



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PENCAMPURAN PASIR DAN KAPUR  
TERHADAP KUAT GESER TANAH EKSPANSIF MELALUI  
UJI TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI TAK TERDRAINASI**

**SKRIPSI**

**PRIMA TEGUH PRASOJO  
0606072534**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK  
JULI 2010**

943/FT.01/SKRIP/07/2010



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PENCAMPURAN PASIR DAN KAPUR  
TERHADAP KUAT GESER TANAH EKSPANSIF MELALUI  
UJI TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI TAK TERDRAINASI**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**PRIMA TEGUH PRASOJO  
0606072534**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS INDONESIA  
JULI 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 : Prima Teguh Prasajo

NPM : 0606072534

Tanda Tangan : 

Tanggal : 8 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 : Prima Teguh Prasajo

NPM : 0606072534

Signature : 

Date : July, 8<sup>th</sup> 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Prima Teguh Prasajo  
NPM : 0606072534  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : PENGARUH PENCAMPURAN PASIR DAN KAPUR  
TERHADAP KUAT 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 : 8 Juli 2010

#### STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report is submitted by:

Name : Prima Teguh Prasajo  
NPM : 0606072534  
Study Program : Civil Engineering  
Title of Final Report : EFFECT OF MIXING SAND AND LIME 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


Pembimbing : Dr. Ir. Wiwik Rahayu M.T.

()

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

()

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

()

Approved at : Depok

Date : July, 8<sup>th</sup> 2010

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 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. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kekuatan kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini
2. Dr. Ir. Wiwik Rahayu M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan penulisan skripsi ini serta bersedia untuk menjawab semua pertanyaan dari saya.
3. Ir. Widjojo A Prakoso, M.Sc, Ph.D dan Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan saran untuk penulisan skripsi ini.
4. Laboran di laboratorium mekanika tanah Pak Sunarto, Pak Wardoyo, dan Mas Anto yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan dalam skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Sipil dan Lingkungan yang telah memberi ilmu dan pengetahuan yang luas kepada saya.
6. Kedua Orang Tua saya Bapak Untung dan Ibu Sri, adik saya Surya A.W., dan kekasih saya Putri Indrati yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
7. Seluruh sahabat saya angkatan Teknik Sipil 2006 Universitas Indonesia, terkhusus buat *geotekers* yang selama ini saling memberikan dukungan satu sama lain sehingga kita tetap solid.
8. Tim Tanah Ekspansif Cikarang (Zaki, Pudia, Vande, Denny, Daden, Lani) yang saling bahu membahu untuk menyelesaikan skripsi ini.

9. Teman-teman satu kos KEPODANG I (Yosua,Kemal,Anton,Niky) dan KEPODANG II (Bayu,Denis,Fariz,Pudia,Uud) yang sudah menemani saya begadang dan belajar selama empat tahun ini.
10. Seluruh teman dan sahabat yang pernah berkecimpung dalam dunia kemahasiswaan baik kelembagaan Ikatan Mahasiswa Sipil, BEM FTUI, ,MPM FTUI, KAPA, FUSI maupun yang pernah tergabung dalam kepanitian lainnya.
11. Seluruh teman dan sahabat yang tidak bisa disebutkan satu persatu disini.
12. Karyawan Departemen Teknik Sipil yang selalu ramah dan siap membantu seperti Mba Dian, Mba Ami, Yali, Hamit, Pak Kasim, Bambang, dan Izul.

Akhirnya, dengan selesainya penulisan skripsi ini, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat 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 : Prima Teguh Prasajo  
NPM : 0606031824  
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 KAPUR  
TERHADAP KUAT GESER TANAH EKSPANSIF MELALUI  
UJI TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI TAK TERDRAINASI**

berserta 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  
  
(Prima Teguh Prasajo)

ix

Universitas Indonesia

## ABSTRAK

Nama : Prima Teguh Prasajo  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : PENGARUH PENCAMPURAN PASIR DAN KAPUR  
TERHADAP KUAT GESER TANAH EKSPANSIF  
MELALUI UJI TRIAKSIAL TERKONSOLIDASI TAK  
TERDRAINASI

Tanah ekspansif memiliki daya dukung yang relatif rendah serta potensi kembang susut yang besar. Untuk tugas akhir ini, proses stabilisasi dilakukan dengan mencampur kapur dan pasir pada tanah lempung ekspansif. Bahan stabilisator kapur merupakan bahan yang umum dipakai dalam stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar yang tidak menguntungkan. Kedua bahan ini juga termasuk material murah dan mudah didapat. Beberapa penelitian serupa sudah pernah dilakukan, namun tidak menggabungkan dua jenis bahan stabilisasi yaitu pasir dan kapur yang masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda. Komponen kekuatan geser tanah yaitu sudut geser dan kohesi akan diamati melalui uji triaksial CU yang akan dianalisis dengan metode *Critical State Concept*. Uji *Unconfined* dilakukan untuk melihat pengaruh lama pemeraman terhadap kuat geser tanah campuran. Penelitian dilakukan di laboratorium mekanika tanah FTUI dengan menggunakan contoh tanah yang diambil dari Cikarang, Jawa Barat. Penelitian dilakukan terhadap tanah ekspansif sebelum dan sesudah distabilisasi dengan pasir dan kapur yang meliputi pengujian terhadap sifat-sifat fisik tanah dan perilaku kuat geser. Perilaku yang ditunjukkan oleh tanah campuran yaitu penurunan indeks plastisitas, kenaikan sudut geser dan penurunan nilai kohesi.

Kata-kata kunci: Tanah Ekspansif, Stabilisasi, Kapur, Pasir, kekuatan geser, *Critical State Concept*.



## ABSTRACT

Name : Prima Teguh Prasajo  
Study Program : Civil Engineering  
Title : EFFECT OF MIXING SAND AND LIME ON SHEAR STRENGTH OF EXPANSIVE SOIL THROUGH TRIAXIAL CONSOLIDATED UNDRAINED TEST

Expansive soils have a relatively low carrying capacity and potential for developing large shrinkage. For this final report, the process of stabilization was done by mixing lime and sand on expansive clay. Lime stabilizer material is a material commonly used in soil stabilization for improving basic soil properties. Both materials also include cheap and easily obtainable materials. Several similar studies have been done, but do not combine the two types of materials are sand and lime stabilization, each of which has different characteristics. Components of shear strength of the shear angle and cohesion will be observed through the CU triaxial tests to be analyzed with Critical State Concept method. Unconfined test was conducted to observe the effect of curing time on the shear strength of soil mixture. Research conducted at the University of Indonesia soil mechanics laboratory using soil samples taken from Cikarang, West Java. Research carried out on expansive soil before and after stabilization with sand and lime that includes testing of soil physical properties and shear behavior. The behavior shown that soil plasticity index decrease, increase in friction angle and cohesion impairment.

Key words: Expansive soil, stabilization, lime, sand, shear strength, Critical State Concept.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG PENELITIAN .....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH .....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH .....	2
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 TANAH LEMPUNG .....	4
2.2 TANAH EKSPANSIF.....	5
2.2.1 Pembentukan awal .....	7
2.2.2 Mineralogi tanah .....	7
2.2.3 Identifikasi dan klasifikasi tanah ekspansif .....	9
2.2.3.1 Identifikasi Langsung .....	9
2.2.3.1.1. Kembang bebas (free swell) .....	9
2.2.3.1.2. Perubahan Volume Potensial .....	9
2.2.3.1.3. Uji Indeks Pengembangan.....	11
2.2.3.2. Identifikasi Tidak Langsung .....	12
2.2.3.2.1. Batas-Batas Atterberg .....	12
2.2.3.2.2. Nilai Keaktifan.....	14
2.2.3.2.3. Mineral lempung.....	16
2.2.4. Dampak Tanah Ekspansif Terhadap Pondasi.....	16
2.3. STABILISASI TANAH EKSPANSIF .....	19
2.3.1. Stabilisasi Tanah dengan Kapur .....	19
2.3.1.1. Reaksi-Reaksi yang Terjadi .....	22
2.3.1.2. Pengaruh Kapur Pada Sifat Tanah .....	23
2.3.2. Stabilisasi Tanah dengan Pasir.....	24
2.3.2.1. Pengaruh Pasir pada Sifat Tanah .....	25
2.4. PENENTU KUAT GESER TANAH MELALUI UJI TRIAKSIAL CU .....	25
2.5. METODE LINTASAN TEGANGAN .....	27
2.6. KONDISI KRITIS .....	30
2.7. KESIMPULAN STUDI LITERATUR.....	38
2.7.1. “Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi .....	38

Tanah Dasar”, yang dilakukan oleh soepandji et al (1995)	
2.7.2. “Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) ..... yang Mengandung Kandungan Mineral” Soepandji et al (1995)	43

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>49</b>
3.1. KEGIATAN PENELITIAN.....	49
3.2. UJI BATAS ATTERBERG DAN UJI SPECIFIC GRAVITY .....	50
3.3. UJI ANALISA BUTIRAN.....	50
3.4. PERSIAPAN DAN PENCETAKAN CONTOH UJI .....	50
3.4.1. PENCAMPURAN BAHAN STABILISASI .....	50
3.4.2. PEMADATAN DENGAN PROCTOR STANDAR .....	51
3.5. SWELLING TEST .....	52
3.6. PENGUJIAN UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH TEST.....	52
3.7. UJI TRIAKSIAL CONSOLIDATED UNDRAINED .....	52
3.7.1 PROSEDUR PELAKSANAAN .....	53
<b>BAB IV ANALISA HASIL LABORATORIUM.....</b>	<b>56</b>
4.1. ANALISA HASIL PENGUJIAN INDEKS PROPERTIES .....	56
4.1.1. Atterberg Limit dan Specific Gravity .....	56
4.1.2. Uji Analisa butiran .....	59
4.1.3. Uji Mineral.....	61
4.2. ANALISA HASIL PENGUJIAN SIFAT MEKANIS .....	61
4.2.1. Swelling Test .....	62
4.2.2. Compaction Test Standar .....	63
4.2.3. Unconfined Compression Test.....	68
4.2.1.4 Triaxial Consolidated Undrained (CU) .....	70
4.3. ANALISA KUAT GESER .....	77
4.3.1. Analisa Kekuatan Geser Menggunakan Konsep Kondisi Kritis (Critical State Concept) .....	77
4.3.1.1. Analisa Regangan .....	77
4.3.1.2. Analisa Kekuatan Geser Melalui Parameter $M$ , $c'$ dan $\phi'$ .....	78
4.3.1.3. Analisa Kekuatan Geser Melalui Parameter $\lambda$ , $N$ , dan $\Gamma$ .....	79
<b>Bab V .....</b>	<b>80</b>
5.1. KESIMPULAN .....	80
5.2. SARAN .....	82
DAFTAR PUSTAKA .....	83

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Konstruksi jalan raya diatas tanah ekspansif.....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Struktur simbolis (a) Kaolinit (b) Montmorillonit (c) Illit.....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Peralatan pengujian perubahan volume potensial .....	10
<b>Gambar 2.4</b>	Indeks pengembangan terhadap potensi perubahan volume .....	11
<b>Gambar 2.5</b>	Klasifikasi potensi kembang.....	15
<b>Gambar 2.6</b>	Poligonal pola retak permukaan pada musim kemarau .....	16
<b>Gambar 2.7</b>	Pengaruh Tekanan Pada Slab .....	17
<b>Gambar 2.8</b>	Kerusakan akibat tanah ekspansif .....	18
<b>Gambar 2.9</b>	Kerusakan akibat tanah ekspansif .....	28
<b>Gambar 2.10</b>	Lintasan tegangan atau stress path.....	29
<b>Gambar 2.11</b>	Bentuk lintasan tegangan untuk tes triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (CU) pada lempung terkonsolidasi normal .....	29
<b>Gambar 2.12</b>	Bentuk lintasan tegangan untuk tes triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi(CU) pada lempung overconsolidated.....	30
<b>Gambar 2.13</b>	Lintasan tegangan efektif pada lempung terkonsolidasi normal .	32
<b>Gambar 2.14</b>	Kurva konsolidasi pada lempung terkonsolidasi normal.....	33
<b>Gambar 2.15</b>	Plot tiga dimensi dari gambar 2.14 dan 2.15 .....	34
<b>Gambar 2.16</b>	Proyeksi critical state line bidang v - p' pada bidang v - ln p' .....	35
<b>Gambar 2.17</b>	Konsep kondisi kritis untuk lempung overconsolidated .....	36
<b>Gambar 2.18</b>	Ilustrasi hasil prediksi dari tes CU menggunakan model kondisi kritis dengan ( $R_o \leq 2$ ) .....	37
<b>Gambar 2.19</b>	Ilustrasi hasil prediksi dari tes CU menggunakan model kondisi kritis dengan ( $R_o \geq 2$ ) .....	37
<b>Gambar 2.20</b>	Pengaruh campuran kapur + 2% Na silikat terhadap nilai kohesi tanah.....	39
<b>Gambar 2.21</b>	Pengaruh campuran kapur + 2% Na silikat terhadap sudut geser	39
<b>Gambar 2.22</b>	Pengaruh variasi kadar kapur + 2% natrium silikat terhadap plastisitas tanah.....	41
<b>Gambar 2.23</b>	Pengaruh Pemeriksaan swelling dengan berbagai kadar kapur + 2% natrium silikat.....	42
<b>Gambar 2.24</b>	Pemeriksaan pemadatan dengan berbagai kadar kapur + 2% natrium silikat.....	43
<b>Gambar 2.25</b>	Pengaruh Pengaruh campuran pasir terhadap batas cair .....	44
<b>Gambar 2.26</b>	Pengaruh campuran pasir terhadap batas plastisitas.....	45
<b>Gambar 2.27</b>	Pengaruh campuran pasir terhadap kekuatan geser (sudut geser dalam, $\phi$ ).....	46
<b>Gambar 2.28</b>	Campuran pasir terhadap kekuatan geser (Kohesi,Cu).....	46
<b>Gambar 3.1</b>	Satu set alat triaksial CU .....	55
<b>Gambar 3.2</b>	Alat penarik membran .....	55
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik liquid limit tanah asli dan tanah campuran .....	57
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik plastic limit tanah asli dan tanah campuran .....	57
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik indeks plastisitas tanah asli dan tanah campuran.....	58
<b>Gambar 4.4</b>	Plasticity chart (A.Kapur 5% + Pasir 10% ; B. Kapur 10%	

+ Pasir 10%; C. Kapur 15% + Pasir 10%) .....	59
<b>Gambar 4.5</b> Grain size distribution tanah asli .....	60
<b>Gambar 4.6</b> Grafik hubungan kadar air dengan berat jenis kering untuk tanah asli berikut garis ZAV-nya .....	63
<b>Gambar 4.7</b> Grafik hubungan kadar air dengan berat jenis kering untuk tanah campuran kapur 5% dan pasir 10% berikut garis ZAV-nya .....	64
<b>Gambar 4.8</b> Grafik hubungan kadar air dengan berat jenis kering untuk tanah campuran kapur 10% dan pasir 10% berikut garis ZAV-nya .....	64
<b>Gambar 4.9</b> Grafik hubungan kadar air dengan berat jenis kering untuk tanah campuran kapur 15% dan pasir 10% berikut garis ZAV-nya .....	65
<b>Gambar 4.10</b> Grafik gabungan kadar air vs berat jenis kering untuk setiap jenis tanah .....	66
<b>Gambar 4.11</b> Grafik gabungan kadar air pada kondisi optimum untuk setiap jenis tanah .....	67
<b>Gambar 4.12</b> Grafik gabungan berat jenis kering pada kondisi optimum untuk setiap jenis tanah .....	67
<b>Gambar 4.13</b> Grafik gabungan berat jenis kering pada kondisi optimum untuk setiap jenis tanah .....	69
<b>Gambar 4.14</b> Grafik nilai B terhadap cell pressure pada tanah asli untuk setiap $\sigma_3$ .....	71
<b>Gambar 4.15</b> Grafik nilai B terhadap cell pressure pada tanah campuran untuk setiap $\sigma_3$ .....	71
<b>Gambar 4.16</b> Grafik perubahan volume vs akar waktu pada tanah asli untuk setiap $\sigma_3$ .....	72
<b>Gambar 4.17</b> Grafik perubahan volume vs akar waktu pada tanah campuran untuk setiap $\sigma_3$ .....	73
<b>Gambar 4.18</b> Grafik pore pressure vs akar waktu pada tanah asli untuk setiap $\sigma_3$ .....	73
<b>Gambar 4.19</b> Grafik pore pressure vs akar waktu pada tanah campuran untuk setiap $\sigma_3$ .....	74
<b>Gambar 4.20</b> Grafik gabungan tabel hasil CU untuk tanah asli .....	75
<b>Gambar 4.21</b> Grafik gabungan tabel hasil CU untuk tanah campuran .....	76

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Properti Berbagai Mineral Tanah Lempung.....	8
<b>Tabel 2.2</b> Korelasi Nilai Indeks Pengembangan dengan Potensi Pengembangan (Nelson dan Miller,1992).....	12
<b>Tabel 2.3</b> Derajat Ekspansif Berdasar Indeks Plastisitas dan Batas Shrinkage..	12
<b>Tabel 2.4</b> Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Index Plastisitasnya.....	12
<b>Tabel 2.5</b> Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Kadar Koloid, PI, dan Shrinkage.....	13
<b>Tabel 2.6</b> Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Shrinkage Limit.....	13
<b>Tabel 2.7</b> Hubungan Antara Indeks Plastisitas dengan Swelling Potential.....	13
<b>Tabel 2.8</b> Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Prosentase Butiran Tanah yang Lolos Ayakan No.200, LL, Dan Standart Penetration Resistance.....	14
<b>Tabel 2.9</b> Aktivitas Mineral Lempung .....	16
<b>Tabel 2.10</b> Sifat Dari Kapur Murni .....	21
<b>Tabel 2.11</b> Sifat Dari Kapur Perdagangan.....	21
<b>Tabel 2.12</b> Hasil Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg.....	40
<b>Tabel 2.13</b> Hasil Pemeriksaan Pematatan Tanah.....	40
<b>Tabel 2.14</b> Pengaruh Pasir Terhadap Plastisitas dan Berat Jenis .....	44
<b>Tabel 2.15</b> Pengaruh Pasir Terhadap Kekuatan Geser .....	45
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Rata-Rata Uji Atterberg Limit dan Specific Gravity pada Tanah Asli dan Tanah Campuran.....	56
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Rata-Rata Uji Analisa Butiran (Sieve Analysis dan Hydrometer) Tanah Asli .....	60
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Uji XRD .....	60
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji XRF.....	60
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Rata-Rata Swelling Test pada Tanah Asli .....	61
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Compaction Test pada Tanah Asli dan Tanah Campuran .....	62
<b>Tabel 4.7</b> Nilai Kadar Air dan Berat Jenis pada kondisi Optimum untuk Setiap Sampel Tanah.....	65
<b>Tabel 4.8</b> Nilai Tegangan Maksimum dan Kadar Air Pada Sampel Tiap Masa Pemeraman .....	68
<b>Tabel 4.9</b> Nilai Regangan Untuk Setiap Campuran .....	76
<b>Tabel 4.10</b> Parameter $M$ , $c'$ dan $\phi'$ Tanah Ekspansif Cikarang .....	77
<b>Tabel 4.11</b> Parameter $\lambda$ , $N$ , dan $\Gamma$ Tanah Ekspansif Cikarang .....	78

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG PENELITIAN**

Tanah merupakan sebuah alas dari hampir setiap pekerjaan konstruksi yang dilakukan di bumi, baik dijadikan sebagai bahan konstruksi maupun sebagai penopang beban struktur di atasnya. Kondisi tanah tidak selalu memenuhi kualitas persyaratan fisik maupun teknis. Tanah dengan plastisitas tinggi seperti lempung sering dijumpai dalam pekerjaan konstruksi dilapangan, jenis tanah tersebut mempunyai kapasitas dukung yang rendah dan akan terjadi pengembangan volume apabila pori terisi air dan akan menyusut dalam kondisi kering.

Hal ini yang menjadikan tanah tidak stabil sehingga tidak mampu mendukung suatu konstruksi pondasi bangunan. Akibatnya banyak bangunan yang rusak akibat perilaku ini. Besarnya tekanan yang mengakibatkan pengembangan ini disebut “swelling pressure”, yang besarnya sama dengan besarnya tekanan yang menghalangi terjadinya pengembangan atau perubahan volume tersebut.

Masalah yang sering menjadi kendala oleh para ahli Geoteknik dilapangan seperti masalah diatas, menjadi pertimbangan dalam mempelajari sifat-sifat tanah, menentukan kemampuan Kapasitas dukung tanah , kuat geser tanah dan kemungkinan penurunan yang akan terjadi.

Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan sifat-sifat tanah untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan. Usaha perbaikan sifat-sifat tanah ini disebut stabilisasi tanah (*Bowles, 1986*). Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang dapat dipakai untuk meningkatkan mutu tanah dasar sebelum digunakan. Dengan stabilisasi tanah berarti mencampur tanah dengan suatu bahan tertentu (additif) yang berguna untuk mengubah atau memperbaiki mutu tanah asal, sehingga nantinya diharapkan akan memperoleh sifat-sifat tanah yang baik.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian laboratorium melalui uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pencampuran pasir dan kapur terhadap kuat geser tanah ekspansif.

## **1.2. PERUMUSAN MASALAH**

Tanah ekspansif adalah istilah yang umumnya diterapkan pada tanah yang memiliki potensi untuk menyusut dan mengembang pada kondisi kadar air yang berubah-ubah. Ada beberapa macam bahan aditif yang dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung ekspansif diantaranya menggunakan kapur dan pasir. Pada penelitian ini terdapat tiga persentase campuran kapur yang berbeda yaitu sebesar 5%, 10%, dan 15% sedangkan untuk presentase pasirnya sebesar 10% yang akan ditambahkan pada setiap sampel.

Pengujian laboratorium dengan uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi digunakan pada sampel tanah ekspansif yang diambil dari daerah cikarang untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pencampuran pasir dan kapur dalam meningkatkan kuat geser tanah. Hal ini dapat dilihat dari parameter-parameter kekuatan geser yang didapat dari uji triaksial CU, kemudian hasil tadi akan dihubungkan antara contoh uji yang satu dengan yang lainnya.

## **1.3. TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini mempunyai maksud dan tujuan sebagai berikut :

1. Menganalisa kekuatan geser tanah dengan uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (*CU*) dari contoh uji tanpa bahanaditif dan dengan bahan aditif.
2. Membandingkan parameter-parameter kekuatan geser dari contoh uji tanpa bahan aditif dan dengan bahan aditif
3. Mengetahui presentase campuran pasir dan kapur untuk stabilisasi tanah ekspansif yang paling optimum saat uji laboratorium.

## **1.4. BATASAN MASALAH**

Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian yaitu tanah ekspansif dari Perumahan eucalyptuss lippo cikarang, Jawa Barat dengan bahan stabilisasi

**Universitas Indonesia**



berupa kapur quick lime (biasa diperdagangkan) dan pasir dari gunung galunggung. Pengambilan sampel dilakukan dalam kondisi kondisi terganggu (disturbed). Uji yang akan dilakukan adalah uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (CU) ASTM D 2850-70. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Untuk menambahkan data yang lebih akurat mengenai efek penggunaan kapur dan pasir secara mikroskopik dilakukan uji X-Ray Diffraction yang akan dilakukan di Balai Keramik Bandung dan uji X-Ray Fluorescence yang akan dilakukan di Laboratorium FMIPA UI Pascasarjana, Salemba.

### **1.5. SISTEMATIKA PENELITIAN**

Penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab, yaitu:

#### **Bab I: Pendahuluan**

Pada bab ini akan dibahas latar belakang penelitian, tujuan penelitian, ruang lingkup dan batasan penelitian, beserta sistematika penulisan.

#### **Bab II: Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan tanah ekspansif, pencampuran dengan pasir dan kapur, dan teori mengenai pengujian kekuatan geser tanah dengan uji triaksial (CU) yang akan digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### **Bab III: Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan rangkaian kegiatan penelitian mulai dari prosedur persiapan contoh uji hingga pengujian dengan alat uji triaksial

#### **Bab IV: Hasil dan Analisa**

Pada bab ini akan dibahas hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dan analisa terhadap hasil tersebut.

#### **Bab V: Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisis tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan beserta saran-saran yang berguna bagi penelitian berikutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. TANAH LEMPUNG**

Tanah terdiri dari butiran-butiran material hasil pelapukan massa batuan *massive*, dimana ukuran butirannya bisa sebesar bongkahan, berangkal, kerikil, pasir, lanau, lempung, dan kontak butirnya tidak tersementasi termasuk bahan organik menurut K. Terzaghi.

Menurut Craig (1987), tanah lempung adalah mineral tanah sebagai kelompok-kelompok partikel kristal koloid berukuran kurang dari 0,002 mm, yang terjadi akibat proses pelapukan kimia pada batuan yang salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam ataupun alkali, dan karbondioksida. Sedangkan menurut Mitchell (1976), mineral tanah adalah unsur dasar yang digunakan untuk mengetahui perilaku tanah, selain faktor utama untuk mengontrol bentuk, ukuran, sifat fisik, dan sifat kimia dari partikel tanah. Tampak bahwa tanah lempung adalah mineral tanah dari kelompok partikel-partikel berukuran koloid ( $< 0,002$  mm), yang hanya dapat dilihat oleh mikroskop electron.

Lapisan tanah yang disebut sebagai lapisan yang lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) yang mempunyai nilai penetrasi standar (SPT) N yang lebih kecil dari 4 atau tanah organik seperti gambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi. Lapisan lunak umumnya terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari butiran-butiran yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Pada lapisan lunak, semakin muda umur akumulasinya, semakin tinggi letak muka airnya. Lapisan muda ini juga kurang mengalami pembebanan sehingga sifat mekanisnya buruk dan tidak mampu memikul beban. Sifat lapisan tanah lunak adalah gaya gesernya yang kecil, kemampuan yang besar, dan koefisien permeabilitas yang kecil. Jadi, bilamana pembebanan konstruksi melampaui daya dukung kritisnya maka dalam jangka waktu yang lama besarnya penurunan akan meningkat yang akhirnya akan mengakibatkan berbagai kesulitan.

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

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

Dalam penelitian ini dicoba menambahkan material yang diharapkan dapat menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis dari material tanah ekspansif. Material dalam penelitian ini adalah pasir dan kapur.

## **2.2. TANAH EKSPANSIF**

Tanah ekspansif adalah definisi yang biasanya dipakai pada tanah atau batuan yang berpotensi untuk mengembang (swelling) dan menyusut (shrinkage) karena perubahan keadaan kelembaban dan kadar air. Masalah utama yang dihadapi pada tanah ekspansif ini adalah deformasi yang terjadi lebih besar daripada deformasi elastic dan deformasi ini tidak dapat diprediksi dengan elastic atau plastic theory, (Nelson,1992)

Karakteristik tanah ekspansif dipengaruhi oleh dua hal, yaitu faktor mikroskopik dan faktor makroskopik. Faktor mikroskopik adalah mineralogi tanah dan perilaku kimiawi tanah. Sedangkan yang dimaksud dengan faktor makroskopik adalah properti tanah secara fisik antara lain plastisitas dan berat volume tanah. Faktor makroskopik tanah ekspansif dipengaruhi oleh perilaku mikroskopiknya.

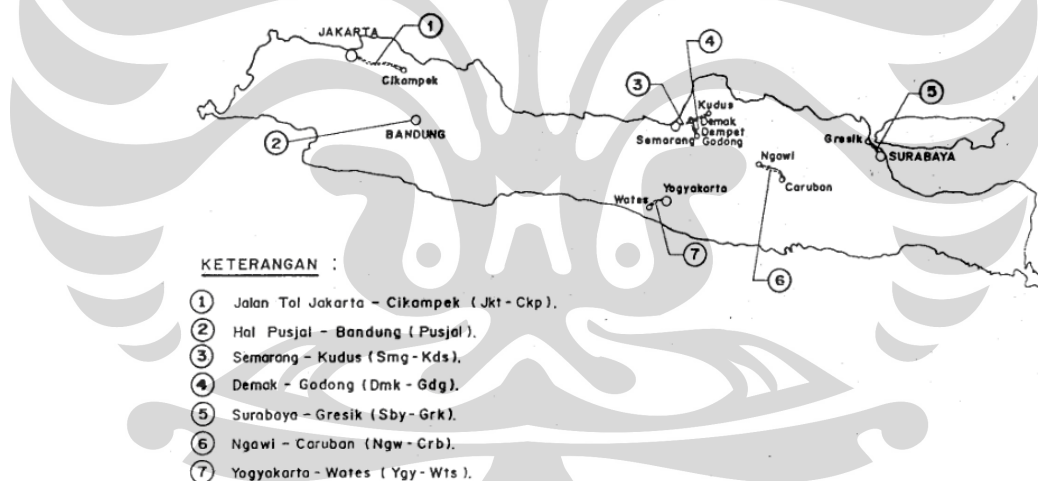
Ada beberapa hal yang termasuk faktor mikroskopik tanah ekspansif yang menyebabkan tanah ekspansif mengalami kembang susut, antara lain mineralogi

tanahnya, perilaku kimiawi tanah dan jumlah exchangeable cation (cation exchange capacity) serta besarnya specific surface dari partikel tanah (Chen,1985)

Karakteristik makro tanah ekspansif adalah yang biasanya menunjukkan perilaku kembang susut tanah. Batas atterberg merupakan salah satu parameter termasuk karakteristik makro tanah yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui potensi kembang susut tanah.

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

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



Gambar 2.1 Konstruksi jalan raya diatas tanah ekspansif

Sumber : *Pengkajian Kerusakan Jalan Di Atas Tanah Ekspansif,*  
(Departemen Pekerjaan Umum)

Data mengenai peta persebaran tanah ekspansif di Indoseia sangatlah minim, walaupun ada itu dikarenakan pernah dibangunnya konstruksi jalan di daerah tersebut. Sebenarnya apabila dilakukan observasi menjauh akan banyak didapatkan di berbagai daerah Indonesia yang memiliki tanah ekspansif karena negeri kita dikelilingi oleh banyak sekali gunung berapi yang merupakan salah satu pembentuk material tanah ekspansif.

### 2.2..1. Pembentukan Awal

Batuan asal pembentuk tanah ekspansif menurut Donaldson (1969) dapat diklasifikasikan dalam dua kelas, yaitu :

a. Batuan Beku

Pada tanah ekspansif yang berasal dari batuan beku ini adalah mineral feldspar dan pyroxene, kemudian terurai secara kimia ke dalam bentuk mineral montmorillonit dan mineral sekunder lainnya dalam bentuk tanah ekspansif.

b. Batuan sedimen

Batuan sedimen ini telah mengandung mineral montmorillonit sejak awalnya kemudian terurai secara fisik membentuk tanah ekspansif.

Secara umum mineral lempung terbentuk melalui proses pelapukan yang kompleks dari material asal seperti feldspar, mika, atau batu kapur (limestone). Proses pelapukan ini termasuk diantaranya proses disintegrasi, oksidasi, hidrasi, dan leaching. Khusus pembentukan montmorillonit sering diasosiasikan dengan proses disintegrasi yang ekstrim, hidrasi yang kuat serta sedikit atau tanpa leaching.

Dengan demikian mineral montmorillonit dapat terbentuk dalam kondisi leaching terbatas, artinya sistem daerah pembentukan tidak terdrainase dengan baik, sehingga kation magnesium, calcium, sodium dan besi dapat terakumulasi dalam sistem.

### 2.2..2. Mineralogi Tanah

Mineralogi tanah dapat dibagi berdasar struktur mineralnya. Untuk tanah lempung ada 3 kelompok struktur mineral tanah, yaitu :

- Kelompok Kaolinite, bagian dasar struktur ini adalah lembaran tunggal silka tetrahedron yang digabung dengan alimunia oktahedron. Ikatan antara lembaran – lembaran tersebut berupa ikatan hidrogen dengan gaya bervalensi rendah. Umumnya tidak mempunyai sifat ekspansif.
- Kelompok Mica-lite, termasuk ilite dan vermiculite. Mempunyai struktur dasar sebuah lembaran alumunia oktahedron yang diapit oleh dua

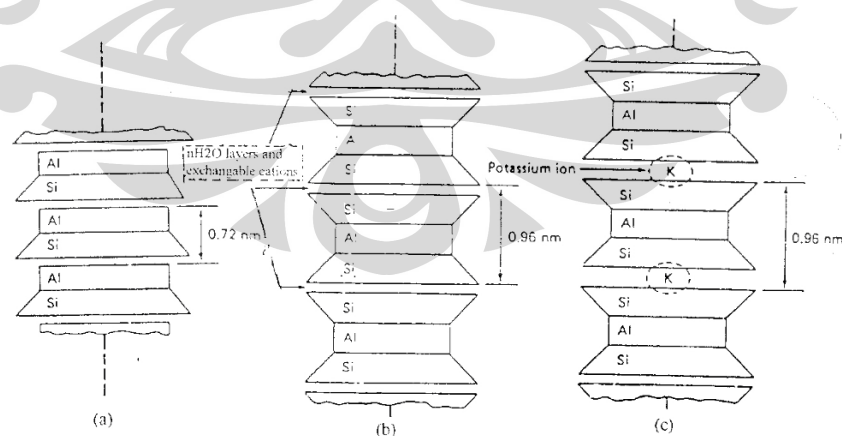
**Universitas Indonesia**

lembaran tetrahedron. Kombinasi lembaran – lembaran tersebut berikatan satu sama lain dengan perekat yang berkekuatan rendah akibat pengaruh ion potassium. Sangat sedikit bersifat ekspansif.

- Kelompok Smectite, termasuk Montmorillonite. Mempunyai struktur dasar yang hampir sama dengan Illit. Perbedaannya adalah letak ikatan antara lapisannya. Ruangan antara kombinasi – kombinasi diisi oleh air dan kation dapat diganti selain potassium. Kekuatan ikatan antara kombinasi – kombinasi lembaran ini sangat lemah sehingga air dapat masuk. Sangat bersifat ekspansif, secara umum lempung Montmorillonite inilah yang disebut tanah ekspansif.

Tabel 2.1 Properti Berbagai Mineral Tanah Lempung  
(After Woodward-Cyclic & Associate,1967)

	Kaolinite	illite	montmorillonite
Particle thickness	0,5-2 microns	0,003-0,1 microns	less than 9,5 A
Particle diameter	0,5-4 microns	0,5-10 microns	0,05-10 microns
Specific surface (m <sup>3</sup> /g)	10-2	65-180	70-80
Cation exchange capacity (miliequivalents per 100g)	3-15	10-40	70-80



Gambar 2.2 : Struktur simbolis (a) Kaolinit (b) Montmorillonit (c) Illit  
(Lambe dan Whitman,1979)

### 2.2..3. Identifikasi dan Klasifikasi Tanah Ekspansif

Identifikasi tanah ekspansif pada awal penyelidikan tanah diperlukan untuk menentukan metode pengujian laboratorium yang lebih tepat. Untuk mengidentifikasi tanah ekspansif indeks plastisitas (PI) adalah parameter yang paling sering digunakan karena karakteristik plastisitas dan sifat perubahan volume tanah berkaitan erat (Lee,1983).

#### 2.2..3.1. *Identifikasi Langsung*

Identifikasi langsung dilakukan melalui pengukuran pengembangan secara langsung, baik terhadap contoh tanah terganggu maupun tak terganggu. Metode pengujian yang tersedia saat ini cukup beragam.

##### 2.2..3.1.1. *Kembang bebas (free swell)*

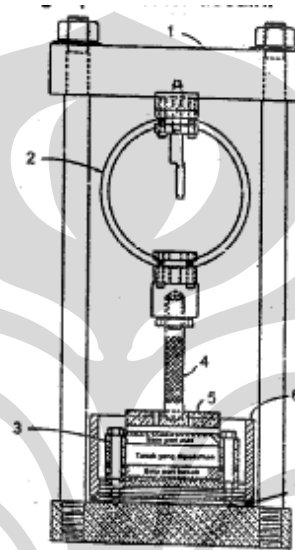
Uji kembang bebas dilakukan dengan cara menempatkan sejumlah tanah kering lolos saringan No. 40 kedalam sebuah silinder ukur berisi air serta mengukur volume pengembangannya setelah tanah turun seluruhnya. Nilai kembang bebas dinyatakan sebagai perbandingan perubahan volume terhadap volume awalnya, yang dinyatakan dalam persen. Sodium montmorillonite (bentonite) dapat memiliki kembang bebas sebesar 1200% sampai dengan 2000%. Tanah yang memiliki nilai kembang bebas minimal 100% akan mengalami pengembangan yang cukup besar di lapangan saat berada pada kondisi basah. Tanah pada kondisi ini perlu dipertimbangkan dalam desain.

##### 2.2..3.1.2. *Perubahan Volume Potensial*

Perubahan volume potensial atau juga biasa disebut potential volume change (PVC) diukur dengan menggunakan PVC meter yang diperlihatkan pada gambar 1. Pengujian ini dilakukan dengan cara menempatkan contoh tanah terganggu pada cetakan pemadatan. Selanjutnya contoh tanah dipadatkan dengan metode modified proctor sebesar pada kadar air alami lapangan. Contoh tanah dijenuhkan dan dibiarkan mengembang hingga menekan cincin ukur. Besarnya tekanan pada cincin ukur dinyatakan sebagai indeks pengembangan dan nilainya

dikorelasikan dengan nilai perubahan volume potensial dengan menggunakan grafik 1.

Pengujian ini memberikan keuntungan karena sederhana dan telah distandarisasikan. Meskipun demikian, pengujian ini menggunakan contoh tanah terganggu sehingga nilai perubahan volume potensial dan indeks pengembangan ini lebih sesuai jika digunakan dalam identifikasi dan bukan sebagai parameter desain.

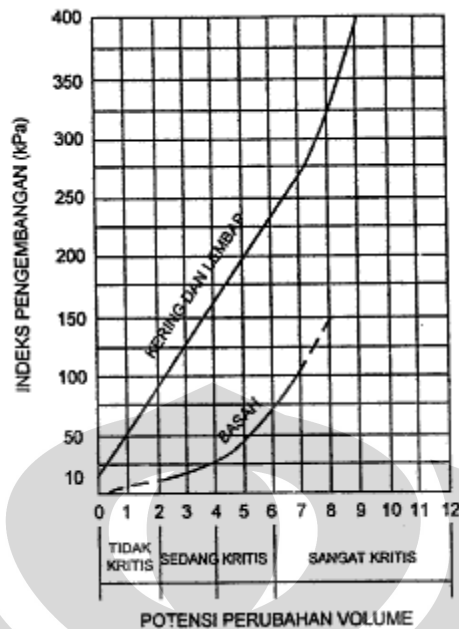


**Keterangan gambar:**

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1 Pelat pembebanan  | 5 Penutup            |
| 2 Cincin ukur       | 6 Wadah              |
| 3 Cetakan pemadatan | 7 Cincin berbentuk O |
| 4 Batang pengatur   |                      |

Gambar 2.3 Peralatan pengujian perubahan volume potensial  
(Nelson & Miller,1992)





Gambar 2.4 Indeks pengembangan terhadap potensi perubahan volume (Lambe,1960)

#### 2.2..3.1.3. Uji Indeks Pengembangan

Prinsip pengujiannya serupa dengan uji perubahan volume potensial, yang membedakannya hanyalah penggunaan beban tambahan konstan.

Pengujian dilakukan terhadap contoh tanah yang lolos saringan No.4 dan berada pada kondisi air mendekati optimum. Tanah dibiarkan selama 6-30 jam dan dipadatkan dalam cetakan berdiameter 10,2 cm. Jika dibutuhkan, selanjutnya kadar air disesuaikan agar contoh tanah mendekati derajat kejenuhan sebesar 50%. Kemudian diberikan beban tambahan sebesar 6,9 kpa dan contoh tanah dibasahi. Perubahan volume dipantau selama 24 jam. Nilai indeks pengembangan hingga pembulatan terkecil dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$EI = 100\Delta H \times F \quad (2.1)$$

Dengan EI adalah indeks pengembangan,  $\Delta H$  adalah presentase pengembangan, dan F adalah presentase butiran tanah lolos saringan No.4.

Potensi pengembangan tanah juga telah dikelompokkan berdasarkan nilai indeks pengembangan sebagai berikut.

Tabel 2.2 Korelasi Nilai Indeks Pengembangan dengan Potensi Pengembangan (Nelson dan Miller,1992)

Indeks Pengembangan (EI)	Potensi Pengembangan
0.20	sangat rendah
21.50	rendah
51.90	sedang
91.130	tinggi
>130	sangat tinggi

### 2.2..3.2. Identifikasi Tidak Langsung

Identifikasi tanah ekspansif secara sederhana melalui uji laboratorium umumnya menggunakan nilai batas Atterberg dan presentase kandungan lempung untuk menggambarkan potensi pengembangan suatu tanah secara kualitatif.

#### 2.2..3.2.1. Batas-Batas Atterberg

##### a. Cara Chen

Chen (1988) menggunakan nilai indeks plastisitas (PI) dan indeks susut untuk mengidentifikasi tanah ekspansif.

Tabel 2.3 Derajat Ekspansif Berdasar Indeks Plastisitas dan Batas Shrinkage (Chen,Raman,1967)

Indeks Plastisitas (%)	Indeks shrinkage	Derajat Ekspansif
<12	<15	Rendah
12.23	15.30	Medium
23.32	30.40	Tinggi
>32	>40	Sangat Tinggi

Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Index Plastisitasnya (Chen,1988)

Swell Potential	PI
Rendah	0.15
sedang	10.35
Tinggi	20.55
Sangat Tinggi	>35

b. Cara Holtz dan Gibbs

Holtz dan Gibbs (1956) menyajikan kriteria untuk memperkirakan potensial tanah tak terganggu dengan pembebanan sebesar 6,9 kpa

Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Kadar Koloid, PI, dan Shrinkage Limit (Holtz dan Gibbs,1956)

Kadar Koloid	PI	SH Limit	% Perubahan Volume Total	Derajat Ekspansif
>28	>35	<11	>30	Sangat tinggi
20.31	25.41	7.12	20.30	Tinggi
13.23	15.28	10.16	10.20	Medium
<15	<28	>15	<10	Rendah

c. Cara Altmeyer

Altmeyer(1955) mengidentifikasi tanah ekspansif menggunakan presentase batas susut dan presentase kembang susut tanah.

Tabel 2.6 Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Shrinkage Limit (Altmeyer,1955)

Linear Shrinkage	SL(%)	Swell (%)	
<5	>12	<0,5	Non kritikal
5.8	10.12	0,5.1,5	Marginal
>8	<10	>1,5	Kritikal

d. Cara Costet dan Sanglerat

Costet dan Sanglerat (1981) menggunakan PI dan potensi kembang susut untuk mengidentifikasi tanah jenis ini.

Tabel 2.7 Hubungan Antara Indeks Plastisitas dengan Swelling Potential (Costet dan Sanglerat,1981)

Swelling Potential	PI(%)	Swelling Pressure (Kpa)
Lemah	0.15	50
Sedang	10.25	150.250
Tinggi	25.55	250.500
Sangat Tinggi	>55	>1000

e. Batas-batas atterberg dan uji penetrasi standar (SPT)

Chen (1965) mengembangkan korelasi antara fraksi lolos saringan No.200, batas cair (LL) dan nilai N hasil uji SPT, untuk memperkirakan tingkat pengembangan tanah ekspansif.

Tabel 2.8 Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasar Prosentase Butiran Tanah yang Lolos Ayakan No.200, LL, Dan Standart Penetration Resistance (Chen,1965)

Prosentase Butiran Tanah yang Lolos Ayakan No.200	LL (%)	Standart Penetration Resistance (Blows/ft)	% Perubahan Volume Total	Derajat Ekspansif
>95	>60	30	>10	Sangat tinggi
60.95	40.60	20.30	3.10	Tinggi
30.60	30.40	10.20	1.5	Medium
<30	<30	<10	<1	Rendah

2.2..3.2.2. Nilai Keaktifan

Salah satunya yang dilakukan oleh Skempton (1953), dengan mendefinisikan sebuah parameter yang disebut aktivitas (A).

$$A = \frac{PI}{\% \text{ clay}} \quad (2.2)$$

Skempton menggunakan tiga kategori aktivitas, yaitu :

$A < 0,75$  = tidak aktif

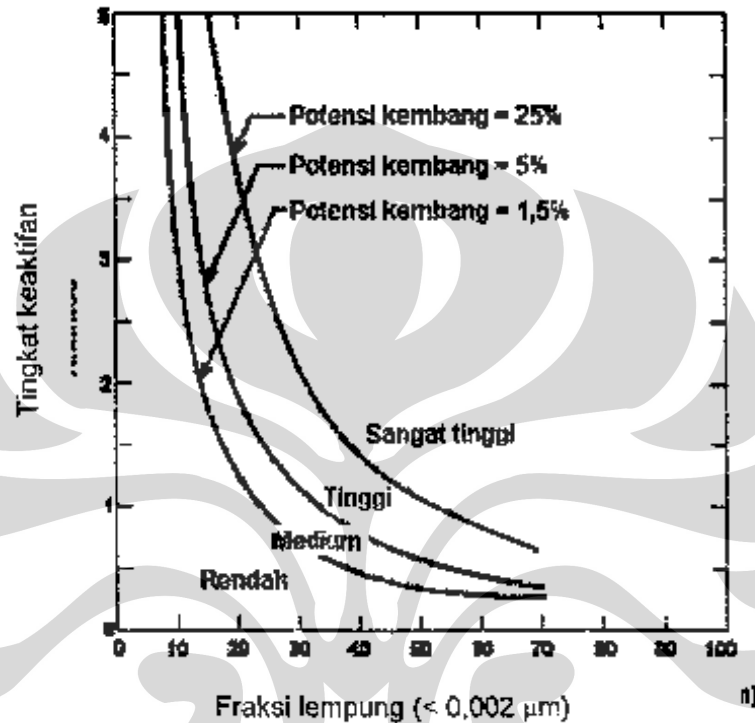
$0,75 < A < 1,25$  = normal

$A > 1,25$  = aktif

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

$$A = \frac{PI}{CF-10} \quad (2.3)$$

Dengan,  $A$  adalah tingkat keaktifan( tanpa satuan),  $PI$  adalah indeks plastisitas (%),  $CF$  adalah presentase fraksi lempung berdiameter kurang dari  $0,002 \mu m$  (%) dan  $10$  adalah konstanta. Untuk melihat besarnya tingkat potensi mengembang tanah yang dipadatkan lihat gambar 2 dimana potensi kembang tanah akan semakin tinggi apabila persentase fraksi lempung ( $< 0,002m$ )



Gambar 2.5 Klasifikasi potensi kembang (seed et,al 1962)

Banyak dari properti tanah dan kebiasaan engineering yang dikorelasikan dengan indeks plastisitas termasuk potensi kembang susut. Seed et al dan chen mengajukan model yang sangat simpel menggunakan parameter indeks plastisitas untuk mengetahui potensi kembang susut tanah dan persamaannya adalah :

$$SP = 60 K (PI)^{2.44} \quad (2.4)$$

$$SP = B e^{A(PI)} \quad (2.5)$$

Dimana  $SP$  adalah swelling potential,  $K = 3,6 \times 10^{-5}$ ,  $A = 0,0838$ ,  $B = 0,2558$  adalah konstan, dan  $PI$  adalah indeks plastisitas.

