



UNIVERSITAS INDONESIA

**STABILISASI TANAH RESIDUAL DEPOK DENGAN SEMEN
SEBAGAI LAPISAN PERKERASAN SUBBASE**

SKRIPSI

**Fira Yolanda
0606072244**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
JANUARI 2011**

1003/FT.01/SKRIP/01/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**STABILISASI TANAH RESIDUAL DEPOK DENGAN SEMEN
SEBAGAI PERKERASAN LAPISAN SUBBASE**

SKRIPSI

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

**FIRA YOLANDA
0606072244**

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fira Yolanda

NPM : 0606072244

Tanda Tangan : 

Tanggal : 10 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Fira Yolanda
NPM : 0606072244
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Stabilisasi Tanah Residual Depok Dengan Semen
Sebagai Lapisan Perkerasan *Subbase*

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc (.....) 
Pembimbing : Dr. Ir. Sigit P. Hadiwardoyo, DEA (.....) 
Penguji : Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng. (.....) 
Penguji : Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA (.....) 

Ditetapkan di : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia,
Depok
Tanggal : 10 Januari 2011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat segala nikmat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.

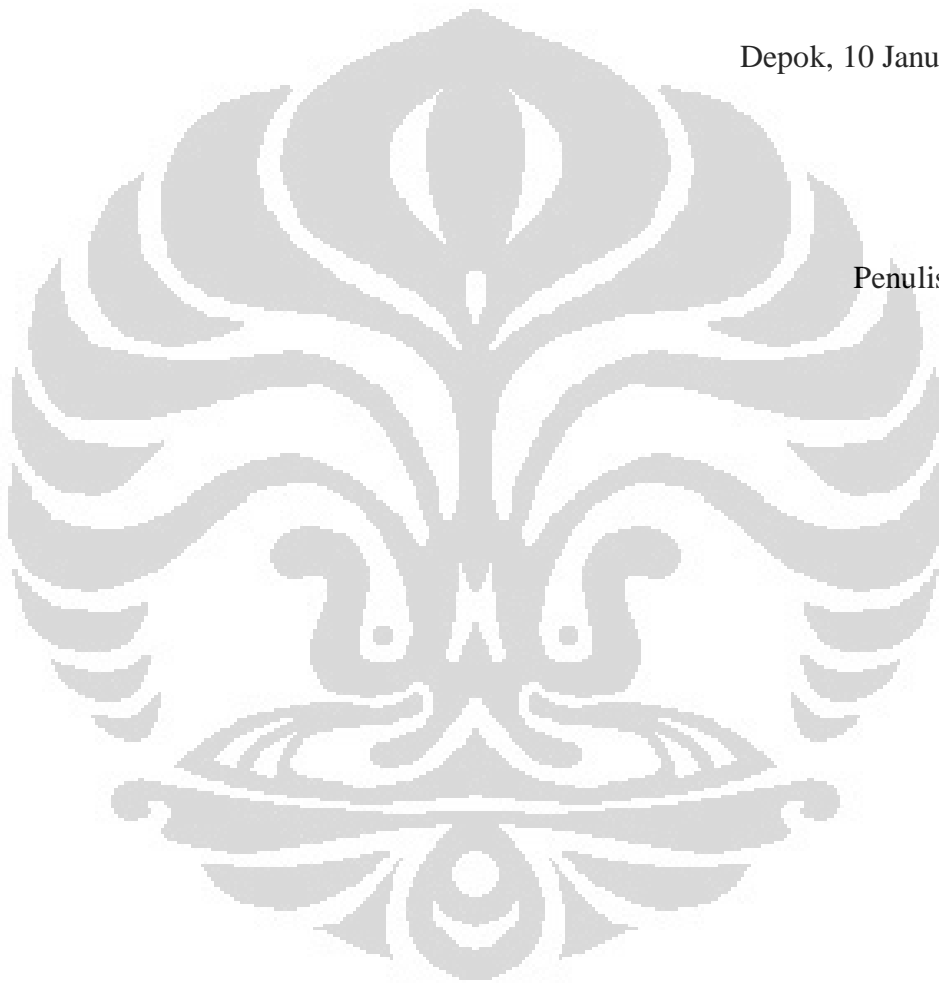
Di dalam penyusunan skripsi ini penulis tidak mungkin dapat menyelesaikannya sendiri, akan tetapi banyak mendapat bantuan dari pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu tercinta dan almarhum Ayah, Kakak tersayang, dan seluruh keluarga yang telah memberikan motivasi serta doa;
2. Bapak Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc. dan Dr. Ir. Sigit P. Hadiwardoyo, DEA selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulisan skripsi ini serta mengajarkan cara menyusun pemikiran yang sistematis hingga skripsi ini selesai;
3. Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng dan Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA, selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan kritik, saran dan masukan selama penyusunan skripsi ini;
4. Seluruh dosen pengajar Program Studi Teknik Sipil FTUI atas bimbingannya selama ini;
5. Seluruh Staff dan Laboran di Laboratorium Mekanika Tanah FTUI (Pak Wardoyo, Pak Narto, Mba Tri, Mas Anto, Pak Fahrurozi, Pak Syafrudin) serta Senior-senior Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan membagi ilmunya kepada penulis;
6. Seluruh teman-teman Teknik Sipil 2006 Universitas Indonesia, khususnya untuk *geotekers* yang selama ini saling memberikan dukungan satu sama lain dan bersedia membantu menghadapi kesulitan bersama;
7. Saudari Sekar Utari dan Ratna Kusuma Dewi yang selalu menyemangati untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini;
8. Semua pihak yang telah banyak membantu dan yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penyusun menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Semoga segala kekurangan ini dapat penulis atasi dengan cara terus belajar dari pengalaman yang akan datang dan juga kritik-kritik yang membangun dari para pembaca. Akhirnya, dengan selesainya penulisan skripsi ini, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Amin.

Depok, 10 Januari 2010

Penulis



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

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

Nama : Fira Yolanda
NPM : 0606072244
Program Studi : S1 Reguler
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 :

**“Stabilisasi Tanah Residual Depok Dengan Semen Sebagai Lapisan
Perkerasan *Subbase*”**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 10 Januari 2011

Yang menyatakan



(Fira Yolanda)

ABSTRAK

Nama : Fira Yolanda
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Stabilisasi Tanah Residual dengan Semen Sebagai Lapisan Perkerasan
Sub-Base

Tanah Residual Depok merupakan tanah yang biasa digunakan sebagai tanah dasar suatu jalan raya. Penggunaan metode stabilisasi dengan semen diharapkan dapat meningkatkan mutu tanah residual Depok dan dapat dijadikan sebagai bahan material lapisan subbase suatu jalan yang biasanya menggunakan material sirtu. Pada pengujian ini digunakan variasi kadar semen sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat kering tanah untuk dapat menentukan kadar semen yang sesuai dengan target yang dapat memenuhi kriteria sebagai lapisan *sub-base* suatu jalan. Dari hasil pengujian, didapatkan kadar semen sebanyak 10% yang sesuai dengan target. Kemudian, dilakukan pengujian CBR dan kuat tekan bebas dengan variasi waktu pemeraman. Pemeraman menggunakan 2 metode yang berbeda yaitu diperam dahulu kemudian dipadatkan dan dipadatkan dahulu kemudian diperam. Waktu pemeraman yang digunakan adalah 0 jam, 6 jam, 24 jam, 72 jam dan 168 jam. Dari hasil pengujian didapatkan tanah yang dipadatkan dahulu kemudian diperam lebih baik hasilnya dibandingkan tanah yang diperam dahulu kemudian dipadatkan.

Kata kunci: Tanah residual, stabilisasi dengan semen, lapisan *sub-base*, CBR, kuat tekan bebas, waktu pemeraman

ABSTRACT

Name : Fira Yolanda

Course : Civil Engineering

Title : Depok Residual Soil Cement Stabilization for Road Subbase Layer

Residual soil Depok is a land which is used as a highway subgrade. The use of methods of stabilization with cement is expected to improve the quality of soil residual Depok and can be used as subbase layer materials of a road that usually use sand stone material. In this test used variations of cement content of 5%, 10%, 15%, 20%, and 25% of the dry weight of soil in order to determine the cement content in accordance with targets that can meet the criteria as subbase layer of a road. From the test results, obtained as much as 10% cement content corresponding to the target. Then, we do test for CBR and unconfined compressive strength with curing time variation. The Curing time using 2 different methods that is curing first before compacted and compacted first and then curing. Curing time used is 0 hours, 6 hours, 24 hours, 72 hours, and 168 hours. From the test results obtained previously compacted soil and then brooded better result that brooded land first and then compacted.

Keywords : Residual soil, stabilization with cement, sub-base layer, CBR, unconfined strength test, curing time

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.4 Metode Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Perkerasan Jalan	6
2.1.1 Perkerasan Lentur	9
2.1.2 Perkerasan Kaku	11
2.1.3 Perkerasan Komposit	11
2.2 Persyaratan Umum Lapisan Pondasi Bawah	11
2.3 Prinsip Stabilisasi Tanah	13
2.4 Tanah Residual	16
2.5 Semen Sebagai Bahan Stabilisasi	18
2.6 Pemadatan Tanah	23
2.7 CBR (<i>CALIFORNIA BEARING RATIO</i>)	27
2.8 Pengujian Kuat Tekan Bebas	30
3. METODE PENELITIAN	32
3.1 Kegiatan Penelitian	32
3.2 Persiapan Material	32
3.3 Pengujian Tanah Asli	32
3.4 Prosedur Pencampuran Tanah Dengan Semen	33
3.5 Pengujian Tanah Asli Yang Telah Dicampur Semen	35
3.6 Penentuan Kadar Semen Target	35
3.7 Variasi Waktu Pemeraman	38
3.8 Pengujian CBR	38
3.9 Pengujian Kuat Tekan Bebas	39

4.	HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM DAN ANALISA DATA	41
4.1.	Pendahuluan.....	41
4.2.	Hasil Uji Tanah Asli.....	41
4.2.1	Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Residual Depok.....	41
4.2.2	Hasil Uji Sifat Mekanik Tanah Residual Depok.....	43
4.2.3	Komposisi Kimia Tanah Asli Depok	47
4.3.	Hasil Uji Tanah Asli Yang Telah Distabilisasi Semen	47
4.3.1	Berat Jenis.....	47
4.3.2	Analisa Ukuran Butiran.....	49
4.3.3	Batas-Batas Atterberg.....	53
4.3.4	Pemadatan.....	55
4.3.5	CBR	60
4.4.	Penentuan Kadar Semen Target yang Sesuai dengan Persyaratan Untuk Lapisan Subbase	65
4.5.	Hasil Uji CBR pada Tanah yang Telah Distabilisasi dengan 10% Semen Terhadap Variasi Waktu Pemeraman	66
4.6	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas pada Tanah yang Telah Distabilisasi dengan 10% Semen Terhadap Variasi Waktu Pemeraman.....	69
4.6.1	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen Tanpa Pemeraman	74
4.6.2	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan	74
4.6.2.1	Diperam 6 jam Kemudian Dipadatkan	74
4.6.2.2	Diperam 24 jam Kemudian Dipadatkan.....	75
4.6.2.3	Diperam 72 jam Kemudian Dipadatkan.....	76
4.6.2.4	Diperam 168 jam Kemudian Dipadatkan.....	76
4.6.3	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan	77
4.6.3.1	Dipadatkan Kemudian Diperam 6 Jam	77
4.6.3.2	Dipadatkan Kemudian Diperam 24 Jam	78
4.6.3.3	Dipadatkan Kemudian Diperam 72 Jam	78
4.6.3.4	Dipadatkan Kemudian Diperam 168 Jam	79
4.7	Nilai Modulus Elastisitas pada Tanah yang Telah Distabilisasi 10% Semen Terhadap Variasi Waktu Pemeraman	80
4.8	Aplikasi di Lapangan	84
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	88
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	90
	DAFTAR PUSTAKA	91
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lapisan Perkerasan Jalan Lentur	6
Gambar 2.2	Lapisan Perkerasan Jalan Kaku	10
Gambar 2.3	Hasil tes SEM (Scanning Electron Micrograph) Tanah Residual Depok.....	16
Gambar 2.4	Tingkat Pelapukan.....	17
Gambar 2.5	Faktor yang Mempengaruhi Properti Tanah yang Distabilisasi Semen	24
Gambar 2.6	Perangkat Uji CBR Laboratorium.....	28
Gambar 2.7	Contoh Perencanaan Ketebalan Konstruksi Jalan dengan Metode CBR	28
Gambar 2.8	Skema Pengujian Kuat Tekan Bebas	30
Gambar 2.9	Perubahan yang Terjadi pada Sampel Selama Percobaan Berlangsung	31
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 4.1	Grafik Plastisitas	42
Gambar 4.2	Kurva Distribusi Ukuran Butiran Tanah Asli.....	43
Gambar 4.3	Grafik Uji Pemadatan Berat Tanah Asli.....	43
Gambar 4.4	Nilai CBR Tanah Asli	45
Gambar 4.5	Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli	46
Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Penambahan Semen pada Tanah Residual Depok	48
Gambar 4.7	Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 5% Semen	49
Gambar 4.8	Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 10% Semen	50
Gambar 4.9	Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 15% Semen	51
Gambar 4.10	Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 20% Semen	51
Gambar 4.11	Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 25% Semen	52
Gambar 4.12	Grafik Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Batas Cair	53
Gambar 4.13	Grafik Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Batas Plastis	54
Gambar 4.14	Grafik Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Indeks Plastisitas	54
Gambar 4.15	Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli	56
Gambar 4.16	Grafik Nilai CBR Tanah Asli	56
Gambar 4.17	Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 5% Semen.....	57
Gambar 4.18	Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 10% Semen.....	57
Gambar 4.19	Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 15% Semen.....	57
Gambar 4.20	Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 20% Semen.....	58
Gambar 4.21	Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 25% Semen.....	58
Gambar 4.22	Grafik Perbandingan Kepadatan Tanah Akibat Penambahan Semen	58

Gambar 4.23	Pengaruh Kadar Semen Terhadap Kadar Air Optimum.....	59
Gambar 4.24	Pengaruh Kadar Semen Terhadap Berat Volume Kering Maksimum.....	59
Gambar 4.25	Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Tak Terendam.....	61
Gambar 4.26	Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Tak Terendam.....	61
Gambar 4.27	Pengaruh Suhu Terhadap CBR.....	62
Gambar 4.28	Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Terendam...	63
Gambar 4.29	Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Terendam.....	63
Gambar 4.30	Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Tak Terendam dan Terendam.....	64
Gambar 4.31	Nilai CBR Terendam Akibat Penambahan Semen dan Persyaratan Nilai CBR Minimum Lapisan <i>Subbase</i> (SNI 03-1744-1989).....	65
Gambar 4.32	Grafik Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai CBR Tak Terendam pada Tanah Asli + 10% Semen.....	67
Gambar 4.33	Grafik Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai CBR Terendam pada Tanah Asli + 10% Semen.....	68
Gambar 4.34	Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan Tanah Asli + 10% Semen Kondisi Tak Terendam pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan.....	70
Gambar 4.35	Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan Tanah Asli + 10% Semen Kondisi Tak Terendam pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam.....	70
Gambar 4.36	Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan Tanah Asli + 10% Semen Kondisi Terendam pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan.....	73
Gambar 4.37	Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan Tanah Asli + 10% Semen Kondisi Terendam pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam.....	73
Gambar 4.38	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Tanpa Pemeraman.....	74
Gambar 4.39	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% dengan Pemeraman selama 6 Jam Kemudian Dipadatkan.....	75
Gambar 4.40	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% dengan Pemeraman selama 24 Jam Kemudian Dipadatkan.....	75
Gambar 4.41	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% dengan Pemeraman selama 72 Jam Kemudian Dipadatkan.....	76
Gambar 4.42	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% dengan Pemeraman selama 168 Jam Kemudian Dipadatkan.....	77
Gambar 4.43	Grafik Nilai UCS Tanah Asli + 10% Semen Terhadap Waktu Pemeraman pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan.....	77
Gambar 4.44	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% dengan Pemadatan Kemudian Diperam selama 6 Jam.....	78
Gambar 4.45	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% dengan Pemadatan Kemudian Diperam selama 24 Jam.....	78

Gambar 4.46	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% dengan Pematatan Kemudian Diperam selama 72 Jam	79
Gambar 4.47	Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% dengan Pematatan Kemudian Diperam selama 168 Jam	79
Gambar 4.48	Grafik Nilai UCS Tanah Asli + 10% Semen Terhadap Waktu Pemeraman pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam	80
Gambar 4.49	Kurva Linear dan Nonlinear Tegangan Regangan dari Material Elastis	81
Gambar 4.50	Grafik Nilai Modulus Elastisitas Tanah Asli + Semen 10% Terhadap Waktu Pemeraman pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan.....	82
Gambar 4.51	Grafik Nilai Modulus Elastisitas Tanah Asli + Semen 10% Terhadap Waktu Pemeraman pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam.....	83
Gambar 4.52	Perbandingan Tebal Perkerasan Jalan yang Menggunakan Material Sirtu dan Stabilisasi Tanah dengan Semen.....	86
Gambar 4.53	Tebal Perkerasan Jalan dengan Menggunakan Stabilisasi Tanah dengan Semen.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persyaratan kekuatan dan <i>durability</i> tanah yang telah distabilisasi	12
Tabel 2.2	Sifat-sifat Lapis Pondasi Bawah Kelas A	13
Tabel 2.3	Sifat-sifat Lapis Pondasi Bawah Kelas B	13
Tabel 2.4	Sifat-sifat Lapis Pondasi Bawah Kelas C	13
Tabel 2.5	Jenis bahan pengikat	15
Tabel 2.6	Metode perbaikan tanah dengan stabilisasi berdasarkan jenis dan komposisi tanah	15
Tabel 2.7	PCC Tiga Roda Properties	19
Tabel 2.8	Sifat-sifat Komponen Senyawa Semen	21
Tabel 2.9	Penentuan perkiraan persentase semen yang dibutuhkan	22
Tabel 2.10	Pengujian Pemadatan Proctor	26
Tabel 2.11	Standard Unit Load pada Tiap Penetrasi	29
Tabel 4.1	Karakteristik Sifat Fisik Hasil Uji Tanah Residual Depok	41
Tabel 4.2	Hasil Uji CBR Tanah Residual Depok	44
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan XRF Tanah Residual Depok	47
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Berat Jenis Akibat Penambahan Semen	49
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Batas-Batas Atterberg Akibat Penambahan Semen	55
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Pemadatan <i>Modified</i> Akibat Penambahan Semen	55
Tabel 4.7	Hasil Pengujian CBR Akibat Penambahan Semen	61
Tabel 4.8	Nilai CBR Tak Terendam dan Terendam Tanah Asli + 10% Semen dengan Variasi Waktu Pemeraman	66
Tabel 4.9	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Kondisi Tak Terendam Tanah Asli + 10% Semen	69
Tabel 4.10	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Kondisi Terendam Tanah Asli + 10% Semen	71
Tabel 4.11	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan	77
Tabel 4.12	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam	80
Tabel 4.13	Nilai Modulus Elastisitas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan	81
Tabel 4.14	Nilai Modulus Elastisitas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam	82
Tabel 4.15	Jenis Tanah Berdasarkan Nilai Modulus Elastisitas	83
Tabel 4.16	Perkiraan Harga Satuan Bahan Material	85
Tabel 4.17	Perbandingan Biaya Perkerasan Jalan yang Menggunakan Material Sirtu dan Stabilisasi Tanah dengan Semen	86
Tabel 4.18	Perkiraan Harga Perkerasan Jalan	87

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : UJI FISIK TANAH ASLI + SEMEN

- LAMPIRAN A1 : HASIL UJI BERAT JENIS
- LAMPIRAN A2 : HASIL UJI BATAS-BATAS ATTERBERG
- LAMPIRAN A3 : HASIL UJI ANALISA UKURAN BUTIRAN

LAMPIRAN B : UJI MEKANIK TANAH ASLI + SEMEN

- LAMPIRAN B1 : HASIL UJI PEMADATAN TANAH ASLI + SEMEN
- LAMPIRAN B2 : HASIL UJI CBR TANAH ASLI + SEMEN

LAMPIRAN C : HASIL UJI CBR DAN KUAT TEKAN BEBAS TERHADAP VARIASI WAKTU PEMERAMAN

- LAMPIRAN C1 : HASIL UJI CBR TERHADAP VARIASI WAKTU PEMERAMAN
- LAMPIRAN C2 : HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERHADAP VARIASI WAKTU PEMERAMAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Depok merupakan salah satu kawasan yang sangat pesat perkembangannya di Indonesia. Berdasarkan data dari Bapeda Kota Depok (2008), kota yang memiliki luas wilayah sekitar 200.29 Km² dan berada pada koordinat 6° 19'00'' - 6° ,28'00'' Lintang Selatan dan 106°43'00'' - 106°55'30'' Bujur Timur ini terletak sangat strategis. Diapit oleh Kota Jakarta dan Kota Bogor menyebabkan Kota Depok semakin tumbuh dengan pesat. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya pembangunan infrastruktur yang dilakukan seperti hunian, pusat perbelanjaan, dan kawasan komersial lainnya. Selain perkembangan dari segi infrastruktur, penambahan penduduk di Kota Depok juga mengalami peningkatan. Menurut Badan Pusat Statistik Kota Depok (2008) jumlah penduduk Kota Depok pada tahun 2008 yang mencapai 1.503.677 jiwa dengan laju pertumbuhan sebesar 3,43 persen, sehingga kepadatan Kota Depok mencapai 7.507,50 jiwa/km². Dari data tersebut membuktikan minat terhadap kota ini terus meningkat seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk.

Dengan makin meningkatnya usaha pembangunan dan penambahan penduduk, maka akan menuntut peningkatan pembangunan jalan untuk memudahkan mobilitas penduduk dan memperlancar lalu lintas barang dari satu daerah ke daerah lain. Menurut Kota Depok dalam Angka (2008) panjang jalan di Kota Depok tahun 2008 adalah 524,025 km, jika dirinci menurut status pemerintah yang berwenang maka panjang jalan negara 14,31 km², jalan propinsi 20,99 km², jalan kota 488,725 km². Jumlah angkutan, ijin trayek, jumlah penumpang yang ada di Kota Depok merupakan investasi yang menunjang pembangunan di Kota Depok dan merupakan salah satu asset di dalam penghitungan PAD Kota Depok. Kondisi tersebut melahirkan tuntutan akan kelengkapan dan peningkatan sarana lalu lintas. Jalan raya sebagai salah satu sarana lalu lintas menjadi kebutuhan yang penting dan pembangunannya dijadikan prioritas yang tinggi oleh pemerintah.

Kondisi jalan sangat berpengaruh pada kelancaran lalu lintas. Jalan yang buruk dapat memperlambat laju kendaraan sehingga sangat berpotensi untuk menghambat arus lalu lintas yang ada. Penyebab buruknya kondisi suatu jalan yang sering timbul adalah karena beban lalu lintas yang ada melebihi beban lalu lintas yang diperkirakan. Selain itu, biaya untuk pembangunan jalan yang sangat terbatas menyebabkan penurunan kualitas dari jalan tersebut. Untuk menghindari hal tersebut diperlukan suatu perancangan jalan yang ekonomis, sesuai dengan kondisi tanah dan beban lalu lintas yang ada.

Kekuatan tanah dasar merupakan hal yang penting dalam struktur jalan karena kekuatan tanah dasar menentukan perkerasan jalan yang dibutuhkan. Pada kenyataannya, kondisi tanah asli sangat bervariasi dan tidak semua jenis tanah layak dijadikan sebagai tanah dasar jalan raya. Dengan kondisi tersebut dibutuhkan suatu upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah asli agar sesuai dengan yang disyaratkan. Jika tanah asli yang ada sudah cukup baik, maka upaya tersebut dilakukan untuk meningkatkan mutu tanah tersebut.

Tanah residual Depok memiliki sifat tanah yang cenderung baik dan sudah layak dijadikan sebagai tanah dasar jalan raya. Pada penelitian ini digunakan tanah residual Depok yang contohnya diambil di sekitar kampus Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang akan distabilisasikan dengan semen tipe *Portland Composite Cement* yang diproduksi oleh PT Indocement untuk mengetahui kelayakan sebagai bahan material untuk lapis pondasi bawah. Stabilisasi tanah residual dengan semen ini diharapkan dapat menjadi alternatif penggunaan material yang biasanya menggunakan sirtu. Pemilihan material yang berkualitas baik dan ketersediaan material yang mudah didapatkan diharapkan dapat menekan biaya konstruksi dan meningkatkan mutu suatu jalan. Oleh karena itu, penelitian pada tugas akhir ini dilakukan untuk mendapatkan semua tujuan tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kelayakan stabilisasi tanah residual Depok menggunakan semen sebagai lapisan perkerasan *sub-base*.

Lapis pondasi bawah sangat diperlukan sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap beban roda-roda dan lapisan ini berfungsi mendukung dan menyebar beban pada roda-roda tersebut. Dan juga

lapis pondasi bawah dapat digunakan untuk menekan biaya konstruksi karena dengan mencapai efisiensi penggunaan materialnya dapat mengurangi ketebalan lapisan-lapisan yang berada di atasnya. Untuk mengetahui kelayakan tersebut, salah satu pengujiannya yang biasanya dilakukan adalah uji CBR (*California Bearing Ratio*). Untuk lapis pondasi bawah, tanah yang digunakan memiliki nilai CBR yang lebih besar dari tanah dasar. Berbagai macam tipe tanah setempat yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat dijadikan sebagai lapis pondasi bawah. Begitu juga untuk lapis pondasi atas, tanah yang digunakan harus memiliki nilai CBR yang lebih besar dari pondasi lapis atas. Oleh karena itu, persyaratan-persyaratan tersebut harus dipenuhi agar jalan yang dibuat dapat bertahan lebih lama sehingga dapat menekan biaya perawatan dan perbaikan.

Pada penelitian kali ini, tanah yang distabilisasi untuk lapisan pondasi bawah menggunakan nilai CBR untuk mengetahui apakah tanah tersebut memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan SNI. Selain CBR, penelitian kali ini juga menggunakan pengujian kuat tekan bebas. Setelah itu nilai yang didapat dari uji kuat tekan bebas tersebut akan dibandingkan dengan nilai CBR yang telah memenuhi syarat.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

- Melakukan pengamatan dan mempelajari karakteristik pemadatan tanah yang dicampur dengan semen.
- Meneliti pengaruh penambahan bahan stabilisasi semen pada tanah residual terhadap kekuatan daya dukung tanah.
- Mengetahui kelayakan tanah residual yang distabilisasi dengan semen menjadi suatu lapisan pondasi bawah pada suatu perkerasan jalan yang ekonomis.
- Mencari waktu efektif pemeraman tanah yang telah dicampur dengan semen dan dipadatkan.
- Mengetahui hubungan uji CBR dan uji kuat tekan bebas.

1.3. Ruang Lingkup Masalah

Pada penelitian ini digunakan sampel tanah residual di Depok yang diambil dari Lapangan GK FTUI. Tanah dipadatkan menggunakan metode *modified* untuk mendapatkan kadar air optimum. Kemudian, tanah dicampur dengan bahan stabilisasi yaitu semen. Kadar semen yang digunakan bervariasi yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% untuk mendapatkan kadar semen yang sesuai dengan target. Semen yang digunakan adalah semen yang pada umumnya digunakan yaitu Semen Portland jenis PCC (*Portland Composite Cement*) yang diproduksi PT Indocement. Kedua material tersebut dicampurkan pada keadaan kadar air optimum tanah asli. Setelah mendapatkan campuran yang sesuai dengan target, maka dilakukan pengujian CBR dengan metode yang berbeda, yaitu :

1. Tanah dicampur dengan semen → dipadatkan → diperam → di uji CBR
 2. Tanah dicampur dengan semen → diperam → dipadatkan → di uji CBR
- Setelah itu, nilai CBR dibandingkan dengan nilai uji kuat tekan bebas.

Sebelum melakukan uji CBR, telah dilakukan pengujian laboratorium yang sesuai dengan Standar American Standard Testing Machine (ASTM) yang antara lain mencakup :

1. Berat Jenis
2. Batas-batas Atterberg
3. Analisis Ukuran Butiran
4. Pemadatan Modified

1.4. Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan penelitian langsung di laboratorium Mekanika Tanah FTUI dengan memakai buku acuan Studi literatur menggunakan buku acuan di laboratorium dan berdasarkan peraturan standar yang berlaku, serta mencari masukan-masukan dari kegiatan penelitian lain yang berhubungan dengan lapisan perkerasan jalan, stabilisasi tanah dengan semen, CBR dan kuat tekan bebas.

1.5. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan makalah untuk skripsi ini terdiri dari beberapa bab sebagai berikut :

- Bab 1 : Pendahuluan
Pada bab ini membahas tentang latar belakang, tujuan penelitian, metodologi penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.
- Bab 2 : Tinjauan Pustaka
Membahas mengenai teori-teori sebagai acuan dalam menganalisis permasalahan penelitian ini. Studi pustaka yang digunakan berasal dari sumber-sumber seperti buku, jurnal, laporan penelitian, bahan kuliah, dan materi lain yang berkaitan dengan penelitian ini.
- Bab 3 : Metode Penelitian
Berisi tentang rencana mengenai prosedur penelitian yang akan dilakukan, persiapan-persiapan yang dibutuhkan, serta prosedur jalannya penelitian.
- Bab 4 : Hasil Pengujian Laboratorium dan Analisa Data
Hasil penelitian yang didapat dan juga analisis dari pengujian tersebut akan diuraikan pada bab ini.
- Bab 5 : Kesimpulan dan Saran
Berisi tentang kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian dan saran yang diajukan oleh peneliti mengenai hasil pengujian yang telah dilakukan dan diberikan untuk penelitian lebih lanjut.

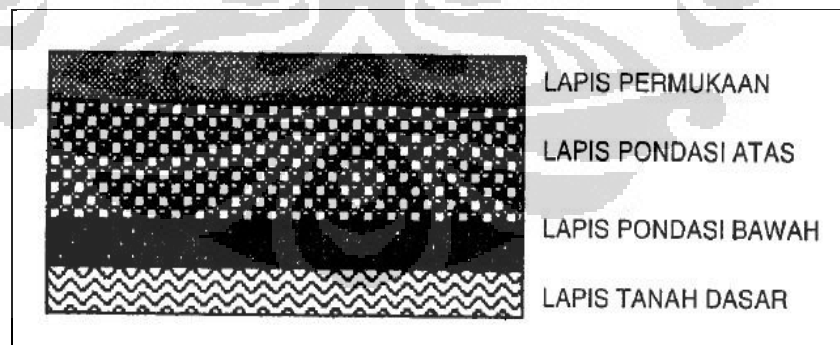
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian dari lapisan material, yang terdiri dari campuran agregat dan bahan ikat, yang dipilih dan dikerjakan menurut persyaratan tertentu dan berfungsi untuk menyebarkan beban roda kendaraan sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar. Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi tanah dasar (*sub-grade*), lapis pondasi bawah (*sub-base course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis permukaan (*surface*). Fungsi dari lapisan perkerasan jalan adalah untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya terus ke tanah dasar.

2.1.1 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang menggunakan bahan pengikat berupa aspal dan konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan bahan yang terletak di atas tanah dasar. Lapisan-lapisan tersebut yang tersusun dari atas ke bawah yaitu, lapisan permukaan (*surface*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub-base course*), dan lapisan tanah dasar (*sub grade*). (elearning.gunadarma, bab 1)



Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Jalan Lentur

Sumber : elearning.gunadarma, bab 1

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Bahan-bahan pembentuknya terdiri dari batu

pecah, kerikil, dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur. Pemilihan bahan lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana, serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Lapisan permukaan ini memiliki berbagai macam fungsi, yaitu:

- Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
- Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapisan aus).
- Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.

Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air dan memberikan bantuan tegangan tarik yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

Apabila diperlukan, dapat juga dipasang suatu lapis penutup/lapis aus (*wearing course*) di atas lapis permukaan tersebut. Fungsi lapis aus ini adalah sebagai lapis permukaan tersebut. Fungsi lapis aus ini adalah sebagai lapisan pelindung bagi lapis permukaan untuk mencegah masuknya air dan untuk memberikan kekesatan (*skid resistance*) permukaan jalan. Lapis aus tidak diperhitungkan ikut memikul beban lalu lintas. (elearning.gunadarma, bab 1).

b. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan pondasi atas ini berfungsi sebagai :

- Bagian perkerasan yang menahan gaya litang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- Perletakan terhadap lapis permukaan

Bahan-bahan untuk lapis pondasi atas ini harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Dalam menentukan

bahan lapis pondasi ini perlu dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya yang sesuai dengan persyaratan yang ada. Dan juga harus memperhitungkan beberapa hal antara lain, kecukupan bahan setempat, harga, volume pekerjaan dan jarak angkut bahan ke lapangan. Berbagai macam bahan material dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi. Namun harus memenuhi syarat yaitu nilai CBR minimum 50% dan harus lebih tinggi dari nilai CBR pada lapis pondasi bawah. Bahan material yang dapat digunakan antara lain batu pecah, kerikil, dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

c. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub-base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas.

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

- Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
- Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat (akibat lemahnya daya dukung tanah dasar) pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan.
- Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan.
- Efisiensi penggunaan material, materi lapis pondasi bawah lebih murah dibandingkan lapisan-lapisan di atasnya.

Berbagai macam tipe tanah setempat yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen *portland* dalam beberapa hal sangat agar didapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan. (elearning.gunadarma, bab 1)

d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade Course*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Tanah dasar harus memenuhi persyaratan tertentu sesuai fungsinya, yaitu yang berkenaan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain, atau tanah yang distabilisasi dan lain-lain. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

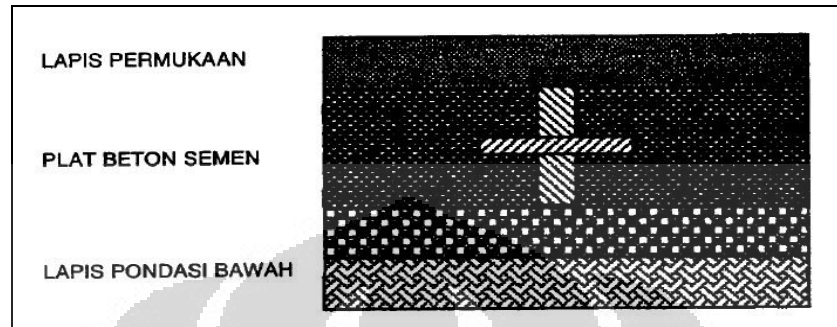
- Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Kekuatan tanah dasar menentukan tebal tipisnya lapisan-lapisan pada konstruksi perkerasan jalan. Semakin besar kekuatan tanah dasar, maka semakin tipis ketebalan lapisan konstruksi jalan tersebut. (elearning.gunadarma, bab 1)

2.1.2 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas plat (*slab*) beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (bisa juga tidak ada) di atas tanah dasar dengan atau tanpa

tulangan yang diletakkan di atas tanah dasar. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.



Gambar 2.2 Lapisan Perkerasan Jalan Kaku (*Rigid Pavement*)

Sumber : elearning.gunadarma, bab 1

Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah lapis pondasi dan lapis permukaan.

Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang paling diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan beton itu sendiri. Lapis pondasi bawah digunakan di bawah plat beton karena beberapa pertimbangan, yaitu antara lain untuk menghindari terjadinya *pumping*, kendali terhadap sistem drainase, kendali terhadap kembang-susut yang terjadi pada tanah dasar dan untuk menyediakan lantai kerja (*working platform*) untuk pekerjaan konstruksi. Secara lebih spesifik, fungsi dari lapis pondasi bawah adalah :

- Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen.
- Menaikkan harga modulus reaksi tanah dasar (*modulus of sub-grade reaction = k*), menjadi modulus reaksi gabungan (*modulus of composite reaction*).
- Mengurangi kemungkinan terjadinya retak-retak pada plat beton.

- Menyediakan lantai kerja bagi alat-alat berat selama masa konstruksi.

Berdasarkan adanya sambungan dan tulangan plat beton perkerasan kaku, perkerasan beton semen dapat diklasifikasi menjadi 3 jenis sebagai berikut :

- Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak.
- Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dengan tulangan pelat untuk kendali retak.
- Perkerasan beton bertulang terus menerus (tanpa sambungan)
- Perkerasan semen beton pra-tekan.

Pada saat ini, jenis perkerasan beton semen yang populer dan banyak digunakan negara-negara maju adalah jenis perkerasan beton bertulang menerus. (elearning.gunadarma, bab 1)

2.1.3 Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk itu maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya. Perkerasan komposit ini biasa digunakan sebagai *runway* pesawat terbang. (elearning.gunadarma, bab 1)

2.2. Persyaratan Umum Lapisan Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan jalan yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi atas. Material yang digunakan biasanya berupa material berbutir yang dipadatkan, atau lapisan tanah yang distabilisasi. Lapis pondasi bawah sangat diperlukan sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap beban roda-roda dan lapisan ini berfungsi mendukung dan menyebar beban pada roda-roda tersebut. Dan juga lapis pondasi bawah dapat digunakan untuk menekan biaya konstruksi karena dengan mencapai efisiensi penggunaan materialnya dapat

mengurangi ketebalan lapisan-lapisan yang berada di atasnya. Maka, stabilisasi tanah diharapkan dapat memenuhi syarat dengan harga yang cukup ekonomis.

Lapis pondasi bawah dengan menggunakan tanah yang telah distabilisasi harus memenuhi kriteria-kriteria yang telah ditentukan. Bila ternyata tanah yang telah distabilisasi tidak memenuhi syarat teknik minimum sebagai *sub-base*, maka perlu dilakukan stabilisasi tanah dengan metode yang berbeda sehingga tercapai syarat yang telah ditentukan.

Tabel 2.1 Persyaratan Kekuatan dan *Durability* Tanah yang Telah Distabilisasi

Pengujian	Acuan	Batas-batas sifat
Kuat tekan bebas (<i>Unconfined Compressive Strength, UCS</i>)	SNI 03-6887-2002	2,1 - 2,8 MPa ^{*)} (21- 28) kg/cm ²
California Bearing Ratio (CBR) ^{**)} a) Lapis pondasi (Base) b) Lapis pondasi bawah (Subbase)	SNI 03-1744-1989	Minimum 90% Minimum 35%
Pengujian basah dan kering (nilai durabilitas) % Kehilangan Berat • Klasifikasi tanah : A-1, A-2-4, A-2-5, dan A-3 • Klasifikasi tanah : A-2-6, A-2-7, A-4 dan A-5 • Klasifikasi tanah : A-6 dan A-7	SNI 13-6427-2000	Maksimum 14% Maksimum 10% Maksimum 7%

Keterangan :

*) akan menghasilkan stabilisasi tanah yang mempunyai daya dukung, durabilitas, dan sifat susut yang baik. Pada umumnya untuk stabilisasi menggunakan semen, nilai tersebut akan dicapai pada umur pemeraman 7 hari.

**) nilai CBR dalam kondisi setelah rendaman (*soaked*)

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2005

Ketentuan sifat-sifat lapis pondasi bawah menurut Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Direktorat Bina Marga (1974) terdapat pada tabel-tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Sifat-sifat Lapis Pondasi Bawah Kelas A

Sifat-sifat	
Sand Equivalent (AASHTO T.176)	Min 25%
Kehilangan Berat (Aus) akibat abrasi test (AASHTO T.96)	Min 40%
CBR yang direndam (AASHTO T 180 Metode D)	Min 70%

Tabel 2.3 Sifat-sifat Lapis Pondasi Bawah Kelas B

Sifat-sifat	
Batas Cair (AASHTO T 89)	Maks 25%
Indeks Plastisitas (AASHTO T 91)	Maks 6%
Sand Equivalent (AASHTO T.176)	Min 25%
Kehilangan Berat (Aus) akibat abrasi test (AASHTO T.96)	Min 40%
CBR yang direndam (AASHTO T 180 Metode D)	Min 50%

Tabel 2.4 Sifat-sifat Lapis Pondasi Bawah Kelas C

Sifat-sifat	
Sand Equivalent (AASHTO T.176)	Min 25%
Kehilangan Berat (Aus) akibat abrasi test (AASHTO T.96)	Min 40%
Kepadatan Kering maksimum	Min 2gr/cc
CBR yang direndam (AASHTO T 180 Metode D)	Min 30%

2.3. Prinsip Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah pada prinsipnya adalah untuk perbaikan mutu tanah yang tidak baik, dan meningkatkan mutu dari tanah yang sebenarnya sudah tergolong baik. Menurut *Bowles (1989)*, stabilitas dapat terdiri dari salah satu tindakan sebagai berikut :

1. Menambah kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tahanan geser.
3. Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah.
4. Menurunkan muka air tanah, dan
5. Mengganti tanah-tanah yang buruk

Sifat-sifat tanah yang kurang baik dan peningkatan mutu tanah dapat diperbaiki dengan beberapa macam cara. *Ingles dan Metcalf (1972)* memberikan beberapa metode stabilisasi tanah dibawah ini, yaitu :

a. Cara mekanis

Perbaikan tanah dengan menggunakan cara mekanis yaitu perbaikan tanah tanpa penambahan bahan-bahan lainnya. Stabilisasi mekanis biasanya dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan (*pounder*), ledakan (*eksplosif*), tekanan statis dan sebagainya. Tujuan stabilisasi ini adalah untuk mendapatkan tanah yang berdaya dukung baik dengan cara mengurangi volume pori sehingga menghasilkan kepadatan tanah yang maksimum. Metode ini biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar dimana fraksi tanah (lolos saringan no. 200) paling besar 25%.

b. Cara fisik

Perbaikan tanah dengan cara fisik ini yaitu dengan memanfaatkan perubahan-perubahan fisik yang terjadi seperti hidrasi, absorpsi/penyerapan air, pemanasan, pendinginan, dan menggunakan arus listrik.

c. Cara kimiawi

Perbaikan tanah dengan cara kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Metode stabilisasi ini biasanya digunakan untuk tanah yang berbutir halus. Pencampuran bahan kimia yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan semen, kapur, abu batubara, dan sebagainya.

Pemilihan bahan stabilisasi ditentukan berdasarkan nilai indeks propertis dapat mengacu pada Tabel 2.5 berdasar standar yang telah ditetapkan oleh SNI. Jika bahan stabilisasi tidak tersedia pada tabel 2.5, jenis bahan stabilisasi tersebut dapat diuji sesuai tahapan perencanaan stabilisasi di laboratorium yang sesuai dengan pedoman yang ada.

Tabel 2.5 Jenis Bahan Pengikat

Jenis bahan serbuk pengikat	Lebih besar dari 25% lolos saringan 0,075 mm			Lebih kecil atau sama dari 25% lolos saringan 0,075 mm		
	PI ≤ 10	10 < PI < 20	PI ≥ 20	PI ≤ 6 atau PI x% lolos # 75µm ≤ 60	6 < PI ≤ 10	PI ≥ 10
Semen dan ikatan yang dibentuk oleh sementasi						
Kapur						
Polimer						

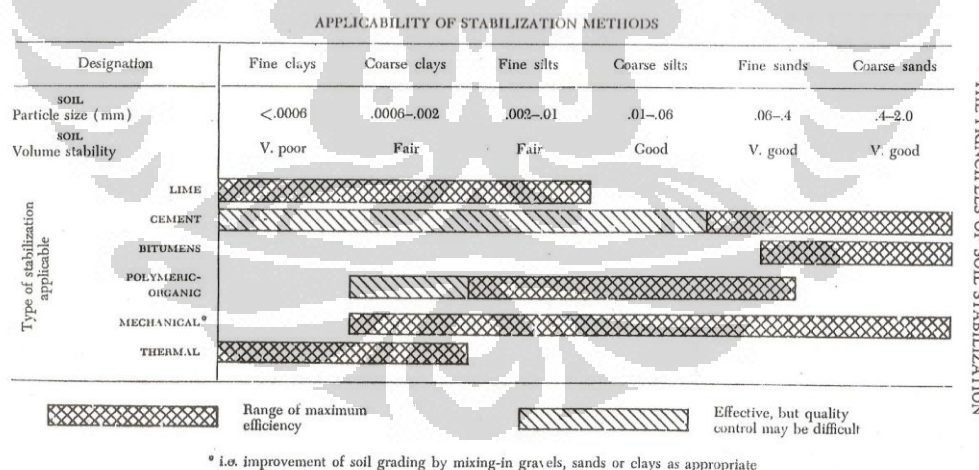
Keterangan:

- Dianjurkan :
- Dipertimbangkan :
- Tidak dianjurkan :

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2005

Ingles dan Metcalf (1972), memberikan suatu ikhtisar dari beberapa metoda perbaikan tanah dengan stabilisasi yang dapat dilakukan berdasarkan jenis serta komposisi tanah, yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Metode perbaikan tanah dengan stabilisasi berdasarkan jenis dan komposisi tanah

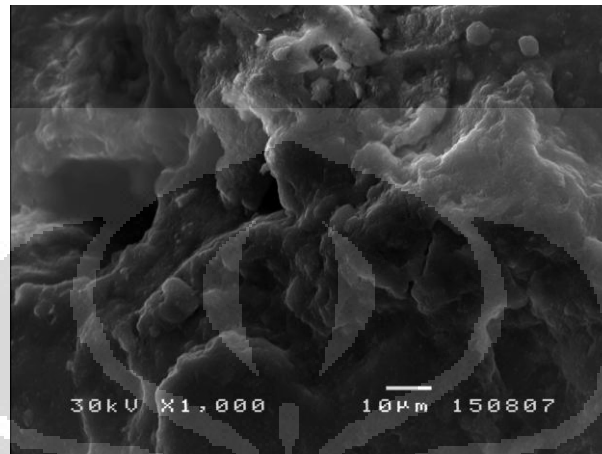


Sumber : *Ingles & Metcalf*, 1972

2.4. Tanah Residual

Tanah residual merupakan tanah yang terbentuk dari batuan beku dan sedimen atau malihan yang mengalami kondisi pelapukan dan pencucian atau *leaching*, sehingga memberikan tanah kaya kandungan besi dan silikon (Fe,

Si). Karena kandungan tersebut maka tanah residual cenderung berwarna merah dan disebut juga dengan tanah laterit. Pada tanah residual Depok, tanah tersebut terbentuk dari hasil pelapukan fasies Gunung Api yang membentang dari Bogor sampai daerah Jakarta Bagian Selatan.




Gambar 2.3 Hasil tes SEM (Scanning Electron Micrograph) Tanah Residual Depok

Sumber : Lab FMIPA UI

Dikutip dari Widodo, Amin (Kontribusi Sejarah Geologi Terhadap Sifat Fisik Geoteknik), Darmawijaya (1980) menyebutkan bahwa proses pembentukan tanah dipengaruhi lima faktor yang bekerja sama dalam berbagai proses baik reaksi fisik maupun kimia, yaitu faktor iklim, bahan induk, topografi, waktu dan organisme. Faktor-faktor ini membentuk suatu sistem yang saling mempengaruhi dan saling tergantung. Faktor-faktor tersebut menyebabkan berbagai macam proses yaitu proses pelapukan, proses perpindahan unsur kimia di dalam profil tanah dan pedogenesis.

Sebagai daerah yang beriklim tropis dengan curah hujan cukup tinggi, proses pelapukan berlangsung sangat intensif. Proses pelapukan akan menyebabkan endapan hasil gunung api yang mengalami perubahan fisik seperti ukuran butiran menjadi lebih halus, penurunan sifat fisik tanah, dan perubahan kimiawi tanah. Tanah yang terbentuk dan masih berada di atas bahan induk (*in-situ*) disebut tanah residual, sedangkan tanah yang terangkut disebut tanah sedimen. Sehingga sebagian besar wilayah di Indonesia memiliki

tanah residual. Tanah residual umumnya berada pada permukaan lahan, yang akan banyak pengaruhnya terhadap permasalahan geologi teknik terutama kekuatan dan daya dukung tanah. Disamping itu, tanah residual mempunyai tingkat kembang tinggi apabila jenuh air, menyebabkan penurunan parameter kekuatan tanahnya.

PROFIL PELAPUKAN			
PROFIL	DERAJAT	TINGKAT	DISKRIPSI
	Top Soil		Tanah permukaan Zona perakaran tanaman
	Residual Soil	VI	Semua batuan berubah menjadi tanah
	Pelapukan Komplit	V	Semua batuan telah lapuk menjadi tanah (sisa-sisa batuan berukuran pasir-kecil masih terlihat dalam jumlah kecil)
	Pelapukan Tinggi	IV	Lebih dari 36% batuan telah lapuk menjadi tanah
	Pelapukan Sedang	III	Kurang dari 36% batuan telah lapuk menjadi tanah
	Pelapukan Sedikit	II	Ada tanda-tanda perubahan warna batuan akibat pelapukan
Batu Segar	I	Tidak ada tanda-tanda pelapukan/batuan	

Gambar 2.4 Tingkat Pelapukan

Sumber : Pit, 1994 (Widodo,Amin. Kontribusi Sejarah Geologi Terhadap Sifat Geoteknik)

Pada gambar 2.4 dapat dilihat tingkat pelapukan pada tanah. Tanah hasil pelapukan umumnya dibedakan berdasarkan ciri-ciri fisik yang dijumpai dan dikenal dengan tingkat pelapukan (*weathering grade*). Tingkat pelapukan I untuk batuan yang masih segar yang belum lapuk, tingkat pelapukan II untuk pelapukan sedikit. (Widodo, Amin. Kontribusi Sejarah Geologi Terhadap Sifat Geoteknik)

Wesley (2001) menyebutkan bahwa tanah residu mempunyai banyak perbedaan dengan tanah sedimen, misalnya kandungan mineral lempung mempunyai ciri khusus yang tidak dijumpai pada tanah sedimen yaitu kandungan mineral haloisit dan alofan. Struktur batuan induk terkadang masih tersisa yang akan berpengaruh pada stabilitas lereng. Sudut geser dalam tanah residu terutama dari hasil pelapukan bahan vulkanik lebih tajam dibandingkan dengan tanah sedimen dan terjadi perubahan tekanan air pori yang signifikan selama perubahan musim. (Widodo,Amin. Kontribusi Sejarah Geologi Terhadap Sifat Geoteknik)

2.5. Semen Sebagai Bahan Stabilisasi

Stabilisasi semen adalah salah satu cara perbaikan tanah yang baik dan efektif untuk digunakan pada bermacam-macam jenis tanah. Perbaikan pada tanah dilakukan dengan menghancurkan gumpalan-gumpalan tanah menjadi butiran-butiran lepas, lalu ditambahkan sejumlah air dan semen, diaduk hingga rata, kemudian dipadatkan.

Soepandji, B.S., Rahayu, W., Damoerin D. (1995) menyebutkan keunggulan semen sebagai bahan stabilisasi antara lain adalah:

- Semen mudah didapat.
- Hampir semua jenis tanah dapat distabilisasi dengan semen.
- Setelah pencampuran dan pemadatan, tanah dan semen dapat mengeras dengan cukup.

Semen terbentuk dari zat kapur (CaO) yang posisinya penting terhadap sifat-sifat semen. Zat kapur yang berlebihan kurang baik untuk semen serta menyebabkan terjadinya disintegrasi (perpecahan) semen setelah timbul ikatan. Kadar kapur yang tinggi tapi tidak berlebihan, cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan kapur menghasilkan semen yang lemah dan jika pembakarannya kurang sempurna menyebabkan ikatan yang cepat.

