



UNIVERSITAS INDONESIA

**KORELASI NILAI CBR DAN NILAI KEKAKUAN TANAH
DENGAN METODE GEOGAUGE PADA TANAH GAMBUT
YANG DIPADATKAN**

SKRIPSI

**YAN ADHI PRADANA
040401074Y**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA REGULER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KORELASI NILAI CBR DAN NILAI KEKAKUAN TANAH
DENGAN METODE GEOGAUGE PADA TANAH GAMBUT
YANG DIPADATKAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Indonesia

**YAN ADHI PRADANA
040401074Y**

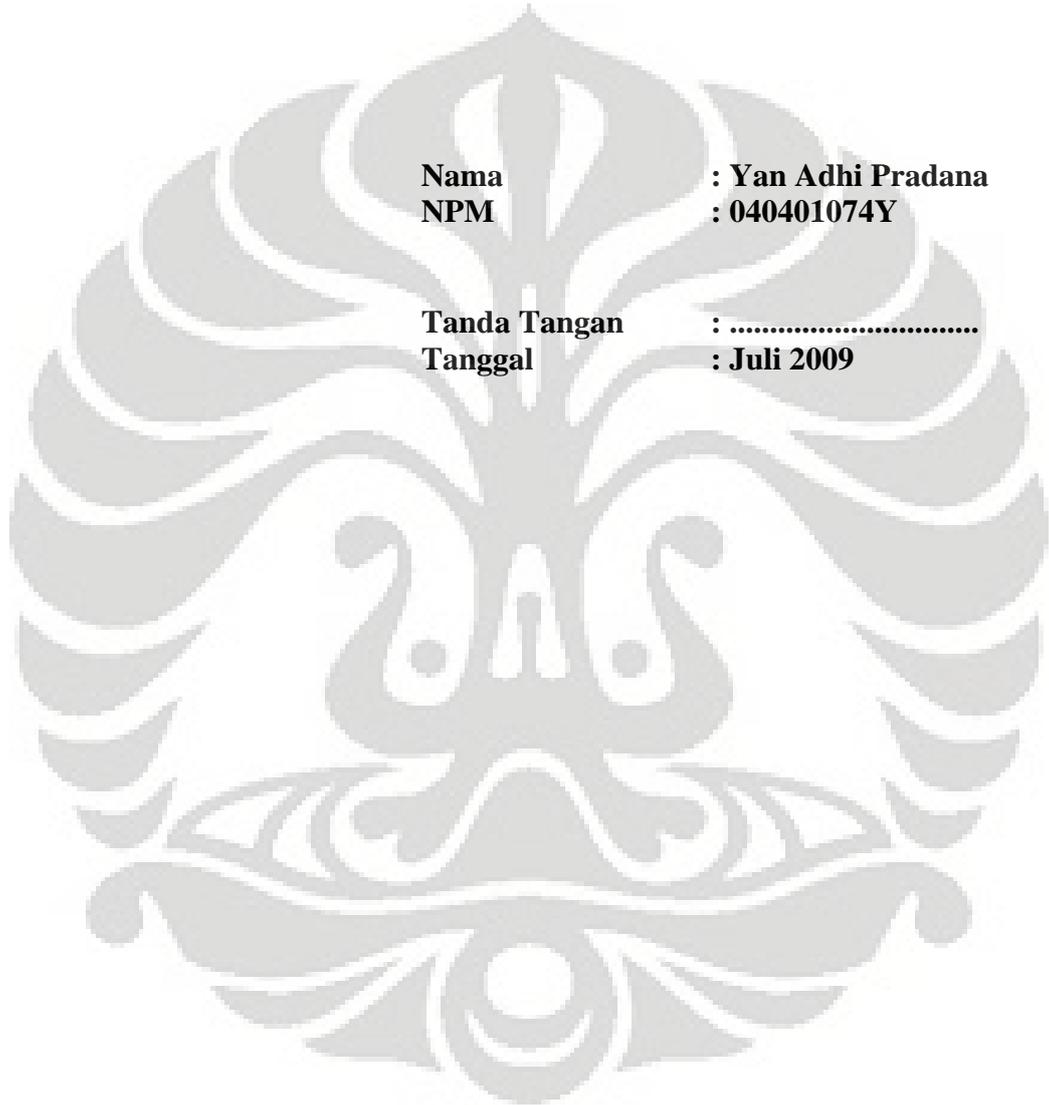
**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA REGULER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN ORISINALITAS

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

Nama : Yan Adhi Pradana
NPM : 040401074Y

Tanda Tangan :
Tanggal : Juli 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Yan Adhi Pradana
NPM : 040401074Y
Program Studi : Sarjana Reguler Teknik Sipil
Judul Skripsi : Korelasi Nilai *CBR* dan Nilai Kekakuan Tanah dengan Metode *GeoGauge* pada Tanah Gambut yang Dipadatkan

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA (.....)