### 2.2..3.2.3. Mineral lempung

Lempung yang aktif mempunyai potensi pengembangan yang besar. Nilai tipikal aktivitas beberapa mineral lempung dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 2.9 Aktivitas Mineral Lempung (Skempton,1953)

Mineral	Aktivitas
Kaolinite	0,33-0,46
Illite	0,9
Montmorillonite (Ca)	1,5
Montmorillonite (Na)	7,2

### 2.2..4. Dampak Tanah Ekspansif Terhadap Pondasi

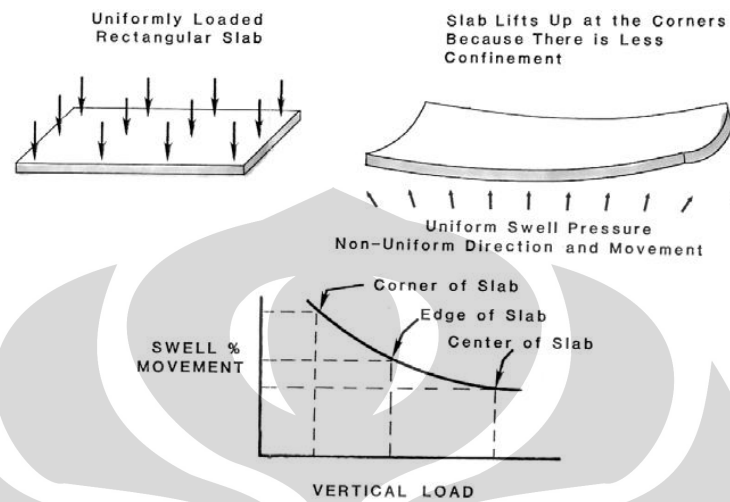
Tanah ekspansif dapat merusak pondasi dengan mengangkat ketika mereka mengembang dengan uap air meningkat. Pengembangan tanah mengangkat dan mengakibatkan retak ringan, dan sering mengakibatkan stres di lantai.

Karena beban bangunan yang berbeda pada berbagai bagian dari struktur pondasi, resultan mengangkat akan berbeda-beda di berbagai wilayah. Fenomena ini dapat diperburuk oleh perbedaan dalam kelembaban tanah di tepi slab. Diferensial seperti gerakan dari pondasi juga dapat menyebabkan perubahan suatu struktur.



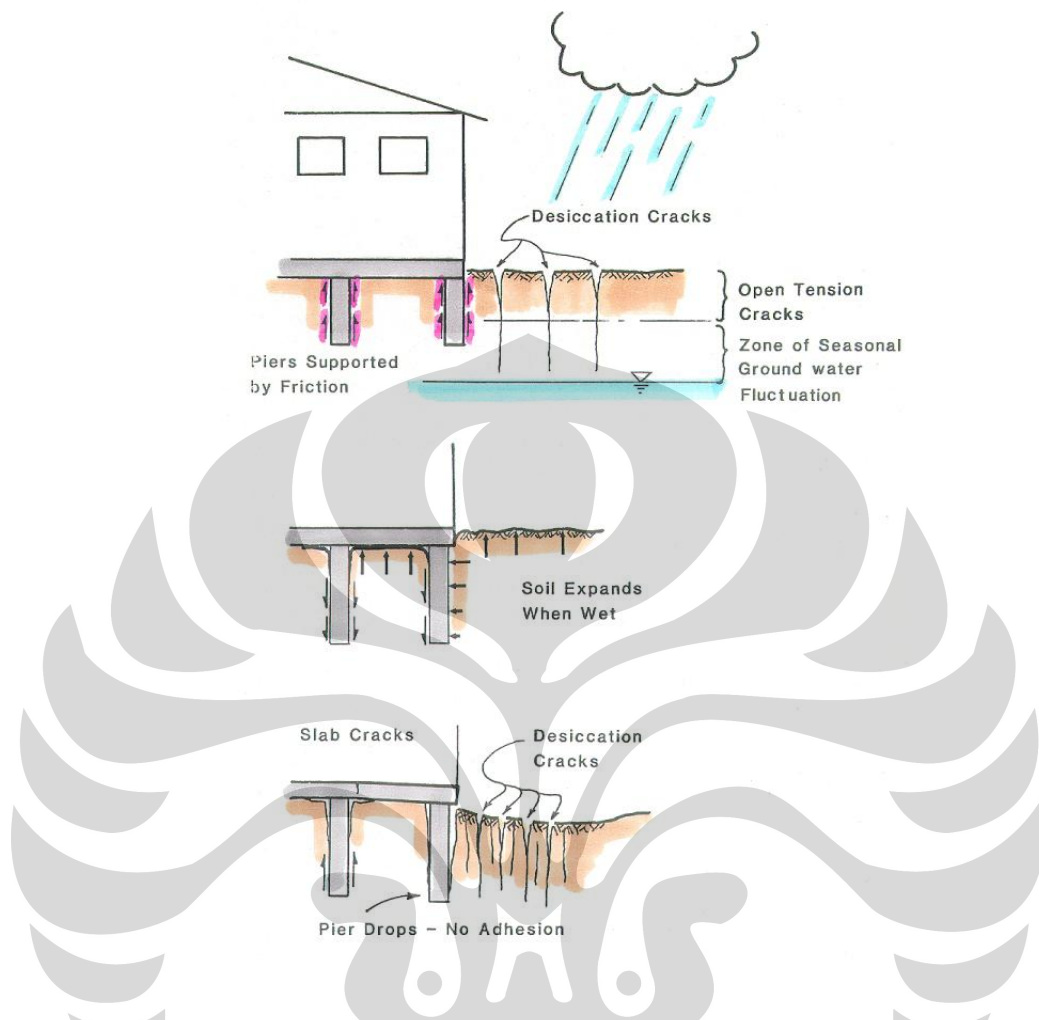
Gambar 2.6 Poligonal pola retak permukaan pada musim kemarau.  
(Retak ini sekitar satu ini di bagian atas)

Sumber : *Damage to Foundations from Expansive Soils* oleh, J. David Rogers, Robert Olshansky, and Robert B. Rogers



Gambar 2.7 Pengaruh Tekanan Pada Slab  
(Sebuah slab persegi panjang, beban seragam, akan cenderung untuk mengangkat di sudut-sudut karena kurang confinement.)

Sumber : *Damage to Foundations from Expansive Soils* oleh, J. David Rogers, Robert Olshansky, and Robert B. Rogers



Gambar 2.8 Kerusakan akibat tanah ekspansif

Pada rumah didukung pada tiang-tiang dangkal. (1) Pada awal musim hujan, pondasi masih didukung oleh gesekan dengan tanah. Ketika mulai hujan, air masuk jauh ke dalam tanah melalui celah-celah. (2) Setelah 5-10 badai besar, membengkak tanah, mengangkat rumah dan pondasi. (3) Di musim kemarau, muka air tanah turun dan tanah mengering. Tension cracks timbul di sekitar pondasi, gesekan berkurang dan tekanan efektif tanah meningkat (akibat pengeringan). Ketika bangunan melebihi beban gesekan yang tersisa, atau tegangan efektif tanah meningkat menjadi tinggi di setiap waktu, adhesi tidak terjadi dan pondasi tenggelam.

Sumber : *Damage to Foundations from Expansive Soils* oleh, J. David Rogers, Robert Olshansky, and Robert B. Rogers



### 2.3. STABILISASI TANAH EKSPANSIF

Secara umum dan yang banyak dilakukan untuk menstabilisasi tanah ekspansif adalah dengan cara mekanis dan penambahan bahan tambahan seperti semen, kapur, fly ash, dll. Stabilisasi mekanis adalah pemampatan partikel-partikel tanah secara serentak dengan cara menurunkan angka porinya. Hal ini dilakukan secara mekanis dengan cara penggilasan, penumbukan, dan penggetaran, diantara macam-macam stabilisasi tanah, stabilisasi mekanis ini paling ekonomis. Sedangkan stabilisasi dengan bahan tambahan adalah proses memperbaiki tanah dengan cara menambah sesuatu ke dalam tanah yang hendak di stabilisasi. Bahan yang ditambahkan biasanya adalah semen, abu sekam, kapur, garam, dll.

#### 2.3.1. Stabilisasi Tanah dengan Kapur

Pada umumnya kapur dapat memperbaiki sekaligus menambah kekuatan, kekakuan, dan durability dari tanah yang berbutir halus. Dan terutama lebih penting lagi kapur dapat merubah sifat-sifat tanah, terutama plastisitasnya. Penambahan kapur dalam tanah menghasilkan kepadatan maksimum yang rendah dan water content optimum yang tinggi. Kapur mempunyai lima tipe dasar yaitu : (Kezdi,1979)

a. High calcium Quicklime (CaO)

Didapat dari bongkahan batu kapur yang dibakar, dimana reaksinya merupakan proses bolak-balik sebagai berikut:



Bila tanah distabilisasi selama pembangunan memiliki kadar air diatas  $W_c$  optimum maka stabilisasi dengan CaO sangat baik.

b. Dolomite quikslim (CaO+MgO)

Kedua jenis kapur diatas tergolong quick lime yang diperoleh dari pembakaran masing-masing calcite lime stone dan dolo metic lime stone (1800<sup>0</sup>F) dengan reaksi kimia :



c. Hydrated High-Calcium Lime (Ca(OH)<sub>2</sub>)

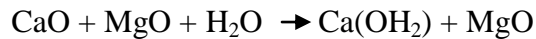
Didapat dari reaksi kimia :



Bila tanah distabilisasi selama pembangunan memiliki kadar air mendekati  $W_c$  optimum maka stabilisasi dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  sangat baik.

d. Normal Hydrated Dolomite Lime ( $\text{Ca(OH)}_2 + \text{MgO}$ )

Didapat dari reaksi kimia :



e. Pressure Hydrated Dolomite Lime ( $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Mg(OH)}_2$ )

Didapat dari reaksi kimia :



Ketiga jenis hydrated lime ini diperoleh dari quick lime yang ditambah air dengan reaksi :



Kapur yang ada di perdagangan (quick lime) tidak memiliki komposisi kimia yang murni tetapi banyak mengandung unsur kimia lain seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan sebagainya. Hal ini disebabkan oleh kualitas pembakaran yang kurang sempurna. Selain itu stabilisasi menggunakan kapur memiliki beberapa kelebihan, yaitu :

- a. Segi ekonomis (murah)
- b. Lebih cocok untuk tanah yang berbutir halus (lempung plastisitas tinggi) dan tidak efektif untuk tanah berbutir kasar.
- c. Banyak dipakai sebagai construction expedient (pemacu pelaksanaan)

Tabel 2.10 Sifat Dari Kapur Murni

Nama Kimia	Quick Lime (kapur hidup)		Hydrated Lime (kapur pasang)	
	Calcida / calcium oxide	Magnesia / Magnesium Oxide	Calcida / calcium oxide	Magnesia / Magnesium Oxide
Formula kimia	CaO	MgO	Ca(OH) <sub>2</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub>
Cristaline form	cubic	cubic	hexagonal	hexagonal
Titik lebur (celsius)	2570	2800	-	-
Titik hancur (celsius)	-	-	580	345
Titik didih (celsius)	2850	3600	-	-
Berat molekul	56,09	40,32	74,1	58,34
Berat jenis	3,4	3,65	2,34	2,4

Sumber : *Lime Soil Stabilization Untuk Konstruksi Jalan, Biro Teknik Departemen Pekerjaan Umum*

Tabel 2.11 Sifat Dari Kapur Perdagangan

Quick Lime (kapur hidup)			
Komposisi kimia	High calcium %	Dolometic %	
CaO	92,25-98,00	55,50-57,50	
MgO	0,30-2,50	37,60-40,80	
CO <sub>2</sub>	0,40-1,50	0,40-1,50	
SiO <sub>2</sub>	0,20-1,50	0,1-1,50	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10-0,40	0,05-0,40	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10-0,50	0,05-0,50	
H <sub>2</sub> O	0,10-0,90	0,10-0,90	
Berat jenis	3,2-3,4	3,2-3,4	
Bulk density, pcf	55-60	55-60	
specific heat 100 F Btu/lbs	0,19	0,21	
Hydrated			
	High calcium	Monohydrated Dolometic	Dihydrated Dolometic
Principal chemical composition	Ca(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub> + MgO	Ca(OH) <sub>2</sub> +Mg(OH) <sub>2</sub>
Specific Gravity	2,3-2,4	2,7-2,9	2,4-2,6
Specific heat 100F, Bu/lbs	0,29	0,29	0,29
Bulk density, pcf	25-35	25-35	30-40

Sumber : *Lime Soil Stabilization Untuk Konstruksi Jalan, Biro Teknik Departemen Pekerjaan Umum*

Pada dasarnya penambahan kadar kapur dapat meningkatkan kekuatan namun penambahan yang berlebihan juga akan mengurangi kekuatan, maka dari itu penggunaan kapur perlu dibatasi pemakaiannya.

### 2.3..1.1. *Reaksi-Reaksi yang Terjadi*

Pada umumnya akan terjadi dua macam reaksi kimia apabila kapur dicampur dengan tanah. Yang pertama adalah reaksi seketika/cepat meliputi cation exchange dan flocculation agglomeration. Yang kedua adalah reaksi-reaksi yang terjadi seiring dengan pengaruh waktu yaitu reaksi puzzolonic dan carbonisasi.

#### a. Pertukaran perpindahan ion dan flokulasi

Reaksi dasar yang terjadi adalah pergantian ion-ion positif pada permukaan tanah liat oleh ion-ion positif kalsium dari kapur, hal ini karena perbedaan kekuatan listrik dari ion-ion tersebut yang akan ditarik pada permukaan partikel tanah liat.

Kondisi selanjutnya adalah berkembangnya kalsium kation, dari kapur pada permukaan partikel tanah liat sehingga mengakibatkan runtuhnya double layer dan soil colloids (Lee,1968). Kedua keadaan diatas merupakan prose perpindahan material akibat muatan listrik pada permukaan partikel tanah liat. Kalsium kation bervalensi 2 itu akan menempati univalent ion bersama-sama sehingga berpengaruh besar pada penarikan partikel tanah. Hal tersebut mengakibatkan flokulasi karena daya penarikan lebih besar dari daya penolakan sehingga partikel cenderung menjadi terikat (Lambe dan whitman,1969).

#### b. Reaksi Puzzolonic

Didefinisikan sebagai reaksi yang terjadi antara kapur dengan silicate atau aluminate yang terdapat pada tanah, sehingga membentuk cementing agent (suatu massa yang keras dan kaku). Tanah adalah sumber aluminate dan silicate yang dibutuhkan untuk pembentukan cementing agent. Pencampuran kapur pada tanah akan meningkatkan

**Universitas Indonesia**

PH tanah sehingga mencapai  $\text{PH}=12,4$ . Dengan PH yang meningkat maka kelarutan silicate dan aluminate meningkat, sehingga reaksi  $\text{Ca}^{2+}$  dari kapur dan aluminate serta silicate yang telah larut dapat terjadi (reaksi Puzzolonic). Hasil akhir dari reaksi tersebut adalah Ca. Aluminate dan Ca silicate sebagai cementing agent (Kezdi,1979). Dapat tidaknya terjadi reaksi puzzolonic sangat tergantung pada sifat-sifat tanah yang akan distabilisasi. Jika pada suatu campuran tanah dan kapur dapat terjadi reaksi puzzolonic dan mengakibatkan cementing agent maka tanah tersebut adalah tanah yang reaktif terhadap kapur. Sebaliknya jika reaksi puzzolonic tidak terjadi maka tanah tersebut nonreaktif terhadap kapur.

c. Carbonasi

Yaitu penyerapan carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) dari udara sehingga  $\text{CO}_2$  tersebut akan bereaksi dengan calcium kapur membentuk cairan carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ). Reaksi ini justru merugikan karena mencegah cementing action dan tidak menghasilkan normal strength yang baik sehingga reaksi ini perlu dicegah dengan cara melindungi kapur secara khusus dalam penyimpanan dan pengiriman sebelum dipakai untuk stabilisasi tanah.

2.3..1.2. *Pengaruh Kapur Pada Sifat Tanah*

Setelah melihat kemungkinan reaksi apa saja yang akan muncul pada campuran tanah dengan kapur maka dapat disimpulkan bahwa kapur dapat merubah sifat-sifat fisik tanah ekspansif, seperti :

a. Grain size distribution

Perubahan pertama yang akan terjadi saat pencampuran tanah dengan kapur adalah pengelompokan butir-butir tanah yang halus menjadi kelompok butir-butir yang agak besar sehingga tanah menjadi kasar

b. Plastisitas tanah

Perubahan plastisitas tanah selalu terjadi bila dilakukan pencampuran kapur. Plastic limit menjadi lebih tinggi dengan tiap penambahan kapur, sedang liquid limit menjadi lebih rendah. Penurunan LL

umumnya terjadi pada tanah yang sangat plastis, sedangkan pada tanah yang kasar LL justru akan naik.

c. Pengembangan Tanah

Pengembangan dari tanah dipengaruhi dengan penambahan kapur, umumnya shrinkage limit naik. Shrinkage limit berbanding lurus dengan indeks plastisitas sehingga apabila PI naik maka SL juga akan naik. Pengaruh kapur besar pada tanah yang mudah mengembang dalam keadaan basah dibanding tanah yang sedikit pengembangannya pada waktu basah.

d. Kepadatan dan optimum moisture content

Apabila dilakukan pemadatan dengan cara yang sama maka campuran kapur-tanah akan mempunyai standard density yang lebih rendah daripada tanah aslinya. Unit weightnya juga akan turun dengan tiap penambahan kapurnya. Penambahan kapur pada tanah juga mengakibatkan naiknya optimum moisture content. Kenaikan ini bisa mencapai 25% hanya dengan penambahan kapur 3% (12-15%),(Departemen Pekerjaan Umum).

e. Kekuatan

Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan campuran ialah kadar kapur, jenis kapur, jenis tanah, pemadatan, waktu dan cara curing. Faktor-faktor diatas mempunyai hubungan satu sama lain. Namun pada umumnya kekuatan dari campuran bertambah jika kadar kapurnya ditambah. Initial curing, yaitu waktu dari campuran dibiarkan bereaksi sampai dipadatkan ternyata tidak membuat campuran lebih kuat, sebab akan mengurangi kemungkinan karbonasi dan sementasi selanjutnya.

### 2.3..2. Stabilisasi Tanah dengan 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 pasir sebagai bahan stabilisasi yaitu:

- Menurunkan indeks plastisitas (PI)

- Mengurangi tegangan air permukaan

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

#### 2.3..2.1. Pengaruh Pasir pada Sifat Tanah

Apabila dilakukan pencampuran pasir dengan tanah maka hal-hal yang akan terjadi adalah sebagai berikut:

- a. Pemakaian bahan stabilisasi pasir dapat meningkatkan batas plastis, dan menurunkan batas cair, sehingga nilai indeks plastisitas menurun
- b. Pengaruh variasi campuran pasir terhadap kekuatan geser tanah adalah meningkatkan sudut geser dalam dan menurunkan nilai kohesi
- c. Pengaruh bahan stabilisasi terhadap koefisien pemampatan adalah meningkatkan nilai koefisien ini sehingga tanah mengalami kecepatan pemampatan yang besar

#### 2.4. PENENTU KUAT GESER TANAH MELALUI UJI TRIAKSIAL CU

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah 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.

Kekuatan geser yang dimiliki oleh suatu tanah disebabkan oleh :

- Pada tanah berbutir halus (kohesif) misalnya lempung kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir-butir tanah (c).
- Pada tanah berbutir kasar (non kohesif), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir-butir tanah sehingga sering disebut sudut geser ( $\phi$ ).

- Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar ( $c$  dan  $\phi$ ), kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan (karena kohesi) dan gesekan antara butiran tanah (karena  $\phi$ ).

Menurut Bowles, nilai kuat geser pada tanah lempung tergantung pada jenis dan keadaan tanah (*undisturbed* atau *remoulded*) serta prosedur pengujian yang dilakukan. 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 (OverConsolidation Ratio) adalah pembagian antara tegangan efektif maksimum masa lalu terhadap tegangan efektif maksimum saat ini.

Untuk mengetahui parameter geser suatu jenis tanah, percobaan yang umum dilakukan adalah uji triaksial. Uji triaksial dibedakan menjadi 3 (tiga) macam (*UU*, *CU*, *CD*), tergantung dari kondisinya. Namun yang digunakan pada penelitian ini hanyalah uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (*CU Test*).

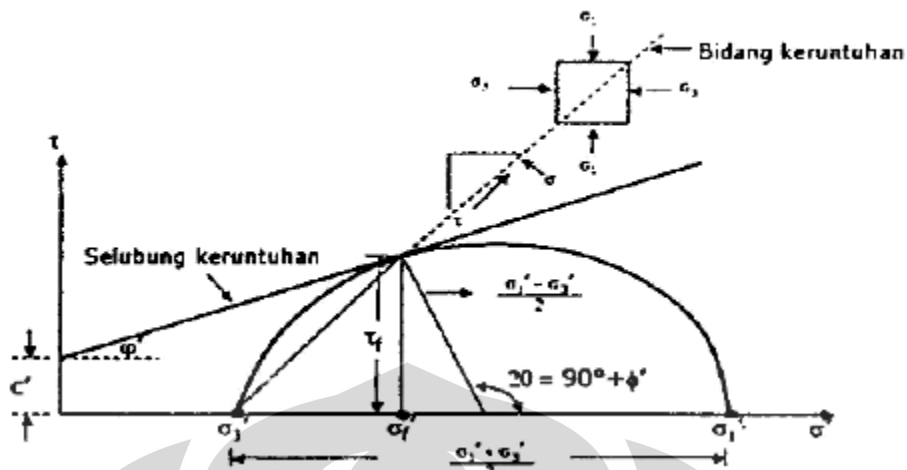
Pada kondisi Consolidated Undrained Test / *CU Test*, pengaliran pada contoh uji tanah diperbolehkan di bawah tekanan sel tertentu hingga proses konsolidasi selesai. Kemudian dilakukan proses kompresi dengan selisih tegangan utama masih di bawah tekanan sel tertentu hingga mengalami keruntuhan. Pengujian dapat dilakukan dengan berbagai nilai OCR. Percepatan beban yang diberikan lebih lambat dari kondisi *UU*. Tegangan-tegangan yang bekerja pada benda uji dinotasikan  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  dan  $\sigma_3$ . Tegangan  $\sigma_1$  disebut tegangan utama mayor (*major principal stress*), tegangan  $\sigma_3$  disebut tegangan utama minor (*minor*



*principal stress*). Tegangan utama tengah (intermediate principal stress)  $\sigma_2 = \sigma_3$ , merupakan tekanan kekang atau tekanan sel (*confining stress*). Karena tinjauannya hanya dua dimensi, tegangan  $\sigma_2$  sering tidak diperhitungkan. Tegangan yang terjadi dari selisih  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  atau  $(\sigma_1 - \sigma_3)$  disebut tegangan deviator (*deviator stress*) atau beda tegangan (stress difference),  $\Delta\sigma$ . Regangan aksial diukur selama penerapan tegangan deviator. Perlu diperhatikan bahwa penambahan regangan akan menambah tampang melintang benda uji. Karena itu, koreksi penampang benda uji dalam menghitung tegangan deviator harus dilakukan. 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.

## 2.5. METODE LINTASAN TEGANGAN

Kekuatan geser dapat dinyatakan dalam tegangan utama besar  $\sigma_1'$  dan kecil  $\sigma_3'$  pada keadaan runtuh di titik yang ditinjau. Garis yang dihasilkan pada persamaan 3 pada keadaan runtuh merupakan garis singgung terhadap lingkaran Mohr yang menunjukkan keadaan tegangan dengan nilai positif untuk tegangan tekan seperti ditunjukkan pada gambar 2.10 di bawah ini :



Gambar 2.9 Kondisi tegangan pada saat keruntuhan (RF Craig, 1994)

dimana koordinat titik singgungnya adalah  $\tau_f$  dan  $\sigma'_f$  adalah :

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

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

$$\sin \phi' = \frac{\frac{1}{2} (\sigma'_1 - \sigma'_3)}{c' \cot \phi' + \frac{1}{2} (\sigma'_1 - \sigma'_3)} \quad (2.8)$$

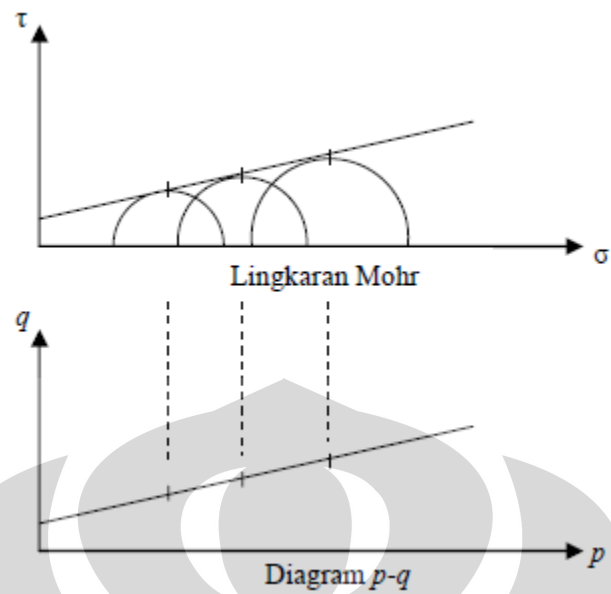
Selain menggunakan lingkaran Mohr, kondisi tegangan dapat diplot dalam bentuk titik tegangan (stress point) dengan menggunakan koordinat  $p$  dan  $q$  :

$$P = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad (2.9)$$

$$Q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (2.10)$$

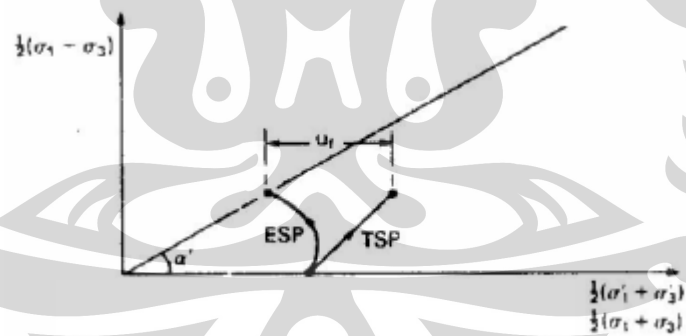
dimana  $p$  mewakili pusat lingkaran dan  $q$  mewakili tegangan geser maksimum.

Tempat kedudukan titik-titik  $p$ - $q$  untuk satu seri pengujian disebut lintasan tegangan (*stress path*).

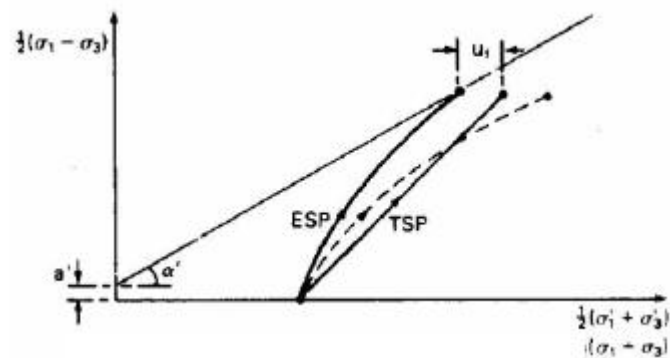


Gambar 2.10 Lintasan tegangan atau *stress path* (RF Craig, 1994)

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



Gambar 2.11 Bentuk lintasan tegangan untuk tes triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (*CU*) pada lempung terkonsolidasi normal (RF Craig, 1994)



Gambar 2.12 Bentuk lintasan tegangan untuk tes triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi (CU) pada lempung *overconsolidated* (RF Craig, 1994)

## 2.6. Konsep Kondisi Kritis

Metode lintasan tegangan telah mengalami perkembangan menjadi konsep kondisi kritis (*critical state concept*). Konsep ini dikembangkan oleh Roscoe, Schofield, dan Wroth yang 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 tercetak kembali pada uji tekan triaksial, tetapi diasumsikan bahwa hal tersebut di atas berlaku juga untuk lempung tidak terganggu. Semua alur tegangan efektif mencapai atau mendekati satu garis pada permukaan yang mendefinisikan suatu kondisi lempung berada pada volum konstan untuk tegangan efektif yang konstan. Garis ini disebut dengan garis kondisi kritis (*critical state concept*).

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 2.14 Pada gambar ini ditunjukkan ketika serangkaian uji terkonsolidasi tak terdrainasi dilakukan pada contoh uji yang masing-masing dikonsolidasikan pada harga  $p'C$  yang berbeda, semua alur tegangan akan

memiliki bentuk-bentuk yang sama dan keadaan tegangan saat runtuh akan terletak atau mendekati garis lurus OS'.

Pada uji triaksial consolidated undrained ada dua proses yang mempengaruhi saat penggambaran garis lintasan tegangan yaitu saat konsolidasi dan kompresi.

Untuk menggambarkan total stress path (TSP) dan effective stress path (ESP) pada grafik maka p dan q yang akan digunakan adalah

$$p = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_3}{3} \quad (2.11)$$

$$q = \sigma_1 - \sigma_3 \quad (2.12)$$

Saat proses konsolidasi diketahui bahwa  $\Delta\sigma_1 = \Delta\sigma_3 = \Delta\sigma_1' = \Delta\sigma_3'$  ;  $\Delta\sigma_1 > 0$  dan  $\Delta\sigma_3 = 0$ , tidak ada penambahan air pori. sehingga didapat :

$$\Delta p' = \Delta p = \Delta\sigma_1 \quad (2.13)$$

$$\Delta q = 0 \quad (2.14)$$

Oleh karena itu pada saat di plot digrafik proses konsolidasi

$$\frac{\Delta u}{\Delta p'} = \frac{\Delta q}{\Delta p} = 0 \quad (2.15)$$

Saat proses kompresi untuk total stress pathnya diketahui bahwa  $\Delta\sigma_1 > 0$  dan  $\Delta\sigma_3 = 0$ , sehingga didapat :

$$\Delta p = \frac{\Delta\sigma_1 + \Delta 2\sigma_3}{3} = \frac{\Delta\sigma_1}{3} \quad (2.16)$$

$$\Delta q = \Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3 = \Delta\sigma_1 \quad (2.17)$$

Sehingga garis total stress path membentuk garis linear yang memiliki kemiringan tiga berbanding satu

$$\frac{\Delta q}{\Delta p} = 3 : 1 \quad (2.18)$$

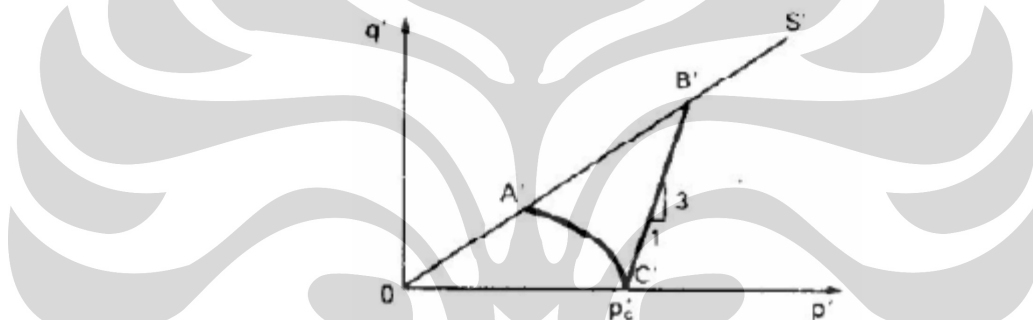
Sedangkan pada kondisi efektifnya :

$$\Delta p' = \Delta p - \Delta u = \frac{\Delta \sigma_1}{3} - \Delta u \quad (2.19)$$

$$\Delta q = \Delta \sigma_1 \quad (2.20)$$

$$\frac{\Delta q}{\Delta p} = \frac{\Delta \sigma_1}{\frac{\Delta \sigma_1}{3} - u} = \frac{3}{1 - \frac{3\Delta u}{\Delta \sigma_1}} \quad (2.21)$$

$q = q'$ , karena tegangan geser tidak dipengaruhi oleh tekanan air pori. Garis effective stress path menjadi bentuk yang tidak beraturan di grafik.



Gambar 2.13 Lintasan tegangan efektif pada lempung terkonsolidasi normal (RF Craig, 1994)

dimana :

C'A' : kondisi terkonsolidasi-tak terdrainasi

C'B' : kondisi terdrainasi

A' dan B' : titik-titik keruntuhan

OS' : garis keruntuhan

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

$$q' = M \times p \quad (2.22)$$

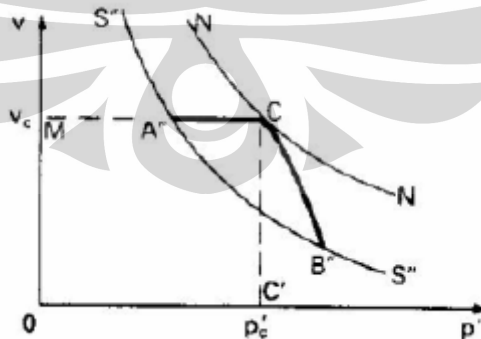
dimana  $M$  adalah kemiringan OS'

Parameter  $M$  dan  $q_0'$  (nilai perkuatan tanah awal) diadaptasi dari persamaan garis keruntuhan ( $OS'$ ). Misalnya didapat persamaan garis  $0,23x + 1,54$  maka nilai  $M$  adalah  $0,23$  dan nilai  $q_0$  adalah  $1,54$ . Nilai parameter  $M$  dan  $q_0$  digunakan untuk menghitung kohesi ( $c'$ ) dan sudut geser ( $\phi'$ ) tanah pada kondisi efektif dengan menggunakan persamaan berikut (Atkinson et al, 1982) :

$$\phi' = \sin^{-1} \left( \frac{3xM}{6+M} \right) \quad (2.23)$$

$$c' = \left( \frac{3 - \sin \phi'}{6 - \sin \phi'} \right) q_0 \quad (2.24)$$

Gambar 2.14 di atas akan menghasilkan suatu kurva konsolidasi isotropis pada gambar 2.15. 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 volume 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 2.14 Kurva konsolidasi pada lempung terkonsolidasi normal (RF Craig, 1994)

dimana :

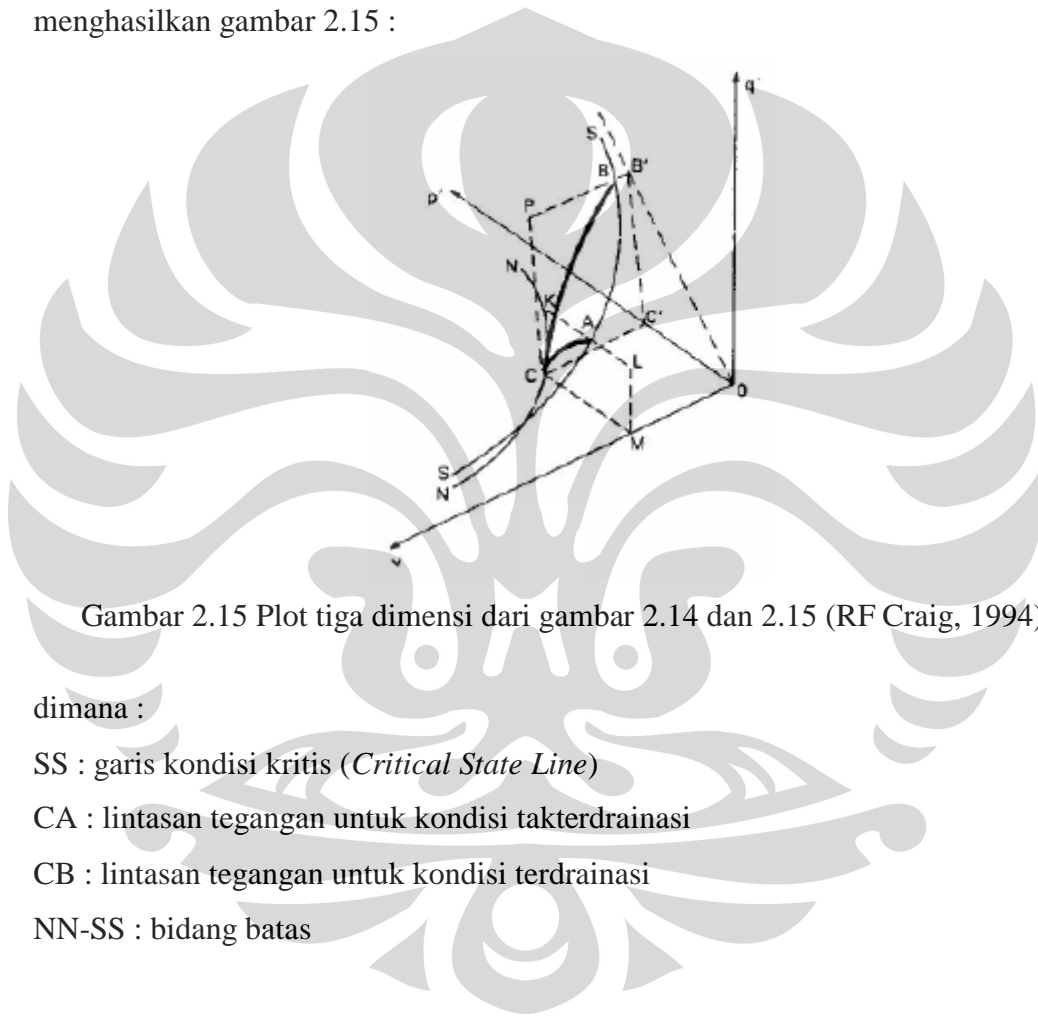
NN : kondisi terkonsolidasi isotropis

CB'' : contoh uji mengecil pada kondisi terdrainasi

S'' S'' : failure line

$p'C$  : tekanan konsolidasi

Dari gambar 2.13 dan 2.14 dikombinasikan dalam plot 3 dimensi akan menghasilkan gambar 2.15 :



Gambar 2.15 Plot tiga dimensi dari gambar 2.14 dan 2.15 (RF Craig, 1994)

dimana :

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

CA : lintasan tegangan untuk kondisi takterdrainasi

CB : lintasan tegangan untuk kondisi terdrainasi

NN-SS : bidang batas

Kurva SS yang merupakan garis kondisi kritis (*Critical State Line*) adalah tempat terjadinya keruntuhan geser dan keruntuhan berturut-turut pada tegangan efektif konstan. Alur tegangan untuk uji terkonsolidasi-tak terdrainasi terletak pada bidang CKLM sejajar dengan bidang  $q'-p'$ , dimana nilai  $v$  konstan selama bagian tak terdrainasi dari uji tersebut. Alur tegangan untuk uji terdrainasi terletak pada suatu bidang yang tegak lurus terhadap bidang  $q'-p'$  dengan kemiringan 3 : 1



ke arah sumbu  $q'$ . Kedua alur tersebut bermula pada titik C pada kurva konsolidasi normal NN yang terletak pada bidang  $v$ - $p'$ . Persamaan garis kondisi normal dalam  $v$  dan  $p'$  dapat ditulis sebagai berikut :

$$v = N - \lambda_{NCL} \ln p' \quad (2.25)$$

Pada persamaan garis konsolidasi normal diperoleh nilai  $N$  dan  $\lambda_{NCL}$ . Dimana  $\lambda_{NCL}$  adalah gradien dari garis kondisi normal dan  $N$  diperoleh pada saat 1 kpa. 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 2.17 Persamaan garis kondisi kritis, dalam  $v$  dan  $p'$  dapat ditulis sebagai berikut :

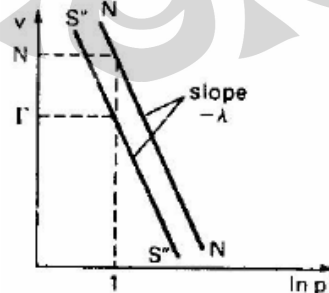
$$v = \Gamma - \lambda_{CSL} \ln p' \quad (2.26)$$

dimana  $\Gamma$  adalah nilai  $v$  pada garis kondisi kritis di mana  $p' = 1 \text{ kN/m}^2$ . Parameter-parameter  $M$ ,  $\lambda$ ,  $N$ , dan  $\Gamma$  dapat digunakan untuk menentukan tegangan-tegangan pada saat runtuh yaitu  $q'_f$ ,  $p'_f$ , dan  $v'_f$  dengan menggunakan rumus :

$$q'_f = \frac{3Mp'_0}{(3-M)} \quad (2.27)$$

$$p'_f = \frac{3p'_0}{(3-M)} \quad (2.28)$$

$$v_f = \Gamma = \lambda \ln \left[ \frac{3p'_0}{(3-M)} \right] \quad (2.29)$$

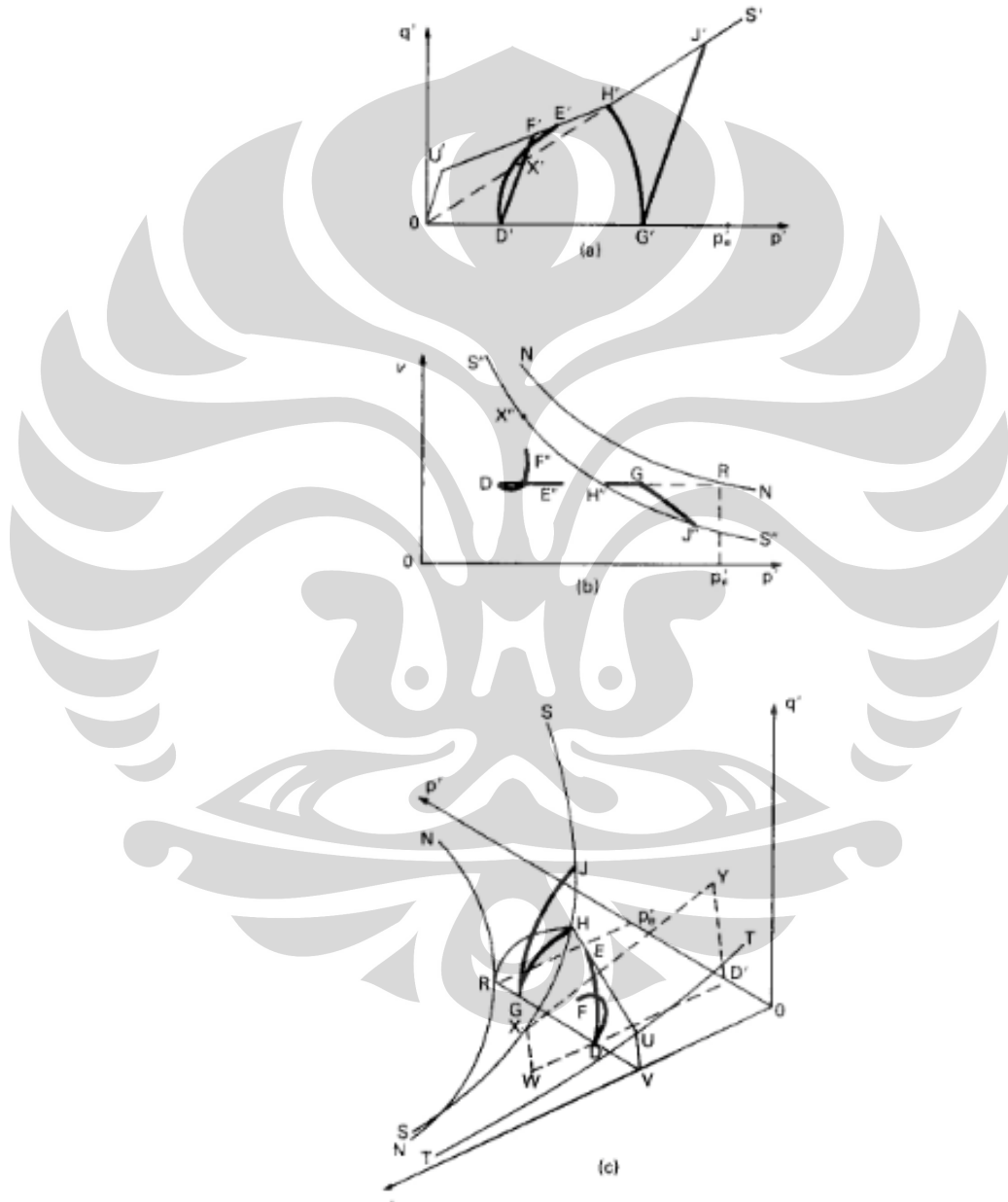


Gambar 2.16 Proyeksi *critical state line* bidang  $v - p'$  pada bidang  $v - \ln p'$

(RF Craig, 1994)

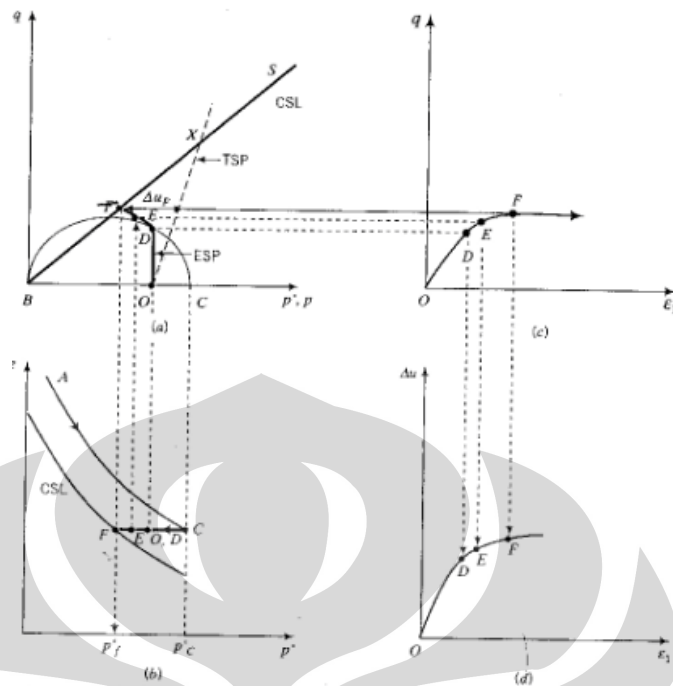
Pada grafik tersebut apabila garis NN (normal consolidation line) berada di sebelah kiri garis SS (critical state line) maka terjadi perubahan tekanan air pori positif menjadi negatif yang menunjukkan bahwa contoh uji yang mengalami prapembebanan berada dalam kondisi terkonsolidasi berlebih.