Selain CaO, bahan pembentuk semen yang dominan adalah *silika* (SiO₂) dan *alumina* (Al₂O₃) dengan kadar rendah akan menghasilkan semen dengan ikatan lambat dengan kekuatan tinggi serta mampu meningkatkan ketahanan terhadap agresi kimia. Dan sebaliknya, apabila *alumina* pada kadar tinggi dan *silika* pada kadar rendah akan menghasilkan semen dengan daya ikat cepat dengan kekuatan tinggi. Kandungan magnesia (MgO) dibatasi sampai 4%, jumlah yang lebih banyak akan berakibat kurang baik pada mutu semen. (Rakhman, 2002). Pada penelitian ini digunakan semen tiga roda dengan jenis PCC (*portland composite cement*), dengan properti sebagai berikut :

Tabel 2.7 PCC Tiga Roda Properties

No	Item	Unit	Spesification	Indocement Quality
	Physical Properties		SNI 15-7064- 2004	PCC
1	Air content of mortar, volume	%	$\leq 12,0$	6,89
2	Fineness, spesific surface	m ² /kg	≥ 280	409
	Air permeability test			
3	Autoclave Expansion			
	Autoclave Expansion	%	$\leq 0,08$	0,08
	Shrinkage	%	$\leq 0,20$	
4	Compressive Strength			
	SNI			
	3 days	kg/cm ²	≥ 125	230
	7 days	kg/cm ²	≥ 200	296
	28 days	kg/cm ²	≥ 250	380
5	Setting Time (Vicat)			
	Initial Setting	Minute	≥ 45	135
	Final Setting	Minute	≤ 375	349
6	False Set	%	≥ 50	79
7	Specific gravity			3,02
8	Heat of Hydration, 7 days	cal/g		70,2
	Chemical Properties			
1	SiO ₂	%		21,66
2	Al ₂ O ₃	%		5,95
3	Fe ₂ O ₃	%		3,39
4	CaO	%		57,84
5	MgO	%		3,15
6	SO ₃	%	$\leq 4,0$	1,73
7	Free Lime	%		1,09
8	Total Alkali	%		0,50
9	Insoluble Residue	%		7,77
10	Loss on Ignition	%		4,72

Sumber : PT Indocement Tbk.

Ketika semen dicampur dengan air maka akan terjadi reaksi kimia antara campuran yang terkandung dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Reaksi hidrasi menurut D.T. Bergado et al. pada semen adalah sebagai berikut :

- $2(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 6 \text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$
(tricalcium silicate) + (water) = (tobermorite gel) + (calcium hydroxide)
- $2(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 4 \text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$
(dicalcium silicate) + (water) = (tobermorite gel) + (calcium hydroxide)
- $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 10\text{H}_2\text{O} + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = 6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
(tetracalciumaluminoferrite) = (tetracalcium aluminate hydrate)
- $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 12 \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
(tricalcium aluminate) = (tetracalcium aluminate hydrate)
- $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 10 \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
(tricalcium aluminate) + (gypsum) = (calcium monosulfoaluminate)

Berikut ini merupakan sifat-sifat senyawa kimia pada semen, yaitu :

- *Tricalcium Silikat* (C_3S) atau $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
 - Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas
 - Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umur rencana terutama 14 hari pertama
- *Dicalcium Silicate* (C_2S) atau $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
 - Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat
 - Senyawa ini berpengaruh terhadap progres peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 18 hari dan seterusnya
 - Semen yang mempunyai proporsi dicalcium silikat banyak mempunyai ketahanan terhadap agresi kimia yang relatif tinggi, dan penyusutan kering yang relatif rendah.
- *Tetra Calcium Alumino Ferrite* (C_4AF) atau $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
 - Senyawa ini kurang penting karena tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan mengeras menghasilkan beton.

- *Tricalcium Aluminate* (C_3A) atau $3CaO \cdot Al_2O_3$
 - Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas
 - Menyebabkan pengerasan awal tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas
 - Kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi
 - Paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air-tanah
 - Tendensinya sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume. (Rakhman, 2002)

Tabel 2.8 Sifat-Sifat Komponen Senyawa Semen

Komponen	Kelajuan Reaksi	Pelepasan Panas
Trikalsium silikat C_3S	Sedang	Sedang
Dikalsium Silikat C_2S	Lambat	Sedikit
Trikalsium Aluminat C_3A	Cepat	Banyak
Tetra kalsium aluminoferrat C_4AF	Lambat	Sedikit

Sifat semen yang akan mengeras bila dicampur dengan air menimbulkan adanya waktu pengerasan semen. Waktu pengerasan semen dilakukan dengan menentukan waktu pengikatan awal (*initial setting*) dan waktu pengikatan akhir (*final setting*). Saat semen mulai terkena air hingga mulai terjadi pengikatan/pengerasan itulah yang disebut dengan waktu pengikatan awal. Untuk mengukur waktu pengikatan biasanya menggunakan alat *Vicat*. Menurut SNI 15-7064-2004 waktu ikat awal yang memenuhi persyaratan adalah yang melebihi waktu 45 menit. Namun, banyak terjadi waktu ikat awal lebih cepat dari 45 menit. Hal ini terjadi karena adanya pengikatan awal palsu yang disebabkan oleh pengaruh gips yang dicampur pada semen yang mengakibatkan semen tidak dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

Berikut ini terdapat tabel-tabel yang menggambarkan perkiraan semen yang dibutuhkan sesuai dengan jenis tanah.

Tabel 2. 9 Penentuan Perkiraan Persentase Semen Yang Dibutuhkan

Klasifikasi tanah menurut AASTHO	Rentang umum kadar semen yang diperlukan	Perkiraan kadar semen (% berat) untuk uji pemadatan
	% berat	% berat
A-1.a	3 – 8	5
A-1.b	5 – 8	6
A-2	5 – 9	7
A-3	7 – 11	9
A-4	7 – 12	10
A-5	8 – 13	10
A-6	9 – 15	12
A-7	10 – 16	13

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2005

Menurut Bergado, D.T, et al (1996), faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengerasan *soil-cement* adalah :

1. Tipe Semen

Perbedaan tipe semen membuat perbedaan pengerasan pada *soil cement*. Hal ini disebabkan oleh kandungan yang terdapat pada masing-masing tipe semen berbeda-beda.

2. Kadar Semen

Pada umumnya, semakin banyak kadar semen yang dicampur pada tanah, semakin besar pula kekuatan tanah yang telah dicampur semen tersebut. Hal ini berbeda dengan tanah yang dicampur dengan kapur yang memiliki kekuatan maksimum dan kadar kapur yang optimum.

3. Waktu Pemeraman

Waktu pemeraman setelah dipadatkan pada tanah yang telah distabilisasi dengan semen juga mempengaruhi pengerasan tanah tersebut. Kekuatan tanah bertambah seiring dengan bertambahnya waktu pemeraman.

4. Jenis Tanah

Keefektifan semen dan kapur menurun seiring dengan bertambahnya kadar air dan kadar organik dalam tanah. Maka semen lebih baik dan akan meningkat kekuatannya jika digunakan pada tanah yang sedikit kandungan organiknya.

5. Suhu

Meningkatnya suhu dapat mempercepat reaksi dan kelarutan dari silika dan alumina. Sehingga dapat meningkatkan kekuatan dari tanah tersebut.

6. Mineral Tanah

Beberapa tipe tanah ada yang memiliki reaksi pozzolan yang tinggi dan ada pula yang memiliki reaksi pozzolan yang rendah. Tipe montmorillonite kemungkinan akan bereaksi lebih cepat dibanding illites dan kaolin.

7. PH tanah

Jika ph tanah kurang dari 12.6 maka akan terjadi reaksi pozzolan yaitu $C_3S_2H_x \rightarrow C_3S_2H_x \text{ (hydrated gel)} + Ca(OH)_2$. Dan reaksi kimia ini dapat mengurangi kekuatan tanah.

2.6. Pemadatan Tanah

Pemadatan (*compaction*) didefinisikan sebagai proses menaikkan berat unit tanah dengan memaksa butiran-butiran tanah menjadi lebih rapat dan mengurangi pori-pori udara, tetapi tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah. Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel.

Menurut Bowles (1989), pemadatan tanah adalah cara yang paling jelas dan sederhana untuk memperbaiki stabilitas dan daya dukung tanah dasar. Hal ini dilakukan dengan menggunakan beban statis atau dinamis pada tanah, misalnya dengan menggunakan mesin gilas, alat pemadat yang bergetar, dan dari benda-benda yang dijatuhkan.

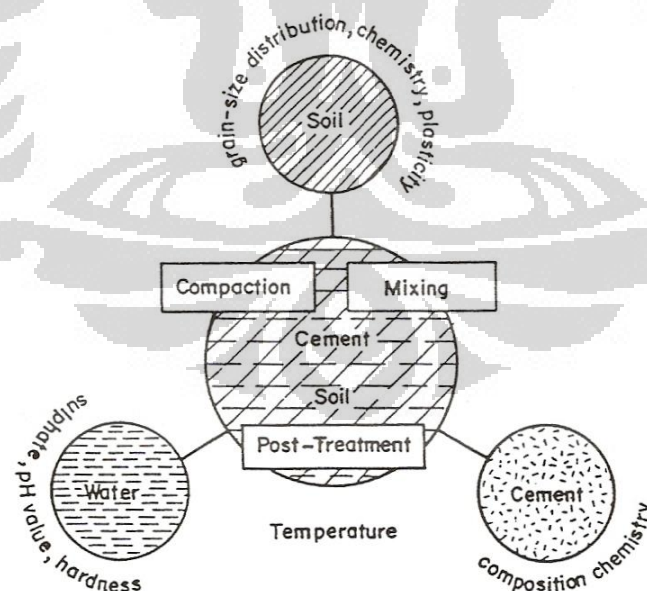
Tujuan pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat fisis tanah sehingga diperoleh tanah yang sesuai bagi suatu pekerjaan tertentu, dalam hal ini konstruksi jalan raya.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan ialah:

- Berkurangnya penurunan permukaan tanah (*subsidence*), yaitu pergerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
- Bertambahnya kekuatan tanah.
- Berkurangnya penyusutan—berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan.

Pengujian pemadatan standar telah dikembangkan sejak tahun 1930-an oleh R.R. Proctor. Untuk alasan ini, maka prosedur dinamik laboratorium yang standar biasanya disebut uji *Proctor*. Dua macam pengujian pemadatan, yaitu pengujian pemadatan *Proctor* standar dan pengujian pemadatan *Proctor* modifikasi, merupakan pengujian yang masih digunakan hingga saat ini. *Proctor* mendefinisikan empat variabel pemadatan tanah, yaitu:

- Usaha pemadatan (energi pemadatan).
- Jenis tanah (gradasi, kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel, dan sebagainya).
- Kadar air.
- Berat volume kering (Proctor menggunakan angka pori).



Gambar 2.5 Faktor yang Mempengaruhi Properti Tanah yang Distabilisasi Semen

Sumber : Bergado, D.T., et al (1996)

Tipe tanah serta gradasi juga akan mempengaruhi kurva pemadatan. Umumnya tanah yang dominan berbutir halus atau *fine grain* akan membutuhkan kadar air lebih untuk mencapai pemadatan optimum, sebaliknya tanah dominan berbutir kasar atau *coarse grain* membutuhkan sedikit kadar air untuk mencapai kadar air pemadatan optimum. Hal ini juga terkait pada sifat plastisitasnya dimana tanah berbutir halus atau *fine grain* seperti lempung kelanauan memiliki sifat plastis dibanding tanah berbutir kasar seperti pasir kelanauan yang memiliki index plastisitas rendah.

Tanah lanau yang dipadatkan umumnya akan stabil dan mampu memberikan kuat geser yang cukup dan sedikit kecenderungan perubahan volume. Tapi, tanah lanau sangat sulit dipadatkan bila dalam keadaan basah karena permeabilitasnya rendah. (Hardiyatmo, H.R., 1992).

Tanah memiliki sifat bahwa dia dapat mencapai kepadatan tinggi bila diberikan usaha pemadatan pada kadar air tertentu. Perlu diperhatikan pula bahwa pemberian usaha pemadatan juga tidak boleh berlebih, karena mungkin akan timbul gejala *over compacting* yang malah dapat mengurangi daya dukung tanah yang dikerjakan.

Usaha pemadatan dan energi pemadatan atau *compaction effort and energy (CE)* adalah tolok ukur energi mekanis yang dikerjakan terhadap suatu massa tanah. Di lapangan, usaha pemadatan ini dihubungkan dengan jumlah gilasan dari mesin gilas, jumlah jatuhan dari benda-benda yang dijatuhkan, energi dalam suatu ledakan, dan hal-hal yang serupa untuk suatu volume tanah tertentu. Di dalam laboratorium, CE didapat dari tumbukan (yang paling bias dilakukan), remasan (*kneading*), atau dengan tekanan statis. Selama pemadatan tumbukan, suatu palu dari ketinggian tertentu beberapa kali pada sejumlah lapisan tanah di dalam suatu cetakan (*mold*) untuk menghasilkan suatu *sample* dengan volume tertentu. Ukuran dan bentuk palu, jumlah jatuhan, jumlah lapisan, dan volume cetakan telah dispesifikasikan dalam pengujian standar oleh ASTM dan AASHTO. Spesifikasi ini dapat dilihat dalam Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Pengujian Pemadatan *Proctor*

Pengujian		Proctor Standar	Proctor Modifikasi
Nomor ASTM		D 698-70	D 1557-70
Nomor AASHTO		T-99	T-180
Volume Cetakan	(m ³)	945×10 ⁻⁶	945×10 ⁻⁶
	(ft ³)	0.033	0.033
Penumbuk	Massa (kg)	2,5	4,5
	Berat (lb)	5,5	10
Tinggi Jatuh	(m)	0,3	0,46
	(ft)	1	1,5
Usaha Pemadatan (Tenaga)		25 tumbukan/lapisan	25 tumbukan/lapisan
		3 lapisan	5 lapisan
		(590 kJ/m ³ atau 12375 ft lb/ft ³)	(2700 kJ/m ³ atau 56250 ft lb/ft ³)

Sumber : Bowles, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (1984)

Apabila diketahui berat tanah basah di dalam cetakan yang volumenya diketahui, maka berat isi basah dapat langsung dihitung sebagai:

$$\gamma_{\text{basah}} = \frac{\text{berat tanah basah di dalam cetakan}}{\text{volume cetakan}} \quad (2.1)$$

Contoh-contoh kadar air diperoleh dari tanah yang dipadatkan, dan berat isi kering dihitung sebagai:

$$\gamma_{\text{kering}} = \frac{\gamma_{\text{basah}}}{1+w} \quad (2.2)$$

Nilai puncak dari berat isi kering disebut kerapatan kering maksimum (kerapatan *Proctor*). Kadar air pada kerapatan kering maksimum disebut kadar air optimum atau *optimum moisture content (OMC)*. Garis *zero air voids (ZAV)* menunjukkan kerapatan kering pada saat kejenuhan (*saturation*) 100%, dan langsung dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\gamma_{\text{ZAV}} = \frac{G_s \gamma_w}{1+w G_s} \quad (2.3)$$

Percobaan *Proctor* harus dipertimbangkan hanya sebagai suatu penuntun pada pemadatan di lapangan. Kadar air optimum tidak boleh dispesifikasikan, karena keadaan-keadaan iklim harus diperhitungkan sama seperti kesulitan-kesulitan pengawasan di lapangan. Untuk mengawasi

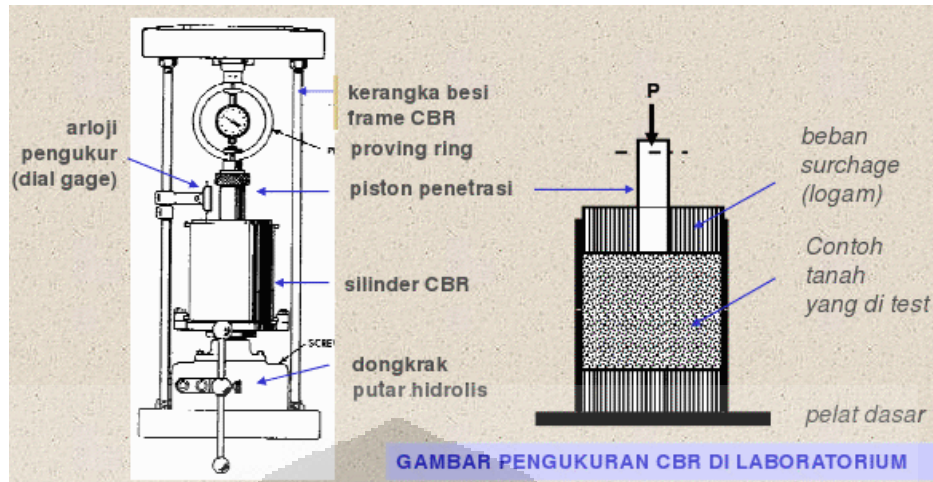
pemadatan di lapangan, spesifikasi pelaksanaan menghendaki agar berat unit kering tanah di lapangan sama dengan atau lebih besar dari persentase yang ditentukan dari berat unit kering maksimum yang diperoleh salah satu pengujian standar (yang tipikal 90% hingga 100%). Berat unit kering ini dapat diperoleh dengan pengawasan besarnya usaha pemadatan lapangan kadar air tanah selama pemadatan. Pengujian *Proctor* standar merupakan pemadatan yang telah mencukupi bagi kebanyakan aplikasi seperti timbunan dinding penahan tanah, timbunan jalan raya, dan bendungan tanah. Pengujian *Proctor* modifikasi digunakan bagi aplikasi beban yang lebih berat seperti untuk lapis dasar lapangan udara dan jalan raya.

Seringkali kita sukar mendapatkan perbandingan langsung antara tanah yang dipadatkan dengan metode lapangan dan dengan metode laboratorium. Spesifikasi ini dapat menghasilkan representasi yang sesuai tentang prosedur tumbukan di laboratorium jika ingin dibandingkan dengan pemakaian mesin gilas di lapangan.

2.7. CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR adalah suatu jenis pengujian untuk mengukur daya dukung tanah. Metoda ini awalnya diciptakan oleh *O.J poter* kemudian di kembangkan oleh California State Highway Departement, kemudian dikembangkan dan dimodifikasi oleh Corps insinyur-isinyur tentara Amerika Serikat (U.S Army Corps of Engineers). Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di Laboratorium atau di Lapangan dengan rencana Empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Hal ini digunakan sebagai metode perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) suatu jalan. Tebal suatu bagian perkerasan ditentukan oleh nilai CBR.

Uji CBR ini sangat penting untuk dilakukan, khususnya untuk konstruksi jalan raya, dimana akan berpengaruh dalam hal penentuan ketebalan yang diperlukan dari lapisan jalan itu sendiri.



Gambar 2.6 Perangkat Uji CBR Laboratorium

Sumber: Rekayasa Perkerasan Jalan, Dr. Ir. Erizal, Magr., Institut Pertanian Bogor

Data CBR digunakan sebagai salah satu masukan dalam proses perencanaan jalan yaitu untuk:

- Penentuan tebal perkerasan (*full depth pavement*) untuk bagian jalan yang direncanakan akan mendapatkan penanganan “pelebaran jalan”.
- Penentuan tebal lapis ulang (*overlay*) di atas jalan aspal apabila tidak dapat disediakan / tidak terdapat data Benkelman Beam.
- Penentuan tebal perkerasan untuk bagian jalan yang harus direkonstruksi (seluruh perkerasan lama dibongkar).
- Penentuan tebal perkerasan jalan baru.

A	B	C	D
46cm (18 in.) Base Course (80 CBR)	25cm (10in) Base Course (80 CBR)	15 cm (6in) Base Course (80 CBR)	31cm (12in) Base Course (80 CBR)
	21cm (8in) Sub-base (8 CBR)	10 cm (4 in) Stabilized Material (25 CBR)	
		21cm (8in) Sub-base (8 CBR)	15cm (16 in) Stabilized Subgrade (25 CBR)
	Subgrade CBR 3 Total Thickness 46cm (18 in)		

Gambar 2.7 Contoh Perencanaan Ketebalan Konstruksi Jalan dengan Metode CBR

Sumber : Ingles & Metcalf, 1972

Nilai CBR adalah perbandingan antara kekuatan contoh tanah dengan kepadatan dan kadar air tertentu terhadap kekuatan batu pecah bergradasi rapat sebagai standar material dengan nilai CBR=100. Nilai CBR yang didapat hanya berlaku untuk tingkat kepadatan tanah dan kadar air tertentu pada saat pengujian dilakukan. Prinsip kerja CBR baik lapangan maupun CBR laboratorium yaitu tanah diberi beban lalu dilakukan pembacaan pada penetrasi 0.025", 0.05", 0.075", 0.1", 0.125", 0.15", 0.175, 0.2 ". Nilai *CBR* yang dicari adalah nilai *CBR* pada penetrasi 0.1" dan 0.2". Untuk mencari nilai *CBR* digunakan persamaan rumus :

$$\%CBR = \frac{M \times LRC}{A \times BS} \times 100\% \quad (2.4)$$

di mana:

- M = pembacaan dial
- LRC = faktor kalibrasi alat (lbf/div)
- A = luas piston (in²)
- BS = Standard Unit Load

Tabel 2.11. Standard Unit Load pada Tiap Penetrasi

Penetrasi (inch)	Standard Unit Load (psi)
0.1	1000
0.2	1500
0.3	1900
0.4	2300
0.5	2600

Sumber: ASTM D 1883 - 87

Beban (*load*) didapat dari hasil pembacaan dial penetrasi yang kemudian diubah dengan grafik *Calibration Proving Ring*.

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{M \times LRC}{A} \quad (2.5)$$

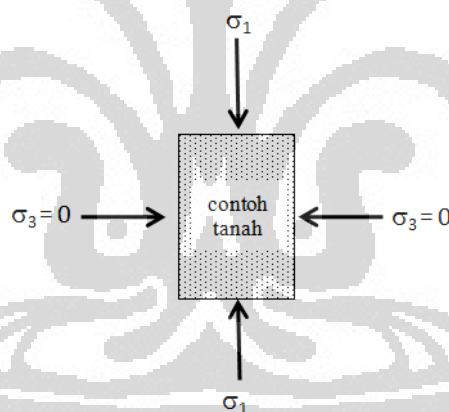
di mana:

- A = luas piston (3 in^2)
- P = $M \times \text{LRC}$
- M = Pembacaan dial
- LRC = faktor kalibrasi (10.04 lbf/div) → untuk CBR Lapangan
faktor kalibrasi (23.432 lbf/div) → untuk CBR Laboratorium

2.8. Pengujian Kuat Tekan Bebas

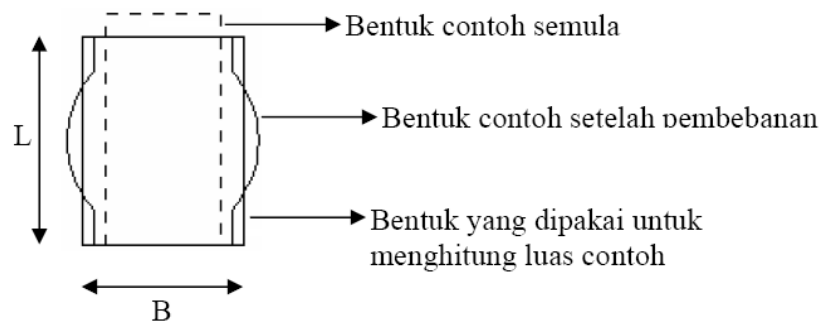
Pengujian kuat tekan bebas ini bertujuan untuk mencari nilai *Unconfined Compression Strength* dari tanah, sehingga diperoleh batas-batas konsistensi dari tanah tersebut.

Pengujian ini merupakan uji yang sederhana dimana tekanan atmosfer mengelilingi tanah. Gambar skematik dari prinsip pembebanan dalam pengujian ini dapat dilihat pada gambar 2. 8.



Gambar 2. 8 Skema Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pada percobaan *unconfined compression* ini kita mengadakan koreksi luas contoh tanah. Ini disebabkan karena pada waktu contoh diberikan beban vertikal, maka luas contoh akan berubah yaitu menjadi lebih besar.



Gambar 2.9 Perubahan yang Terjadi pada Sampel Selama Percobaan Berlangsung.

Dalam percobaan ini dimensi contoh harus memenuhi syarat :

$$2D \leq L \leq 3D \quad (2.6)$$

dimana :

D = diameter contoh

L = tinggi contoh

Karena jika $L \leq 2D$, maka sudut bidang runtuhnya akan mengalami overlap, dan jika $L \geq 3D$, maka contoh tanah akan berlaku sebagai kolom dan kemungkinan akan terjadi tekuk. Idealnya adalah $L : D = 2:1$.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian ini meliputi studi literatur dan percobaan langsung di laboratorium. Studi literatur digunakan dari awal penelitian hingga analisis dan penarikan kesimpulan. Sedangkan percobaan langsung di laboratorium meliputi pengujian sifat fisik tanah, pencampuran tanah dengan semen, proses pemadatan tanah, uji CBR, dan uji kuat tekan bebas.

Kegiatan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu meliputi persiapan material, pengujian sifat fisik dan sifat teknik tanah asli, pencampuran dengan komposisi variasi pada kadar semen, pengujian sifat fisik dan sifat teknik pada masing-masing komposisi campuran, penentuan kadar semen yang sesuai dengan target, pencampuran tanah asli dengan kadar air optimum ditambah dengan kadar semen sesuai target, uji CBR dan kuat tekan bebas dengan variasi waktu pemeraman. Alir kegiatan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.2. Persiapan Material

Tahap pertama dari kegiatan penelitian ini adalah persiapan material, yaitu pengambilan contoh tanah residual Depok yang berlokasi di Lapangan GK FTUI, serta semen tipe PCC (*Portland Composite Cement*) yang diproduksi oleh PT. Tiga Roda Indocement.

Pada persiapan tanah asli, tanah diambil pada kedalaman ± 0.5 meter dari permukaan tanah setelah dibuang humusnya. Kemudian, tanah ditempatkan pada loyang dan dijemur hingga kondisi kering udara dan diayak hingga lolos saringan nomor 4.

3.3. Pengujian Tanah Asli

Pengujian-pengujian tanah asli meliputi :

1. Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki. Pengujian kadar air sesuai dengan ASTM D2216.

2. Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah merupakan berat jenis dari partikel padat tanah. Pengujian berat jenis sesuai dengan standar ASTM D854-83.

3. Analisa Ukuran Butiran, meliputi *sieve analysis* dan *hydrometer*.

Uji analisa ukuran butiran ini adalah untuk mengetahui distribusi dari ukuran tanah. Pengujian ini berdasarkan ASTM D422.

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

Pengujian ini untuk mengetahui sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air bervariasi. Pengujian yang dilakukan meliputi :

- Batas Cair sesuai dengan standar ASTM D4318
- Batas Plastis sesuai dengan standar ASTM D4318

5. Pemadatan (*Compaction*)

Menggunakan metode pemadatan yang dimodifikasi (*modified proctor*) sesuai dengan standar ASTM D1557. Dari pengujian pemadatan inilah didapat nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum.

6. CBR tak terendam dan terendam

Untuk mengetahui nilai CBR yang didapat dari perbandingan kekuatan tanah pada kepadatan dan kadar air tertentu dengan kekuatan batu pecah yang bernilai 100%. Pengujian CBR ini sesuai dengan standar ASTM D1883-87.

7. Kuat Tekan Bebas

Pengujian kuat tekan bebas ini mengacu pada standar ASTM D 698. Dari pengujian ini kita akan mendapatkan nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada tanah akibat pembebanan arah vertikal.

3.4. Prosedur Pencampuran Tanah Dengan Semen

Berikut ini adalah prosedur pencampuran tanah dengan semen :

- a. Tanah yang telah kering udara diayak hingga lolos saringan no.4

- b. Menghitung kadar air awal untuk mendapatkan berat kering tanah asli tersebut.
- c. Menghitung berat semen yang didapat dari berat kering tanah. Berat semen disiapkan sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan.
- d. Pada pengujian sifat fisik tanah, tanah langsung dicampur dengan semen sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.
- e. Pada pengujian pemadatan, CBR dan kuat tekan bebas, tanah yang sudah dicari kadar airnya sesuai dengan ASTM D2216 ditambahkan air agar tanah tersebut berada pada kondisi kadar air optimum. Volume air tambahan tersebut didapat dari hasil perhitungan :

$$V_{\text{add}} = \frac{w_x - w_0}{1 + w_0} \times \text{berat tanah} \quad (3.1)$$

Dimana :

w_x = kadar air target

w_0 = kadar air awal

Setelah menghitung volume air tambahan dan menembarkannya ke dalam tanah, aduk sampai merata hingga tercampur seluruhnya. Kemudian peram tanah tersebut selama 18-24 jam agar tanah tersebut menjadi homogen. Setelah pemeraman, tanah ditambahkan semen sesuai dengan kadar yang telah ditentukan yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Kadar semen yang digunakan dihitung terhadap berat kering tanah, karena tanah kering mempunyai berat yang tetap. Aduk hingga merata kemudian segera dilakukan pemadatan untuk menghindari proses hidrasi yang terlalu cepat.

Contoh perhitungan penentuan berat semen adalah :

- Berat contoh tanah untuk pemadatan = 1800 g
- Kadar air awal = 18,65%
- Kadar bahan pengikat semen = 5%
- Berat kering tanah = $1800 - \left(1800 \times \frac{18.65}{100}\right)$
= 1464,3 g
- Berat semen = $5\% \times 1464,3 \text{ g} = 73,215 \text{ g}$

3.5. Pengujian Tanah Asli Yang Dicampur Semen

Untuk mengetahui perubahan sifat-sifat fisik akibat adanya campuran semen pada tanah residual Depok, maka pada campuran dilakukan pengujian, yaitu :

a. Berat Jenis

Pada pengujian ini akan diperoleh nilai berat jenis pada setiap komposisi campuran. Masing-masing campuran akan memiliki berat jenis yang berbeda.

b. Analisa Ukuran Butiran

Dari pengujian yang meliputi hydrometer dan sieve analysis ini, kita dapat mengetahui perubahan gradasi pada tanah yang dicampur semen.

c. Batas-batas Atterberg

Pada pengujian ini akan diketahui perubahan nilai indeks plastisitas akibat penambahan semen pada tanah residual Depok.

d. Pemasatan

Dari pengujian ini diperoleh 5 grafik pepadatan berat, dan dapat diketahui nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum pada masing-masing komposisi. Jadi setiap komposisi campuran mempunyai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum yang dengan komposisi lainnya.

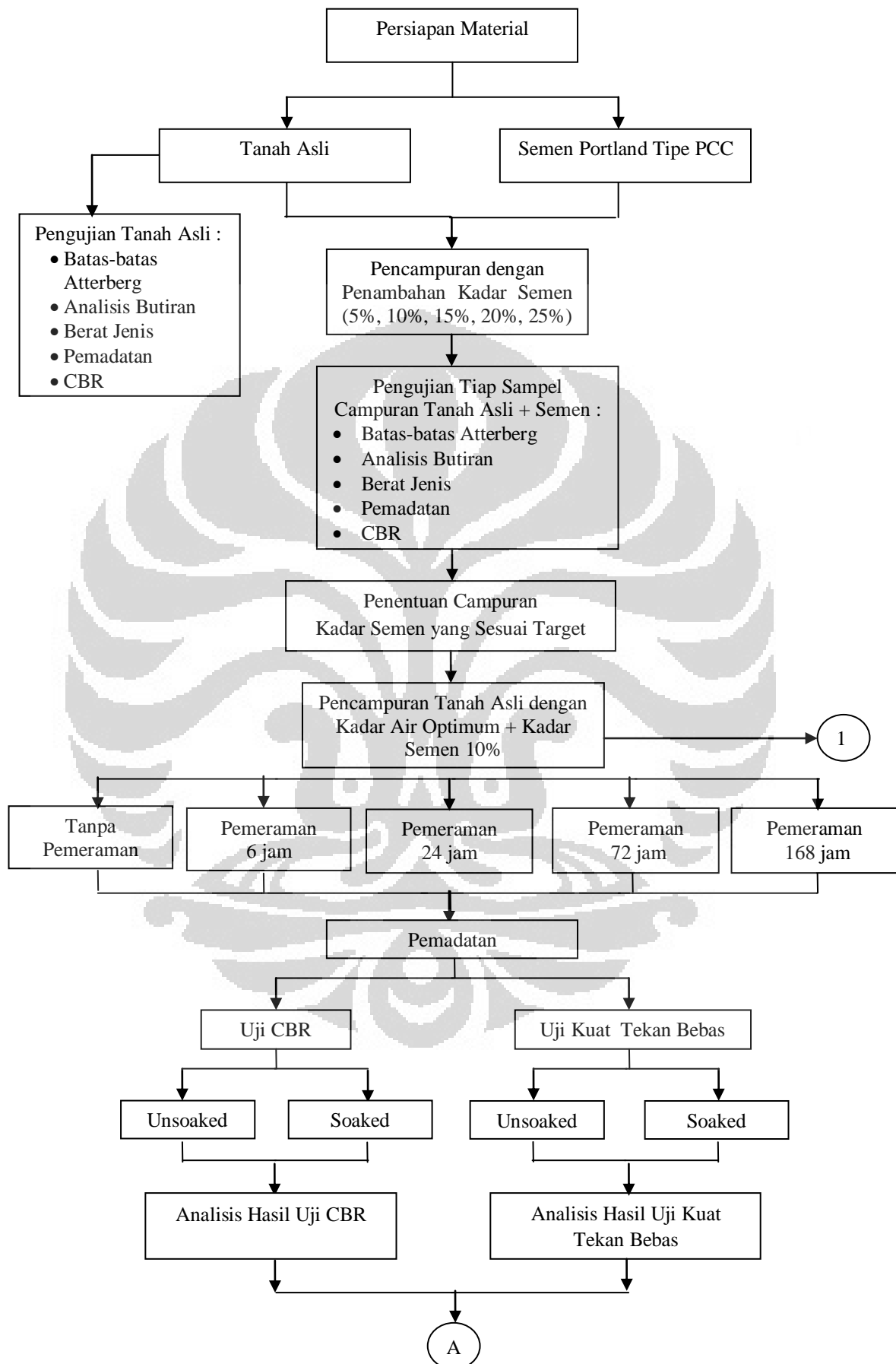
e. CBR

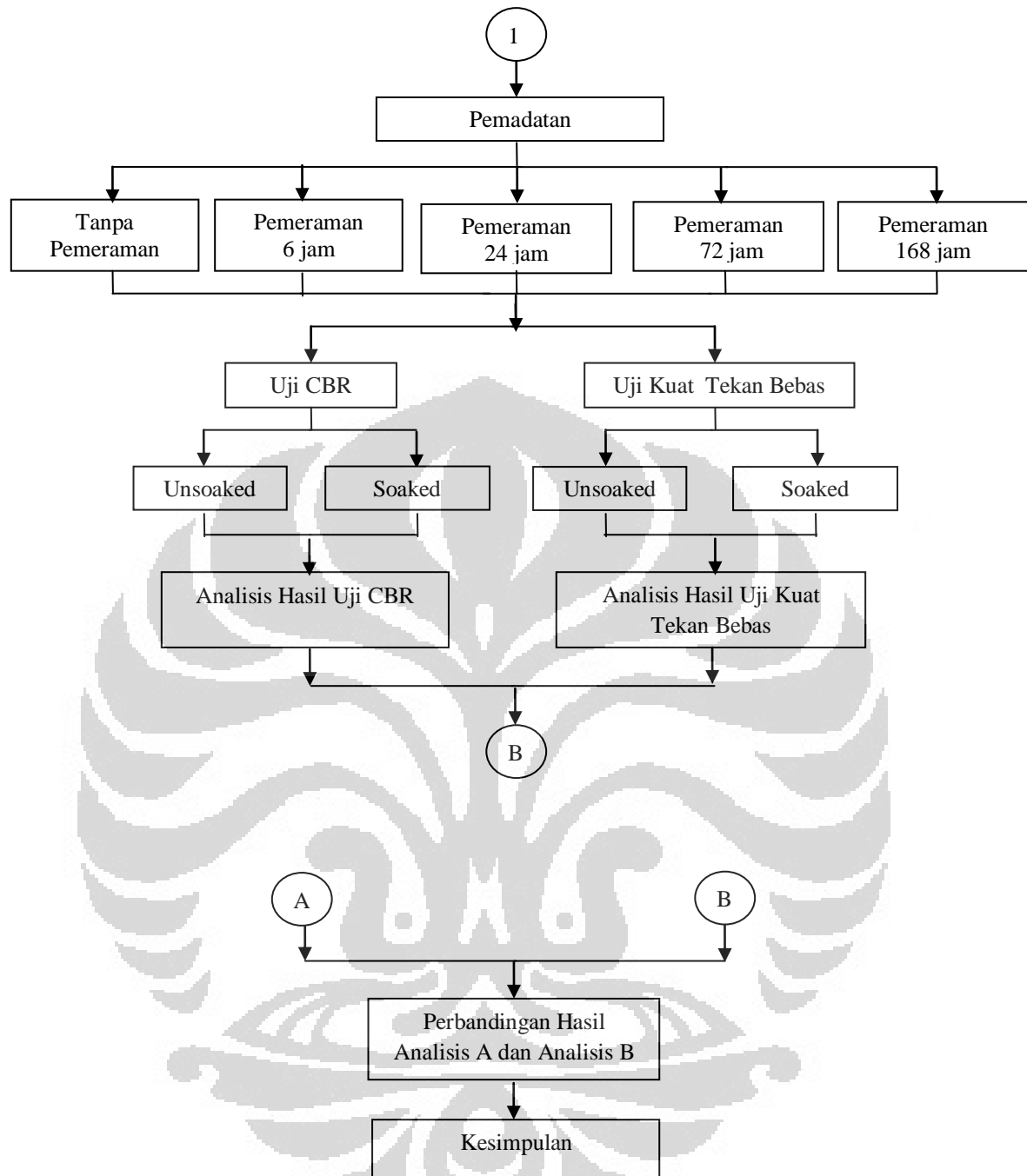
Pengujian cbr ini meliputi 2 kondisi yaitu, tak terendam dan terendam. Pengujian inilah yang nantinya sebagai dasar atas pemilihan kadar semen yang sesuai dengan target.

3.6. Penentuan Kadar Semen Target

Penentuan kadar semen target didapatkan dengan menggunakan nilai CBR sebagai acuan. Sesuai dengan petunjuk dari SNI -03-1744-1989, ketentuan tanah yang telah distabilisasi untuk lapis pondasi bawah adalah memiliki nilai CBR terendam minimum 35%.

Komposisi pada kadar semen yang sesuai target inilah yang nantinya akan digunakan pada pengujian kuat tekan bebas dan CBR dengan variasi waktu pemeraman.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.7. Variasi Waktu Pemeraman

Terdapat 2 jenis metode untuk melakukan pemeraman yaitu :

- a. Pencampuran → Pemeraman → Pemadatan → Pengujian CBR dan Kuat Tekan Bebas

Pada metode ini tanah asli yang berada pada keadaan kadar air optimum dicampur semen yang sesuai dengan target. Setelah proses pencampuran selesai, tanah didiamkan di dalam plastik sesuai dengan waktu pemeraman yang telah ditentukan, untuk kemudian dilakukan pemadatan. Setelah tanah selesai dipadatkan, barulah tanah diuji CBR tak terendam. Kemudian tanah direndam dalam kolam penampungan selama ± 96 sebelum akhirnya diuji lagi pada pengujian CBR terendam.

- b. Pencampuran → Pemadatan → Pemeraman → Pengujian CBR dan Kuat Tekan Bebas

Untuk metode ini, tanah asli yang telah dicampur semen yang sesuai dengan target, langsung dilakukan pemadatan. Setelah pemadatan tanah didiamkan di dalam mold sesuai dengan waktu pemeraman yang telah dilakukan, baru kemudian diuji CBR tak terendam. Proses selanjutnya adalah perendaman dalam kolam penampungan selama ± 96 jam, dan setelah itu dilakukan pengujian CBR terendam.

Lamanya waktu pemeraman yang telah ditentukan adalah 0 jam, 6 jam, 24 jam, 72 jam, dan 168 jam. Pada variasi lamanya pemeraman selain dilakukan pada pengujian CBR juga dilakukan pada pengujian kuat tekan bebas. Diantara kedua metode pemeraman tersebut nantinya akan dipilih metode yang memiliki nilai CBR dan kuat tekan bebas yang lebih baik.

3.8. Pengujian CBR

Tahap pengujian CBR dilakukan sesuai dengan ASTM D1883-87. Uji CBR yang dilakukan yaitu CBR Tak Terendam dan CBR Terendam. Uji CBR dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu :

- Pencampuran tanah dengan semen yang telah ditentukan kadarnya.
- Pemadatan tanah dengan metode pemadatan *modified* yang sesuai dengan ASTM D1557. Mold yang digunakan memiliki diameter 6 inch. Pemadatan

dilakukan dengan *hammer* yang memiliki berat 10 lbs dan tinggi jatuh 18 inch. Pemadatan dilakukan sebanyak 5 lapis dengan 56 tumbukan pada tiap lapisan.

- Uji CBR tak terendam. Dicatat pembacaan setiap penetrasi 0,025” sampai dengan 0,2”
- Perendaman benda uji di dalam kolam perendaman selama 96 jam, dan dilakukan pembacaan *swelling* pada saat 1, 2, 3 jam setelah perendaman dan pada 1, 2, 3, dan 4 hari setelah perendaman.
- Uji CBR terendam dilakukan setelah perendaman selama 96 jam, benda uji kembali di tes CBR.

Hasil percobaan tersebut dibuat grafik antara beban dan penetrasi. Nilai CBR yang digunakan adalah pada saat penetrasi 0,1”. Dan dari pengujian CBR inilah dapat ditentukan kadar semen yang sesuai target yang memenuhi syarat sebagai lapis pondasi bawah.

3.9. Pengujian Kuat Tekan Bebas

Prosedur pengujian Kuat Tekan Bebas hampir sama dengan prosedur pengujian CBR. Hanya saja dilakukan pada mold yang telah dimodifikasi sehingga memiliki ukuran yang lebih kecil. Mold tersebut telah memenuhi syarat untuk uji kuat tekan bebas yaitu $L/D = 2$ sampai 3, dengan rincian sebagai berikut :

- Diameter mold (D) : 0,196 ft (6 cm)
- Tinggi mold (L) : 0,393 ft (12 cm)
- Berat hammer : 5,5 lb (2,51 kg)
- Tinggi jatuh : 1 ft (30,48 cm)
- Jumlah lapisan : 5 lapis
- Jumlah tumbukan per lapis : 24 tumbukan per lapis
- Volume tanah : 0,01185 ft³ (339,12 cm³)
- CE : 56.250 ft.lb/ft³

Jumlah tumbukan per lapis untuk uji kuat tekan bebas didapatkan melalui persamaan (3.2) berikut ini :

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

$$56.250 = \frac{5,5 \times 1 \times 5 \times B}{0,01185}$$

$$B = 24,24 \rightarrow 24 \text{ tumbukan per lapis}$$

Pada proses pemadatan tanah, walaupun termasuk ke dalam pemadatan berat, namun *hammer* yang digunakan adalah *hammer* yang memiliki berat 5,5 lbs. Hal tersebut dilakukan karena mold yang digunakan untuk pengujian kuat tekan bebas ini memiliki diameter yang lebih kecil dibanding kepala *hammer* yang biasa digunakan untuk pemadatan berat. Pemadatan pada uji kuat tekan bebas ini mengacu pada standar ASTM D1557.

Pada pengujian kuat tekan bebas ini tidak dilakukan pada alat UCT (*Unconfined Compressive Test*) melainkan dilakukan pada alat CBR, hal ini disebabkan karena kekuatan tanah yang cukup besar yang melebihi kapasitas alat UCT tersebut. Hasil dari pengujian kuat tekan bebas ini akan dibandingkan dengan hasil dari pengujian CBR.

BAB 4

HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM DAN ANALISA DATA

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan ditampilkan data-data dan hasil pengujian laboratorium dari sifat fisik maupun sifat mekanik tanah residual Depok pada lokasi Lapangan GK FTUI. Selain itu juga akan diperlihatkan hasil pengujian laboratorium tanah residual yang telah distabilisasi dengan semen. Dan juga hasil pengujian laboratorium yang dilakukan untuk mendapatkan kadar semen yang diinginkan agar memenuhi persyaratan sebagai lapisan pondasi bawah (*sub-base*) pada perkerasan lapisan jalan.

Setelah didapatkan kadar semen yang diinginkan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian CBR dan kuat tekan bebas dengan variasi waktu pemeraman. Dan analisa yang dilakukan adalah berdasarkan dari hasil pengolahan data pengujian laboratorium tersebut.

4.2 Hasil Uji Tanah Asli

4.2.1 Hasil Uji Sifat Fisik Tanah Residual Depok

Tanah yang digunakan untuk pengujian laboratorium diambil di lokasi sekitar gedung GK FTUI. Sifat fisik dan karakteristik tanah residual Depok dapat diketahui melalui serangkaian pengujian laboratorium yang sesuai dengan standar ASTM. Berikut ini merupakan hasil pengujian sifat fisik tanah residual Depok.

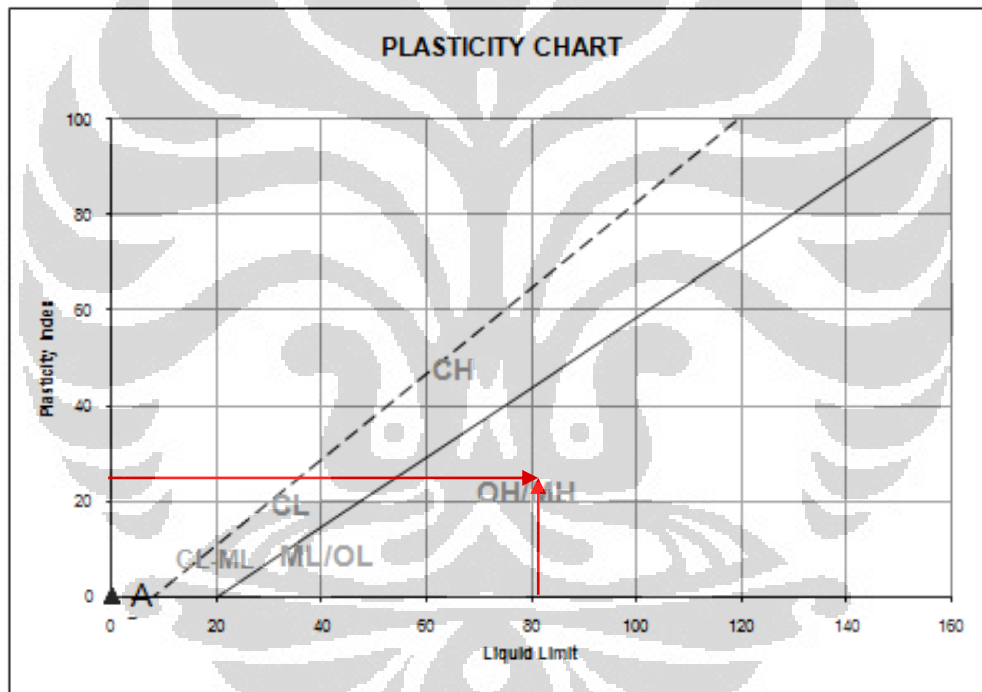
Tabel 4.1. Karakteristik Sifat Fisik Hasil Uji Tanah Residual Depok

Berat Jenis Tanah	2.688
Analisa Ukuran Butir :	
- Pasir	1%
- Lanau	83%
- Lempung	16%
Batas-batas Atterberg	
- Batas Cair	81.32 %
- Batas Plastis	57.91%
- Indeks Plastisitas	23.41%

Dari data-data tersebut, dapat diketahui bahwa tanah residual Depok memiliki nilai berat jenis tanah yaitu sebesar 2.688, memiliki gradasi yang terdiri dari 1% pasir, 83% lanau, dan 16% lempung, serta memiliki nilai batas cair sebesar 81.32%, nilai batas plastis 57.91%, dan nilai indeks plastisitasnya sebesar 18.48%.

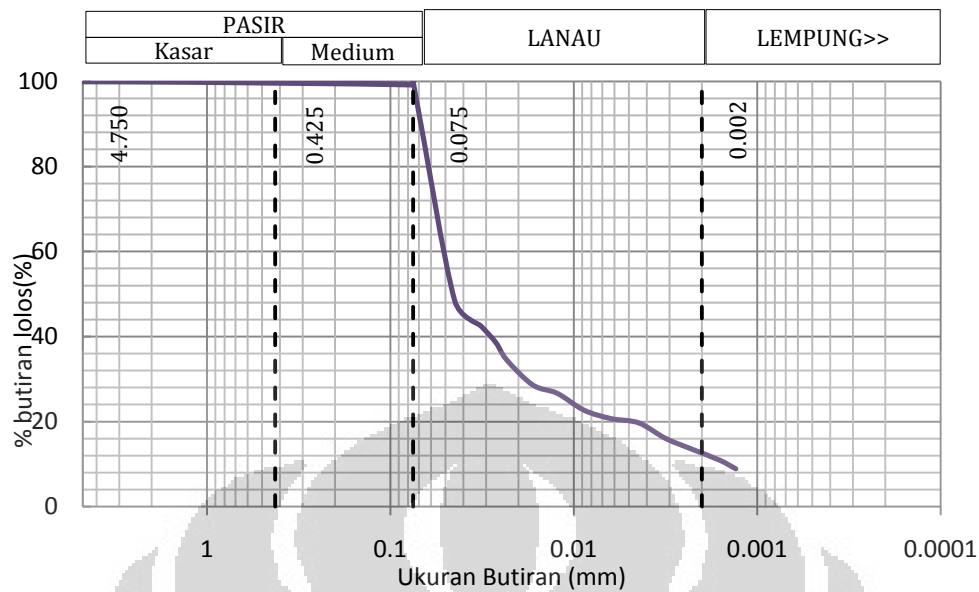
Sistem Klasifikasi Unified

Berdasarkan Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* maka tanah Residual Depok dapat digolongkan sebagai lanau anorganik berplastisitas tinggi (MH). Hal ini dapat dilihat pada grafik plastisitas di bawah ini.



Gambar 4.1. Grafik Plastisitas

Dari uji analisa ukuran butiran dapat dilihat pada gambar 4.2 bahwa sebesar 83% terdiri dari lanau dan termasuk ke dalam tanah yang memiliki gradasi seragam. Dan pada uji batas-batas atterberg diketahui batas cair 81.32% dan indeks plastisitasnya 23.41%, maka klasifikasi tanah berdasarkan sistem *Unified* adalah MH (Lanau Anorganik Berplastisitas Tinggi).

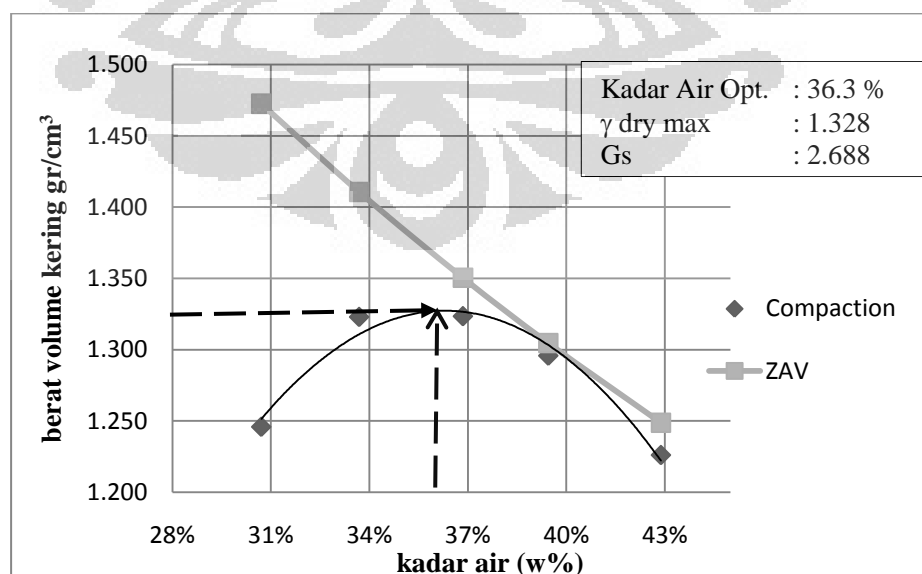


Gambar 4.2. Grafik Distribusi Ukuran Butiran Tanah Asli

4.2.2 Hasil Uji Sifat Mekanik Tanah Residual Depok

- Pematatan

Hasil pengujian laboratorium yang didapatkan dari uji pematatan (*compaction*) adalah nilai kadar air optimum pada berat kering maksimum pada tanah yang telah dipadatkan. Pada tanah residual Depok ini, nilai kadar air optimum yang didapatkan dari uji pematatan berat adalah 36.3% dan berat kering maksimumnya adalah 1.328 gr/cm³.