Pembimbing : Dr. Ir. Sigit Pranowo Hadowardoyo, DEA (.....)

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

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

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena tanpa izin serta berkat dan rahmat-Nya, saya tidak dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Korelasi Nilai *CBR* dan Nilai Kekakuan Tanah dengan Metode *GeoGauge* pada Tanah Gambut yang Dipadatkan” ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidaklah mungkin tanpa bantuan – bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, izinkan saya mengucapkan terima kasih kepada:

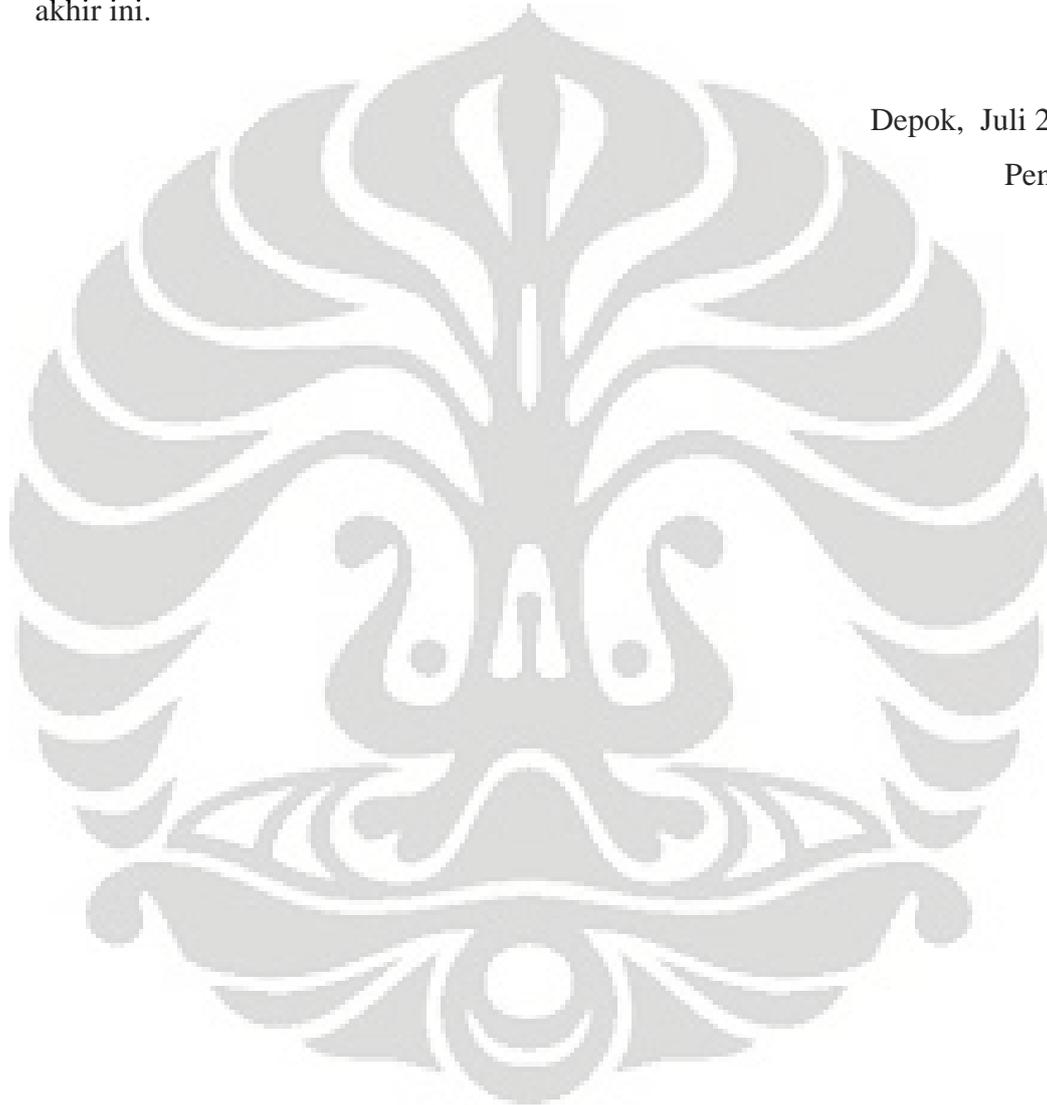
1. Kedua orang tua, yang telah memberikan tenaga, pikiran, materi, dan segala yang mereka miliki untuk mendidik saya tanpa mengenal lelah;
2. Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA dan Dr. Ir. Sigit Pranowo Hadiwardoyo, DEA selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan dengan sabar mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
3. Ir. Widjojo Adi Prakoso, M.Sc., Ph.D selaku kepala lab mektan FT-UI yang telah membantu dan mengarahkan penulis selama masa penelitian;
4. Heidi Duma yang selalu mendukung dan menemani segala aktivitas penulis serta memberikan keceriaan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini;
5. Pak Acong, pak Saprudin, pak Narto, pak Wardoyo, Anto dan staff lab mekanika tanah FT-UI yang turut membantu penulis dalam proses penelitian;
6. Bu Nachry selaku pembimbing akademis atas dukungan dan nasehatnya selama kuliah;
7. Yustian Heri S., Azmi Mulki, Ricco Octriana, M. Amaly, Indra dan teman-teman geotek Sipil FT-UI yang selalu memberikan dukungan selama penyusunan skripsi ini;