Sedangkan untuk konsep kondisi kritis untuk lempung overconsolidated di ilustrasikan dengan gambar dibawah ini



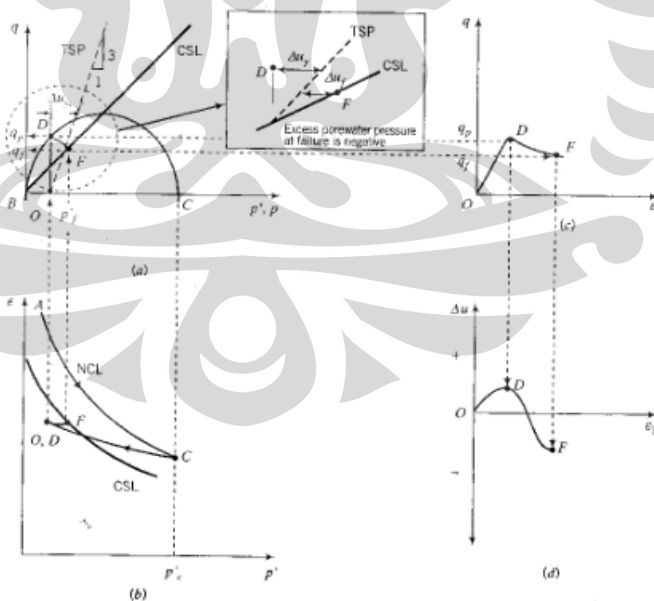
Gambar 2.17 Konsep kondisi kritis untuk lempung overconsolidated  
(RF Craig, 1994)

Universitas Indonesia



Gambar 2.18 Ilustrasi hasil prediksi dari tes CU menggunakan model kondisi kritis dengan ( $R_0 \leq 2$ )

Sumber : "Soil Mechanics and Foundations 2nd edition", Muni Budhu



Gambar 2.19 Ilustrasi hasil prediksi dari tes CU menggunakan model kondisi kritis dengan ( $R_0 \geq 2$ )

Sumber : "Soil Mechanics and Foundations 2nd edition", Muni Budhu

## 2.7. Kesimpulan Studi Literatur

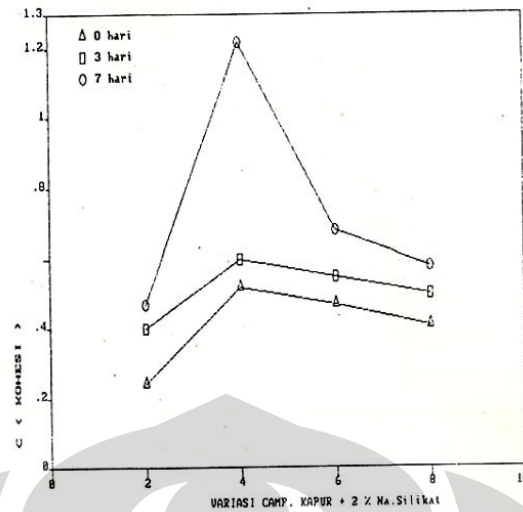
Ada beberapa studi literatur yang membantu dalam proses penyusunan skripsi ini dan yang akan dibahas mendetail dibawah ini adalah laporan penelitian “Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar”, yang dilakukan oleh soepandji et al (1995) dan laporan penelitian “Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral” oleh Soepandji et al (1995).

### 2.7.1. “Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar”, yang dilakukan oleh soepandji et al (1995)

Berdasarkan studi pemakaian kapur ditambah natrium silikat untuk stabilisasi tanah dasar, yang dilakukan oleh soepandji et al (1995) didapat bahwa penambahan kapur dapat mempengaruhi sifat-sifat tanah seperti plastisitas, perubahan volume, kepadatan maksimum, dan kekuatannya.

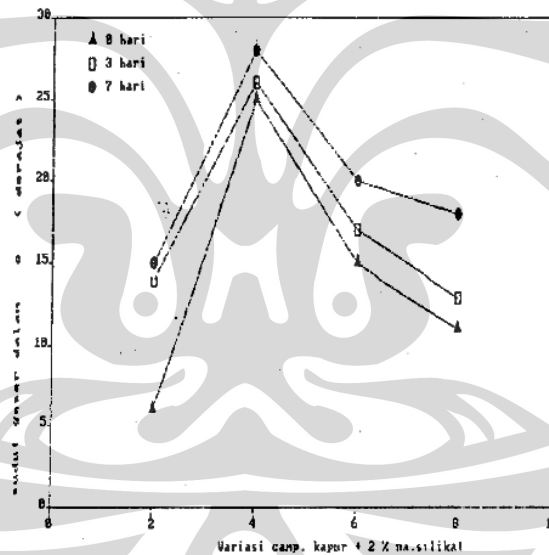
Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pemakaian kapur terhadap sifat-sifat tanah dan terhadap kekuatan daya dukung tanah. Metodologi penelitian yang dipakai adalah dengan melakukan penelitian di laboratorium mekanika tanah dengan memakai buku acuan di laboratorium dan berdasarkan ketentuan-ketentuan standar yang berlaku. Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik:

- Penambahan bahan stabilisasi kapur + 2% natrium silikat dapat menyebabkan turunnya batas cair dan naiknya batas plastis.
- Pengaruhnya bahan stabilisasi ini terhadap kepadatan adalah naiknya nilai kadar air optimum dan turunnya berat isi kering maksimum tanah sejalan dengan meningkatnya kadar kapur +2% natrium silikat
- Pengembangan (swelling) mengalami penurunan sejalan dengan bertambahnya kadar campuran kapur + 2% natrium silikat
- Begitu juga dengan nilai parameter kekuatan geser tanah, mengalami kenaikan  $c$  dan  $\phi$  terutama pada kadar campuran 4% +2% natrium silikat.



Gambar 2.20 Pengaruh campuran kapur + 2% Na silikat terhadap nilai kohesi tanah

Sumber : Studi Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar( Soepandji et al ,1995)



Gambar 2.21 Pengaruh campuran kapur + 2% Na silikat terhadap sudut geser

Sumber : Studi Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar( Budi Susilo et al ,1995)

Apabila bahan ini akan digunakan sebagai bahan stabilisasi maka sebaiknya digunakan prosentase campuran 4% kapur + 2% natrium silikat dan telah diperam selama 7 hari.

Perubahan yang terjadi pada batas plastis dan batas cair dipengaruhi oleh penambahan calcium netron, dimana hal ini mengakibatkan keruntuhan double layer yang mengantar pada pengurangan plastisitas. Hal yang umum terjadi, batas plastis tanah bertambah sedangkan batas cair akan berkurang dengan bertambahnya kapur dalam tanah. Indeks plastisitas dari tanah biasanya makin berkurang dengan adanya penambahan kapur pada tanah. Penguraian plastisitas pada tanah yang berplastisitas tinggi dapat mencapai 80% dengan sejumlah kecil kapur. Waste lime (kapur hasil pembakaran dapur rakyat) juga mampu mengurangi plastisitas tanah, tetapi waktu yang dibutuhkan lebih lama dibanding dengan jenis kapur yang lain.

Tabel 2.12 Hasil Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg

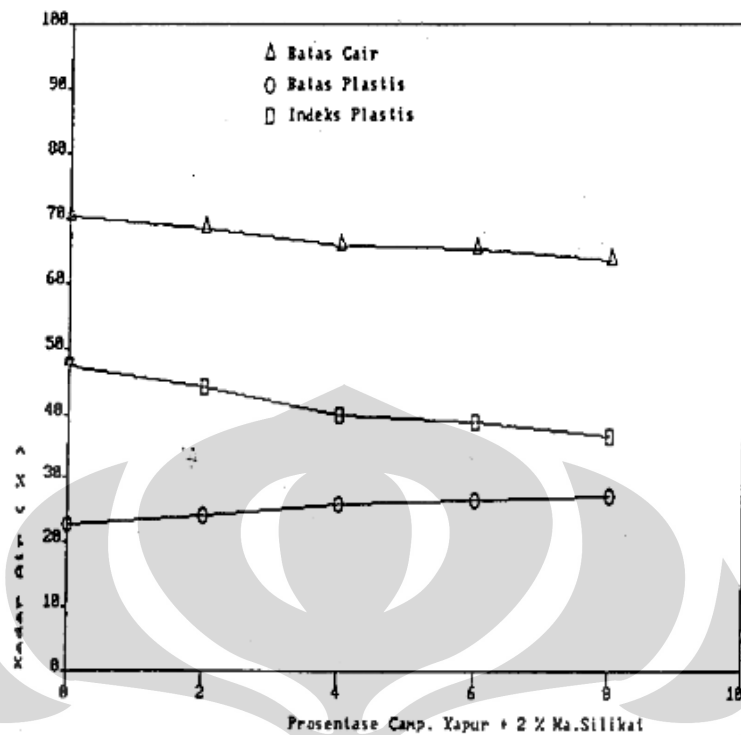
BAHAN	Batas Cair (LL)	Batas Plastis (PL)	Indeks Plastisitas (PI)
Tanah Asli	70,2	22,7	47,5
Tanah + 2% Kapur + 2% Na silikat	68,45	24,11	44,34
Tanah + 4% Kapur + 2% Na silikat	66,8	25,75	41,05
Tanah + 6% Kapur + 2% Na silikat	65,4	26,5	38,9
Tanah + 8% Kapur + 2% Na silikat	63,5	27,1	36,4

Sumber : *Studi Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar (Soepandji et al ,1995)*

Tabel 2.13 Hasil Pemeriksaan Pematatan Tanah

BAHAN	w opt	yd maks
Tanah Asli	21,16	1,57
Tanah + 2% Kapur + 2% Na silikat	24,77	1,53
Tanah + 4% Kapur + 2% Na silikat	25,16	1,5
Tanah + 6% Kapur + 2% Na silikat	26,2	1,45
Tanah + 8% Kapur + 2% Na silikat	25,27	1,385

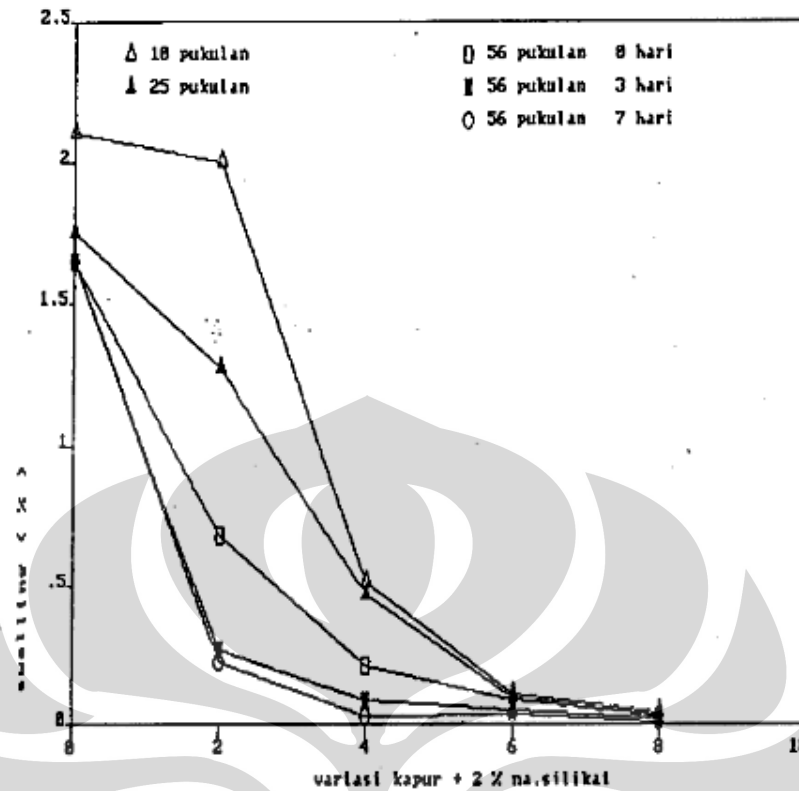
Sumber : *Studi Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar (Soepandji et al ,1995)*



Gambar 2.22 Pengaruh variasi kadar kapur + 2% natrium silikat terhadap plastisitas tanah

Sumber : *Studi Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar* (Soepandji et al ,1995)

Kapur cenderung dapat mengurangi perubahan volume tanah (kembang susut). Bila sejumlah kapur ditambahkan dalam tanah, shrinkage limit bertambah dan shrinkage ratio akan berkurang. Shrinkage limit memiliki hubungan yang terbalik dengan indeks plastisitas. Indeks plastisitas akan menurun ketika jumlah kapur ditambah, sedangkan shrinkage limitnya akan bertambah. Kapur dapat mengurangi swell dari tanah setelah dicampur dan diaduk dalam tanah. Penambahan sejumlah kapur pada tanah dengan maksud mengurangi perubahan volume suatu tanah sangat bergantung dari tipe tanah serta jumlah dan tipe kapur.

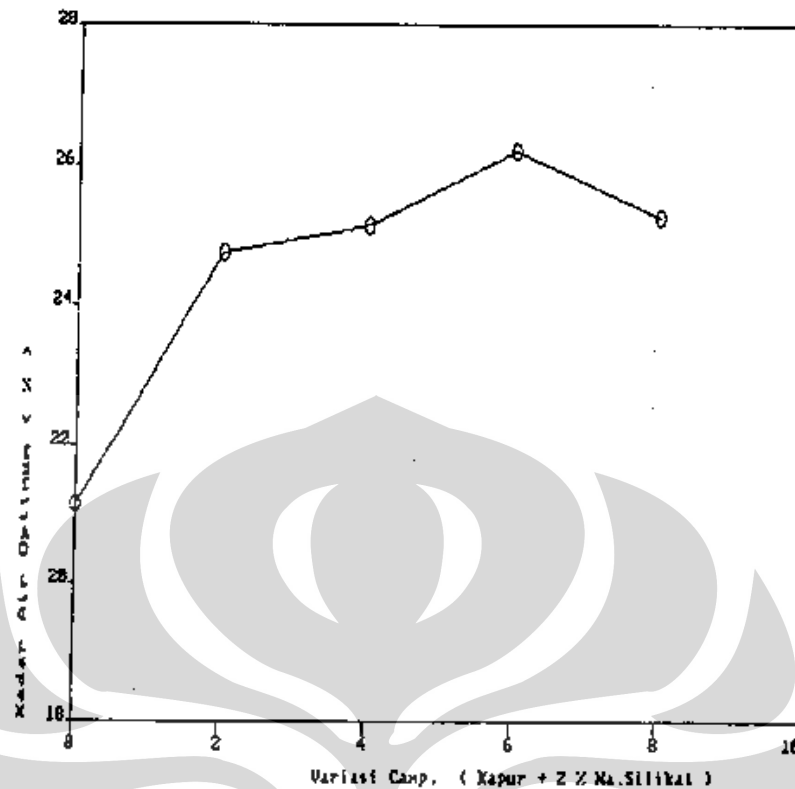


Gambar 2.23 Pemeriksaan swelling dengan berbagai kadar kapur + 2% natrium silikat

Sumber : *Studi Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar* (Soepandji et al ,1995)

Ketika suatu campuran tanah kapur dipadatkan dengan usaha yang sama, campuran tanah kapur ini rata-rata memiliki standar kepadatan yang lebih rendah daripada kepadatan yang dimiliki tanah asli tanpa kapur. Pengurangan berat isi tanah setelah dicampur dengan kapur umumnya sangat kecil dan rata-rata sekitar 2,5% untuk banyak tipe tanah. Pengaruh penambahan kapur pada sifat tanah dalam hubungan pemadatan adalah meningkatnya nilai optimum moisture content, meskipun nilai pertambahannya sangat kecil.





Gambar 2.24 Pemeriksaan pemadatan dengan berbagai kadar kapur + 2% natrium silikat

Sumber : *Studi Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar*(Soepandji et al ,1995)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan campuran adalah jumlah kapur, tipe kapur, tipe tanah, kepadatan, dan waktu curing. Kekuatan campuran tanah-kapur umumnya bertambah dengan makin bertambahnya jumlah kapur. Waktu curing optimum akan menaikkan kekuatan tanah secara signifikan.

#### 2.7..2. “Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral” Soepandji et al (1995)

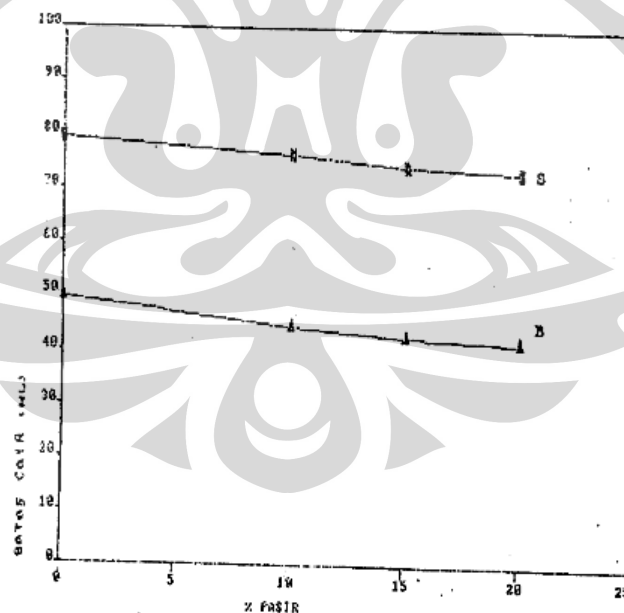
Pada penelitian “Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral” Soepandji et al (1995) pasir yang ditambahkan adalah 10%, 15% dan 20% dari berat kering tanah.

Tabel 2.14 Pengaruh Pasir Terhadap Plastisitas dan Berat Jenis

CAMPURAN			LL%	PL%	PI%	GS%
NO.	TANAH SRENGSENG %	PASIR %				
0	100	0	79,39	42,41	36,48	2,56
1	100	10	76,6	44,99	31,61	2,572
2	100	15	74,4	45,67	28,73	2,58
3	100	20	73,5	46,24	27,26	2,59

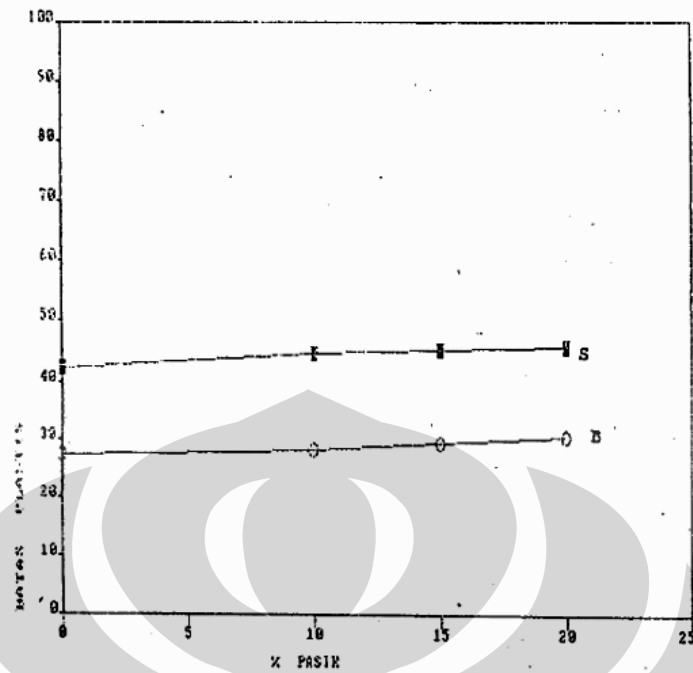
CAMPURAN			LL%	PL%	PI%	GS%
NO.	TANAH BANDUNG%	PASIR%				
0	100	0	49,5	27,39	22,29	2,44
1	100	10	44,6	28,27	15,9	2,47
2	100	15	42,9	29,34	13,56	2,5
3	100	20	42	30,69	11,31	2,51

Sumber : Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral yang Berbeda (Soepandji et al ,1995).



Gambar 2.25 Pengaruh campuran pasir terhadap batas cair

Sumber : Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral yang Berbeda (Soepandji et al ,1995).



Gambar 2.26 Pengaruh campuran pasir terhadap batas plastisitas

Sumber : Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral yang Berbeda (Soepandji et al, 1995).

Tabel 2.15 Pengaruh Pasir Terhadap Kekuatan Geser

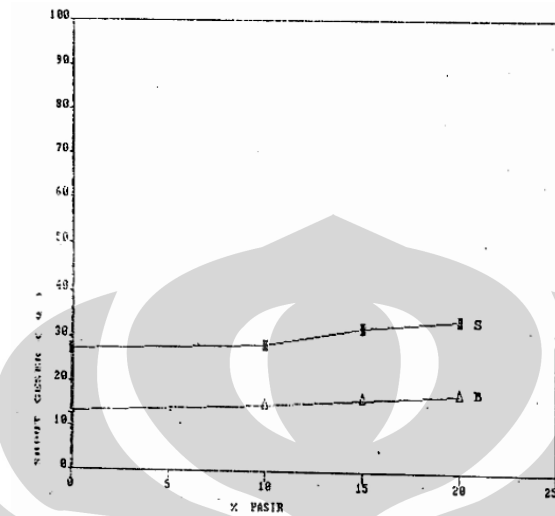
NO	TANAH SRENGSENG %	PASIR %	SUDUT GESER (Φ)	COHESI (C)
0	100	0	270 24' 10"	0,11
1	100	10	280 40' 49"	0,08
2	100	15	320 41' 27"	0,07
3	100	20	340 18' 57"	0,05

NO	TANAH BANDUNG %	PASIR %	SUDUT GESER (Φ)	COHESI (C)
0	100	0	130 24' 21"	0,052
1	100	10	140 58' 25"	0,041
2	100	15	160 21' 25"	0,036
3	100	20	170 30' 52"	0,026

Sumber : Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral yang Berbeda (Soepandji et al, 1995).

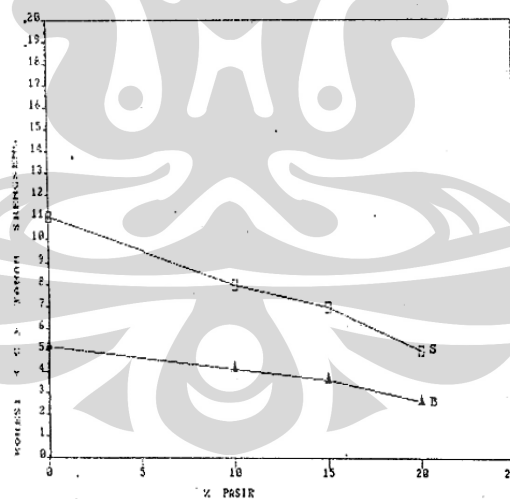
Pasir yang dicampurkan pada tanah maka akan berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah seperti plastisitas, kuat geser, kuat tekan bebas, dan konsolidasinya. Dari

pemeriksaan direct shear, didapat parameter sudut geser dalam ( $\Phi$ ) dan kohesi (cu) dari campuran tanah dan pasir.



Gambar 2.27 Pengaruh campuran pasir terhadap kekuatan geser (sudut geser dalam,  $\phi$ )

Sumber : Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral yang Berbeda (Soepandji et al, 1995).



Gambar 2.28 Campuran pasir terhadap kekuatan geser (Kohesi, Cu)

Sumber : Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) yang Mengandung Kandungan Mineral yang Berbeda (Soepandji et al, 1995).

Untuk tanah yang sudah dicampur pasir 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.

Dari berbagai studi literatur diatas dapat disimpulkan bahwa tanah ekspansif merupakan sebuah kendala dalam sebuah proses konstruksi baik konstruksi jalan, gedung dan sebagainya karena sifatnya yang mudah mengembang saat terkena air dan menyusut saat kering. Untuk menstabilisasi tanah ekspansif dapat dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan stabilisator (dalam penelitian ini pasir dan kapur). Berdasarkan laporan penelitian yang sudah pernah dilakukan maka dapat disimpulkan dengan menambahkan pasir maka dapat meningkatkan batas plastis, dan menurunkan batas cair, sehingga nilai indeks plastisitas menurun. Sedangkan pengaruhnya terhadap kekuatan geser tanah adalah meningkatkan sudut geser dalam dan menurunkan nilai kohesi.

Kemudian berdasarkan laporan penelitian lain dengan menambahkan kapur pada tanah ekspansif dapat menyebabkan turunnya batas cair dan naiknya batas plastis, menaikkan nilai kadar air optimum dan turunnya berat isi kering maksimum tanah. Pengembangan (swelling) mengalami, begitu juga dengan nilai parameter kekuatan geser tanah, mengalami kenaikan  $c$  dan  $\phi$ .

Setelah mengunjungi beberapa perpustakaan seperti perpustakaan FTUI, perpustakaan Departemen Pembangunan Umum, dan perpustakaan FTSL-ITB diketahui bahwa penelitian stabilisasi tanah ekspansif menggunakan kapur dan pasir melalui uji triaksial consolidated undrained tidak pernah dilakukan. Banyak dari studi literatur untuk mengecek kuat gesernya hanya sampai uji direct shear atau uji triaksial unconsolidated undrained. Bahan stabilisasi kapur memang sudah banyak dilakukan namun yang membedakan penelitian ini adalah penambahan pasir sebanyak 10%.

Dengan mengambil tanah di daerah cikarang yang memang sudah terkenal dengan tanah ekspansifnya saya akan melakukan penelitian terhadap kuat

gesernya dengan pencampuran kapur dan pasir sebagai bahan stabilisasinya. Saya akan menggunakan uji triaksial consolidated undrained (CU) untuk mendapatkan kuat geser dari sampel tanah hasil campuran pasir dan kapur dengan kadar air yang optimum.

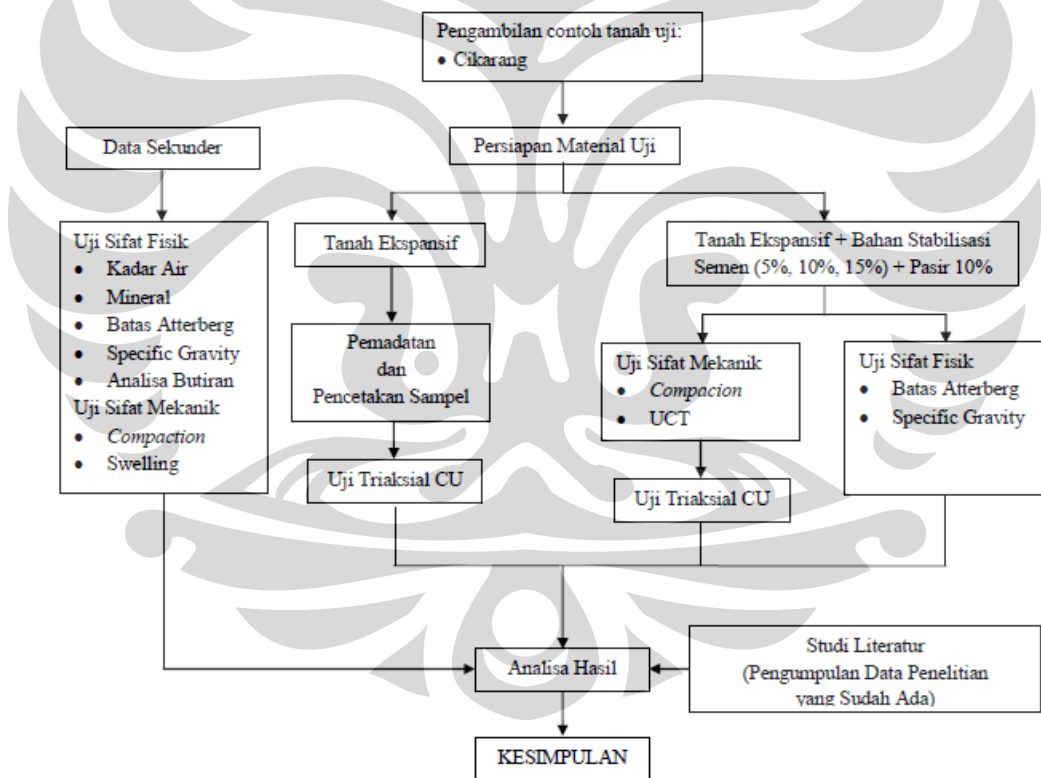
Diharapkan melalui pencampuran kedua bahan stabilisasi ini akan menghasilkan penurunan indeks plastisitasnya, meningkatkan sudut geser dan nilai kohesinya. Sehingga nilai swellingnya juga akan menurun sehingga mendekati nilai normal.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian yang dilakukan meliputi uji atterberg untuk menentukan apakah tanah uji merupakan tanah ekspansif dan mendapatkan properti tanah yang lain, kemudian persiapan contoh tanah uji (pencampuran bahan stabilisasi ke dalam tanah ekspansif dan pengerasan) untuk kemudian dilakukan uji Triaksial *Consolidated Undrained* dengan menggunakan tanah ekspansif. Kegiatan ini seluruhnya dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Sipil FTUI. Berikut adalah diagram alir penelitian ini.



### **3.2. Uji Batas Atterberg dan Uji Specific Gravity**

Uji batas atterberg (ASTM D 423-424) pertama kali akan digunakan untuk mengetahui batas susut, plastis, dan cair dari contoh tanah uji. Kemudian akan diperoleh indeks plastisitas yang berfungsi untuk mengidentifikasi tanah ekspansif itu sendiri. Dan uji specific gravity (ASTM D 422-63) dilakukan untuk mendapatkan nilai berat jenis contoh tanah uji. Data uji atterberg tanah asli diambil dari saudara Zaki Abdulghani(2010) yang sudah melakukan sebelumnya dengan tanah yang sama.

### **3.3. Uji Analisa Butiran**

Uji analisa butiran dibagi dua tahap yaitu uji grain size dan uji hydrometer. Uji grain size bertujuan untuk menentukan pembagian ukuran butir suatu contoh tanah. Sedangkan uji hydrometer bertujuan untuk menentukan pembagian ukuran butir tanah yang lewat saringan No.200. Data uji grain size dan hydrometer tanah asli diambil dari saudara Denny Lesayuti(2010) yang sudah melakukan sebelumnya dengan tanah yang sama.

### **3.4. Persiapan dan Pencetakan Contoh Uji**

Tahap ini dibagi menjadi dua bagian yaitu Pencampuran bahan stabilisasi dengan tanah ekspansif dan pemadatan dengan proctor standar. Pemadatan dengan proctor standar dilakukan untuk mencari kadar air optimum dan  $\gamma_{dry}$  dari tanah serta untuk membandingkan perilaku tanah asli akibat pembebanan.

#### **3.4.1. Pencampuran Bahan Stabilisasi**

Untuk pencampuran bahan stabilisasi yaitu pasir dan kapur dilakukan dengan mengadukannya dengan tanah ekspansif langsung secara bersamaan. Akan dibuat beberapa contoh uji dengan persentase pasir 10% dan kapur berturut-turut sebesar 5%, 10% dan 15%. Kemudian setelah dicampur rata maka contoh uji diperam selama 1 hari sebelum nantinya akan digunakan untuk uji pemadatan. Sedangkan untuk uji UCT dan CU yang digunakan hanya sampel dengan persentase pasir 10%, kapur 15%, dan kadar air optimum tanah campuran dari

**Universitas Indonesia**



compaction yaitu 24,6%. Persentase campuran yang dipilih berdasarkan data atterberg limit, yaitu 15% kapur yang paling kecil indeks plastisitasnya. Masa pemeraman dibagi dua yaitu initial curing yaitu pemeraman dalam plastik langsung setelah tanah dicampur dan final curing yaitu sampel setelah dicetak ditutupi permukaannya dengan plastik kemudian di masukkan kedalam desikator. Untuk UCT final curing dilakukan selama 0, 4, dan 7 hari. Sedangkan uji triaksial CU hanya dilakukan initial curing dan kemudian langsung dicetak dan diuji.

### 3.4..2. Pematatan Dengan Proctor Standar

Uji pematatan ini (ASTM D 698-70) dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah sehingga bisa diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Uji ini dilakukan pada sampel tanah + pasir 10% dan sampel tanah + variasi persentase kapur (5%,10%,15%) untuk mencari kadar air optimum yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan sampel tanah + pasir + kapur.

Pematatan yang dilakukan adalah menggunakan *proctor* standar (berat hammer 5.5 lb) dengan pemukulan sebanyak 25 kali per lapis pada *mold* kecil (4"). Berikut hal-hal penting yang dilakukan pada tahap ini :

- Mengetahui kadar air optimum tanah
- Memberikan air hingga kadar air mencapai di bawah optimum, yaitu 28% dan di atas optimum, 32%, pada tanah Ujung Harapan yang digunakan. Hal ini untuk mengetahui perilaku tanah terhadap pembebanan jika tanah tidak pada kondisi kadar air optimum.
- Mengetahui  $\gamma_{dry}$  tanah merah sebagai pengontrol pada tahap pencetakan tanah dengan extruder. Rumus yang digunakan :

$$\lambda_{wet} = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\lambda_{dry} = \frac{\lambda_{wet}}{(1-w)} \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana  $W$  adalah berat contoh uji,  $V$  adalah volum contoh uji,  $w$  adalah kadar air tanah.

- Pada tahap ini contoh uji tidak dapat diberikan geotekstil karena ketidakmampuan silinder ring memotong geotekstil pada pemadatan *proctor* standar .

Data uji compaction tanah asli diambil dari saudara Vandemora S. (2010) yang sudah melakukan sebelumnya dengan tanah yang sama.

### **3.5. Swelling Test**

Uji swelling dilakukan untuk mengetahui nilai swelling(%) dan swelling pressure (kpa) dari tanah asli. Data uji swelling tanah asli diambil dari saudara Faiza Firlany dan Daden Nursandi (2010) yang sudah melakukan sebelumnya dengan tanah yang sama.

### **3.6. Pengujian Unconfined Compressive Strength Test (UCT)**

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan tegangan maksimum yang 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. Pada pengujian ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu:

- Pengujian harus segera dilakukan setelah pencetakan contoh uji selsesai atau jika ditaruh di dalam tabung kaca (desikator) harus dibungkus terlebih dahulu dengan plastik makanan agar kadar air tidak berkurang.
- Kecepatan penurunan 1% dari ketinggian contoh uji per menit.

### **3.7. Uji Triaksial Consolidated Undrained**

Uji Triaksial Cu (ASTM D 2850-70) ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dari tanah uji. Pada kondisi Consolidated Undrained Test / CU Test, pengaliran pada contoh uji tanah diperbolehkan di bawah tekanan

**Universitas Indonesia**

sel tertentu hingga proses konsolidasi selesai. Kemudian dilakukan proses kompresi dengan selisih tegangan utama masih di bawah tekanan sel tertentu hingga mengalami keruntuhan. Uji triaksial CU tanah asli dilakukan bersama oleh saya dan Zaki Abdulghani(2010) sehingga datanya digunakan bersama juga.

### 3.7..1. Prosedur Pelaksanaan

Dalam uji triaksial CU terdapat tiga tahap dalam pelaksanaannya dan masing-masing memiliki fungsinya sendiri, yaitu:

#### A. Saturasi

Yaitu proses dimana tanah dibuat dalam keadaan jenuh dengan mengalirkan air ke dalam sampel. Hasil yang didapat adalah derajat kejenuhan (b). Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- Lindungi contoh uji dengan membran dengan menggunakan alat penarik membran. Hal ini dilakukan dengan menempatkan ujung membran di atas alat penarik dan kemudian dihisap melalui tabung (lihat gambar). Membran dan penarik akan dengan mudah dimasuki contoh uji, lepaskan penghisap dan membran akan membungkus contoh.
- Timbang contoh uji dan membran dengan ketelitian 0,1 gram.
- Hilangkan udara pada plat bawah dan penghubung plat dengan buret dengan jalan menyemprot dengan air mendidih.
- Alirkan air melalui plat dasar untuk menghindarkan terperangkapnya udara, tempatkan contoh di atasnya. Kemudian basahi membran, lewatkan pada dasar dan ikat dengan menggunakan plester karet.
- Basahi ujung membran dan tutup dengan penutup atas
- Ikat pada batang vertikal dan kemudian tutupi penutup dengan membran dan ikat.
- Basahi gasket karet bawah, tempatkan pada tengah ruang. Basahi gasket atas dan tempatkan di atas silinder.
- Tempatkan peralatan mesin sebelah atas dan periksa apakah plunyer telah menyentuh contoh.
- Pada saat ini semua katup (a-m) ditutup kecuali k. (lihat gambar)

**Universitas Indonesia**

- Alirkan air ke ruang dengan membuka m sampai mencapai penutup dan kemudian tutup m.

#### B. Konsolidasi

Saat proses ini tanah diberikan tegangan agar air dapat keluar dari sampel sehingga nanti didapat perbuahan volumenya. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- Tutup katup k, buka tabung tekanan dan atur sampai tekanan yang diinginkan. Naikkan tekanan pada ruang dengan membuka h perlahan-lahan.
- Turunkan plunyer sehingga tepat pada keadaan mulai menyentuh.
- Biarkan contoh berkonsolidasi pada tekanan ruang dengan membuka katup g dan f. Jumlah air yang keluar selama konsolidasi dapat diukur di buret.
- Setelah konsolidasi selesai (terlihat bahwa aliran air sudah terhenti) sentuhkan lagi plunyer pada contoh. Jarak yang harus diberikan pada plunyer untuk mencapai lagi permukaan contoh tanah adalah perubahan panjang tanah akibat konsolidasi.

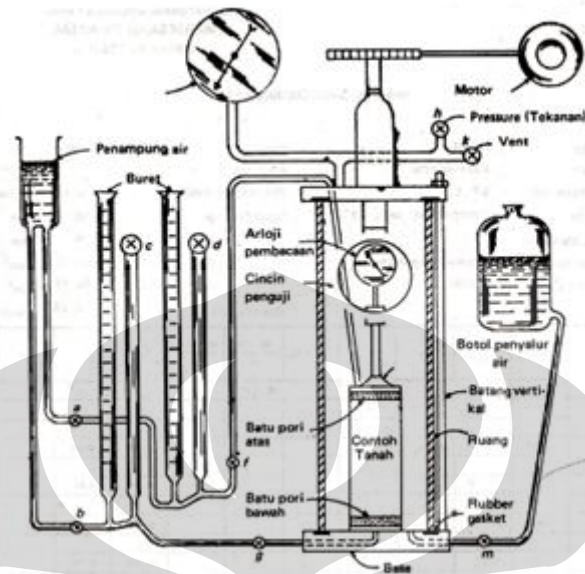
#### C. Kompresi

Pada tahap ini anggapannya tanah sudah dalam kondisi efektif sehingga nanti dapat dicari lintasan tegangan efektifnya kemudian membuat diagram mohr. Katup drainase ditutup sehingga tidak terjadi perubahan volume. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

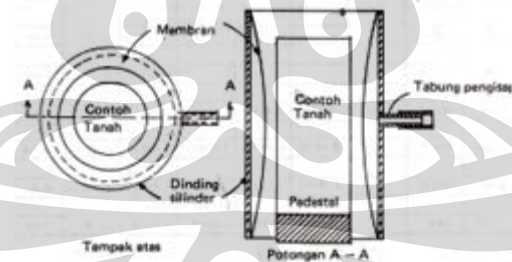
- Setelah itu tutup katup g dan f.
- Catat bacaan awal cincin uji, dan begitu alat penggerak mulai digerakkan, alat pencatat waktu dimulai pula.
- Pembacaan dilakukan setiap tekanan 0,01 inci sampai 0,05 inci pertama dan kemudian 0,02 inci sampai 0,1 inci dan kemudian dilanjutkan sampai regangan mencapai 15%.
- Tentukan tekanan dan angkat beban as. Tutup katup h dan melalui katup k hilangkan tekanan ruang perlahan-lahan.

**Universitas Indonesia**

- Keringkan ruang dengan merendahkan botol penyalur dan buka katup m.
- Gambar bidang keruntuhan yang terjadi dan timbang contoh tanahnya.



Gambar 3.1 Satu set alat triaksial CU



Gambar 3.1 Alat penarik membran

## **BAB IV**

### **ANALISA HASIL UJI LABORATORIUM**

#### **4.1. ANALISA HASIL PENGUJIAN INDEKS PROPERTIES**

Uji laboratorium yang dilakukan di awal adalah pengujian indeks properties meliputi uji atterberg limit (ASTM D 423-424), uji specific gravity (ASTM D 422-63), dan uji analisa butiran (ASTM C-136-46). Ketiga uji diatas berguna untuk mengetahui properti tanah yang akan digunakan untuk mengidentifikasi sampel tanah dan terkait dengan data yang didapat nanti akan dipakai pada uji selanjutnya yaitu uji sifat teknis tanah. Kemudian ada data tambahan dari uji mineral untuk identifikasi tanah ekspansif dan komposisi kapur sebagai bahan stabilisasi yang akan digunakan.

Uji indeks properties dilakukan pada tanah asli dan tanah campuran yaitu tanah yang sudah dicampur dengan bahan stabilisasi yaitu pasir dan kapur. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dampak dari bahan stabilisasi tersebut. Setiap uji dilakukan sebanyak 2-3 kali yang nantinya hasil akan dirata-ratakan agar mendapatkan hasil akhir yang lebih tepat dan akurat. Setelah dilakukan sederet uji tersebut didapat sifat fisik tanah uji rata-rata sebagai berikut:

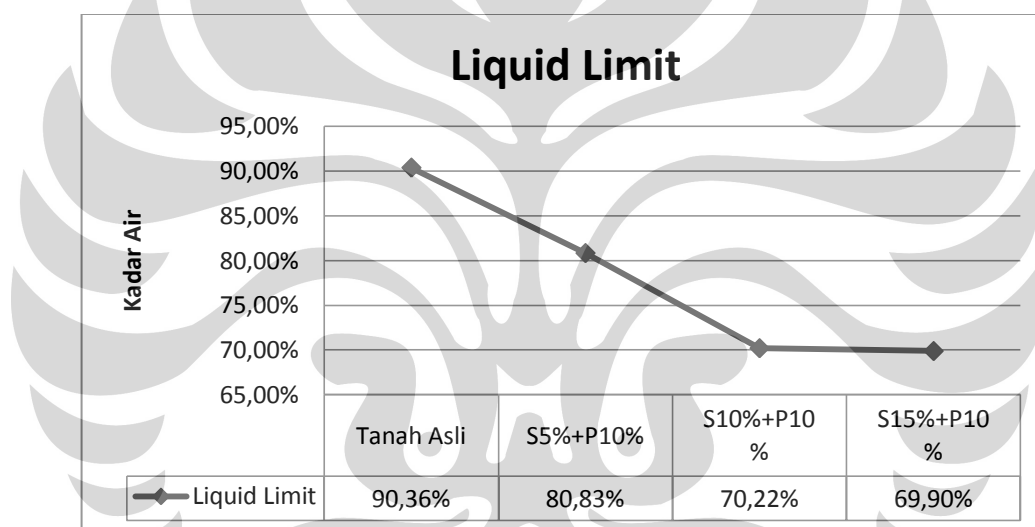
##### **4.1.1. Atterberg Limit dan Specific Gravity**

Uji atterberg limit dilakukan untuk mencari nilai liquid limit, plastic limit, dan indeks plastisitas dari sampel tanah asli dan tanah campuran. Kemudian uji specific gravity dilakukan untuk mendapatkan nilai specific gravity dari butiran tanah, yaitu perbandingan berat isi tanah dan berat isi air pada suhu 4°C.