Gambar 4.3. Grafik Uji Pematatan Berat Tanah Asli

Pada uji pemadatan ada beberapa faktor penyebab terjadinya kesalahan, antara lain adalah kurang telitnya dalam menghitung kadar air awal, tidak meratanya campuran tanah dan air sehingga kadar air yang didapatkan tidak mewakili kadar air yang diinginkan, kurang meratanya pemadatan yang memungkinkan masih ada rongga pada benda uji tersebut, serta volume tanah yang berubah akibat kurang rataanya benda uji ketika memotong kelebihan tanah pada lapis tanah terakhir.

- CBR

Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) adalah nilai yang menyatakan perbandingan antara kekuatan tanah pada kadar air dan volume tertentu terhadap batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100%.

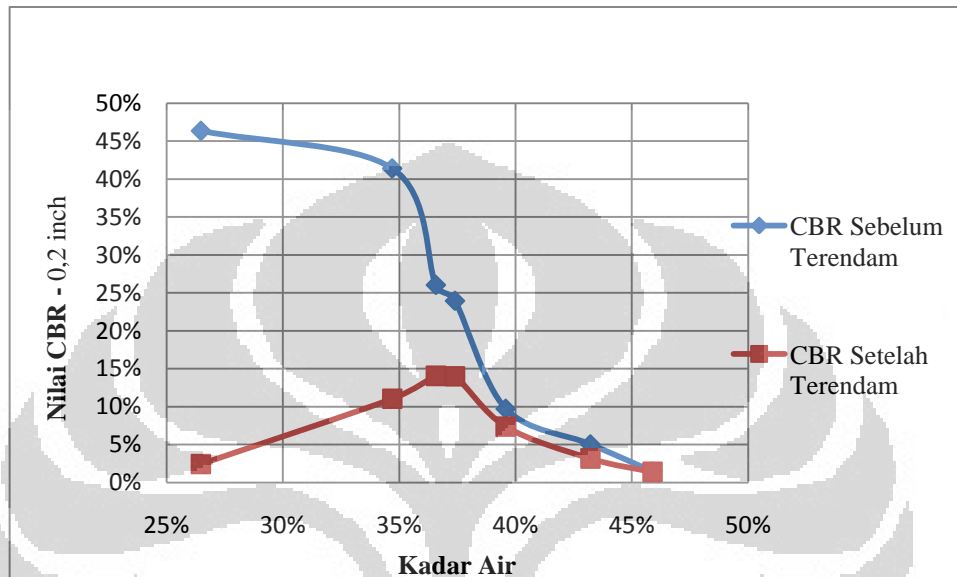
Pada pengujian CBR dilakukan dengan 2 keadaan yaitu, keadaan tak terendam (*Unsoaked*) dan keadaan terendam (*Soaked*) yang sesuai dengan standar ASTM D698. Berikut ini merupakan hasil pengujian CBR dari tanah asli yang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Uji CBR Tanah Residual Depok

No	wi	wf	CBR (Unsoaked)		CBR (Soaked)		γ_{di}	γ_{df}	swelling
			0.1"	0.2"	0.1"	0.2"			
1	26.48%	41.84%	47.25%	46.34%	2.27%	2.45%	1.254	1.270	6.94%
2	34.70%	41.22%	45.22%	41.39%	12.50%	11.04%	1.300	1.288	3.03%
3	36.58%	39.73%	28.59%	26.04%	14.84%	14.06%	1.311	1.294	0.57%
4	37.40%	37.78%	25.23%	23.95%	14.06%	14.01%	1.305	1.310	0.55%
5	39.58%	40.53%	8.28%	9.74%	7.50%	7.39%	1.258	1.256	0.16%
6	43.22%	43.98%	4.21%	5.05%	3.12%	3.18%	1.190	1.189	0.14%
7	45.89%	45.82%	1.41%	1.46%	3.18%	1.41%	1.150	1.160	0.10%

Dari hasil pengujian CBR yang ditampilkan di tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pada keadaan tak terendam mempunyai nilai CBR lebih besar dibanding nilai CBR yang terendam. Hal ini disebabkan karena pada saat perendaman terdapat perubahan volume tanah akibat masuknya air ke dalam benda uji dan mengalami proses pengembangan (*swelling*), sehingga menyebabkan kepadatan tanah berkurang dan kekuatan tanah yang dihasilkan mengalami penurunan. Selain itu, pada kondisi terendam tanah mengalami kondisi jenuh air. Dimana pada kondisi tersebut merupakan kondisi kritis pada tanah.

Kadar air juga sangat mempengaruhi nilai CBR. Hal ini dapat dilihat bahwa semakin rendah kadar air suatu benda uji pada kondisi tak terendam, semakin tinggi pula nilai CBR yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena pada tanah yang kering memiliki struktur tanah yang relatif lebih padat dan keras dibandingkan dengan tanah yang basah.



Gambar 4.4 Grafik Nilai CBR Tanah Asli

Namun, kondisi tanah yang memiliki kadar air yang lebih kecil tersebut tidak selamanya menguntungkan. Hal ini tertera dari nilai pembacaan kondisi pengembangan, dimana tanah yang memiliki kadar air yang lebih kecil pada kondisi tak terendam akan memiliki nilai pengembangan yang lebih besar. Kondisi ini disebabkan karena pori-pori tanah tersebut masih bisa menyerap air lebih banyak, kadar air setelah direndam akan jauh meningkat, volume tanah mengalami perubahan dan kepadatan tanah menjadi berkurang. Sehingga menghasilkan nilai CBR kondisi terendam yang kecil.

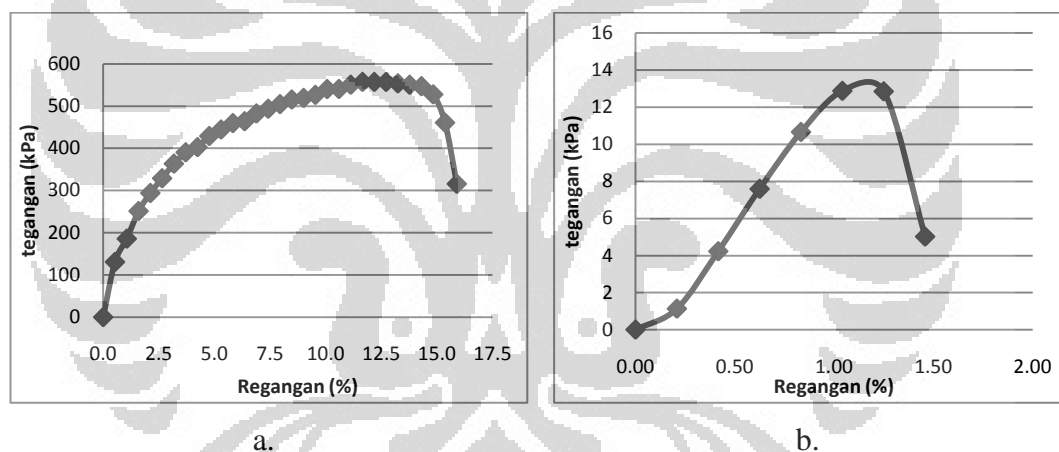
Berlawanan dari benda uji yang memiliki kadar air yang rendah pada kondisi tak terendam, benda uji yang memiliki kadar air yang tinggi pada kondisi tak terendam memiliki nilai CBR yang lebih rendah namun memiliki nilai pengembangan yang rendah pula. Hal ini disebabkan karena pada benda uji tersebut sudah jenuh air, sehingga pori-pori dalam tanah tidak sanggup lagi menyimpan air yang lebih banyak lagi. Sehingga kadar air setelah terendam tidak

jauh berbeda dengan kadar air sebelum terendam. Dan nilai CBR setelah terendam tak jauh berbeda dengan nilai CBR sebelum terendam.

Sedangkan pada benda uji yang memiliki kadar air optimum, pada kondisi terendam, memiliki nilai CBR tertinggi. Hal tersebut disebabkan karena susunan pada tanah yang lebih teratur artinya tidak terlalu kering atau basah menyebabkan perubahan volume yang terjadi akibat proses masuknya air tidak terlalu besar.

- Kuat Tekan Bebas

Dalam pengujian ini, diasumsikan sudut geser dalam (ϕ) = 0 dan tidak ada tegangan sel ($\sigma_3 = 0$), jadi yang ada hanya beban vertikal (σ_1). Beban vertikal yang menyebabkan terjadinya retak dibagi satuan luas yang dikoreksi (A') inilah yang disebut *Ultimate Compression Strength (UCS)*.



Gambar 4.5 Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli a. Kondisi Tak Terendam b. Kondisi Terendam

Dari pengujian kuat tekan bebas didapatlah nilai UCS dari tanah residual Depok pada kondisi tak terendam adalah 556,985 kPa dan UCS pada kondisi terendam adalah 12,886 kPa. Nilai pada kondisi terendam jauh lebih kecil karena kondisi tanah yang sudah jenuh air menyebabkan kekuatan tanah berkurang.

4.2.3 Komposisi Kima Tanah Residual Depok

Dari analisa kimia yang dilakukan, maka didapat data mengenai senyawa kimia yang terkandung dalam tanah residual Depok seperti yang terlihat pada tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan XRF Tanah Residual Depok

No.	Komponen	Komposisi Kimia (%) Kering
1.	SiO ₂	61.9309
2.	CaO	0.2929
3.	TiO ₂	3.2572
4.	V ₂ O ₃	0.1234
5.	MnO	0.9862
6.	Fe ₂ O ₃	31.224
7.	CuO	0.0477
8.	ZrO ₂	0.1045
9.	Ag ₂ O ₃	1.9348

Dari hasil analisa kimia, kandungan utama penyusun tanah residual Depok ini adalah SiO₂ dan Fe₂O₃.

Senyawa SiO₂ yang terdapat pada tanah residual Depok sangat berperan terhadap pembentukan *Tricalcium Silikat* (C₃S) atau 3CaO.SiO₂ dan *Dicalcium Silicate* (C₂S) atau 2CaO.SiO₂ jika dicampur dengan semen dan air. Kedua senyawa tersebut yang menentukan kekuatan pada campuran tanah dan semen.

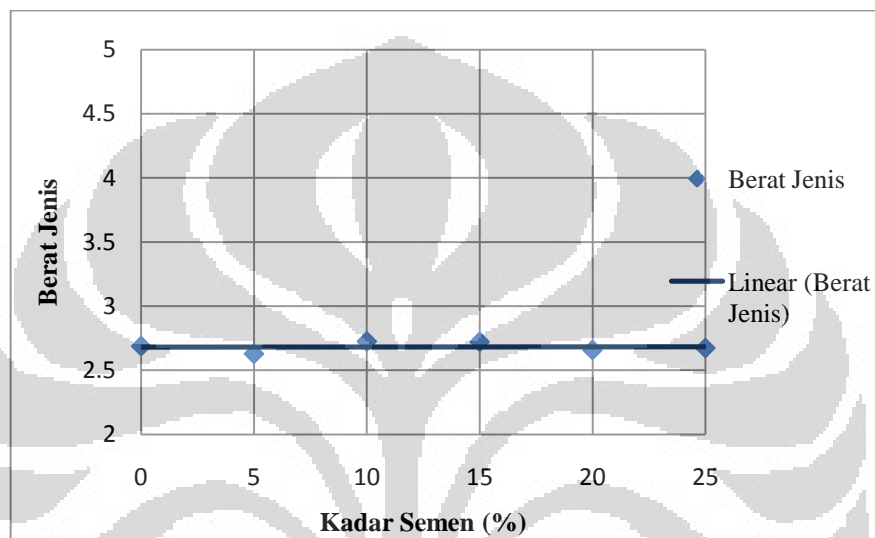
4.3 Hasil Uji Tanah yang Telah Distabilisasi Semen

4.3.1 Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

Hasil pengujian berat jenis tanah akibat penambahan semen dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.6.

Hasil uji berat jenis dengan penambahan semen sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% sebagaimana tercantum pada tabel 4.4 relatif mendatar, yakni ada yang mengalami kenaikan ataupun penurunan tetapi tidak terlalu besar selisih diantaranya. Nilai berat jenis terbesar berada pada penambahan semen sebanyak 10%. Sedangkan nilai berat jenis terkecil adalah pada penambahan semen sebanyak 5%. Selisih nilai keduanya adalah 0,097. Hal yang menyebabkan

perbedaan pada nilai berat jenis ini adalah bercampurnya dua jenis material, yaitu tanah dan semen yang memiliki berat jenis yang berbeda. Nilai berat jenis dari semen tiga roda yang diproduksi oleh PT Indocement yang digunakan pada pengujian ini adalah 3,02. Sehingga jika terjadi penambahan semen, maka seharusnya nilai berat jenis mengalami kenaikan. Tetapi dari gambar 4.6 menunjukkan adanya kenaikan dan adanya penurunan pada nilai berat jenis tersebut.



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Penambahan Semen pada Tanah Residual Depok

Beberapa faktor yang menyebabkan hal tersebut adalah pada pengujian berat jenis ini masih terdapat kesalahan. Diantaranya adalah rongga udara yang masih terdapat dalam tanah, dan kurang telitinya pembacaan suhu sewaktu percobaan, serta perbedaan lamanya waktu pemanasan. Selain itu, proses sementasi tanah dan semen yang menyebabkan terjadinya penggumpalan yang merekatkan antara semen dan tanah, menghasilkan rongga-rongga yang ada sulit tertembus air. Rongga pori yang terlapsi oleh lapisan kedap air tersebut mempengaruhi ukuran volume butiran yaitu memperbesar volume butiran yang nantinya juga akan mempengaruhi nilai berat jenis.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Akibat Penambahan Semen

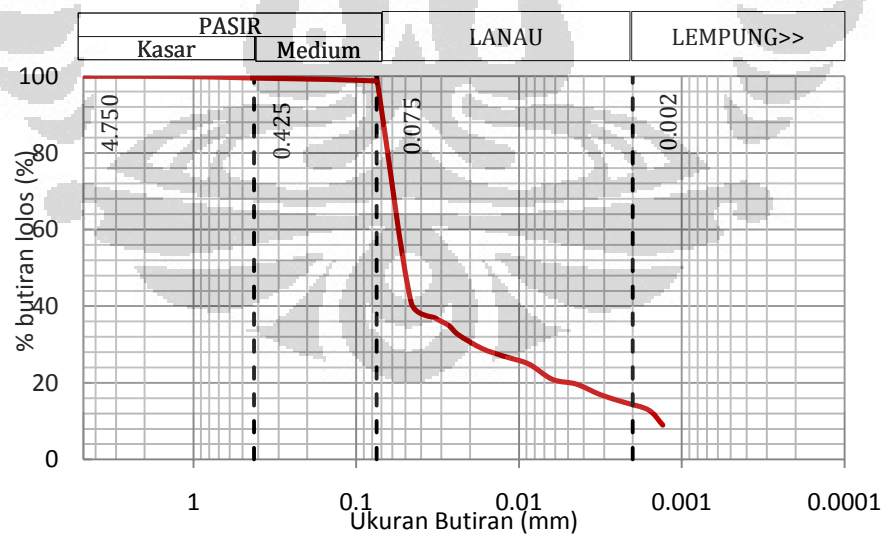
No	Bahan	Berat Jenis (GS)
1	Tanah Asli	2.688
2	Tanah + 5% cement	2.628
3	Tanah + 10% cement	2.725
4	Tanah + 15% cement	2.721
5	Tanah + 20% cement	2.658
6	Tanah + 25% cement	2.673

4.3.2 Analisa Ukuran Butiran

1) Penambahan semen 5%

Dengan penambahan sebanyak 5% semen dari berat kering tanah, maka didapatkan komposisi sebagai berikut :

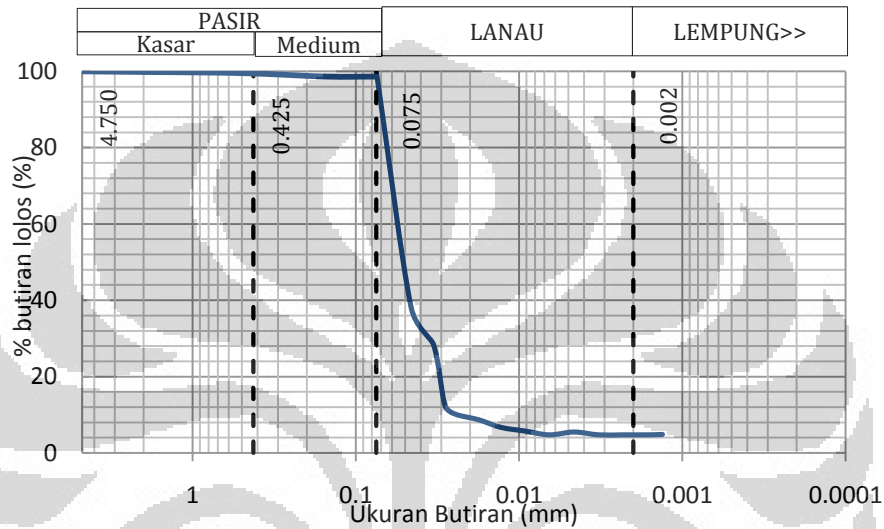
- Semen : 1%
- Lanau : 85%
- Lempung : 14%

**Gambar 4.7** Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 5% Semen

2) Penambahan semen 10%

Dengan penambahan sebanyak 10% semen dari berat kering tanah, maka didapatkan komposisi sebagai berikut :

- Semen : 2%
- Lanau : 93%
- Lempung : 5%

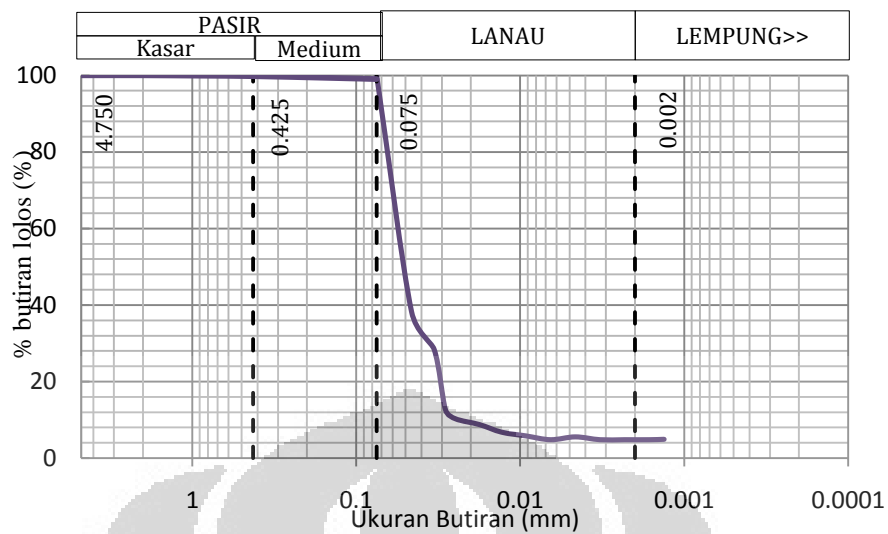


Gambar 4.8 Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 10% Semen

3) Penambahan semen 15%

Dengan penambahan sebanyak 15% semen dari berat kering tanah, maka didapatkan komposisi sebagai berikut :

- Semen : 1%
- Lanau : 94%
- Lempung : 5%

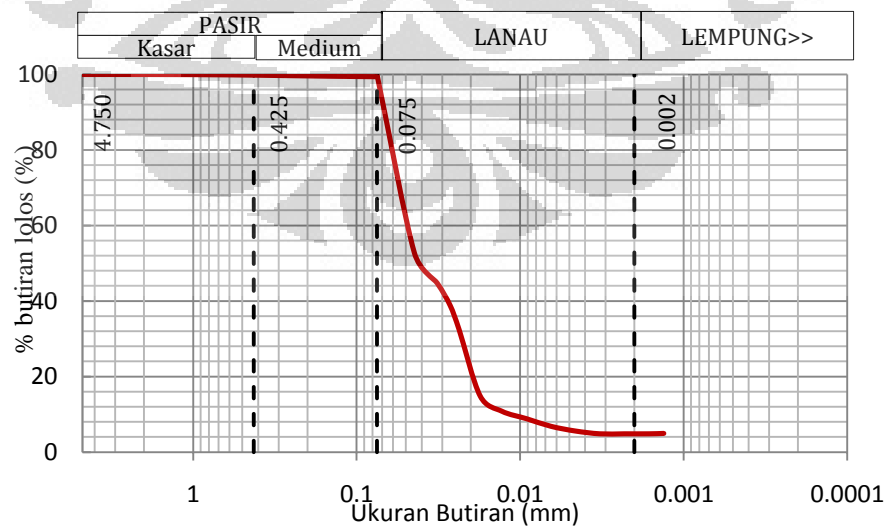


Gambar 4.9 Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 15% Semen

4) Penambahan semen 20%

Pada penambahan sebanyak 20% semen dari berat kering tanah, maka didapatkan komposisi sebagai berikut :

- Semen : 1%
- Lanau : 94%
- Lempung : 5%

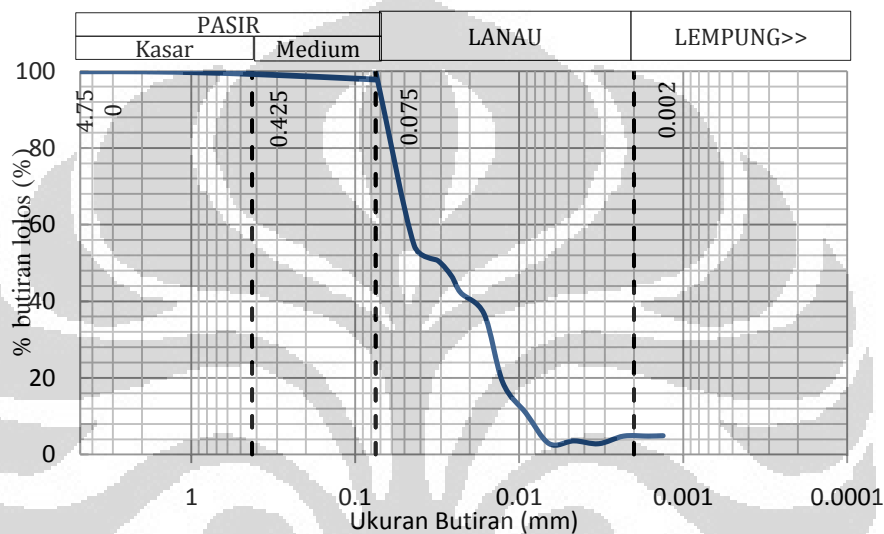


Gambar 4.10 Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 20% Semen

5) Penambahan semen 25%

Dengan penambahan sebanyak 25% semen dari berat kering tanah, maka didapatlah komposisi sebagai berikut :

- Semen : 2%
- Lanau : 94%
- Lempung : 4%



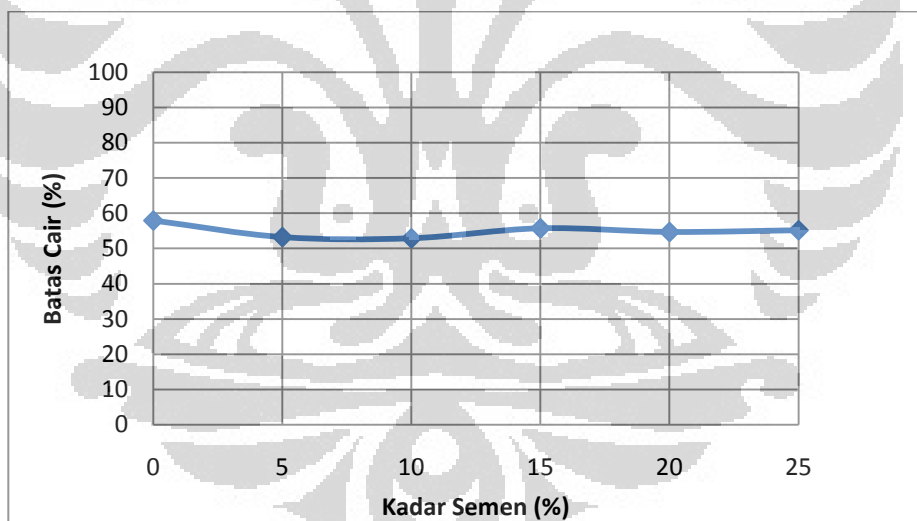
Gambar 4.11 Grafik Analisa Ukuran Butiran Tanah Residual Depok + 25% Semen

Gambar 4.7 sampai gambar 4.11 menunjukkan grafik analisa ukuran butiran dari tanah residual Depok yang telah dicampur oleh semen. Pada gambar 4.7 merupakan grafik tanah yang telah ditambah 5% semen menunjukkan bahwa komposisi lanau dalam tanah bertambah dan komposisi lempungnya menurun dibandingkan dengan tanah asli. Hal ini dikarenakan ukuran butiran semen yang lebih besar daripada ukuran butiran lempung. Ukuran butiran pada semen ini menyerupai ukuran butiran tanah lanau. Sehingga dapat dilihat pada grafik-grafik selanjutnya yaitu grafik tanah yang telah dicampur oleh semen dengan kadar masing-masing 10%, 15%, 20%, dan 25% menunjukkan bahwa semakin banyak kadar semen dalam tanah tersebut menyebabkan bertambahnya komposisi lanau dalam tanah dan berkurangnya komposisi lempung.

Sedangkan untuk komposisi pasir pada tanah yang cenderung tidak berubah menunjukkan bahwa ukuran butiran semen tidak lebih besar dari ukuran butiran lanau. Dan larutan pendispersi pada pengujian hydrometer membuat semen tidak dapat bereaksi dengan tanah dan tidak terjadi penggumpalan. Sehingga ukuran butiran tanah maupun semen tetap sama dengan ukuran tanah lanau.

4.3.3 Batas-Batas Atterberg

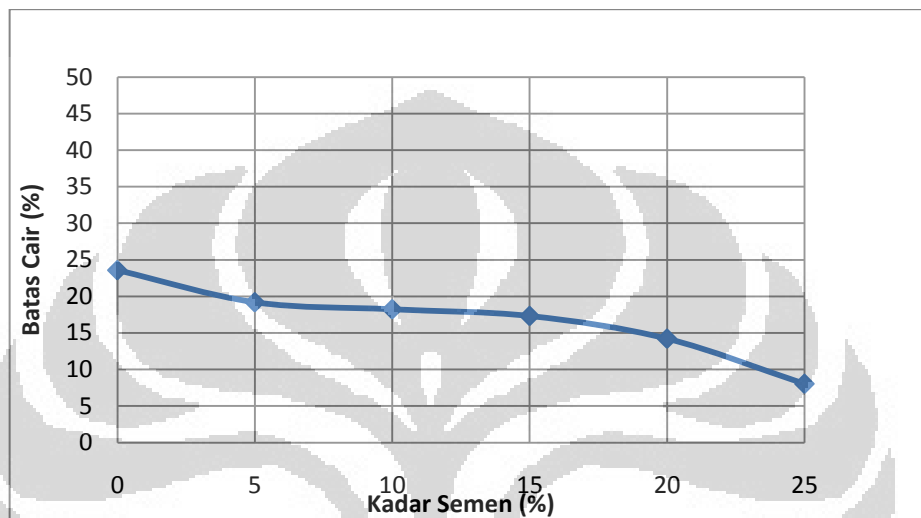
Dengan penambahan semen adanya kecenderungan penurunan terhadap batas cair dan naiknya batas plastis yang menyebabkan indeks plastisitas mengalami penurunan. Hasil uji batas cair sebagaimana yang terlihat pada gambar 4.12 menunjukkan adanya kecenderungan penurunan seiring dengan bertambahnya persentase semen. Dengan penambahan semen akan menyebabkan semakin mudah terlepasnya ikatan partikel tanah. Jika ikatan partikel antar tanah semakin melemah, maka semakin kecil pula nilai batas cairnya.



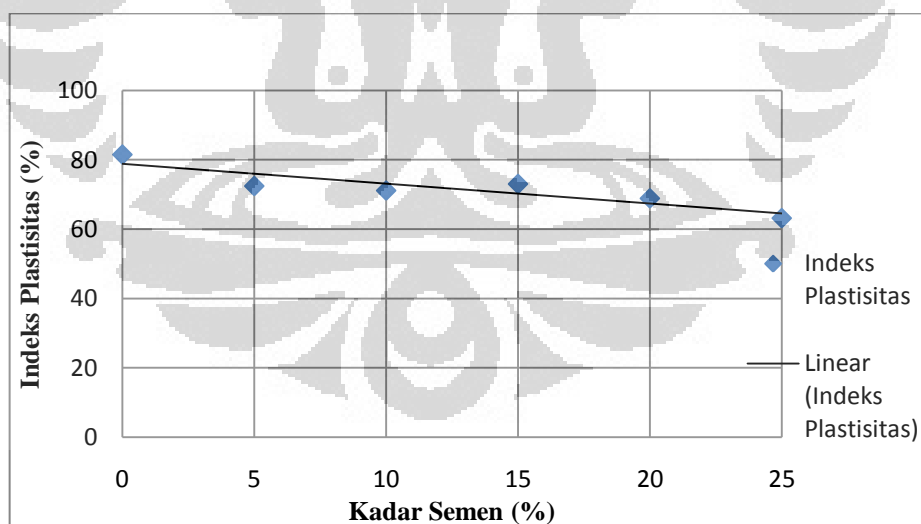
Gambar 4.12 Grafik Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Batas Cair

Pada gambar 4.13 memperlihatkan kecenderungan naiknya nilai batas plastis seiring dengan bertambahnya persentase semen. Hal ini disebabkan karena terjadinya reaksi penggumpalan (flokulasi), yang menyebabkan terbentuknya ukuran tanah yang baru menjadi lebih besar. Ukuran tanah yang lebih besar ini menyebabkan luas permukaan spesifik, yaitu perbandingan antara luas permukaan

terhadap volume atau berat suatu bahan, menjadi lebih kecil dibanding tanah yang memiliki ukuran partikel lebih kecil. Permukaan spesifik yang kecil akan mempengaruhi kepekaan tanah terhadap pengaruhnya air. Sehingga pada pengujian batas plastis ini, semakin banyak kadar semennya semakin tinggi pula kadar air yang dibutuhkan.



Gambar 4.13 Grafik Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Batas Plastis



Gambar 4.14 Grafik Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas adalah nilai batas cair dikurangi batas plastis. Semakin banyak kadar semen, semakin rendah nilai indeks plastisitasnya. Hal ini terlihat pada gambar 4.14. Nilai indeks plastisitas juga dapat menunjukkan potensi

pengembangan dari suatu tanah tersebut. Semakin besar nilai indeks palstisitasnya semakin besar pula potensi pengembangan tanah tersebut, begitupun sebaliknya. Berkurangnya nilai indeks plastisitas juga menandakan bahwa dengan penambahan semen maka mutu tanah cenderung menjadi lebih baik.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Batas-Batas Atterberg Akibat Penambahan Semen

No	Bahan	LL %	PL %	PI %
1	Tanah Asli	81.49	57.91	23.58
2	Tanah Asli + 5% cement	72.43	53.22	19.21
3	Tanah Asli + 10% cement	71.12	52.88	18.24
4	Tanah Asli + 15% cement	73.21	55.71	17.32
5	Tanah Asli + 20 % cement	68.88	54.67	14.21
6	Tanah Asli + 25% cement	63.18	55.15	8.03

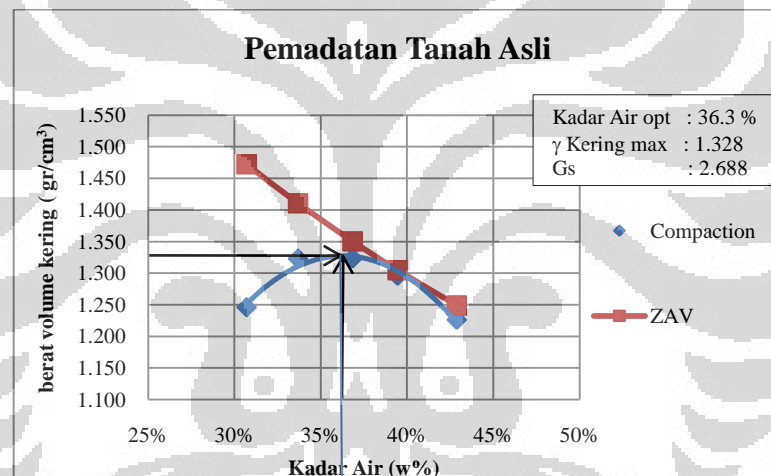
4.3.4 Pemadatan (*Compaction*)

Dengan adanya penambahan semen sangat mempengaruhi kadar air optimum dan berat volume kering maksimum yang didapat. Dari hasil pengujian didapat beberapa data yang menunjukkan bahwa semakin banyak kadar semen yang ditambahkan ke dalam tanah, semakin kecil kadar air optimum dan semakin tinggi berat volume kering maksimum yang didapatkan. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.6 serta pada gambar 4.17 sampai 4.24.

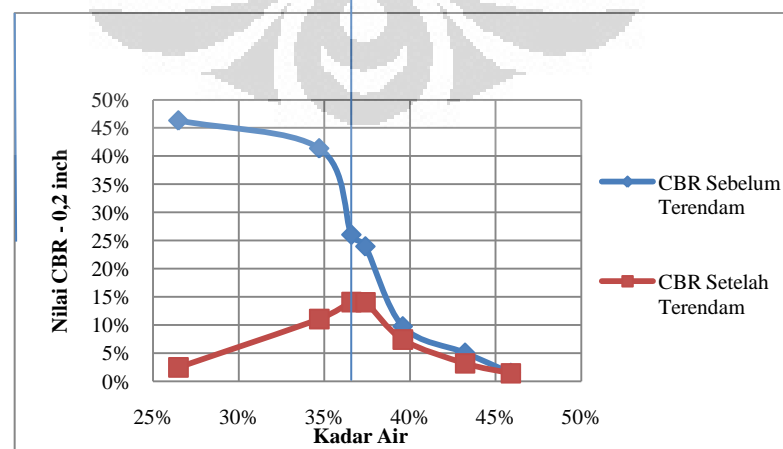
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pemadatan *Modified* Akibat Penambahan Semen

No	Bahan	Kadar Air Optimum (%)	Berat Kering Maksimum (gr/cm ³)
1	Tanah Asli	36.3	1.328
2	Tanah + 5% Semen	34.21	1.364
3	Tanah + 10% Semen	34.15	1.359
4	Tanah + 15% Semen	33.21	1.369
5	Tanah + 20% Semen	32.35	1.373
6	Tanah + 25% Semen	-	-

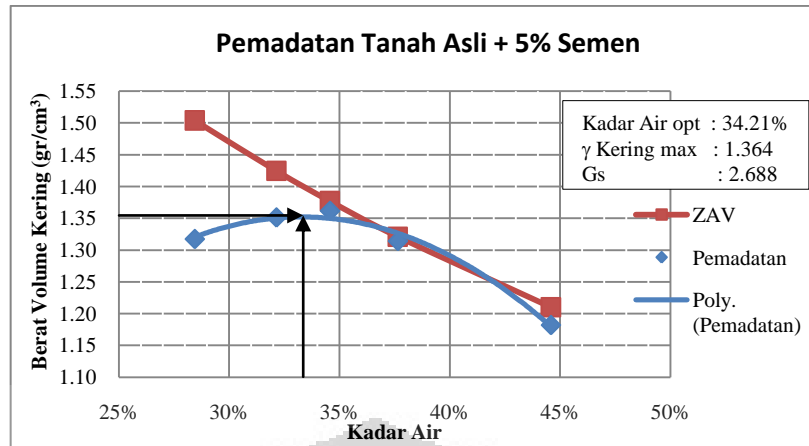
Jika diamati pada gambar 4.15, 4.17, dan 4.18 terlihat bahwa ketiga benda uji tersebut dapat membentuk grafik parabola yang sempurna. Benda uji yang memiliki kadar semen dibawah 10% masih dapat dipadatkan pada keadaan kadar air yang rendah. Namun pada tanah yang campuran semen diatas 10% seperti pada gambar 4.19 dan 4.20, grafik parabola yang dihasilkan cenderung bergeser ke arah kanan, dan tidak dapat membentuk kurva setengah lingkaran. Bahkan pada gambar 4.21 pada pencampuran tanah semen 25% kadar air optimum dan berat volume kering maksimumnya tidak dapat ditentukan. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar semen yang terdapat dalam tanah maka semakin cepat pula penyerapan air. Sehingga tanah menjadi kekurangan air, dan sangat sulit untuk dipadatkan karena partikel tanah yang tidak mudah untuk menyatu.



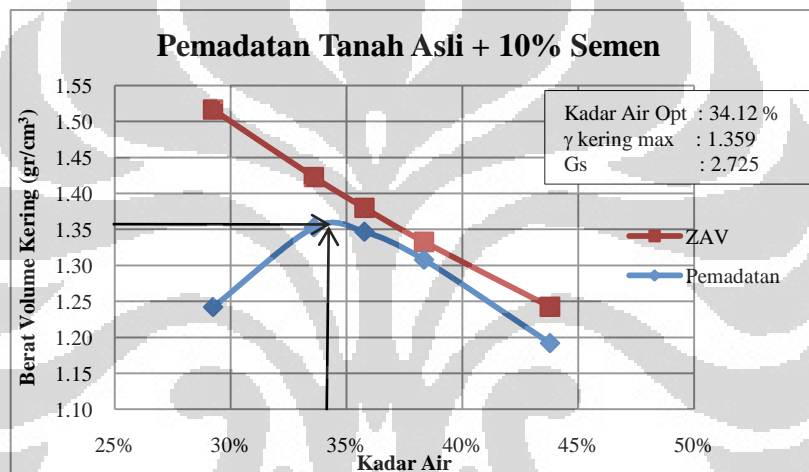
Gambar 4.15 Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli



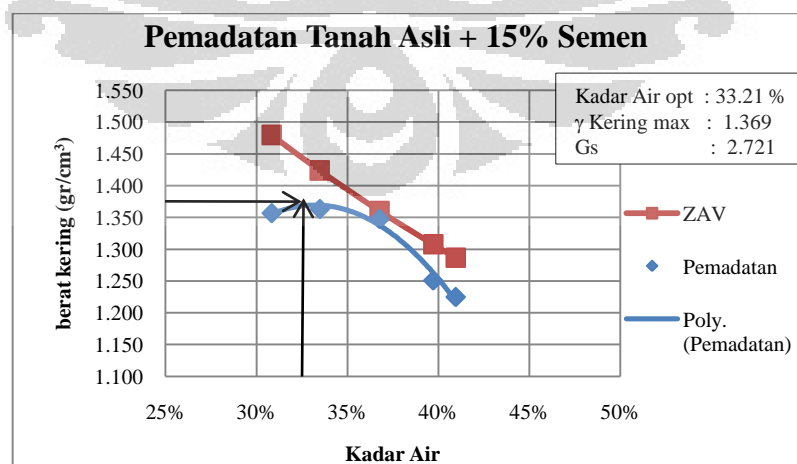
Gambar 4.16 Grafik Nilai CBR Tanah Asli



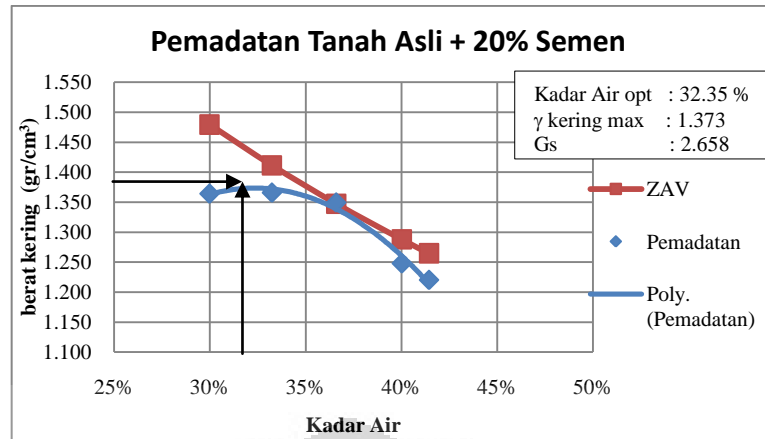
Gambar 4.17 Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 5% Semen



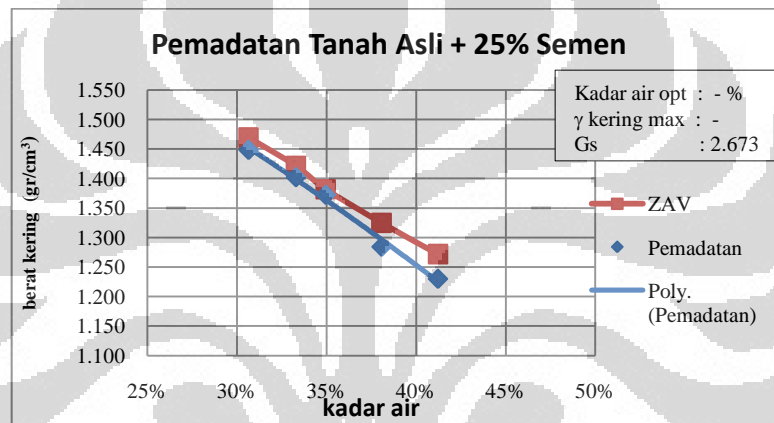
Gambar 4.18 Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 10% Semen



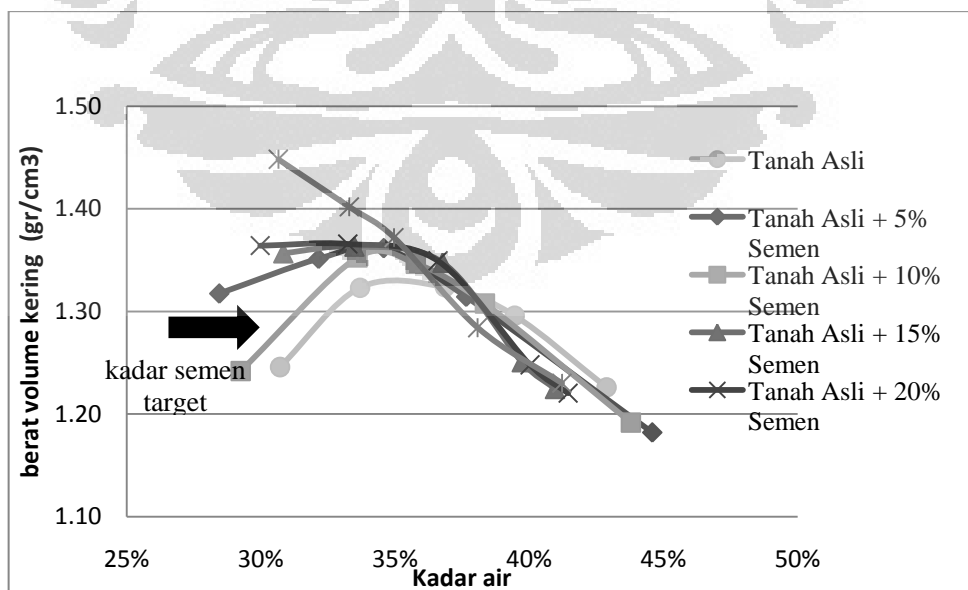
Gambar 4.19 Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 15% Semen



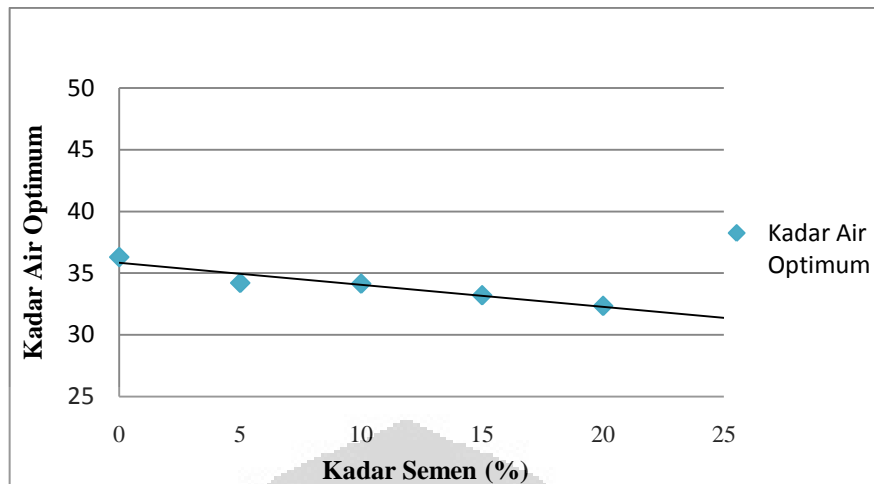
Gambar 4.20 Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 20% Semen



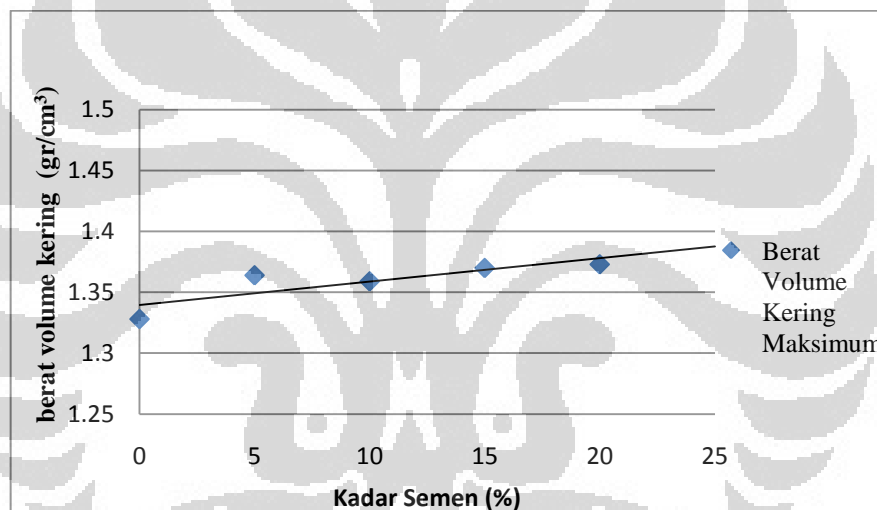
Gambar 4.21 Grafik Pemadatan dan ZAV Tanah Asli + 25% Semen



Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Kepadatan Tanah Akibat Penambahan Semen



Gambar 4.23 Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Kadar Air Optimum



Gambar 4.24 Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Berat Volume Kering Maksimum

Naiknya nilai berat volume kering maksimum pada tanah yang ditambah semen seperti yang terlihat pada gambar 4.23 disebabkan oleh kemampuan semen menyerap air dari tanah dan juga reaksi semen tersebut terhadap tanah yang cenderung cepat. Berat jenis dari tanah dan semen pun turut mempengaruhi nilai berat volume kering tersebut. Berat volume kering merupakan perbandingan dari nilai dari berat tanah dengan volume tanah pada waktu kering air. Volume pada masing-masing benda uji cenderung sama karena menggunakan mold yang sama. Namun berat tanah pada masing-masing benda uji selalu berubah mengikuti banyaknya kadar air dan banyaknya semen. Walaupun memiliki kadar air yang

sama, tetapi jika kadar semennya semakin banyak, maka semakin berat pula benda uji tersebut, karena berat jenis semen lebih besar dari berat jenis tanah. Semakin banyak kadar semen yang terdapat dalam tanah, semakin besar berat tanah tersebut, maka semakin besar pula nilai berat volume keringnya.

Sedangkan turunnya kadar air optimum akibat penambahan kadar semen seperti yang terlihat pada gambar 4.24 disebabkan karena terjadinya reaksi penggumpalan, penyebaran air terhadap lapisan menjadi berkurang, dan ruang antar pori butiran yang semakin mengecil.

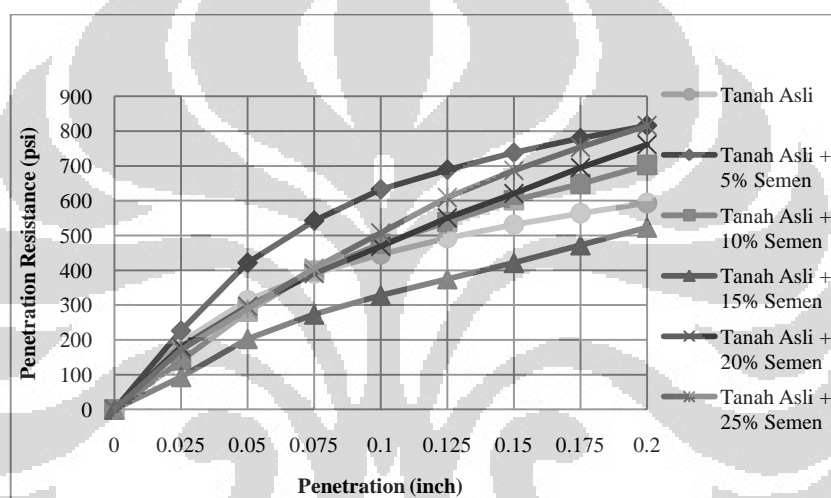
Campuran tanah dengan semen dapat menyebabkan tanah mengalami pemadatan semu. Maksudnya adalah tanah yang dicampur dengan semen cenderung menggumpal dan keras seperti batu, namun di dalam penggumpalan tersebut terdapat rongga udara yang memperlemah kekuatan tanah itu sendiri. Hal tersebut dapat menjadi faktor kesalahan pada pengujian kepadatan. Selain itu, reaksi yang sangat cepat yang terjadi pada semen, tanah dan air menyebabkan reaksi yang berbeda pada tiap lapisan masing-masing benda uji. Pada pengujian berat ini terdapat 5 lapisan pada masing-masing benda uji, dimana kelima lapisan tersebut memiliki waktu reaksi yang berbeda sehingga hasil reaksinya juga berbeda. Misalnya pada waktu memadatkan lapis ketiga, tentunya lapis kedua telah terjadi pemadatan dan ada kemungkinan telah terjadi reaksi sementasi disana. Ada kemungkinan yang menyebabkan tanah tiap lapisan tidak saling mengikat karena reaksi yang telah terjadi tersebut.