8. Seluruh mahasiswa Sipil UI angkatan 2004 atas kebersamaan yang telah diberikan;

Akhir kata, semoga tulisan ini dapat terus menjadikan sebuah inspirasi untuk karya-karya berikutnya dan saya berharap Tuhan Yang Maha Esa, membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Depok, Juli 2009

Penulis



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

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yan Adhi Pradana
NPM : 040401074Y
Program Studi : Sarjana
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi mengembangkan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royaltyfree Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : " Korelasi Nilai *CBR* dan Nilai Kekakuan Tanah dengan Metode *GeoGauge* pada Tanah Gambut yang Dipadatkan " beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : Juli 2009
Yang menyatakan

(Yan Adhi Pradana)

ABSTRAK

Nama : Yan Adhi Pradana
Program Studi : Sarjana Reguler Teknik Sipil
Judul : Korelasi Nilai *CBR* dan Nilai Kekakuan Tanah dengan Metode *GeoGauge* pada Tanah Gambut yang Dipadatkan

Penggunaan nilai *CBR* sebagai kontrol pemadatan tanah mulai tergantikan oleh suatu nilai yang menggambarkan tingkat pemadatan tanah lebih baik daripada nilai *CBR* yaitu nilai kekakuan tanah. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dilakukan penelitian untuk mendapatkan korelasi antara nilai kekakuan tanah dan nilai *CBR* sehingga diharapkan di masa mendatang penggunaan nilai *CBR* akan tergantikan oleh nilai kekakuan tanah.

Material yang digunakan adalah tanah gambut kalimantan dikarenakan mempunyai karakteristik yang unik yaitu memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi disamping kadar keasamannya serta kandungan air yang menyebabkan tanah bersifat lunak. Untuk mendapatkan nilai kekakuan tanah digunakan alat *GeoGauge* yang diproduksi oleh *Humboldt*. Kelebihan alat ini adalah memiliki dimensi yang tidak terlalu besar, tidak menyebabkan kerusakan pada permukaan benda uji, dan proses pengujian hanya memakan waktu 75 detik.

Kegiatan penelitian meliputi persiapan sampel tanah, pengujian kadar air, pemadatan tanah dengan sistem tekan, pengujian *GeoGauge*, dan pengujian *CBR* Lapangan. Persiapan sampel tanah meliputi pengeringan sampel tanah dan penyaringan tanah dengan menggunakan saringan no 4. Pengujian kadar air meliputi penentuan kadar air normal tanah yang telah disaring dan setting kadar air agar kadar air normal tanah mencapai kadar air 100%, 120%, dan 140%. Pemadatan tanah dilakukan dengan menggunakan sistem tekan. Proses pemadatan dilakukan tiap lapisan tanah (terdapat 5 lapis tanah). Pemadatan dilakukan dengan menggunakan kerapatan basah (ρ_{wet}) sebagai target pemadatan tanah. Pengujian *GeoGauge* dilakukan setelah pemadatan tanah. Dari pengujian *GeoGauge* didapatkan nilai kekakuan tanah. Pengujian *CBR* lapangan dilakukan setelah pengujian *GeoGauge* untuk mendapatkan nilai *CBR*.

Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa pemadatan dengan sistem tekan tidak sempurna akibat pemberian tekanan tiap lapis berbeda sehingga kepadatan tiap lapis berbeda yang menyebabkan kepadatan sampel dengan sistem tekan tidak identik dengan kepadatan dengan *modified proctor* tapi identik dengan kepadatan *standard proctor*. Pada penelitian ini penentuan korelasi antara nilai *Soil Stiffness Gauge* (*SSG*) dan nilai *CBR* tidak dapat dilakukan karena tidak sempurnanya yang menyebabkan hasil pengujian yang tidak optimal (nilai *SSG* negatif pada sampel dengan nilai *CBR* di bawah 5%),.

Kata kunci :

Kontrol Pemadatan Tanah, Nilai *CBR*, Nilai Kekakuan Tanah, *GeoGauge*

ABSTRACT

Name : Yan Adhi Pradana
Study Program: Bachelor of Civil Engineering
Title : Correlation of CBR and Soil Stiffness with GeoGauge Method on
The Compacted Peat Soil

CBR which is a control value of soil compaction is begin to replaced by the soil stiffness which is a value that describes level of soil compaction better than CBR. This research focusing in obtaining the correlation between the soil stiffness and CBR value with the result that CBR value will be replaced by soil stiffness value as a control value of soil compaction in the future. This research will use kalimantan peat soil as its material because it has unique characteristics spesifically it contains organic matters, high level of acidity and water content that make it acts like soft soil. This research will use Humboldt GeoGauge to obtain soil stiffness. The benefit using GeoGauge are it has small dimension, it does not make soil surface damage and the GeoGauge take measurement in 75 second.