Tabel 4.1 Hasil Rata-Rata Uji Atterberg Limit dan Specific Gravity pada Tanah Asli dan Tanah Campuran

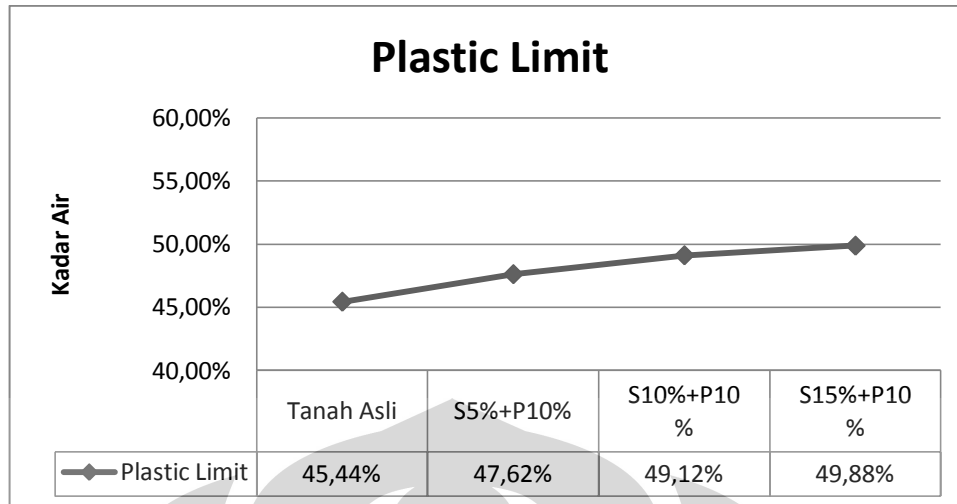
	TANAH ASLI	TANAH+KAPUR+PASIR (PERAM 1 HARI)		
		5%	10%	15%
SG	2,66	2,68	2,68	2,69
Liquid Limit	89,835%	80,83%	70,22%	69,90%
Plastic limit	45,44%	47,62%	49,12%	49,88%
Indeks Plasticity	44,39%	33,21%	21,10%	20,02%

Dari hasil uji specific gravity dapat dilihat bahwa nilai SG pada tanah asli dan tanah campuran tidak terlalu jauh berbeda yaitu kurang lebih 2,68.



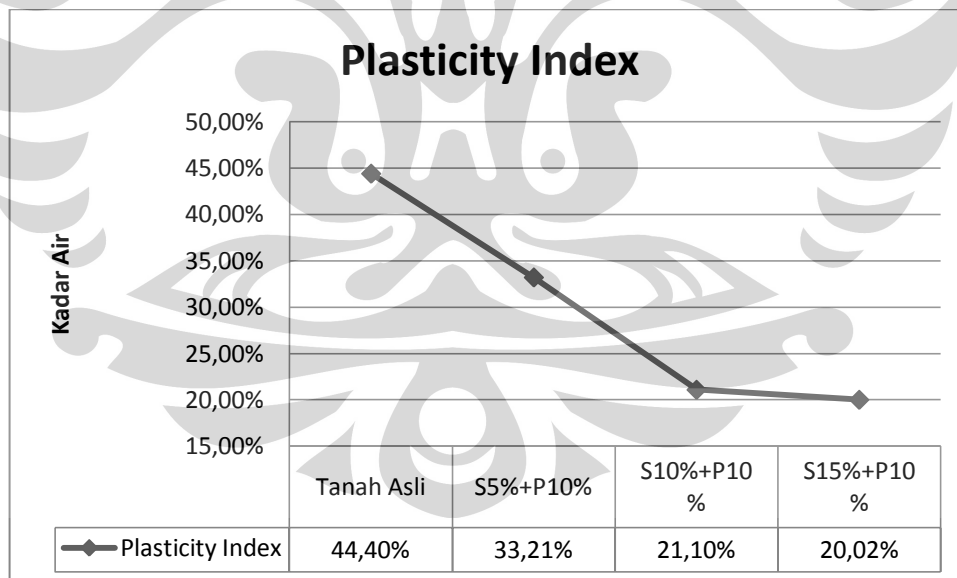
Gambar 4.1 Grafik liquid limit tanah asli dan tanah campuran

Untuk liquid limit apabila diplot pada grafik maka nilainya akan terlihat menurun dari kondisi awal. Perubahan drastis terjadi sampai pencampuran 10% dan terus turun walau hanya sedikit samapai penambahan kapur 15%.



Gambar 4.2 Grafik plastic limit tanah asli dan tanah campuran

Grafik plastic limit terlihat naik setiap penambahan campuran kapur. Hal ini akan berpengaruh pada perhitungan indeks plastisitas nantinya.



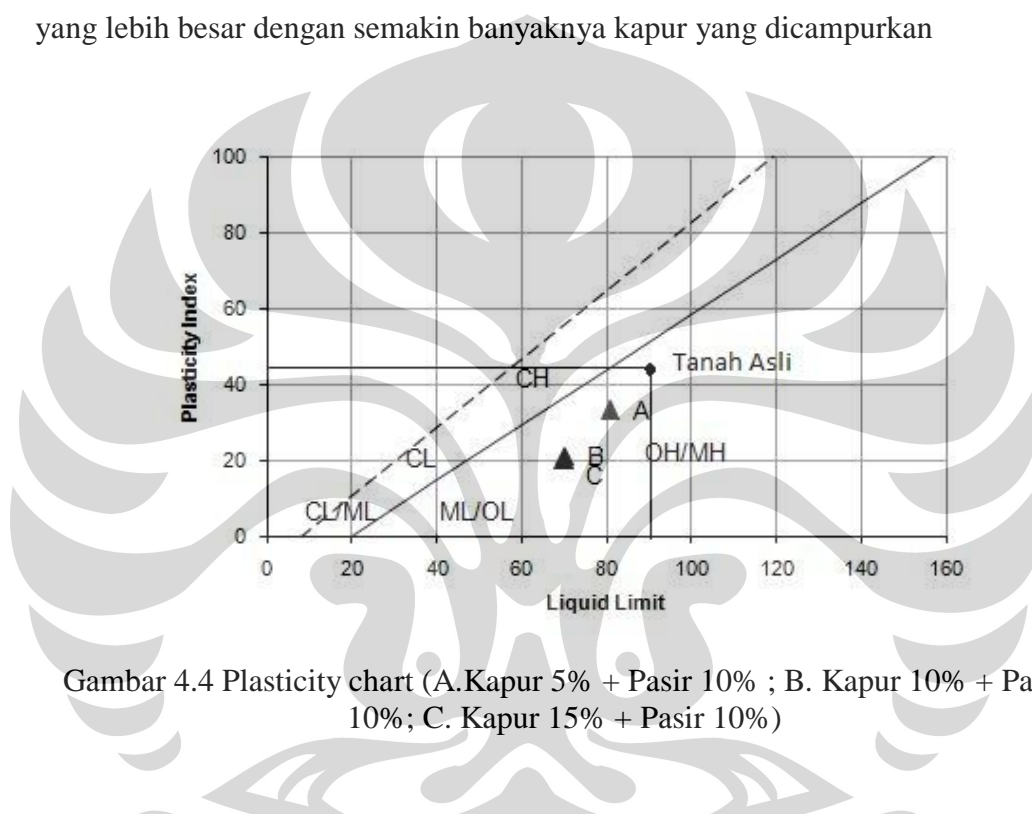
Gambar 4.3 Grafik indeks plastisitas tanah asli dan tanah campuran

Indeks plastisitas menurun secara signifikan sampai pencampuran kapur 10% dan pada campuran kapur 15% penurunan yang terjadi hanya sedikit sekali. Penurunan indeks plastisitas ini disebabkan karena penurunan liquid limit dan



kenaikan plastic limit. Hasil ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa penambahan kapur dan pasir akan menurunkan indeks plastisitas.

Turunnya nilai indeks plastisitas ini menandakan bahwa semakin banyak kadar pasir ditambahkan pada tanah asli maka luas permukaan spesifik dari tanah akan berkurang yang mengakibatkan penyebaran air pada lapisan tanah berkurang. Sedangkan dengan menambahkan kapur maka akan terjadi ikatan bersamaan dengan penambahan air. Ikatan ini akan menjadi gumpalan-gumpalan yang lebih besar dengan semakin banyaknya kapur yang dicampurkan



Gambar 4.4 Plasticity chart (A. Kapur 5% + Pasir 10% ; B. Kapur 10% + Pasir 10%; C. Kapur 15% + Pasir 10%)

Dari data-data yang ada pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa sifat-sifat fisik dari sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan sistem klasifikasi tanah unified yang dikembangkan di Amerika Serikat adalah:

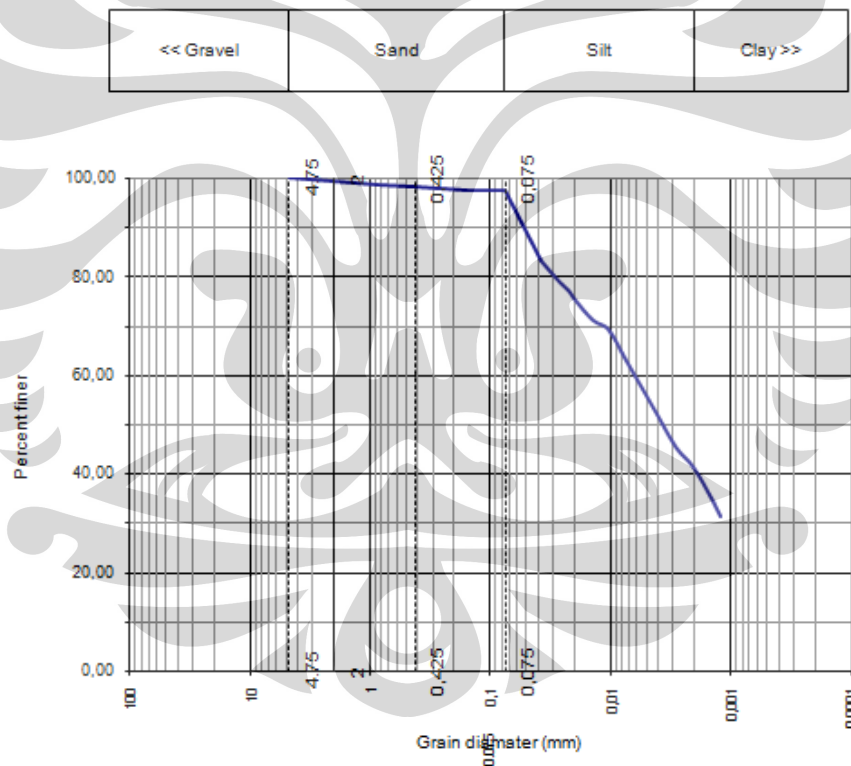
- Tanah lempung cikarang termasuk ke dalam tanah lanau anorganik plastisitas tinggi (MH) atau lempung organik Plastisitas tinggi (OH).

Penentuan klasifikasi tanah di atas adalah dengan menggunakan grafik plastisitas sistem unified dan juga dengan melihat batas cair dari sampel tanah yang mempunyai nilai  $LL > 50$ , yang berarti tergolong pada tanah plastisitas tinggi. Metode Holtz & Gibbs (1956). Berdasarkan metode ini dapat pula dilihat dari indeks plastisitas yang didapat (44.6%) bahwa tanah ini termasuk tanah yang

mempunyai tingkat pengembangan yang sangat tinggi, yaitu  $IP > 35\%$ . Sedangkan berdasarkan metode Chen(1967), tanah ini merupakan tanah yang mempunyai potensi pengembangan sangat tinggi, yaitu  $IP > 32\%$ .

#### 4.1..2. Uji Analisa butiran

Pada uji analisa butiran terbagi menjadi dua percobaan yang dilakukan yaitu sieve analysis dan hydrometer. Sieve analysis digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang berdiameter 4,76 mm sampai 0,074 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan saringan no. 200. Sedangkan hydrometer bertujuan untuk menentukan distribusi butiran tanah yang memiliki diameter lebih kecil dari 0,074 mm atau lolos saringan no. 200 dengan cara pengendapan. Berdasarkan uji yang dilakukan maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grain size distribution tanah asli

Tabel 4.2 Hasil Rata-Rata Uji Analisa Butiran (Sieve Analysis dan Hydrometer) Tanah Asli

Grain Size Distribution	
Clay(%)	40,7%
Silt(%)	55,9%
Sand(%)	3,4%
activity	1,09

Berdasarkan hasil yang didapat persentase butiran terbesar justru berada pada silt hal ini mungkin terjadi karena mungkin tanah yang diambil tercampur dengan tanah urugan yang memiliki kandungan silt yang lebih besar.

#### 4.1.3. Uji Mineral

Uji mineral dilakukan pada tanah asli untuk mengetahui komposisi mineral yang terkandung di dalamnya. Sedangkan uji XRF dilakukan untuk mengetahui komposisi senyawa didalam kapur.

Tabel 4.3 Hasil Uji XRD

Mineral	%berat
Montmorillonite	23,8
Halloysite	49,66
Feldspar	12,92
Alpha Quartz	13,62

Setelah melakukan uji mineral dapat diketahui bahwa mineral montmorillonite yang menjadi parameter keaktifan tanah dalam sampel uji sebanyak 23,8%. Jumlah ini termasuk tidak banyak sehingga dicurigai kemungkinan tanah asli sudah tercampur dengan tanah urugan dan material lain seperti batu dan kaca.

Tabel 4.4 Hasil Uji XRF

Senyawa	%
CaO	98,8542
MnO	0,0749
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,65756
SrO	0,3953

Dari data uji XRF terlihat jelas bahwa senyawa yang sangat dominan adalah Cao sebanyak 98,85% sedangkan senyawa lain rata-rata tidak sampai satu persen. Dapat disimpulkan bahwa kapur yang digunakan untuk bahan stabilisasi ini merupakan kapur perdagangan yang masuk jenis high-calcium (lihat tabel 2.11).

## 4.2. ANALISA HASIL PENGUJIAN SIFAT MEKANIS

Setelah mendapatkan indeks properties baik tanah asli maupun tanah campuran maka dilanjutkan dengan melakukan uji-uji yang dapat menunjukkan sifat mekanis tanah tersebut. Pengujian sifat mekanis yang dilakukan meliputi uji swelling, uji compaction standar, uji unconfined compressive strength test, dan uji triaksial consolidated undrained (CU). Beberapa hasil dari satu uji digunakan untuk data awal dari uji lain dan juga dapat dijadikan data pembanding.

### 4.2.1. Swelling Test

Pengujian ini menggunakan contoh tanah terganggu sehingga nilai perubahan volume potensial dan indeks pengembangan ini lebih sesuai jika digunakan dalam identifikasi dan bukan sebagai parameter desain. Setelah dilakukan uji menggunakan dua sampel dan hasilnya kemudian dirata2kan maka hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Rata-Rata Swelling Test pada Tanah Asli

Swelling Test	
swelling	8,94%
swelling pressure (kpa)	397

Dengan menggunakan nilai presentase pengembangan sebesar 8,94% dan presentase butiran tanah lolos saringan no.4 yaitu 100% maka dapat diidentifikasi bahwa tanah uji yang diambil di daerah cikarang ini termasuk golongan kritikal apabila menggunakan tabel 2.6 dari Altmeyer,1955 dan masuk golongan tanah yang memiliki potensi kembang yang tinggi berdasarkan tabel 2.7 dari Costet dan

Sanglerat,1981. Dari data ini pula tanah bisa diklasifikasikan tanah berderajat ekspansif tinggi berdasarkan tabel 2.8 dari Chen,1965.

#### 4.2..2.      **Compaction Test Standar**

Uji pemadatan ini dilakukan untuk mencari berat jenis kering maksimum pada kadar air optimum dari suatu contoh tanah yang dipadatkan. Hasil dari suatu kepadatan tanah bergantung pada kadar airnya. Untuk membuat suatu hubungan tersebut dibuat beberapa contoh tanah minimal empat contoh dengan kadar air yang berbeda-beda. Dengan perbedaan kurang lebih 4%. Dari percobaan tersebut dibuat grafik yang menggambarkan hubungan antara kepadatan dengan kadar air, sehingga dari grafik tersebut diperoleh  $\gamma_{dry}$  maksimum pada keadaan air optimum. Dengan demikian dapat diperoleh petunjuk bahwa suatu tanah yang dipadatkan dengan kadar air tanah lebih dari  $w_{opt}$  akan diperoleh nilai kepadatan yang lebih kecil dari  $\gamma_{dry}$  maksimum. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Compaction Test pada Tanah Asli dan Tanah Campuran

Tanah Asli

<b>Water content, w%</b>	24,26%	28,61%	31,88%	33,41%	35,74%
<b>Dry density, gr/cm3</b>	1,306	1,338	1,358	1,346	1,298

Tanah + 10% Pasir

<b>Water content, w%</b>	26,79%	30,09%	32,29%	34,22%
<b>Dry density, gr/cm3</b>	1,331	1,359	1,324	1,289

Tanah + 5% Kapur + 10% Pasir

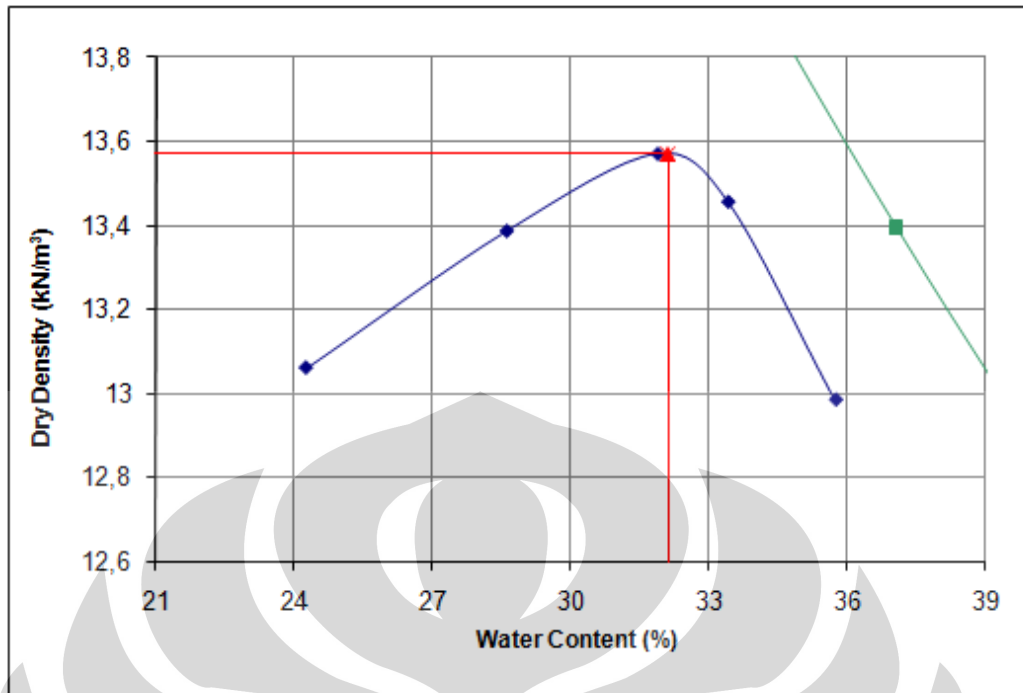
<b>Water content, w%</b>	21,20%	24,09%	27,62%	30,42%	33,73%
<b>Dry density, gr/cm3</b>	1,394	1,436	1,469	1,442	1,378

Tanah + 10% Kapur + 10% Pasir

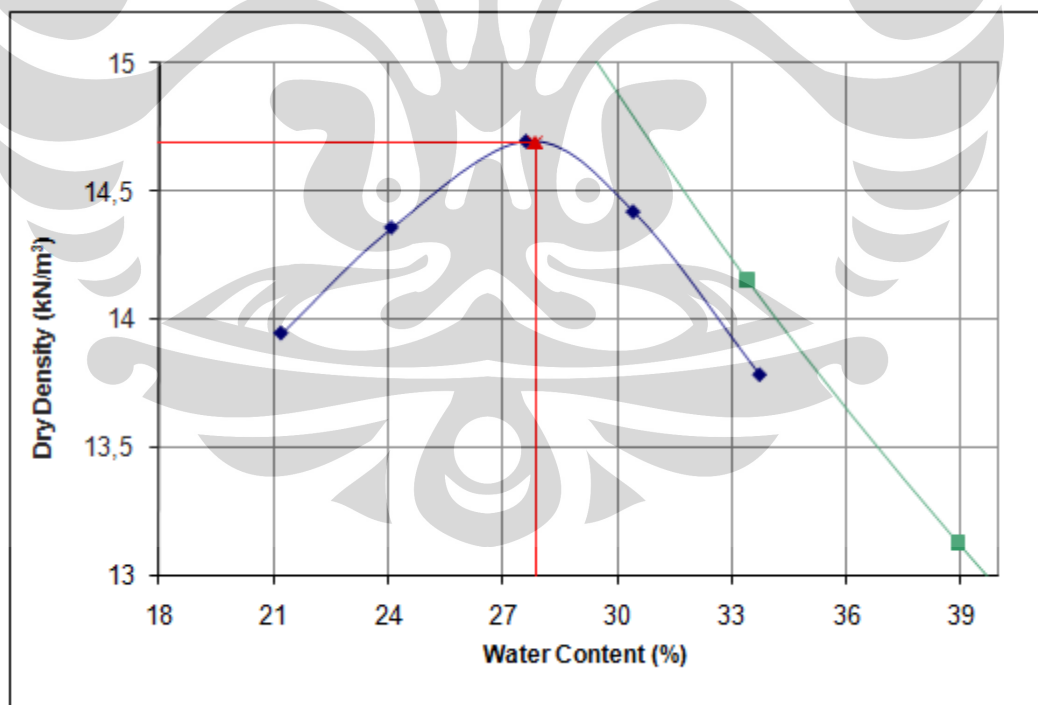
<b>Water content, w%</b>	21,26%	24,08%	27,52%	29,99%	32,23%
<b>Dry density, gr/cm3</b>	1,445	1,468	1,489	1,452	1,402

Tanah + 15% Kapur + 10% Pasir

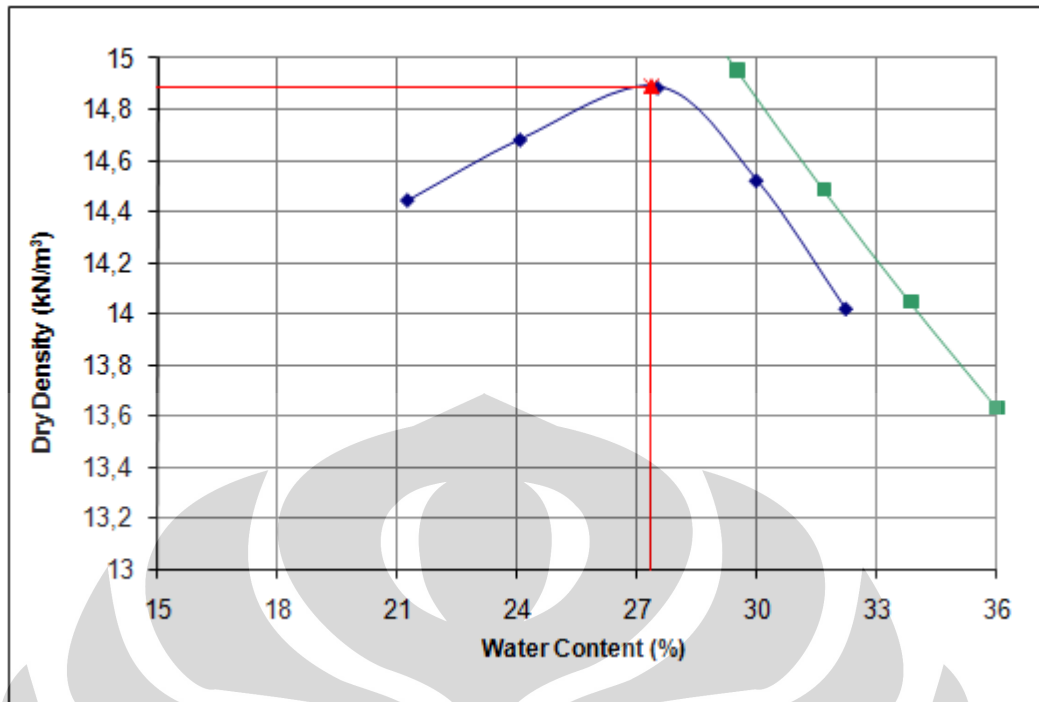
<b>Water content, w%</b>	17,84%	20,43%	24,26%	27,35%	30,23%
<b>Dry density, gr/cm3</b>	1,438	1,467	1,499	1,481	1,444



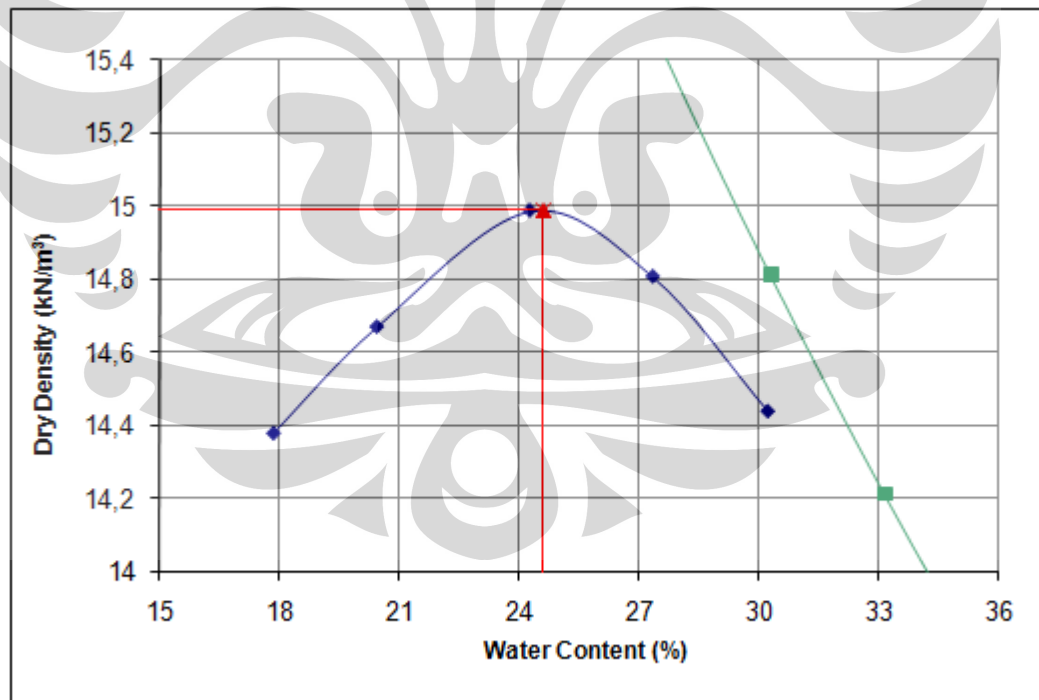
Gambar 4.6 Grafik hubungan kadar air dengan berat jenis kering untuk tanah asli berikut garis ZAV-nya



Gambar 4.7 Grafik hubungan kadar air dengan berat jenis kering untuk tanah campuran kapur 5% dan pasir 10% berikut garis ZAV-nya

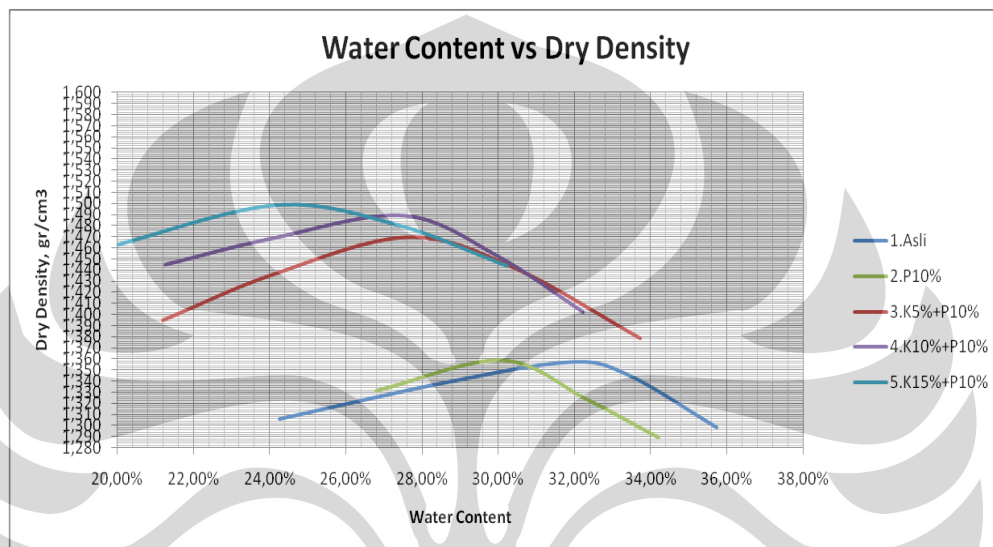


Gambar 4.8 Grafik hubungan kadar air dengan berat jenis kering untuk tanah campuran kapur 10% dan pasir 10% berikut garis ZAV-nya



Gambar 4.9 Grafik hubungan kadar air dengan berat jenis kering untuk tanah campuran kapur 15% dan pasir 10% berikut garis ZAV-nya

Pada grafik 4.7 sampai grafik 4.10, dapat dilihat bahwa ZAV line tidak memotong kurva. Hal ini dikarenakan walaupun maksud dari compaction adalah mengurangi kadar air udara dalam sampel tanah, tetapi tidak mungkin kandungan udara dalam tanah dapat ditekan hingga sama dengan nol.

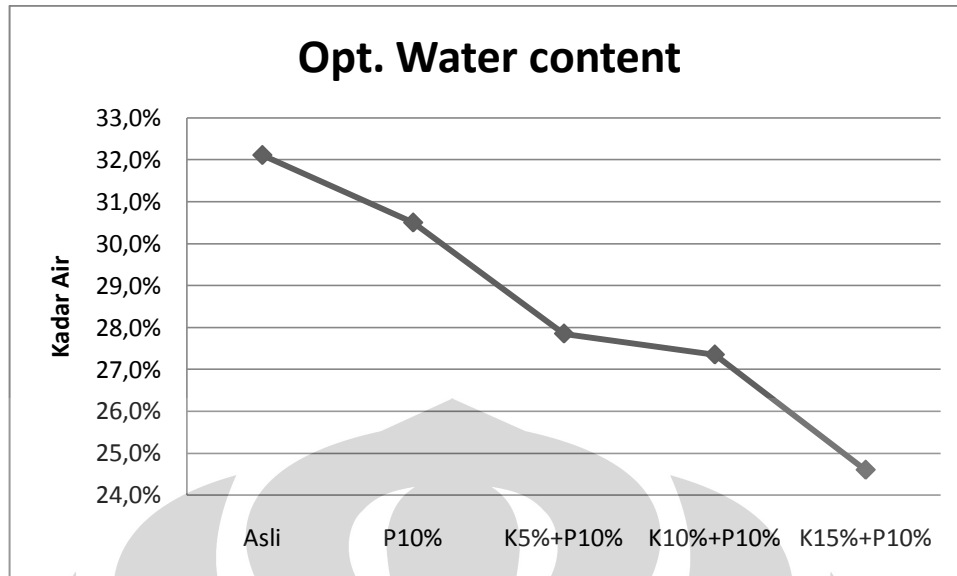


Gambar 4.10 Grafik gabungan kadar air vs berat jenis kering untuk setiap jenis tanah

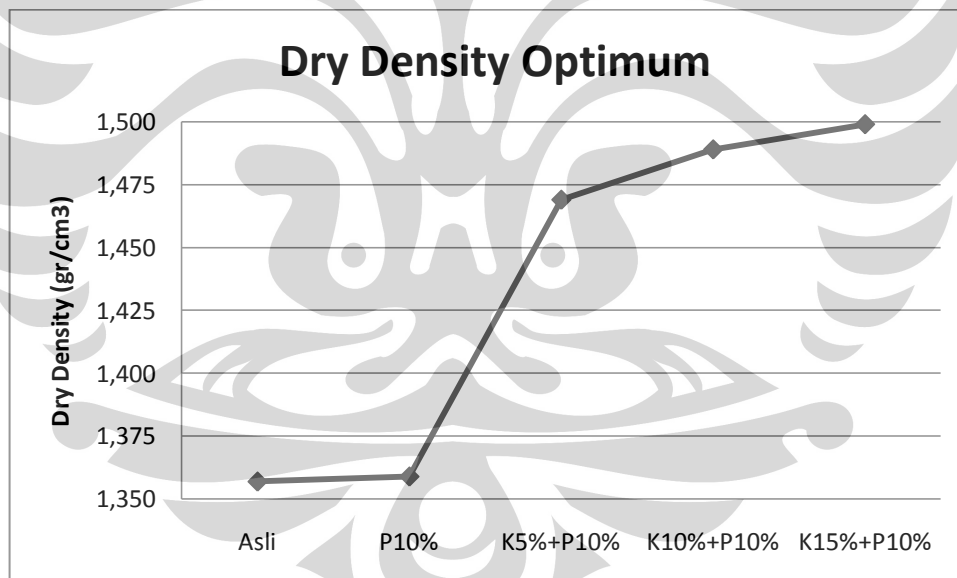
Tabel 4.7 Nilai Kadar Air dan Berat Jenis pada kondisi Optimum untuk Setiap Sampel Tanah

	Asli	P10%	K5%+P10%	K10%+P10%	K15%+P10%
<b>Opt. Water content</b>	32,3%	30,5%	27,9%	27,4%	24,6%
<b>Max Dry density, gr/cm3</b>	1,356	1,359	1,469	1,489	1,499





Gambar 4.11 Grafik gabungan kadar air pada kondisi optimum untuk setiap jenis tanah



Gambar 4.12 Grafik gabungan berat jenis kering pada kondisi optimum untuk setiap jenis tanah

Dari grafik 4.12 dapat dilihat bahwa penambahan kapur berpengaruh pada kadar air optimum di tiap campuran tanah. Hasil yang diperoleh adalah kadar air menurun seiring dengan semakin banyaknya jumlah kapur yang ditambahkan. Hal ini disebabkan oleh penggantian ion dan perubahan susunan (ion exchange dan

**Universitas Indonesia**

flocculation). Dengan pencampuran kapur pada tanah yang lembab dan kohesif setelah dibiarkan beberapa waktu akan terjadi suatu reaksi yaitu calcium cation dari kapur menggeser ion dari sodium dan hidrogen yang lemah dari permukaan butir-butir clay atau dengan kata lain membuat kadar air menjadi berkurang dan menarik partikel-partikel clay menjadi kelompok butir-butir yang lebih besar. Uniknya, ruang antar pori yang seharusnya semakin besar dan nilai kepadatan kering maksimum menjadi turun ketika air dalam tanah digunakan oleh kalsium untuk berhidrasi dalam percobaan ini menghasilkan nilai yang sebaliknya kadar air optimum menjadi lebih kecil dan nilai kepadatan kering menjadi naik. Hal ini disebabkan oleh partikel tanah yang menempel lebih dulu pada pasir sebelum bereaksi dengan kapur yang menyebabkan pori tanah menjadi lebih kecil dan membuat luas permukaan spesifik dari tanah berkurang mengakibatkan penyebaran air pada lapisan tanah berkurang sehingga  $\gamma_{dry}$  maksimum naik dan kadar air optimum turun.

Sedangkan dari grafik 4.12 menunjukkan perubahan berat jenis kering optimum pada masing-masing campuran tanah. Terlihat bahwa  $\gamma_{dry}$  maksimum meningkat seiring dengan penambahan kapur. Ini menunjukkan bahwa penambahan kapur membuat tanah menjadi semakin padat dan keras. Hal seperti ini disebabkan karena proses sementasi yaitu kalsium dan mineral seperti aluminium dan silika yang berada dalam tanah itu bercampur dengan kapur.

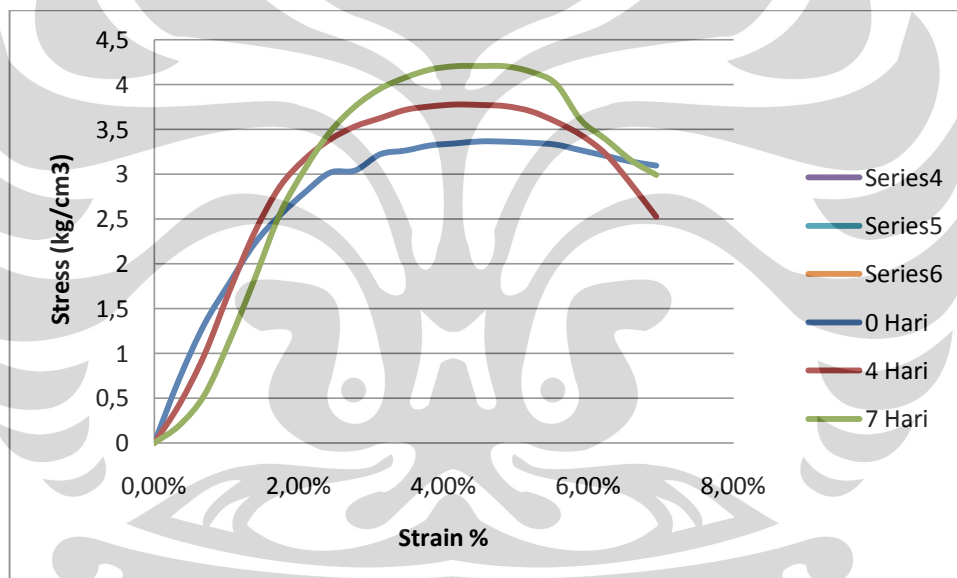
#### 4.2.3. **Unconfined Compression Test**

Tujuan dari uji ini adalah untuk mendapatkan nilai kekuatan tanah tersebut dalam keadaan bebas sampai mencapai keruntuhan. Pada skripsi ini uji unconfined dilakukan untuk menjadi hasil pembandingan variasi waktu pemeraman untuk sampel utama yang akan di uji triaksial CU. Sampel utama yang dimaksud disini adalah sampel tanah dengan campuran kapur 15% dan pasir 10% dengan kadar air optimum yang dipakai adalah 24,6%. Sampel utama ditentukan dengan melihat grafik hasil compaction test standar yang paling optimum atau titik paling puncak dalam grafik 4.11 yaitu gabungan hasil compaction tanah asli dan campuran, kemudian juga membandingkannya dengan melihat grafik 4.4 yaitu perubahan indeks plastisitas. Sampel utama ini diambil titik paling optimum agar

**Universitas Indonesia**

terlihat perubahan kekuatan geser yang signifikan nantinya saat dilakukan uji triaksial CU. Sampel ini sebenarnya berada pada kondisi basah apabila ditarik pada grafik hasil compaction tanah asli.

Uji unconfined ini menggunakan sampel dengan 3 masa pemeraman yang berbeda yaitu 0 hari, 4 hari, dan 7 hari. Masing-masing masa curing dibuat tiga sampel yang nanti hasil akhirnya akan dirata-ratakan agar didapat nilai yang akurat. Percobaan ini menghasilkan grafik yang menggambarkan hubungan antara stress vs strain pada sampel terhadap waktu pemeraman yang dilakukan. Grafik tersebut memberikan informasi mengenai perilaku contoh uji terhadap tegangan (stress) yang diberikan selama pengujian berlangsung. Selain itu akan diketahui juga tegangan maksimum ( $q_u$  maks) yang dapat ditahan oleh sampel utama tersebut.



Gambar 4.13 Grafik gabungan berat jenis kering pada kondisi optimum untuk setiap jenis tanah

Tabel 4.8 Nilai Tegangan Maksimum dan Kadar Air  
Pada Sampel Tiap Masa Pemeraman

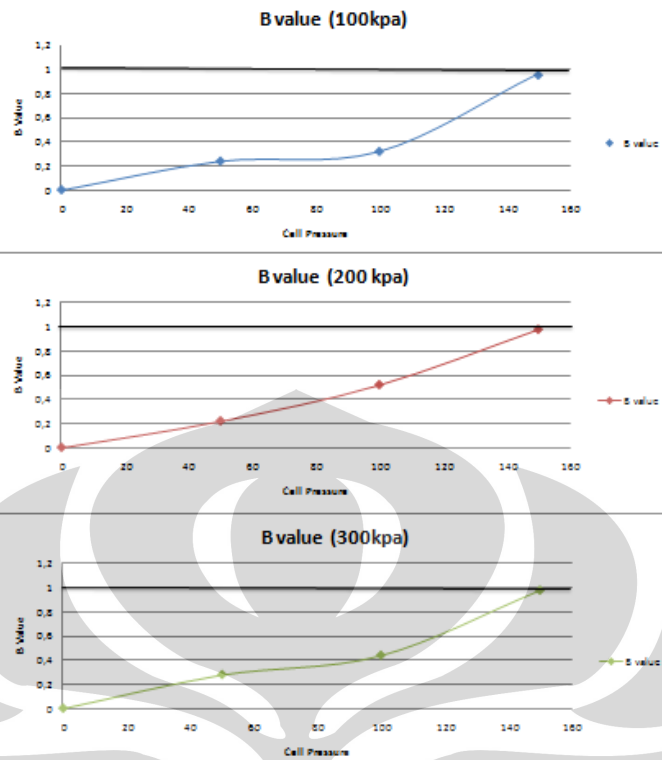
	0 Hari	4 Hari	7 Hari
$q_u$ maksimum	3,363	3,846	4,187
Strain maksimum	4,85%	3,81%	3,81
Kadar Air	24,30%	21,35%	21,35

Dari nilai UCT yang ada terlihat bahwa pada sampel yang tidak dicuring (0 hari) mempunyai nilai  $q_u$  maksimum lebih rendah. Ini disebabkan karena pada sampel yang tidak mengalami waktu pemeraman, campuran tidak sempat mengembangkan sifat-sifat sementasi (pengerasan) sebagai hasil dari reaksi *puzzolanic*. Perbaikan sifat tanah yang diperoleh terutama disebabkan oleh penggantian flokulasi-aglomerasi akibat penambahan kapur. Dapat disimpulkan bahwa waktu pemeraman berpengaruh terhadap tegangan maksimum yang dapat diterima oleh sampel dan akan menunjukkan kelakuan yang sama untuk uji triaksial CU.

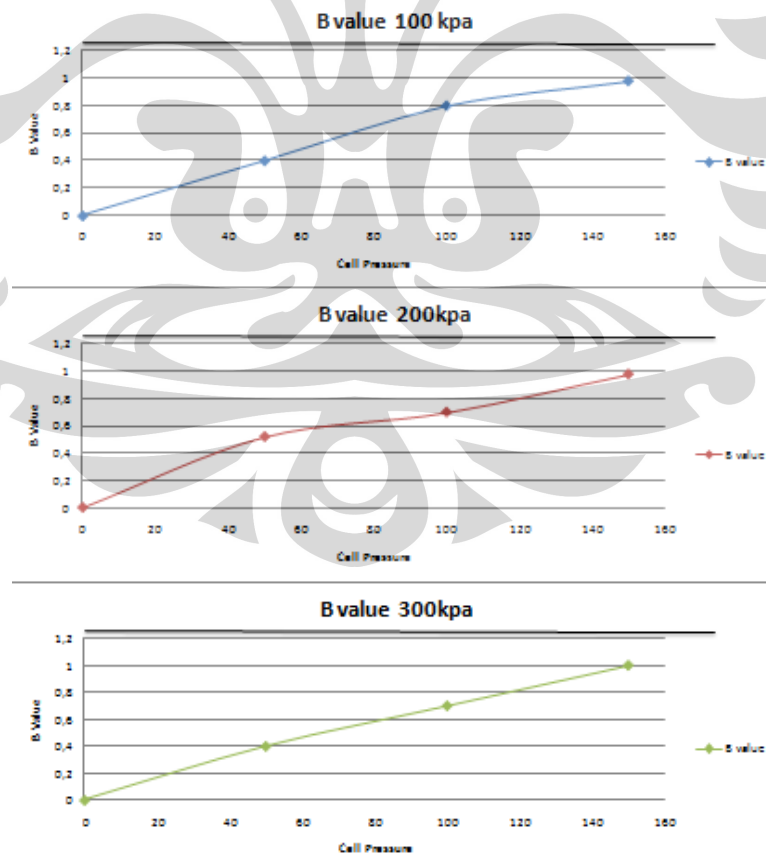
#### 4.2.4. **Triaxial Consolidated Undrained (CU)**

Percobaan triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi yang dilakukan menggunakan dua sampel yaitu tanah asli dan tanah campuran yang memiliki spesifikasi sama dengan sampel yang digunakan pada uji unconfined yaitu sampel tanah dengan campuran kapur 15% dan pasir 10% dengan kadar air optimum yang dipakai adalah 24,6%. Percobaan ini hanya dilakukan sebanyak satu seri setiap sampel tanah.

Triaksial CU ini memiliki tiga tahapan yaitu tahap saturasi, konsolidasi, dan kompresi. Tahap saturasi ini memerlukan waktu hampir dua hari karena tanah yang digunakan adalah tanah terganggu (*disturbed*) yang telah mengalami pemadatan dengan ekstruder sehingga berbeda dengan tanah yang *undisturbed* yang rata-rata hanya membutuhkan waktu sehari. Pada tahap saturasi ini pori-pori pada sampel tanah diisi dengan air. Data yang didapat adalah tekanan sel (*cell pressure*), tekanan balik (*back pressure*), tekan pori (*pore pressure*), koefisien  $B$ , perubahan volume tekanan balik, dan perubahan volume sel. Dimana nilai  $b$  dan  $\Delta u$  merupakan perubahan tekanan air pori. Konstanta  $B$  menyatakan derajat saturasi dari tanah yang menunjukkan hubungan antara kenaikan air pori (*pore pressure*) dengan tekanan sel (*cell pressure*). Untuk sampel dengan derajat saturasi 100% bersesuaian dengan nilai  $B=1$ .