4.3.5 CBR

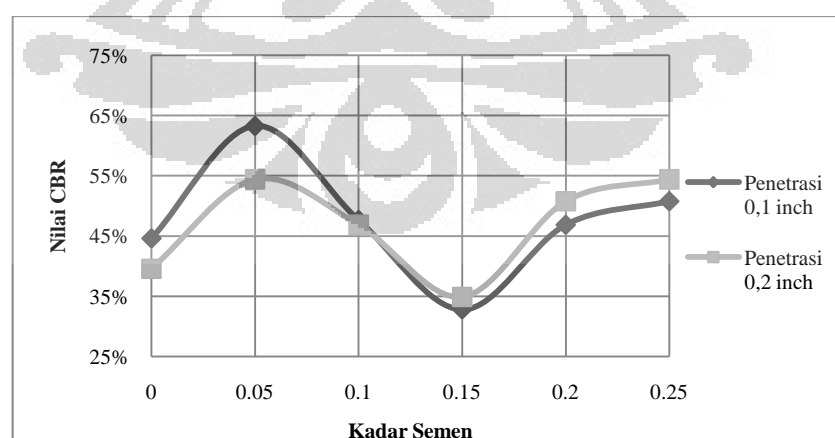
Pengujian CBR dilakukan dalam 2 kondisi, yaitu tak terendam dan terendam dengan variasi kadar semen sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Pada umumnya nilai CBR yang diamati adalah nilai CBR pada penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch. Pada pengujian CBR tak terendam, nilai CBR 0,1 inch tidak jauh berbeda dengan 0,2 inch. Tetapi pada pengujian CBR kondisi terendam, nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch lebih kecil dibanding 0,1 inch. Oleh karena itu nilai CBR yang ditinjau lebih lanjut adalah nilai CBR pada kondisi kritis, yaitu nilai CBR yang lebih kecil. Hasil pengujian nilai CBR dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian CBR Akibat Penambahan Semen

Kadar Semen	wi	CBR (Unsoaked)		CBR (Soaked)		γ_{di}	swelling
		0.1"	0.2"	0.1"	0.2"		
0%	36.18%	44.60%	39.57%	13.43%	13.23%	1.315	1.61%
5%	33.45%	63.27%	54.41%	47.65%	35.15%	1.383	1.17%
10%	32.07%	47.65%	46.86%	59.75%	37.75%	1.366	1.08%
15%	31.91%	17.26%	18.49%	115.60%	97.48%	1.358	0.78%
20%	31.28%	33.59%	33.59%	157.78%	162.46%	1.499	0.76%
25%	29.86%	27.02%	26.97%	183.55%	179.65%	1.289	0.68%



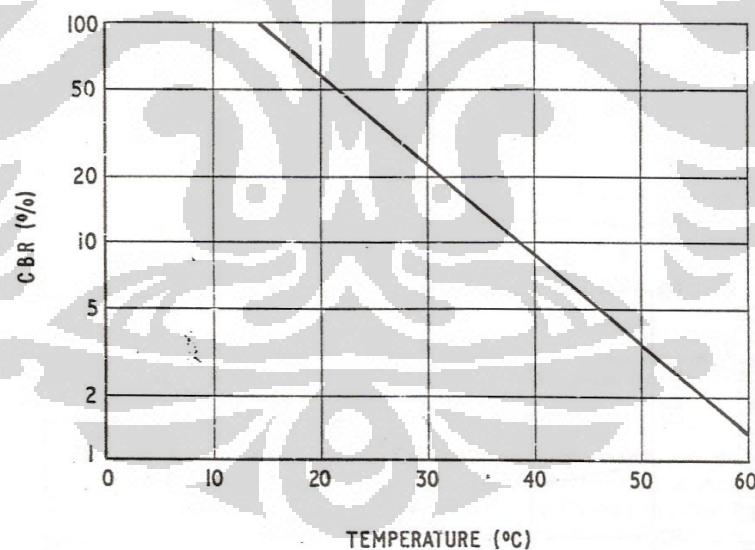
Gambar 4.25 Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Tak Terendam



Gambar 4.26 Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Tak Terendam

Penambahan kadar semen seharusnya berbanding lurus terhadap penambahan nilai CBR. Namun pada CBR kondisi tak terendam hal tersebut tidak

terjadi dikarenakan beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah pencampuran semen, tanah dan air yang kurang merata. Lamanya waktu ketika proses pemadatan yang tidak menyebabkan proses sementasi yang berbeda antara benda uji sama antara benda uji yang satu dengan yang lainnya. Kurang meratanya pemadatan menyebabkan terdapatnya rongga udara, serta kurang menyatunya antar partikel tanah karena keadaan tanah yang cukup kering. Selain itu, reaksi sementasi yang berbeda-beda pada tiap lapisan merupakan salah satu penyebab nilai CBR yang naik turun tersebut dan juga pemadatan semu yang terjadi pada pencampuran turut mempengaruhi nilai CBR. Faktor lain yang tak kalah pentingnya adalah jumlah kadar air pada benda uji yang satu dengan yang lainnya tidak sama. Karena reaksi semen yang sangat cepat terhadap air dan diantara keduanya memiliki ikatan yang sangat kuat, menyebabkan apabila pada salah satu benda uji terdapat kadar air yang berbeda maka reaksi antara semen, air, dan tanah juga berbeda, dan hal tersebut yang sangat mempengaruhi kekuatan tanah.

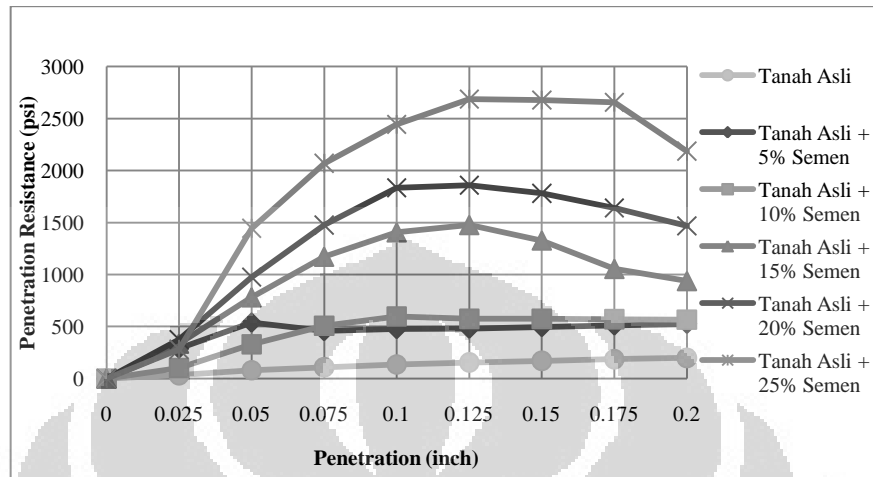


Gambar 4.27 Pengaruh Suhu Terhadap CBR

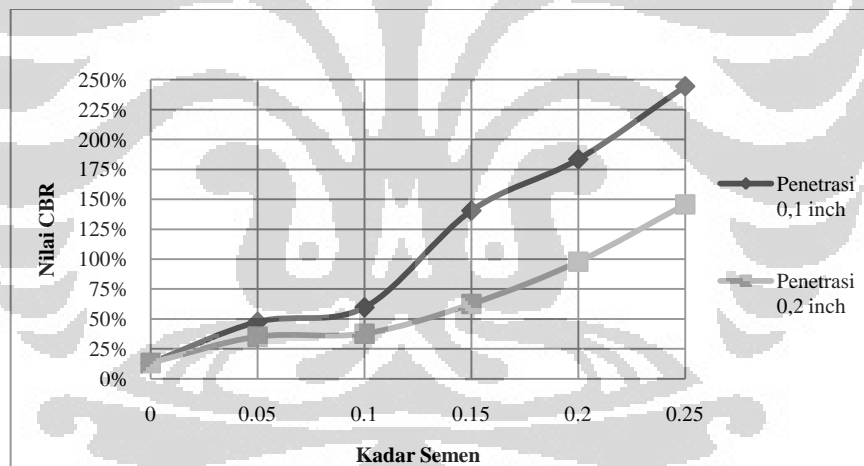
Sumber : Ingles & Metcalf (1972)

Faktor lainnya adalah suhu di lingkungan. Pada umumnya, semakin banyak semen yang ada di dalam tanah maka semakin meningkat pula suhu tanah tersebut. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi hidrasi yang menghasilkan panas. Kekuatan semen juga dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Oleh karena itu,

suhu juga berperan dalam menghasilkan nilai CBR. Perbedaan suhu lingkungan ketika pengujian CBR menyebabkan perbedaan pada nilai CBR tersebut.



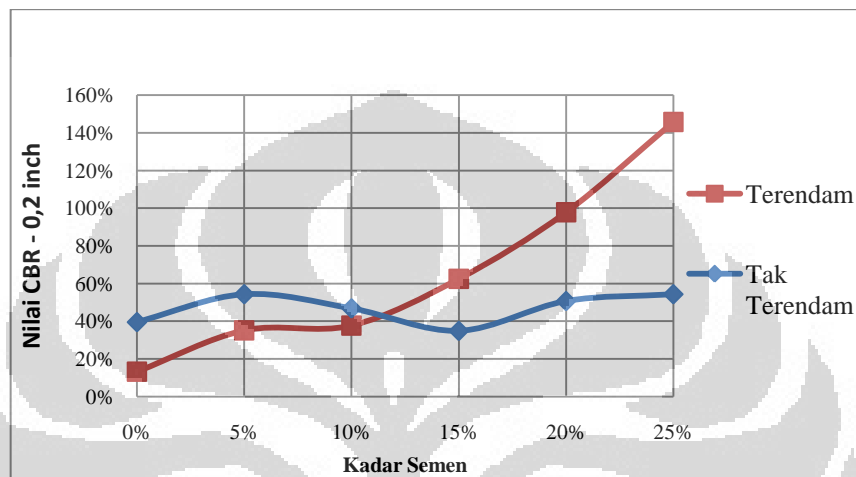
Gambar 4.28 Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Terendam



Gambar 4.29 Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Terendam

Pada kondisi setelah terendam, nilai CBR yang didapat sesuai dengan teori yaitu semakin banyak kadar semen semakin besar pula nilai CBR tersebut. Hal ini dikarenakan pada saat terendam, semen yang bercampur tanah mengalami reaksi. Dan hal tersebut menunjukkan bahwa semen dan tanah membutuhkan air yang cukup untuk bereaksi dengan sempurna. Pada gambar 4.28 tersebut juga menunjukkan adanya penurunan nilai CBR pada penetrasi sedalam 0,125 inch dan seterusnya. Hal ini diakibatkan permeabilitas yang kurang merata antara tanah

yang berada paling atas sampai kedalaman 0,125 inch dengan tanah yang berada dibawahnya. Tanah yang berada paling atas mendapat tambahan air yang cukup selama proses perendaman. Tetapi tanah yang dibawahnya tidak mendapat air yang cukup karena kurang meratanya pendistribusian air tersebut. Sehingga tanah mengalami keruntuhan pada penetrasi kedalaman 0,125 inch dan seterusnya.



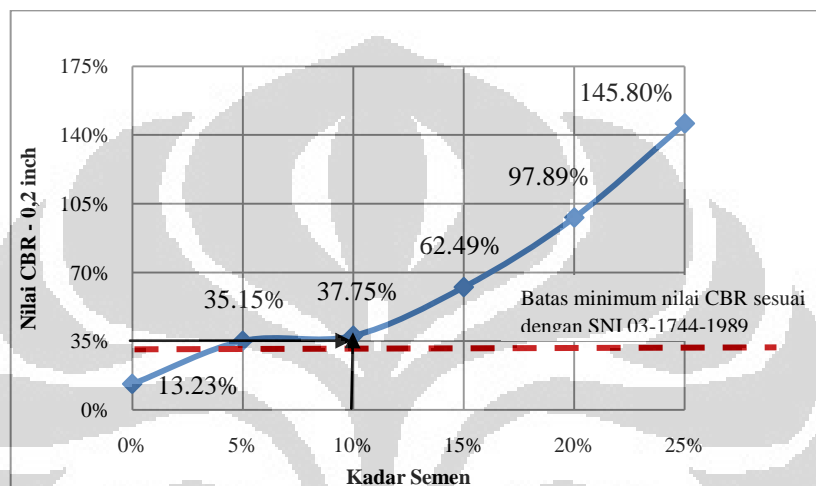
Gambar 4.30 Grafik Pengaruh Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Tak Terendam dan Terendam

Pada campuran tanah dengan semen sebanyak 15%, 20%, dan 25%, nilai CBR pada keadaan tak terendam lebih kecil dibanding dengan nilai CBR pada keadaan terendam. Hal ini disebabkan oleh semen yang bereaksi dan mengalami penambahan kekuatan atau pengerasan ketika adanya penambahan air, dan semen memiliki waktu untuk bereaksi dengan tanah dan air lebih lama dibanding ketika uji CBR tak terendam.

Selama masa perendaman, dibaca juga nilai pengembangannya (*swelling*). Semakin banyak kadar semen yang ditambahkan ke dalam tanah, semakin kecil nilai pengembangannya. Hal ini terjadi karena adanya proses sementasi pada campuran tanah tersebut, sehingga gerakan-gerakan partikel yang mengakibatkan bertambah besarnya ruang pori dapat ditahan oleh proses sementasi antar partikel.

4.4 Penentuan Kadar Semen Target yang Sesuai dengan Persyaratan untuk Lapisan Subbase

Setelah didapatkan kadar air optimum melalui pengujian pemadatan berat, maka dilakukan pengujian CBR dengan kadar semen yang berbeda-beda. Hal ini bertujuan agar mendapatkan kadar semen yang dapat memenuhi standar nilai CBR untuk lapisan *subbase*. Sesuai dengan SNI 03-1744-1989, nilai CBR minimum terendam untuk lapisan *subbase* adalah 35%.



Gambar 4.31 Nilai CBR Terendam Akibat Penambahan Semen dan Persyaratan Nilai CBR Minimum Lapisan *Subbase* (SNI 03-1744-1989)

Pada gambar 4.31 dapat dilihat bahwa nilai CBR terendam yang memenuhi syarat sebagai lapisan *subbase* adalah tanah asli yang telah dicampur semen sebanyak 5% sampai 25%. Jika dilihat pada nilai CBR akibat penambahan semen sebanyak 20%, dan 25% nilai CBR yang didapat yaitu sebesar 97,89%, dan 145,80%. Mengingat kekuatan tanah tersebut sangat besar jika digunakan sebagai lapisan pondasi bawah, maka penggunaan campuran tanah sebanyak 20%, dan 25% tidak perlu diperhitungkan. Kemudian terdapat sisa 3 pilihan, yaitu penambahan semen sebanyak 5%, 10%, dan 15%. Ketiganya memenuhi syarat sebagai lapisan pondasi bawah menurut SNI 03-1744-1989.

Jika dilihat pada nilai indeks plastisitas pada gambar 4.14 dan tabel 4.5, dapat diamati bahwa tanah yang dicampur dengan semen sebanyak 10% memiliki selisih nilai yang lebih kecil dengan campuran yang berada diantaranya. Hal

tersebut juga dijadikan sebagai pertimbangan pemilihan kadar semen yang sesuai dengan target.

4.5 Hasil Uji CBR pada Tanah yang Telah Distabilisasi 10% Semen Terhadap Variasi Waktu Pemeraman

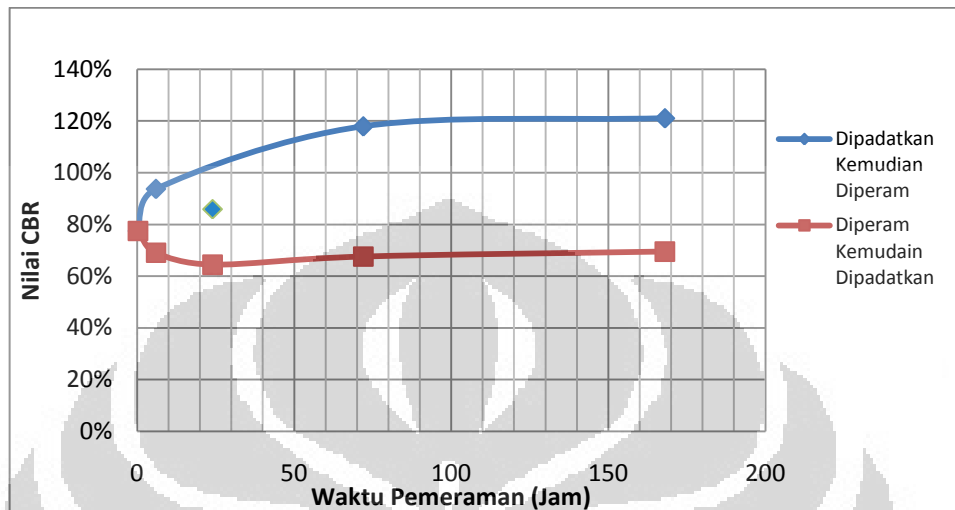
Setelah ditetapkan kadar semen target yaitu sebanyak 10%, hal yang dilakukan adalah melakukan pengujian CBR dengan variasi waktu pemeraman. Ada 9 variasi waktu pemeraman seperti yang terlihat pada tabel 4.8. Dan dari tabel tersebut juga diperlihatkan hasil uji CBR.

Tabel 4.8 Nilai CBR Tak Terendam dan Terendam Tanah Asli + 10% Semen dengan Variasi Waktu Pemeraman

Kondisi	Benda Uji	Nilai CBR Tak Terendam	Nilai CBR Terendam
1	Tanpa Pemeraman	77.48%	89.43%
2	Diperam 6 Jam Kemudian Dipadatkan	69.05%	67.56%
	Diperam 24 Jam Kemudian Dipadatkan	64.44%	104.51%
	Diperam 72 Jam Kemudian Dipadatkan	67.56%	94.12%
	Diperam 168 Jam Kemudian Dipadatkan	69.51%	89.82%
3	Dipadatkan Kemudian Diperam 6 Jam	93.73%	119.50%
	Dipadatkan Kemudian Diperam 24 Jam	85.92%	124.19%
	Dipadatkan Kemudian Diperam 72 Jam	117.34%	131.22%
	Dipadatkan Kemudian Diperam 168 Jam	121.07%	133.17%

Gambar 4.32 menunjukkan grafik nilai CBR tak terendam terhadap variasi waktu pemeraman. Pada gambar tersebut terdapat 2 buah kurva, yaitu kurva benda uji kondisi 1 yaitu yang diperam dahulu kemudian dipadatkan dan kurva benda uji kondisi 2 yaitu dipadatkan dahulu kemudian diperam. Grafik nilai CBR tak terendam terlihat mendatar pada benda uji yang diperam dahulu. Yang berarti adalah benda uji yang diperam terlebih dahulu sebelum dipadatkan tidak dapat menambah kekuatan tanah tersebut tetapi melemahkan kekuatan tanah. Walaupun benda uji tersebut telah diperam selama 168 jam atau 7 hari, namun hasilnya tidaklah jauh berbeda dengan benda uji yang hanya diperam selama 6 jam tetapi menjadi lebih kecil dibandingkan dengan benda uji tanpa pemeraman.

Hal tersebut disebabkan adanya reaksi sementasi yang menyebabkan menguatnya ikatan tanah dengan semen tetapi tidak ikatan antara tanah dengan tanah lainnya semakin lemah.



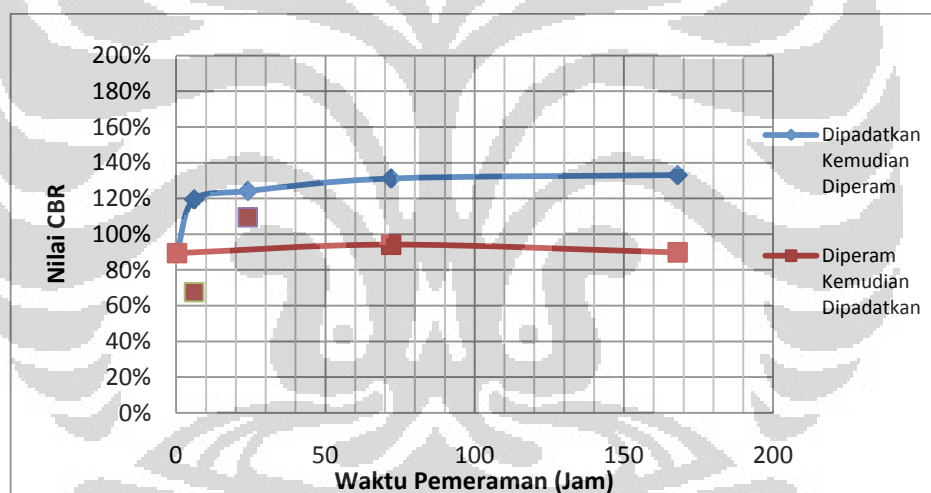
Gambar 4.32 Grafik Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai CBR Tak Terendam pada Tanah Asli + 10% Semen

Pada gambar 4.32 tersebut terlihat adanya kenaikan nilai CBR pada benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian direndam. Hal tersebut dikarenakan adanya waktu yang cukup untuk tanah dan semen bereaksi sehingga meningkatkan reaksi pengerasan atau peningkatan kekuatan. Dan juga rongga-rongga yang terdapat pada partikel tanah yang mengalami flokulasi dan agglomerasi juga berkurang. Walaupun rongga-rongga pada tiap lapisan ketika proses pemadatan masih terjadi dan tidak mungkin dihindari, tetapi hal tersebut dapat diperkecil akibat tanah dengan semen yang dapat mengeras di dalam mold.

Semakin lama benda uji diperam di dalam mold, semakin besar pula kekuatannya. Namun jika diamati lebih lanjut, pada benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam selama 3 hari dengan benda uji yang dipadatkan dahulu dan diperam selama 7 hari terlihat semakin kecil selisihnya. Jika diaplikasikan ke dalam lapangan berarti jalan tersebut boleh dilalui oleh kendaraan dalam waktu 3 hari setelah pemadatan. Karena dilihat dari selisih nilai yang semakin kecil tersebut, jika ditambahkan waktu pemeraman akan menghasilkan nilai yang tidak

jauh meningkat. Oleh sebab itu, waktu 3 hari setelah pemadatan dirasakan telah cukup bagi kendaraan untuk melewati jalan yang sudah dipadatkan.

Pada gambar 4.33 menunjukkan nilai CBR terendam pada variasi lama pemeraman. Jika dibandingkan dengan grafik yang menunjukkan nilai CBR tak terendam terdapat beberapa perbedaan. Diantaranya adalah nilai CBR terendam yang lebih tinggi dibanding nilai CBR tak terendam. Hal ini disebabkan karena selama proses perendaman reaksi antara tanah dengan semen masih terjadi yang menambah kekutan tanah tersebut. Selain itu, air yang masuk ke dalam benda uji juga menambah kekuatan dari semen tersebut, karena semen membutuhkan air yang cukup untuk bereaksi sehingga menjadi keras. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanah dan semen juga memerlukan waktu dan air yang cukup untuk bereaksi.



Gambar 4.33 Grafik Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai CBR Terendam pada Tanah Asli + 10% Semen

Seperti pada gambar 4.32, pada gambar 4.33 menunjukkan kurva benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam mengalami kenaikan sesuai dengan lamanya waktu pemeraman walaupun selisihnya tidak sebesar pada kondisi tak terendam. Dan juga kurva pada benda uji yang diperam dahulu kemudian dipadatkan relatif mendatar.

Selama proses pemeraman terjadi beberapa reaksi diantaranya adalah reaksi hidrasi, reaksi pertukaran kation yaitu Ca^{2+} akibat pencampuran tanah

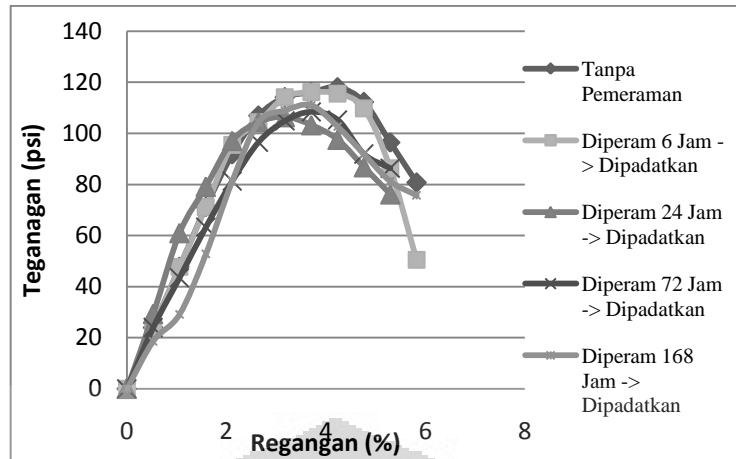
dengan semen. Lalu terjadinya reaksi flokulasi yaitu penggumpalan, akibat gaya tarik menarik antar partikel tanah yang semakin kuat. Kemudian terjadinya reaksi agglomerasi, yaitu pembentukan agregat yang lebih besar. Namun dari semua proses tersebut, tidak membuat tanah menjadi lebih baik kualitasnya. Hal tersebut dikarenakan pada reaksi flokulasi dan agglomerasi, di dalam ukuran agregat yang lebih besar, terdapat rongga-rongga yang memperlemah kekuatan tanah. Sehingga reaksi perkembangan kekuatan dan atau pengerasan (*hardening*) menjadi tertahan dan tidak dapat bereaksi dengan sempurna.

4.6 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas pada Tanah yang Telah Distabilisasi 10% Semen Terhadap Variasi Waktu Pemeraman

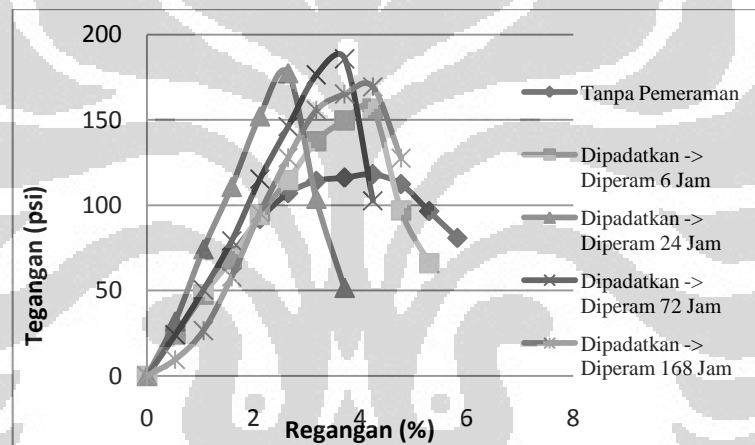
Pengujian kuat tekan bebas dikondisikan sama seperti pengujian CBR. Alat yang digunakan adalah alat untuk pengujian CBR dengan nilai kalibrasi 23,431 lbf/div. Hanya saja terdapat perbedaan pada volume mold yang berarti berbeda pula volume tanahnya.

Tabel 4.9 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Kondisi Tak Terendam Tanah Asli + 10% Semen

Kondisi	Benda Uji	Regangan (%)	Tegangan (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
1	Tanpa Pemeraman	4.237	118.077	4530.546
2	Diperam 6 Jam Kemudian Dipadatkan	3.708	116.149	4530.546
	Diperam 24 Jam Kemudian Dipadatkan	3.178	106.407	5537.334
	Diperam 72 Jam Kemudian Dipadatkan	3.708	108.406	4530.546
	Diperam 168 Jam Kemudian Dipadatkan	3.708	110.987	3523.758
3	Dipadatkan Kemudian Diperam 6 Jam	4.237	156.581	4530.546
	Dipadatkan Kemudian Diperam 24 Jam	2.648	177.445	6040.728
	Dipadatkan Kemudian Diperam 72 Jam	3.708	185.839	4530.546
	Dipadatkan Kemudian Diperam 168 Jam	4.237	169.415	1812.219



Gambar 4.34 Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan Tanah Asli + 10% Semen Kondisi Tak Terendam pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan



Gambar 4.35 Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan Tanah Asli + 10% Semen Kondisi Tak Terendam pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam

Seperti pada pengujian CBR, pada pengujian kuat tekan bebas menunjukkan nilai yang lebih besar pada benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam, dibandingkan dengan benda uji yang diperam dahulu kemudian dipadatkan. Nilai UCS seharusnya berada pada benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam selama 7 hari. Namun pada uji kuat tekan bebas ini nilai UCS berada pada benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam selama 3 hari. Hal tersebut disebabkan karena pada benda uji yang dipadatkan dahulu terdapat waktu yang menyebabkan tanah dan semen bereaksi sehingga meningkatkan reaksi pengerasan atau peningkatan kekuatan. Dan juga rongga-rongga yang terdapat pada partikel tanah yang mengalami flokulasi dan

agglomerasi juga berkurang. Walaupun rongga-rongga pada tiap lapisan ketika proses pemadatan masih terjadi dan tidak mungkin dihindari, tetapi hal tersebut dapat diperkecil akibat tanah dengan semen yang dapat mengeras di dalam mold. Sedangkan pada benda uji yang diperam dahulu kemudian dipadatkan terdapat proses sementasi yang lebih lama sehingga memperlemah ikatan antar partikel tanah dan menyebabkan lemahnya kekuatan tanah.

Tabel 4.10 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Kondisi Terendam Tanah Asli + 10% Semen

Kondisi	Benda Uji	Regangan (%)	Tegangan (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
1	Tanpa Pemeraman	2.648	120.037	2013.576
2	Diperam 6 Jam Kemudian Dipadatkan	2.119	36.732	2214.934
	Diperam 24 Jam Kemudian Dipadatkan	2.119	36.732	2013.576
	Diperam 72 Jam Kemudian Dipadatkan	2.119	32.534	2214.934
	Diperam 168 Jam Kemudian Dipadatkan	1.589	23.741	1510.182
3	Dipadatkan Kemudian Diperam 6 Jam	2.648	49.580	2013.576
	Dipadatkan Kemudian Diperam 24 Jam	2.648	109.599	3523.758
	Dipadatkan Kemudian Diperam 72 Jam	2.119	116.492	4027.152
	Dipadatkan Kemudian Diperam 168 Jam	2.119	89.205	5033.940

Namun pada kondisi terendam hasil yang didapatkan lebih kecil dibandingkan dengan kondisi tak terendam. Hal ini disebabkan oleh kondisi tanah yang sudah jenuh oleh air sehingga melemahkan kekuatan tanah. Air yang berlebihan juga menyebabkan semen tak dapat bereaksi sempurna dengan tanah. Sehingga menyebabkan reaksi sementasi dan reaksi pengerasan tidak berjalan dengan sempurna. Dan juga mengingat kejadian pada pengujian CBR kondisi terendam yang mengalami keruntuhan setelah penetrasi memasuki angka 1,25 inch dan seterusnya, memungkinkan pada pengujian kuat tekan bebas kondisi terendam mengalami hal serupa. Dimana kondisi benda uji hanya memiliki kekuatan yang besar berada pada permukaan. Tetapi ikatan antara tiap lapisan lemah. Hal tersebutlah yang dialami pada pengujian kuat tekan bebas ini.

Proses perendaman tidak menggunakan mold, seperti pada perendaman uji CBR. Untuk mengganti mold tersebut digunakan plastik yang telah dilubangi dengan tujuan agar air dapat meresap masuk ke dalam benda uji. Selain direndam

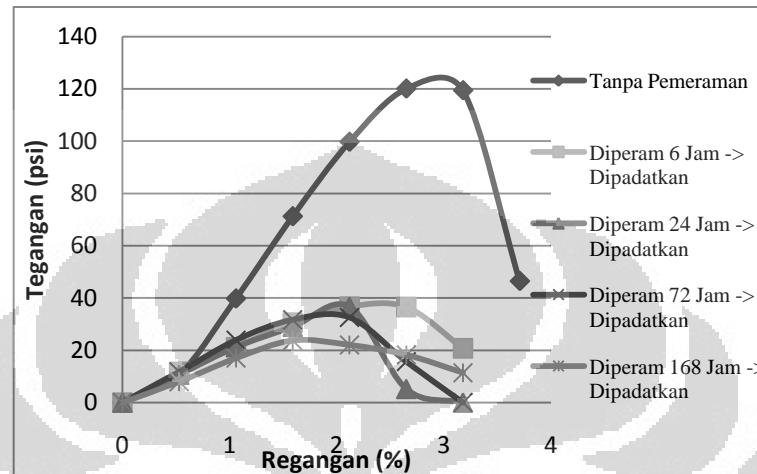
yang menyebabkan lapisan bawah benda uji lebih cepat dan banyak mendapat air, benda uji juga disiram air dari arah atas dan mengenai seluruh permukaan sehingga air dapat masuk ke benda uji dari segala sisi. Hal tersebut yang menyebabkan benda uji menjadi jenuh air sehingga nilai UCS menjadi lebih kecil dibanding dengan nilai UCS tak terendam. Berbeda dengan benda uji pada CBR yang direndam menggunakan mold, sehingga air tidak dapat masuk dari segala sisi menyebabkan benda uji mendapat air yang cukup dan tidak berada pada kondisi yang sangat jenuh. Dan hasil uji CBR pada kondisi terendam memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan kondisi tak terendam.

Seharusnya kondisi pengujian kuat tekan bebas dengan pengujian CBR pada kondisi terendam dibuat semirip mungkin. Namun hal tersebut tidak dapat dilakukan. Bila benda uji pada kuat tekan bebas direndam di dalam mold, akan memakan waktu yang lama karena keterbatasan mold yang tersedia. Tetapi jika benda uji yang disamakan dengan kondisi pada benda uji kuat tekan bebas, tanah yang dihasilkan akan menjadi hancur. Karena harus dikeluarkan secara paksa melalui mesin *extruder*.

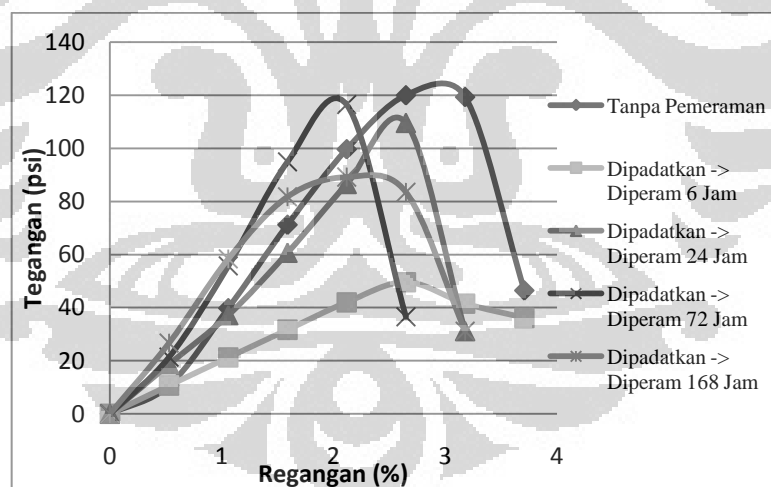
Benda uji pada pengujian kuat tekan bebas diberi beban vertikal, tetapi tidak ada mold yang menahan benda uji tersebut. Jika menggunakan mold pada saat ditekan, yang terjadi adalah deformasi horizontal pada benda uji menjadi tidak ada. Sedangkan pada pengujian ini tidak menggunakan mold yang menyebabkan benda uji dapat bergeser ke arah horizontal jika mendapat tekanan dari arah vertikal.

Pada gambar 4.36 dapat dilihat bahwa benda uji tanpa pemeraman memiliki nilai UCS dan regangan yang hampir sama dengan benda uji lainnya yaitu benda uji yang mendapat perlakuan diperam sebelum dipadatkan. Tetapi pada gambar 4.37 memperlihatkan bahwa benda uji tanpa pemeraman tersebut memiliki kurva paling rendah dibandingkan keempat benda uji lainnya. Hal tersebut menandakan bahwa benda uji yang mendapat perlakuan dipadatkan terlebih dahulu kemudian diperam cenderung memiliki *Ultimate Compression Strength* (UCS) yang lebih besar dibanding dengan benda uji yang diperam dahulu kemudian dipadatkan. Kemungkinan penyebabnya adalah karena benda uji yang dipadatkan terlebih dahulu memiliki waktu tambahan untuk bereaksi dan

belum terjadi proses sementasi yang terlalu lama sehingga memiliki nilai UCS yang cenderung lebih tinggi. Dan juga pada benda uji yang diperam dahulu kemudian dipadatkan terdapat reaksi sementasi yang memperlemah ikatan antara partikel tanah yang satu dengan yang lainnya.



Gambar 4.36 Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan Tanah Asli + 10% Semen Kondisi Terendam pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan



Gambar 4.37 Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan Tanah Asli + 10% Semen Kondisi Terendam pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam

4.6.1 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen Tanpa Pemeraman

Kadar air yang diinginkan pada uji kuat tekan bebas ini adalah 34,8%. Tetapi kadar air aktual yang didapatkan adalah 34,52%. Sedangkan kadar air setelah direndam adalah 37,17%. Gambar 4.38a. menunjukkan benda uji tak

terendam tanpa pemeraman pada saat sebelum ditekan dan setelah ditekan. Benda uji tersebut tidak sampai hancur, tetapi hanya mengalami retak pada sisi-sisinya. Sedangkan pada gambar 4.38b menunjukkan benda uji setelah terendam. Pada benda uji terlihat adanya bercak semen. Pola keretakan yang terjadi diantara keduanya hampir sama, yaitu sesuai dengan arah beban yang diberikanyaitu arah vertikal. Hal tersebut disebabkan karena semakin keras benda uji tersebut, semakin tidak elastis kondisi benda tersebut. Sehingga kemampuan kembali ke bentuk semula lebih kecil kemungkinannya dibanding benda uji yang lunak.



Gambar 4.38 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen Tanpa Pemeraman
a. Benda Uji Tak Terendam b. Benda Uji Terendam

4.6.2 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan

4.6.2.1 Diperam 6 jam Kemudian Dipadatkan

Kadar air aktual yang didapatkan pada benda uji ini adalah 33,1%. Gambar 4.39a. menunjukkan kondisi tak terendam sesudah ditekan, dari benda uji yang diperam 6 jam dahulu kemudian dipadatkan. Jika diamati dengan seksama, lapisan-lapisan dari benda uji terlihat sangat jelas. Hal ini menandakan bahwa lapisan-lapisan tersebut cenderung tidak menyatu diakibatkan oleh proses sementasi yang berbeda-beda pada tiap lapisan. Begitu pula dengan kondisi terendam. Lapisan-lapisannya pun masih terlihat. Dan kadar air pada kondisi terendam yaitu 43.20%. Pola keretakkannya menunjukkan arah yang sama, yaitu arah vertikal.



Gambar 4.39 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen dengan Pemeraman 6 jam Kemudian Dipadatkan a. Benda Uji Tak Terendam b. Benda Uji Terendam

4.6.2.2 Diperam 24 jam Kemudian Dipadatkan

Kadar air aktual yang didapatkan pada benda uji ini adalah 32,41%. Gambar 4.40a. menunjukkan kondisi tak terendam sesudah ditekan, dari benda uji yang diperam 24 jam dahulu kemudian dipadatkan. Sedangkan gambar 4.40b. menunjukkan kondisi terendam. Dan kadar air pada kondisi terendam yaitu 40,93%. Dapat dilihat pola keretakan yang terjadi adalah sesuai dengan arah pembebanan yaitu arah vertikal.



Gambar 4.40 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen dengan Pemeraman 24 jam Kemudian Dipadatkan a. Benda Uji Tak Terendam b. Benda Uji Terendam

4.6.2.3 Diperam 72 jam Kemudian Dipadatkan

Kadar air aktual yang didapatkan pada benda uji ini adalah 34,32 %. Gambar 4.41a. menunjukkan kondisi tak terendam sesudah ditekan, dari benda uji

yang diperam dahulu kemudian dipadatkan. Sedangkan gambar 4.41b. menunjukkan kondisi terendam sesudah diberi tekanan. Dan kadar air pada kondisi terendam yaitu 40,3%. Dapat dilihat pola keretakan yang terjadi adalah sesuai dengan arah pembebanan yaitu arah vertikal.



Gambar 4.41 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen dengan Pemeraman 72 jam Kemudian Dipadatkan a. Benda Uji Tak Terendam b. Benda Uji Terendam

4.6.2.4 Diperam 168 jam Kemudian Dipadatkan

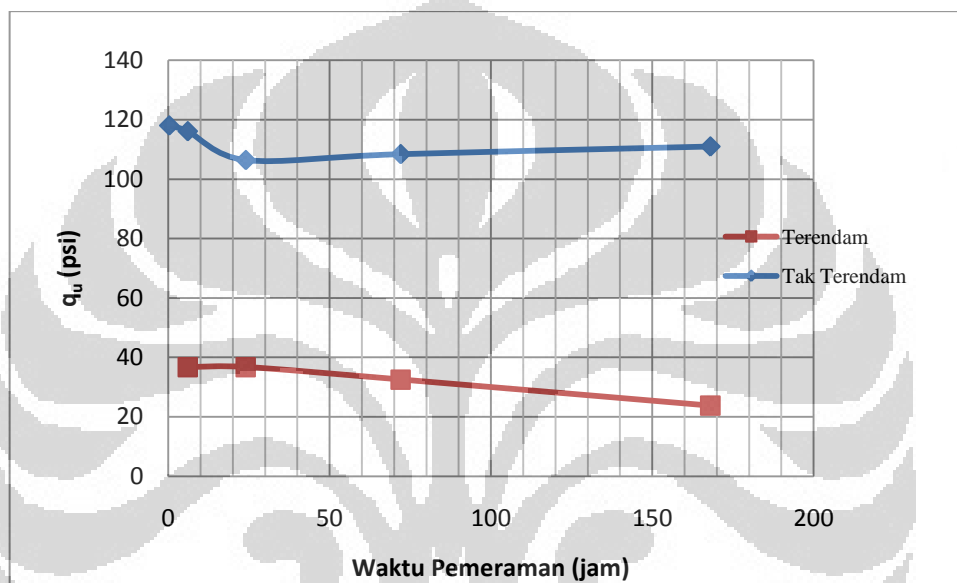
Kadar air aktual yang didapatkan pada benda uji ini adalah 33,18%. Gambar 4.42a. menunjukkan kondisi tak terendam sesudah ditekan, dari benda uji yang diperam 168 jam dahulu kemudian dipadatkan. Sedangkan gambar 4.42b menunjukkan kondisi terendam sesudah diberi tekanan. Dan kadar air pada kondisi terendam yaitu 36,78%. Dapat dilihat pada gambar bahwa tiap lapisan dapat terlihat dengan jelas. Dan terjadi keretakan pada masing-masing lapisan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan yang lemah terjadi pada tiap lapisan.



Gambar 4.42 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen dengan Pemeraman 168 jam Kemudian Dipadatkan a. Benda Uji Tak Terendam b. Benda Uji Terendam

Tabel 4.11 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan

Benda Uji	UCS tak terendam (psi)	UCS terendam (psi)
Tanpa Pemeraman	118.077	120.037
Diperam 6 Jam Kemudian Dipadatkan	116.149	36.732
Diperam 24 Jam Kemudian Dipadatkan	106.407	36.732
Diperam 72 Jam Kemudian Dipadatkan	108.406	32.534
Diperam 168 Jam Kemudian Dipadatkan	110.987	23.741

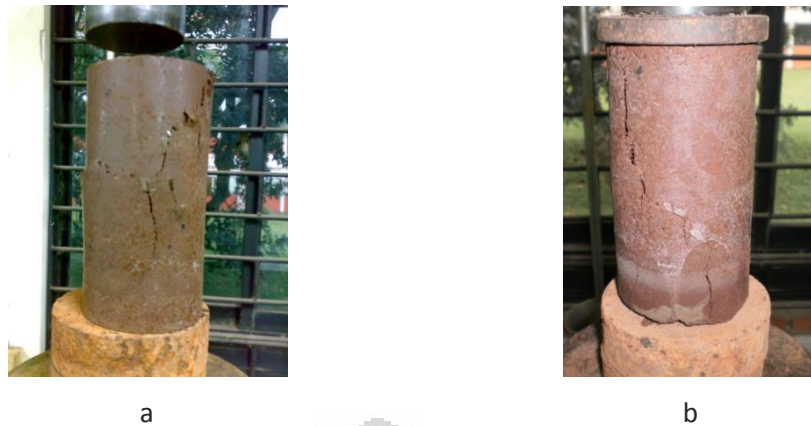


Gambar 4.43 Grafik Nilai UCS Tanah Asli + Semen 10% Terhadap Waktu Pemeraman pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan

4.6.3. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam

4.6.3.1 Dipadatkan Kemudian Diperam 6 Jam

Kadar air aktual yang didapatkan pada benda uji ini adalah 32,93 %. Gambar 4.44a menunjukkan kondisi tak terendam sesudah ditekan, dari benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam 6 jam. Sedangkan gambar 4.44b. menunjukkan kondisi terendam sebelum dan sesudah diberi tekanan. Dan kadar air pada kondisi terendam yaitu 37,57%. Benda uji tersebut tidak hancur tetapi hanya mengalami keretakan.



Gambar 4.44 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen dengan Pematatan Kemudian Diperam 6 jam a. Benda Uji Tak Terendam b. Benda Uji Terendam

4.6.3.2 Dipadatkan Kemudian Diperam 24 Jam

Kadar air aktual yang didapatkan pada benda uji ini adalah 33,19 %. Gambar 4.45a. menunjukkan kondisi tak terendam sesudah ditekan, dari benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam 24 jam. Sedangkan gambar 4.45b. menunjukkan kondisi terendam sesudah diberi tekanan. Dan kadar air pada kondisi terendam yaitu 37,36%. Selain pola keretakan pada arah vertikal, terjadi juga keretakan pada tiap lapisan.



Gambar 4.45 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen dengan Pematatan Kemudian Diperam 24 jam a. Benda Uji Sebelum Ditekan b. Benda Uji Setelah Ditekan

4.6.3.3 Dipadatkan Kemudian Diperam 72 Jam

Kadar air aktual yang didapatkan pada benda uji ini adalah 32,75 %. Gambar 4.46a. menunjukkan kondisi tak terendam, sebelum dan sesudah ditekan, dari benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam 72 jam. Sedangkan

gambar 4.46b. menunjukkan kondisi terendam sesudah diberi tekanan. Dan kadar air pada kondisi terendam yaitu 35,72%. Selain pola keretakan pada arah vertikal, terjadi juga keretakan pada tiap lapisan.



Gambar 4.46 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen dengan Pematatan Kemudian Diperam 72 jam a. Benda Uji Tak Terendam b. Benda Uji Terendam

4.6.3.4 Dipadatkan Kemudian Diperam 168 Jam

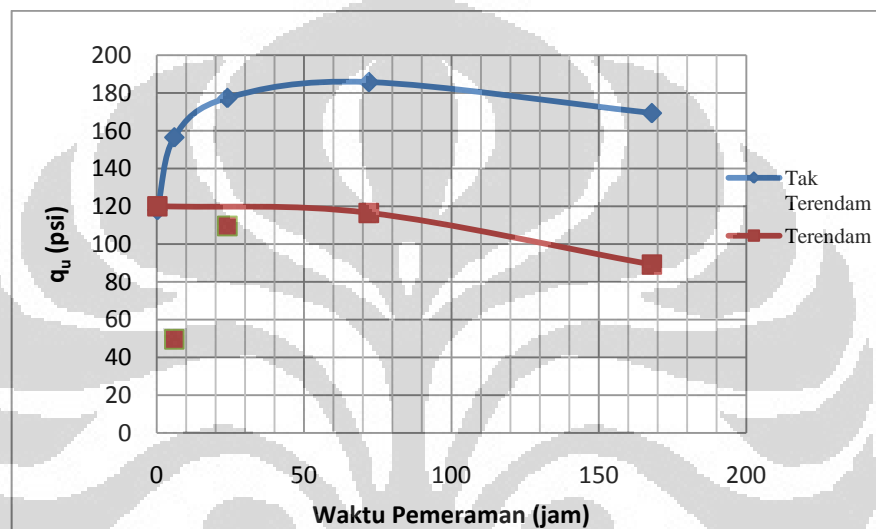
Kadar air aktual yang didapatkan pada benda uji ini adalah 34,26 %. Gambar 4.47a. menunjukkan kondisi tak terendam sesudah ditekan, dari benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam 168 jam. Sedangkan gambar 4.47b. menunjukkan kondisi terendam sesudah diberi tekanan. Dan kadar air pada kondisi terendam yaitu 39,15%. Pola keretakan yang terjadi seperti pada umumnya yaitu searah vertikal.



Gambar 4.47 Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen dengan Pematatan Kemudian Diperam 168 jam a. Benda Uji Tak Terendam b. Benda Uji Terendam

Tabel 4.12 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam

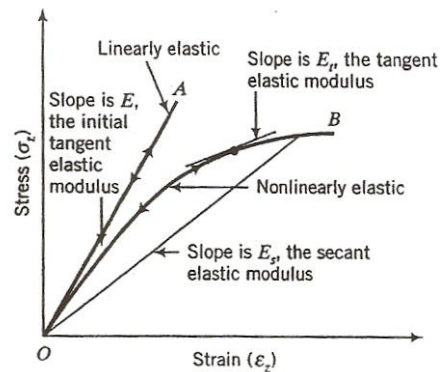
Benda Uji	UCS tak terendam (psi)	UCS terendam (psi)
Tanpa Pemeraman	118.077	120.037
Dipadatkan Kemudian Diperam 6 Jam	156.581	49.580
Dipadatkan Kemudian Diperam 24 Jam	177.445	109.599
Dipadatkan Kemudian Diperam 72 Jam	185.839	116.492
Dipadatkan Kemudian Diperam 168 Jam	169.415	89.205



Gambar 4.48 Grafik Nilai UCS Tanah Asli + Semen 10% Terhadap Waktu Pemeraman pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam

4.7 Nilai Modulus Elastisitas pada Tanah yang Telah Distabilisasi 10% Semen Terhadap Variasi Waktu Pemeraman

Nilai Modulus Elastisitas adalah nilai rasio yang membandingkan antara tegangan dengan regangan. Sesuai dengan hukum Hooke's, yang menyebutkan bahwa kekakuan bahan merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan. Tegangan didefinisikan sebagai distribusi gaya per unit luas. Sedangkan regangan adalah perubahan panjang per unit bahan semula. Dari uji kuat tekan bebas ini, kita mendapatkan nilai tegangan dan regangan. Karenanya nilai modulus elastisitas ini dapat dicari.



Gambar 4.49 Kurva Linear dan Nonlinear Tegangan Regangan dari Material Elastis
Sumber : Budhu, Muni (2007)

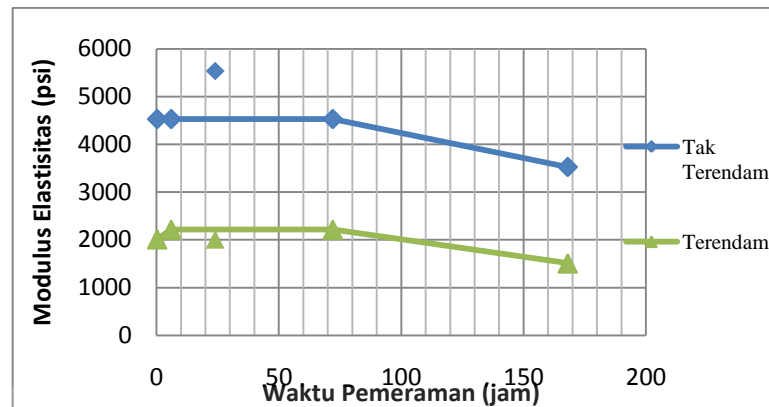
Dari gambar 4.49 menunjukkan sifat dari berbagai macam *deviator stress* dengan *axial strain*. Modulus Elastisitas dapat didefinisikan sebagai :

1. Initial tangent modulus (E)
2. Tangent modulus pada tegangan yang diberikan di tingkat E_t
3. Secant modulus yang diberikan tegangan pada tingkat E_s

Pada pengujian kuat tekan bebas ini, nilai modulus yang digunakan adalah nilai *initial tangent modulus*, hal ini disebabkan karena nilai yang digunakan untuk menghitung modulus elastisitas pada tanah adalah nilai yang terjadi sebelum keruntuhan dan sebelum tegangan yang terjadi selanjutnya. Pola kurva yang terjadi pada benda uji yang terendam dan tak terendam cenderung sama.

Tabel 4.13 Nilai Modulus Elastisitas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan

Benda Uji	Modulus Elastisitas (psi) Tak Terendam	Modulus Elastisitas (psi) Terendam
Tanpa Pemeraman	4530.546	2013.576
Diperam 6 Jam Kemudian Dipadatkan	4530.546	2214.934
Diperam 24 Jam Kemudian Dipadatkan	5537.334	2013.576
Diperam 72 Jam Kemudian Dipadatkan	4530.546	2214.934
Diperam 168 Jam Kemudian Dipadatkan	3523.758	1510.182

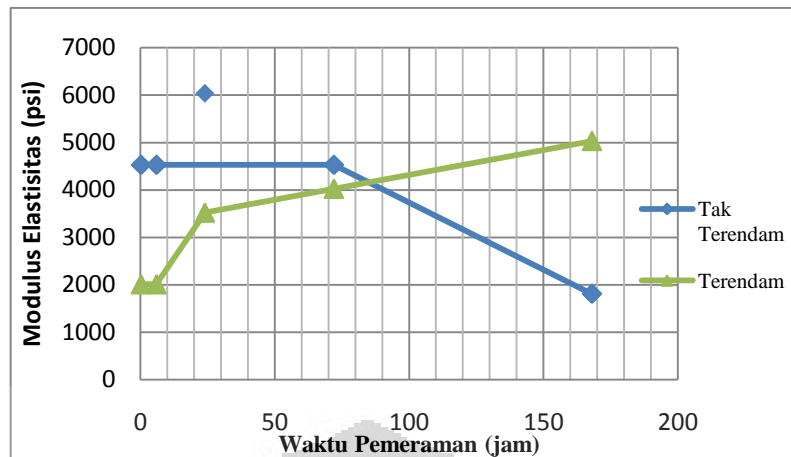


Gambar 4.50 Grafik Nilai Modulus Elastisitas Tanah Asli + Semen 10% Terhadap Waktu Pemeraman pada Benda Uji yang Diperam Dahulu Kemudian Dipadatkan

Dari tabel 4.23 dan gambar 4.50 menunjukkan nilai modulus pada benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam. Nilai yang didapat dari *initial tangent modulus* ini menunjukkan bahwa benda uji memiliki nilai modulus elastisitas yang sama selama diperam dari 0 jam sampai 72 jam. Namun ketika diperam sampai 168 jam, nilai modulus elastisitas mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin lama diperam, elastisitas suatu *soil cement* akan semakin menurun.