This research include soil preparation, water content test, soil compaction, GeoGauge test, and field CBR test. The soil preparation cover soil draining and soil filtering using sieve no 4. The water content test cover determination of normal water content of sample which have filtered and setting water content in order that the normal water content will reach target water content which are 100%, 120%, and 140%. This research use pressure method for soil compaction. Sample will be compacted for each layer (there are 5 layers). This compaction use wet density as density target. The GeoGauge test will be carried out after soil compaction. The GeoGauge will obtain soil stiffness. The field CBR test will be carried out after the GeoGauge test to obtain the CBR value.

This research conclude that the correlation between Soil Stiffness Gauge and CBR value can not be established because problem occur during compaction with pressure system.

Key words:

Control Value of Soil Compaction, CBR Value, Soil Stiffness Value, GeoGauge

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Morfologi Tanah Gambut	5
2.1.1 Deskripsi Tanah Gambut	5
2.1.2 Tanah Gambut yang Dipadatkan	7
2.2 <i>CBR (California Bearing Ratio)</i>	9
2.3 Nilai Kekakuan Tanah	10
2.3.1 Pendahuluan	10
2.3.2 Nilai Kekakuan Tanah Sebagai Pengontrol Pematatan	13
2.4 <i>GeoGauge</i>	13
2.4.1 Pendahuluan	13
2.4.2 Prinsip Kerja	18
2.4.3 Kalibrasi	19
2.5 Studi Penelitian <i>GeoGauge</i>	20
3. METODE PENELITIAN	26
3.1 Kegiatan Penelitian	26
3.2 Persiapan Contoh Tanah	28
3.3 Pengujian Kadar Air	29
3.3.1 Penentuan Kadar Air	29
3.3.2 <i>Setting</i> Kadar Air	30
3.4 Pematatan Tanah	31
3.5 Pengujian <i>GeoGauge</i>	31
3.6 Pengujian <i>CBR</i> Lapangan	32
4. PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA PERCOBAAN	34
4.1 Pendahuluan	34
4.2 Hasil Pematatan dengan Sistem Tekan	34
4.3 Hasil dan Analisa Uji <i>GeoGauge</i> dan Uji <i>CBR</i> Lapangan pada Tanah Gambut Kalimantan	37
4.3.1 Hasil dan Analisa Uji <i>GeoGauge</i> pada Tanah	