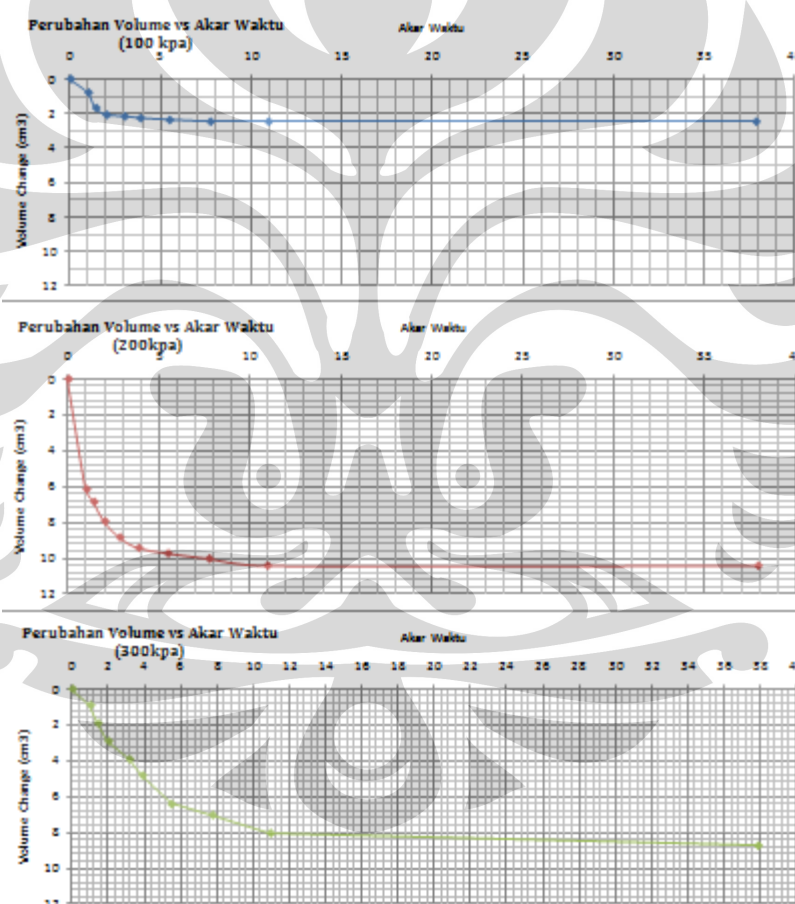
Gambar 4.14 Grafik nilai B terhadap cell pressure pada tanah asli untuk setiap  $\sigma_3$



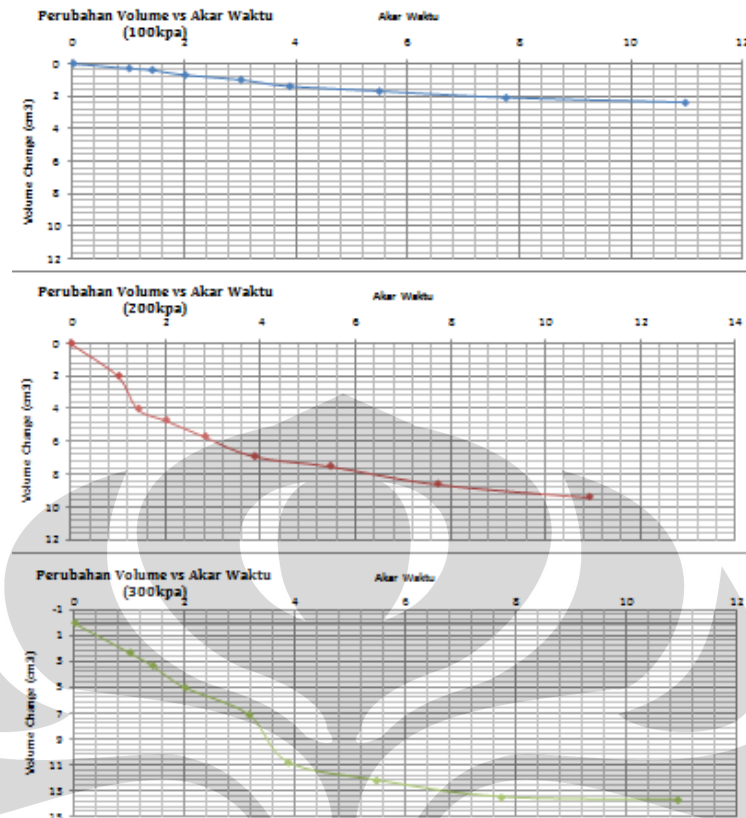
Gambar 4.15 Grafik nilai B terhadap cell pressure pada tanah campuran

untuk setiap  $\sigma_3$

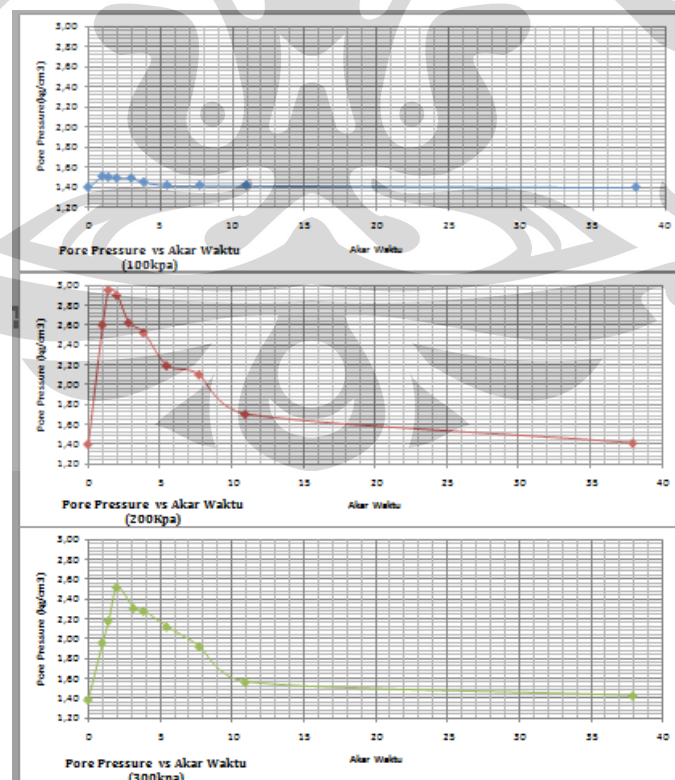
Tahapan kedua adalah konsolidasi yang membutuhkan waktu rata-rata dua jam. Pada tahap ini air pori mengalir keluar dari sampel sehingga terjadi perubahan volume sampel sebanyak jumlah air yang keluar. Data yang didapatkan adalah perubahan volume pori dan tekanan pori tiap satuan waktu tertentu. Yang terakhir adalah tahap kompresi yang membutuhkan waktu sekitar 1,5 jam untuk mencapai strain sebesar 20%. Kecepatan penurunan yang diberikan dalam tahap ini adalah 0,05 mm/menit. Air pori tidak diperbolehkan mengalir sehingga akan terjadi perubahan tekanan air pori selama proses pembebanan. Data yang didapat adalah deformasi aksial, beban aksial, dan tekanan pori dan bisa dilihat pada



Gambar 4.16 Grafik perubahan volume vs akar waktu pada tanah asli untuk setiap  $\sigma_3$



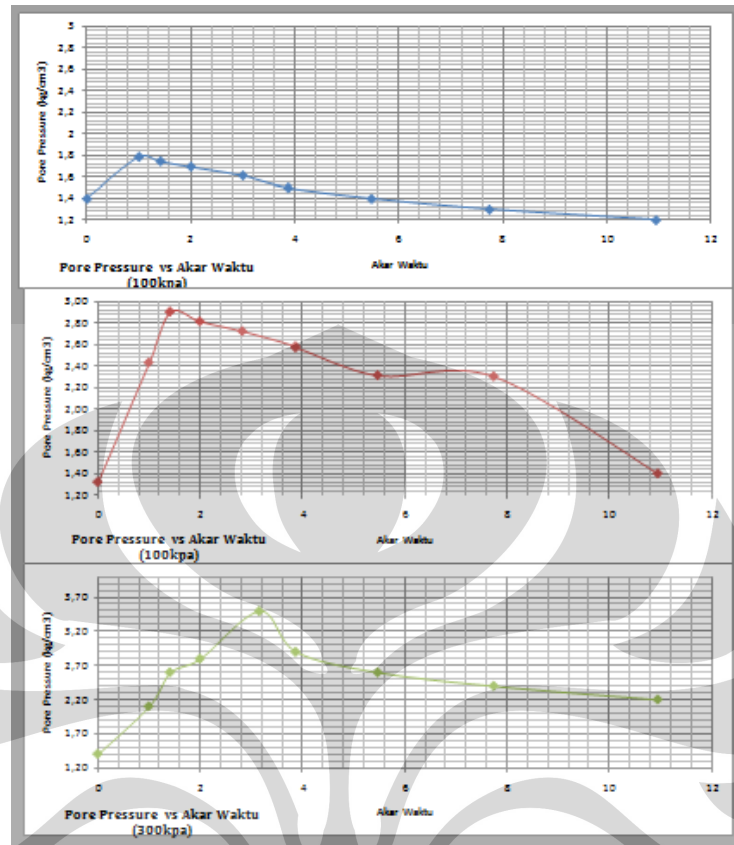
Gambar 4.17 Grafik perubahan volume vs akar waktu pada tanah campuran untuk setiap  $\sigma_3$



Gambar 4.18 Grafik pore pressure vs akar waktu pada tanah asli

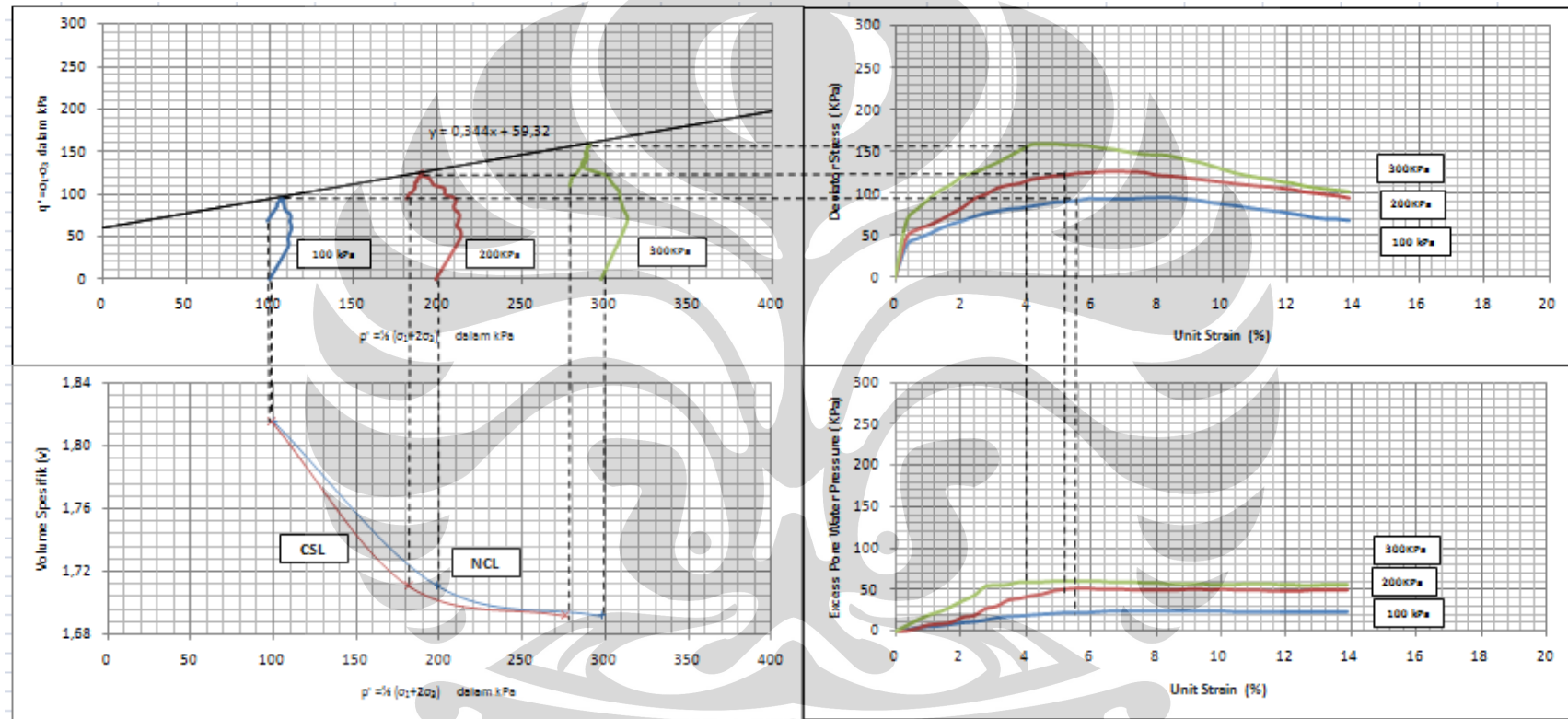
Universitas Indonesia

untuk setiap  $\sigma_3$

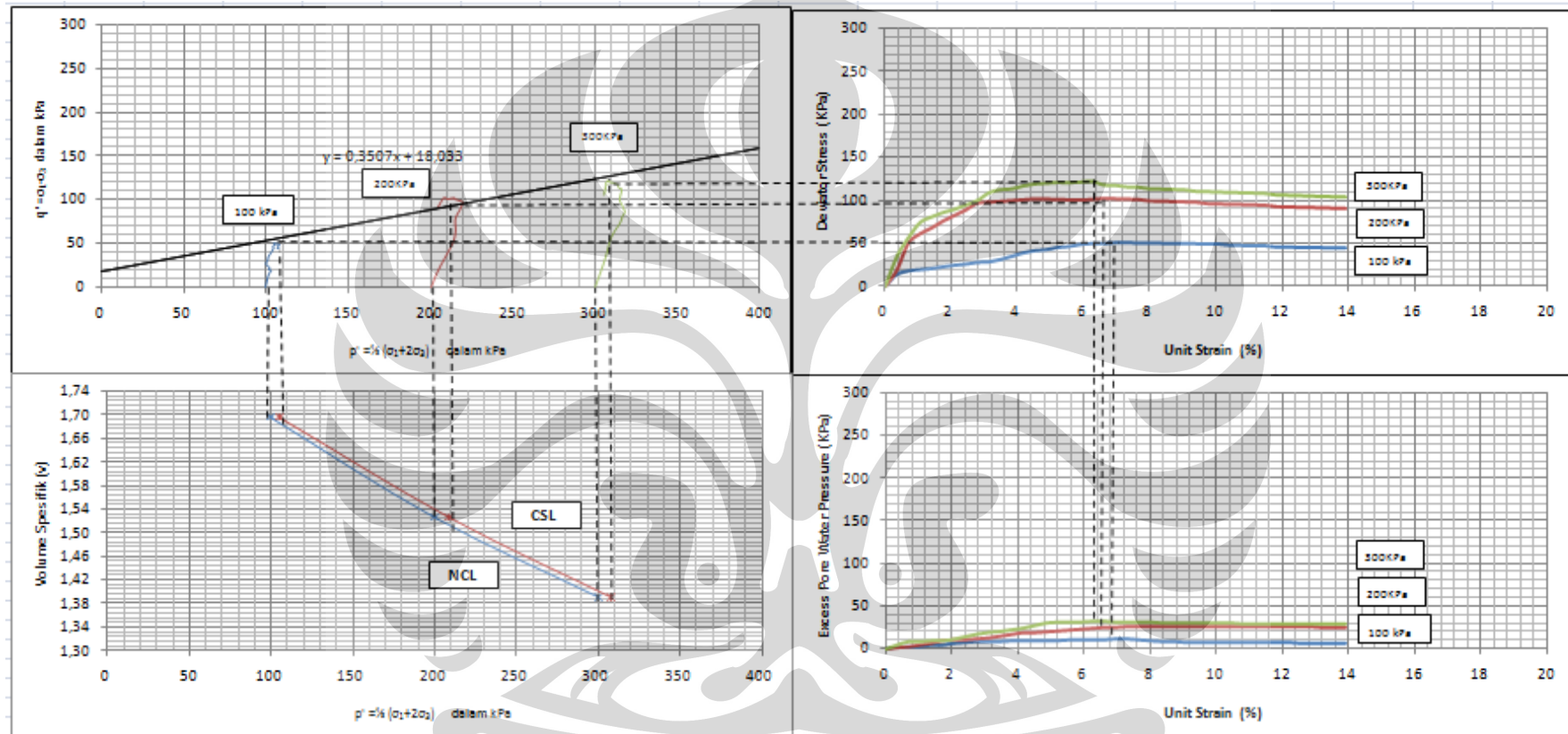


Gambar 4.19 Grafik pore pressure vs akar waktu pada tanah campuran untuk setiap  $\sigma_3$





Gambar 4.20 Grafik gabungan tabel hasil CU untuk tanah asli



Gambar 4.21 Grafik gabungan tabel hasil CU untuk tanah campuran

### 4.3. ANALISA KUAT GESER

#### 4.3.1. Analisa Kekuatan Geser Menggunakan Konsep Kondisi Kritis (Critical State Concept)

##### 4.3.1.1. Analisa Regangan

Nilai strain atau regangan juga didapat setelah melakukan uji triaksial CU dan hasilnya adalah sebagai berikut.

Tabel 4.9 Nilai Regangan Untuk Setiap Campuran

Jenis Sampel	$\sigma_3$ (kPa)	q (kPa)	$\varepsilon$ (%)	$\varepsilon$ rata2
Tanah ekspansif tanpa campuran	100	95,70	8,32	6,70%
	200	125,73	6,93	
	300	159,10	4,85	
Tanah ekspansif dengan campuran Kapur dan pasir	100	50,51	6,95	6,06%
	200	101,45	6,61	
	300	122,77	6,26	

Dari data-data diatas terlihat bahwa semakin besar konsolidasi isotropis ( $\sigma_3$ ) yang diberikan maka semakin besar pula tegangan deviator yang terjadi, hal ini terjadi karena adanya faktor kemampuan kompresibilitas tanah dimana semakin besar suatu tegangan efektif yang membebani tanah hingga tanah mengalami pemampatan sampai kondisi tertentu dimana kondisi tanah yang makin mampat (volume tanah mengecil) menyebabkan kekuatan tanah menahan beban aksial semakin kuat. Bila keadaan fisik tanah makin mampat maka gaya-gaya antar partikel pada kerangka tanah yang terjadi pun maka akan semakin besar pula. Terlihat bila tekanan isotropik meningkat dan keadaan fisik tanah yang makin mampat maka akan menghasilkan regangan yang lebih kecil untuk sampai mencapai kondisi runtuh. Sedangkan dari grafik hubungan antara regangan vs pore water pressure change dapat dilihat bahwa semakin besar tekanan isotropik yang diberikan pada sampel tanah maka akan menghasilkan tekanan air pori positif yang besar pula. Hasil diatas hanya digunakan sebagai data awal dan tidak dapat dijadikan patokan karena hanya dilakukan sebanyak 1 seri. Oleh karena itu sebaiknya uji ini dilakukan lebih dari 1 seri.

#### 4.3..1.2. Analisa Kekuatan Geser Melalui Parameter $M$ , $c'$ dan $\phi'$

Parameter –parameter kekuatan geser ( $c'$  dan  $\phi'$ ) dapat diperoleh dari grafik  $q$  terhadap  $p$ . Grafik  $q$  terhadap  $p$  menghasilkan  $M$  dan  $q_0$  yang digunakan untuk memperoleh  $c'$  dan  $\phi'$ .  $M$  merupakan gradien dari kondisi kritis (Critical State Line) yang menggambarkan keadaan tanah dalam menahan regangan aksial. Sedangkan  $q_0$  menyatakan bahwa tanah tersebut pernah mengalami kompresi.

Tabel 4.10 Parameter  $M$ ,  $c'$  dan  $\phi'$  Tanah Ekspansif Cikarang

Parameter	Tanah Ekspansif	
	Tanpa Campuran	Dengan Campuran
$M$	0,344	0,3507
$q_0$	59,32	18,033
$\phi'$ (°)	9,36	9,54
$c'$ (kPa)	28,83	8,76

Nilai untuk kohesi dan sudut geser yang bisa kita lihat pada tabel 4.6 dapat dihitung menggunakan persamaan 2.23 dan 2.24. Dapat dicermati bahwa terdapat perbedaan yang cukup mencolok pada nilai kohesinya yaitu turun sekitar 20 kpa dari nilai awal kohesi tanah asli. Hal ini disebabkan oleh penambahan pasir 10% ke dalam tanah mengakibatkan partikel-partikel tanah melekat pada butiran pasir sehingga pori-pori tanah menjadi kecil karena pasir tidak memiliki daya lekat dan akhirnya nilai kohesi menjadi turun.

Kemudian dari sisi sudut geser terjadi kenaikan yang tidak terlalu signifikan yaitu  $0,18^\circ$  dari nilai sudut geser awal. Pencampuran pasir 10% dan kapur 15% adalah sebab kenaikan sudut geser ini. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan campuran adalah kadar kapur, jenis kapur, jenis tanah, pemadatan dan waktu curing. Faktor-faktor tersebut mempunyai hubungan satu dengan lainnya. Hasil diatas tidak dapat dijadikan acuan karena hanya dilakukan sebanyak 1 seri sehingga hanya dapat digunakan sebagai data awal saja.

#### 4.3..1.3. Analisa Kekuatan Geser Melalui Parameter $\lambda$ , $N$ , dan $\Gamma$

Parameter  $\lambda$ ,  $N$ , dan  $\Gamma$  untuk tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.11 Parameter  $\lambda$ ,  $N$ , dan  $\Gamma$  Tanah Ekspansif Cikarang

Parameter	Tanah Ekspansif	
	Tanpa Campuran	Dengan Campuran
$N$	2,375	2,335
$\lambda_{NCL}$	-0,123	-0,136
$\Gamma$	2,348	2,497
$\lambda_{CSL}$	-0,117	-0,161

Melalui dua buah garis yaitu garis konsolidasi normal (normally consolidated line / NCL) dan garis kondisi kritis (critical state line / CSL) dapat terlihat lintasan-lintasan tegangan pada tanah asli dan tanah pasir dan kapur. Tanah ekspansif ini setelah dilakukan pencampuran memiliki garis CSL yang berada disebelah kanan NCL hal ini menunjukkan bahwa tanah tersebut adalah tanah overconsolidated. Adanya perbaikan dari tanah asli dapat dilihat dari semakin besarnya gradien pada grafik  $q$  terhadap  $v$ . Semakin besar gradien pada grafik  $q$  terhadap  $v$  maka semakin kecil perubahan volumenya sehingga keadaan tanah tersebut sudah terkonsolidasi/ semakin padat sehingga tanah menjadi semakin stabil. Tanah yang overconsolidated mempunyai tegangan deviator yang lebih besar dibandingkan tanah normally consolidated, dan tanah overconsolidated mempunyai nilai regangan lebih kecil daripada tanah normally consolidated. Kemungkinan analisa diatas dapat berubah apabila dilakukan pengujian triaksial CU lebih dari satu kali. Oleh karena itu dibutuhkan lebih banyak data untuk mendukung hasil akhir yang lebih akurat.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisa data tanah asli dan tanah campuran dengan bahan stabilisasi pasir dan kapur yang diperoleh melalui uji triaksial CU dan uji unconfined sebagai data pembanding dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Tanah yang diambil dari Perumahan eucalyptuss lippo cikarang, Jawa Barat termasuk ke dalam tanah lanau anorganik plastisitas tinggi (MH) atau lempung organik Plastisitas tinggi (OH).
2. Sampel uji yang digunakan untuk uji triaksial CU dan uji unconfined adalah sampel tanah dengan campuran kapur 15% dan pasir 10% dengan kadar air optimum campuran yang dipakai adalah 24,6%. Pencampuran ini dikarenakan campuran kapur 15 % merupakan yang paling kecil indeks plastisitasnya, sehingga digunakan campuran dengan presentase seperti diatas.
3. Pada saat uji pemadatan dilakukan didapat hasil yang uniknya yaitu  $\gamma_{dry}$  maksimum naik dan kadar air optimum turun. Hal ini disebabkan karena penambahan pasir yang membuat partikel tanah menempel lebih dulu pada pasir sebelum bereaksi dengan kapur yang menyebabkan pori tanah menjadi lebih kecil dan membuat luas permukaan spesifik dari tanah berkurang mengakibatkan penyebaran air pada lapisan tanah berkurang.
4. Dari percobaan unconfined dapat diketahui bahwa masa pemeraman untuk sampel uji tanah yang sudah dicampur dengan kapur dan pasir berpengaruh terhadap kekuatan tanah itu sendiri yang dapat dilihat dari semakin besarnya nilai  $q_u$  maks seiring semakin lamanya masa pemeraman. Semakin lama masa pemeraman akan semakin baik kekuatannya namun ada variabel lain yang harus diperhatikan yaitu suhu, karena mempengaruhi kadar air sampel.

5. Pengaruh pencampuran pasir 10% dan kapur 15% meningkatkan sudut geser tanah asli walaupun tidak terlalu besar dari  $9,36^\circ$  menjadi  $9,54^\circ$  dengan kenaikan 0,18%. Nilai kohesi turun dari 28,83 menjadi 8,76 dan yang menjadi penyebabnya adalah karena pencampuran pasir yang membuat daya lekat partikel tanah berkurang.
6. Parameter M yang didapat pada tanah Cikarang ini lebih besar setelah adanya pencampuran bahan stabilisasi dari 0,344 menjadi 0,3507 yang artinya makin besar kekuatan tanahnya dalam menahan tegangan geser.
7. Nilai  $q_0$  terdapat pada grafik hubungan antara tegangan efektif dan tegangan deviator menyatakan bahwa tanah pernah mengalami kompresi yang lebih besar dari sebelumnya. Kemungkinan karena kondisi tanah pada daerah asal pernah mengalami pembebanan yang lebih besar.
8. Tegangan deviator yang dihasilkan oleh tanah ekspansif setelah pencampuran menurun. Begitu pula nilai regangan yang turun seiring dengan penambahan  $\sigma_3$  (kPa). Hal ini disebabkan karena kapur membuat sampel tanah menjadi lebih stiff(kaku) sedangkan pasir membuat tegangan deviator menurun karena kohesi yang bertambah membuat daya ikat antar partikel menjadi berkurang.
9. Adanya kemungkinan penggunaan triaksial CU menghambat proses stabilisasi dengan kapur karena proses saturasi yang membuat kadar air tanah pada sampel menjadi berlebih sehingga reaksi yang diinginkan kurang/tidak tercapai.
10. Volume spesifik tanah campuran lebih besar daripada tanah asli sedangkan gradiennya meningkat. Hal ini menunjukkan semakin besar gradien maka semakin kecil perubahan volumenya sehingga keadaan tanah tersebut sudah terkonsolidasi/ semakin padat sehingga tanah menjadi semakin stabil.
11. Letak garis NCL berada disebelah kiri garis CSL pada tanah campuran. Hal ini terjadi karena perubahan tekanan air pori yang relatif kecil.
12. Sebaiknya dilakukan pemeraman campuran dengan kapur yang lebih lama karena reaksi kapur yang lambat sehingga hasilnya diharapkan akan lebih maksimal.

13. Tidak dapat ditarik kesimpulan yang mendalam pada uji triaksial CU ini karena hanya dilakukan sebanyak satu seri. Sehingga data yang ditampilkan menjadi data awal untuk penelitian selanjutnya. Penelitian selanjutnya harus dilakukan dengan seri yang lebih banyak minimal 2 untuk satu variasi waktu.

## **5.2. SARAN**

1. Jumlah contoh tanah uji yang digunakan dalam penelitian sebaiknya diperbanyak dan diambil di lebih dari satu titik peninjauan sampel tetapi masih didaerah yang berdekatan. Lebih baik apabila tanah tersebut di dapat dari tanah kosong yang belum pernah dilakukan urugan ataupun timbunan.
2. Alat triaksial CU hendaknya dilakukan perawatan secara berkala dan dilakukan pemeriksaan ulang pada alat tersebut sebelum dipakai agar tidak terjadi kesalahan saat praktikum.
3. Penyimpanan kapur sebaiknya diperhatikan karena kapur akan bereaksi dengan udara sehingga membuat kapur menjadi keras sebelum dipakai.
4. Untuk uji dengan menggunakan sampel yang mengalami perlakuan sama hendaknya diperhatikan dengan teliti ukuran diameter sampel, tinggi sampel dan kadar airnya karena apabila berbeda terlalu jauh akan menghasilkan data yang kurang akurat.
5. Perlu dilakukan uji mineral untuk memeriksa reaksi kimia yang terjadi pada tanah setelah dicampur bahan stabilisasi.
6. Pengujian swelling hendaknya dilakukan untuk mengetahui nilai swelling potential setelah dicampur bahan stabilisasi agar diketahui pengaruh langsungnya.
7. Uji triaksial CU diperbanyak menggunakan variasi waktu dengan lebih dari satu seri sehingga didapatkan data yang lebih akurat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Styo Muntohar, "The Swelling of Expansive Subgrade At Wates-Purworejo Roadway, STA 8+127", *Civil Engineering Dimension* Vol 8 No.2,106-110,2006.
- Atkinson, John, *An Introduction to The Mechanics of Soils and Foundations Through Critical State Mechanics*, (London: McGraw-Hill, 1993).
- Benny Welly, Putu Dedy Utama , "Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Menggunakan Campuran Fly Ash dan Kapur" Skripsi, program S-1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, 2002
- Bimas Sri Warastomo,"Studi Pengaruh Penambahan Kapur dan Emulid Pada Stabilisasi Lempung Ekspansif Berdasarkan Uji CBR dan Triaksial Tak Terkonsidasi Tak Terdrainasi",Skripsi, Program S1 Teknik Sipil FTUI,2003.
- Bishop,A.W., Henkel,D.J., *The Measurement Of Soil Properties In The Triaxial Test*,(London: Edward Arnold,1982)
- Braja M. Das, *Advance Soil Mechanics Third Edition*,( London: Taylor & Francis Group,2008).
- Craig, R.F, *Mekanika Tanah Edisi Keempat*, terj Soepandji B.S. (Jakarta : Erlangga, 1987).  
Muni Budhu, *Soil Mechanics and Foundation*,(John Wiley and Sons, Inc, 1997).
- D. Damrizal, Widjojo A, D. Ghifari, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lunak Berdasarkan Uji Triaxial Terkonsolidasi Terbatas Tak Terdrainasi", Konferensi Nasional Teknik Sipil 3, 2009.
- Emilio M. Morales, Mark K. Morales, "Expansive Soils- Identification, Detection And Remediation Strategies". Diakses dari [www.pgatech.com.ph](http://www.pgatech.com.ph)
- Feizal Manaf, "Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur Pada Stabilitas Tanah Dasar Konstruksi Jalan,Thesis, Program Pascasarjana FMIPA-UI,1994.
- Fernandez,GJW, " Kajian Penanganan Kerusakan Jalan Nasional Di Pulau Timor Dengan Teknik Moisture Barrier", (Puslitbang Jalan dan Jembatan,Bandung, 2005).
- Hero Ismono, Steven Anggawijaya, "Stabilisasi Tanah Ekspansif Menggunakan limbah pupuk PT. Petrokimia" , Skripsi, program S-1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, 2003.

J. David Rogers, Robert Olshansky, and Robert B. Rogers, *“Damage to Foundations from Expansive Soils”*

Jeffrey P. Kerrane, Esq, *“What Are Expansive Soils”*, Benson & Associates PC, 2005.

Lambe, T.W. , Whitman R.V., *Soil Mechanics*, (John Wiley and Sons, Inc, 1997).

Nanang Anton Nur Azis, *“Pengaruh Serbuk Batu Kapur Terhadap Peningkatan Kapasitas Dukung Tanah Pada Tanah Berbutir Halus”*, Skripsi, Program S-1 Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, 2008.

Pedoman Konstruksi dan Bangunan, *“Penanganan Tanah Ekspansif Untuk Konstruksi jalan”*, Departemen Pekerjaan Umum, 2005.

Pedoman Konstruksi dan Bangunan, *“Perencanaan Stabilisasi Tanah Dengan Bahan Serbuk Pengikat Untuk Konstruksi Jalan”*, Departemen Pekerjaan Umum, 2005

Reddy, P.V.S. et al, *“Identification of Expansive Soils and Assesment of Expansion Potential by Fuzzy Approach”*, Vol. 14 [2009], Bund. L ,EJGE Sri Venkateswara University, Tirupati, India.

Shirley, *Panduan Praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah (Penyelidikan Lapangan Dan Laboratorium)*, (Bandung : Nova, 2009)

Robert Wibisono, Yanuar Hendarlim, *“Efektifitas Beberapa Metode Stabilisasi Tanah Ekspansif Daerah Surabaya Barat”* Skripsi, program S-1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, 2002.

Soepandji et al, *“Pengaruh Campuran Pasir Terhadap Tanah Liat (Clay) Yang Mengandung Kandungan Mineral Yang Berbeda”*, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 1995.

Soepandji et al, *“Studi Pemakaian Kapur Ditambah Natrium Silikat Untuk Stabilisasi Tanah Dasar”*, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 1995.

Sujadji Kamarwan, *Lime Soil Stabilization Untuk Konstruksi Jalan*, (Jakarta: Biro Teknik Perkerjaan Umum, 1968)

Thomas et al, *“An Expansive Soil Index for Predicting Shrink-Swell Potential”*, SOIL SCL SOC AM. J. , Vol 64, 2000.

Yana Sutisna, "Fly Ash Cement dan Pasir Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Untuk Suatu Konstruksi Bangunan", Thesis, Program Pascasarjana FMIPA-UI,1994.

Yanrivo,"Pengaruh Prapembebanan Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lempung Depok Berdasarkan Uji Triaksial CU", Skripsi, Program S1 Teknik Sipil FTUI,2002.





**LAMPIRAN 1**

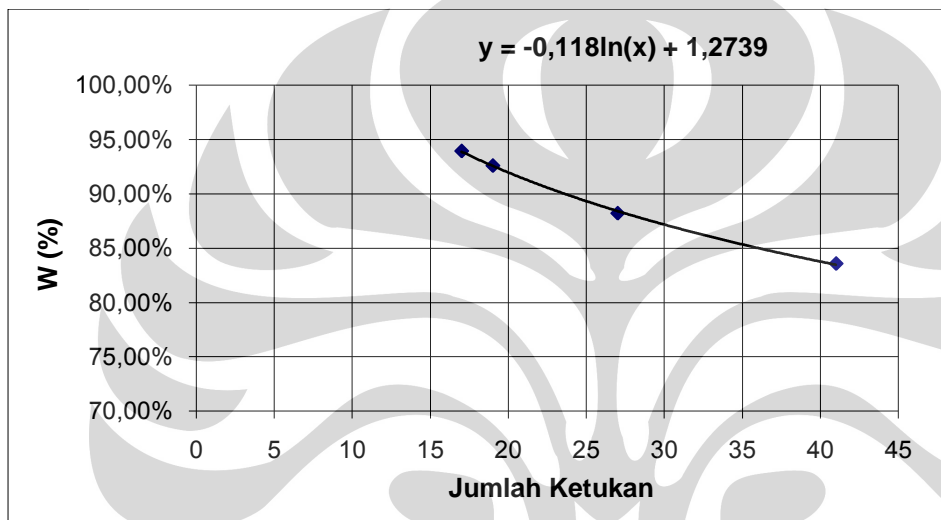
**HASIL PENGUJIAN**

***ATTERBERG LIMIT (ASTM D 423-424), UJI SPECIFIC GRAVITY  
(ASTM D 422-63), UJI SWELLING, DAN UJI ANALISA  
BUTIRAN (ASTM C-136-46).***

## 1. ATTERBERG LIMIT TANAH ASLI SERI I

### 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**

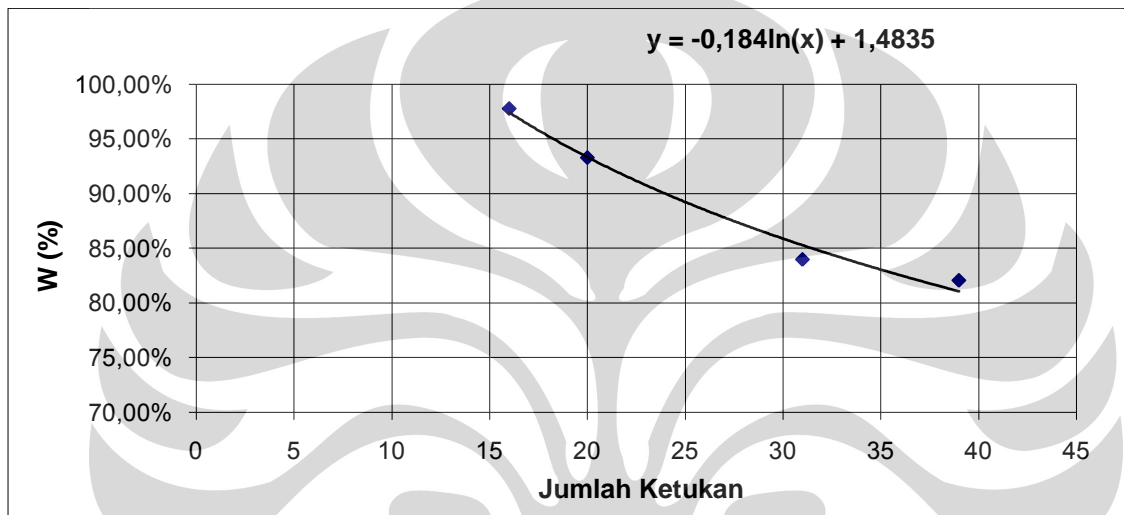
### PLASTIC LIMIT

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)	<b>45.12%</b>	

## 2. ATTERBERG LIMIT TANAH ASLI SERI II

### 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%

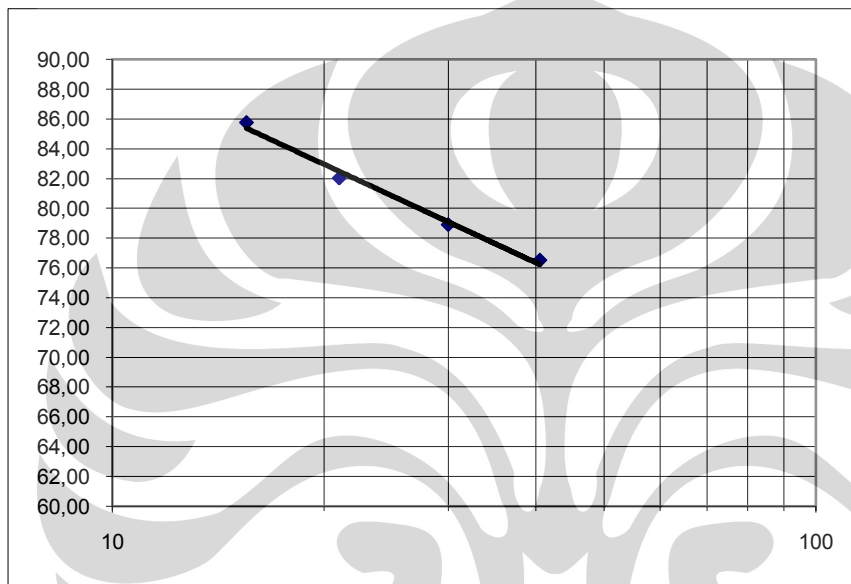
### PLASTIC LIMIT

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%	

### 3. ATTERBERG LIMIT TANAH +KAPUR 5%+PASIR 10%

#### LIQUID LIMIT DETERMINATION

Can No.	1	2	3	4
Weight of wet soil + can	47,46	49,37	53,37	47,43
Weight of dry soil + can	29,19	30,80	33,46	28,75
Weight of can	7,88	8,16	8,23	4,34
Weight of dry soil	21,31	22,64	25,24	24,42
Weight of moisture	18,28	18,57	19,91	18,68
Water content	85,76	82,02	78,90	76,51
No.of blows	15,5	21	30	40,5



#### PLASTIC LIMIT DETERMINATION

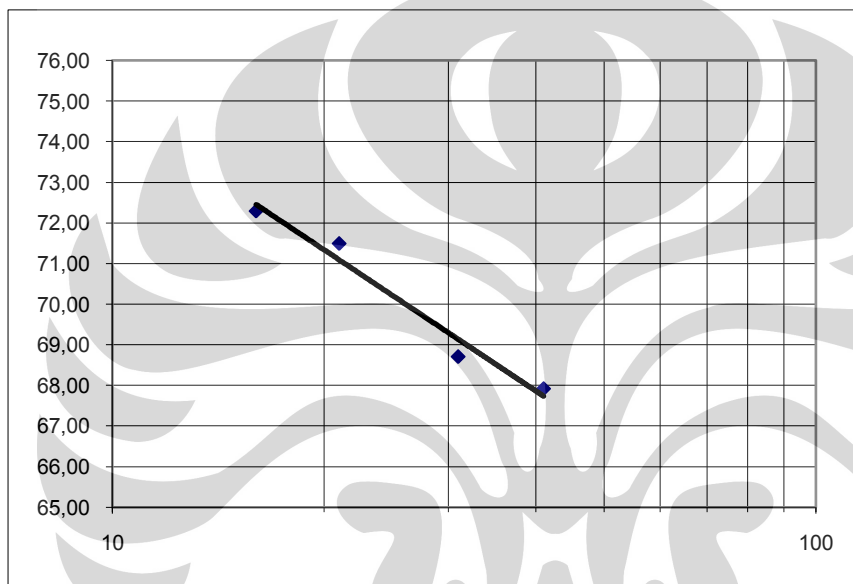
Can No.	1	2
Weight of wet soil + can	51,92	47,63
Weight of dry soil + can	37,00	38,24
Weight of can	12,34	11,18
Weight of dry soil	24,66	27,06
Weight of moisture	14,93	9,39
Water content	60,54	34,71
Sample	1,00	1,00

PL	47,62
PI	33,21

#### 4. ATTERBERG LIMIT TANAH +KAPUR 10%+PASIR 10%

##### LIQUID LIMIT DETERMINATION

Can No.	1	2	3	4
Weight of wet soil + can	41,20	42,08	41,46	41,79
Weight of dry soil + can	26,57	27,24	27,33	27,51
Weight of can	6,34	6,49	6,77	6,49
Weight of dry soil	20,23	20,75	20,57	21,03
Weight of moisture	14,63	14,84	14,13	14,28
Water content	72,29	71,49	68,71	67,92
No.of blows	16	21	31	41



##### PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can No.	1	2
Weight of wet soil + can	51,25	43,40
Weight of dry soil + can	35,96	35,93
Weight of can	12,82	12,73
Weight of dry soil	23,15	23,20
Weight of moisture	15,29	7,47
Water content	66,04	32,20
Sample	1,00	1,00

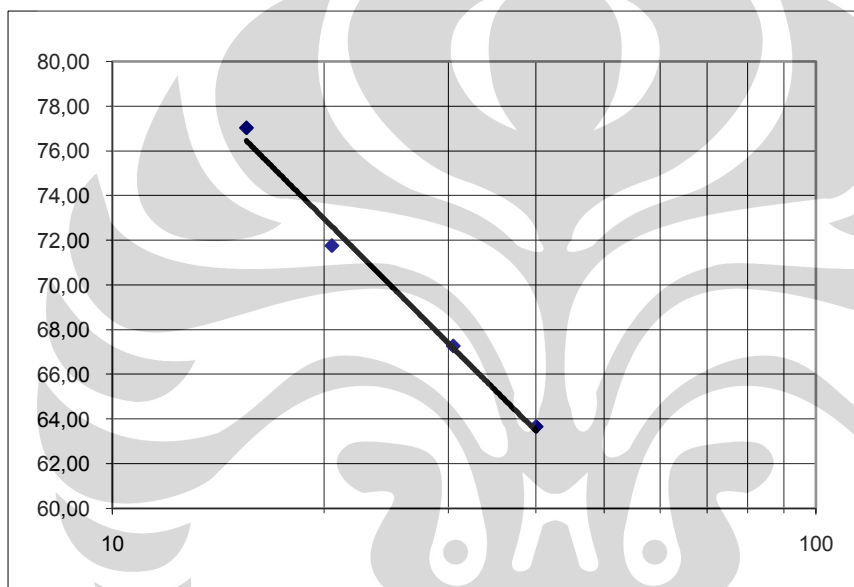
PL	49,12
PI	21,10



## 5. ATTERBERG LIMIT TANAH +KAPUR 15%+PASIR 10%

### LIQUID LIMIT DETERMINATION

Can No.	1	2	3	4
Weight of wet soil + can	45,81	47,54	47,11	46,93
Weight of dry soil + can	29,34	31,20	31,42	31,08
Weight of can	7,96	8,44	8,10	6,19
Weight of dry soil	21,38	22,77	23,32	24,90
Weight of moisture	16,47	16,34	15,69	15,85
Water content	77,03	71,75	67,26	63,65
No.of blows	15,5	20,5	30,5	40



### PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can No.	1	2
Weight of wet soil + can	46,58	45,06
Weight of dry soil + can	34,42	35,14
Weight of can	12,87	12,23
Weight of dry soil	21,55	22,91
Weight of moisture	12,17	9,92
Water content	56,46	43,30
Sample	1,00	1,00