Tabel 4.14 Nilai Modulus Elastisitas Tanah Asli + 10% Semen pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam

Benda Uji	Modulus Elastisitas (psi) Tak Terendam	Modulus Elastisitas (psi) Terendam
Tanpa Pemeraman	4530.546	2013.576
Dipadatkan Kemudian Diperam 6 Jam	4530.546	2013.576
Dipadatkan Kemudian Diperam 24 Jam	6040.728	3523.758
Dipadatkan Kemudian Diperam 72 Jam	4530.546	4027.152
Dipadatkan Kemudian Diperam 168 Jam	1812.219	5033.940



Gambar 4.51 Grafik Nilai Modulus Elastisitas Tanah Asli + Semen 10% Terhadap Waktu Pemeraman pada Benda Uji yang Dipadatkan Dahulu Kemudian Diperam

Pada benda uji yang dipadatkan dahulu kemudian diperam, terdapat pola kurva yang cukup unik. Dimana nilai modulus elastisitas pada kondisi terendam cenderung mengalami kenaikan seiring dengan lamanya pemeraman. Hal tersebut menunjukkan semakin lama diperam suatu benda uji setelah dipadatkan, semakin kaku pula benda uji tersebut. Dan hal tersebut akan menambah kekuatan tanah. Tetapi, pada kondisi sebelum terendam kurva yang dihasilkan sama dengan kurva pada benda uji yang diperam dahulu kemudian dipadatkan. Memiliki nilai modulus elastisitas yang sama pada waktu pemeraman 0 jam – 72 jam. Namun menurun pada waktu pemeraman 168 jam.

Berdasarkan tabel 4.15 tentang jenis tanah berdasarkan nilai Modulus Elastisitas atau E (Budhu, Muni, 2007), maka pada kondisi tak terendam tanah dapat digolongkan sebagai *clay stiff*. Tetapi jika dilihat nilai E pada kondisi terendam, maka jenis tanah yang cocok adalah *clay soft*.

Tabel 4.15 Jenis Tanah Berdasarkan Nilai Modulus Elastisitas

Soil Type	Description	E (Mpa)
Clay	Soft	1-15
	Medium	15-30
	Stiff	30-100
Sand	Loose	10-20
	Medium	20-40
	Dense	40-80

Sumber : Budhu, Muni (2007)

4.8 Aplikasi di Lapangan

Penggunaan tanah yang dicampur dengan semen sebanyak 10% sebagai lapisan pondasi bawah (*subbase*) dapat meminimalkan ketebalan lapisan di atasnya terutama lapisan permukaan yang menggunakan aspal yang memiliki biaya paling tinggi.

Diasumsikan jalan yang digunakan merupakan jalan dengan lalu lintas tinggi dan memiliki Indeks Tebal Perkerasan adalah 10,2. Sesuai dengan SKBI – 2.3.26. 1987, susunan perkerasan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad (4.1)$$

Dimana :

a_1 a_2 a_3 = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D_1 D_2 D_3 = tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

Angka 1, 2, 3 masing-masing untuk lapis permukaan, lapis pondasi, lapis pondasi bawah.

Asumsi yang digunakan pada perkerasan jalan yaitu lapis permukaan yang digunakan adalah Laston dengan nilai a_1 adalah 0,35. Untuk lapis pondasi digunakan batu pecah kelas A dengan nilai a_2 sebesar 0,14. Sedangkan pada lapis pondasi bawah digunakan stabilisasi tanah dengan semen dengan nilai CBR sebesar 37% dan memiliki nilai a_3 sebesar 0,11.

Pada lapisan perkerasan jalan, semakin di atas suatu lapisan semakin tinggi biaya yang dibutuhkan. Oleh karena itu perlu diminimalkan penggunaan lapisan permukaan dalam hal ini aspal agar biaya yang dikeluarkan menjadi lebih sedikit tanpa harus mengurangi mutu suatu jalan. Menurut S.K.B.I – 2.3.26.1987 , dengan nilai ITP lebih besar dari 10, maka tinggi minimum untuk lapisan permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah adalah 10 cm, 20 cm, dan 10 cm.

Sedangkan untuk menghitung jumlah penebaran semen di lapangan, sesuai dengan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 01/SE/M/2010 persamaan yang digunakan adalah

$$\text{Jumlah penebaran (kg/m}^2\text{)} = \rho_{dmax} \times P' \times d \quad (4.2)$$

dengan pengertian :

ρ_{dmax} = kepadatan kering maksimum campuran bahan jalan dan bahan pengikat, dinyatakan dalam kg/m^3

P' = persentase bahan pengikat, dinyatakan dalam %

d = kedalaman lapisan padat yang distabilisasi, dinyatakan dalam meter.

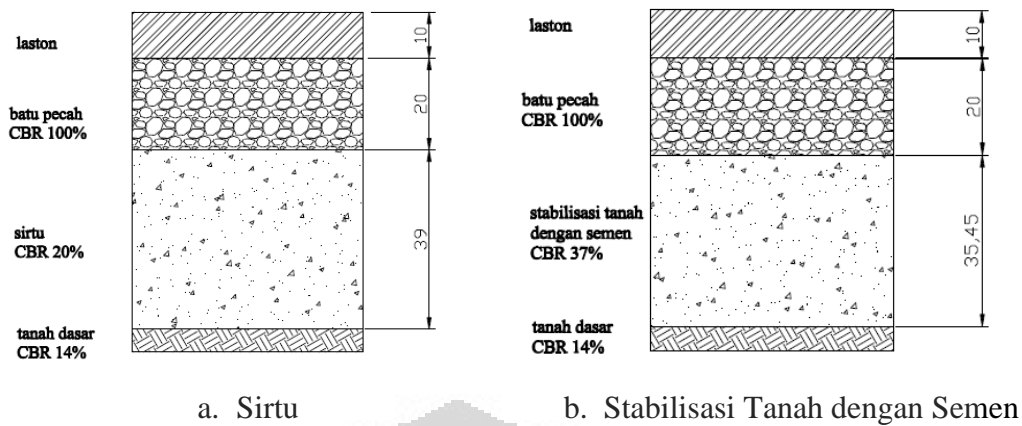
Pada pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kepadatan kering maksimum stabilisasi tanah dengan semen 10% adalah sebesar 1359 kg/m^3 . Sesuai dengan persamaan 4.2 didapatkan kadar semen sebesar 135,9 per m^3 .

Pada umumnya, lapis pondasi bawah menggunakan material sirtu. Tetapi penggunaan stabilisasi tanah setempat dengan semen sangat dianjurkan sebagai material untuk lapis pondasi bawah. Tujuan utama menggunakan material stabilisasi tanah dengan semen adalah dapat mengurangi pengeluaran untuk biaya material. Karena harga material semen yang dibutuhkan lebih murah dibanding harga sirtu. Selain itu, kekuatan material sirtu yang ada di suatu daerah dan dengan waktu yang berbeda tidak selalu sama. Ada kemungkinan kekuatan sirtu yang ada tidak mencukupi persyaratan untuk menjadi lapis pondasi bawah, atau kekuatan sirtu tersebut lebih kecil dibanding kekuatan tanah yang telah distabilisasi oleh semen. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.52 dan tabel 4.17.

Jika menggunakan standard minimal tebal perkerasan dari S.K.B.I – 2.3.26.1987, maka didapatkan tebal lapisan pekerjaan jalan seperti pada gambar 4.52. Tebal perkerasan jalan yang menggunakan material sirtu lebih tebal dibanding yang tebal perkerasan yang menggunakan material stabilisasi tanah dengan semen. Hal ini disebabkan karena nilai CBR atau kekuatan sirtu lebih kecil dibanding kekuatan tanah yang distabilisasi dengan semen. Dan juga biaya yang dikeluarkan sirtu juga akan lebih mahal.

Tabel 4.16 Perkiraan Harga Satuan Bahan Material

Bahan Material	Volume	Harga Satuan
Aston	m^3	Rp 1,749,392.58
Batu Pecah	m^3	Rp 168,960.00
Semen	m^3	Rp 100,726.89
Sirtu	m^3	Rp 120,120.00



Gambar 4.52 Perbandingan Tebal Perkerasan Jalan yang Menggunakan Material Sirtu dan Stabilisasi Tanah dengan Semen

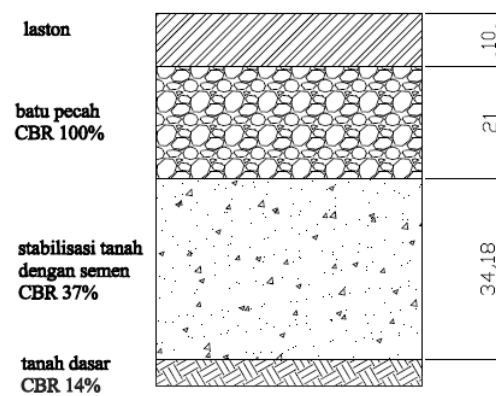
Tabel 4.17 Perbandingan Biaya Perkerasan Jalan yang Menggunakan Material Sirtu dan Stabilisasi Tanah dengan Semen

Bahan Materal	Volume	Harga Satuan	Bahan Materal	Volume	Harga Satuan
Aston	m ³	Rp 17,493.93	Aston	m ³	Rp 17,493.93
Batu Pecah	m ³	Rp 3,379.20	Batu Pecah	m ³	Rp 3,379.20
Sirtu	m ³	Rp 4,684.68	Sirtu	m ³	Rp 4,684.68
Jumlah	m ³	Rp 24,444.35	Jumlah	m ³	Rp 25,557.81

a. Stabilisasi Tanah dengan Semen

b. Sirtu

Jika menggunakan ketebalan lapisan sesuai dengan standard minimal seperti pada gambar 4.52 maka akan didapat harga perkerasan jalan yang lebih murah. Karena semakin tipis lapisan pondasi atas semakin sedikit pula biaya yang dikeluarkan. Tetapi hal tersebut mengakibatkan harga lapisan *sub-base* menjadi lebih mahal dibanding harga lapisan *base*. Hal tersebut menyebabkan ketidaksesuaian dengan prinsip yang digunakan yaitu lapisan yang berada di atas lebih mahal dibanding dibanding lapisan yang dibawah. Maka dengan menggunakan metode *trial & error* didapatkan tebal lapisan perkerasan jalan seperti pada gambar 4.53.



Gambar 4.53 Tebal Perkerasan Jalan dengan Menggunakan Stabilisasi Tanah dengan Semen

Tabel 4.18 Perkiraan Harga Perkerasan Jalan

Aston		Batu Pecah		Tanah + Semen		Jumlah Harga
Tebal Lapisan (D ₁)	Harga Satuan	Tebal Lapisan (D ₂)	Harga Satuan	Tebal Lapisan (D ₃)	Harga Satuan	
10 cm	Rp17,493.93	20 cm	Rp3,379.20	35.45 cm	Rp3,571.23	Rp24,444.35
10 cm	Rp17,493.93	21 cm	Rp3,548.16	34.18 cm	Rp3,443.03	Rp24,485.11
10 cm	Rp17,493.93	22 cm	Rp3,717.12	32.91 cm	Rp3,314.83	Rp24,525.88
10 cm	Rp17,493.93	23 cm	Rp3,886.08	31.64 cm	Rp3,186.63	Rp24,566.64
10 cm	Rp17,493.93	24 cm	Rp4,055.04	30.36 cm	Rp3,058.43	Rp24,607.40
10 cm	Rp17,493.93	25 cm	Rp4,224.00	29.09 cm	Rp2,930.24	Rp24,648.16

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari beberapa rangkaian pengujian yang telah dilakukan pada campuran tanah residual Depok dengan semen, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pencampuran tanah residual Depok dengan semen dapat menambah nilai CBR terutama pada keadaan terendam karena selama proses perendaman terjadi penambahan air yang menyebabkan semen bereaksi dan terjadi reaksi pengerasan.
2. Penambahan kadar semen yang sesuai target yaitu 10% semen terhadap berat kering tanah merupakan kadar semen yang dapat digunakan sebagai lapisan pondasi bawah suatu perkerasan karena memiliki nilai CBR terendam diatas 35% (menurut SNI 03-1744-1989) dan juga tidak terlalu tinggi untuk ukuran lapis *subbase*, memiliki selisih yang tidak terlalu besar pada nilai indeks plastisitas dengan campuran semen 5% dan 15%.
3. Kadar air optimum yang didapatkan pada tanah residual Depok adalah 36,3% dan kadar air optimum akan semakin berkurang seiring dengan penambahan semen. Dengan penambahan semen sebanyak 10% dari berat kering tanah, kadar air optimum yang didapat adalah 34,15%.
4. Nilai CBR tak terendam tanah asli yang dicampur semen 10% tanpa pemeraman adalah 77.48%. Sedangkan nilai maksimum CBR tak terendam tanah asli dicampur semen 10% adalah 121.07% yaitu pada benda uji yang langsung dipadatkan kemudian diperam selama 168 jam (7 hari).
5. Nilai CBR terendam tanah asli yang dicampur semen 10% tanpa pemeraman adalah 89.43%. Sedangkan nilai maksimum CBR terendam tanah asli dicampur semen 10% adalah 133.17% yaitu pada benda uji yang langsung dipadatkan kemudian diperam selama 168 jam (7 hari).
6. Stabilisasi tanah dengan semen sebaiknya langsung dilakukan pemadatan setelah pencampuran tanpa proses pemeraman. Proses pemeraman pada tanah yang belum dipadatkan memberikan hasil bahwa lamanya pemeraman akan menurunkan kekuatan tanah karena sudah terjadi proses ikatan antara butiran

dengan semen dan memperlemah ikatan antara butiran dengan butiran. Hal ini mengacu pada gambar 4.32 dan 4.33. Pemeraman tanah yang sudah dipadatkan dibutuhkan waktu minimal 24 jam untuk tanah agar dapat bereaksi dan mengeras. Sedangkan tanah dan semen yang sudah dicampur harus dipadatkan kurang dari 6 jam, karena jika makin lama dibiarkan kekuatan tanah tersebut akan berkurang.

7. Melihat hasil grafik antara regangan (%) dan tegangan (psi) pada gambar 4.34 dan 4.35 menunjukkan bahwa tanah yang dipadatkan dahulu kemudian diperam memiliki nilai UCS yang lebih besar dibandingkan tanah yang diperam dahulu kemudian dipadatkan.
8. Nilai Kuat Tekan Bebas tak terendam tanah asli yang dicampur semen 10% tanpa pemeraman adalah 118.077 psi atau 814.112 kPa. Sedangkan nilai maksimum kuat tekan bebas tak terendam tanah asli dicampur semen 10% adalah 185.839 psi atau 1281.315 kPa yaitu pada benda uji yang langsung dipadatkan kemudian diperam selama 72 jam (3 hari).
9. Nilai kuat tekan bebas terendam tanah asli yang dicampur semen 10% tanpa pemeraman adalah 120.037 psi atau 827.626 kPa. Dan itu merupakan nilai maksimum pada pengujian kuat tekan bebas kondisi terendam.

5.2. Saran

1. Pengukuran kadar air awal harus diperhitungkan dengan seksama. Karena kadar air awal akan sangat berpengaruh terhadap hasil kadar air rencana dan berat semen. Semen dihitung berdasarkan berat kering tanah, oleh karenanya pengukuran kadar air awal dilakukan secermat mungkin untuk mencegah kelebihan atau kekurangan penambahan semen dan hasil kadar air akhir nanti.
2. Dengan penambahan kadar semen yang berbeda-beda pada pengujian pemadatan, CBR, maupun uji kuat tekan bebas, diharapkan tanah yang digunakan untuk distabilisasi dengan semen tersebut memiliki kesamaan kadar air pada masing-masing benda uji. Mengingat cepatnya reaksi antara semen dan air, dengan kadar air yang sama pada setiap benda uji ini akan menambah keakuratan pengujian.
3. Memilih penggunaan metode pencampuran antara tanah, semen, dan air yang tepat akan dapat mengurangi kendala-kendala selama dalam pengujian.
4. Mengacu pada gambar 4.22 mengenai perbandingan grafik pemadatan tanah akibat penambahan semen, tidak disarankan pencampuran tanah residual Depok dengan semen melebihi kadar 15%. Hal ini disebabkan karena tanah tersebut akan menjadi sangat kering dan akan sulit dilakukan pemadatan. Grafik pemadatan yang terbentuk menjadi kurang sempurna.
5. Proses perendaman uji kuat tekan bebas sebaiknya dikondisikan semirip mungkin dengan proses perendaman pada CBR, agar hasil pengujian yang didapat lebih mudah untuk dibandingkan.
6. Untuk penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi, perlu diperhatikan lebih pada cara penyimpanan terhadap semen yang akan digunakan tersebut. Semen yang baru akan lebih baik digunakan pada pengujian.
7. Perlunya dilakukan pengujian CBR di lapangan agar dapat dibandingkan dengan hasil pengujian di laboratorium dan juga hasil penelitian dapat diaplikasikan pada pembangunan lapisan perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1989, Annual Book of ASTM Standard
- Bapeda Kota Depok, 2008, Kota Depok dalam Angka, Depok
- Bergado, D.T, et al., 1996, *Soft Ground Improvement In Lowland and Other Environments*, New York : ASCE Press.
- Bowles, Joseph. 1989, *Sifat-sifat fisis dan Geoteknis Tanah*. Terjemahan Johan K. Hainim Jakarta: Penerbit Erlangga
- Craig, RF., 1989, *Mekanika Tanah*, Jakarta: Penerbit Erlangga
- Damoerin, D., Soepandji, S.B., 2001, *Tanah dan Permasalahannya sebagai Subgrade, Pelatihan Pemeliharaan Jalan dan Jembatan*, Universitas Indonesia, Depok.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Pedoman Perencanaan Stabilisasi Tanah Dengan Bahan Serbuk Pengikat Untuk Konstruksi Jalan*, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 01/SE/M/2010 tentang Pemberlakuan Pedoman Pelaksanaan Stabilisasi Bahan Jalan Langsung Di Tempat Dengan Bahan Serbuk Pengikat*, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, *Perencanaan Campuran Lapis Pondasi Hasil Daur Ulang Perkerasan Lama dengan Semen*, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *SKBI – 2.3.26.1987 tentang Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*, Jakarta.

Erizal , *Rekayasa Perkerasan Jalan*, Institut Pertanian Bogor, Bogor

<http://web.ipb.ac.id/~erizal/mektan/CBR.pdf>

Elearning Gunadarma, Perkerasan Jalan

http://www.elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/rekayasa_jalan_raya /bab1_perkerasan_jalan.pdf.

Hardiyatmo, H.C., 1992, *Mekanika Tanah I*, Gajah Mada Universitas Press, Yogyakarta.

Ingles, O.G. and Metcalf, J.B., 1972, *Soil Stabilization Principles and Prctice*, Butterwoths, Sydney.

Rakhman, Yunan Arief, 2002, *Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Paning dengan Semen dan Gypsum Sintesis ($CaSO_4, 2H_2O$)*, Tesis, Program Pascasarjana Undip, Semarang.

Soepandji, B.S., Rahayu, W. , Damoerin D., 1995, *Studi Pengaruh Penambahan Geosta pada Stabilisasi Tanah dengan Semen*, UI, Depok.

Widodo, Amin , *Kontribusi Sejarah Geologi Terhadap Sifat Geoteknik (Studi Kasus Tanah Residual Vulkanik G Argopuro*, Surabaya.

<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Proceeding-4602-Amien%20Widodo.pdf>



LAMPIRAN



LAMPIRAN A

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

Specific Gravity

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok
Test Oleh : Fira

Test No.	1	2	3
Berat Botol + Air + Tanah = W_{bws}	719.84	718.55	727.5
Temperature $^{\circ}\text{C}$	28	28	28
Berat Botol + Air Suling = W_{bw}	656.68	655.67	664.71
No. Piknometer	1	5	8
Berat Botol + Tanah Kering	465.08	461.42	471.79
Berat Botol Piknometer	365.05	361.42	371.79
Berat Tanah Kering = W_s	100.03	100	100
$W_{w'} = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	36.87	37.12	37.21
$G_s = \alpha W_s / W_{w'} (\alpha = 0.99626)$	2.703	2.684	2.677

Nilai Specific Gravity rata-rata = **2.688**

Specific Gravity

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 5% cement
Test Oleh : Fira

Test No.	1	2	3
Berat Botol + Air + Tanah = W_{bws}	701.98	703.76	726.65
Temperature $^{\circ}\text{C}$	29	29	29
Berat Botol + Air Suling = W_{bw}	640.92	641.25	663.94
No. Piknometer	1	7	8
Berat Botol + Tanah Kering	409.64	401.28	448.97
Berat Botol Piknometer	309.63	301.24	348.96
Berat Tanah Kering = W_s	100.01	100.04	100.01
$W_{w'} = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	38.95	37.53	37.3
$G_s = \alpha W_s / W_{w'} (\alpha = 0.99626)$	2.557	2.655	2.670

Nilai Specific Gravity rata-rata = **2.628**

Spesific Gravity

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 10% cement
Test Oleh : Fira

Test No.	1	2	3
Berat Botol + Air + Tanah = W_{bws}	733.06	718.37	704.49
Temperature $^{\circ}C$	29.5	29.5	29.5
Berat Botol + Air Suling = W_{bw}	669.62	654.92	640.97
No. Piknometer	3	5	7
Berat Botol + Tanah Kering	460.24	451.39	426.1
Berat Botol Piknometer	360.24	351.37	326.07
Berat Tanah Kering = W_s	100	100.02	100.03
$W_{w'} = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	36.56	36.57	36.51
$G_s = \alpha W_s / W_{w'} (\alpha = 0.99583)$	2.724	2.724	2.728

Nilai Spesific Gravity rata-rata =

Spesific Gravity

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 15% cement
Test Oleh : Fira

Test No.	1	2
Berat Botol + Air + Tanah = W_{bws}	733.05	704.24
Temperature $^{\circ}C$	29	29
Berat Botol + Air Suling = W_{bw}	669.52	640.92
No. Piknometer	3	7
Berat Botol + Tanah Kering	447.63	411.91
Berat Botol Piknometer	347.59	311.88
Berat Tanah Kering = W_s	100.04	100.03
$W_{w'} = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	36.51	36.71
$G_s = \alpha W_s / W_{w'} (\alpha = 0.99598)$	2.729	2.714

Nilai Spesific Gravity rata-rata =

Specific Gravity

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 20% cement
Test Oleh : Fira

Test No.	1	2
Berat Botol + Air + Tanah = W_{bws}	732.25	726.46
Temperature $^{\circ}C$	29	29
Berat Botol + Air Suling = W_{bw}	669.58	663.98
No. Piknometer	3	1
Berat Botol + Tanah Kering	446.87	445.08
Berat Botol Piknometer	346.82	345
Berat Tanah Kering = W_s	100.05	100.08
$W_{w'} = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	37.38	37.6
$G_s = \alpha W_s / W_{w'} (\alpha = 0.99598)$	2.666	2.651

Nilai Specific Gravity rata-rata =

Specific Gravity

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 25% cement
Test Oleh : Fira

Test No.	1	2
Berat Botol + Air + Tanah = W_{bws}	729.63	731.73
Temperature $^{\circ}C$	29	29
Berat Botol + Air Suling = W_{bw}	666.75	669.1
No. Piknometer	A	B
Berat Botol + Tanah Kering	460.6	449.38
Berat Botol Piknometer	360.56	349.35
Berat Tanah Kering = W_s	100.04	100.03
$W_{w'} = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	37.16	37.4
$G_s = \alpha W_s / W_{w'} (\alpha = 0.99598)$	2.682	2.665

Nilai Specific Gravity rata-rata =

GRAIN SIZE ANALYSIS

HYDROMETER METHOD

Location : Lapangan GK FTUI
 Description of Soil : Tanah Asli + 5% Semen
 Tested By : Fira

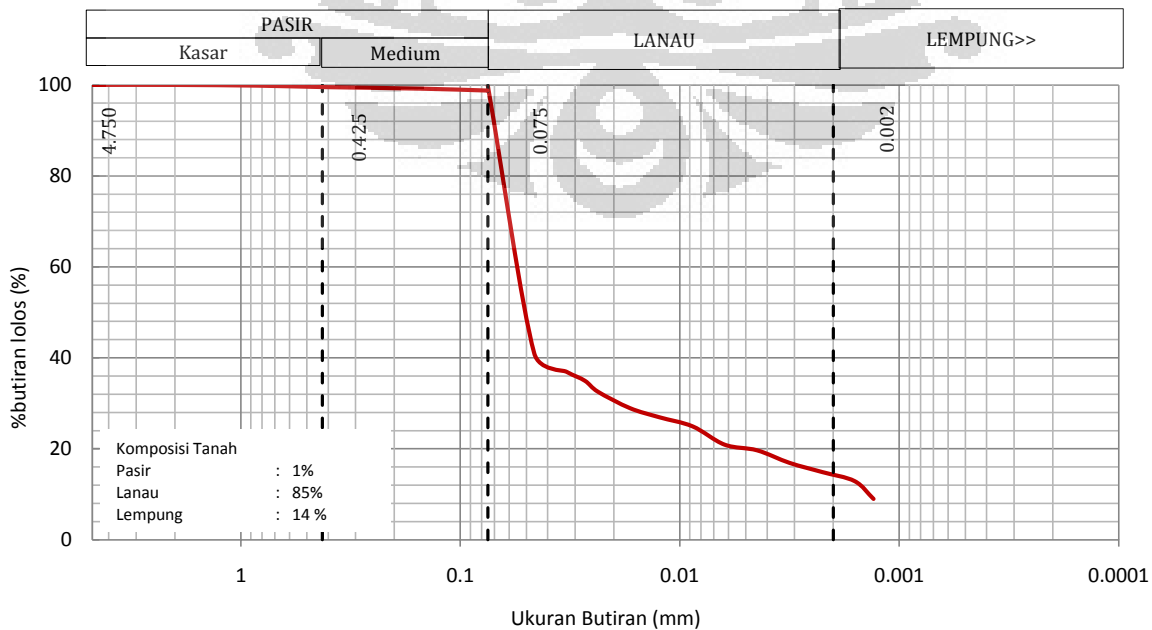
Specific Gravity (Gs) : 2.628
 a : 1.004
 Zero Correction : 1
 Wt. of soil (gr) : 50
 Meniscus Correction : 0.5

Elapsed Time (min)	Temp (°C)	Actual Hyd Reading (Ra)	C _T	Corr Hyd Reading (Re)	% Finer (%)	Hyd. Corr. only for Reading (R)	L from table 6.5	L/t	K from table 6.5	D (mm)
1	29.5	18	3.4	20.4	41.01	18.5	13.264	13.264	0.0126	0.04603
2	29.5	16	3.4	18.4	36.99	16.5	13.592	6.796	0.0126	0.03295
3	29.5	15	3.4	17.4	34.98	15.5	13.756	4.585	0.0126	0.02707
4	29.2	14	3.2	16.2	32.55	14.5	13.921	3.480	0.0126	0.02358
8	29.5	12	3.4	14.4	28.96	12.5	14.249	1.781	0.0126	0.01687
15	29.5	11	3.4	13.4	26.95	11.5	14.413	0.961	0.0126	0.01239
30	29.5	10	3.4	12.4	24.94	10.5	14.577	0.486	0.0125	0.00874
60	29.5	8	3.4	10.4	20.93	8.5	14.905	0.248	0.0125	0.00625
120	30	7	3.8	9.8	19.68	7.5	15.069	0.126	0.0125	0.00444
240	29.5	6	3.4	8.4	16.91	6.5	15.233	0.063	0.0125	0.00316
480	29.5	5	3.4	7.4	14.90	5.5	15.397	0.032	0.0125	0.00225
960	29.5	4	3.4	6.4	12.89	4.5	15.562	0.016	0.0125	0.00160
1440	28	3	2.5	4.5	8.99	3.5	15.726	0.011	0.0125	0.00131

SIEVE ANALYSIS

Berat Sampel Oven Kering : 0.63 gram

Sieve no	Diameter (mm)	Wt Retained (gram)	% Retained	% Passing
4	4.75	0	0.00	100
10	2	0	0.00	100.00
18	0.84	0.08	0.16	99.84
40	0.42	0.16	0.32	99.52
100	0.15	0.18	0.36	99.16
200	0.075	0.21	0.42	98.74
				41.02
PAN		0.02	0.04	99.96



KURVA DISTRIBUSI UKURAN BUTIRAN

GRAIN SIZE ANALYSIS

HYDROMETER METHOD

Location : Lapangan GK FTUI
 Description of Soil : Tanah Asli + 10% Semen
 Tested By : Fira

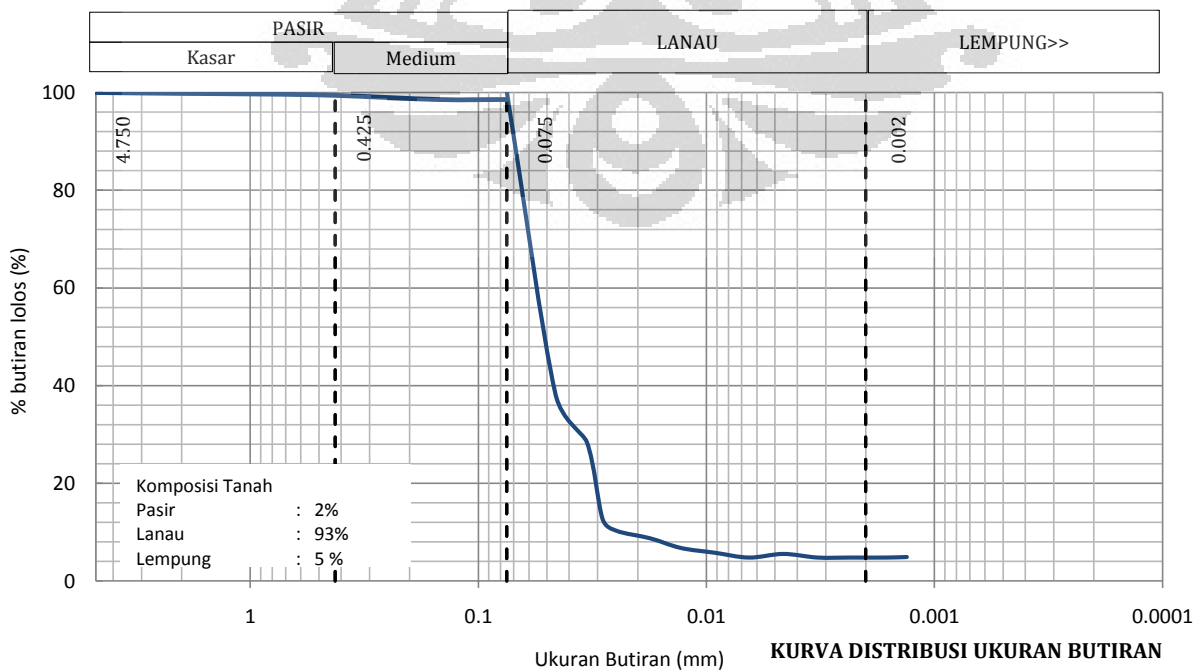
Specific Gravity (Gs) : 2.725
 a : 0.985
 Zero Correction : 1
 Wt. of soil (gr) : 50
 Meniscus Correction : 0

Elapsed Time (min)	Temp (°C)	Actual Hyd Reading (Ra)	C _T	Corr Hyd Reading (Re)	% Finer (%)	Hyd. Corr. only for Reading (R)	L from table 6.5	L/t	K from table 6.5	D (mm)
1	29.5	17	3.4	19.4	38.26	17	13.510	13.510	0.0125	0.04595
2	29.5	12	3.4	14.4	28.41	12	14.331	7.165	0.0125	0.03346
3	29.5	4	3.4	6.4	12.65	4	15.644	5.215	0.0125	0.02854
4	29.2	3	3.2	5.2	10.26	3	15.808	3.952	0.0125	0.02485
8	29.5	2	3.4	4.4	8.71	2	15.972	1.996	0.0125	0.01766
15	29.5	1	3.4	3.4	6.74	1	16.136	1.076	0.0125	0.01296
30	29.5	0.5	3.4	2.9	5.76	0.5	16.218	0.541	0.0125	0.00919
60	29.5	0	3.4	2.4	4.77	0	16.300	0.272	0.0125	0.00652
120	30	0	3.8	2.8	5.51	0	16.300	0.136	0.0125	0.00461
240	29.5	0	3.4	2.4	4.77	0	16.300	0.068	0.0125	0.00326
480	29.5	0	3.4	2.4	4.77	0	16.300	0.034	0.0125	0.00230
960	29.5	0	3.4	2.4	4.77	0	16.300	0.017	0.0125	0.00163
1440	28	1	2.5	2.5	4.88	1	16.136	0.011	0.0125	0.00132

SIEVE ANALYSIS

Berat Sampel Oven Kering : 1.05 gram

Sieve no	Diameter (mm)	Wt Retained (gram)	% Retained	% Passing
4	4.75	0	0.00	100
10	2	0.02	0.04	99.96
18	0.84	0.14	0.28	99.68
40	0.42	0.27	0.54	99.14
100	0.15	0.32	0.64	98.50
200	0.075	0.31	0.62	97.88
				38.26
PAN		0.02	0.04	99.96



GRAIN SIZE ANALYSIS

HYDROMETER METHOD

Location : Lapangan GK FTUI
 Description of Soil : Tanah Asli + 15% Semen
 Tested By : Fira

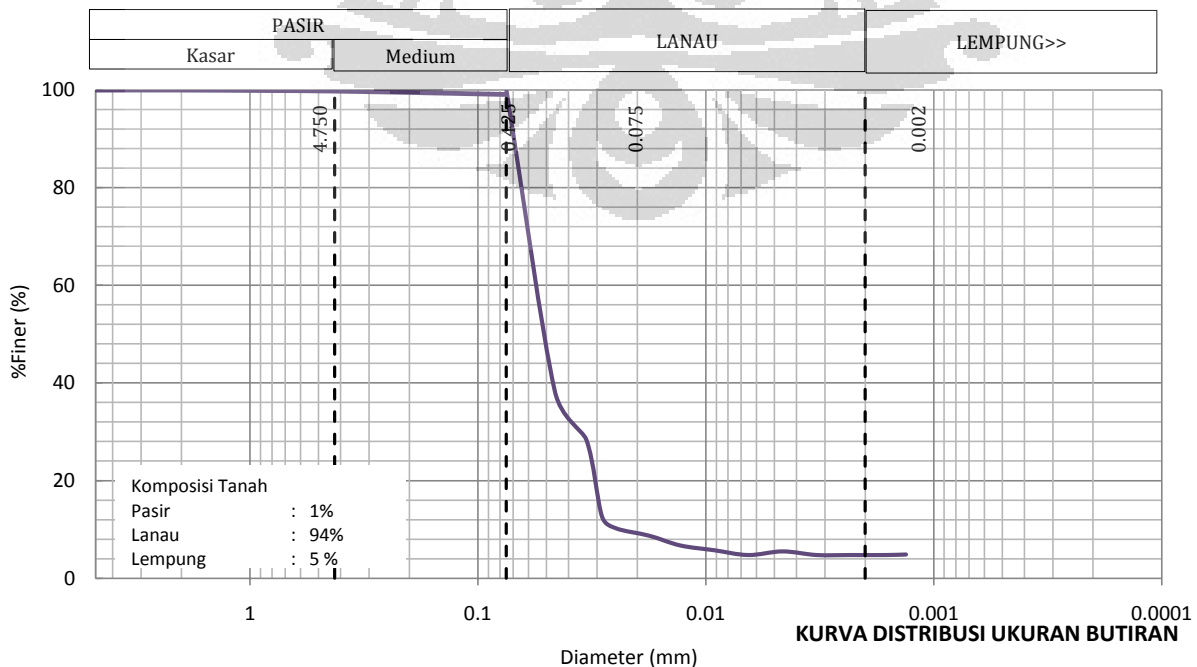
Specific Gravity (Gs) : 2.721
 a : 0.986
 Zero Correction : 1
 Wt. of soil (gr) : 50
 Meniscus Correction : 0

Elapsed Time (min)	Temp (°C)	Actual Hyd Reading (Ra)	C _T	Corr Hyd Reading (Re)	% Finer (%)	Hyd. Corr. only for Reading (R)	L from table 6.5	L/t	K from table 6.5	D (mm)
1	29.5	17	3.4	19.4	38.26	17	13.510	13.510	0.0125	0.04595
2	29.5	12	3.4	14.4	28.41	12	14.331	7.165	0.0125	0.03346
3	29.5	4	3.4	6.4	12.65	4	15.644	5.215	0.0125	0.02854
4	29.2	3	3.2	5.2	10.26	3	15.808	3.952	0.0125	0.02485
8	29.5	2	3.4	4.4	8.71	2	15.972	1.996	0.0125	0.01766
15	29.5	1	3.4	3.4	6.74	1	16.136	1.076	0.0125	0.01296
30	29.5	0.5	3.4	2.9	5.76	0.5	16.218	0.541	0.0125	0.00919
60	29.5	0	3.4	2.4	4.77	0	16.300	0.272	0.0125	0.00652
120	30	0	3.8	2.8	5.51	0	16.300	0.136	0.0125	0.00461
240	29.5	0	3.4	2.4	4.77	0	16.300	0.068	0.0125	0.00326
480	29.5	0	3.4	2.4	4.77	0	16.300	0.034	0.0125	0.00230
960	29.5	0	3.4	2.4	4.77	0	16.300	0.017	0.0125	0.00163
1440	28	1	2.5	2.5	4.88	1	16.136	0.011	0.0125	0.00132

SIEVE ANALYSIS

Berat Sampel Oven Kering : 0.48 gram

Sieve no	Diameter (mm)	Wt Retained (gram)	% Retained	% Passing
4	4.75	0	0.00	100
10	2	0	0.00	100.00
18	0.84	0.05	0.10	99.90
40	0.42	0.06	0.12	99.78
100	0.15	0.21	0.42	99.36
200	0.075	0.16	0.32	99.04
				38.26
PAN		0.02	0.04	99.96



GRAIN SIZE ANALYSIS

HYDROMETER METHOD

Location : Lapangan GK FTUI
Description of Soil : Tanah Asli + 20% Semen
Tested By : Fira

Specific Gravity (Gs) : 2.658
 a : 0.998
 Zero Correction : 1

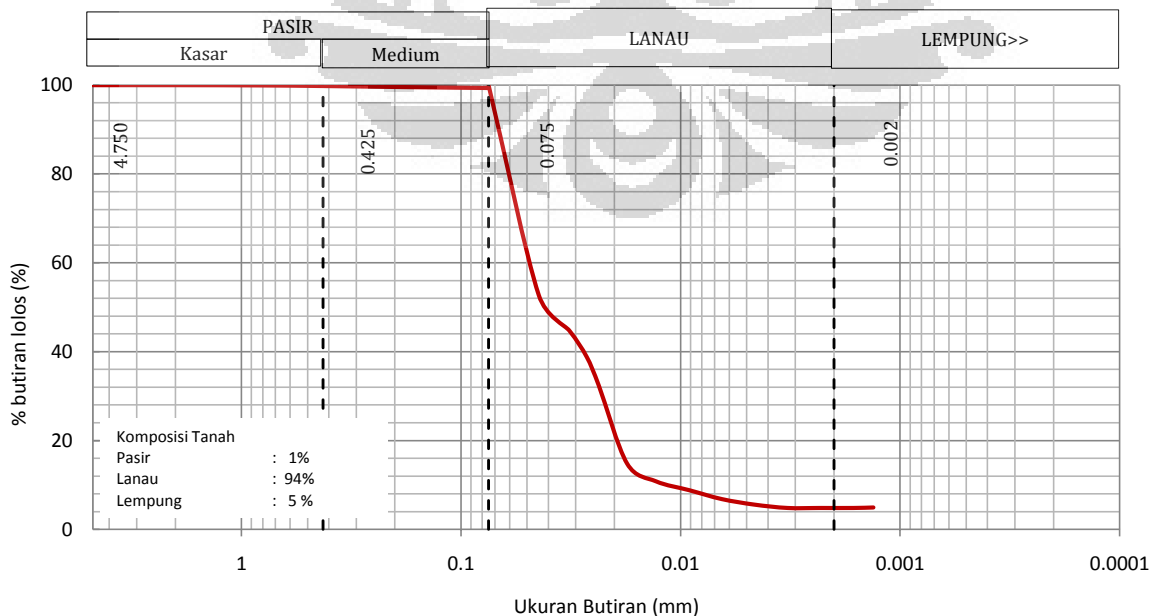
Wt. of soil (gr) : 50
 Meniscus Correction : 0.5

Elapsed Time (min)	Temp (°C)	Actual Hyd Reading (Ra)	C _T	Corr Hyd Reading (Re)	% Finer (%)	Hyd. Corr. only for Reading (R)	L from table 6.5	L/t	K from table 6.5	D (mm)
1	29.5	24	3.4	26.4	52.74	24.5	12.280	12.280	0.0126	0.04429
2	29.5	20	3.4	22.4	44.75	20.5	12.936	6.468	0.0126	0.03215
3	29.5	17	3.4	19.4	38.77	17.5	13.428	4.476	0.0126	0.02674
4	29.2	14	3.2	16.2	32.36	14.5	13.921	3.480	0.0126	0.02358
8	29.5	5	3.4	7.4	14.81	5.5	15.397	1.925	0.0126	0.01754
15	29.5	3	3.4	5.4	10.82	3.5	15.726	1.048	0.0126	0.01294
30	29.5	2	3.4	4.4	8.83	2.5	15.890	0.530	0.0125	0.00913
60	29.5	1	3.4	3.4	6.83	1.5	16.054	0.268	0.0125	0.00649
120	30	0	3.8	2.8	5.59	0.5	16.218	0.135	0.0125	0.00461
240	29.5	0	3.4	2.4	4.83	0.5	16.218	0.068	0.0125	0.00326
480	29.5	0	3.4	2.4	4.83	0.5	16.218	0.034	0.0125	0.00231
960	29.5	0	3.4	2.4	4.83	0.5	16.218	0.017	0.0125	0.00163
1440	28	1	2.5	2.5	4.94	1.5	16.054	0.011	0.0125	0.00132

SIEVE ANALYSIS

Berat Sampel Oven Kering : 0.34 gram

Sieve no	Diameter (mm)	Wt Retained (gram)	% Retained	% Passing
4	4.75	0	0.00	100
10	2	0	0.00	100.00
18	0.84	0.03	0.06	99.94
40	0.42	0.07	0.14	99.80
100	0.15	0.15	0.30	99.50
200	0.075	0.08	0.16	99.34
				52.76
PAN		0.02	0.04	99.96



KURVA DISTRIBUSI UKURAN BUTIRAN

GRAIN SIZE ANALYSIS

HYDROMETER METHOD

Location : Lapangan GK FTUI
Description of Soil : Tanah Asli + 25% Semen
Tested By : Fira

Specific Gravity (Gs) : 2.673
 a : 0.995
 Zero Correction : 1

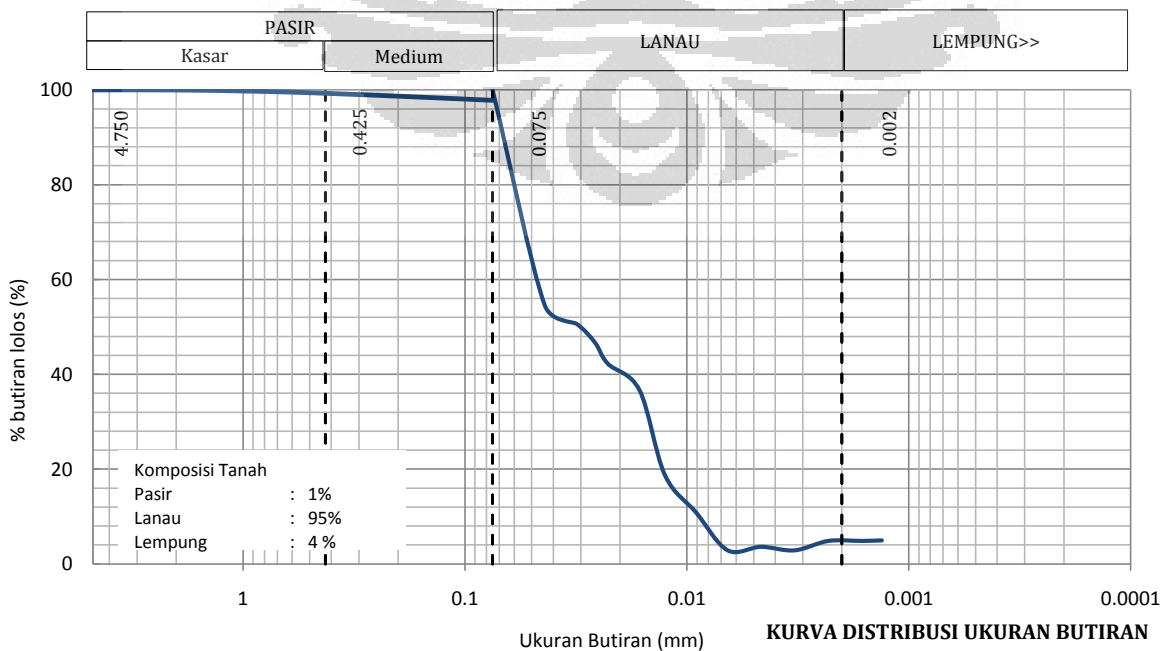
Wt. of soil (gr) : 50
 Meniscus Correction : 0

Elapsed Time (min)	Temp (°C)	Actual Hyd Reading (Ra)	C _T	Corr Hyd Reading (Re)	% Finer (%)	Hyd. Corr. only for Reading (R)	L from table 6.5	L/t	K from table 6.5	D (mm)
1	29.5	25	3.4	27.4	54.57	25	12.198	12.198	0.0125	0.04366
2	29.5	23	3.4	25.4	50.59	23	12.526	6.263	0.0125	0.03128
3	29.5	21	3.4	23.4	46.61	21	12.854	4.285	0.0125	0.02587
4	29.2	19	3.2	21.2	42.21	19	13.182	3.296	0.0125	0.02269
8	29.5	16	3.4	18.4	36.66	16	13.674	1.709	0.0125	0.01634
15	29.5	7	3.4	9.4	18.75	7	15.151	1.010	0.0125	0.01256
30	29.5	3	3.4	5.4	10.79	3	15.808	0.527	0.0125	0.00907
60	29.5	-1	3.4	1.4	2.83	-1	16.464	0.274	0.0125	0.00655
120	30	-1	3.8	1.8	3.58	-1	16.464	0.137	0.0125	0.00463
240	29.5	-1	3.4	1.4	2.83	-1	16.464	0.069	0.0125	0.00327
480	29.5	0	3.4	2.4	4.82	0	16.300	0.034	0.0125	0.00230
960	29.5	0	3.4	2.4	4.82	0	16.300	0.017	0.0125	0.00163
1440	28	1	2.5	2.5	4.93	1	16.136	0.011	0.0125	0.00132

SIEVE ANALYSIS

Berat Sampel Oven Kering : 1.13 gram

Sieve no	Diameter (mm)	Wt Retained (gram)	% Retained	% Passing
4	4.75	0	0.00	100
10	2	0.01	0.02	99.98
18	0.84	0.14	0.28	99.70
40	0.42	0.21	0.42	99.28
100	0.15	0.42	0.84	98.44
200	0.075	0.31	0.62	97.82
				54.59
PAN		0.02	0.04	99.96



GRAIN SIZE ANALYSIS

HYDROMETER METHOD

Location : Lapangan GK FTUI
Description of Soil : Tanah Asli
Tested By : Fira

Specific Gravity (Gs) : 2.688
 a : 0.992
 Zero Correction : 1

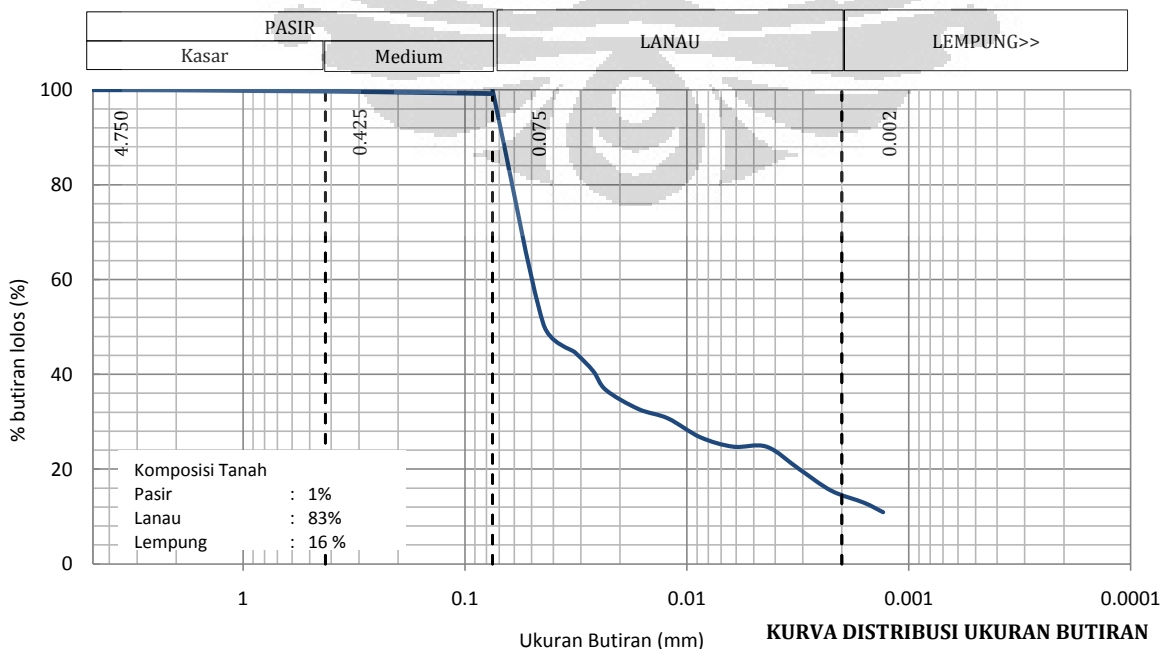
Wt. of soil (gr) : 50
 Meniscus Correction : 0

Elapsed Time (min)	Temp (°C)	Actual Hyd Reading (Ra)	C _T	Corr Hyd Reading (Re)	% Finer (%)	Hyd. Corr. only for Reading (R)	L from table 6.5	L/t	K from table 6.5	D (mm)
1	29.5	23	3.4	25.4	50.59	23	12.526	12.526	0.0125	0.04424
2	29.5	20	3.4	22.4	44.62	20	13.018	6.509	0.0125	0.03189
3	29.5	18	3.4	20.4	40.64	18	13.346	4.449	0.0125	0.02637
4	29.5	16	3.4	18.4	36.66	16	13.674	3.419	0.0125	0.02311
8	29.5	14	3.4	16.4	32.68	14	14.003	1.750	0.0125	0.01654
15	29.5	13	3.4	15.4	30.69	13	14.167	0.944	0.0125	0.01215
30	29.5	11	3.4	13.4	26.71	11	14.495	0.483	0.0125	0.00869
60	29.5	10	3.4	12.4	24.72	10	14.659	0.244	0.0125	0.00618
120	29.5	10	3.4	12.4	24.72	10	14.659	0.122	0.0125	0.00437
240	29	8	3.1	10.1	20.05	8	14.987	0.062	0.0125	0.00312
480	28.5	6	2.8	7.8	15.44	6	15.315	0.032	0.0125	0.00223
960	28	5	2.5	6.5	12.89	5	15.480	0.016	0.0125	0.00159
1440	28	4	2.5	5.5	10.90	4	15.644	0.011	0.0125	0.00130

SIEVE ANALYSIS

Berat Sampel Oven Kering : 0.39 gram

Sieve no	Diameter (mm)	Wt Retained (gram)	% Retained	% Passing
4	4.75	0	0.00	100
10	2	0.02	0.04	99.96
18	0.84	0.07	0.14	99.82
40	0.42	0.05	0.10	99.72
100	0.15	0.14	0.28	99.44
200	0.075	0.11	0.22	99.22
				50.46
PAN		0.01	0.02	99.98