Gambut Kalimantan	37
4.3.2 Hasil dan Analisa Uji <i>CBR</i> Lapangan pada Tanah Gambut Kalimantan	39
4.3.2.1 Tanah Gambut Kalimantan dengan Kadar Air 100%	39
4.3.2.2 Tanah Gambut Kalimantan dengan Kadar Air 120%	41
4.3.2.3 Tanah Gambut Kalimantan dengan Kadar Air 140%	43
4.4 Hasil dan Analisa Uji <i>GeoGauge</i> dan Uji <i>CBR</i> Lapangan pada Tanah Lempung Depok	44
4.4.1 Hasil Uji <i>GeoGauge</i> pada Tanah Lempung Depok dengan Kadar Air 30%	45
4.4.2 Hasil Uji <i>CBR</i> Lapangan pada Tanah Lempung Depok dengan Kadar Air 30%	45
4.4.3 Analisa Uji <i>GeoGauge</i> dan Uji <i>CBR</i> Lapangan pada Tanah Lempung Depok dengan Kadar Air 30%	47
5. KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
6. DAFTAR PUSTAKA	51
7. LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva hubungan antara <i>Shear Strain</i> dengan G, K, E	11
Gambar 2.2	Deskripsi nilai kekakuan tanah	11
Gambar 2.3	<i>Humboldt GeoGauge</i>	14
Gambar 2.4	Detail Instrumen <i>GeoGauge</i>	15
Gambar 2.5	Kondisi Pasir Setelah Pegujian <i>GeoGauge</i>	16
Gambar 2.6	<i>Verifier Mass</i>	20
Gambar 2.7	Kurva Hubungan Antara <i>Plate Loading Test</i> (E_{PLT}) dan <i>Modulus GeoGauge</i> (E_G)	21
Gambar 2.8	Kurva Hubungan Antara <i>Modulus GeoGauge</i> (E_G) dan Nilai <i>CBR</i>	22
Gambar 2.9	Kurva hubungan antara modulus <i>GeoGauge</i> (E_G) kedalaman pengukuran <i>GeoGauge</i> (<i>Thickness</i>)	23
Gambar 2.10	Hasil penelitian <i>Louisiana Department of Transportation & Development</i>	24
Gambar 2.11	<i>Marshal Hammer</i> dan Bak Kayu	24
Gambar 2.12	Hasil penelitian Lary R. Lenke	25
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	27
Gambar 3.2	Bak penelitian	28
Gambar 3.3	Sampel tanah gambut kalimantan	29
Gambar 4.1	Pemadatan dengan sistem tekan	35
Gambar 4.2	Kurva pemadatan tanah gambut kalimantan dengan sistem tekan	35
Gambar 4.3	Kurva pemadatan tanah gambut kalimantan menggunakan <i>modified proctor</i>	35
Gambar 4.4	Hasil pemadatan <i>standard proctor</i> pada penelitian Siti Hadijah	36
Gambar 4.5	Kurva hubungan <i>Water Content</i> dengan <i>Soil Stiffness Gauge</i>	37
Gambar 4.6	Pengujian <i>CBR</i> lapangan	39
Gambar 4.7	Kurva <i>CBR</i> tanah gambut kalimantan kadar air 100%	40
Gambar 4.8	Kurva <i>CBR</i> tanah gambut kalimantan kadar air 120%	42
Gambar 4.9	Kurva <i>CBR</i> tanah gambut kalimantan kadar air 140%	44
Gambar 4.10	Kurva hubungan <i>Soil Stiffness Gauge</i> dengan nilai <i>CBR</i>	45
Gambar 4.11	Kurva <i>CBR</i> tanah lempung depok kadar air 30%	46
Gambar 4.12	Kurva hubungan antara <i>SSG</i> dengan <i>CBR</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Standard Unit Load</i> pada tiap penetrasi	10
Tabel 2.2	Nilai Kekakuan Material	17
Tabel 2.3	Sampel Tanah Penelitian Ekram Seyman	21
Tabel 4.1	Data hasil pengujian <i>GeoGauge</i> pada tanah gambut kalimantan	37
Tabel 4.2	Data uji <i>CBR</i> lapangan pada tanah gambut kalimantan kadar air 100%	40
Tabel 4.3	Nilai <i>CBR</i> lapangan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 100%	40
Tabel 4.4	Data uji <i>CBR</i> lapangan pada tanah gambut kalimantan kadar air 120%	42
Tabel 4.5	Nilai <i>CBR</i> lapangan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 120%	42
Tabel 4.6	Data uji <i>CBR</i> lapangan pada tanah gambut kalimantan kadar air 140%	43
Tabel 4.7	Nilai <i>CBR</i> lapangan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 140%	44
Tabel 4.8	Data uji <i>CBR</i> lapangan pada tanah lempung depok kadar air 30%	46
Tabel 4.9	Nilai <i>CBR</i> lapangan pada tanah lempung depok dengan kadar air 30%	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Dari penelitian terdahulu¹ diketahui bahwa presentase luas daerah Indonesia yang ditutupi tanah gambut merupakan urutan lima terbesar dari seluruh negara yang mempunyai daerah tanah gambut. Wilayah yang luas ini sudah selayaknya dimanfaatkan dan dikembangkan.

Mengingat bahwa sebagian dataran rendah yang terdapat di daerah Kalimantan dan Kalimantan adalah tanah gambut, maka hal ini akan menjadi masalah bagi pelaksanaan pekerjaan konstruksi baik untuk bangunan, jalan, jembatan, maupun untuk pengembangan wilayah hal ini disebabkan karena kelakuan fisik dan mekaniknya tidak diketahui secara jelas sehingga tanah gambut sering dihindari penggunaannya.

Tanah gambut mempunyai karakteristik yang unik bila ditinjau dari segi batas-batas Atterbergnya, sensitivitasnya maupun nilai *CBR*-nya. Hal ini disebabkan karena tanah gambut memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi sebagai salah satu bahan pembentuk tanah, selain itu kadar keasamannya serta kandungan airnya juga tinggi yang menyebabkan tanah bersifat lunak. Hal-hal tersebut akan mempengaruhi kekuatan atau daya dukung tanah serta nilai *CBR* yang didapatkan saat tanah dipadatkan.

Nilai *CBR* (*California Bearing Ratio*) dari tanah pada umumnya didapatkan dengan melakukan uji *CBR* baik uji laboratorium maupun uji lapangan pada tanah yang dipadatkan. Nilai *CBR* menggambarkan tingkat kepadatan tanah yang diuji. Nilai ini biasanya digunakan untuk menggambarkan kualitas pemadatan dari timbunan. Saat ini penggunaan nilai *CBR* mulai tergantikan oleh

¹ Taylor, 1983

suatu nilai yang menggambarkan tingkat pemadatan tanah lebih baik daripada nilai *CBR* yaitu nilai kekakuan tanah. Hanya saja saat ini penggunaan nilai *CBR* lebih banyak digunakan di Indonesia.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan penelitian untuk mendapatkan korelasi antara nilai kekakuan tanah dan nilai *CBR*. Penelitian dilakukan dalam bentuk uji lapangan terhadap tanah gambut Kalimantan yang dipadatkan dengan prosedur sesuai dengan standar ASTM.