PL	49,88
PI	20,02

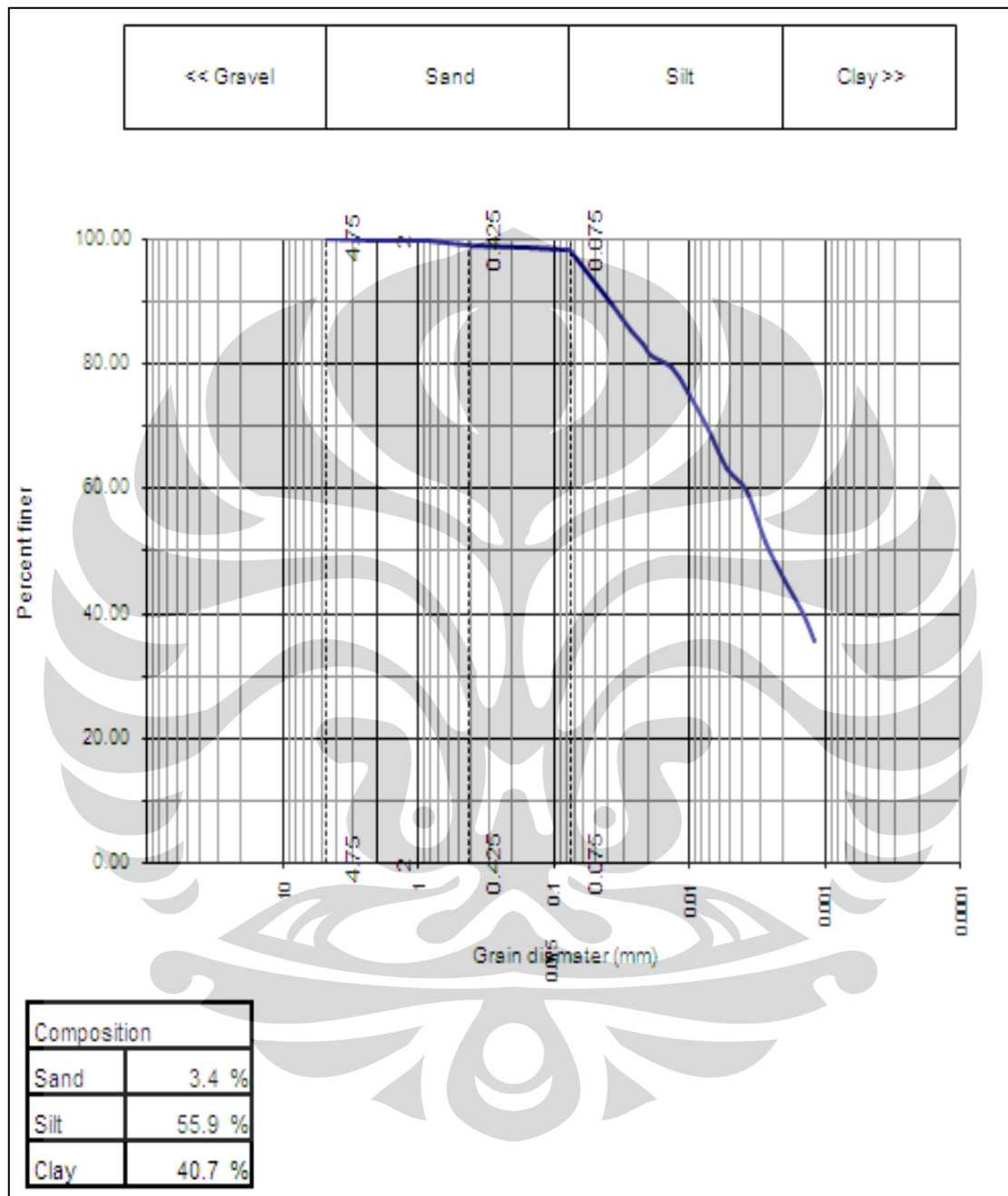
## SHIRNKAGE LIMIT TANAH ASLI SERI 2

No. coated dish		1	2
Berat tanah basah + coated dish	ww+c(gr)	61.3	69.01
Berat coated dish	wc(gr)	37.24	46
Berat tanah basah		24.06	23.01
Berat tanah kering + coated dish	wd+c(gr)	49.34	57.63
Berat tanah kering		12.1	11.63
Berat raksa + coated dish	wHg+c(gr)	262.62	261.26
Berat raksa	wHg(gr)	225.38	215.26
Volume tanah basah ( Vw )	wHg/13.53	16.66	15.91
Berat raksa + shrinkage dish	wHg+s(gr)	757.97	758.92
Berat raksa + shrinkage dish		672.85	679.08
(setelah sub-merging soil cake)	w'Hg+s(gr)		
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

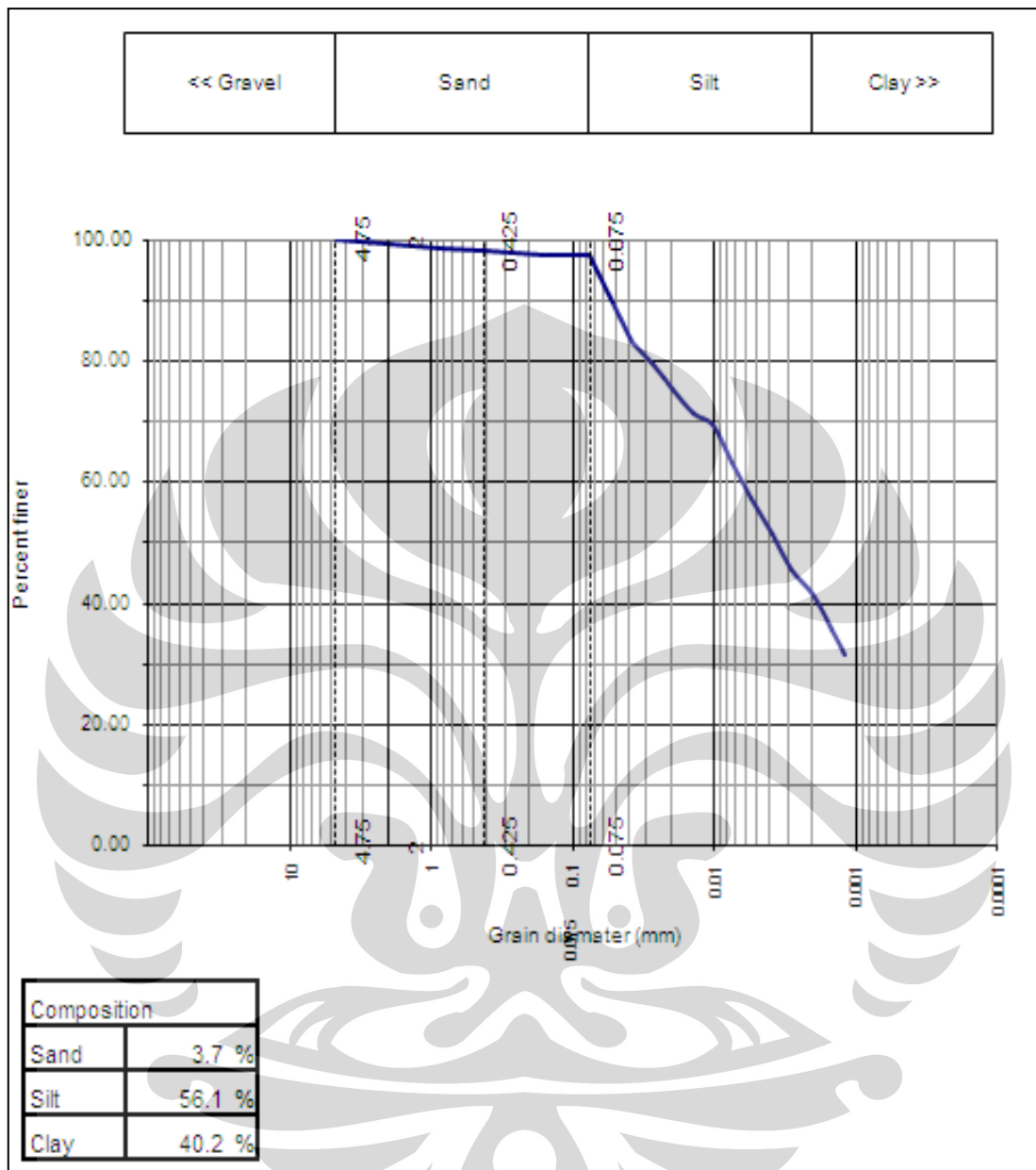
## SHIRNKAGE LIMIT TANAH ASLI SERI 2

No. coated dish		1	2
Berat tanah basah + coated dish	ww+c(gr)	40.51	45.56
Berat coated dish	wc(gr)	19.33	24.78
Berat tanah basah		21.18	20.78
Berat tanah kering + coated dish	wd+c(gr)	29.94	35.16
Berat tanah kering		10.61	10.38
Berat raksa + coated dish	wHg+c(gr)	217.39	217.56
Berat raksa	wHg(gr)	198.06	192.78
Volume tanah basah ( Vw )	wHg/13.53	14.64	14.25
Berat raksa + shrinkage dish	wHg+s(gr)	755.14	755.5
Berat raksa + shrinkage dish		681.07	682.82
(setelah sub-merging soil cake)	w'Hg+s(gr)		
Berat raksa yang dipindahkan	(wHg+s) – (w'Hg+s)	74.07	72.68
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

# GRAIN SIZE ANALYSIS SERI 1



# GRAIN SIZE ANALYSIS SERI 2



## SPECIFIC GRAVITY

Sample Number	TANAH+KAPUR+PASIR (PERAM 1 HARI)										
	TANAH ASLI		5%			10%			15%		
	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat Tanah (Ws)	100	100	100,02	100	100,01	100	100	100,01	100,02	100,01	100,01
Berat Pikhnometer + Air (Wbw)	654,57	656,39	667,29	667,29	656,42	669,58	669,58	664,22	664,22	664,22	669,58
Berat Pikhnometer + Air + Tanah (Wbws)	716,92	719,16	729,09	730,66	719,81	731,41	733,01	727,28	726,44	727,91	732,44
Berat Air (Ww)	37,65	37,23	38,22	36,63	36,62	38,17	36,57	36,95	37,8	36,32	37,15
Suhu (°C)	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Koefisien	0,9963	0,9963	0,9963	0,9963	0,9963	0,9963	0,9963	0,9963	0,9963	0,9963	0,9963
Specific Grafity (Gs)	2,65	2,68	2,61	2,72	2,72	2,61	2,72	2,70	2,64	2,74	2,68
<b>Average Specific Grafity</b>	=	2,66	2,68			2,68			2,69		

## SWELLING TEST 1

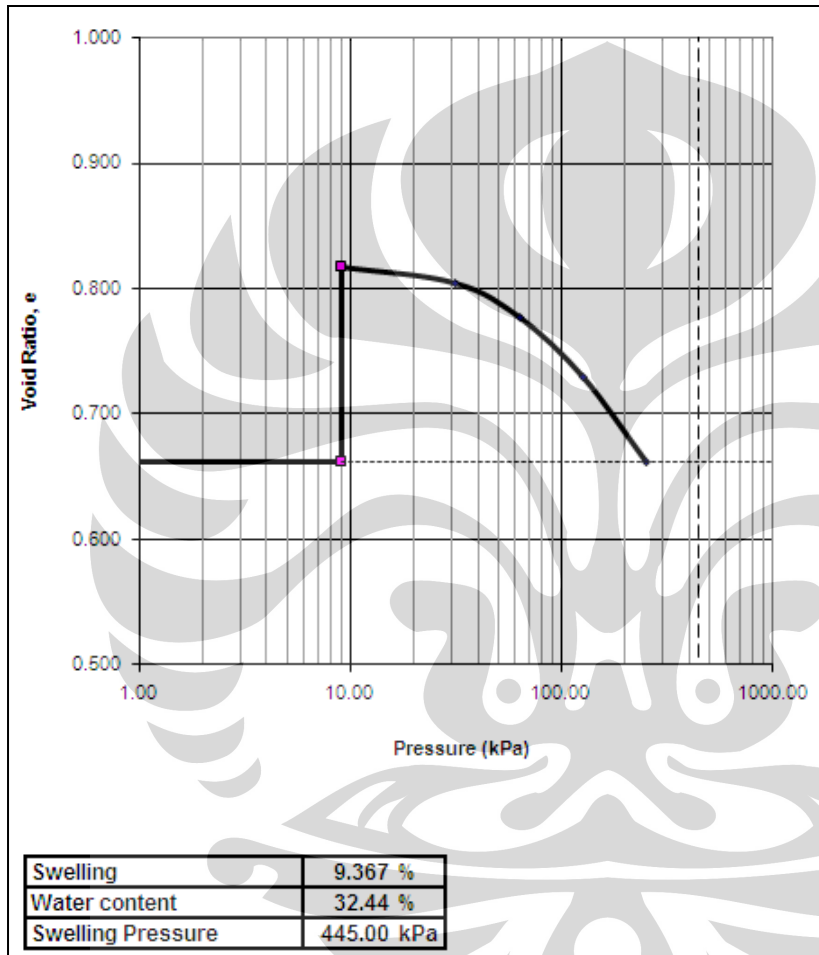
PROJECT NUMBER	
PROJECT	PENELITIAN
LOCATION	LAB MEKTAN FT UI
DESCRIPTION	
BORING NO.	
SAMPLE NO.	3
DEPTH OF SAMPLE TO	#VALUE!
WATER LEVEL	
DATE OF TESTING	7 MARET 2010
TESTED BY	DADEN

WET UNIT WEIGHT	( $\gamma_{wet}$ )	18,43	kN/m <sup>3</sup>
DRY UNIT WEIGHT	( $\gamma_{dry}$ )	13,92	kN/m <sup>3</sup>
WATER CONTENT	(W)	32,437	%
RING DIAMETER	(D)	6,34	
AREA	(A)	31,58	cm <sup>2</sup>
HEIGHT	(H)	1,99	cm
INITIAL HEIGHT OF SOIL	(H <sub>i</sub> )	1,99	cm
SPECIFIC GRAVITY OF SOIL	(G <sub>s</sub> )	2,66	

Wt. of CAN + WET SOIL	171,74	gram
Wt. of CAN + DRY SOIL	143,38	gram
Wt. of CAN	55,95	gram
Wt. of WATER	28,36	gram
Wt. of DRY SOIL	87,43	gram
INITIAL WATER CONTENT	32,44	%

WEIGHT OF RING + SPECIMENT AT BEGINNING		171,74	gr
WEIGHT OF RING		55,95	gr
WEIGHT OF WET SOIL	(W <sub>t</sub> )	115,79	gr
COMPUTED DRY WEIGHT	(W' <sub>s</sub> )		
OVEN DRY WEIGHT	(W <sub>s</sub> )	87,43	gr
COMPUTED HEIGHT SOLID	(H <sub>0</sub> )	1,04	cm
INITIAL HEIGHT VOID	(H <sub>v</sub> )	0,95	
INITIAL DEG. SATURATION	(S <sub>i</sub> )	0,95	
INITIAL VOID RATIO	(e <sub>0</sub> )	0,91	

Stress kPa	Dial reading [10e-3 mm]	$\Delta H$ [mm]	$\Delta e =$ $\Delta H/H_0$	e
0,00	3356	0	0,000	0,661
9,18	1492	-1,864	-0,156	0,817
31,66	1636	0,144	0,012	0,805
63,33	1976	0,34	0,028	0,776
126,65	2533	0,557	0,046	0,730
253,31	3346	0,813	0,068	0,662



## SWELLING TEST 2

PROJECT NUMBER

PROJECT

LOCATION

DESCRIPTION

BORING NO.

SAMPLE NO.

DEPTH OF SAMPLE

TO

WATER LEVEL

DATE OF TESTING

TESTED BY

	PENELITIAN
	LAB MEKTAN FT UI
	4
	#VALUE!
	7 MARET 2010
	DADEN

WET UNIT WEIGHT

( $\gamma_{wet}$ )

18,78 kN/m<sup>3</sup>

DRY UNIT WEIGHT

( $\gamma_{dry}$ )

14,13 kN/m<sup>3</sup>

WATER CONTENT

(W)

32,91 %

RING DIAMETER

(D)

6,36

AREA

(A)

31,78 cm<sup>2</sup>

HEIGHT

(H)

1,94 cm

INITIAL HEIGHT OF SOIL

(H<sub>i</sub>)

1,94 cm

SPECIFIC GRAVITY OF SOIL

(G<sub>s</sub>)

2,66

Wt. of CAN + WET SOIL

170,32 gram

Wt. of CAN + DRY SOIL

141,65 gram

Wt. of CAN

54,54 gram

Wt. of WATER

28,67 gram

Wt. of DRY SOIL

87,11 gram

INITIAL WATER CONTENT

32,91 %

WEIGHT OF RING

+ SPECIMENT AT BEGINNING

170,32 gr

WEIGHT OF RING

54,54 gr

WEIGHT OF WET SOIL

(W<sub>t</sub>)

115,78 gr

COMPUTED DRY WEIGHT

(W'<sub>s</sub>)

OVEN DRY WEIGHT

(W<sub>s</sub>)

87,11 gr

COMPUTED HEIGHT SOLID

(H<sub>0</sub>)

1,03 cm

INITIAL HEIGHT VOID

(H<sub>v</sub>)

0,91

INITIAL DEG. SATURATION

(S<sub>i</sub>)

0,99

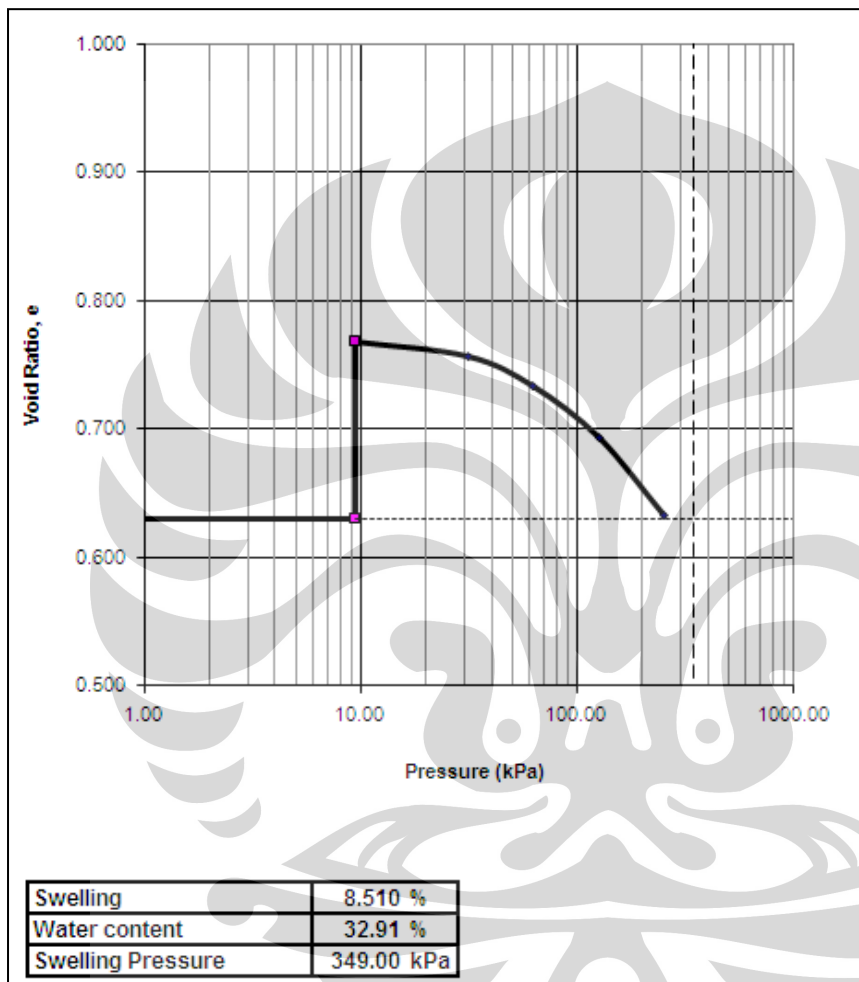
INITIAL VOID RATIO

(e<sub>0</sub>)

0,88



Load [kg]	Stress kPa	Dial reading [10e-3 mm]	$\Delta H$ [mm]	$\Delta e = \Delta H/H_0$	e
0	0,00	3338	0	0,000	0,630
0,3015	9,49	1687	-1,651	-0,139	0,768
1	31,46	1818	0,131	0,011	0,757
2	62,93	2100	0,282	0,024	0,734
4	125,86	2574	0,474	0,040	0,694
8	251,72	3294	0,72	0,060	0,633



## HYDROMETER 1

Gs 2,66  
 a 1  
 Berat Tanah, Ws 50 gram  
 Koreksi nol 2  
 Koreksi miniskus 1,5

t (menit ke-)	Temperatur (°C)	C <sub>T</sub>	Actual Hyd. Reading (R <sub>a</sub> )	Corr. Hyd. Reading (R <sub>c</sub> )	% Finer	Hyd. Corr. Only for Reading (R <sub>h</sub> )	L	L/t	K	D (mm)
1	2,85	2,8	41	41,8	83,6 %	42,5	9,3	9,33	0,0124	0,0379
2	2,85	2,8	39	39,8	79,6 %	40,5	9,7	4,83	0,0124	0,0272
3	2,85	2,8	38	38,8	77,6 %	39,5	9,8	3,27	0,0124	0,0224
4	2,85	2,8	37	37,8	75,6 %	38,5	10,0	2,50	0,0124	0,0196
8	2,85	2,8	35	35,8	71,6 %	36,5	10,3	1,29	0,0124	0,0141
15	2,85	2,8	34	34,8	69,6 %	35,5	10,5	0,70	0,0124	0,0104
30	2,85	2,8	31	31,8	63,6 %	32,5	11,0	0,37	0,0124	0,0075
60	2,85	2,8	28	28,8	57,6 %	29,5	11,5	0,19	0,0124	0,0054
120	2,85	2,8	25	25,8	51,6 %	26,5	12,0	0,10	0,0124	0,0039
240	2,85	2,8	22	22,8	45,6 %	23,5	12,4	0,05	0,0124	0,0028
480	2,85	2,8							0,0124	
960	2,85	2,8							0,0124	
1440	2,85	2,8	15	15,8	31,6 %	16,5	13,6	0,01	0,0124	0,0012

## HYDROMETER 2

t (menit ke-)	Temperatur (°C)	C <sub>T</sub>	Actual Hyd. Reading (R <sub>a</sub> )	Corr. Hyd. Reading (R <sub>c</sub> )	% Finer	Hyd. Corr. Only for Reading (R <sub>n</sub> )	L	L/t	K	D (mm)
1	2,85	2,8	44	44,8	89,6 %	45,5	8,8	8,83	0,0124	0,0369
2	2,85	2,8	42	42,8	85,6 %	43,5	9,2	4,58	0,0124	0,0265
3	2,85	2,8	41	41,8	83,6 %	42,5	9,3	3,11	0,0124	0,0219
4	2,85	2,8	40	40,8	81,6 %	41,5	9,5	2,37	0,0124	0,0191
8	2,85	2,8	39	39,8	79,6 %	40,5	9,7	1,21	0,0124	0,0136
15	2,85	2,8	37	37,8	75,6 %	38,5	10,0	0,67	0,0124	0,0101
30	2,85	2,8	34	34,8	69,6 %	35,5	10,5	0,35	0,0124	0,0073
60	2,85	2,8	31	31,8	63,6 %	32,5	11,0	0,18	0,0124	0,0053
120	2,85	2,8	29	29,8	59,6 %	30,5	11,3	0,09	0,0124	0,0038
240	2,85	2,8	25	25,8	51,6 %	26,5	12,0	0,05	0,0124	0,0028
480	2,85	2,8							0,0124	
960	2,85	2,8							0,0124	
1440	2,85	2,8	17	17,8	35,6 %	18,5	13,3	0,01	0,0124	0,0012



**LAMPIRAN 2**

**HASIL PENGUJIAN**

***COMPACTION TEST***

## STANDARD COMPACTION TEST TANAH ASLI

**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 (cm<sup>3</sup>)** : 2149.17  
**Date Test** : 14/1/2010

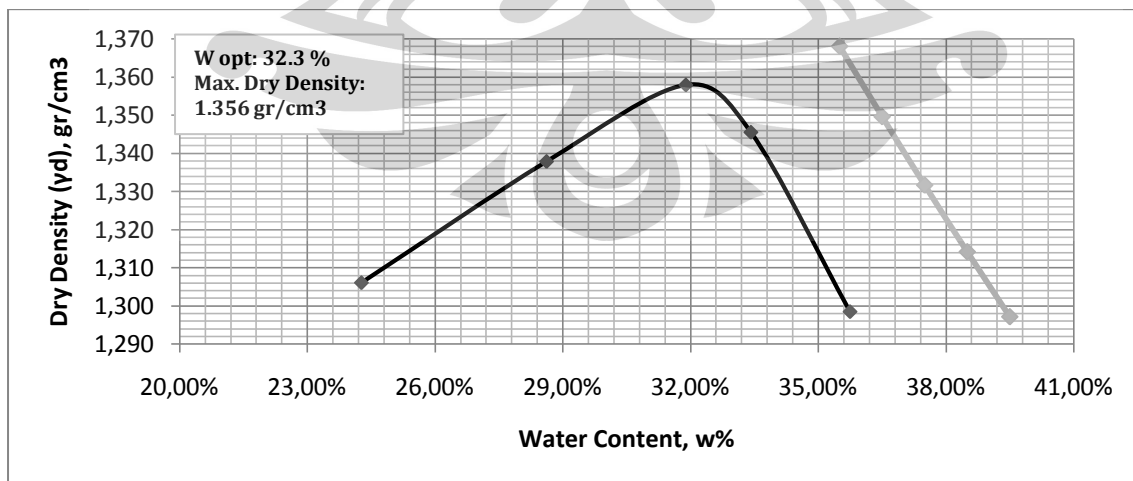
### Water Content Determination

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%	<b>24.263%</b>	<b>28.612%</b>	<b>31.884%</b>	<b>33.412%</b>	<b>35.741%</b>

### 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 <sup>3</sup>	1.623	1.721	1.791	1.795	1.763
Dry density, gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.306</b>	<b>1.338</b>	<b>1.358</b>	<b>1.346</b>	<b>1.298</b>

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 TANAH +PASIR

**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)** : 10,15      **H (cm)** : 11,78      **Volume (cm<sup>3</sup>)**: 952,68  
**Date Test** : 14/1/2010

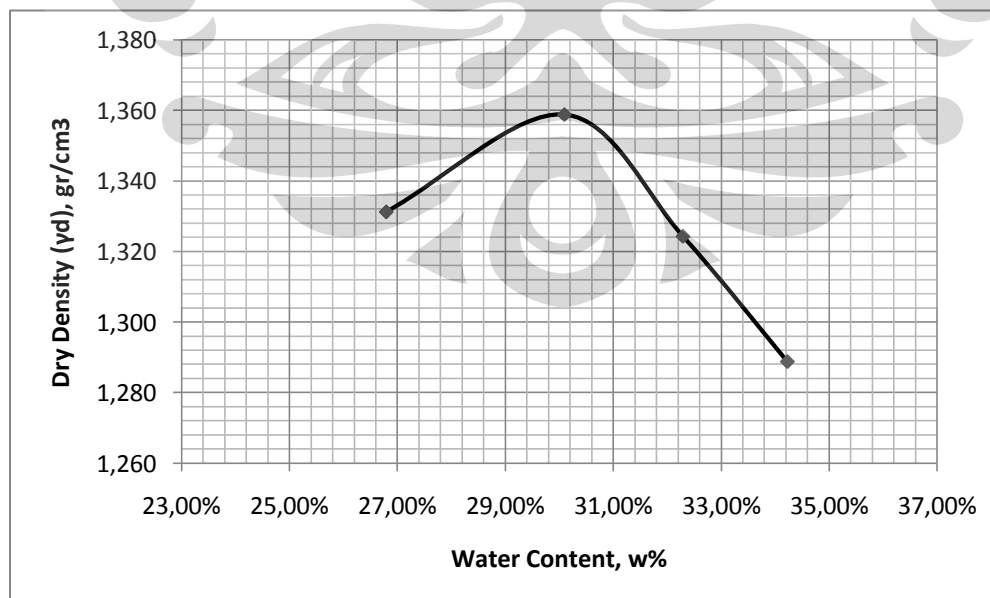
### Water Content Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	26%	29%	32%	35%	38%
Wt of can + wet soil	443,72	440,75	430,66	405,02	351,15
Wt of can + dry soil	354,08	343,38	330,08	307,08	261,58
Wt of water	89,64	97,37	100,58	97,94	89,57
Wt of can	19,45	19,77	18,55	20,88	18,9
Wt of dry soil	334,63	323,61	311,53	286,2	242,68
Water content, w%	<b>26,788%</b>	<b>30,089%</b>	<b>32,286%</b>	<b>34,221%</b>	

### Density Determination

Sample No.	1	2	3	4	5
Assumed water content	26%	29%	32%	35%	38%
Water Content	26,79%	30,09%	32,29%	34,22%	0,00%
Wt of Soil + Mold	3332	3408	3393	3372	3326
Wt of Mold	1724	1724	1724	1724	1724
Wt of Soil in Mold	1608	1684	1669	1648	1602
Wet density, gr/cm <sup>3</sup>	1,688	1,768	1,752	1,730	1,682
Dry density, gr/cm <sup>3</sup>	<b>1,331</b>	<b>1,359</b>	<b>1,324</b>	<b>1,289</b>	

ZAV LINE                      1,368                      1,350                      1,332                      1,314                      1,297  
 Kadar Air                      35,50%                      36,50%                      37,50%                      38,50%                      39,50%



**Opt. water content :**                      **30,50%**  
**Dry Density :**                              **1,359 gr/cm<sup>3</sup>**

PROJECT	TANAH MERAH + PASIR 10 % + KAPUR 5 %
LOCATION	
SAMPLE	
DATE OF TESTING	26/05/10
TESTED BY	PRIMA

MOLD DIAMETER	10,160	cm
HEIGHT	11,610	cm
VOLUME	940,78	cm <sup>3</sup>
BLOW/LAYER	25	
LAYER	3	
SPEC. GRAVITY (Gs)	2,6827	

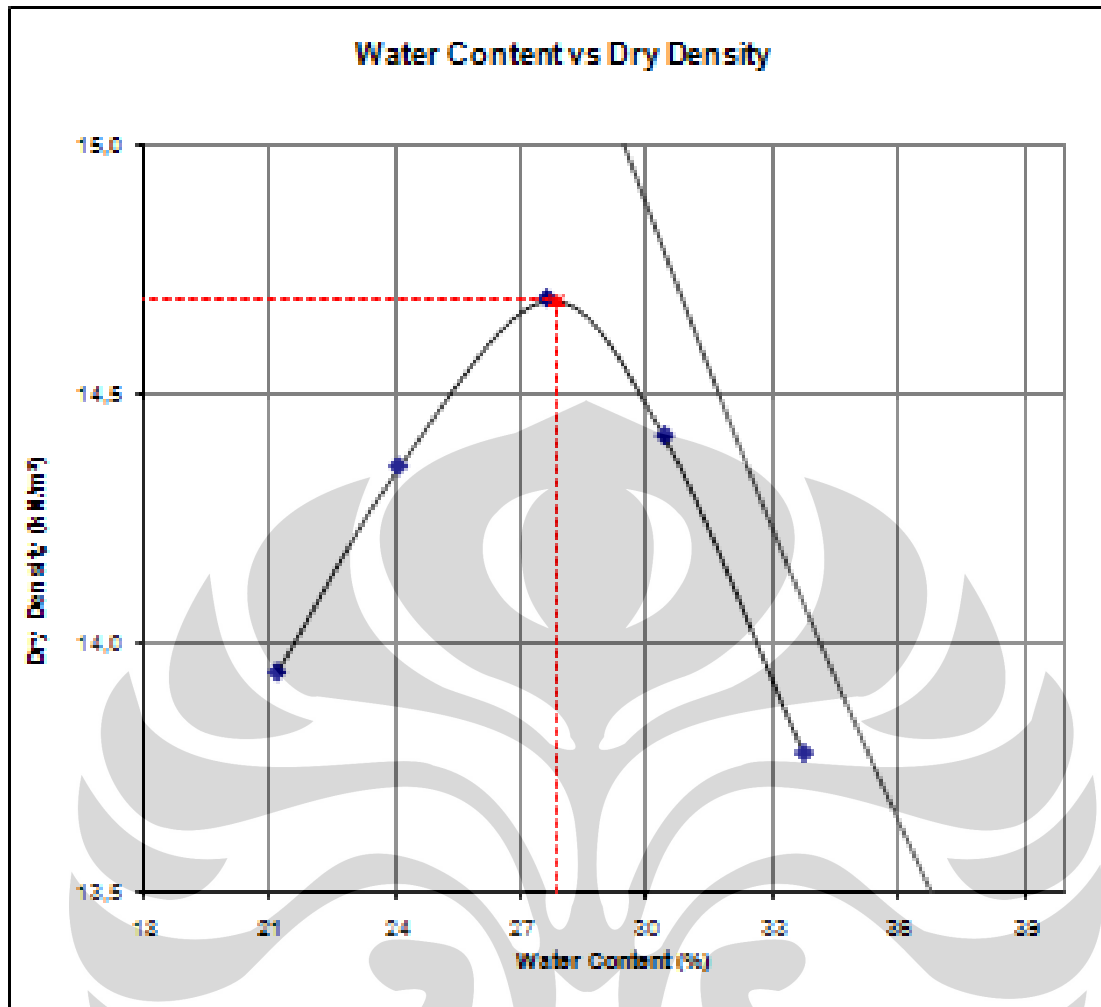
COMPACTION TYPE

Standard

MOLD VOLUME	940,78	cm <sup>3</sup>
Gs	2,6827	

	1	2	3	4	5
WATER CONTENT (%)	21,2	24,09	27,62	30,42	33,73
Wt. of SOIL + MOLD (gram)	2986	3072	3160	3165	3130
Wt. of MOLD (gram)	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. of SOIL in MOLD (gram)	1590	1676	1764	1769	1734
WET DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> )	1,690	1,781	1,875	1,880	1,843
DRY DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> )	1,394	1,436	1,469	1,442	1,378
(kN/m <sup>3</sup> )	13,945	14,356	14,692	14,418	13,783

ZAV	27,850	33,388	38,925	44,463	50,000
(kN/m <sup>3</sup> )	15,355	14,152	13,123	12,234	11,458



MAXIMUM DRY DENSITY ( $\gamma_{dry,max}$ )	14,69 kN/m <sup>3</sup>
OPTIMUM WATER CONTENT ( $w_{opt}$ )	27,85 %
SPECIFIC GRAVITY ( $G_s$ )	2,6827



PROJECT	TANAH MERAH + PASIR 10 % + KAPUR 10 %
LOCATION	
SAMPLE	
DATE OF TESTING	26/05/10
TESTED BY	PRIMA

MOLD DIAMETER	10,160	cm
HEIGHT	11,610	cm
VOLUME	940,78	cm <sup>3</sup>
BLOW/LAYER	25	
LAYER	3	
SPEC. GRAVITY (Gs)	2,677	

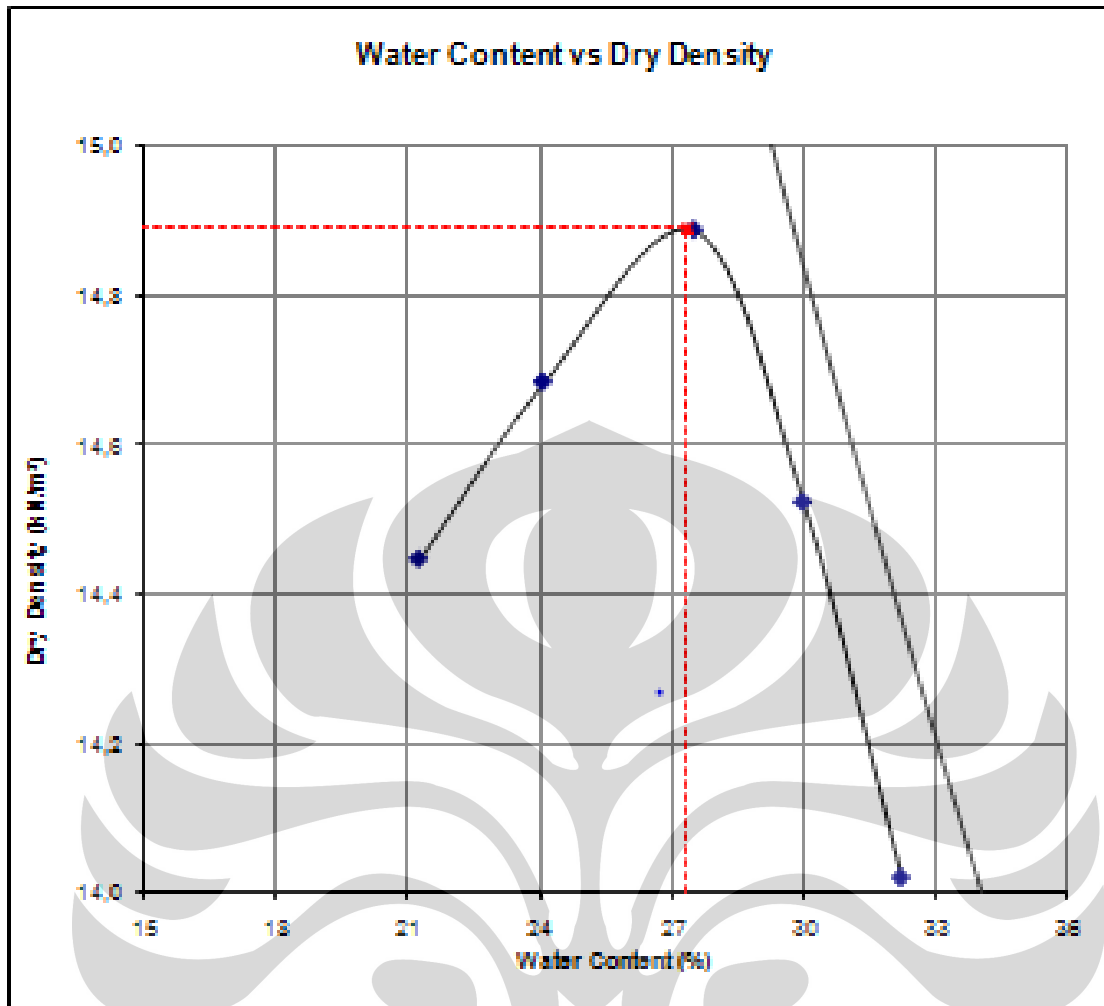
**COMPACTION TYPE**

Standard

MOLD VOLUME	940,78	cm <sup>3</sup>
Gs	2,677	

	1	2	3	4	5
WATER CONTENT (%)	21,26	24,08	27,52	29,99	32,23
Wt. of SOIL + MOLD (gram)	3044	3110	3182	3172	3140
Wt. of MOLD (gram)	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. of SOIL in MOLD (gram)	1648	1714	1786	1776	1744
WET DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> )	1,752	1,822	1,898	1,888	1,854
DRY DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> )	1,445	1,468	1,489	1,452	1,402
(kN/m <sup>3</sup> )	14,446	14,683	14,887	14,523	14,019

ZAV	27,350	29,513	31,675	33,838	36,000
(kN/m <sup>3</sup> )	15,455	14,955	14,486	14,046	13,632



MAXIMUM DRY DENSITY ( $\gamma_{dry,max}$ )	14,89 kN/m <sup>3</sup>
OPTIMUM WATER CONTENT ( $w_{opt}$ )	27,35 %
SPECIFIC GRAVITY ( $G_s$ )	2,677

PROJECT	TANAH MERAH + PASIR 10 % + KAPUR 15 %
LOCATION	
SAMPLE	
DATE OF TESTING	26/05/10
TESTED BY	PRIMA

MOLD DIAMETER	10,160	cm
HEIGHT	11,610	cm
VOLUME	940,78	cm <sup>3</sup>
BLOW/LAYER	25	
LAYER	3	
SPEC. GRAVITY (Gs)	2,6872	

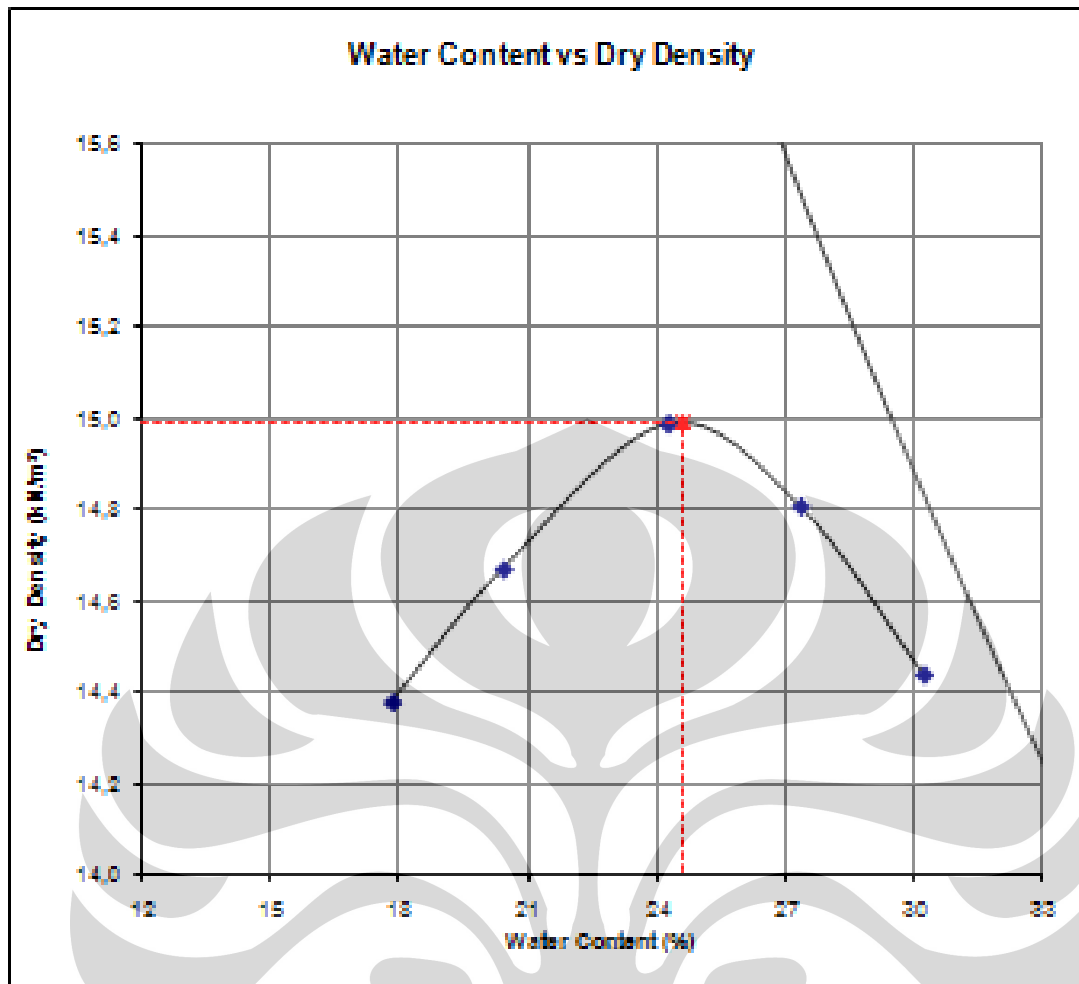
COMPACTION TYPE

Standard

MOLD VOLUME	940,78	cm <sup>3</sup>
Gs	2,6872	

	1	2	3	4	5
WATER CONTENT (%)	17,84	20,43	24,26	27,35	30,23
Wt. of SOIL + MOLD (gram)	2990	3058	3148	3170	3165
Wt. of MOLD (gram)	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. of SOIL in MOLD (gram)	1594	1662	1752	1774	1769
WET DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> )	1,694	1,767	1,862	1,886	1,880
DRY DENSITY (gr/cm <sup>3</sup> )	1,438	1,467	1,499	1,481	1,444
(kN/m <sup>3</sup> )	14,378	14,669	14,987	14,807	14,439

ZAV	24,600	27,450	30,300	33,150	36,000
(kN/m <sup>3</sup> )	16,178	15,465	14,812	14,212	13,659



MAXIMUM DRY DENSITY ( $\gamma_{dry,max}$ )	14,99 kN/m <sup>3</sup>
OPTIMUM WATER CONTENT ( $w_{opt}$ )	24,6 %
SPECIFIC GRAVITY ( $G_s$ )	2,6872

The background of the page features a large, light gray watermark of the University of Indonesia logo. The logo is a stylized, symmetrical emblem with a central shield-like shape, topped by a crescent moon and a star, and surrounded by intricate, flowing patterns that resemble a traditional Indonesian motif.