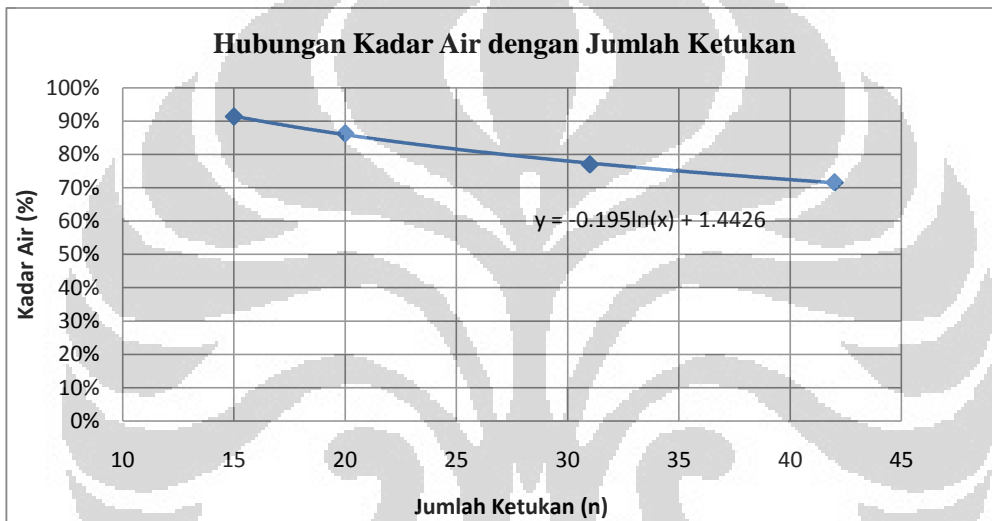


ATTERBERG LIMIT

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok
Test Oleh : Fira

Liquid Limit

Can No.	I	II	III	IV
Jumlah ketukan	15	20	31	42
Berat tanah basah + can	43.7	47.61	45.09	48.59
Berat tanah kering + can	26.77	29.3	29.03	31.71
Berat can	8.24	8.09	8.18	8.15
Berat tanah kering	18.53	20.85	21.21	23.56
Berat air	16.93	18.31	16.06	16.88
Kadar air	91.37%	86.33%	77.03%	71.65%



Keterangan :

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada $N = 25$ sampai memotong grafik
Liquid Limit (LL) = $-0.195 \ln(25) + 1.4426$
= **81.49%**

Plastic Limit

Can No.	I	II
Berat tanah basah + can	55.99	57.12
Berat tanah kering + can	44.36	43.99
Berat can	24.42	21.15
Berat tanah kering	19.94	22.84
Berat air	11.63	13.13
Kadar air	58.32%	57.49%
Kadar air rata-rata	57.91%	

Keterangan :

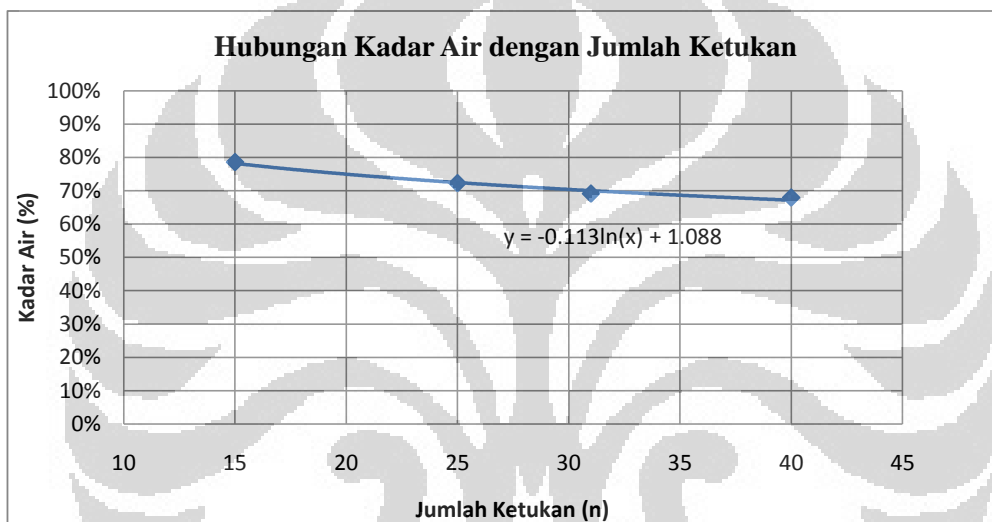
Plastic Index (PI) = LL - PL
= 81.49% - 57.91% = **23.59%**

ATTERBERG LIMIT

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 5% Semen
 Test Oleh : Fira

Liquid Limit

Can No.	I	II	III	IV
Jumlah ketukan	15	25	31	40
Berat tanah basah + can	59.46	52.72	57.64	59.01
Berat tanah kering + can	37.13	34.31	37.89	38.83
Berat can	8.71	8.83	9.32	9.13
Berat tanah kering	28.42	25.48	28.57	29.7
Berat air	22.33	18.41	19.75	20.18
Kadar air	78.57%	72.25%	69.13%	67.95%



Keterangan :

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada $N = 25$ sampai memotong grafik
 Liquid Limit (LL) = $-0.113 \ln(25) + 1.088$
 = **72.43%**

Plastic Limit

Can No.	I	II
Berat tanah basah + can	53.56	54.01
Berat tanah kering + can	42.34	42.6
Berat can	21.26	21.16
Berat tanah kering	21.08	21.44
Berat air	11.22	11.41
Kadar air	53.23%	53.22%
Kadar air rata-rata	53.22%	

Keterangan :

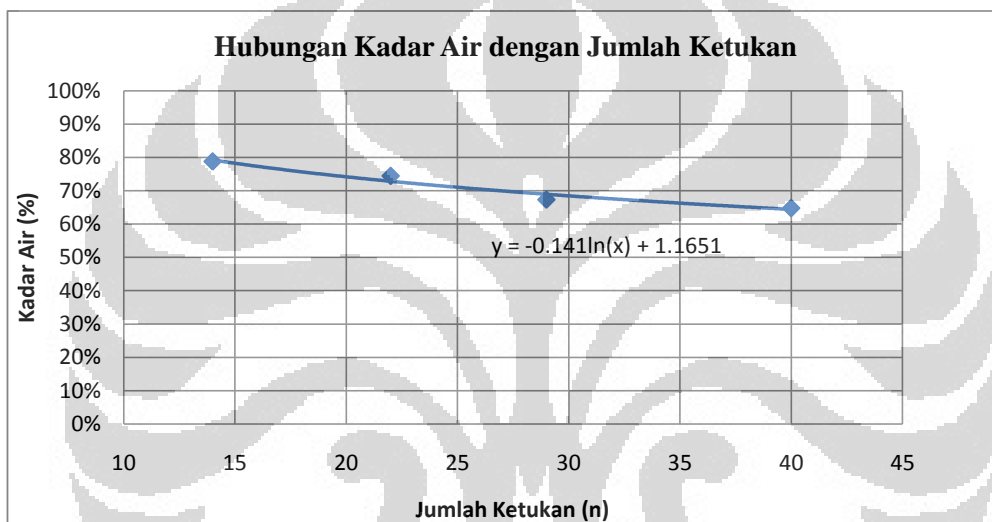
Plastic Index (PI) = LL - PL
 = 72.43% - 53.22% = **19.20%**

ATTERBERG LIMIT

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 10% Semen
Test Oleh : Fira

Liquid Limit

Can No.	I	II	III	IV
Jumlah ketukan	14	22	29	40
Berat tanah basah + can	40.7	30.12	32.01	42.09
Berat tanah kering + can	26.27	20.7	22.31	28.73
Berat can	7.96	8.05	7.91	8.12
Berat tanah kering	18.31	12.65	14.4	20.61
Berat air	14.43	9.42	9.7	13.36
Kadar air	78.81%	74.47%	67.36%	64.82%



Keterangan :

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada $N = 25$ sampai memotong grafik
Liquid Limit (LL) = $-0.141 \ln(25) + 1.1651$
= **71.12%**

Plastic Limit

Can No.	I	II
Berat tanah basah + can	48.89	50.27
Berat tanah kering + can	39.26	40.26
Berat can	21.23	21.14
Berat tanah kering	18.03	19.12
Berat air	9.63	10.01
Kadar air	53.41%	52.35%
Kadar air rata-rata	52.88%	

Keterangan :

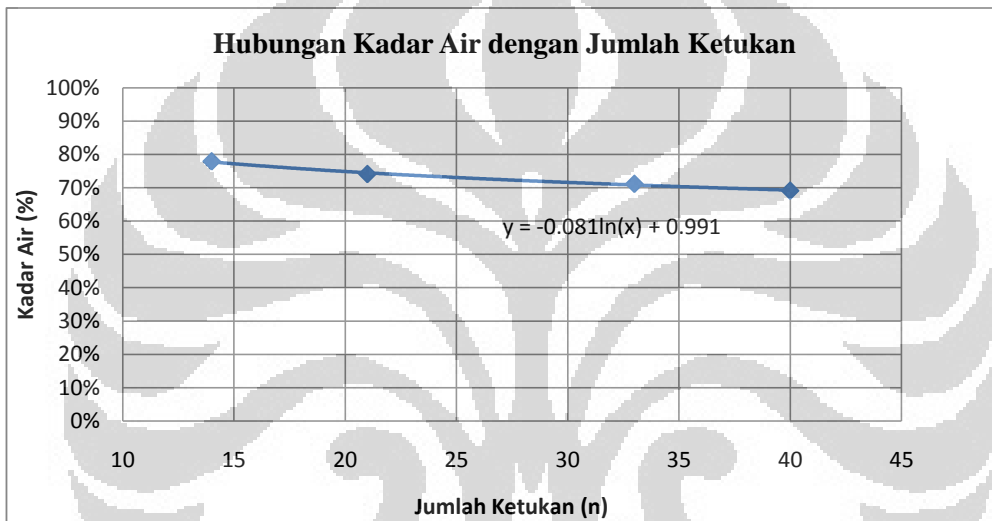
Plastic Index (PI) = LL - PL
= 71.12% - 52.88% = **18.24%**

ATTERBERG LIMIT

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 15% Semen
Test Oleh : Fira

Liquid Limit

Can No.	I	II	III	IV
Jumlah ketukan	14	21	33	40
Berat tanah basah + can	48.24	49.01	48.64	48.74
Berat tanah kering + can	30.65	31.88	32.25	32.34
Berat can	8.08	8.77	9.23	8.62
Berat tanah kering	22.57	23.11	23.02	23.72
Berat air	17.59	17.13	16.39	16.4
Kadar air	77.94%	74.12%	71.20%	69.14%



Keterangan :

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada $N = 25$ sampai memotong grafik
Liquid Limit (LL) = $-0.081 \ln(25) + 0.991$
= **73.03%**

Plastic Limit

Can No.	I	II
Berat tanah basah + can	47.71	59.16
Berat tanah kering + can	35.14	45.81
Berat can	12.83	21.57
Berat tanah kering	22.31	24.24
Berat air	12.57	13.35
Kadar air	56.34%	55.07%
Kadar air rata-rata	55.71%	

Keterangan :

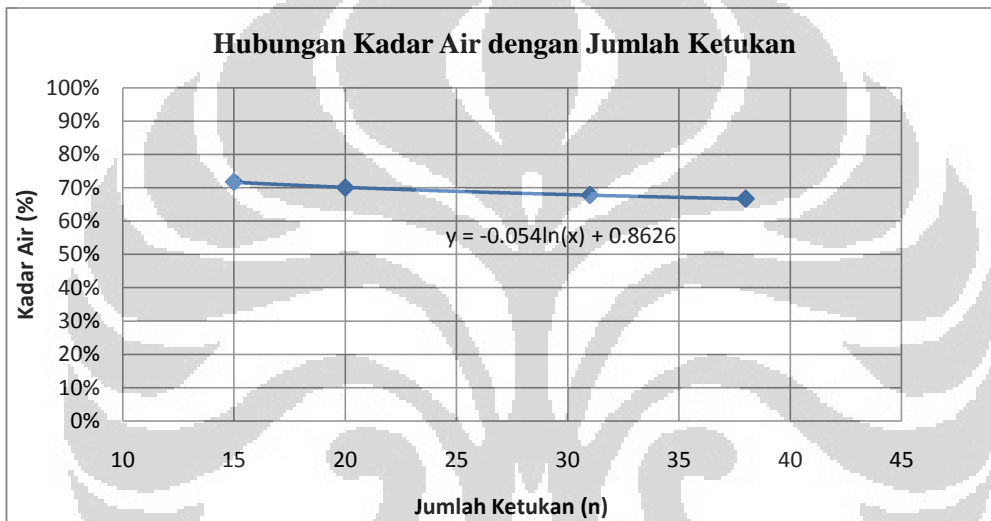
Plastic Index (PI) = LL - PL
= 73.03% - 55.71% = **17.32%**

ATTERBERG LIMIT

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 20% Semen
Test Oleh : Fira

Liquid Limit

Can No.	I	II	III	IV
Jumlah ketukan	15	20	31	38
Berat tanah basah + can	47.3	51.34	47.34	49.28
Berat tanah kering + can	30.86	33.55	31.59	33.26
Berat can	7.95	8.14	8.36	9.24
Berat tanah kering	22.91	25.41	23.23	24.02
Berat air	16.44	17.79	15.75	16.02
Kadar air	71.76%	70.01%	67.80%	66.69%



Keterangan :

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada $N = 25$ sampai memotong grafik
Liquid Limit (LL) = $-0.054 \ln(25) + 0.8626$
= **68.88%**

Plastic Limit

Can No.	I	II
Berat tanah basah + can	48.64	46.56
Berat tanah kering + can	36.11	34.53
Berat can	12.79	12.9
Berat tanah kering	23.32	21.63
Berat air	12.53	12.03
Kadar air	53.73%	55.62%
Kadar air rata-rata	54.67%	

Keterangan :

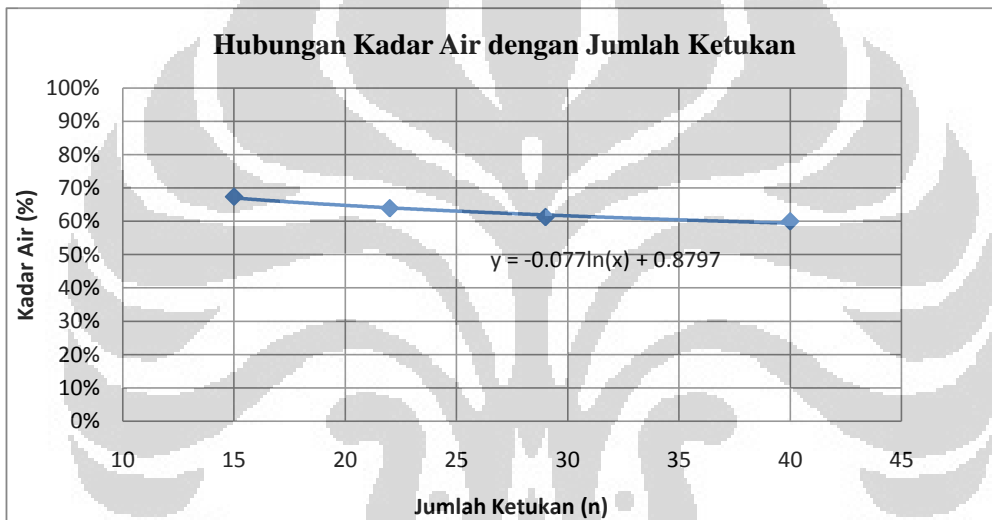
Plastic Index (PI) = LL - PL
= 68.88% - 54.67% = **14.21%**

ATTERBERG LIMIT

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Deskripsi Tanah : Tanah Residual Depok + 25% Semen
Test Oleh : Fira

Liquid Limit

Can No.	I	II	III	IV
Jumlah ketukan	15	22	29	40
Berat tanah basah + can	36.37	38.53	42.89	39.79
Berat tanah kering + can	25.03	26.59	29.74	27.86
Berat can	8.19	7.9	8.26	7.96
Berat tanah kering	16.84	18.69	21.48	19.9
Berat air	11.34	11.94	13.15	11.93
Kadar air	67.34%	63.88%	61.22%	59.95%



Keterangan :

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada $N = 25$ sampai memotong grafik
Liquid Limit (LL) = $-0.077 \ln(25) + 0.8797$
= **63.18%**

Plastic Limit

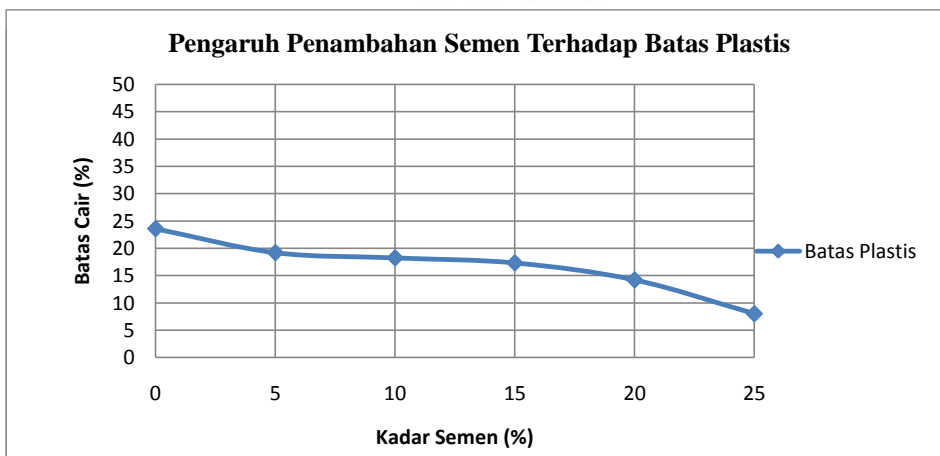
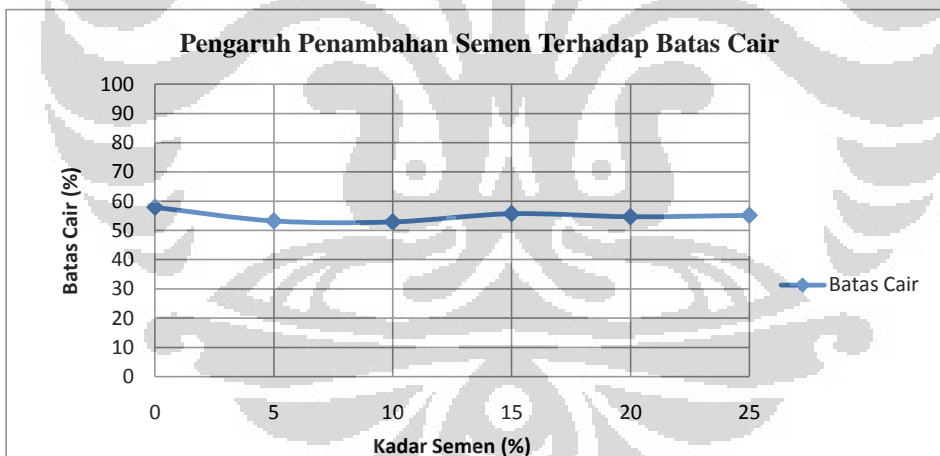
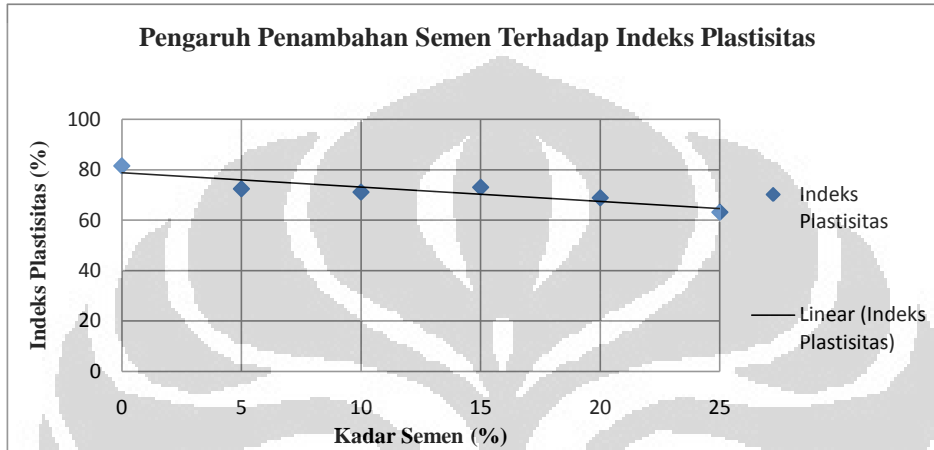
Can No.	I	II
Berat tanah basah + can	41.71	37.97
Berat tanah kering + can	34.61	31.98
Berat can	21.76	21.1
Berat tanah kering	12.85	10.88
Berat air	7.1	5.99
Kadar air	55.25%	55.06%
Kadar air rata-rata	55.15%	

Keterangan :

Plastic Index (PI) = LL - PL
= 63.18% - 55.15% = **8.03%**

Hasil Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg Akibat Penambahan Semen

No	Bahan	LL %	PL %	PI %
1	Tanah Asli	81.49	57.91	23.58
2	Tanah Asli + 5% cement	72.43	53.22	19.21
3	Tanah Asli + 10% cement	71.12	52.88	18.24
4	Tanah Asli + 15% cement	73.21	55.71	17.32
5	Tanah Asli + 20 % cement	68.88	54.67	14.21
6	Tanah Asli + 25% cement	63.18	55.15	8.03





LAMPIRAN B

B1. Pemadatan Tanah Asli + Semen

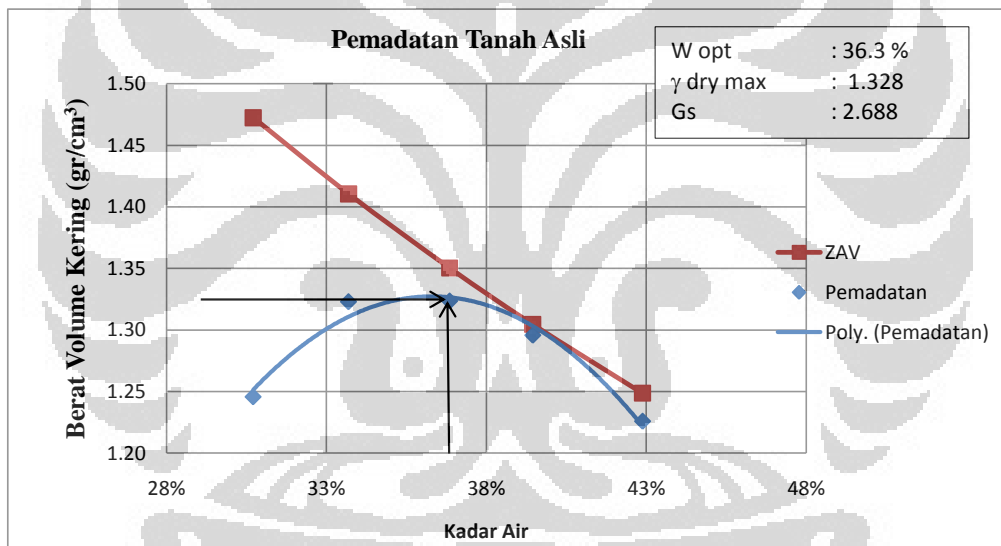
B2. CBR Tanah Asli + Semen

MODIFIED COMPACTION TEST

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Test oleh : Fira
 Deskripsi Tanah : Tanah Residual
 Blow/Layer : 25 No. Of Layer : 5 Wt. Of Hammer : 10 lb

Density Determination

Water Content	30.71%	33.69%	36.85%	39.45%	42.88%
V mold = V soil	940.78	940.78	940.78	940.78	940.78
Wt. Of soil + mold	2928	3060	3100	3096	3044
Wt. Of mold	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. Of soil in mold	1532	1664	1704	1700	1648
Wet density, gr/cm ³	1.628	1.769	1.811	1.807	1.752
Dry density	1.246	1.323	1.324	1.296	1.226
ZAV	1.472	1.411	1.350	1.305	1.249

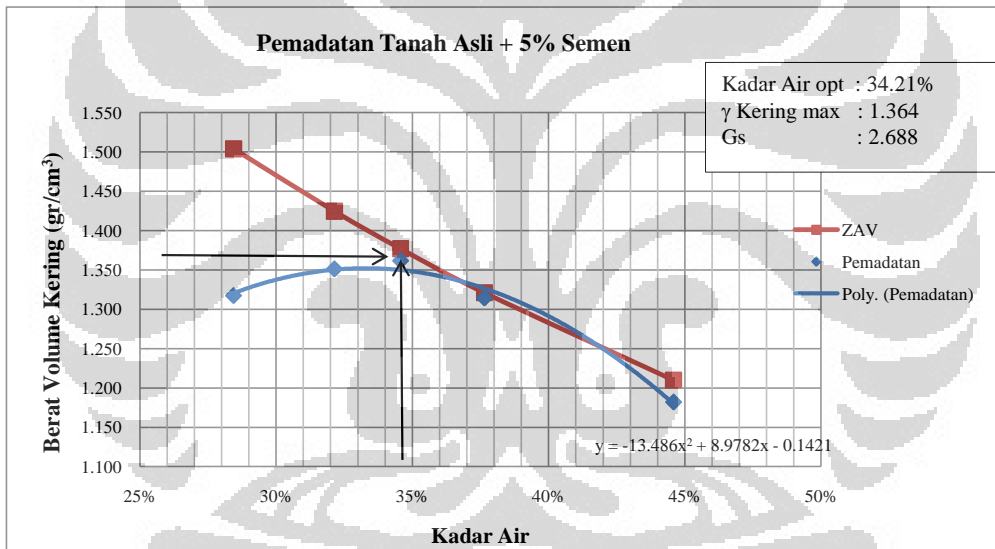


MODIFIED COMPACTION TEST

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Test oleh : Fira
Deskripsi Tanah : Tanah Residual + 5% PC
 Blow/Layer : 25 No. Of Layer : 5 Wt. Of Hammer : 10 lb

Density Determination

Water Content	28.44%	32.14%	34.57%	37.64%	44.58%
V mold = V soil	940.78	940.78	940.78	940.78	940.78
Wt. Of soil + mold	2988	3076	3120	3098	3004
Wt. Of mold	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. Of soil in mold	1592	1680	1724	1702	1608
Wet density, gr/cm ³	1.692	1.786	1.833	1.809	1.709
Dry density	1.318	1.351	1.362	1.314	1.182
ZAV	1.504	1.425	1.377	1.321	1.210

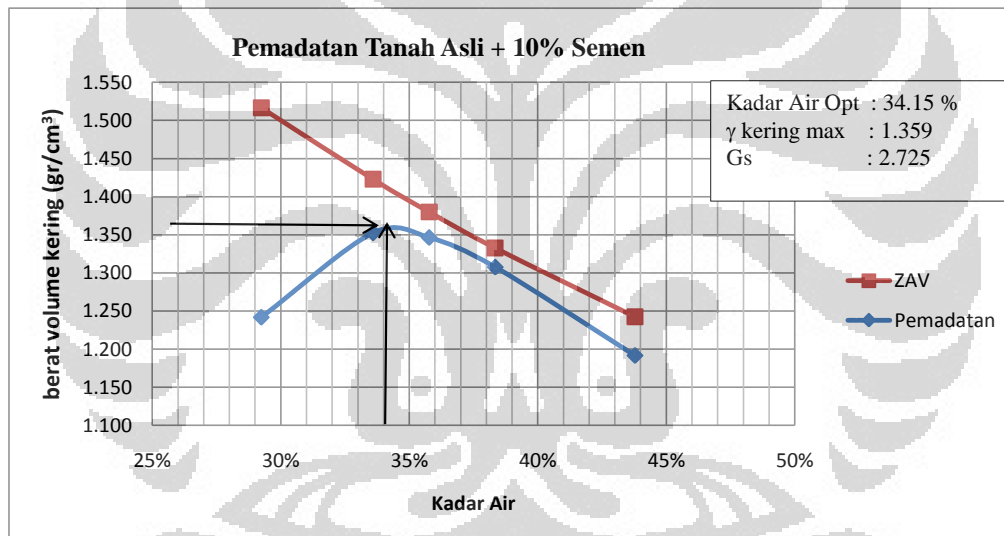


MODIFIED COMPACTION TEST

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Test oleh : Fira
 Deskripsi Tanah : Tanah Residual + 10% PC
 Blow/Layer : 25 No. Of Layer : 5 Wt. Of Hammer : 10 lb

Density Determination

Water Content	29.24%	33.59%	35.77%	38.34%	43.78%
V mold = V soil	940.78	940.78	940.78	940.78	940.78
Wt. Of soil + mold	2906	3096	3116	3098	3008
Wt. Of mold	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. Of soil in mold	1510	1700	1720	1702	1612
Wet density, gr/cm ³	1.605	1.807	1.828	1.809	1.713
Dry density	1.242	1.353	1.347	1.308	1.192
ZAV	1.517	1.423	1.380	1.333	1.243

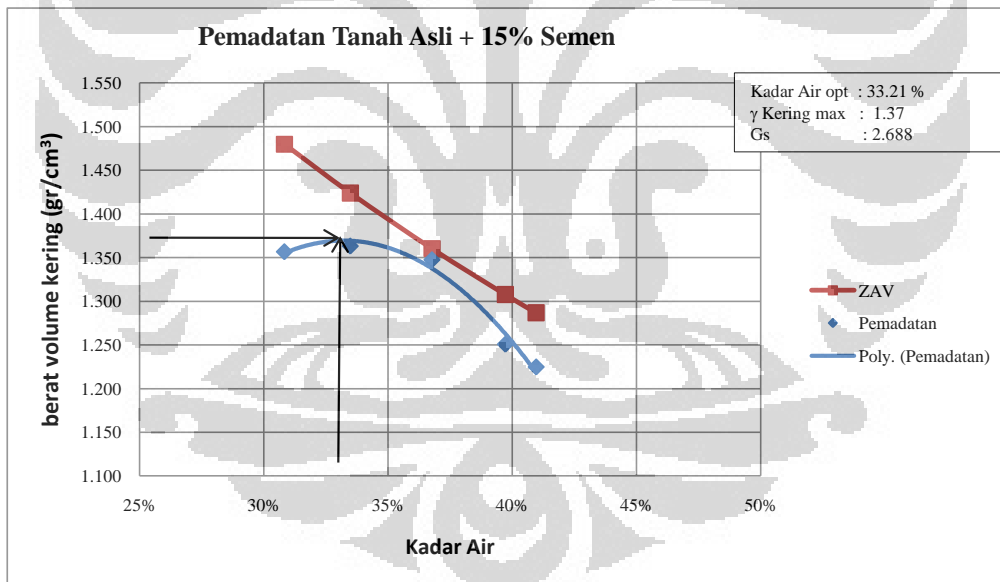


MODIFIED COMPACTION TEST

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Test oleh : Fira
Deskripsi Tanah : Tanah Residual + 15% PC
Blow/Layer : 25 No. Of Layer : 5 Wt. Of Hamme : 10 lb

Density Determination

Water Content	30.83%	33.48%	36.77%	39.72%	40.96%
V mold = V soil	940.78	940.78	940.78	940.78	940.78
Wt. Of soil + mold	3066	3108	3130	3040	3020
Wt. Of mold	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. Of soil in mold	1670	1712	1734	1644	1624
Wet density, gr/cm ³	1.775	1.820	1.843	1.747	1.726
Dry density	1.357	1.363	1.348	1.251	1.225
ZAV	1.480	1.424	1.360	1.308	1.287

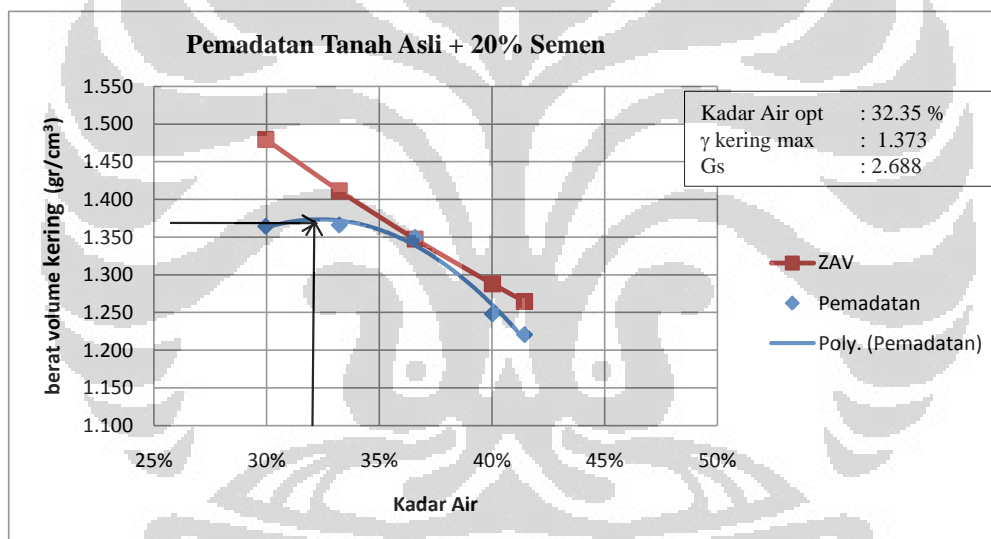


MODIFIED COMPACTION TEST

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Test oleh : Fira
 Deskripsi Tanah : Tanah Residual + 20% PC
 Blow/Layer : 25 No. Of Layer : 5 Wt. Of Hammer : 10 lb

Density Determination

Water Content	29.97%	33.23%	36.59%	40.02%	41.45%
V mold = V soil	940.78	940.78	940.78	940.78	940.78
Wt. Of soil + mold	3064	3108	3130	3040	3020
Wt. Of mold	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. Of soil in mold	1668	1712	1734	1644	1624
Wet density, gr/cm ³	1.773	1.820	1.843	1.747	1.726
Dry density	1.364	1.366	1.349	1.248	1.220
ZAV	1.479	1.411	1.347	1.288	1.265

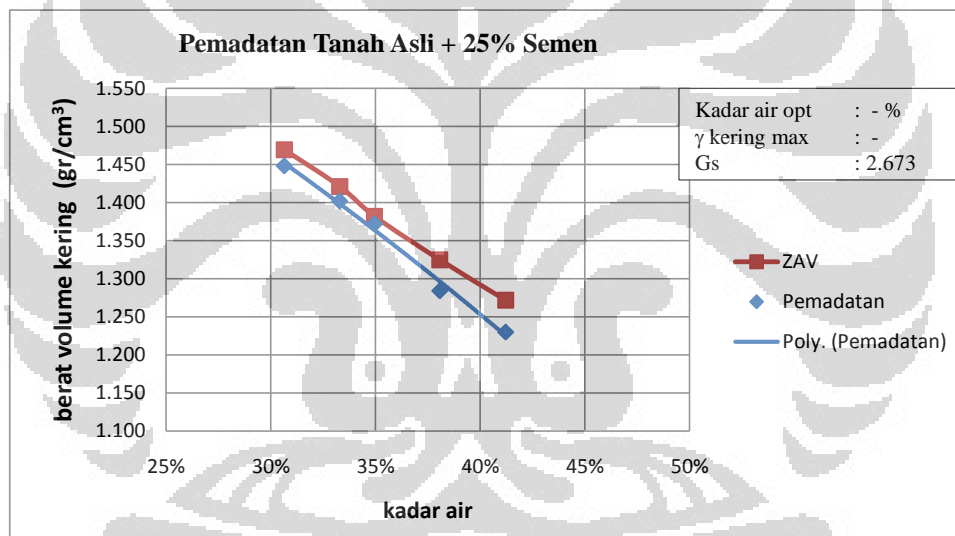


MODIFIED COMPACTION TEST

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Test oleh : Fira
Deskripsi Tanah : Tanah Residual + 25% PC
Blow/Layer : 25 No. Of Layer : 5 Wt. Of Hammer : 10 lb

Density Determination

Water Content	30.64%	33.29%	34.95%	38.07%	41.21%
V mold = V soil	940.78	940.78	940.78	940.78	940.78
Wt. Of soil + mold	3176	3154	3138	3064	3030
Wt. Of mold	1396	1396	1396	1396	1396
Wt. Of soil in mold	1780	1758	1742	1668	1634
Wet density, gr/cm ³	1.892	1.869	1.852	1.773	1.737
Dry density	1.448	1.402	1.372	1.284	1.230
ZAV	1.469	1.421	1.382	1.325	1.272



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 1
 Kadar Air : 26.48 %
 Tes Oleh : Fira

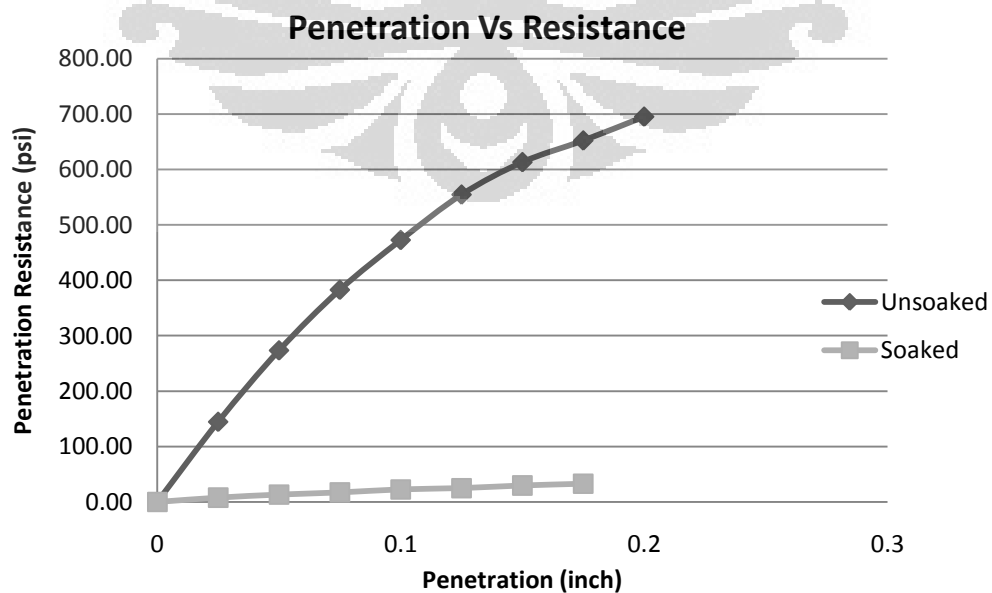
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	18.5	1	144.497	7.811
0.05	35	1.7	273.373	13.278
0.075	49	2.2	382.723	17.183
0.1	60.5	2.9	472.545	22.651
0.125	71	3.2	554.557	24.994
0.15	78.5	3.8	613.137	29.681
0.175	83.5	4.2	652.191	32.805
0.2	89	4.7	695.149	36.710

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	47.25%	2.27%
0.2	46.34%	2.45%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.254
γ_{df}	1.27

Kadar Air (%)	
wi	26.48%
wf	41.84%

Swelling (%)	6.94%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 2
 Kadar Air : 34.70 %
 Tes Oleh : Fira

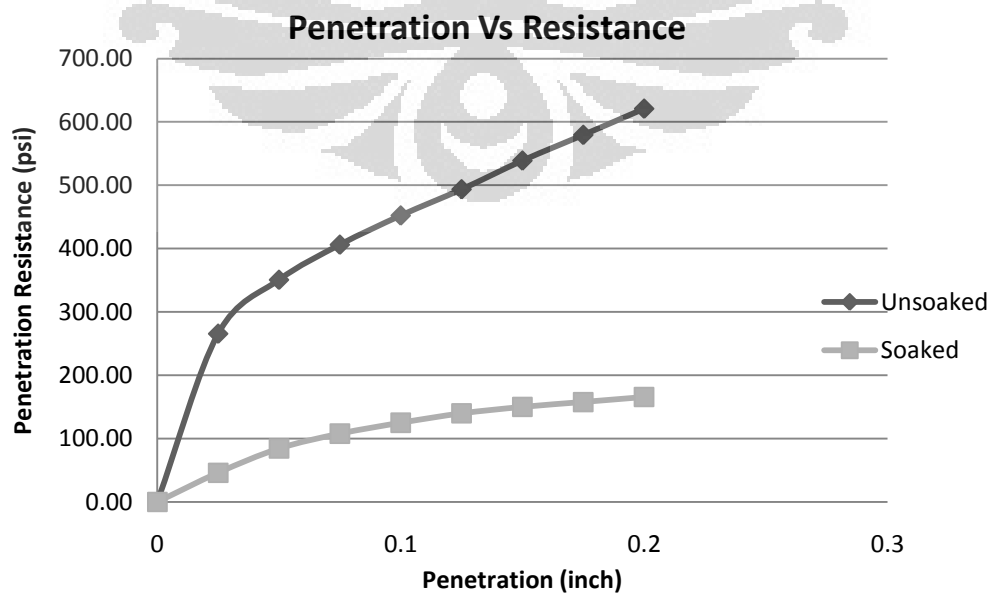
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	34	5.9	265.563	46.083
0.05	44.9	10.8	350.699	84.355
0.075	52	13.8	406.155	107.787
0.1	57.9	16	452.238	124.971
0.125	63.2	17.9	493.634	139.811
0.15	69	19.2	538.936	149.965
0.175	74.2	20.2	579.551	157.775
0.2	79.5	21.2	620.948	165.586

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	45.22%	12.50%
0.2	41.40%	11.04%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.3
γ_{df}	1.288

Kadar Air (%)	
wi	34.70%
wf	41.22%

Swelling (%)	3.03%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 3
 Kadar Air : 36.18 %
 Tes Oleh : Fira

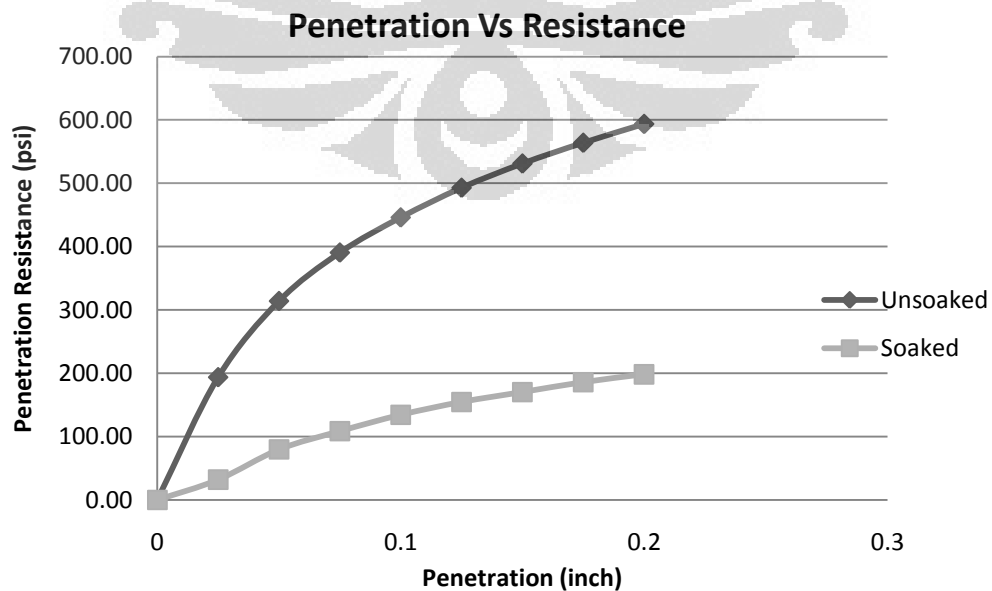
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>
0	0	0	0	0
0.025	24.8	4.1	193.705	32.024
0.05	40.2	10.2	313.989	79.669
0.075	50	13.9	390.533	108.568
0.1	57.1	17.2	445.989	134.343
0.125	63.1	19.8	492.853	154.651
0.15	68	21.8	531.125	170.273
0.175	72.2	23.8	563.930	185.894
0.2	76	25.4	593.611	198.391

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	44.60%	13.43%
0.2	39.57%	13.23%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.315
γ_{df}	1.319

Kadar Air (%)	
wi	36.18%
wf	38.14%

Swelling (%)	1.61%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 4
 Kadar Air : 37.40 %
 Tes Oleh : Fira

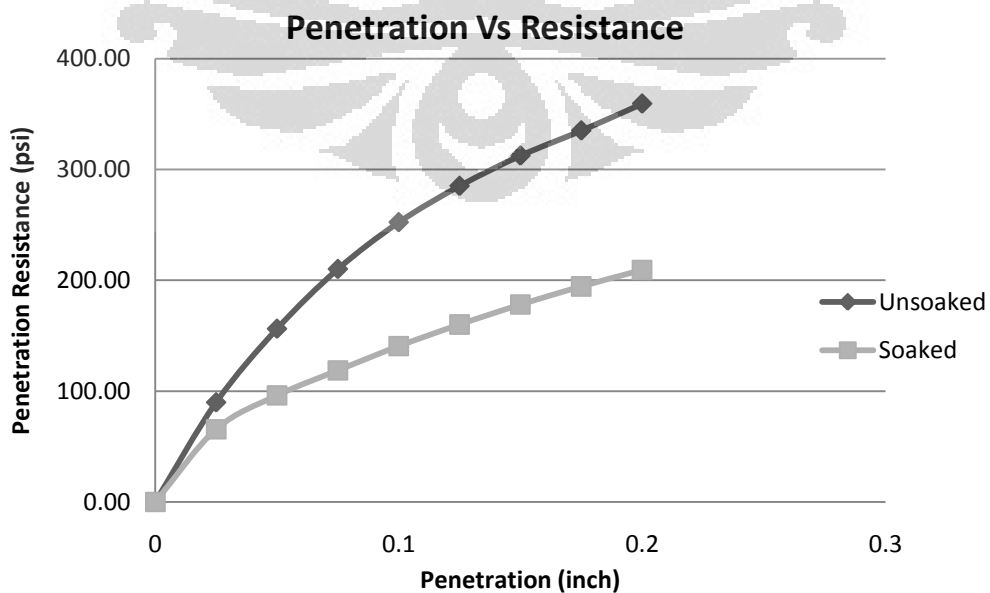
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	11.5	8.4	89.823	65.610
0.05	20	12.3	156.213	96.071
0.075	26.9	15.2	210.107	118.722
0.1	32.3	18	252.285	140.592
0.125	36.5	20.5	285.089	160.119
0.15	40	22.8	312.427	178.083
0.175	42.9	24.9	335.078	194.486
0.2	46	26.8	359.291	209.326

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	25.23%	14.06%
0.2	23.95%	13.96%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.305
γ_{df}	1.31

Kadar Air (%)	
wi	37.40%
wf	37.78%

Swelling (%)	0.57%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 5
 Kadar Air : 39.58 %
 Tes Oleh : Fira

Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	5	2.5	39.053	19.527
0.05	7.1	4.5	55.456	35.148
0.075	8.5	7.2	66.391	56.237
0.1	10.6	9.6	82.793	74.982
0.125	12.6	11.1	98.414	86.698
0.15	14.9	12.1	116.379	94.509
0.175	16.9	13.2	132.000	103.101
0.2	18.7	14.2	146.059	110.911

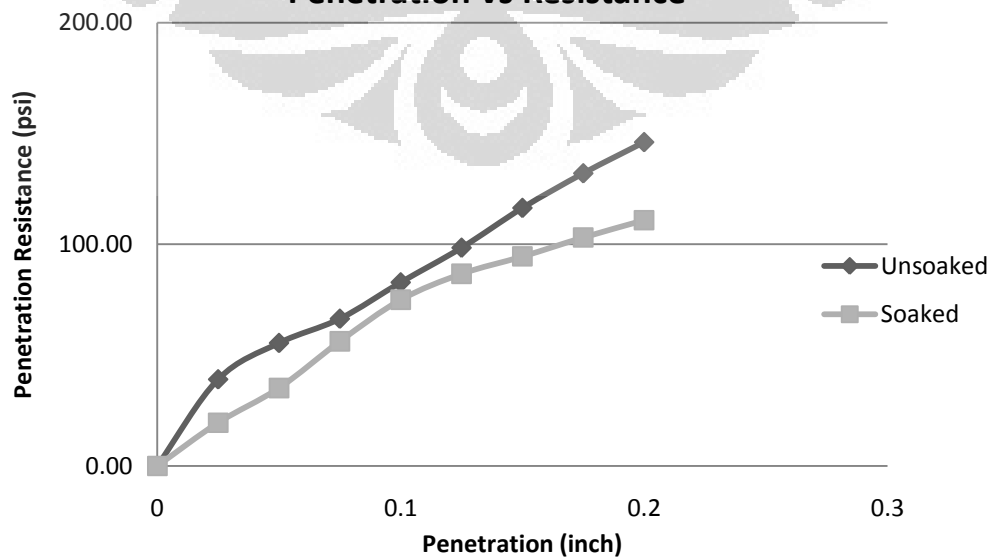
Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	8.28%	7.50%
0.2	9.74%	7.39%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.258
γ_{df}	1.256

Kadar Air (%)	
wi	39.58%
wf	40.53%

Swelling (%)	0.16%
--------------	-------

Penetration Vs Resistance



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 6
 Kadar Air : 43.22 %
 Tes Oleh : Fira

Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>
0	0	0	0	0
0.025	1.5	1.1	11.716	8.592
0.05	2.7	2.5	21.089	19.527
0.075	4.1	3.2	32.024	24.994
0.1	5.4	4	42.178	31.243
0.125	6.5	4.6	50.769	35.929
0.15	7.4	5.1	57.799	39.834
0.175	8.6	5.7	67.172	44.521
0.2	9.7	6.1	75.763	47.645

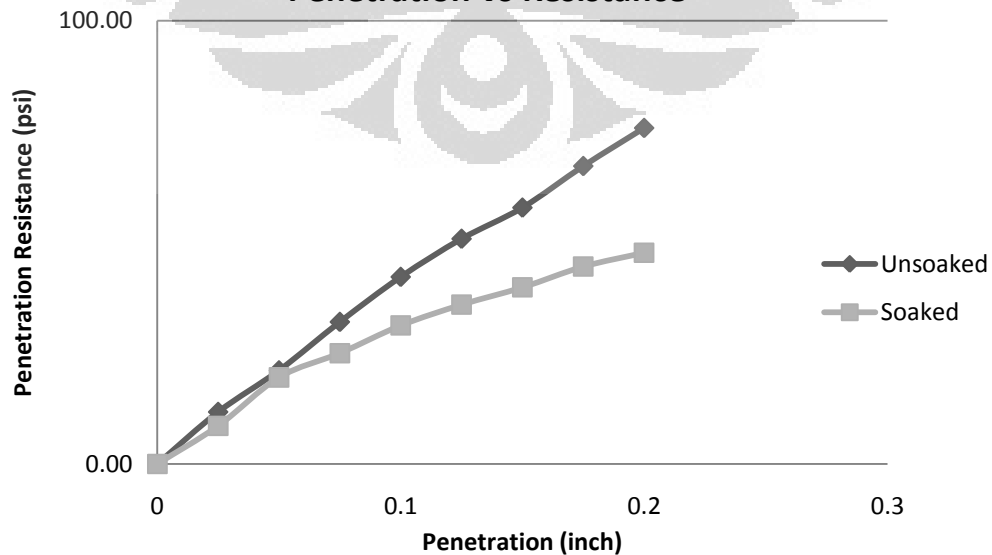
Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	4.22%	3.12%
0.2	5.05%	3.18%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.19
γ_{df}	1.189

Kadar Air (%)	
wi	43.22%
wf	43.98%

Swelling (%)	0.14%
--------------	-------

Penetration Vs Resistance



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 7
 Kadar Air : 45.89 %
 Tes Oleh : Fira

Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	1	0.8	7.811	6.249
0.05	1.1	1	8.592	7.811
0.075	1.3	1.2	10.154	9.373
0.1	1.8	1.7	14.059	13.278
0.125	2	1.9	15.621	14.840
0.15	2.3	2.2	17.965	17.183
0.175	2.5	2.4	19.527	18.746
0.2	2.8	2.7	21.870	21.089

