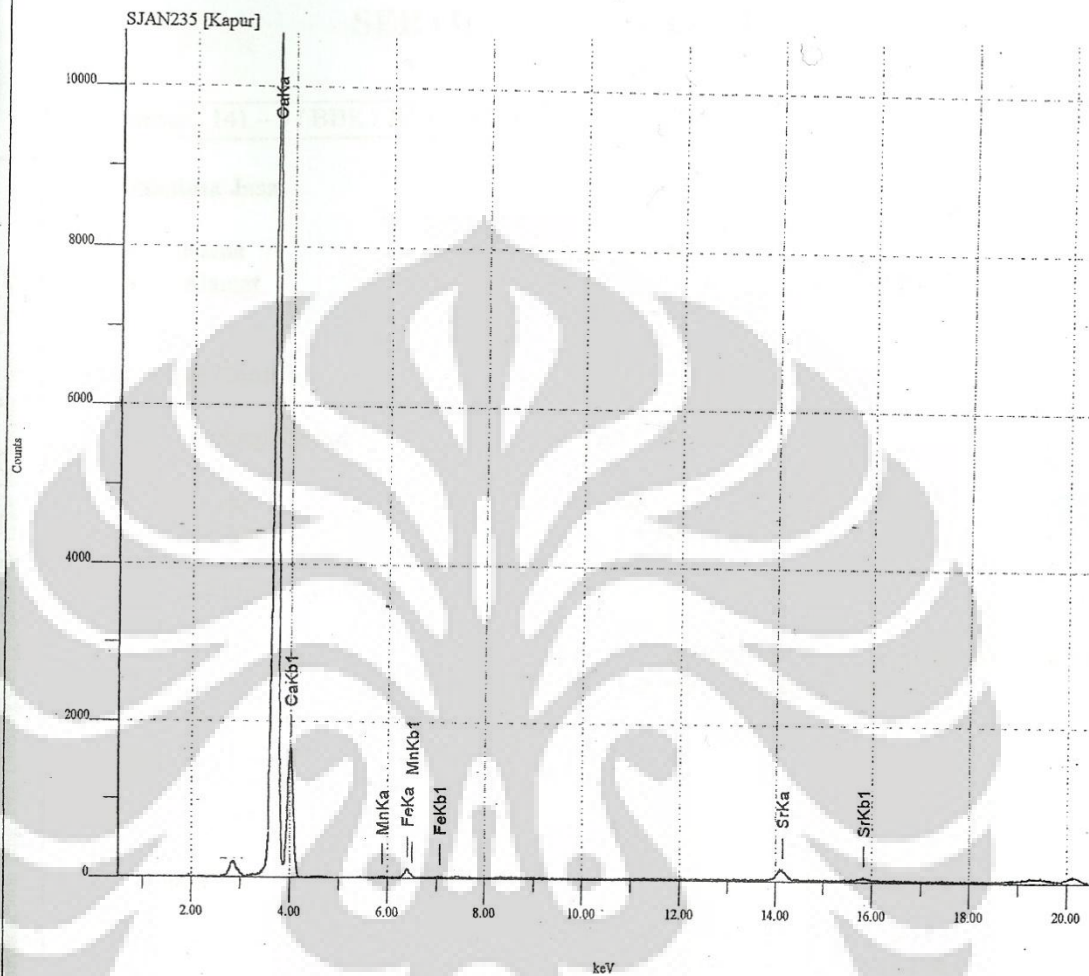
LAMPIRAN E

HASIL PENGUJIAN

UJI MINERAL X-RAY FLUORESCENCE DAN X-RAY DIFRACTION



Print: 2010/ 1/23 15:56:46



File Name : D:\USER\JAN10\SJAN235.SPC Acq. Time: 2010/ 1/23 15:46:42

Sample Name: Kapur

Memo : Bagaskara

Acq. Cond. : Voltage: 30.0kV Current: 0.044mA Live time: 110.00sec Pass:Air

Quantitative Analysis Condition

Quantitative Analysis Method: Standard

Analysis Element: Ca,Mn,Fe,Sr

Num	Atom/Chem.	Formula	wt(%)	at/mole(%)	K-ratio	Integral Int.	Standard dev.
1	20	CaO	98.8542	99.4863	2.1654322	160782	0.0385
2	25	MnO	0.0749	0.0596	0.0006339	173	0.0343
3	26	Fe ₂ O ₃	0.6756	0.2388	0.0059714	1870	0.0299
* 4	38	SrO	0.3953	0.2153	0.0154649	3644	0.0186



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 Prisandhy
- 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. Enymita
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 lengkap.

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	Montmorillonite	23,80
				Halloysite	49,66
				Feldspar	12,92
				Alpha Quartz	13,62

Berlaku untuk contoh yang diuji. Dilarang menggunakan sebagian laporan uji ini kecuali secara lengkap.



F-PSK-03-02