**LAMPIRAN 3**

**HASIL PENGUJIAN**

***UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH TEST***

**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 0 HARI**

Tinggi : 7,21 cm      Luas : 10,30 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,62 cm      Vol : 74,24 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 135,68 gr      Brt Kering: 109,16 gr  
 $\gamma$  wet : 1,83 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,47 gr/cm<sup>3</sup>

Kadar Air: 24,29%

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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	21	0,35%	0,9965	10,332	3,906	0,378
0,05	45	0,69%	0,9931	10,368	8,37	0,807
0,075	77	1,04%	0,9896	10,405	14,322	1,377
0,1	104	1,39%	0,9861	10,441	19,344	1,853
0,125	126	1,73%	0,9827	10,478	23,436	2,237
0,15	143	2,08%	0,9792	10,515	26,598	2,530
0,175	156	2,43%	0,9757	10,552	29,016	2,750
0,2	167	2,77%	0,9723	10,590	31,062	2,933
0,225	175	3,12%	0,9688	10,628	32,55	3,063
0,25	181	3,47%	0,9653	10,666	33,666	3,156
0,275	185	3,81%	0,9619	10,705	34,41	3,215
0,3	189	4,16%	0,9584	10,743	35,154	3,272
0,325	192	4,51%	0,9549	10,782	35,712	3,312
0,35	193,5	4,85%	0,9515	10,822	35,991	3,326
0,375	193,5	5,20%	0,9480	10,861	35,991	3,314
0,4	193,7	5,55%	0,9445	10,901	36,0282	3,305
0,425	193,8	5,89%	0,9411	10,941	36,0468	3,295
0,45	193,5	6,24%	0,9376	10,982	35,991	3,277
0,475	192	6,59%	0,9341	11,022	35,712	3,240
0,5	190	6,93%	0,9307	11,064	35,34	3,194
					qu max	3,326

**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 0 HARI**

Tinggi : 7,22 cm      Luas : 10,53 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,66 cm      Vol : 75,99 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 137,34 gr      Brt Kering: 110,75 gr  
 $\gamma$  wet : 1,81 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,46 gr/cm<sup>3</sup>

Kadar Air: 24,01%

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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	40	0,35%	0,9965	10,332	7,44	0,720
0,05	74	0,69%	0,9931	10,368	13,764	1,328
0,075	100	1,04%	0,9896	10,405	18,6	1,788
0,1	125	1,39%	0,9861	10,441	23,25	2,227
0,125	143	1,73%	0,9827	10,478	26,598	2,538
0,15	158	2,08%	0,9792	10,515	29,388	2,795
0,175	171	2,43%	0,9757	10,552	31,806	3,014
0,2	173	2,77%	0,9723	10,590	32,178	3,039
0,225	184	3,12%	0,9688	10,628	34,224	3,220
0,25	187	3,47%	0,9653	10,666	34,782	3,261
0,275	191	3,81%	0,9619	10,705	35,526	3,319
0,3	193	4,16%	0,9584	10,743	35,898	3,341
0,325	195	4,51%	0,9549	10,782	36,27	3,364
0,35	195,5	4,85%	0,9515	10,822	36,363	3,360
0,375	195,5	5,20%	0,9480	10,861	36,363	3,348
0,4	195	5,55%	0,9445	10,901	36,27	3,327
0,425	192	5,89%	0,9411	10,941	35,712	3,264
0,45	189	6,24%	0,9376	10,982	35,154	3,201
0,475	186	6,59%	0,9341	11,022	34,596	3,139
0,5	184	6,93%	0,9307	11,064	34,224	3,093
					qu max	3,364

**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 0 HARI**

Tinggi : 7,26 cm      Luas : 10,47 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,65 cm      Vol : 76,00 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 139,43 gr      Brt Kering: 111,91 gr  
 $\gamma$  wet : 1,83 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,47 gr/cm<sup>3</sup>

Kadar Air: 24,59%

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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	25	0,35%	0,9965	10,332	4,65	0,450
0,05	60	0,69%	0,9931	10,368	11,16	1,076
0,075	87	1,04%	0,9896	10,405	16,182	1,555
0,1	110	1,39%	0,9861	10,441	20,46	1,960
0,125	130	1,73%	0,9827	10,478	24,18	2,308
0,15	145	2,08%	0,9792	10,515	26,97	2,565
0,175	158	2,43%	0,9757	10,552	29,388	2,785
0,2	167	2,77%	0,9723	10,590	31,062	2,933
0,225	176	3,12%	0,9688	10,628	32,736	3,080
0,25	183	3,47%	0,9653	10,666	34,038	3,191
0,275	187	3,81%	0,9619	10,705	34,782	3,249
0,3	192	4,16%	0,9584	10,743	35,712	3,324
0,325	195,3	4,51%	0,9549	10,782	36,3258	3,369
0,35	198	4,85%	0,9515	10,822	36,828	3,403
0,375	200	5,20%	0,9480	10,861	37,2	3,425
0,4	201,5	5,55%	0,9445	10,901	37,479	3,438
0,425	202,5	5,89%	0,9411	10,941	37,665	3,442
0,45	202,7	6,24%	0,9376	10,982	37,7022	3,433
0,475	202	6,59%	0,9341	11,022	37,572	3,409
0,5	201	6,93%	0,9307	11,064	37,386	3,379
					qu max	3,442



**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 4 HARI**

Tinggi : 7,21 cm      Luas : 10,30 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,62 cm      Vol : 74,24 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 138,39 gr      Brt Kering: 114,06 gr  
 $\gamma$  wet : 1,86 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,54 gr/cm<sup>3</sup>  
 Kadar Air: 21,33%  
 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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	45	0,35%	0,9965	10,332	8,37	0,810
0,05	110	0,69%	0,9931	10,368	20,46	1,973
0,075	150	1,04%	0,9896	10,405	27,9	2,682
0,1	180	1,39%	0,9861	10,441	33,48	3,207
0,125	196	1,73%	0,9827	10,478	36,456	3,479
0,15	203	2,08%	0,9792	10,515	37,758	3,591
0,175	209	2,43%	0,9757	10,552	38,874	3,684
0,2	211	2,77%	0,9723	10,590	39,246	3,706
0,225	211	3,12%	0,9688	10,628	39,246	3,693
0,25	211	3,47%	0,9653	10,666	39,246	3,679
0,275	208	3,81%	0,9619	10,705	38,688	3,614
0,3	201	4,16%	0,9584	10,743	37,386	3,480
0,325	197	4,51%	0,9549	10,782	36,642	3,398
0,35	192	4,85%	0,9515	10,822	35,712	3,300
0,375	189	5,20%	0,9480	10,861	35,154	3,237
0,4	186	5,55%	0,9445	10,901	34,596	3,174
0,425	184	5,89%	0,9411	10,941	34,224	3,128
0,45	180	6,24%	0,9376	10,982	33,48	3,049
0,475	177	6,59%	0,9341	11,022	32,922	2,987
0,5	173	6,93%	0,9307	11,064	32,178	2,908
					qu max	3,706

**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 4 HARI**

Tinggi : 7,22 cm      Luas : 10,53 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,66 cm      Vol : 75,99 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 139,01 gr      Brt Kering: 114,52 gr  
 $\gamma$  wet : 1,83 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,51 gr/cm<sup>3</sup>  
 Kadar Air: 21,38%  
 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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	24	0,35%	0,9965	10,332	4,464	0,432
0,05	55	0,69%	0,9931	10,368	10,23	0,987
0,075	95	1,04%	0,9896	10,405	17,67	1,698
0,1	132	1,39%	0,9861	10,441	24,552	2,351
0,125	161	1,73%	0,9827	10,478	29,946	2,858
0,15	179	2,08%	0,9792	10,515	33,294	3,166
0,175	192	2,43%	0,9757	10,552	35,712	3,384
0,2	201	2,77%	0,9723	10,590	37,386	3,530
0,225	207	3,12%	0,9688	10,628	38,502	3,623
0,25	213	3,47%	0,9653	10,666	39,618	3,714
0,275	216	3,81%	0,9619	10,705	40,176	3,753
0,3	218	4,16%	0,9584	10,743	40,548	3,774
0,325	218,5	4,51%	0,9549	10,782	40,641	3,769
0,35	218,5	4,85%	0,9515	10,822	40,641	3,756
0,375	216	5,20%	0,9480	10,861	40,176	3,699
0,4	210	5,55%	0,9445	10,901	39,06	3,583
0,425	202	5,89%	0,9411	10,941	37,572	3,434
0,45	190	6,24%	0,9376	10,982	35,34	3,218
0,475	171	6,59%	0,9341	11,022	31,806	2,886
0,5	150	6,93%	0,9307	11,064	27,9	2,522
					qu max	3,774

**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 4 HARI**

Tinggi : 7,26 cm      Luas : 10,47 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,65 cm      Vol : 76,00 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 139,49 gr      Brt Kering: 114,97 gr  
 $\gamma$  wet : 1,84 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,51 gr/cm<sup>3</sup>

Kadar Air: 21,33%

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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	11	0,35%	0,9965	10,332	2,046	0,198
0,05	30	0,69%	0,9931	10,368	5,58	0,538
0,075	64	1,04%	0,9896	10,405	11,904	1,144
0,1	103	1,39%	0,9861	10,441	19,158	1,835
0,125	144	1,73%	0,9827	10,478	26,784	2,556
0,15	173	2,08%	0,9792	10,515	32,178	3,060
0,175	197	2,43%	0,9757	10,552	36,642	3,472
0,2	214	2,77%	0,9723	10,590	39,804	3,759
0,225	226	3,12%	0,9688	10,628	42,036	3,955
0,25	234	3,47%	0,9653	10,666	43,524	4,081
0,275	240	3,81%	0,9619	10,705	44,64	4,170
0,3	243	4,16%	0,9584	10,743	45,198	4,207
0,325	244	4,51%	0,9549	10,782	45,384	4,209
0,35	244,7	4,85%	0,9515	10,822	45,5142	4,206
0,375	242	5,20%	0,9480	10,861	45,012	4,144
0,4	235	5,55%	0,9445	10,901	43,71	4,010
0,425	212	5,89%	0,9411	10,941	39,432	3,604
0,45	200	6,24%	0,9376	10,982	37,2	3,387
0,475	187	6,59%	0,9341	11,022	34,782	3,156
0,5	178	6,93%	0,9307	11,064	33,108	2,993
					qu max	4,209

**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 7 HARI**

Tinggi : 7,21 cm      Luas : 10,30 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,62 cm      Vol : 74,24 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 137,43 gr      Brt Kering: 112,87 gr  
 $\gamma$  wet : 1,85 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,52 gr/cm<sup>3</sup>

Kadar Air: 21,76%

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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	25	0,35%	0,9965	10,332	4,65	0,450
0,05	57	0,69%	0,9931	10,368	10,602	1,023
0,075	97	1,04%	0,9896	10,405	18,042	1,734
0,1	138	1,39%	0,9861	10,441	25,668	2,458
0,125	167	1,73%	0,9827	10,478	31,062	2,965
0,15	185	2,08%	0,9792	10,515	34,41	3,272
0,175	197	2,43%	0,9757	10,552	36,642	3,472
0,2	204,5	2,77%	0,9723	10,590	38,037	3,592
0,225	208	3,12%	0,9688	10,628	38,688	3,640
0,25	209	3,47%	0,9653	10,666	38,874	3,645
0,275	208	3,81%	0,9619	10,705	38,688	3,614
0,3	204	4,16%	0,9584	10,743	37,944	3,532
0,325	201	4,51%	0,9549	10,782	37,386	3,467
0,35	199	4,85%	0,9515	10,822	37,014	3,420
0,375	197	5,20%	0,9480	10,861	36,642	3,374
0,4	195	5,55%	0,9445	10,901	36,27	3,327
0,425	193	5,89%	0,9411	10,941	35,898	3,281
0,45	191	6,24%	0,9376	10,982	35,526	3,235
0,475	189	6,59%	0,9341	11,022	35,154	3,189
0,5	187	6,93%	0,9307	11,064	34,782	3,144
					qu max	3,592

**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 7 HARI**

Tinggi : 7,22 cm      Luas : 10,53 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,66 cm      Vol : 75,99 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 141,59 gr      Brt Kering: 116,41 gr  
 $\gamma$  wet : 1,86 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,53 gr/cm<sup>3</sup>  
 Kalibrasi: 0,186 kg/div      Kadar Air: 21,63%

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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	40	0,35%	0,9965	10,332	7,44	0,720
0,05	101	0,69%	0,9931	10,368	18,786	1,812
0,075	160	1,04%	0,9896	10,405	29,76	2,860
0,1	199	1,39%	0,9861	10,441	37,014	3,545
0,125	228	1,73%	0,9827	10,478	42,408	4,047
0,15	246	2,08%	0,9792	10,515	45,756	4,351
0,175	258	2,43%	0,9757	10,552	47,988	4,548
0,2	266	2,77%	0,9723	10,590	49,476	4,672
0,225	271	3,12%	0,9688	10,628	50,406	4,743
0,25	273,5	3,47%	0,9653	10,666	50,871	4,769
0,275	275	3,81%	0,9619	10,705	51,15	4,778
0,3	275	4,16%	0,9584	10,743	51,15	4,761
0,325	273	4,51%	0,9549	10,782	50,778	4,709
0,35	270	4,85%	0,9515	10,822	50,22	4,641
0,375	265	5,20%	0,9480	10,861	49,29	4,538
0,4	260	5,55%	0,9445	10,901	48,36	4,436
0,425	254	5,89%	0,9411	10,941	47,244	4,318
0,45	250	6,24%	0,9376	10,982	46,5	4,234
0,475	246	6,59%	0,9341	11,022	45,756	4,151
0,5	240	6,93%	0,9307	11,064	44,64	4,035
					qu max	4,761

**TANAH EKSPANSIF + k15% + P10% PERAM 7 HARI**

Tinggi : 7,26 cm      Luas : 10,47 cm<sup>2</sup>  
 Diameter : 3,65 cm      Vol : 76,00 cm<sup>3</sup>

Awal      Akhir  
 Brt Basah : 142,74 gr      Brt Kering: 117,59 gr  
 $\gamma$  wet : 1,88 gr/cm<sup>3</sup>  
 $\gamma$  dry : 1,55 gr/cm<sup>3</sup>  
 Kadar Air: 21,39%  
 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 (kg/cm <sup>3</sup> )
0	0	0,00%	1,0000	10,296	0	0,000
0,025	11	0,35%	0,9965	10,332	2,046	0,198
0,05	30	0,69%	0,9931	10,368	5,58	0,538
0,075	64	1,04%	0,9896	10,405	11,904	1,144
0,1	103	1,39%	0,9861	10,441	19,158	1,835
0,125	144	1,73%	0,9827	10,478	26,784	2,556
0,15	173	2,08%	0,9792	10,515	32,178	3,060
0,175	197	2,43%	0,9757	10,552	36,642	3,472
0,2	214	2,77%	0,9723	10,590	39,804	3,759
0,225	226	3,12%	0,9688	10,628	42,036	3,955
0,25	234	3,47%	0,9653	10,666	43,524	4,081
0,275	240	3,81%	0,9619	10,705	44,64	4,170
0,3	243	4,16%	0,9584	10,743	45,198	4,207
0,325	244	4,51%	0,9549	10,782	45,384	4,209
0,35	244,7	4,85%	0,9515	10,822	45,5142	4,206
0,375	242	5,20%	0,9480	10,861	45,012	4,144
0,4	235	5,55%	0,9445	10,901	43,71	4,010
0,425	212	5,89%	0,9411	10,941	39,432	3,604
0,45	200	6,24%	0,9376	10,982	37,2	3,387
0,475	187	6,59%	0,9341	11,022	34,782	3,156
0,5	178	6,93%	0,9307	11,064	33,108	2,993
					qu max	4,209





Gambar Ssmple UCT 0 hari



Gambar Ssmple UCT 4 hari



Gambar Ssmple UCT 7 hari







**LAMPIRAN 4**

**HASIL PENGUJIAN**

**TRIAKSIAL *COSOLIDATED UNDRAINED (CU)***  
**(*ASTM D 2850-70*)**

## 1. TANAH ASLI

		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 <sup>2</sup> )	10,06	10,52	11,22
VOLUME	(cm <sup>3</sup> )	72,54	75,92	85,02
$g_{wet}$	(kg/cm <sup>3</sup> )	1,87	1,77	1,86
AVERAGE	(kg/cm <sup>3</sup> )	1,84		
$g_{dry}$	(kg/cm <sup>3</sup> )	1,41	1,34	1,41
AVERAGE	(kg/cm <sup>3</sup> )	1,39		
LRC	(kg/div)	0,14		
$s_3$	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00	3,00

<b>Project</b>	<b>Skripsi Ekspansif</b>	<b>Type of Test</b>	<b>CU</b>	<b>Cell No.</b>	<b>1</b>
<b>Location</b>	<b>Lab Mektan FTUI</b>	<b>Tested By</b>	<b>Prima</b>	<b>Specimen No.</b>	
<b>Remarks</b>	<b>Ekspansif ASLI</b>	<b>With</b>	<b>side drains</b>	<b>Specimen Diameter</b>	<b>3,58 cm</b>
<b>Date</b>	<b>2-4 Juni 2010</b>	<b>Without</b>		<b>Specimen Height</b>	<b>7,21 cm</b>

## TRIAXIAL SATURATION

Cell Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Back Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Pore Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	PWP diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS					
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol cm <sup>3</sup>	(-) exp cm <sup>3</sup>	
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
50	-	12	12	0,24	-	-	-	25,0	30,9	5,9			
50	40	26	-	-	18,1	18,3	0,2	-	-	-			
100	-	42	16	0,32	-	-	-	32,5	33,4	0,9			
100	90	79	-	-	19,2	23,8	4,6	-	-	-			
150	-	127	48	0,96	-	-	-	34,3	35	0,7			
150	140	140	-	-	24	25,6	1,6	-	-	-			

											TOTAL		

### TRIAXIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (KPa)	100	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure			
						reading gauge	diff (cm <sup>3</sup> )	reading (kg/cm <sup>2</sup> )	diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	diss. (%)	
Cell Pressure (KPa)	240										
Back Pressure (kPa)	140										
PWP after build up (KPa)	140	3 Juni		0	0	25,60	0	1,40	0,00	0,00	0,00 %
Difference (KPa)	0			1	1,00	24,80	0,80	1,51	0,00	0,00	0,00 %
t <sub>90</sub> =	seconds			2	1,41	23,90	1,70	1,50	0,01	9,09	9,09 %
				4	2,00	23,50	2,10	1,49	0,02	18,18	18,18 %
				9	3,00	23,40	2,20	1,49	0,02	18,18	18,18 %
				15	3,87	23,30	2,30	1,45	0,06	54,55	54,55 %
				30	5,48	23,20	2,40	1,42	0,09	81,82	81,82 %
Assumed strain to failure =	4%			60	7,75	23,10	2,50	1,42	0,09	81,82	81,82 %
				120	10,95	23,10	2,50	1,42	0,09	81,82	81,82 %
Calculated rate of strain (mm/min)											
		4 Juni		1440	37,95	23,10	2,50	1,40	0,11	100,0	100,00 %
Total consolidation volume change ( $\Delta V_c$ )							2,50				

Water Content Determination		Initial	Final	Net Volume Change		
Weight of can (gr)		0	0	Filter Correction	-	(cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample + can (gr)		135,85	142,72	Cell Correction	-	(cm <sup>3</sup> )
Weight of dry sample + can (gr)		102,61	102,61	Corrected Vol Change ( $\Delta V_s$ )	0	(cm <sup>3</sup> )
Water Content (%)		32,39%	39,09%	Consolidation Vol Change ( $\Delta V_c$ )	2,50	(cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample (gr)	135,85	$\gamma_n$ (ton/m <sup>3</sup> )	1,87	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_1$	2,50	(cm <sup>3</sup> )
A <sub>o</sub> (cm <sup>2</sup> )	10,06	$\epsilon_v = \Delta V_t / V_o \times 100\%$		$1/3 \epsilon_v$	$2/3 \epsilon_v$	
V <sub>o</sub> (cm <sup>3</sup> )	72,54	3,45%		1,15%	2,30%	
$H_c = H_o (1 - 1/3 \epsilon_v / 100)$		$A_c = A_o (1 - 2/3 \epsilon_v / 100)$			$V_c = V_o - \Delta V_t$	
7,209	(cm)	10,059			(cm <sup>2</sup> )	70,039 (cm <sup>3</sup> )

Project	Skripsi Ekspansif	Type of Test	CU	Cell No.	2
Location	Lab Mektan FTUI	Tested By	prima	Specimen No.	
Remarks	Ekspansif ASLI	With	side drains	Specimen Diameter	3,66 cm
Date	2-4 Juni 2010	Without		Specimen Height	7,22 cm

### TRIAXIAL SATURATION

Cell Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Back Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Pore Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	PWP diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS					
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol cm <sup>3</sup>	(-) exp cm <sup>3</sup>	
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
50	-	11	11	0,22	-	-	-	13,0	15,3	2,3			
50	40	32	-	-	10,2	24,8	14,6	-	-	-			
100	-	58	26	0,52	-	-	-	14,8	16,7	1,9			
100	90	79	-	-	25,2	35,9	10,7	-	-	-			
150	-	128	49	0,98	-	-	-	16,8	17,2	0,4			
150	140	140	-	-	36,5	37,8	1,3	-	-	-			
											TOTAL		

### TRIAXIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (KPa)	200	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
Cell Pressure (KPa)	340					reading gauge	diff (cm <sup>3</sup> )	reading (kg/cm <sup>2</sup> )	diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	dis. (%)
Back Pressure (kPa)	140	3 Juni				37,80	0	1,40	0,00	0,00%
PWP after build up (KPa)	140		0	0						
Difference (KPa)	0		1	1,00		31,70	6,10	2,60	0,00	0,00%
			2	1,41		31,00	6,80	2,95	0,00	0,00%
t <sub>90</sub> =	seconds		4	2,00		29,90	7,90	2,90	0,05	3,25%
=	minutes		8	2,83		29,00	8,80	2,62	0,33	21,43%
t <sub>r</sub> =			15	3,87		28,40	9,40	2,52	0,43	27,92%
			30	5,48		28,10	9,70	2,19	0,76	49,35%
Assumed strain to failure =	4%		60	7,75		26,80	10,00	2,10	0,85	55,19%
		120	10,95		26,80	10,40	1,70	1,25	81,17%	

Calculated rate of strain (mm/min)								
	4 Juni	144 0	37,9 5	26,80	10,40	1,41	1,54	100, 00%
<b>Total consolidation volume change (<math>\Delta V_c</math>)</b>					10,40			

Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	- (cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample + can (gr)	134,76	143,3	Cell Correction	- (cm <sup>3</sup> )
Weight of dry sample + can (gr)	101,85	101,85	Corrected Vol Change ( $\Delta V_s$ )	0 (cm <sup>3</sup> )
Water Content (%)	32,31%	40,70%	Consolidation Vol Change ( $\Delta V_c$ )	10,40 (cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample (gr)	135,8 5	$\gamma_n$ (ton/m <sup>3</sup> )	1,87	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_1$ 10,40 (cm <sup>3</sup> )
Ao (cm <sup>2</sup> )	10,52	$\epsilon_v = \Delta V_t / V_o \times 100\%$		$1/3 \epsilon_v$ 2/3 $\epsilon_v$
Vo (cm <sup>3</sup> )	75,92	13,70%	4,57%	9,13%
$H_c = H_o (1 - 1/3 \epsilon_v / 100)$	$A_c = A_o (1 - 2/3 \epsilon_v / 100)$		$V_c = V_o - \Delta V_t$	
7,217 (cm)	10,506 (cm <sup>2</sup> )		65,522 (cm <sup>3</sup> )	

<b>Project</b>	<b>Skripsi Ekspansif</b>	<b>Type of Test</b>	<b>CU</b>	<b>Cell No.</b>	<b>3</b>
<b>Location</b>	<b>Lab Mektan FTUI</b>	<b>Tested By</b>	<b>Prima</b>	<b>Specimen No.</b>	
<b>Remarks</b>	<b>Ekspansif ASLI</b>	<b>With</b>	<b>side drains</b>	<b>Specimen Diameter</b>	<b>3,66 cm</b>
<b>Date</b>	<b>2-4 Juni 2010</b>	<b>Without</b>		<b>Specimen Height</b>	<b>7,22 cm</b>

### TRIAxIAL SATURATION

Cell Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Back Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Pore Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	PWP diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS					
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol cm <sup>3</sup>	(-) exp cm <sup>3</sup>	
0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-			
50	-	14	14	0,28	-	-	-	16,0	17,8	1,8			
50	40	30	-	-	21,2	21,5	0,3	-	-	-			
100	-	52	22	0,44	-	-	-	17,4	18,9	1,5			
100	90	73	-	-	19,9	22,4	2,5	-	-	-			
150	-	122	49	0,98	-	-	-	19,8	24,0	4,2			
150	140	142	-	-	22,4	22,9	0,5	-	-	-			
											<b>TOTAL</b>		

### TRIAXIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (KPa)	300	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
						reading gauge	diff (cm <sup>3</sup> )	reading (kg/cm <sup>2</sup> )	diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	diss. (%)
Cell Pressure (KPa)	440									
Back Pressure (kPa)	140									
PWP after build up (KPa)	138	9 Juni		0	0	22,90	0	1,38	0,00	0,00 %
Difference (KPa)	2			1	1,00	22,00	0,90	1,96	0,00	0,00 %
$t_{90} =$ $t_r =$ Assumed strain to failure = 4% Calculated rate of strain (mm/min)	seconds minutes			2	1,41	21,00	1,90	2,18	0,00	0,00 %
				4	2,00	20,00	2,90	2,52	0,00	0,00 %
				10	3,16	19,00	3,90	2,31	0,21	19,09 %
				15	3,87	18,10	4,80	2,28	0,24	21,82 %
				30	5,48	16,50	6,40	2,12	0,40	36,36 %
				60	7,75	15,90	7,00	1,92	0,60	54,55 %
				120	10,95	14,90	8,00	1,56	0,96	87,27 %
				10 Juni	1440	37,95	14,20	8,70	1,42	1,10
<b>Total consolidation volume change (<math>\Delta V_c</math>)</b>							8,70			

Water Content Determination		Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	-	(cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample + can (gr)	158,24	165,63	Cell Correction	-	(cm <sup>3</sup> )
Weight of dry sample + can (gr)	119,96	119,96	Corrected Vol Change ( $\Delta V_s$ )	0	(cm <sup>3</sup> )
Water Content (%)	31,91%	38,07%	Consolidation Vol Change ( $\Delta V_c$ )	8,70	(cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample (gr)	135,85	$\gamma_n$ (ton/m <sup>3</sup> )	1,87	$\Delta V_s + \Delta V_c = \Delta V_1$	8,70 (cm <sup>3</sup> )
Ao (cm <sup>2</sup> )	10,52	$\epsilon_v = \Delta V_t / V_o \times 100\%$		1/3 $\epsilon_v$	2/3 $\epsilon_v$
Vo (cm <sup>3</sup> )	75,92	11,46%		3,82%	7,64%
$H_c = H_o (1 - 1/3 \epsilon_v / 100)$		$A_c = A_o (1 - 2/3 \epsilon_v / 100)$		$V_c = V_o - \Delta V_t$	
7,217 (cm)		10,508 (cm <sup>2</sup> )		67,222 (cm <sup>3</sup> )	

# TRIAXIAL SHEARING

Project	Skripsi Ekspansif	Hole No.	-	Type of Test	CU
Location	Lab Mektan FTUI	Depth	-	With	side drains
Remarks	Ekspansif ASLI	Tested By	Prima	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)	$\Delta h$	Reading	(kg/cm <sup>2</sup> )	Dial (div)	$\Delta h$	Reading	(kg/cm <sup>2</sup> )	Dial (div)	$\Delta h$	Reading	(kg/cm <sup>2</sup> )
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



Project	Skripsi	Type of Test	TX-CU	Eff. Cell Pressure ( $\sigma'3$ )	1,00	kg/c m <sup>2</sup>
Location	Lab Mektan FTUI	Tested By	Prima	Cell Pressure ( $\sigma3$ )	2,40	kg/c m <sup>2</sup>
Remarks		With	side drains	Back Pressure	1,40	kg/c m <sup>2</sup>
Code	Ekspansif ASLI	With out Rate of Strain	0.005 mm/min	Consolidated Length	7,209	cm
Cell No	1			Consolidated Area	10,05	cm <sup>2</sup>
Date of Test	4 Juni 2010	LRC	0,14	Consolidated Volume	70,03	cm <sup>3</sup>

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Critical State Parameters				Remarks
Dial Reading	Unit Strain	Factor	Corrected	Dial Reading		Dial Reading		Stress ( $\Delta\sigma$ )	Major Tot. ( $\sigma1$ )	Major Eff. ( $\sigma'1$ )	Minor Eff. ( $\sigma'3$ )	Eff. Ratio ( $\sigma'1/\sigma'3$ )	p ( $\frac{1}{2}(\sigma1+\sigma3)$ )	q ( $\frac{1}{2}(\sigma1-\sigma3)$ )	p' ( $\frac{2}{3}(\sigma'1+2\sigma'3)$ )	ln p ( $\sigma1-\sigma3$ )	
1 div = 0.001 cm	$\epsilon$	(1 - $\epsilon$ )	Ao/(1 - $\epsilon$ )	1 div	0.14 kg	u	$\Delta u$										
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm <sup>2</sup> )	(div)	(kg)	(kg/c m <sup>2</sup> )	(kg/c m <sup>2</sup> )	(kg/c m <sup>2</sup> )	(kg/c m <sup>2</sup> )	(kg/c m <sup>2</sup> )	(kg/c m <sup>2</sup> )	(%)	(kg/c m <sup>2</sup> )	(kg/c m <sup>2</sup> )	(kg/c m <sup>2</sup> )	(kg/c m <sup>2</sup> )
0	0,00	0,000	100	10,059	0,00	0,00	1,400	0,000	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,400	0,00	1,000	0,875
25	0,025	0,347	99,653	10,094	28,00	3,920	1,420	0,020	0,388	1,368	0,98	1,40	1,40	2,788	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	1,420	0,95	1,49	1,49	2,870	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	1,463	0,94	1,56	1,56	2,923	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	1,520	0,93	1,63	1,63	2,990	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	1,553	0,91	1,71	1,71	3,043	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	1,571	0,89	1,77	1,77	3,081	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	1,613	0,88	1,83	1,83	3,133	0,733	1,124	0,972
200	0,2	2,774	97,1034	10,34	57,0	7,9	1,54	0,140	0,77	1,63	0,86	1,90	1,90	3,171	0,77	1,117	0,97

	00		226	6		80	0		1		1				1		7	
225	0,25	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	opt
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	0,7 25	10,05 7	89, 943	11,18 3	70,0	9,8 00	1,65 0	0,250	0,87 6	3,276	1,62 6	0,75	2,17	2,692	0,87 6	1,042	0,99 0
750	0,7 50	10,40 3	89, 597	11,22 7	69,0	9,6 60	1,64 0	0,240	0,86 0	3,260	1,62 0	0,76	2,13	2,687	0,86 0	1,047	0,98 8
775	0,7 75	10,75 0	89, 250	11,27 0	67,5	9,4 50	1,64 0	0,240	0,83 9	3,239	1,59 9	0,76	2,10	2,680	0,83 9	1,040	0,98 6
800	0,8 00	11,09 7	88, 903	11,31 4	66,0	9,2 40	1,64 0	0,240	0,81 7	3,217	1,57 7	0,76	2,07	2,672	0,81 7	1,032	0,98 3
825	0,8 25	11,44 4	88, 556	11,35 8	65,0	9,1 00	1,64 0	0,240	0,80 1	3,201	1,56 1	0,76	2,05	2,667	0,80 1	1,027	0,98 1
850	0,8 50	11,79 1	88, 209	11,40 3	64,0	8,9 60	1,64 0	0,240	0,78 6	3,186	1,54 6	0,76	2,03	2,662	0,78 6	1,022	0,97 9
875	0,8 75	12,13 7	87, 863	11,44 8	62,5	8,7 50	1,64 0	0,240	0,76 4	3,164	1,52 4	0,76	2,01	2,655	0,76 4	1,015	0,97 6
900	0,9 00	12,48 4	87, 516	11,49 3	61,0	8,5 40	1,64 0	0,240	0,74 3	3,143	1,50 3	0,76	1,98	2,648	0,74 3	1,008	0,97 4
925	0,9 25	12,83 1	87, 169	11,53 9	59,0	8,2 60	1,64 0	0,240	0,71 6	3,116	1,47 6	0,76	1,94	2,639	0,71 6	0,999	0,97 0
950	0,9 50	13,17 8	86, 822	11,58 5	58,0	8,1 20	1,64 0	0,240	0,70 1	3,101	1,46 1	0,76	1,92	2,634	0,70 1	0,994	0,96 8
975	0,9 75	13,52 4	86, 476	11,63 2	58,0	8,1 20	1,64 0	0,240	0,69 8	3,098	1,45 8	0,76	1,92	2,633	0,69 8	0,993	0,96 8
1000	1,0 00	13,87 1	86, 129	11,67 9	57,0	7,9 80	1,64 0	0,240	0,68 3	3,083	1,44 3	0,76	1,90	2,628	0,68 3	0,988	0,96 6

### Calculation

Maximum deviator stress ( $\Delta\sigma$ ) = 95,70 KPa  
Pore pressure at max. dev. stress (u) = 165,0 KPa  
Strain at max. dev. stress ( $\epsilon$ ) = 0 KPa  
= 8,323 %

### Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress ( $\sigma_1$ ) = 335,7 KPa  
Total minor principal stress ( $\sigma_3$ ) = 240 KPa  
Effective major principal stress ( $\sigma'_1$ ) = 170,7 KPa  
Effective minor principal stress ( $\sigma'_3$ ) = 75,0 KPa  
Effective principal stress ratio ( $\sigma'_1/\sigma'_3$ ) = 2,28

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 2,00	kg/cm <sup>2</sup>
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Prima	Cell Pressure	: 3,40	kg/cm <sup>3</sup>
Remarks	:	With	: side drains	Back Pressure	: 1,40	kg/cm <sup>4</sup>
Code	: Ekspansif P10 S5	Without	:	Consolidated Length	: 7,217	cm
Cell No	: 2	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10,50	cm <sup>2</sup>
Date of Test	: 4 Juni 2010	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 65,52	cm <sup>3</sup>
					: 2	cm <sup>3</sup>

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 $\epsilon$	Factor (100 - $\epsilon$ )	Corrected $A_0/(1 - \epsilon)$	Dial Reading 1 div	0.14 kg	Dial Reading u	$\Delta u$		Major Tot. ( $\sigma_1$ )	Major Eff. ( $\sigma'_1$ )	Minor Eff. ( $\sigma'_3$ )	Eff. Ratio ( $\sigma'_1/\sigma'_3$ )	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)	(%)	(cm <sup>2</sup> )	(div)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0,000	0,000	100	10,506	0,0	0,000	1,410	0,000	0,000	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	0,478	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	0,569	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	0,619	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	0,683	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	0,759	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	0,835	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	0,936	4,336	2,736	1,80	1,52	3,712	0,936	2,112	0,936
200	0,200	2,771	97,22	10,805	76,0	10,6	1,680	0,270	0,984	4,385	2,705	1,72	1,57	3,728	0,985	2,048	0,985

			9			40			7										
225	0,225	3,118	96,88 2	10,844	82,0	11,4 80	1,710	0,300	1,058 6	4,459	2,749	1,69	1,63	3,753	1,059	2,043	1,059		
250	0,250	3,464	96,53 6	10,883	85,0	11,9 00	1,780	0,370	1,093 5	4,493	2,713	1,62	1,67	3,764	1,093	1,984	1,093		
275	0,275	3,811	96,18 9	10,922	87,0	12,1 80	1,800	0,390	1,115 2	4,515	2,715	1,60	1,70	3,772	1,115	1,972	1,115		
300	0,300	4,157	95,84 3	10,962	91,0	12,7 40	1,830	0,420	1,162 2	4,562	2,732	1,57	1,74	3,787	1,162	1,957	1,162		
325	0,325	4,503	95,49 7	11,001	93,0	13,0 20	1,850	0,440	1,183 5	4,583	2,733	1,55	1,76	3,794	1,183	1,944	1,183		
350	0,350	4,850	95,15 0	11,041	95,0	13,3 00	1,890	0,480	1,204 6	4,605	2,715	1,51	1,80	3,802	1,205	1,912	1,205		
375	0,375	5,196	94,80 4	11,082	96,0	13,4 40	1,910	0,500	1,212 8	4,613	2,703	1,49	1,81	3,804	1,213	1,894	1,213		
400	0,400	5,543	94,45 7	11,122	98,0	13,7 20	1,920	0,510	1,233 5	4,634	2,714	1,48	1,83	3,811	1,234	1,891	1,234		
425	0,425	5,889	94,11 1	11,163	99,0	13,8 60	1,920	0,510	1,241 6	4,642	2,722	1,48	1,84	3,814	1,242	1,894	1,242		
450	0,450	6,236	93,76 4	11,205	100,0	14,0 00	1,910	0,500	1,249 5	4,649	2,739	1,49	1,84	3,816	1,249	1,906	1,249		
475	0,475	6,582	93,41 8	11,246	101,0	14,1 40	1,910	0,500	1,257 3	4,657	2,747	1,49	1,84	3,819	1,257	1,909	1,257		
500	0,500	6,928	93,07 2	11,288	101,2	14,1 68	1,910	0,500	1,255 1	4,655	2,745	1,49	1,84	3,818	1,255	1,908	1,255	opt	
525	0,525	7,275	92,72 5	11,330	101,2	14,1 68	1,900	0,490	1,250 5	4,650	2,750	1,50	1,83	3,817	1,250	1,917	1,250		
550	0,550	7,621	92,37 9	11,373	101,0	14,1 40	1,900	0,490	1,243 3	4,643	2,743	1,50	1,83	3,814	1,243	1,914	1,243		
575	0,575	7,968	92,03 2	11,415	99,0	13,8 60	1,900	0,490	1,214 1	4,614	2,714	1,50	1,81	3,805	1,214	1,905	1,214		
600	0,600	8,314	91,68 6	11,459	98,5	13,7 90	1,900	0,490	1,203 5	4,603	2,703	1,50	1,80	3,801	1,203	1,901	1,203		
625	0,625	8,660	91,34 0	11,502	98,0	13,7 20	1,900	0,490	1,192 8	4,593	2,693	1,50	1,80	3,798	1,193	1,898	1,193		
650	0,650	9,007	90,99 3	11,546	97,0	13,5 80	1,910	0,500	1,176 2	4,576	2,666	1,49	1,79	3,792	1,176	1,882	1,176		
675	0,675	9,353	90,64 7	11,590	96,0	13,4 40	1,910	0,500	1,159 6	4,560	2,650	1,49	1,78	3,787	1,160	1,877	1,160		
700	0,700	9,700	90,30 0	11,634	95,0	13,3 00	1,900	0,490	1,143 2	4,543	2,643	1,50	1,76	3,781	1,143	1,881	1,143		

725	0,725	10,046	89,95 4	11,679	94,0	13,1 60	1,910	0,500	1,126 8	4,527	2,617	1,49	1,76	3,776	1,127	1,866	1,127	
750	0,750	10,393	89,60 7	11,724	93,0	13,0 20	1,900	0,490	1,110 5	4,511	2,611	1,50	1,74	3,770	1,111	1,870	1,111	
775	0,775	10,739	89,26 1	11,770	92,2	12,9 08	1,900	0,490	1,096 7	4,497	2,597	1,50	1,73	3,766	1,097	1,866	1,097	
800	0,800	11,085	88,91 5	11,816	91,5	12,8 10	1,900	0,490	1,084 1	4,484	2,584	1,50	1,72	3,761	1,084	1,861	1,084	
825	0,825	11,432	88,56 8	11,862	91,0	12,7 40	1,890	0,480	1,074 0	4,474	2,584	1,51	1,71	3,758	1,074	1,868	1,074	
850	0,850	11,778	88,22 2	11,909	90,0	12,6 00	1,890	0,480	1,058 1	4,458	2,568	1,51	1,70	3,753	1,058	1,863	1,058	
875	0,875	12,125	87,87 5	11,956	89,0	12,4 60	1,890	0,480	1,042 2	4,442	2,552	1,51	1,69	3,747	1,042	1,857	1,042	
900	0,900	12,471	87,52 9	12,003	87,0	12,1 80	1,890	0,480	1,014 8	4,415	2,525	1,51	1,67	3,738	1,015	1,848	1,015	
925	0,925	12,817	87,18 3	12,051	86,0	12,0 40	1,900	0,490	0,999 1	4,399	2,499	1,50	1,67	3,733	0,999	1,833	0,999	
950	0,950	13,164	86,83 6	12,099	85,0	11,9 00	1,900	0,490	0,983 6	4,384	2,484	1,50	1,66	3,728	0,984	1,828	0,984	
975	0,975	13,510	86,49 0	12,147	84,0	11,7 60	1,900	0,490	0,968 1	4,368	2,468	1,50	1,65	3,723	0,968	1,823	0,968	
1000	1,000	13,857	86,14 3	12,196	82,0	11,4 80	1,900	0,490	0,941 3	4,341	2,441	1,50	1,63	3,714	0,941	1,814	0,941	

### Calculation

Maximum deviator stress

$$(\Delta\sigma) = 125,73 \text{ KPa}$$

Pore pressure at max. dev.

$$\text{stress (u)} = 191,00 \text{ KPa}$$

Strain at max. dev. stress ( $\epsilon$ )

$$= 6,928 \%$$

### Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress

$$(\sigma_1) = 465,7 \text{ KPa}$$

Total minor principal stress

$$(\sigma_3) = 340 \text{ KPa}$$

Effective major principal

$$\text{stress } (\sigma'_1) = 274,7 \text{ KPa}$$

Effective minor principal stress ( $\sigma'3$ ) = 149,0 KPa  
 Effective principal stress ratio ( $\sigma'1/\sigma'3$ ) = 1,84

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 3,00	kg/cm <sup>2</sup>
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Prima	Cell Pressure	: 4,40	kg/cm <sup>3</sup>
Remarks	:	With	: side drains	Back Pressure Consolidated	: 1,40	kg/cm <sup>4</sup>
Code	: Ekspansif P10 S5	Without	:	Length	: 7,217	cm
Cell No	: 3	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10,50	cm <sup>2</sup>
Date of Test	: 4 Juni 2010	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 67,22	cm <sup>3</sup>
					: 2	cm <sup>3</sup>

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress ( $\sigma1-\sigma3$ )	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks	
Dial Reading 1 div = 0.001 cm	Unit Strain $\epsilon$	Factor (100 - $\epsilon$ )	Corrected $A_0/(1 - \epsilon)$	Dial Reading 1 div	0.14 kg	Dial Reading u	$\Delta u$		Major Tot. ( $\sigma1$ )	Major Eff. ( $\sigma'1$ )	Minor Eff. ( $\sigma'3$ )	Eff. Ratio ( $\sigma'1/\sigma'3$ )	p $\frac{1}{2}(\sigma1 + \sigma3)$	q $\frac{1}{2}(\sigma1 - \sigma3)$	p' $\frac{1}{2}(\sigma'1 + \sigma'3)$	q' $\frac{1}{2}(\sigma'1 - \sigma'3)$		
(div)	(cm)	(%)	(cm <sup>2</sup> )	(div)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )		
0	0,000	0,000	100	10,508	0,0	0,00	0	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	7,14	0	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	8,68	0	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	10,0	10	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	11,0	60	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	opt
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	16,3	1,990	0,570	1,4239	5,824	3,834	2,41	1,59	4,875	1,424	2,885	1,424	



						80													
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		

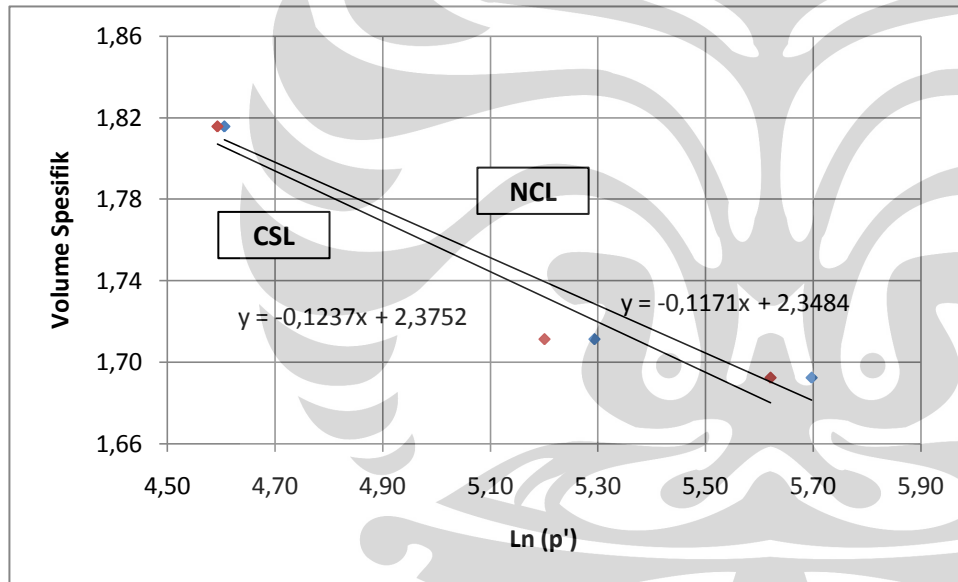
#### Calculation

Maximum deviator stress ( $\Delta\sigma$ )	=	159,1	
Pore pressure at max. dev. stress ( $u$ )	=	202,0	KPa
Strain at max. dev. stress ( $\epsilon$ )	=	4,849	%

#### Principal Stresses at maximum

**deviator stress**

Total major principal stress ( $\sigma_1$ ) = 599,1 KPa  
Total minor principal stress ( $\sigma_3$ ) = 440 KPa  
Effective major principal stress ( $\sigma'_1$ ) = 397,1 KPa  
Effective minor principal stress ( $\sigma'_3$ ) = 238,0 KPa  
Effective principal stress ratio ( $\sigma'_1/\sigma'_3$ ) = 1,67



## 2. TANAH CAMPURAN KAPUR 15% + PASIR 10%

		SAMPLE		
		1	2	3
Wt OF WET SOIL + CAN	(gram)	137,48	136,84	138,32
Wt OF DRY SOIL + CAN	(gram)	110,89	110,92	112,27
Wt OF CAN	(gram)	0	0	0
Wt OF DRY SOIL	(gram)	110,89	110,92	112,27
Wt. OF MOISTURE	(gram)	26,59	25,92	26,05
WATER CONTENT	(%)	23,98	23,37	23,20
AVERAGE W. CONTENT	(%)	23,52		
SAMPLE HEIGHT	(cm)	7,19	7,19	7,13
AVERAGE		7,17		
SAMPLE DIAMETER	(cm)	3,58	3,58	3,58
AVERAGE		3,58		
AREA	(cm <sup>2</sup> )	10,06	10,06	10,06
VOLUME	(cm <sup>3</sup> )	72,34	72,34	71,73
$g_{wet}$	(kg/cm <sup>3</sup> )	1,90	1,89	1,93
AVERAGE	(kg/cm <sup>3</sup> )	1,91		
$g_{dry}$	(kg/cm <sup>3</sup> )	1,53	1,53	1,57
AVERAGE	(kg/cm <sup>3</sup> )	1,54		
LRC	(kg/div)	0,14		
$s_3$	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,00	2,00	3,00