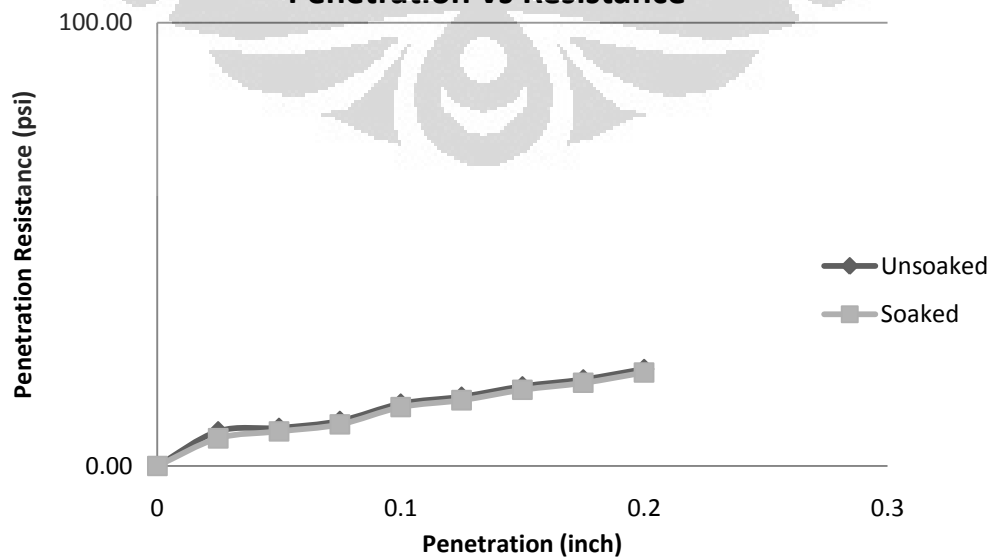
Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	1.41%	1.33%
0.2	1.46%	1.41%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.15
γ_{df}	1.16

Kadar Air (%)	
wi	45.89%
wf	45.82%

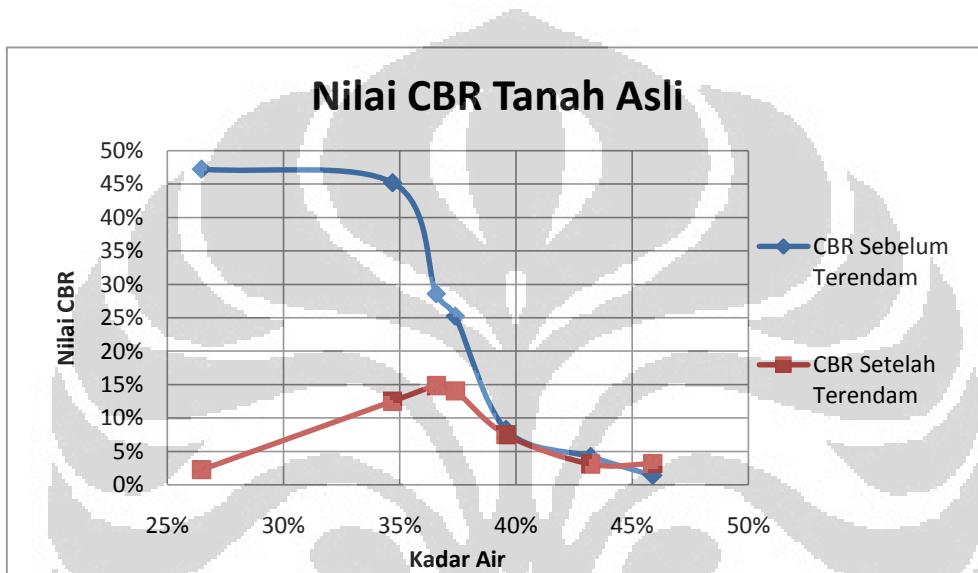
Swelling (%)	0.10%
--------------	-------

Penetration Vs Resistance



HASIL PENGUJIAN CBR TANAH RESIDUAL DEPOK

No	wi	wf	CBR (Unsoaked)		CBR (Soaked)		γ_{di}	γ_{df}	swelling
			0.1"	0.2"	0.1"	0.2"			
1	26.48%	41.84%	47.25%	46.34%	2.27%	2.45%	1.254	1.270	6.94%
2	34.70%	41.22%	45.22%	41.39%	12.50%	11.04%	1.300	1.288	3.03%
3	36.58%	39.73%	28.59%	26.04%	14.84%	14.06%	1.311	1.294	0.57%
4	37.40%	37.78%	25.23%	23.95%	14.06%	14.01%	1.305	1.310	0.55%
5	39.58%	40.53%	8.28%	9.74%	7.50%	7.39%	1.258	1.256	0.16%
6	43.22%	43.98%	4.21%	5.05%	3.12%	3.18%	1.190	1.189	0.14%
7	45.89%	45.82%	1.41%	1.46%	3.18%	1.41%	1.150	1.160	0.10%



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Deskripsi Tanah : Tanah Asli
 Kadar Air : 36.18 %
 Tes Oleh : Fira

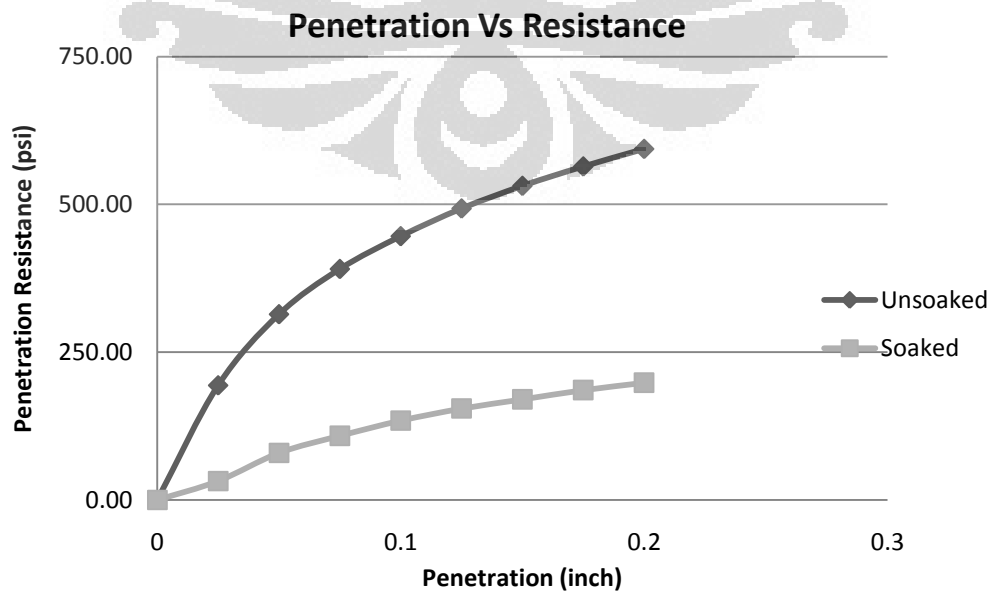
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	24.8	4.1	193.705	32.024
0.05	40.2	10.2	313.989	79.669
0.075	50	13.9	390.533	108.568
0.1	57.1	17.2	445.989	134.343
0.125	63.1	19.8	492.853	154.651
0.15	68	21.8	531.125	170.273
0.175	72.2	23.8	563.930	185.894
0.2	76	25.4	593.611	198.391

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	44.60%	13.43%
0.2	39.57%	13.23%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.315
γ_{df}	1.319

Kadar Air (%)	
wi	36.18%
wf	38.14%

Swelling (%)	1.61%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Deskripsi Tanah : Tanah + 5% Semen
 Kadar Air : 33.45 %
 Tes Oleh : Fira

Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	29	37	226.509	288.995
0.05	54	69	421.776	538.936
0.075	69.5	58.5	542.841	456.924
0.1	81	61	632.664	476.451
0.125	88.2	61.5	688.901	480.356
0.15	94.5	63.5	738.108	495.977
0.175	99.8	65.5	779.505	511.599
0.2	104.5	67.5	816.215	527.220

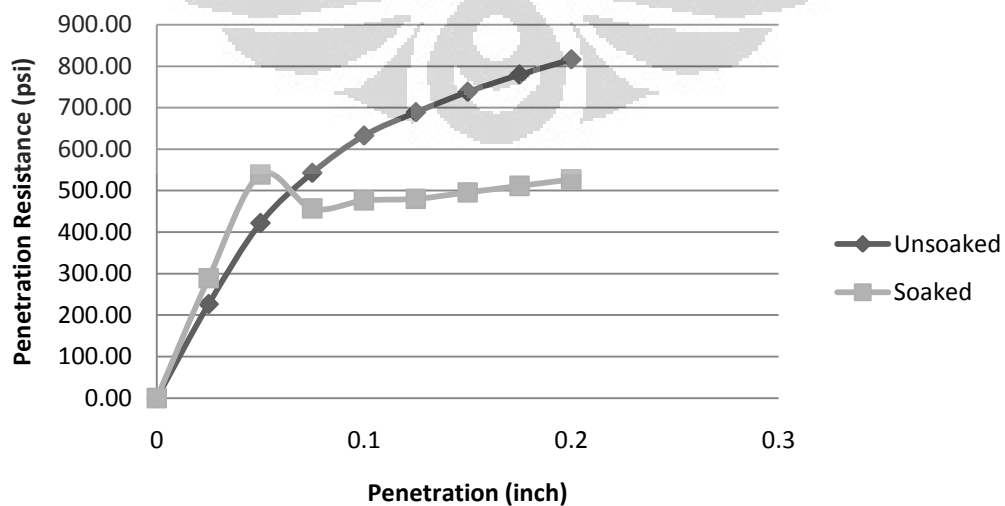
Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	63.27%	47.65%
0.2	54.41%	35.15%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.383
γ_{df}	1.432

Kadar Air (%)	
wi	33.45%
wf	30.86%

Swelling (%)	1.17%
--------------	-------

Penetration Vs Resistance



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Deskripsi Tanah : Tanah + 10% Semen
 Kadar Air : 32.07 %
 Tes Oleh : Fira

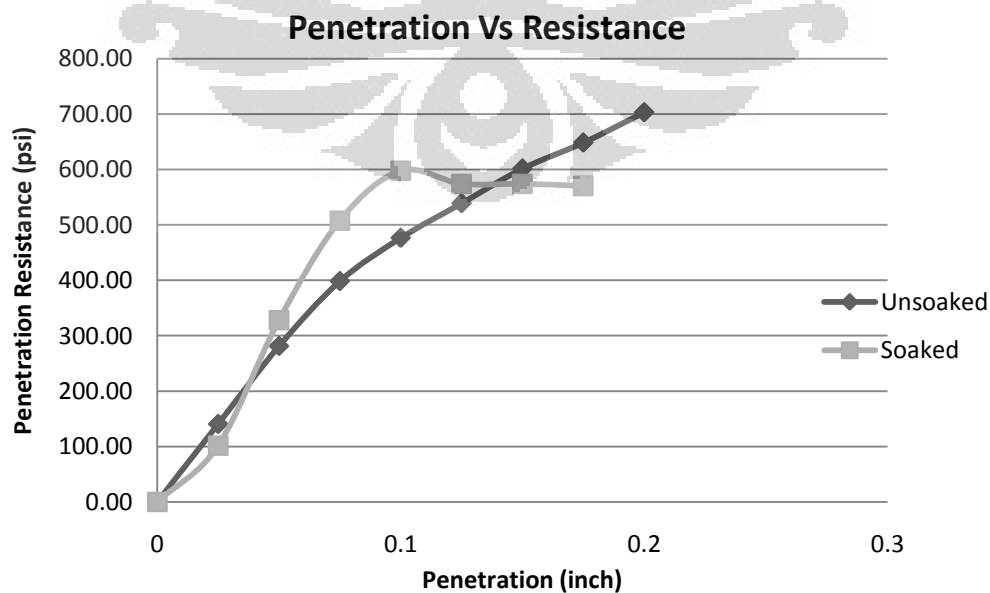
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>
0	0	0	0	0
0.025	18	13	140.592	101.539
0.05	36	42	281.184	328.048
0.075	51	65	398.344	507.693
0.1	61	76.5	476.451	597.516
0.125	69	73.5	538.936	574.084
0.15	77	73.5	601.421	574.084
0.175	83	73	648.285	570.179
0.2	90	72.5	702.960	566.273

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	47.65%	59.75%
0.2	46.86%	37.75%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.366
γ_{df}	1.422

Kadar Air (%)	
wi	32.07%
wf	32.25%

Swelling (%)	1.08%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Deskripsi Tanah : Tanah Asli + 15% Semen
 Kadar Air : 31.91 %
 Tes Oleh : Fira

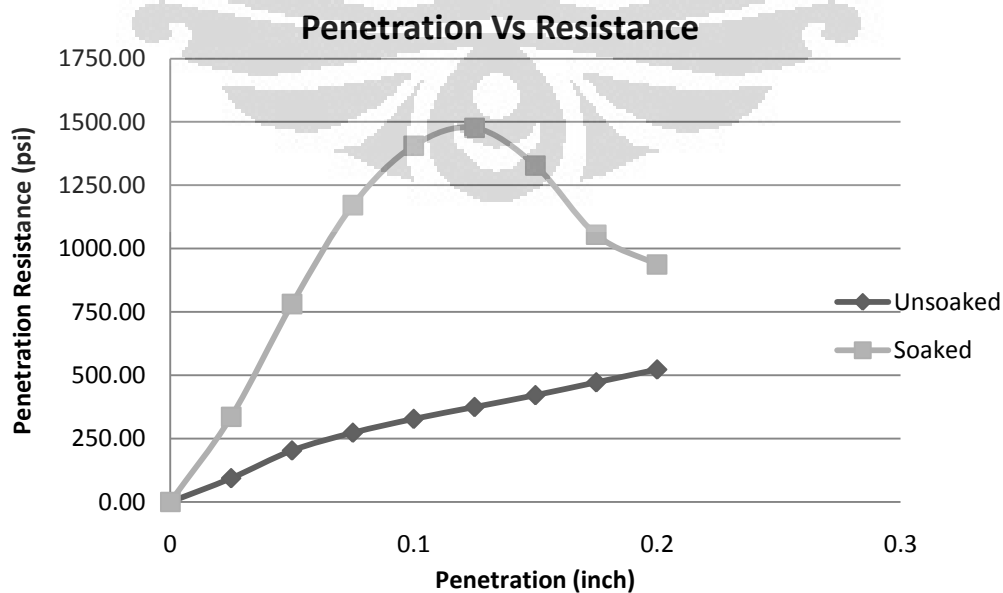
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	12	43	93.728	335.859
0.05	26	100	203.077	781.067
0.075	35	150	273.373	1171.600
0.1	42	180	328.048	1405.920
0.125	48	189	374.912	1476.216
0.15	54	170	421.776	1327.813
0.175	60.5	135	472.545	1054.440
0.2	67	120	523.315	937.280

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	32.80%	140.59%
0.2	34.89%	62.49%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.358
γ_{df}	1.422

Kadar Air (%)	
wi	31.91%
wf	32.66%

Swelling (%)	0.78%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Deskripsi Tanah : Tanah Asli + 20% Semen
 Kadar Air : 31.28 %
 Tes Oleh : Fira

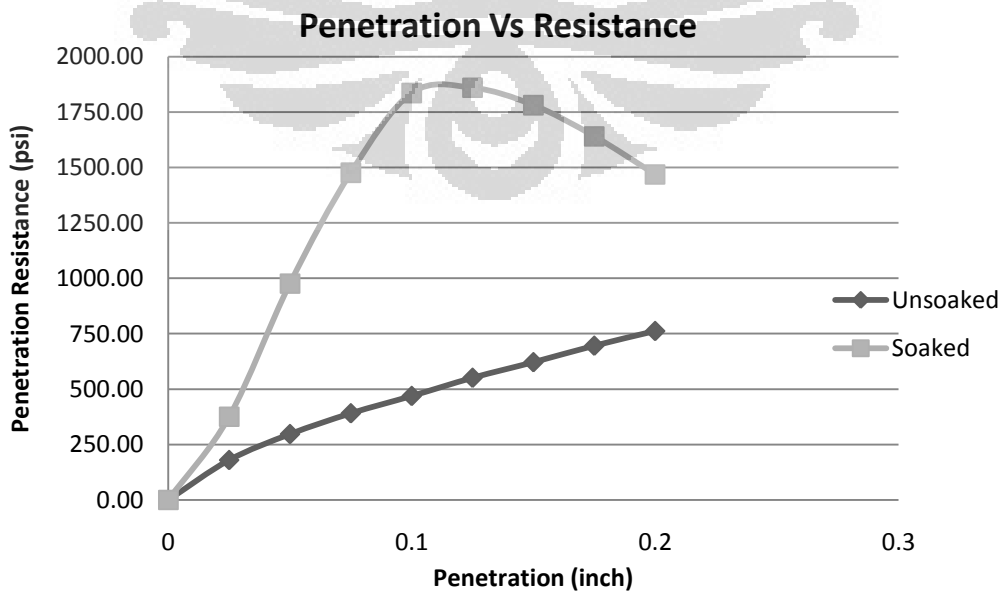
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	23	48	179.645	374.912
0.05	38	125	296.805	976.333
0.075	50	189	390.533	1476.216
0.1	60	235	468.640	1835.507
0.125	70.5	238	550.652	1858.939
0.15	79.5	228	620.948	1780.832
0.175	89	210	695.149	1640.240
0.2	97.5	188	761.540	1468.405

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	46.86%	183.55%
0.2	50.77%	97.89%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.499
γ_{df}	1.528

Kadar Air (%)	
wi	31.28%
wf	31.26%

Swelling (%)	0.76%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Deskripsi Tanah : Tanah Asli + 25% Semen
 Kadar Air : 29.86 %
 Tes Oleh : Fira

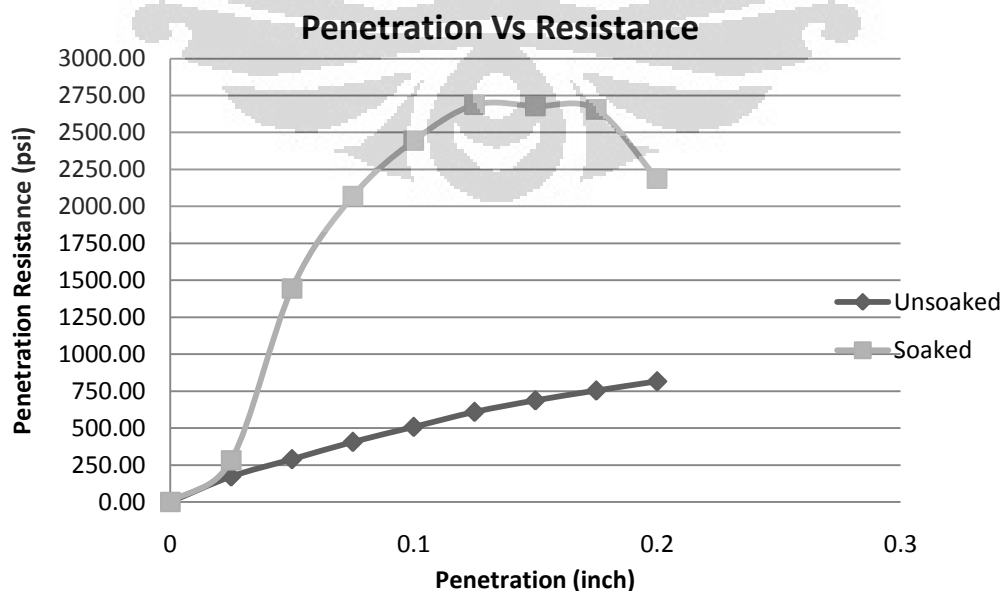
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	22	36	171.835	281.184
0.05	37	185	288.995	1444.973
0.075	52	265	406.155	2069.827
0.1	65	313	507.693	2444.739
0.125	78	344	609.232	2686.869
0.15	88	343	687.339	2679.059
0.175	96.5	340	753.729	2655.627
0.2	104.5	280	816.215	2186.987

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	50.77%	244.47%
0.2	54.41%	145.80%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.289
γ_{df}	1.337

Kadar Air (%)	
wi	29.86%
wf	28.99%

Swelling (%)	0.68%
--------------	-------





LAMPIRAN C

C1. Hasil Uji CBR dengan Variasi Waktu Pemeraman

C2. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas dengan Variasi Waktu Pemeraman

LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 1 (Tanpa Pemeraman)
 Kadar Air : 32.5 %
 Tes Oleh : Fira

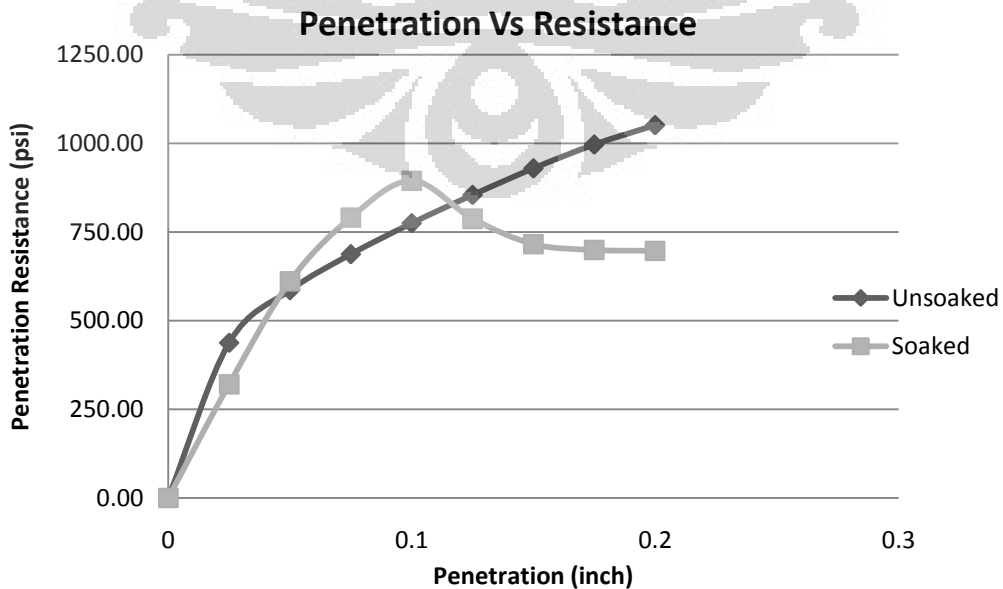
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>
0	0	0	0	0
0.025	56	41	437.397	320.237
0.05	75	78.2	585.800	610.794
0.075	88	101.2	687.339	790.439
0.1	99.2	114.5	774.818	894.321
0.125	109.4	100.8	854.487	787.315
0.15	119	91.6	929.469	715.457
0.175	127.6	89.5	996.641	699.055
0.2	134.6	89.2	1051.316	696.711

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	77.48%	89.43%
0.2	70.09%	46.45%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.391
γ_{df}	1.385

Kadar Air (%)	
wi	32.50%
wf	33.22%

Swelling (%)	1.03%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 2 (Diperam 6 Jam Kemudian Dipadatkan)
 Kadar Air : 32.47%
 Tes Oleh : Fira

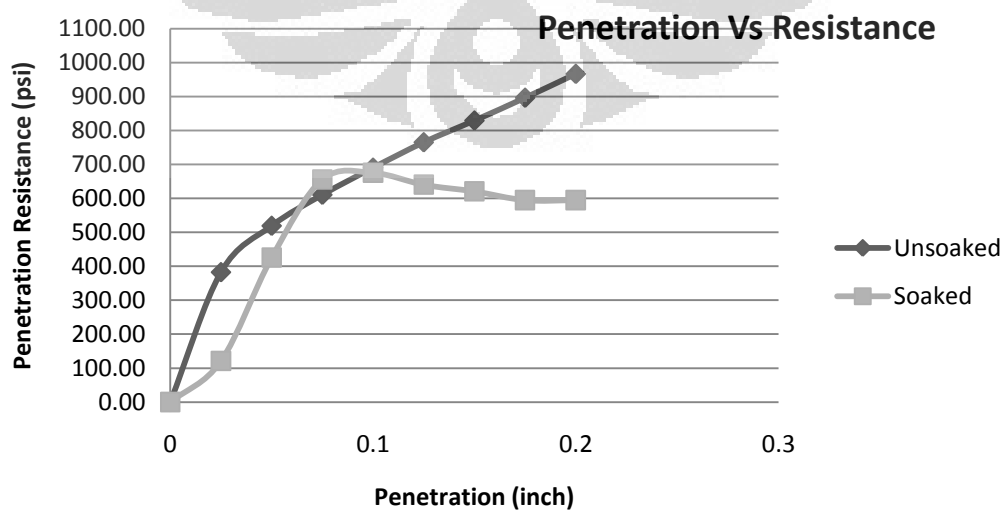
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	49	15.5	382.723	121.065
0.05	66.5	54.5	519.409	425.681
0.075	78.2	84	610.794	656.096
0.1	88.4	86.5	690.463	675.623
0.125	98	82	765.445	640.475
0.15	106.2	79.5	829.493	620.948
0.175	114.8	76.2	896.665	595.173
0.2	123.8	76.2	966.961	595.173

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	69.05%	67.56%
0.2	64.46%	39.68%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.385
γ_{df}	1.384

Kadar Air (%)	
wi	32.47%
wf	33.47%

Swelling (%)	0.99%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 3 (Diperam 24 Jam Kemudian Dipadatkan)
 Kadar Air : 32.63 %
 Tes Oleh : Fira

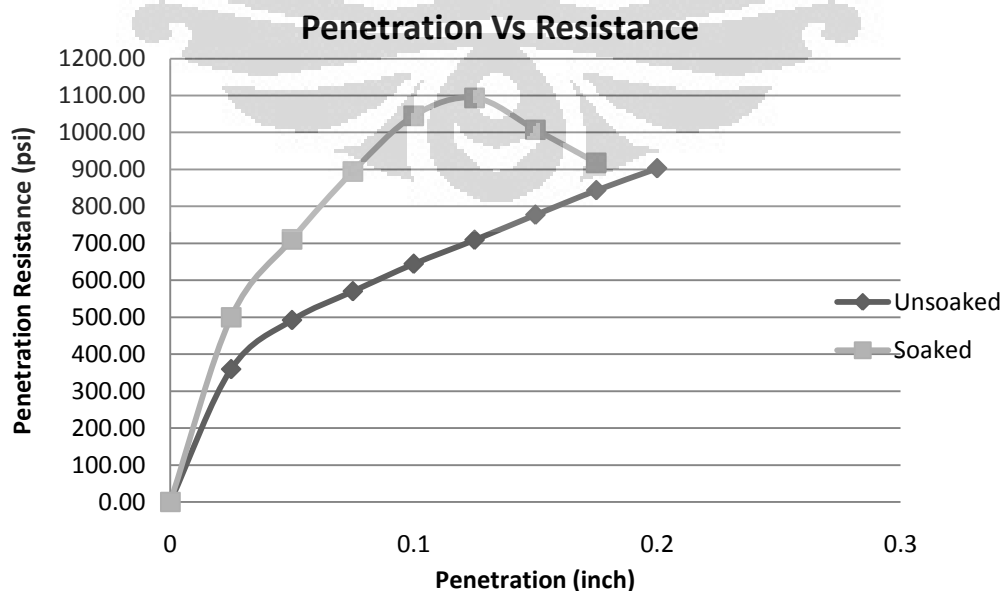
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>
0	0	0	0	0
0.025	46	64	359.291	499.883
0.05	63	91	492.072	710.771
0.075	73	114.5	570.179	894.321
0.1	82.5	133.8	644.380	1045.067
0.125	90.8	140	709.209	1093.493
0.15	99.5	129	777.161	1007.576
0.175	108	117.5	843.552	917.753
0.2	115.6	111.8	902.913	873.233

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	64.44%	104.51%
0.2	60.19%	58.22%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.347
γ_{df}	1.370

Kadar Air (%)	
wi	32.63%
wf	34.80%

Swelling (%)	0.93%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 4 (Diperam 72 Jam Kemudian Dipadatkan)
 Kadar Air : 32.09 %
 Tes Oleh : Fira

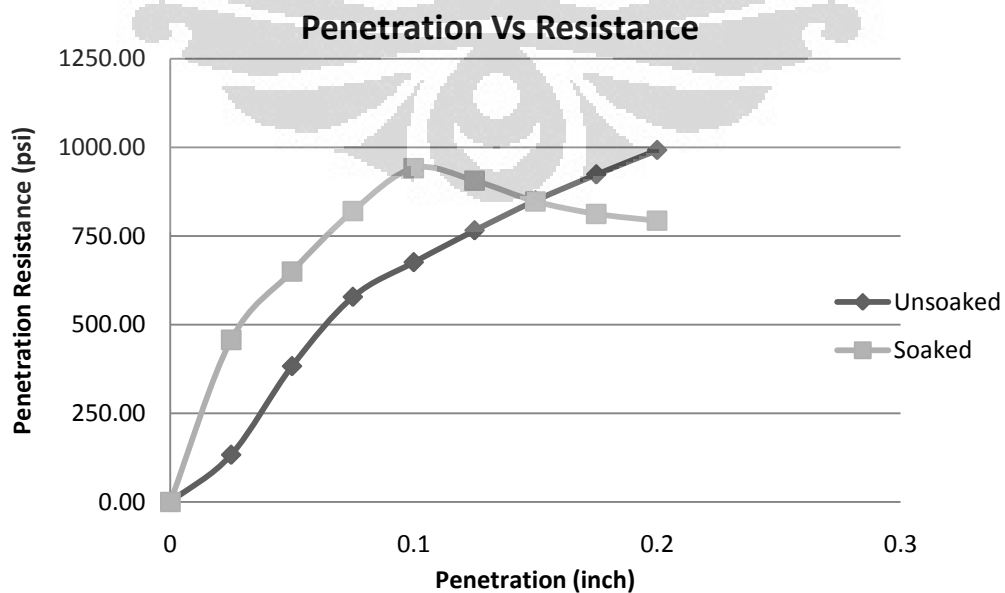
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	17	58.5	132.781	456.924
0.05	49	83.2	382.723	649.847
0.075	74	105	577.989	820.120
0.1	86.5	120.5	675.623	941.185
0.125	98	116	765.445	906.037
0.15	108.8	108.5	849.801	847.457
0.175	118.2	104	923.221	812.309
0.2	127	101.5	991.955	792.783

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	67.56%	94.12%
0.2	66.13%	52.85%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.362
γ_{df}	1.375

Kadar Air (%)	
wi	32.09%
wf	34.61%

Swelling (%)	0.73%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 5 (Diperam 168 Jam Kemudian Dipadatkan)
 Kadar Air : 33.2 %
 Tes Oleh : Fira

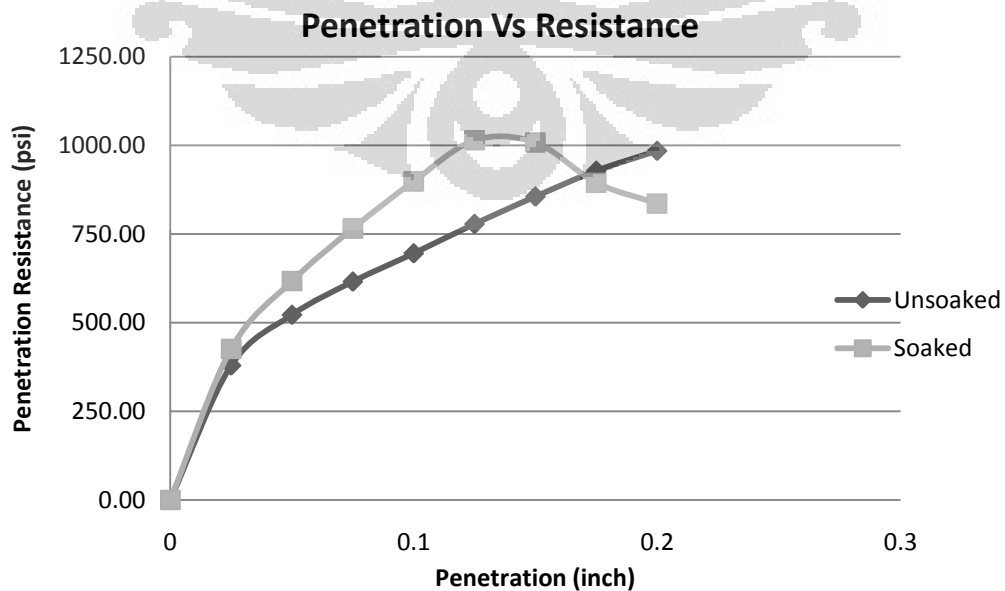
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	48.5	54.5	378.817	425.681
0.05	66.8	79	521.753	617.043
0.075	78.8	98	615.481	765.445
0.1	89	115	695.149	898.227
0.125	99.6	129.8	777.942	1013.825
0.15	109.5	129	855.268	1007.576
0.175	118.8	114.5	927.907	894.321
0.2	126	107	984.144	835.741

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	69.51%	89.82%
0.2	65.61%	55.72%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.351
γ_{df}	1.359

Kadar Air (%)	
wi	33.20%
wf	34.92%

Swelling (%)	0.07%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 6 (Dipadatkan Kemudian Diperam 6 Jam)
 Kadar Air : 31.79 %
 Tes Oleh : Fira

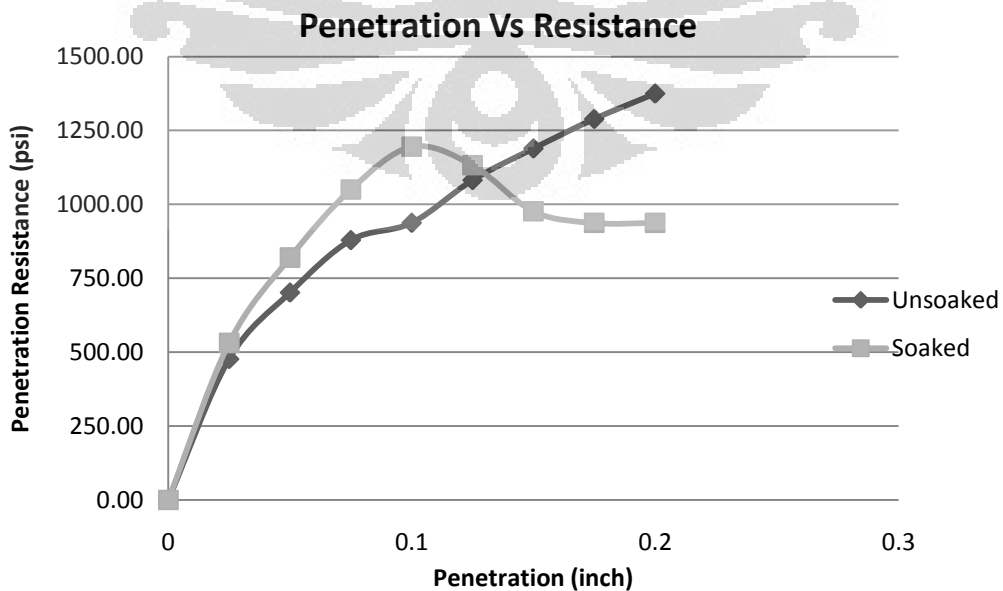
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	61	68	476.451	531.125
0.05	89.8	105	701.398	820.120
0.075	112.5	134.5	878.700	1050.535
0.1	120	153	937.280	1195.032
0.125	138.5	145	1081.777	1132.547
0.15	152.2	125	1188.783	976.333
0.175	165	120	1288.760	937.280
0.2	176	120	1374.677	937.280

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	93.73%	119.50%
0.2	91.65%	62.49%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.416
γ_{df}	1.381

Kadar Air (%)	
wi	31.79%
wf	32.57%

Swelling (%)	0.38%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 7 (Dipadatkan kemudian Diperam 24 Jam)
 Kadar Air : 31.98 %
 Tes Oleh : Fira

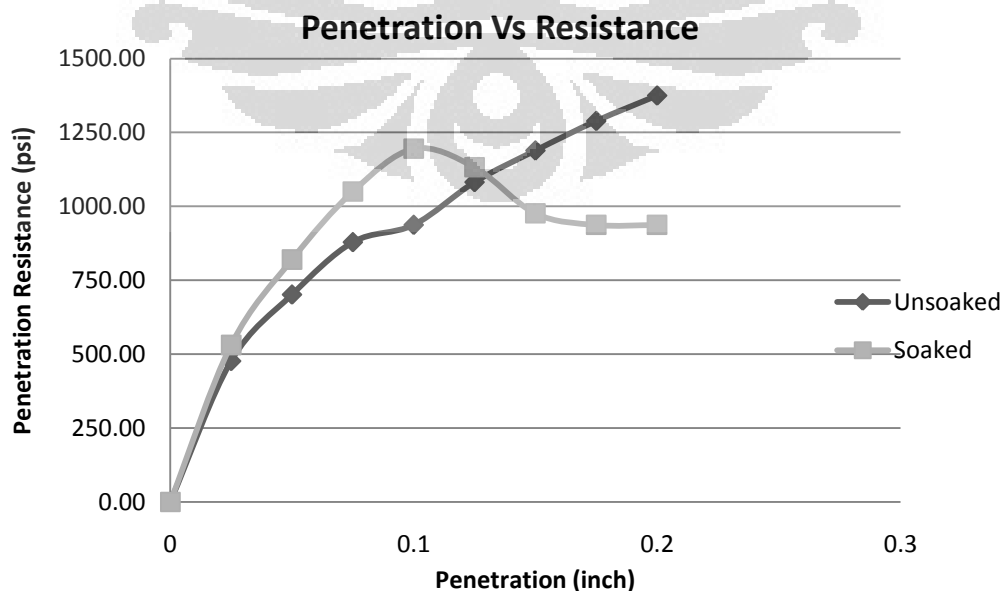
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	73.5	48	574.084	374.912
0.05	89	111	695.149	866.984
0.075	110.8	137	865.422	1070.061
0.1	110	159	859.173	1241.896
0.125	117.5	175.5	917.753	1370.772
0.15	124.2	171	970.085	1335.624
0.175	132	149	1031.008	1163.789
0.2	139	130	1085.683	1015.387

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	85.92%	124.19%
0.2	72.38%	67.69%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.376
γ_{df}	1.400

Kadar Air (%)	
wi	31.98%
wf	32.75%

Swelling (%)	0.12%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 8 (Dipadatkan Kemudian Diperam 72 Jam)
 Kadar Air : 32.29%
 Tes Oleh : Fira

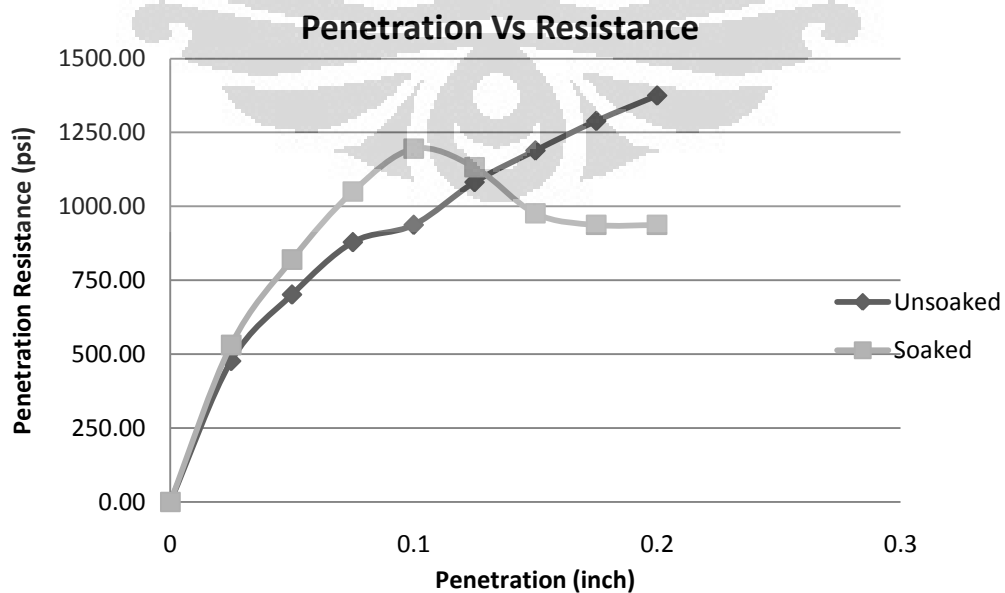
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>	<i>Unsoaked</i>	<i>Soaked</i>
0	0	0	0	0
0.025	87	83	679.528	648.285
0.05	112	118	874.795	921.659
0.075	131	145	1023.197	1132.547
0.1	151	168	1179.411	1312.192
0.125	168	184.5	1312.192	1441.068
0.15	184.5	167	1441.068	1304.381
0.175	199.5	140	1558.228	1093.493
0.2	212.5	124	1659.767	968.523

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	117.94%	131.22%
0.2	110.65%	64.57%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.404
γ_{df}	1.419

Kadar Air (%)	
wi	32.29%
wf	32.56%

Swelling (%)	0.14%
--------------	-------



LABORATORY CBR

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Sampel No : 9 (Dipadatkan Kemudian Diperam 168 Jam)
 Kadar Air : 31.58 %
 Tes Oleh : Fira

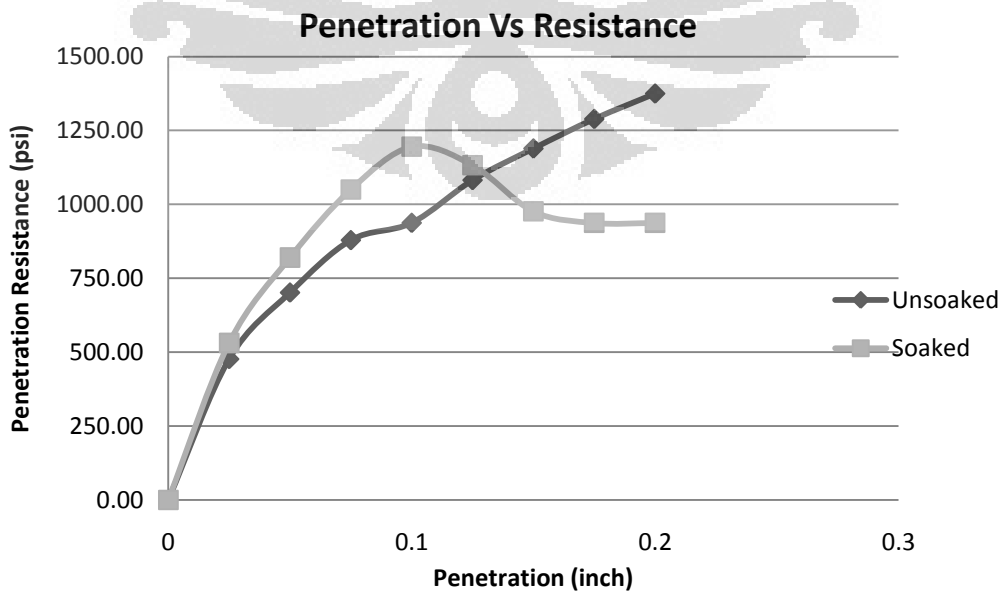
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
0	0	0	0	0
0.025	91.5	73	714.676	570.179
0.05	115	125	898.227	976.333
0.075	136	150	1062.251	1171.600
0.1	155	170.5	1210.653	1331.719
0.125	172	185.5	1343.435	1448.879
0.15	188	184.5	1468.405	1441.068
0.175	202	163	1577.755	1273.139
0.2	216.5	146	1691.009	1140.357

Penetration (inch)	CBR %	
	Unsoaked	Soaked
0.1	121.07%	133.17%
0.2	112.73%	76.02%

Dry Density (gr/cm ³)	
γ_{di}	1.401
γ_{df}	1.399

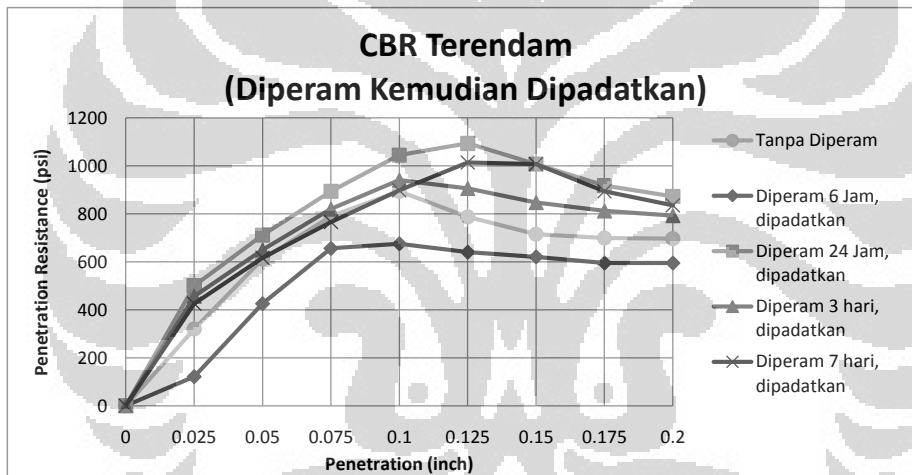
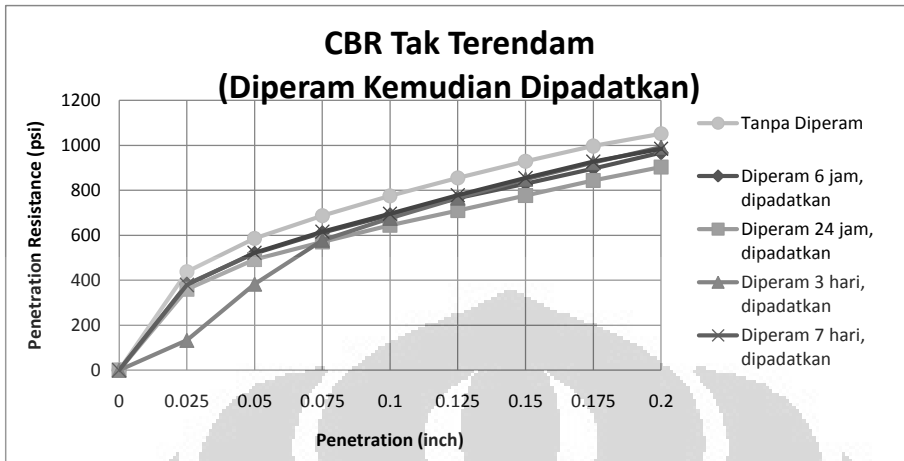
Kadar Air (%)	
wi	31.58%
wf	35.06%

Swelling (%)	0.03%
--------------	-------

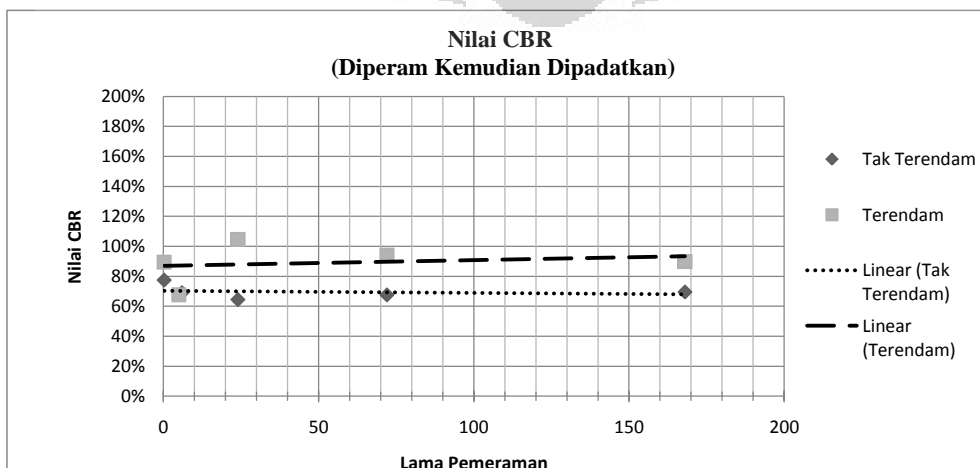


**PENGUJIAN CBR
PADA TANAH ASLI + 10% SEMEN YANG DIPERAM DAHULU KEMUDIAN DIPADATKAN**

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Tes Oleh : Fira

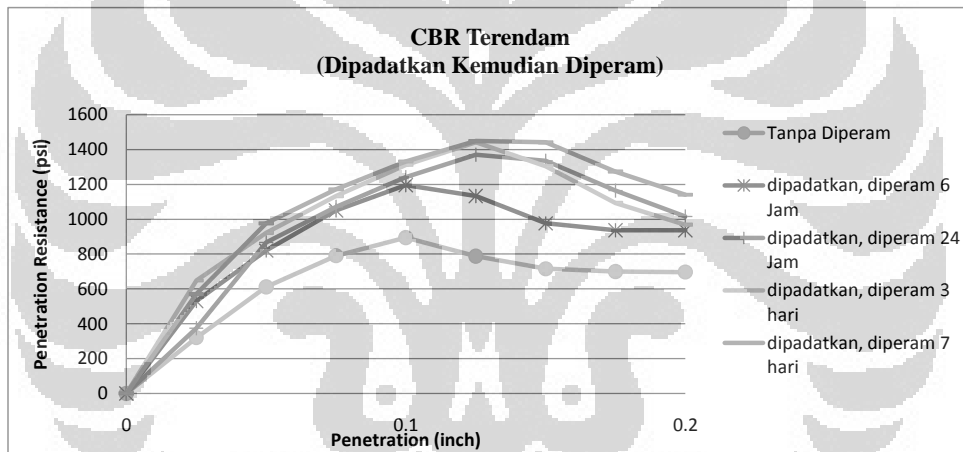
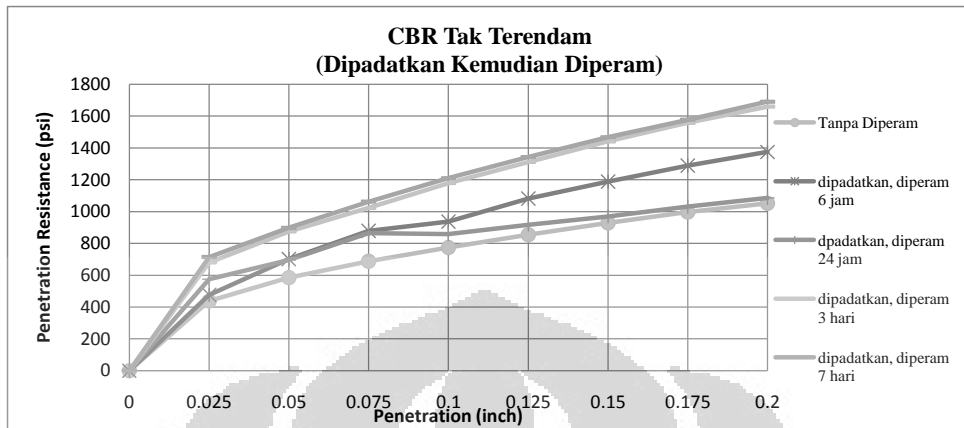


Nilai CBR 0,1 inch	Tanpa Pemeraman	Diperam 6 Jam, dipadatkan	Diperam 24 Jam, dipadatkan	Diperam 3 hari, dipadatkan	Diperam 7 hari, dipadatkan
Tak Terendam	77.48%	69.05%	64.44%	67.56%	69.51%
Terendam	89.43%	67.56%	104.51%	94.12%	89.82%

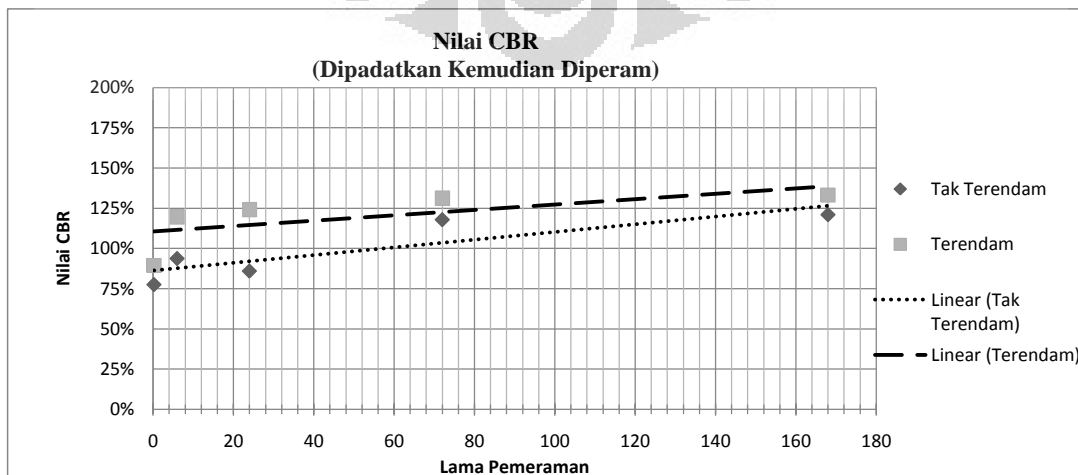


**CBR TEST
PADA TANAH ASLI + 10% SEMEN YANG DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM**

Lokasi : Lapangan GK FTUI
Tes Oleh : Fira



Nilai CBR 0,1 inch	Tanpa Pemeraman	Dipadatkan, Diperam 6 Jam	Dipadatkan, diperam 24 Jam	Dipadatkan, Diperam 72 Jam	Dipadatkan, Diperam 168 Jam
Tak Terendam	77.48%	93.73%	85.92%	117.94%	121.07%
Terendam	89.43%	119.50%	124.19%	131.22%	133.17%