1.2 BATASAN MASALAH

Pada penelitian ini, tanah gambut yang akan diuji adalah tanah gambut yang berasal dari Kalimantan. Pengujian tanah ini akan dilakukan di lapangan dan contoh tanah yang akan diuji adalah contoh tanah yang terganggu (*disturbed sample*). Penelitian yang akan dilakukan terbatas pada pengujian *CBR* pada tanah gambut serta pengujian dengan menggunakan *GeoGauge™*.

Penelitian-penelitian tersebut antara lain :

- Kadar air
- *CBR*
- Nilai Kekakuan Tanah

Acuan penelitian yang akan dipakai, antara lain :

- *Standard Test Methods for CBR field*
- *Standard Test Method for Measuring Stiffness and Apparent Modulus of Soil and Soil-Aggregate In-Place by an Electro-Mechanical Method*
- *Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils*

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Karakteristik tanah gambut sangat unik bila dilihat dari batas-batas Atterberg, sensitivitas tanah serta nilai *CBR*nya. Hal ini disebabkan oleh kandungan organik, kadar keasaman serta kandungan airnya yang tinggi. Hal-hal tersebut akan mempengaruhi kekuatan atau daya dukung tanah serta nilai *CBR* yang didapatkan saat tanah dipadatkan. Tingkat kepadatan atau kualitas kepadatan tanah dapat dilihat dari nilai *CBR*nya yang biasa didapatkan dengan melakukan uji

CBR. Saat ini penggunaan nilai *CBR* mulai tergantikan oleh suatu nilai yang menggambarkan tingkat pemadatan tanah lebih baik daripada nilai *CBR* yaitu nilai kekakuan tanah. Hanya saja penggunaan nilai Kekakuan Tanah jarang digunakan di Indonesia dikarenakan belum adanya korelasi antara nilai Kekakuan Tanah dengan nilai *CBR* untuk tanah di Indonesia.

Oleh karena itu, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan korelasi antara nilai kekakuan tanah dan nilai *CBR* sehingga diharapkan di masa mendatang penggunaan nilai *CBR* untuk menggambarkan tingkat pemadatan tanah akan tergantikan oleh nilai kekakuan tanah.

1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang akan dipakai dalam kegiatan ini adalah:

1. Studi literatur

Studi literatur adalah penelitian terhadap peraturan standar yang berlaku dan dipakai, serta mencari masukan-masukan dari kegiatan penelitian lain yang berhubungan dengan *GeoGauge* dan *CBR* Lapangan.

2. Melakukan percobaan langsung

Mempraktekkan secara langsung percobaan *GeoGauge* dan *CBR* Lapangan

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Dalam penyusunan makalah untuk skripsi ini digunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