<b>Project</b>	Skripsi Ekspansif	<b>Type of Test</b>	CU	<b>Cell No.</b>	1
<b>Location</b>	Lab Mektan FTUI	<b>Tested By</b>	prima	<b>Specimen No.</b>	
<b>Remarks</b>	Ekspansif P10 K15	<b>With</b>	side drains	<b>Specimen Diameter</b>	3,58 cm
<b>Date</b>	2-4 Juni 2010	<b>Without</b>		<b>Specimen Height</b>	7,19 cm

### TRIAXIAL SATURATION

Cell Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Back Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Pore Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	PWP diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	B Value	Back Pressure Volume Change			Cell Volume Change LHS/RHS						
					before	after	diff	before	after	diff	(+) consol cm <sup>3</sup>	(-) exp cm <sup>3</sup>		
0		0	-	-										
50	-	20	20	0,4	-	-	-	21,3	22,4	1,1				
50	40	30	-	-	24,2	25,8	1,6	-	-	-				
100	-	70	40	0,8	-	-	-	23,2	23,8	0,6				
100	90	75	-	-	26	27	1	-	-	-				
150	-	124	49	0,98	-	-	-	24	25,1	1,1				
150	140		-	-	27,2	29	1,8	-	-	-				

TOTAL		
-------	--	--

### TRIAxIAL CONSOLIDATION

Effective Pressure (KPa)	100	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
						reading gauge	diff (cm <sup>3</sup> )	reading (kg/cm <sup>2</sup> )	diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	diss. (%)
Cell Pressure (KPa)	240									
Back Pressure (kPa)	140									
PWP after build up (KPa)	140	9 Juni		0	0	29,00	0	1,4	0	0,00 %
Difference (KPa)	0			1	1,00	28,70	0,30	1,78	0,00	0,00 %
t <sub>90</sub> =	seconds			2	1,41	28,60	0,40	1,74	0,04	6,90 %
				4	2,00	28,30	0,70	1,69	0,09	15,52 %
t <sub>f</sub> =	minutes			9	3,00	28,00	1,00	1,61	0,17	29,31 %
				15	3,87	27,60	1,40	1,5	0,28	48,28 %
Assumed strain to failure = 4%				30	5,48	27,30	1,70	1,4	0,38	65,52 %
				60	7,75	26,90	2,10	1,3	0,48	82,76 %
Calculated rate of strain (mm/min)				120	10,95	26,60	2,40	1,2	0,58	100,00 %
<b>Total consolidation volume change (ΔV<sub>c</sub>)</b>						2,40				

Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	19,23	Filter Correction	- (cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample + can (gr)	137,48	146,35	Cell Correction	- (cm <sup>3</sup> )
Weight of dry sample + can (gr)	110,89	110,89	Corrected Vol Change (ΔV <sub>s</sub> )	0 (cm <sup>3</sup> )
Water Content (%)	49,99%	38,69%	Consolidation Vol Change (ΔV <sub>c</sub> )	2,40 (cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample (gr)	137,48	γ <sub>n</sub> (ton/m <sup>3</sup> )	1,90	ΔV <sub>s</sub> + ΔV <sub>c</sub> = ΔV <sub>1</sub> 2,40 (cm <sup>3</sup> )
A <sub>o</sub> (cm <sup>2</sup> )	10,06	ε <sub>v</sub> = ΔV <sub>t</sub> /V <sub>o</sub> x 100%		1/3 ε <sub>v</sub>
V <sub>o</sub> (cm <sup>3</sup> )	72,34	3,32%		2/3 ε <sub>v</sub>
H <sub>c</sub> = H <sub>o</sub> (1-1/3 ε <sub>v</sub> /100)		A <sub>c</sub> = A <sub>o</sub> (1-2/3 ε <sub>v</sub> /100)		V <sub>c</sub> = V <sub>o</sub> - ΔV <sub>t</sub>
7,189 (cm)	10,059 (cm <sup>2</sup> )		69,938 (cm <sup>3</sup> )	





**TRIAXIAL CONSOLIDATION**

150 1

Effective Pressure (KPa)	300	Date	Clock Time	Time (min)	vt	Volume Change		Pore Pressure		
						reading gauge	diff (cm <sup>3</sup> )	reading (kg/cm <sup>2</sup> )	diff. (kg/cm <sup>2</sup> )	diss. (%)
Cell Pressure (KPa)	440									
Back Pressure (kPa)	140									
PWP after build up (KPa)	140	9 Juni		0	0	23,5	0	1,40	0	0,00 %
Difference (KPa)	0			1	1,00	21,2	2,30	2,10	0	0,00 %
t <sub>90</sub> = seconds = minutes t <sub>f</sub> =	4%			2	1,41	20,2	3,30	2,60	0,00	0,00 %
				4	2,00	18,5	5,00	2,80	0,00	0,00 %
				10	3,16	16,4	7,10	3,50	0,00	0,00 %
				15	3,87	12,7	10,80	2,90	0,00	0,00 %
				30	5,48	11,3	12,20	2,60	0,00	0,00 %
				60	7,75	10	13,50	2,40	0,20	50,00 %
Assumed strain to failure =	4%			120	10,95	9,8	13,70	2,20	0,40	100,00 %
<u>Calculated rate of strain (mm/min)</u>										
<b>Total consolidation volume change (ΔV<sub>c</sub>)</b>										
							13,70			

Water Content Determination	Initial	Final	Net Volume Change	
Weight of can (gr)	0	0	Filter Correction	- (cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample + can (gr)	138,32	150,98	Cell Correction	- (cm <sup>3</sup> )
Weight of dry sample + can (gr)	112,27	112,27	Corrected Vol Change (ΔV <sub>s</sub> )	0 (cm <sup>3</sup> )
Water Content (%)	31,91%	38,07%	Consolidation Vol Change (ΔV <sub>c</sub> )	13,70 (cm <sup>3</sup> )
Weight of wet sample (gr)	137,48	γ <sub>n</sub> (ton/m <sup>3</sup> )	1,90	ΔV <sub>s</sub> + ΔV <sub>c</sub> = ΔV <sub>1</sub> (cm <sup>3</sup> )
A <sub>o</sub> (cm <sup>2</sup> )	10,06	ε <sub>v</sub> = ΔV <sub>t</sub> / V <sub>o</sub> × 100%		1/3 ε <sub>v</sub>
V <sub>o</sub> (cm <sup>3</sup> )	72,34	18,94%		2/3 ε <sub>v</sub>
H <sub>c</sub> = H <sub>o</sub> (1-1/3 ε <sub>v</sub> / 100)		A <sub>c</sub> = A <sub>o</sub> (1-2/3 ε <sub>v</sub> / 100)		V <sub>c</sub> = V <sub>o</sub> - ΔV <sub>t</sub>
7,185 (cm)	10,048 (cm <sup>2</sup> )		58,638 (cm <sup>3</sup> )	

# TRIAXIAL SHEARING

Project	Skripsi Ekspansif	Hole No.	-	Type of Test	CU
Location	Lab Mektan FTUI	Depth	-	With	side drains
Remarks	Ekspansif P10 K15	Tested By	prima	Without	

## SPECIMEN 1

## SPECIMEN 2

## SPECIMEN 3

Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div		Ring Calibration		kg/div	
Deformation		Dial Reading	U (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformation		Dial Reading	U (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformation		Dial Reading	U (kg/cm <sup>2</sup> )
Dial (div)	$\Delta h$			Dial (div)	$\Delta h$			Dial (div)	$\Delta h$		
0	0,00	0,0	1,40	0	0,00	0	1,4	0	0,00	0	1,4
25	0,03	10,0	1,43	25	0,03	13,5	1,42	25	0,03	25	1,45
50	0,05	13,0	1,43	50	0,05	36	1,43	50	0,05	41	1,49
75	0,08	14,0	1,43	75	0,08	44	1,45	75	0,08	54	1,49
100	0,10	15,0	1,45	100	0,10	49	1,47	100	0,10	59	1,5
125	0,13	16,5	1,45	125	0,13	55	1,5	125	0,13	63	1,5
150	0,15	18,0	1,47	150	0,15	60	1,51	150	0,15	66	1,52
175	0,18	19,0	1,48	175	0,18	65	1,51	175	0,18	70	1,55
200	0,20	20,5	1,49	200	0,20	71	1,52	200	0,20	74	1,58
225	0,23	21,0	1,49	225	0,23	72	1,53	225	0,23	81	1,6
250	0,25	23,0	1,49	250	0,25	73	1,55	250	0,25	84	1,61
275	0,28	26,0	1,5	275	0,28	74	1,57	275	0,28	85	1,63
300	0,30	29,0	1,5	300	0,30	75	1,59	300	0,30	88	1,65
325	0,33	31,0	1,5	325	0,33	76	1,59	325	0,33	90	1,68
350	0,35	32,0	1,5	350	0,35	76	1,6	350	0,35	91	1,71
375	0,38	34,0	1,5	375	0,38	76	1,61	375	0,38	92	1,72
400	0,40	35,0	1,51	400	0,40	76	1,62	400	0,40	92	1,72
425	0,43	37,0	1,51	425	0,43	76	1,63	425	0,43	93	1,72



450	0,45	38,0	1,51	450	0,45	77	1,64	450	0,45	94	1,73
475	0,48	38,0	1,51	475	0,48	78	1,65	475	0,48	91	1,73
500	0,50	39,0	1,52	500	0,50	78	1,65	500	0,50	91	1,72
525	0,53	39,0	1,52	525	0,53	78	1,66	525	0,53	90	1,72
550	0,55	39,0	1,51	550	0,55	78	1,66	550	0,55	90	1,72
575	0,58	39,0	1,5	575	0,58	77	1,66	575	0,58	89	1,72
600	0,60	39,0	1,49	600	0,60	77	1,66	600	0,60	89	1,71
625	0,63	39,0	1,49	625	0,63	77	1,66	625	0,63	89	1,71
650	0,65	39,0	1,48	650	0,65	77	1,66	650	0,65	89	1,71
675	0,68	39,0	1,48	675	0,68	77	1,66	675	0,68	88	1,71
700	0,70	39,0	1,48	700	0,70	76	1,66	700	0,70	88	1,71
725	0,73	39,0	1,48	725	0,73	76	1,66	725	0,73	88	1,71
750	0,75	38,0	1,48	750	0,75	76	1,66	750	0,75	88	1,71
775	0,78	38,0	1,48	775	0,78	76	1,66	775	0,78	88	1,7
800	0,80	38,0	1,48	800	0,80	76	1,66	800	0,80	88	1,7
825	0,83	38,0	1,48	825	0,83	76	1,66	825	0,83	88	1,7
850	0,85	37,0	1,48	850	0,85	75	1,66	850	0,85	87	1,7
875	0,88	37,0	1,48	875	0,88	75	1,66	875	0,88	87	1,7
900	0,90	37,0	1,47	900	0,90	75	1,66	900	0,90	87	1,7
925	0,93	37,0	1,47	925	0,93	75	1,66	925	0,93	87	1,7
950	0,95	37,0	1,47	950	0,95	75	1,65	950	0,95	87	1,7
975	0,98	37,0	1,47	975	0,98	75	1,65	975	0,98	87	1,7
1000	1,00	37,0	1,47	1000	1,00	75	1,65	1000	1,00	87	1,7

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Eff. Cell Pressure ( $\sigma'3$ )	: 1,00	kg/cm <sup>2</sup>
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Prima	Cell Pressure ( $\sigma3$ )	: 2,40	kg/cm <sup>2</sup>
Remarks	:	With	: side drains	Back Pressure	: 1,40	kg/cm <sup>2</sup>
Code	: Ekspansif P10 K15	Without	: side drains	Consolidated Length	: 7,189	cm
Cell No	: 1	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10,059	cm <sup>2</sup>
Date of Test	: 4 juni-10	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 69,938	cm <sup>3</sup>

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator Stress ( $\Delta\sigma$ )	Principal Stress and Ratio				Critical State Parameters				Remarks
Dial Reading	Unit Strain	Factor	Corrected	Dial Reading	0.14 kg	Dial Reading	u		Major Tot. ( $\sigma1$ )	Major Eff. ( $\sigma'1$ )	Minor Eff. ( $\sigma'3$ )	Eff. Ratio ( $\sigma'1/\sigma'3$ )	p	q	p'	ln p	
1 div = 0.001 cm	$\epsilon$	(1 - $\epsilon$ )	Ao/(1 - $\epsilon$ )	1 div	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta u$	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	$\frac{1}{2}(\sigma1 + \sigma3)$	$(\sigma1 - \sigma3)$	$\frac{1}{2}(\sigma'1 + \sigma'3)$	$(\sigma1 - \sigma3)$	
(div)	(cm)	(%)	(%)	(cm <sup>2</sup> )	(div)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0,000	0,000	100	10,059	0,00	0,00	1,40	0	0,000	2,400	1,000	1,00	1,00	2,400	0,000	1,000	0,875
25	0,025	0,348	99,652	10,094	10,00	1,40	1,43	0,03	0,139	2,539	1,109	0,97	1,14	2,446	0,139	1,016	0,895
50	0,050	0,695	99,305	10,129	13,0	1,82	1,43	0,03	0,180	2,580	1,150	0,97	1,19	2,460	0,180	1,030	0,900
75	0,075	1,043	98,957	10,165	14,0	1,96	1,43	0,03	0,193	2,593	1,163	0,97	1,20	2,464	0,193	1,034	0,902
100	0,100	1,391	98,609	10,201	15,0	2,10	1,45	0,05	0,206	2,606	1,156	0,95	1,22	2,469	0,206	1,019	0,904
125	0,125	1,739	98,261	10,237	16,5	2,31	1,45	0,05	0,226	2,626	1,176	0,95	1,24	2,475	0,226	1,025	0,906
150	0,150	2,086	97,914	10,273	18,0	2,52	1,47	0,07	0,245	2,645	1,175	0,93	1,26	2,482	0,245	1,012	0,909
175	0,175	2,434	97,566	10,310	19,0	2,66	1,48	0,08	0,258	2,658	1,178	0,92	1,28	2,486	0,258	1,006	0,911
200	0,200	2,782	97,218	10,346	20,5	2,87	1,49	0,09	0,277	2,677	1,187	0,91	1,30	2,492	0,277	1,002	0,913

						0													
225	0,225	3,130	96,870	10,384	21,0	2,940	1,49	0,09	0,283	2,683	1,193	0,91	1,31	2,494	0,283	1,004	0,914		
250	0,250	3,477	96,523	10,421	23,0	3,220	1,49	0,09	0,309	2,709	1,219	0,91	1,34	2,503	0,309	1,013	0,917		
275	0,275	3,825	96,175	10,459	26,0	3,640	1,50	0,10	0,348	2,748	1,248	0,90	1,39	2,516	0,348	1,016	0,923		
300	0,300	4,173	95,827	10,497	29,0	4,060	1,50	0,10	0,387	2,787	1,287	0,90	1,43	2,529	0,387	1,029	0,928		
325	0,325	4,521	95,479	10,535	31,0	4,340	1,50	0,10	0,412	2,812	1,312	0,90	1,46	2,537	0,412	1,037	0,931		
350	0,350	4,868	95,132	10,573	32,0	4,480	1,50	0,10	0,424	2,824	1,324	0,90	1,47	2,541	0,424	1,041	0,933		
375	0,375	5,216	94,784	10,612	34,0	4,760	1,50	0,10	0,449	2,849	1,349	0,90	1,50	2,550	0,449	1,050	0,936		
400	0,400	5,564	94,436	10,651	35,0	4,900	1,51	0,11	0,460	2,860	1,350	0,89	1,52	2,553	0,460	1,043	0,937		
425	0,425	5,912	94,088	10,691	37,0	5,180	1,51	0,11	0,485	2,885	1,375	0,89	1,54	2,562	0,485	1,052	0,941		
450	0,450	6,259	93,741	10,730	38,0	5,320	1,51	0,11	0,496	2,896	1,386	0,89	1,56	2,565	0,496	1,055	0,942		
475	0,475	6,607	93,393	10,770	38,0	5,320	1,51	0,11	0,494	2,894	1,384	0,89	1,56	2,565	0,494	1,055	0,942		
500	0,500	6,955	93,045	10,811	39,0	5,460	1,52	0,12	0,505	2,905	1,385	0,88	1,57	2,568	0,505	1,048	0,943	opt	
525	0,525	7,303	92,697	10,851	39,0	5,460	1,52	0,12	0,503	2,903	1,383	0,88	1,57	2,568	0,503	1,048	0,943		
550	0,550	7,650	92,350	10,892	39,0	5,460	1,51	0,11	0,501	2,901	1,391	0,89	1,56	2,567	0,501	1,057	0,943		
575	0,575	7,998	92,002	10,933	39,0	5,460	1,50	0,10	0,499	2,899	1,399	0,90	1,55	2,566	0,499	1,066	0,943		
600	0,600	8,346	91,654	10,975	39,0	5,460	1,49	0,09	0,498	2,898	1,408	0,91	1,55	2,566	0,498	1,076	0,942		
625	0,625	8,694	91,306	11,016	39,0	5,460	1,49	0,09	0,496	2,896	1,406	0,91	1,54	2,565	0,496	1,075	0,942		
650	0,650	9,041	90,959	11,058	39,0	5,460	1,48	0,08	0,494	2,894	1,414	0,92	1,54	2,565	0,494	1,085	0,942		
675	0,675	9,389	90,611	11,101	39,0	5,460	1,48	0,08	0,492	2,892	1,412	0,92	1,53	2,564	0,492	1,084	0,942		
700	0,700	9,737	90,263	11,144	39,0	5,460	1,48	0,08	0,490	2,890	1,410	0,92	1,53	2,563	0,490	1,083	0,941		

725	0,725	10,085	89,915	11,187	39,0	5,46 0	1,48	0,08	0,488	2,888	1,408	0,92	1,53	2,563	0,488	1,083	0,941	
750	0,750	10,432	89,568	11,230	38,0	5,32 0	1,48	0,08	0,474	2,874	1,394	0,92	1,51	2,558	0,474	1,078	0,939	
775	0,775	10,780	89,220	11,274	38,0	5,32 0	1,48	0,08	0,472	2,872	1,392	0,92	1,51	2,557	0,472	1,077	0,939	
800	0,800	11,128	88,872	11,318	38,0	5,32 0	1,48	0,08	0,470	2,870	1,390	0,92	1,51	2,557	0,470	1,077	0,939	
825	0,825	11,476	88,524	11,363	38,0	5,32 0	1,48	0,08	0,468	2,868	1,388	0,92	1,51	2,556	0,468	1,076	0,938	
850	0,850	11,823	88,177	11,407	37,0	5,18 0	1,48	0,08	0,454	2,854	1,374	0,92	1,49	2,551	0,454	1,071	0,937	
875	0,875	12,171	87,829	11,453	37,0	5,18 0	1,48	0,08	0,452	2,852	1,372	0,92	1,49	2,551	0,452	1,071	0,936	
900	0,900	12,519	87,481	11,498	37,0	5,18 0	1,47	0,07	0,451	2,851	1,381	0,93	1,48	2,550	0,451	1,080	0,936	
925	0,925	12,867	87,133	11,544	37,0	5,18 0	1,47	0,07	0,449	2,849	1,379	0,93	1,48	2,550	0,449	1,080	0,936	
950	0,950	13,214	86,786	11,590	37,0	5,18 0	1,47	0,07	0,447	2,847	1,377	0,93	1,48	2,549	0,447	1,079	0,936	
975	0,975	13,562	86,438	11,637	37,0	5,18 0	1,47	0,07	0,445	2,845	1,375	0,93	1,48	2,548	0,445	1,078	0,935	
1000	1,000	13,910	86,090	11,684	37,0	5,18 0	1,47	0,07	0,443	2,843	1,373	0,93	1,48	2,548	0,443	1,078	0,935	

### Calculation

Maximum deviator stress ( $\Delta\sigma$ )	=	50,51	KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	152,00	KPa
Strain at max. dev. stress ( $\epsilon$ )	=	6,955	%

### Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress ( $\sigma_1$ )	=	290,5	KPa
Total minor principal stress ( $\sigma_3$ )	=	240	KPa
Effective major principal stress ( $\sigma'_1$ )	=	138,5	KPa

Effective minor principal stress ( $\sigma'3$ ) = 88,0 KPa  
 Effective principal stress ratio ( $\sigma'1/\sigma'3$ ) = 1,57

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 2,00	kg/c m2
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Prima	Cell Pressure	: 3,40	kg/c m3
Remarks		With	: side	Back Pressure	: 1,40	kg/c m4
Code	: Ekspansif P10 K15	Without	: drains	Consolidated Length	: 7,187	cm
Cell No	: 2	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10,05	cm2
Date of Test	: 4 juni Juli 2010	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 62,93	cm3
					: 8	cm3

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading	Unit Strain	Factor	Corrected	Dial Reading	Dial Reading	Stress		Major Tot.	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'	q'		
1 div = 0.001 cm	$\epsilon$	(100 - $\epsilon$ )	$A_0/(1 - \epsilon)$	1 div	0.14 kg	u	$\Delta u$	( $\sigma_1 - \sigma_3$ )	( $\sigma_1$ )	( $\sigma'1$ )	( $\sigma'3$ )	( $\sigma'1/\sigma'3$ )	$\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$	$\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$	$\frac{1}{2}(\sigma'1 + \sigma'3)$	$\frac{1}{2}(\sigma'1 - \sigma'3)$	
(div)	(cm)	(%)	(cm2)	(div)	(kg)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(%)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
0	0,000	0,000	100	10,052	0,0	0,00	1,40	0	0,000	3,400	2,000	2,00	1,00	3,400	0,000	2,000	0,000
25	0,025	0,348	99,652	10,087	13,5	1,89	1,42	0,02	0,187	3,587	2,167	1,98	1,09	3,462	0,187	2,042	0,187
50	0,050	0,696	99,304	10,123	36,0	5,04	1,43	0,03	0,497	3,898	2,468	1,97	1,25	3,566	0,498	2,136	0,498
75	0,075	1,044	98,956	10,158	44,0	6,16	1,45	0,05	0,606	4,006	2,556	1,95	1,31	3,602	0,606	2,152	0,606
100	0,100	1,391	98,609	10,194	49,0	6,86	1,47	0,07	0,672	4,073	2,603	1,93	1,35	3,624	0,673	2,154	0,673
125	0,125	1,739	98,261	10,230	55,0	7,70	1,50	0,10	0,752	4,153	2,653	1,90	1,40	3,651	0,753	2,151	0,753

150	0,150	2,087	97,913	10,266	60,0	8,40 0	1,51	0,11	0,818 2	4,218	2,708	1,89	1,43	3,673	0,818	2,163	0,818	
175	0,175	2,435	97,565	10,303	65,0	9,10 0	1,51	0,11	0,883 2	4,283	2,773	1,89	1,47	3,694	0,883	2,184	0,883	
200	0,200	2,783	97,217	10,340	71,0	9,94 0	1,52	0,12	0,961 3	4,361	2,841	1,88	1,51	3,720	0,961	2,200	0,961	
225	0,225	3,131	96,869	10,377	72,0	10,0 80	1,53	0,13	0,971 4	4,371	2,841	1,87	1,52	3,724	0,971	2,194	0,971	
250	0,250	3,479	96,521	10,414	73,0	10,2 20	1,55	0,15	0,981 3	4,381	2,831	1,85	1,53	3,727	0,981	2,177	0,981	
275	0,275	3,826	96,174	10,452	74,0	10,3 60	1,57	0,17	0,991 2	4,391	2,821	1,83	1,54	3,730	0,991	2,160	0,991	
300	0,300	4,174	95,826	10,490	75,0	10,5 00	1,59	0,19	1,000 9	4,401	2,811	1,81	1,55	3,734	1,001	2,144	1,001	
325	0,325	4,522	95,478	10,528	76,0	10,6 40	1,59	0,19	1,010 6	4,411	2,821	1,81	1,56	3,737	1,011	2,147	1,011	
350	0,350	4,870	95,130	10,567	76,0	10,6 40	1,60	0,20	1,006 9	4,407	2,807	1,80	1,56	3,736	1,007	2,136	1,007	
375	0,375	5,218	94,782	10,606	76,0	10,6 40	1,61	0,21	1,003 2	4,403	2,793	1,79	1,56	3,734	1,003	2,124	1,003	
400	0,400	5,566	94,434	10,645	76,0	10,6 40	1,62	0,22	0,999 6	4,400	2,780	1,78	1,56	3,733	1,000	2,113	1,000	
425	0,425	5,914	94,086	10,684	76,0	10,6 40	1,63	0,23	0,995 9	4,396	2,766	1,77	1,56	3,732	0,996	2,102	0,996	
450	0,450	6,261	93,739	10,724	77,0	10,7 80	1,64	0,24	1,005 3	4,405	2,765	1,76	1,57	3,735	1,005	2,095	1,005	
475	0,475	6,609	93,391	10,764	78,0	10,9 20	1,65	0,25	1,014 5	4,415	2,765	1,75	1,58	3,738	1,015	2,088	1,015	opt
500	0,500	6,957	93,043	10,804	78,0	10,9 20	1,65	0,25	1,010 8	4,411	2,761	1,75	1,58	3,737	1,011	2,087	1,011	
525	0,525	7,305	92,695	10,844	78,0	10,9 20	1,66	0,26	1,007 0	4,407	2,747	1,74	1,58	3,736	1,007	2,076	1,007	
550	0,550	7,653	92,347	10,885	78,0	10,9 20	1,66	0,26	1,003 2	4,403	2,743	1,74	1,58	3,734	1,003	2,074	1,003	
575	0,575	8,001	91,999	10,926	77,0	10,7 80	1,66	0,26	0,986 6	4,387	2,727	1,74	1,57	3,729	0,987	2,069	0,987	
600	0,600	8,349	91,651	10,968	77,0	10,7 80	1,66	0,26	0,982 9	4,383	2,723	1,74	1,56	3,728	0,983	2,068	0,983	
625	0,625	8,696	91,304	11,010	77,0	10,7 80	1,66	0,26	0,979 1	4,379	2,719	1,74	1,56	3,726	0,979	2,066	0,979	
650	0,650	9,044	90,956	11,052	77,0	10,7	1,66	0,26	0,975	4,375	2,715	1,74	1,56	3,725	0,975	2,065	0,975	

						80			4									
675	0,675	9,392	90,608	11,094	77,0	10,7 80	1,66	0,26	0,971 7	4,372	2,712	1,74	1,56	3,724	0,972	2,064	0,972	
700	0,700	9,740	90,260	11,137	76,0	10,6 40	1,66	0,26	0,955 4	4,355	2,695	1,74	1,55	3,718	0,955	2,058	0,955	
725	0,725	10,088	89,912	11,180	76,0	10,6 40	1,66	0,26	0,951 7	4,352	2,692	1,74	1,55	3,717	0,952	2,057	0,952	
750	0,750	10,436	89,564	11,223	76,0	10,6 40	1,66	0,26	0,948 0	4,348	2,688	1,74	1,54	3,716	0,948	2,056	0,948	
775	0,775	10,784	89,216	11,267	76,0	10,6 40	1,66	0,26	0,944 3	4,344	2,684	1,74	1,54	3,715	0,944	2,055	0,944	
800	0,800	11,131	88,869	11,311	76,0	10,6 40	1,66	0,26	0,940 7	4,341	2,681	1,74	1,54	3,714	0,941	2,054	0,941	
825	0,825	11,479	88,521	11,356	76,0	10,6 40	1,66	0,26	0,937 0	4,337	2,677	1,74	1,54	3,712	0,937	2,052	0,937	
850	0,850	11,827	88,173	11,401	75,0	10,5 00	1,66	0,26	0,921 0	4,321	2,661	1,74	1,53	3,707	0,921	2,047	0,921	
875	0,875	12,175	87,825	11,446	75,0	10,5 00	1,66	0,26	0,917 4	4,317	2,657	1,74	1,53	3,706	0,917	2,046	0,917	
900	0,900	12,523	87,477	11,491	75,0	10,5 00	1,66	0,26	0,913 7	4,314	2,654	1,74	1,53	3,705	0,914	2,045	0,914	
925	0,925	12,871	87,129	11,537	75,0	10,5 00	1,66	0,26	0,910 1	4,310	2,650	1,74	1,52	3,703	0,910	2,043	0,910	
950	0,950	13,219	86,781	11,583	75,0	10,5 00	1,65	0,25	0,906 5	4,306	2,656	1,75	1,52	3,702	0,906	2,052	0,906	
975	0,975	13,566	86,434	11,630	75,0	10,5 00	1,65	0,25	0,902 8	4,303	2,653	1,75	1,52	3,701	0,903	2,051	0,903	
1000	1,000	13,914	86,086	11,677	75,0	10,5 00	1,65	0,25	0,899 2	4,299	2,649	1,75	1,51	3,700	0,899	2,050	0,899	

#### Calculation

Maximum deviator stress ( $\Delta\sigma$ )	=	101,45	KPa
Pore pressure at max. dev. stress (u)	=	165,00	KPa
Strain at max. dev. stress ( $\epsilon$ )	=	6,609	%

#### Principal Stresses at maximum deviator stress

Total major principal stress	=	441,5	KPa
------------------------------	---	-------	-----

( $\sigma_1$ )  
 Total minor principal stress  
 ( $\sigma_3$ ) = 340 KPa  
 Effective major principal stress ( $\sigma'_1$ ) = 276,5 KPa  
 Effective minor principal stress ( $\sigma'_3$ ) = 175,0 KPa  
 Effective principal stress ratio ( $\sigma'_1/\sigma'_3$ ) = 1,58

Project	: Skripsi	Type of Test	: TX-CU	Effective Cell Pressure	: 3,00	kg/cm <sup>2</sup>
Location	: Lab Mektan FTUI	Tested By	: Prima	Cell Pressure	: 4,40	kg/cm <sup>3</sup>
Remarks		With	: side drain	Back Pressure	: 1,40	kg/cm <sup>4</sup>
Code	: Ekspansif P10 K15	Without	: s	Consolidated Length	: 7,185	cm
Cell No	: 3	Rate of Strain	: 0.005 mm/min	Consolidated Area	: 10,04	cm <sup>2</sup>
Date of Test	: 4 Juni 2010	LRC	: 0,14	Consolidated Volume	: 58,63	cm <sup>3</sup>
					: 8	cm <sup>3</sup>

Strain		Area Corrected		Axial Load		Pore Pressure		Deviator or Stress	Principal Stress and Ratio				Stress Path				Remarks
Dial Reading	Unit Strain	Factor	Corrected	Dial Reading		Dial Reading		( $\sigma_1 - \sigma_3$ )	Major Tot.	Major Eff.	Minor Eff.	Eff. Ratio	p	q	p'	q'	
1 div = 0.001 cm	$\epsilon$	(100 - $\epsilon$ )	$A_o/(1 - \epsilon)$	1 div	0.14 kg	u	$\Delta u$		( $\sigma_1$ )	( $\sigma'_1$ )	( $\sigma'_3$ )	( $\sigma'_1/\sigma'_3$ )	$\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$	$\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$	$\frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3)$	$\frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3)$	
(div)	(cm)	(%)	(cm <sup>2</sup> )	(div)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0,000	0,000	100	10,048	0,000	1,40	0	0,0000	4,400	3,000	3,00	1,00	4,400	0,000	3,000	0,000	
25	0,025	0,348	99,652	10,08	25,0	3,50	1,45	0,05	0,3471	4,747	3,297	2,95	1,12	4,516	0,347	3,066	0,347



				3		0												
50	0,050	0,696	99,304	10,119	41,0	5,740	1,49	0,09	0,5673	4,967	3,477	2,91	1,19	4,589	0,567	3,099	0,567	
75	0,075	1,044	98,956	10,154	54,0	7,560	1,49	0,09	0,7445	5,145	3,655	2,91	1,26	4,648	0,745	3,158	0,745	
100	0,100	1,392	98,608	10,190	59,0	8,260	1,50	0,10	0,8106	5,211	3,711	2,90	1,28	4,670	0,811	3,170	0,811	
125	0,125	1,740	98,260	10,226	63,0	8,820	1,50	0,10	0,8625	5,263	3,763	2,90	1,30	4,688	0,863	3,188	0,863	
150	0,150	2,088	97,912	10,262	66,0	9,240	1,52	0,12	0,9004	5,300	3,780	2,88	1,31	4,700	0,900	3,180	0,900	
175	0,175	2,435	97,565	10,299	70,0	9,800	1,55	0,15	0,9515	5,352	3,802	2,85	1,33	4,717	0,952	3,167	0,952	
200	0,200	2,783	97,217	10,336	74,0	10,360	1,58	0,18	1,0023	5,402	3,822	2,82	1,36	4,734	1,002	3,154	1,002	
225	0,225	3,131	96,869	10,373	81,0	11,340	1,60	0,20	1,0932	5,493	3,893	2,80	1,39	4,764	1,093	3,164	1,093	
250	0,250	3,479	96,521	10,410	84,0	11,760	1,61	0,21	1,1296	5,530	3,920	2,79	1,40	4,777	1,130	3,167	1,130	
275	0,275	3,827	96,173	10,448	85,0	11,900	1,63	0,23	1,1390	5,539	3,909	2,77	1,41	4,780	1,139	3,150	1,139	
300	0,300	4,175	95,825	10,486	88,0	12,320	1,65	0,25	1,1749	5,575	3,925	2,75	1,43	4,792	1,175	3,142	1,175	
325	0,325	4,523	95,477	10,524	90,0	12,600	1,68	0,28	1,1972	5,597	3,917	2,72	1,44	4,799	1,197	3,119	1,197	
350	0,350	4,871	95,129	10,563	91,0	12,740	1,71	0,31	1,2061	5,606	3,896	2,69	1,45	4,802	1,206	3,092	1,206	
375	0,375	5,219	94,781	10,601	92,0	12,880	1,72	0,32	1,2149	5,615	3,895	2,68	1,45	4,805	1,215	3,085	1,215	
400	0,400	5,567	94,433	10,641	92,0	12,880	1,72	0,32	1,2105	5,610	3,890	2,68	1,45	4,803	1,210	3,083	1,210	
425	0,425	5,915	94,085	10,680	93,0	13,020	1,72	0,32	1,2191	5,619	3,899	2,68	1,45	4,806	1,219	3,086	1,219	
450	0,450	6,263	93,737	10,719	94,0	13,160	1,73	0,33	1,2277	5,628	3,898	2,67	1,46	4,809	1,228	3,079	1,228	
475	0,475	6,611	93,389	10,759	91,0	12,740	1,73	0,33	1,1841	5,584	3,854	2,67	1,44	4,795	1,184	3,065	1,184	
500	0,500	6,958	93,042	10,800	91,0	12,740	1,72	0,32	1,1797	5,580	3,860	2,68	1,44	4,793	1,180	3,073	1,180	
525	0,525	7,306	92,694	10,840	90,0	12,600	1,72	0,32	1,1623	5,562	3,842	2,68	1,43	4,787	1,162	3,067	1,162	

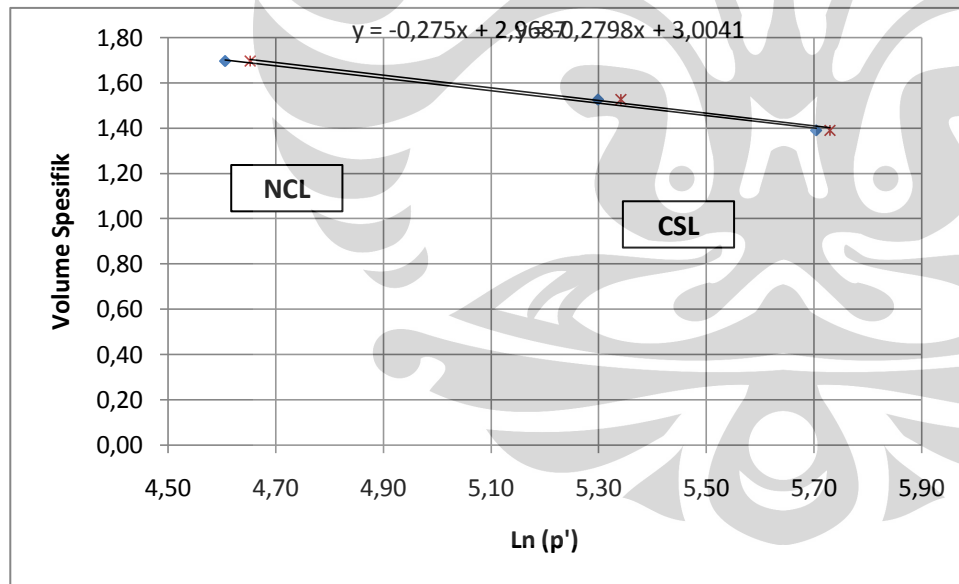
550	0,550	7,654	92,346	10,88 1	90,0	12,6 00	1,72	0,32	1,1580	5,558	3,838	2,68	1,43	4,786	1,158	3,066	1,158	
575	0,575	8,002	91,998	10,92 2	89,0	12,4 60	1,72	0,32	1,1408	5,541	3,821	2,68	1,43	4,780	1,141	3,060	1,141	
600	0,600	8,350	91,650	10,96 4	89,0	12,4 60	1,71	0,31	1,1365	5,536	3,826	2,69	1,42	4,779	1,136	3,069	1,136	
625	0,625	8,698	91,302	11,00 5	89,0	12,4 60	1,71	0,31	1,1322	5,532	3,822	2,69	1,42	4,777	1,132	3,067	1,132	*peak
650	0,650	9,046	90,954	11,04 8	89,0	12,4 60	1,71	0,31	1,1279	5,528	3,818	2,69	1,42	4,776	1,128	3,066	1,128	
675	0,675	9,394	90,606	11,09 0	88,0	12,3 20	1,71	0,31	1,1109	5,511	3,801	2,69	1,41	4,770	1,111	3,060	1,111	
700	0,700	9,742	90,258	11,13 3	88,0	12,3 20	1,71	0,31	1,1066	5,507	3,797	2,69	1,41	4,769	1,107	3,059	1,107	
725	0,725	10,090	89,910	11,17 6	88,0	12,3 20	1,71	0,31	1,1024	5,502	3,792	2,69	1,41	4,767	1,102	3,057	1,102	
750	0,750	10,438	89,562	11,21 9	88,0	12,3 20	1,71	0,31	1,0981	5,498	3,788	2,69	1,41	4,766	1,098	3,056	1,098	
775	0,775	10,786	89,214	11,26 3	88,0	12,3 20	1,70	0,30	1,0939	5,494	3,794	2,70	1,41	4,765	1,094	3,065	1,094	
800	0,800	11,134	88,866	11,30 7	88,0	12,3 20	1,70	0,30	1,0896	5,490	3,790	2,70	1,40	4,763	1,090	3,063	1,090	
825	0,825	11,482	88,518	11,35 1	88,0	12,3 20	1,70	0,30	1,0853	5,485	3,785	2,70	1,40	4,762	1,085	3,062	1,085	
850	0,850	11,829	88,171	11,39 6	87,0	12,1 80	1,70	0,30	1,0688	5,469	3,769	2,70	1,40	4,756	1,069	3,056	1,069	
875	0,875	12,177	87,823	11,44 1	87,0	12,1 80	1,70	0,30	1,0646	5,465	3,765	2,70	1,39	4,755	1,065	3,055	1,065	
900	0,900	12,525	87,475	11,48 7	87,0	12,1 80	1,70	0,30	1,0603	5,460	3,760	2,70	1,39	4,753	1,060	3,053	1,060	
925	0,925	12,873	87,127	11,53 3	87,0	12,1 80	1,70	0,30	1,0561	5,456	3,756	2,70	1,39	4,752	1,056	3,052	1,056	
950	0,950	13,221	86,779	11,57 9	87,0	12,1 80	1,70	0,30	1,0519	5,452	3,752	2,70	1,39	4,751	1,052	3,051	1,052	
975	0,975	13,569	86,431	11,62 6	87,0	12,1 80	1,70	0,30	1,0477	5,448	3,748	2,70	1,39	4,749	1,048	3,049	1,048	
1000	1,000	13,917	86,083	11,67 3	87,0	12,1 80	1,70	0,30	1,0435	5,443	3,743	2,70	1,39	4,748	1,043	3,048	1,043	

### Calculation

Maximum deviator stress  
 ( $\Delta\sigma$ ) = 122,77 KPa  
 Pore pressure at max. dev.  
 stress ( $u$ ) = 173,00 KPa  
 Strain at max. dev. stress ( $\epsilon$ ) = 6,263 %

**Principal Stresses at maximum deviator stress**

Total major principal stress  
 ( $\sigma_1$ ) = 562,8 KPa  
 Total minor principal stress  
 ( $\sigma_3$ ) = 440 KPa  
 Effective major principal  
 stress ( $\sigma'_1$ ) = 389,8 KPa  
 Effective minor principal  
 stress ( $\sigma'_3$ ) = 267,0 KPa  
 Effective principal stress ratio ( $\sigma'_1/\sigma'_3$ ) = 1,46





Gambar Sample 1 Triaksial CU



Gambar Sample 2 Triaksial CU



Gambar Sample 3 Triaksial CU

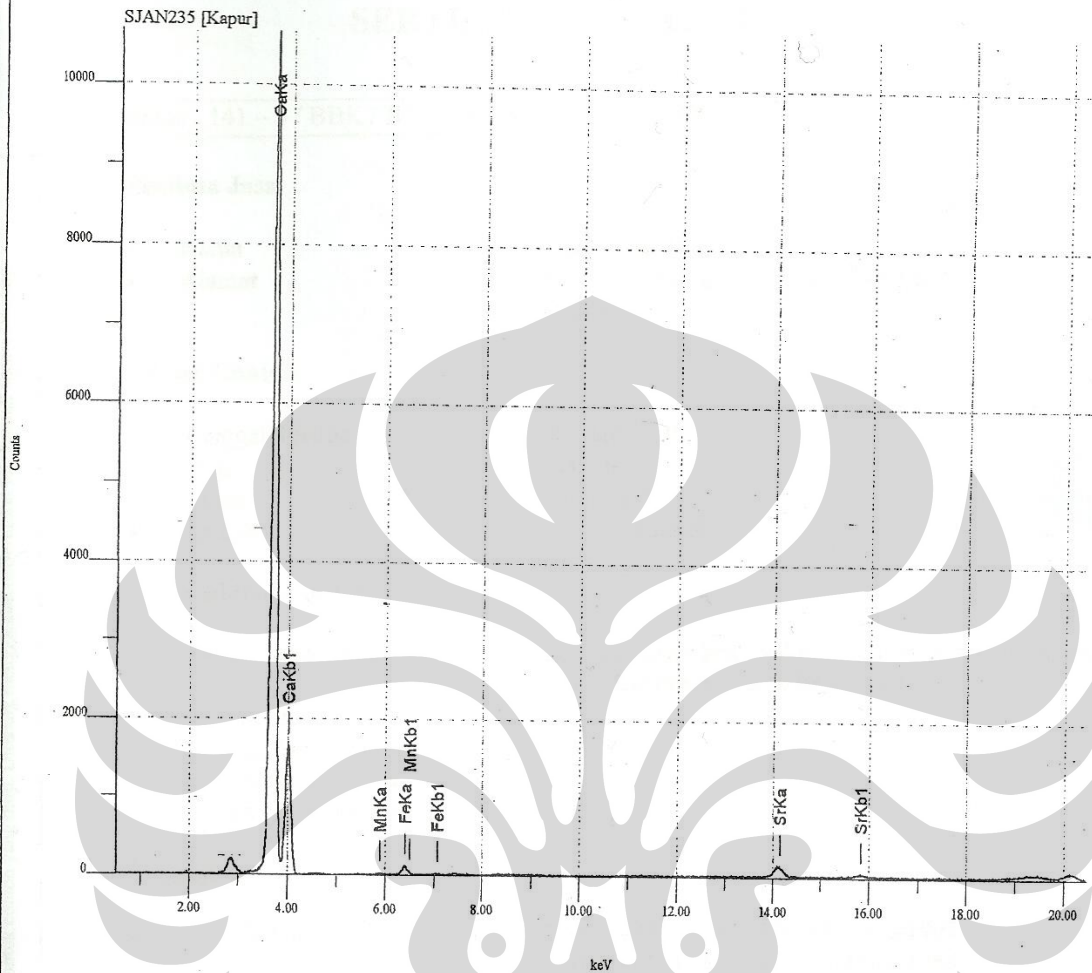




**LAMPIRAN 5**

**HASIL PENGUJIAN**

***UJI MINERAL X-RAY FLUORESCENCE DAN X-RAY DIFRACTION***



File Name : D:\USERJAN10\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 Fe2O3	0.6756	0.2388	0.0059714	1870	0.0299
* 4	38 SrO	0.3953	0.2153	0.0154649	3644	0.0186





## SERTIFIKAT PENGUJIAN

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

Halaman 1 dari 3

### Peminta Jasa

- Nama : Pudia Prisdndhy
- 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



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

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

No.	Tanda Contoh	Jenis Uji	Metode Uji	Hasil Uji	
1.	Ekspansif	Analisis Kimia, % berat			
			SiO <sub>2</sub>	SNI 15-0449-1989	57,89
			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SNI 15-4936-1998	19,03
			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SNI 15-2173-1991	3,13
			TiO <sub>2</sub>	SNI 15-0449-1989	0,64
			CaO	SNI 15-1569-1989	2,62
			MgO	SNI 15-1569-1989	1,88
			Na <sub>2</sub> O	SNI 15-0449-1989	1,46
			K <sub>2</sub> 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



F-PSK-03-02

Sample Identification : Ekspansif

24-Jun-2010 16:01



141500K.SM