PENGUJIAN CBR TANAH ASLI + 10% SEMEN TERHADAP VARIASI WAKTU PEMERAMAN

Lokasi : Lapangan GK FTUI
 Tes Oleh : Fira

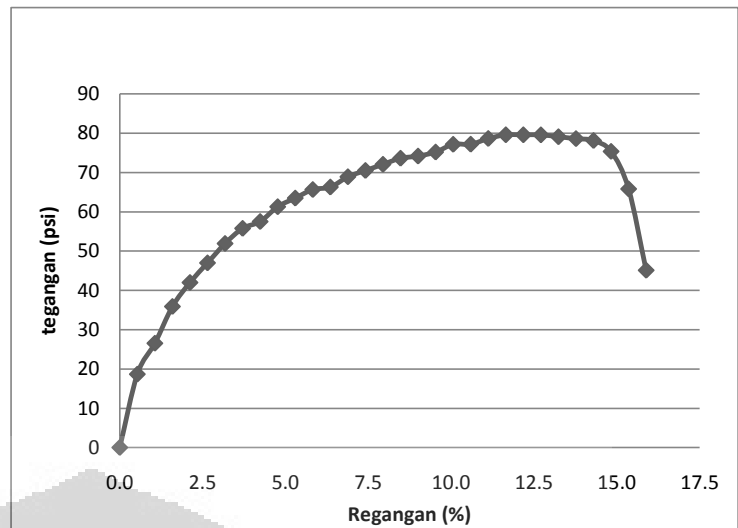
Sampel		Tanpa Diperam	Diperam 6 Jam, dipadatkan	Diperam 24 Jam, dipadatkan	Diperam 3 hari, dipadatkan	Diperam 7 hari, dipadatkan	dipadatkan, diperam 6 Jam	dipadatkan, diperam 24 Jam	dipadatkan, diperam 3 hari	dipadatkan, diperam 7 hari
wi		32.50%	32.47%	32.63%	32.09%	33.20%	31.79%	31.98%	32.29%	31.58%
wf		33.22%	33.47%	34.80%	34.61%	34.92%	32.57%	32.75%	32.56%	35.06%
CBR (Unsoaked)	0.1"	77.48%	69.05%	64.44%	67.56%	69.51%	93.73%	85.92%	117.94%	121.07%
	0.2"	70.09%	64.46%	60.19%	66.13%	65.61%	91.65%	72.38%	110.65%	112.73%
CBR (Soaked)	0.1"	89.43%	67.56%	109.51%	94.12%	89.82%	119.50%	124.19%	131.22%	133.17%
	0.2"	46.45%	39.68%	58.22%	52.85%	55.72%	62.49%	67.69%	64.57%	76.02%
γ_{di}		1.391	1.385	1.347	1.362	1.351	1.416	1.376	1.404	1.401
γ_{df}		1.385	1.384	1.370	1.375	1.359	1.381	1.400	1.419	1.399
swelling		1.03%	0.99%	0.93%	0.73%	0.07%	0.38%	0.12%	0.14%	0.03%

HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI

AREA	4.38 cm ²
HEIGHT	4.72 cm
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	36.33%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/Lo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	3.5	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	82.18350	18.66397
50	5.0	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	117.40500	26.52085
75	6.8	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	159.67080	35.87526
100	8.0	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	187.84800	41.97903
125	9.0	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	211.32900	46.97086
150	10.0	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	234.81000	51.90589
175	10.8	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	253.59480	55.75170
200	11.2	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	262.98720	57.49856
225	12.0	0.225	0.04767	0.95233	4.59924	281.77200	61.26486
250	12.5	0.250	0.05297	0.94703	4.62497	293.51250	63.46262
275	13.0	0.275	0.05826	0.94174	4.65098	305.25300	65.63199
300	13.2	0.300	0.06356	0.93644	4.67729	309.94920	66.26690
325	13.8	0.325	0.06886	0.93114	4.70389	324.03780	68.88719
350	14.2	0.350	0.07415	0.92585	4.73080	333.43020	70.48071
375	14.600	0.375	0.07945	0.92055	4.75802	342.82260	72.05151
400	15.000	0.400	0.08475	0.91525	4.78556	352.21500	73.59961
425	15.200	0.425	0.09004	0.90996	4.81341	356.91120	74.14933
450	15.500	0.450	0.09534	0.90466	4.84159	363.95550	75.17268
475	16.000	0.475	0.10064	0.89936	4.87011	375.69600	77.14329
500	16.100	0.500	0.10593	0.89407	4.89896	378.04410	77.16828
525	16.500	0.525	0.11123	0.88877	4.92815	387.43650	78.61699
550	16.800	0.550	0.11653	0.88347	4.95770	394.48080	79.56935
575	16.900	0.575	0.12182	0.87818	4.98760	396.82890	79.56310
600	17.000	0.600	0.12712	0.87288	5.01786	399.17700	79.55118
625	17.000	0.625	0.13242	0.86758	5.04850	399.17700	79.06846
650	17.000	0.650	0.13771	0.86229	5.07951	399.17700	78.58575
675	17.000	0.675	0.14301	0.85699	5.11090	399.17700	78.10304
700	16.500	0.700	0.14831	0.85169	5.14269	387.43650	75.33737
725	14.500	0.725	0.15360	0.84640	5.17487	340.47450	65.79384
750	10.000	0.750	0.15890	0.84110	5.20746	234.81000	45.09112

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	18.6640	35.238
1.0593	26.5208	25.036
1.5890	35.8753	22.577
2.1186	41.9790	19.814
2.6483	46.9709	17.736
3.1780	51.9059	16.333
3.7076	55.7517	15.037
4.2373	57.4986	13.570
4.7669	61.2649	12.852
5.2966	63.4626	11.982
5.8263	65.6320	11.265
6.3559	66.2669	10.426
6.8856	68.8872	10.005
7.4153	70.4807	9.505
7.9449	72.0515	9.069
8.4746	73.5996	8.685
9.0042	74.1493	8.235
9.5339	75.1727	7.885
10.0636	77.1433	7.666
10.5932	77.1683	7.285
11.1229	78.6170	7.068
11.6525	79.5694	6.828
12.1822	79.5631	6.531
12.7119	79.5512	6.258
13.2415	79.0685	5.971
13.7712	78.5858	5.707
14.3008	78.1030	5.461
14.8305	75.3374	5.080
15.3602	65.7938	4.283
15.8898	45.0911	2.838



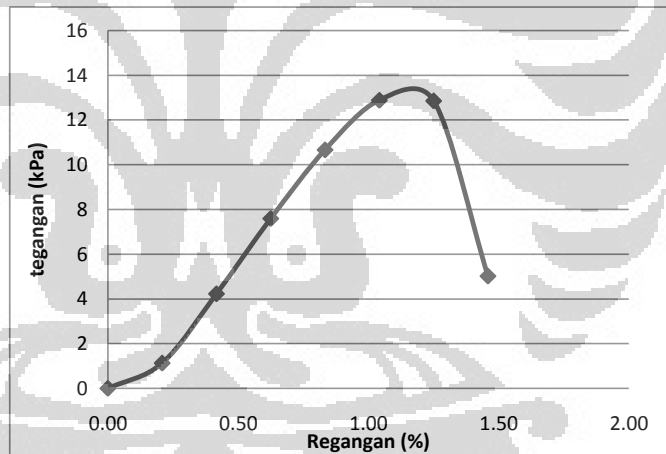
qu	79.569 psi	556.985 kPa
cu	39.785 psi	278.493 kPa

HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI

AREA	28.260 cm ²
HEIGHT	12.000 cm
LRC	0.160 kg/div
Kadar air	43.81%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/ILo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (kg)	Sample Unit Load (kg/cm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	2.000	0.025	0.00208	0.99792	28.31900	0.32000	0.01130
50	7.500	0.050	0.00417	0.99583	28.37824	1.20000	0.04229
75	13.500	0.075	0.00625	0.99375	28.43774	2.16000	0.07596
100	19.000	0.100	0.00833	0.99167	28.49748	3.04000	0.10668
125	23.000	0.125	0.01042	0.98958	28.55747	3.68000	0.12886
150	23.000	0.150	0.01250	0.98750	28.61772	3.68000	0.12859
175	9.000	0.175	0.01458	0.98542	28.67822	1.44000	0.05021

strain (%)	stress (kPa)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.2083	1.1300	5.424
0.4167	4.2286	10.149
0.6250	7.5955	12.153
0.8333	10.6676	12.801
1.0417	12.8863	12.371
1.2500	12.8592	10.287
1.4583	5.0212	3.443



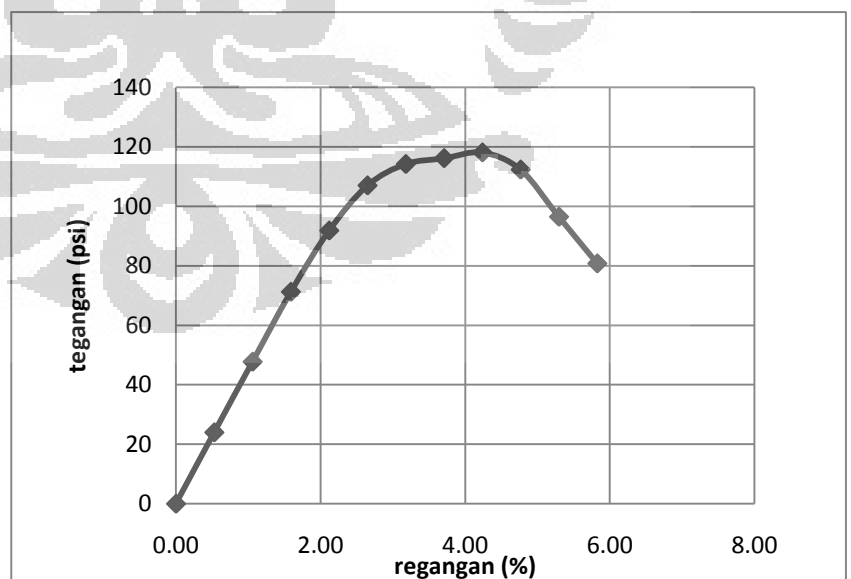
qu	12.886 kPa
cu	6.443 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
TANPA PEMERAMAN**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	34.52%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/I _{Lo}	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	4.5	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	105.66450	23.99654
50	9.0	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	211.32900	47.73752
75	13.5	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	316.99350	71.22295
100	17.5	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	410.91750	91.82914
125	20.5	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	481.36050	106.98918
150	22.0	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	516.58200	114.19297
175	22.5	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	528.32250	116.14938
200	23.0	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	540.06300	118.07739
225	22.0	0.225	0.04767	0.95233	4.59924	516.58200	112.31890
250	19.0	0.250	0.05297	0.94703	4.62497	446.13900	96.46319
275	16.0	0.275	0.05826	0.94174	4.65098	375.69600	80.77784

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.000	0.000	0.000
0.530	23.997	45.305
1.059	47.738	45.064
1.589	71.223	44.823
2.119	91.829	43.343
2.648	106.989	40.399
3.178	114.193	35.933
3.708	116.149	31.327
4.237	118.077	27.866
4.767	112.319	23.562
5.297	96.463	18.212
5.826	80.778	13.864



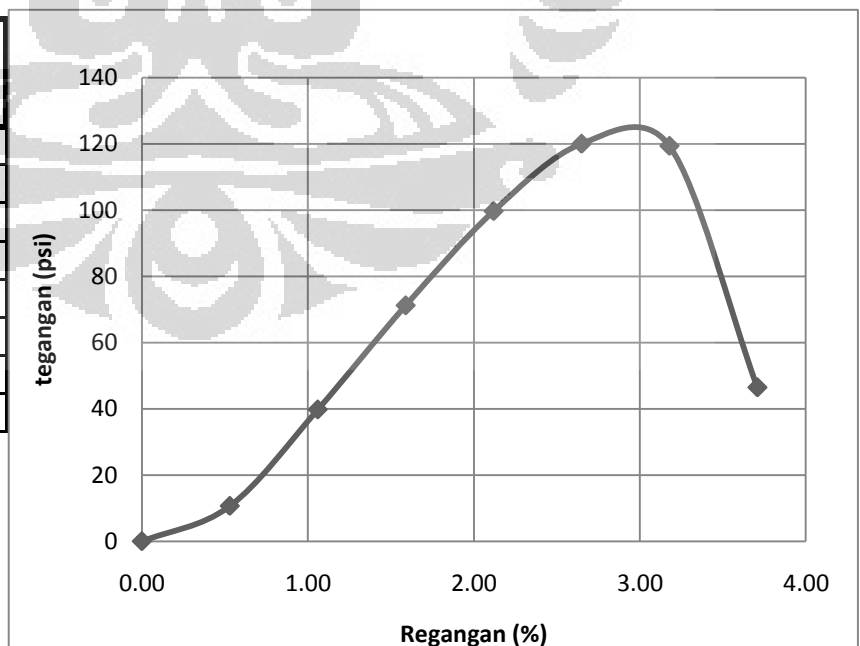
qu	118.077 psi	826.542 kPa
cu	59.039 psi	413.271 kPa

HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN TANPA PEMERAMAN

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	37.17%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/ILo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	2.000	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	46.96200	10.66513
50	7.500	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	176.10750	39.78127
75	13.500	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	316.99350	71.22295
100	19.000	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	446.13900	99.70021
125	23.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	540.06300	120.03664
150	23.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	540.06300	119.38356
175	9.000	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	211.32900	46.45975

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	10.6651	20.136
1.0593	39.7813	37.554
1.5890	71.2230	44.823
2.1186	99.7002	47.058
2.6483	120.0366	45.326
3.1780	119.3836	37.566
3.7076	46.4598	12.531



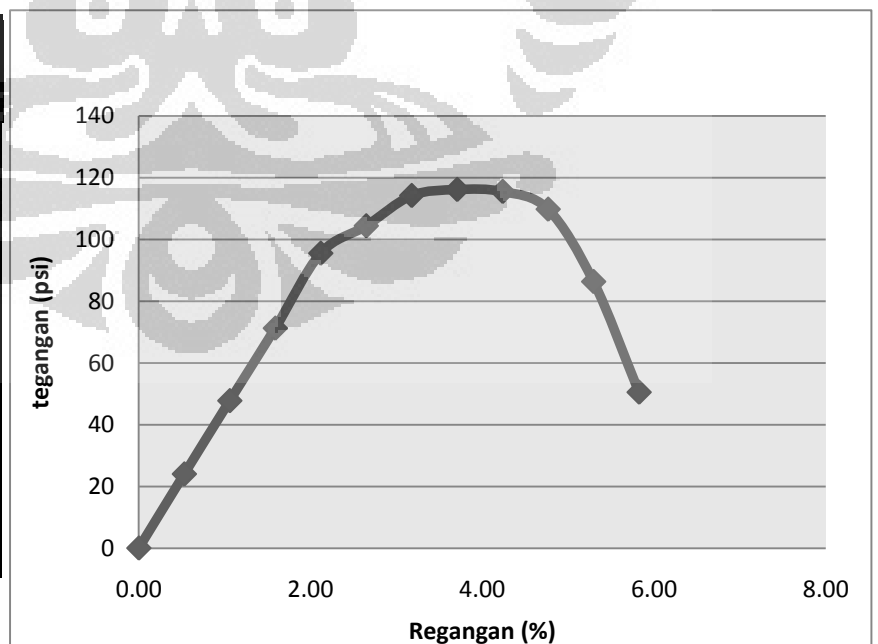
qu	120.037 psi	840.256 kPa
cu	60.018 psi	420.128 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN PEMERAMAN 6 JAM KEMUDIAN DIPADATKAN**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	33.01%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/Lo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	4.500	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	105.66450	23.99654
50	9.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	211.32900	47.73752
75	13.500	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	316.99350	71.22295
100	18.200	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	427.35420	95.50230
125	20.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	469.62000	104.37969
150	22.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	516.58200	114.19297
175	22.500	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	528.32250	116.14938
200	22.500	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	528.32250	115.51049
225	21.500	0.225	0.04767	0.95233	4.59924	504.84150	109.76620
250	17.000	0.250	0.05297	0.94703	4.62497	399.17700	86.30917
275	10.000	0.275	0.05826	0.94174	4.65098	234.81000	50.48615

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	23.9965	45.305
1.0593	47.7375	45.064
1.5890	71.2230	44.823
2.1186	95.5023	45.077
2.6483	104.3797	39.414
3.1780	114.1930	35.933
3.7076	116.1494	31.327
4.2373	115.5105	27.260
4.7669	109.7662	23.027
5.2966	86.3092	16.295
5.8263	50.4861	8.665



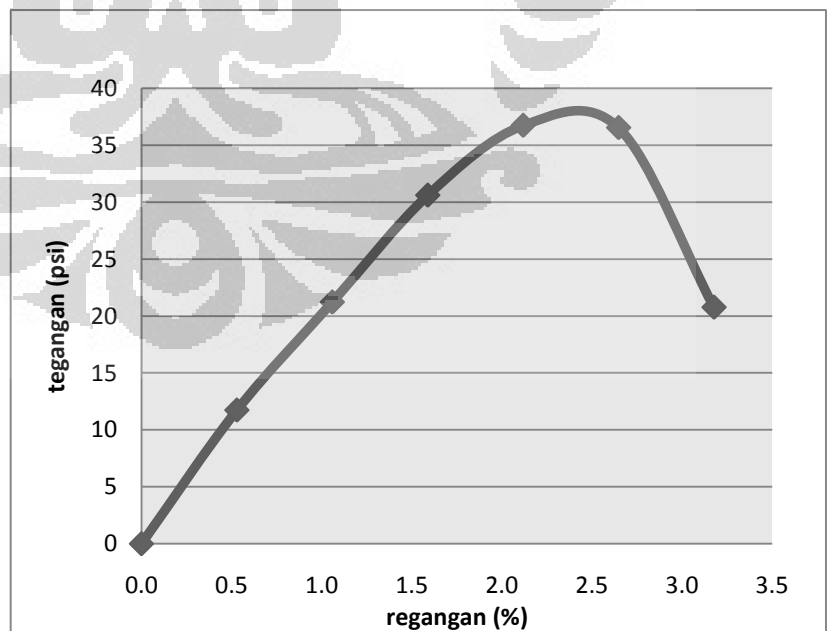
qu	116.149 psi	813.046 kPa
cu	58.075 psi	406.523 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN PEMERAMAN 6 JAM KEMUDIAN DIPADATKAN**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	43.20%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/Lo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	2.200	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	51.65820	11.73164
50	4.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	93.92400	21.21668
75	5.800	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	136.18980	30.59949
100	7.000	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	164.36700	36.73165
125	7.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	164.36700	36.53289
150	4.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	93.92400	20.76236

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	11.7316	22.149
1.0593	21.2167	20.029
1.5890	30.5995	19.257
2.1186	36.7317	17.337
2.6483	36.5329	13.795
3.1780	20.7624	6.533



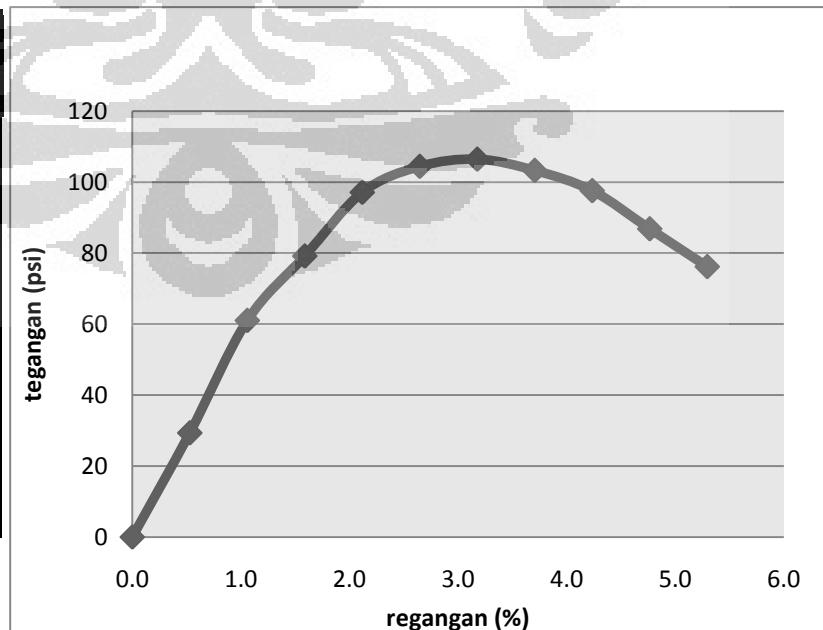
qu	36.732 psi	257.122 kPa
cu	18.366 psi	128.561 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN PEMERAMAN 24 JAM KEMUDIAN DIPADATKAN**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	32.33%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/Lo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	5.500	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	129.14550	29.32910
50	11.500	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	270.03150	60.99794
75	15.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	352.21500	79.13661
100	18.500	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	434.39850	97.07652
125	20.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	469.62000	104.37969
150	20.500	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	481.36050	106.40708
175	20.000	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	469.62000	103.24389
200	19.000	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	446.13900	97.54219
225	17.000	0.225	0.04767	0.95233	4.59924	399.17700	86.79188
250	15.000	0.250	0.05297	0.94703	4.62497	352.21500	76.15515

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.000	0.000
0.5297	29.329	55.373
1.0593	60.998	57.582
1.5890	79.137	49.803
2.1186	97.077	45.820
2.6483	104.380	39.414
3.1780	106.407	33.483
3.7076	103.244	27.846
4.2373	97.542	23.020
4.7669	86.792	18.207
5.2966	76.155	14.378



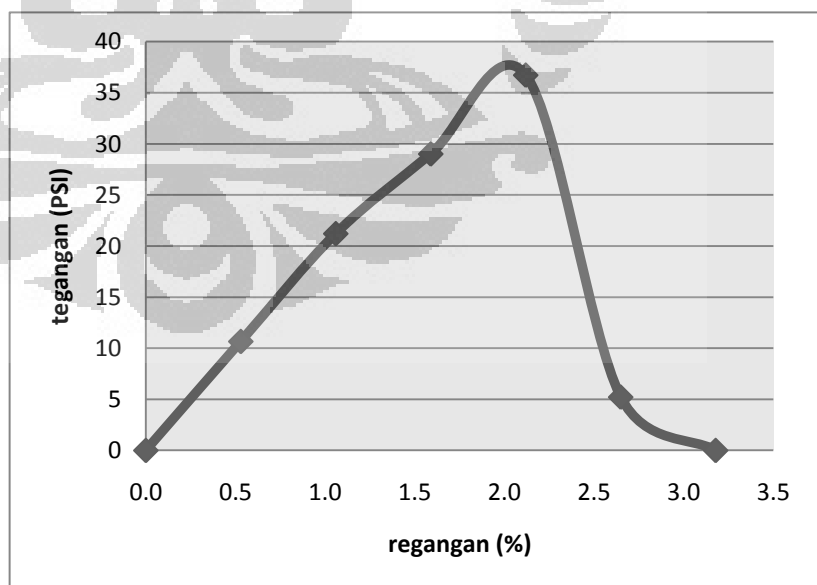
qu	106.407 psi	744.850 kPa
cu	53.204 psi	372.425 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN PEMERAMAN 24 JAM KEMUDIAN DIPADATKAN**

AREA	28.260 cm ²
HEIGHT	12.000 cm
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	40.93%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/Lo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	2.000	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	46.96200	10.66513
50	4.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	93.92400	21.21668
75	5.500	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	129.14550	29.01676
100	7.000	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	164.36700	36.73165
125	1.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	23.48100	5.21898
150	0.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	0.00000	0.00000

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	10.6651	20.136
1.0593	21.2167	20.029
1.5890	29.0168	18.261
2.1186	36.7317	17.337
2.6483	5.2190	1.971
3.1780	0.0000	0.000



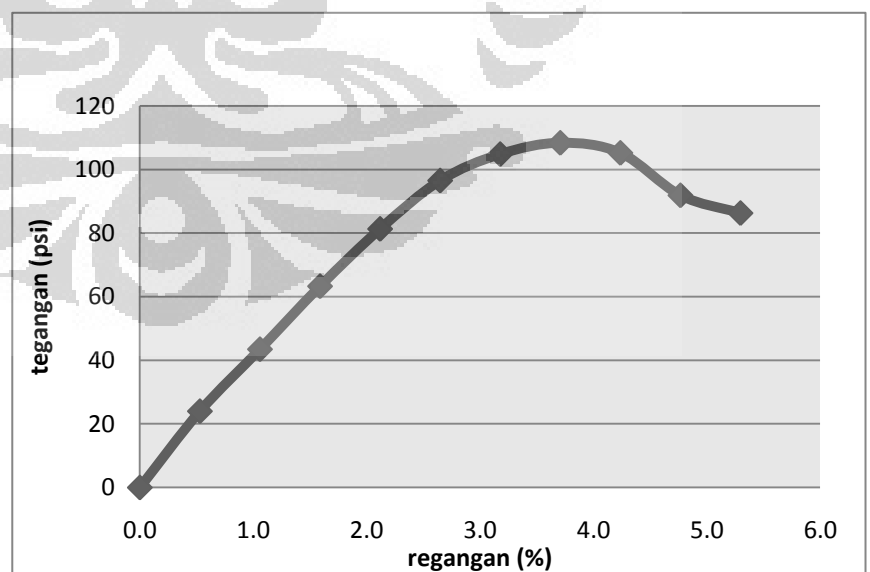
qu	36.732 psi	257.122 kPa
cu	18.366 psi	128.561 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN PEMERAMAN 72 JAM KEMUDIAN DIPADATKAN**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	34.32%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/Lo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	4.500	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	105.66450	23.99654
50	8.200	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	192.54420	43.49419
75	12.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	281.77200	63.30929
100	15.500	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	363.95550	81.33438
125	18.500	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	434.39850	96.55121
150	20.200	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	474.31620	104.84991
175	21.000	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	493.10100	108.40609
200	20.500	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	481.36050	105.24289
225	18.000	0.225	0.04767	0.95233	4.59924	422.65800	91.89728
250	17.000	0.250	0.05297	0.94703	4.62497	399.17700	86.30917

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	23.9965	45.305
1.0593	43.4942	41.059
1.5890	63.3093	39.843
2.1186	81.3344	38.390
2.6483	96.5512	36.458
3.1780	104.8499	32.993
3.7076	108.4061	29.239
4.2373	105.2429	24.837
4.7669	91.8973	19.278
5.2966	86.3092	16.295



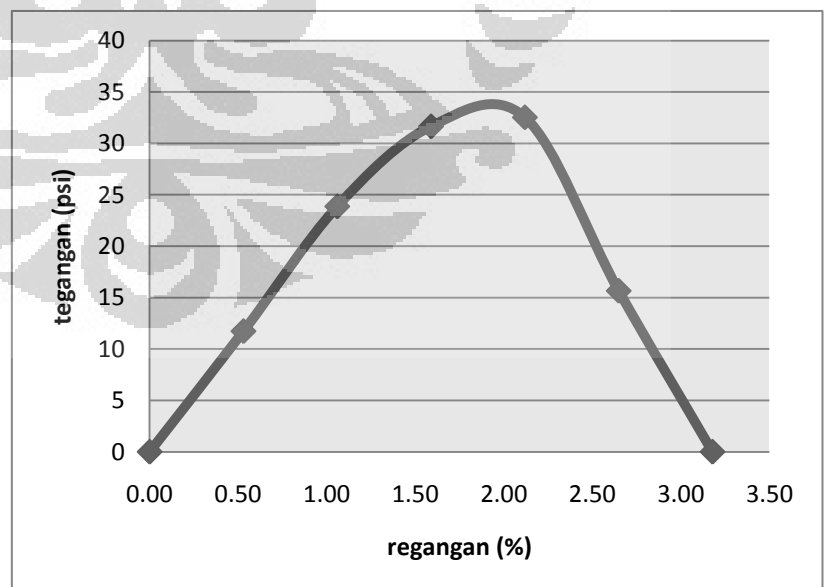
qu	108.406 psi	758.843 kPa
cu	54.203 psi	379.421 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN PEMERAMAN 72 JAM KEMUDIAN DIPADATKAN**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	40.30%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/Lo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	2.200	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	51.65820	11.73164
50	4.500	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	105.66450	23.86876
75	6.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	140.88600	31.65465
100	6.200	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	145.58220	32.53375
125	3.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	70.44300	15.65695
150	0.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	0.00000	0.00000

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	11.7316	22.149
1.0593	23.8688	22.532
1.5890	31.6546	19.921
2.1186	32.5338	15.356
2.6483	15.6570	5.912
3.1780	0.0000	0.000



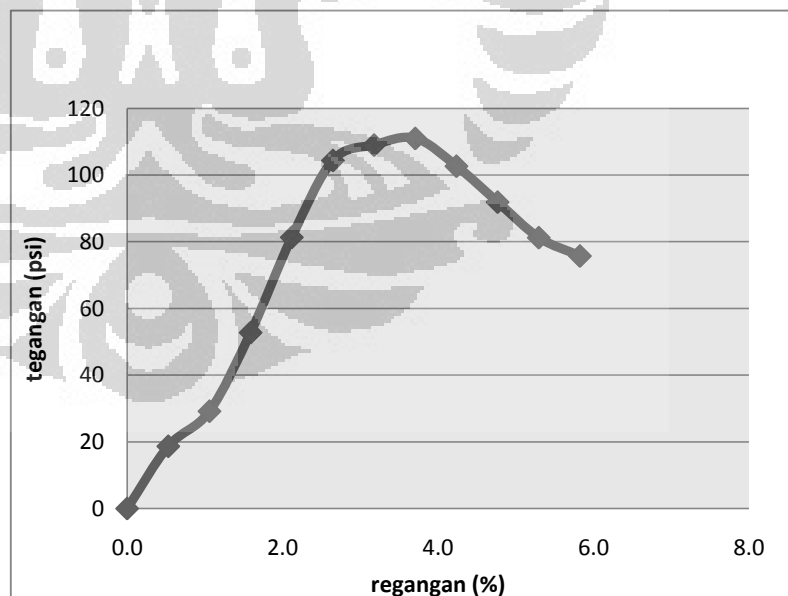
qu	32.534 psi	227.736 kPa
cu	16.267 psi	113.868 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN PEMERAMAN 168 JAM KEMUDIAN DIPADATKAN**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	33.18%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/ILo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	3.500	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	82.18350	18.66397
50	5.500	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	129.14550	29.17293
75	10.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	234.81000	52.75774
100	15.500	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	363.95550	81.33438
125	20.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	469.62000	104.37969
150	21.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	493.10100	109.00238
175	21.500	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	504.84150	110.98718
200	20.000	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	469.62000	102.67599
225	18.000	0.225	0.04767	0.95233	4.59924	422.65800	91.89728
250	16.000	0.250	0.05297	0.94703	4.62497	375.69600	81.23216
275	15.000	0.275	0.05826	0.94174	4.65098	352.21500	75.72922

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	18.6640	35.238
1.0593	29.1729	27.539
1.5890	52.7577	33.202
2.1186	81.3344	38.390
2.6483	104.3797	39.414
3.1780	109.0024	34.299
3.7076	110.9872	29.935
4.2373	102.6760	24.232
4.7669	91.8973	19.278
5.2966	81.2322	15.337
5.8263	75.7292	12.998



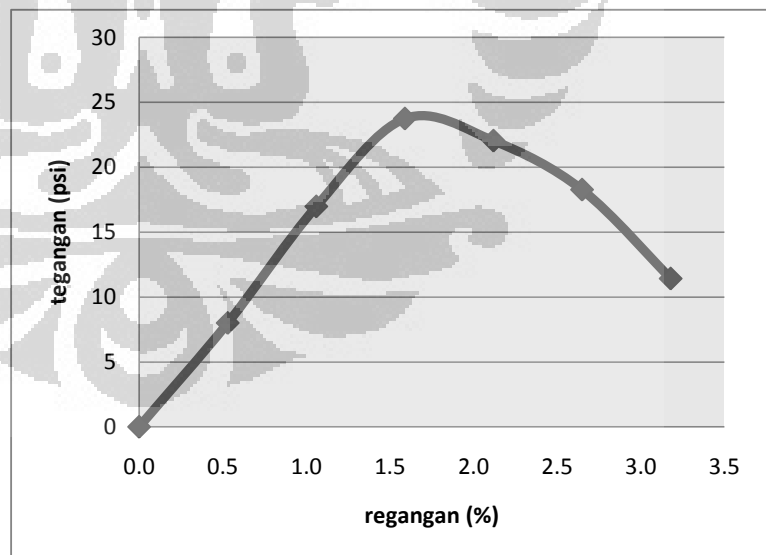
qu	110.987 psi	776.910 kPa
cu	55.494 psi	388.455 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN PEMERAMAN 168 JAM KEMUDIAN DIPADATKAN**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	36.78%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/I ₀	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	1.500	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	35.22150	7.99885
50	3.200	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	75.13920	16.97334
75	4.500	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	105.66450	23.74098
100	4.200	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	98.62020	22.03899
125	3.500	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	82.18350	18.26645
150	2.200	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	51.65820	11.41930

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	7.9988	15.102
1.0593	16.9733	16.023
1.5890	23.7410	14.941
2.1186	22.0390	10.402
2.6483	18.2664	6.897
3.1780	11.4193	3.593



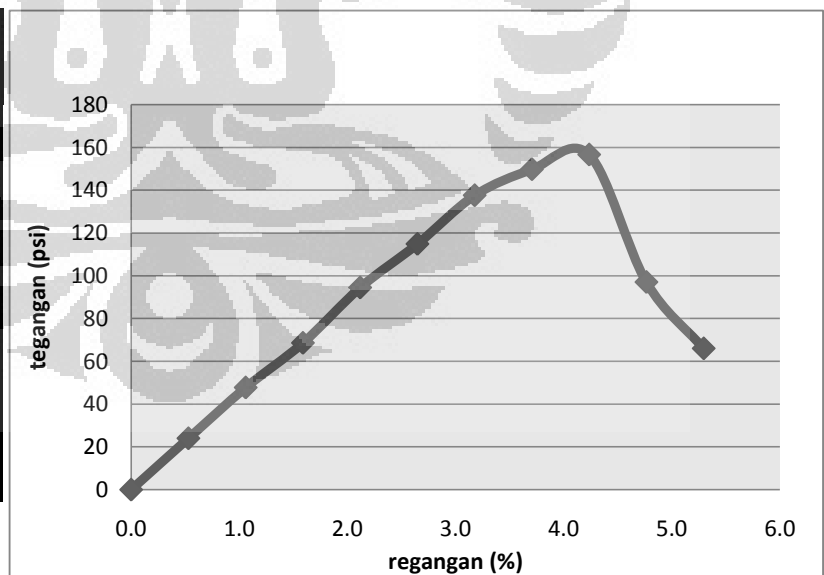
qu	23.741 psi	166.187 kPa
cu	11.870 psi	83.093 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM 6 JAM**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	32.63%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/ILO	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	4.500	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	105.66450	23.99654
50	9.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	211.32900	47.73752
75	13.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	305.25300	68.58506
100	18.000	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	422.65800	94.45283
125	22.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	516.58200	114.81766
150	26.500	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	622.24650	137.55062
175	29.000	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	680.94900	149.70364
200	30.500	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	716.17050	156.58089
225	19.000	0.225	0.04767	0.95233	4.59924	446.13900	97.00269
250	13.000	0.250	0.05297	0.94703	4.62497	305.25300	66.00113

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	23.9965	45.305
1.0593	47.7375	45.064
1.5890	68.5851	43.163
2.1186	94.4528	44.582
2.6483	114.8177	43.355
3.1780	137.5506	43.283
3.7076	149.7036	40.377
4.2373	156.5809	36.953
4.7669	97.0027	20.349
5.2966	66.0011	12.461



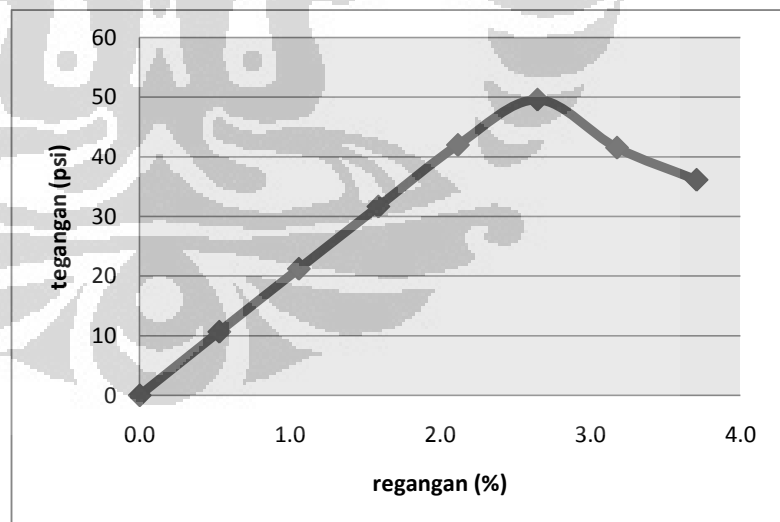
qu	156.581 psi	1096.066 kPa
cu	78.290 psi	548.033 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM 6 JAM**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	30.97%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/I _{Lo}	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (kg)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	2.000	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	46.96200	10.66513
50	4.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	93.92400	21.21668
75	6.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	140.88600	31.65465
100	8.000	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	187.84800	41.97903
125	9.500	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	223.06950	49.58035
150	8.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	187.84800	41.52472
175	7.000	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	164.36700	36.13536

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	10.6651	20.136
1.0593	21.2167	20.029
1.5890	31.6546	19.921
2.1186	41.9790	19.814
2.6483	49.5804	18.722
3.1780	41.5247	13.066
3.7076	36.1354	9.746



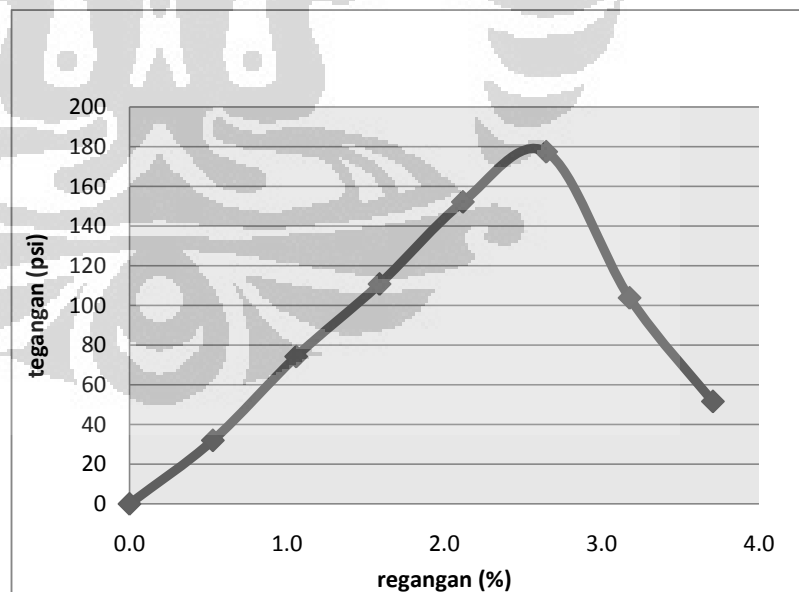
qu	49.580 psi	347.0624597 kPa
cu	24.790 psi	173.5312299 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM 24 JAM**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	33.19%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/ILO	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	6.000	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	140.88600	31.99538
50	14.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	328.73400	74.25837
75	21.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	493.10100	110.79126
100	29.000	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	680.94900	152.17400
125	34.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	798.35400	177.44547
150	20.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	469.62000	103.81179
175	10.000	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	234.81000	51.62195

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	31.9954	60.407
1.0593	74.2584	70.100
1.5890	110.7913	69.725
2.1186	152.1740	71.826
2.6483	177.4455	67.003
3.1780	103.8118	32.666
3.7076	51.6219	13.923



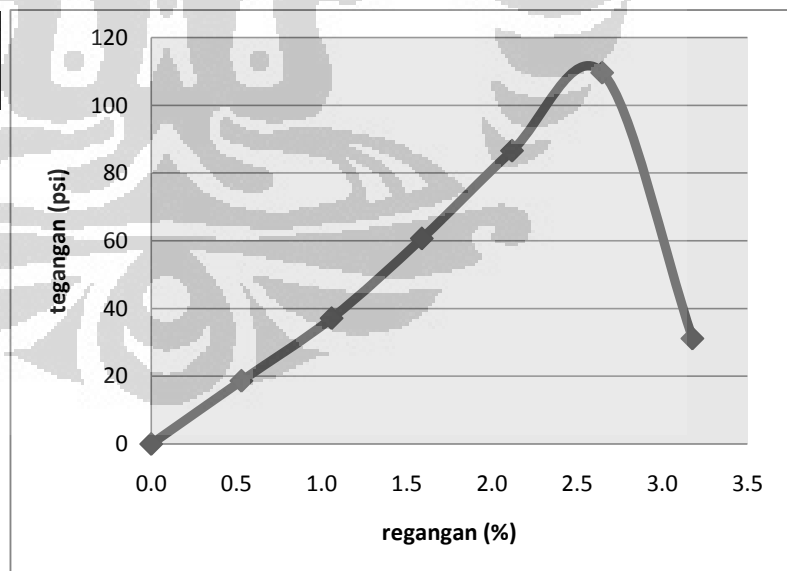
qu	177.445 psi	1242.118 kPa
cu	88.723 psi	621.059 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM 24 JAM**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	30.97%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/I _{Lo}	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	3.500	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	82.18350	18.66397
50	7.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	164.36700	37.12918
75	11.500	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	270.03150	60.67140
100	16.500	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	387.43650	86.58176
125	21.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	493.10100	109.59867
150	6.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	140.88600	31.14354

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	18.6640	35.238
1.0593	37.1292	35.050
1.5890	60.6714	38.183
2.1186	86.5818	40.867
2.6483	109.5987	41.384
3.1780	31.1435	9.800



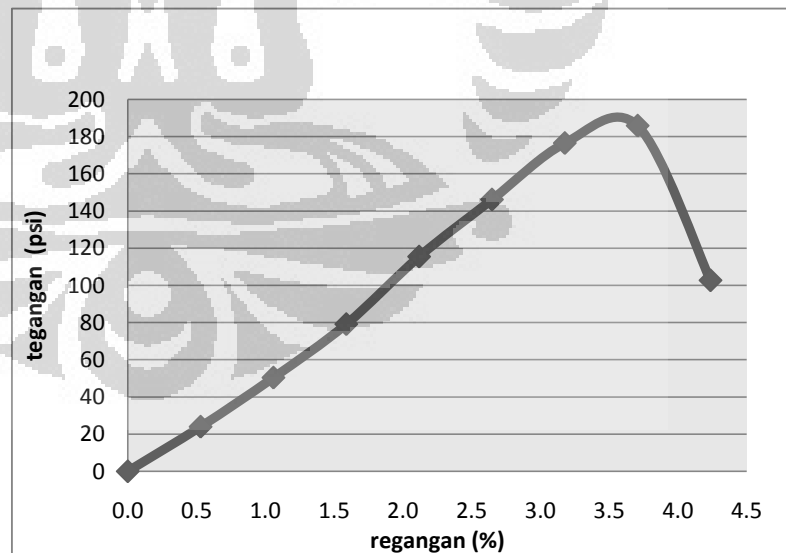
qu	109.599 psi	767.191 kPa
cu	54.799 psi	383.595 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM 72 JAM**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	32.61%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/ILo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	4.500	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	105.66450	23.99654
50	9.500	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	223.06950	50.38961
75	15.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	352.21500	79.13661
100	22.000	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	516.58200	115.44234
125	28.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	657.46800	146.13156
150	34.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	798.35400	176.48004
175	36.000	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	845.31600	185.83900
200	20.000	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	469.62000	102.67599

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	23.9965	45.305
1.0593	50.3896	47.568
1.5890	79.1366	49.803
2.1186	115.4423	54.489
2.6483	146.1316	55.179
3.1780	176.4800	55.532
3.7076	185.8390	50.123
4.2373	102.6760	24.232



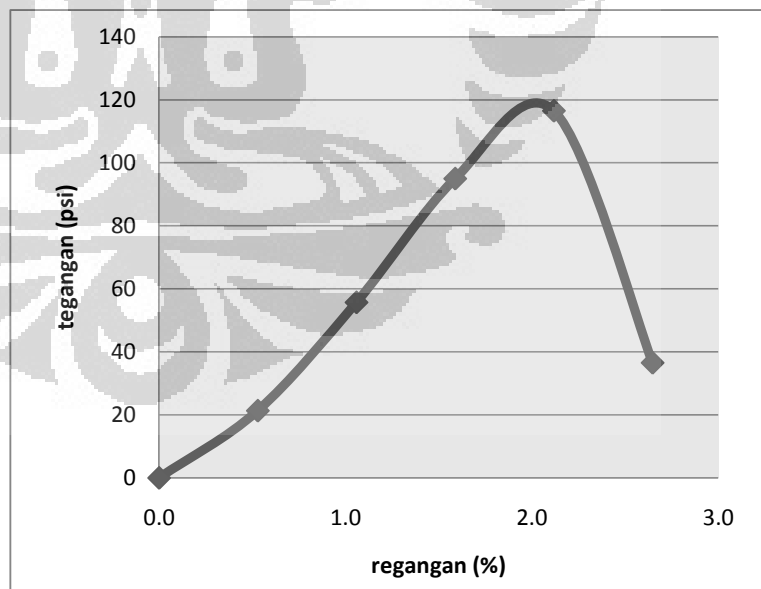
qu	185.839 psi	1300.873 kPa
cu	92.920 psi	650.437 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM 72 JAM**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	35.72%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/I _{Lo}	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	4.000	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	93.92400	21.33026
50	10.500	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	246.55050	55.69378
75	18.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	422.65800	94.96394
100	22.200	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	521.27820	116.49182
125	7.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	164.36700	36.53289

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	21.3303	40.272
1.0593	55.6938	52.575
1.5890	94.9639	59.764
2.1186	116.4918	54.984
2.6483	36.5329	13.795



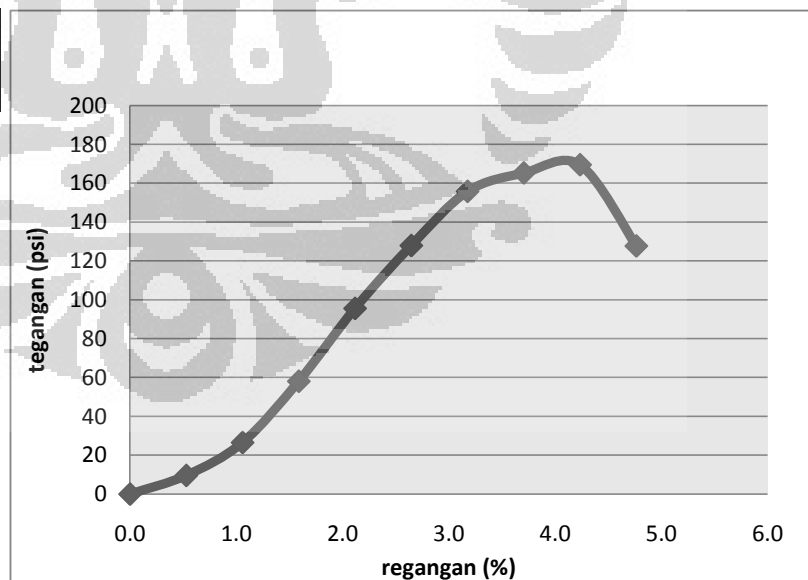
qu	116.492 psi	815.443 kPa
cu	58.246 psi	407.721 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TAK TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM 168 JAM**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	34.20%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/ILo	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	1.800	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	42.26580	9.59862
50	5.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	117.40500	26.52085
75	11.000	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	258.29100	58.03352
100	18.200	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	427.35420	95.50230
125	24.500	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	575.28450	127.86512
150	30.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	704.43000	155.71768
175	32.000	0.175	0.03708	0.96292	4.54865	751.39200	165.19023
200	33.000	0.200	0.04237	0.95763	4.57381	774.87300	169.41539
225	25.000	0.225	0.04767	0.95233	4.59924	587.02500	127.63512

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	9.5986	18.122
1.0593	26.5208	25.036
1.5890	58.0335	36.522
2.1186	95.5023	45.077
2.6483	127.8651	48.282
3.1780	155.7177	48.999
3.7076	165.1902	44.554
4.2373	169.4154	39.982
4.7669	127.6351	26.775



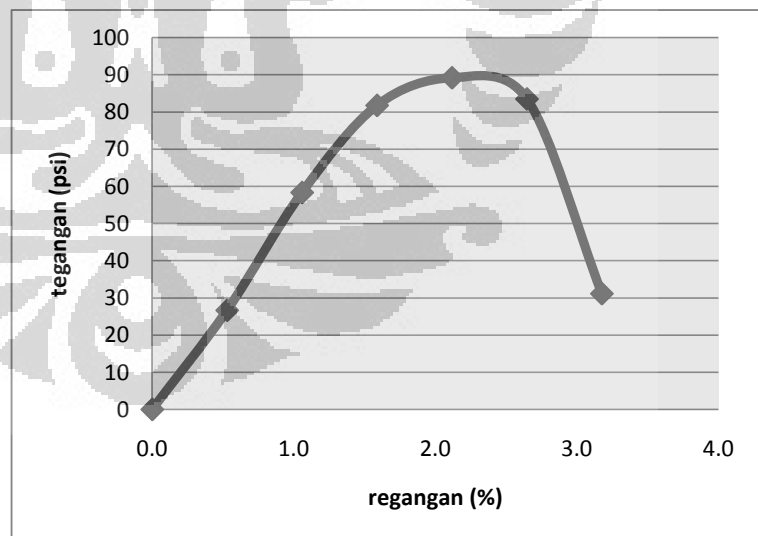
qu	169.415 psi	1185.91 kPa
cu	84.708 psi	592.95 kPa

**HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS TERENDAM TANAH ASLI + 10% SEMEN
DENGAN DIPADATKAN DAHULU KEMUDIAN DIPERAM 168 JAM**

AREA	4.38 inch ²
HEIGHT	4.72 inch
LRC	23.481 lbf/div
Kadar air	39.15%

Deform dial reading (x10 ⁻³)	Load Dial Reading -	dl in (10 ⁻³)	Unit strain dl/I _{Lo}	Area Cor. factor	Corrected Area	Total Load (lb)	Sample Unit Load (psi)
1	2	3	4	5	6	7	8
						0	0
25	5.000	0.025	0.00530	0.99470	4.40332	117.40500	26.66282
50	11.000	0.050	0.01059	0.98941	4.42690	258.29100	58.34586
75	15.500	0.075	0.01589	0.98411	4.45072	363.95550	81.77450
100	17.000	0.100	0.02119	0.97881	4.47481	399.17700	89.20545
125	16.000	0.125	0.02648	0.97352	4.49915	375.69600	83.50375
150	6.000	0.150	0.03178	0.96822	4.52376	140.88600	31.14354

strain (%)	stress (psi)	Modulus Elastisitas (psi)
0.0000	0.0000	0.000
0.5297	26.6628	50.339
1.0593	58.3459	55.078
1.5890	81.7745	51.463
2.1186	89.2054	42.105
2.6483	83.5037	31.531
3.1780	31.1435	9.800



qu	89.205 psi	624.438 kPa
cu	44.603 psi	312.219 kPa