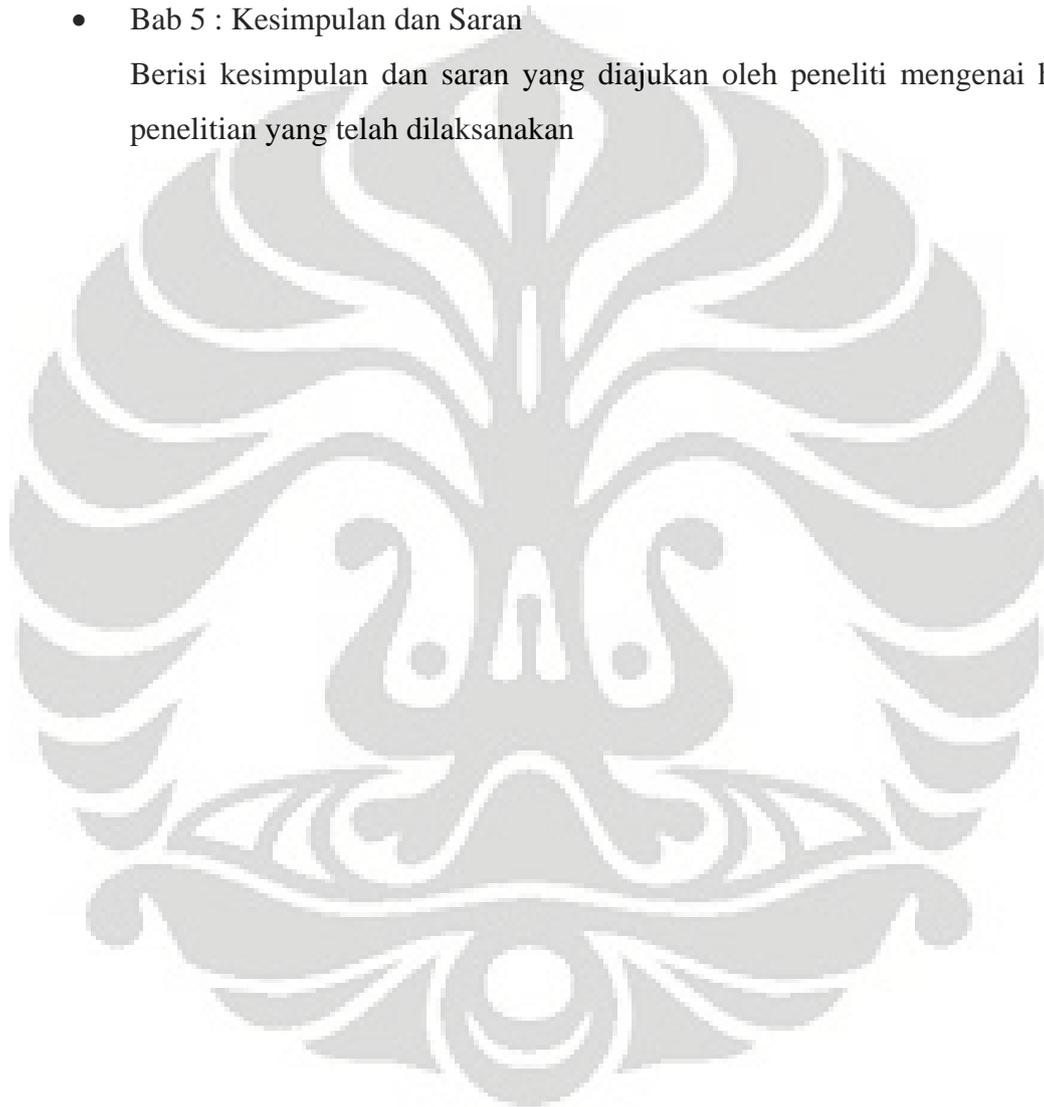
- Bab 1 : Pendahuluan

Berisi mengenai latar belakang, tujuan penelitian, metodologi penelitian, ruang lingkup pembahasan dan sistematika penulisan.

- Bab 2 : Tinjauan Pustaka

Berisi penjelasan mengenai hal-hal yang berkaitan dengan morfologi tanah gambut, dasar teori *CBR* Lapangan, dan *GeoGauge*. Penjelasan ini bersumber dari buku-buku referensi, jurnal dan hasil penelitian yang telah dilakukan.

- Bab 3: Metode Penelitian
Berisi rencana mengenai prosedur penelitian yang akan dilakukan berikut persiapan-persiapan yang harus dilakukan
- Bab 4 : Pengolahan dan Analisa Data Percobaan
Berisi pengolahan data penelitian beserta analisa pengujian *GeoGauge* dan *CBR* lapangan
- Bab 5 : Kesimpulan dan Saran
Berisi kesimpulan dan saran yang diajukan oleh peneliti mengenai hasil penelitian yang telah dilaksanakan



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 MORFOLOGI TANAH GAMBUT

2.1.1 Deskripsi Tanah Gambut

Gambut lebih dikenal dengan nama Peat atau Muck merupakan campuran dari fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang telah membusuk, berubah secara kimiawi dan akhirnya menjadi fosil. Material gambut yang ada di bawah permukaan diketahui mempunyai daya mampat yang tinggi dibanding dengan mineral tanah pada umumnya². Secara umum lahan dari gambut mempunyai kondisi yang hampir sama, yaitu kandungan bahan organik yang tinggi, kadar keasamannya yang tinggi dan kadar airnya yang tinggi sehingga kapasitas daya dukungnya rendah.

Pada umumnya tanah gambut berwarna coklat tua sampai kehitaman, meskipun bahan asalnya berwarna kelabu, cokelat kemerah-merahan tetapi setelah mengalami dekomposisi, muncul senyawa-senyawa humik berwarna gelap, pada umumnya perubahan yang dialami oleh sisa bahan organik terlihat sama dengan yang dialami oleh sisa bahan organik tanah mineral, walaupun pada tanah gambut proses aerasi terbatas.

Dalam keadaan kering, tanah gambut bersifat sangat kering, berat isi tanah organik bila dibandingkan dengan tanah mineral adalah rendah, yaitu 0.2 – 0.3 kN/m³ merupakan nilai umum bagi tanah organik yang telah mengalami dekomposisi lebih lanjut.

Tanah gambut memiliki kapasitas menahan air yang tinggi. Mineral kering dapat menahan air 1/5 – 2/5 dari bobot-bobotnya, sedangkan tanah gambut dapat menahan air 2 – 4 kali dari bobot keringnya. Sedangkan tanah gambut yang

² Mac Farlene, 1958

berlumut yang belum terdekomposisi dapat lebih banyak menahan air yaitu sekitar 12 atau 15 dan bahkan sampai 20 kali dari bobotnya sendiri. Sebagai akibat dari kemampuan menahan air yang besar maka tanah gambut memiliki daya dukung yang rendah.

Tanah gambut bersifat *fibrous* jika struktur dari daun, akar, ranting, dan cabang masih terlihat. Sedangkan jika strukturnya tidak terlihat dan berwarna kehitaman disebut *amorphous*. Karakteristik yang termasuk dalam pendeskripsian tanah gambut³ antara lain :

1. Warna
Warna tanah gambut di lapangan menjadi petunjuk yang berguna untuk menentukan tingkat tanah, akan tetapi warna tersebut dapat dengan cepat berubah jika terkena udara sebagai hasil dari proses oksidasi.
2. Tingkat dekomposisi atau humifikasi
3. Tingkat kebasahan
Kadar air dapat diukur secara akurat di laboratorium
4. Unsur utama
Unsur utama dari tanah gambut antara lain : *fibre, fine, coarse, amorphous granular material, woody material*, dan kondisinya.
5. Tanah mineral
Kecuali terlihat maka akan sulit untuk mengidentifikasinya di lapangan
6. Bau
Jika terdeteksi oleh penciuman manusia maka baunya dapat dijelaskan menjadi : tidak terlalu berbau, agak berbau, dan berbau keras. Bau dari H₂S dapat tercium secara vertikal, horisontal, dan waktu. Sedangkan bau dari Metan hanya dapat dideteksi dengan menggunakan detektor.
7. Kimiawi
Pada gambut, dekomposisi bahan-bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik yang terakumulasi pada tubuh tanah sehingga akan meningkatkan keasaman tanah gambut; dengan demikian tanah gambut cenderung lebih asam dari tanah mineral dengan kebasahan yang sama.

³ N.B. Hobbs, 1986

8. Kekuatan tarik

Daya tahan atau kekuatan terhadap tarikan dalam arah horisontal maupun vertikal merupakan petunjuk yang berguna bagi tanah tersebut.

Soebijanto S.U. (1988), dalam tulisannya menyatakan bahwa gambut di Indonesia tergolong Gambut Tropika yang terbentuk atau terakumulasi kira-kira 5000 tahun yang lampau. Gambut Tropika ini terbentuk akibat sisa-sisa bahan organik yang terdekomposisi pada kondisi anaerob di mana laju penambahan bahan lebih besar daripada laju dekomposisinya.

Pada tahap pertama yang terbentuk adalah gambut topogen yang pembentukannya dipengaruhi oleh keberadaan air sungai atau pasang surut air sungai. Gambut Topogen ini termasuk gambut yang cukup kaya akan nutrisi tanaman.

Bentuk gambut yang lain adalah gambut abrogen yang merupakan kelanjutan dari gambut topogen yang pembentukannya sudah tidak terpengaruh oleh air sungai maupun pasang surutnya, dan lokasinya lebih jauh dari tepi sungai. Gambut *Abrogen* dicirikan dengan kandungan nutrisi tanaman yang rendah. Secara umum sifat fisik dan kimia gambut tropika di Indonesia tidak banyak berbeda dengan abrogen yang ada di Eropa.

Nur Endah (1991) meneliti tanah gambut di daerah Kalimantan (Palangkaraya dan Banjarmasin) menyimpulkan bahwa tanah gambut di daerah tersebut termasuk jenis fibrous peat, dengan kadar serat antara 53 % - 61 %.

Puslitbang PU (1991) juga telah meneliti tanah gambut di Pekan Heram dan Pulau Padang (Kalimantan), menyatakan bahwa tanah gambut di daerah tersebut banyak mengandung serat dan kayu-kayuan (*fibrous atau woody peat*).

2.1.2 Tanah Gambut Yang Dipadatkan

Tanah gambut merupakan tanah dengan kandungan utamanya adalah material organik yang dapat mempengaruhi kekuatan dan pemadatan tanah. Menurut Franklin, Orozco dan Semrau (1973), semakin meningkatnya kandungan material organik maka akan mengurangi kerapatan kering tanah, dan sejalan dengan meningkatnya kandungan material organik maka kadar air optimum yang dicapai akan semakin besar.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Subagio (1995) mengenai pengaruh penambahan *Portland Cement* terhadap sifat dan perilaku dari contoh tanah gambut desa Tampan-Riau menunjukkan bahwa kadar air optimum yang dicapai oleh contoh tanah gambut desa Tampan-Riau sebelum dilakukan penambahan dengan *Portland Cement* yaitu sebesar 181.5 % dengan kerapatan kering maksimum yang rendah yaitu 0.377 gr/cm³. Nilai *CBR* yang diperoleh pada kondisi *unsoaked* yaitu sebesar 2.03 % dan kondisi *soaked* sebesar 1.63 %.

Vincentia Endah S (1997) melakukan penelitian pemadatan terhadap contoh tanah gambut Karang Agung-Kalimantan dengan campuran *supercement*. *Supercement* merupakan perpaduan antara *portland cement* dan cairan *supercement*, di mana dari pencampuran tanah dengan semen ini akan menghasilkan *soil cement* yang keras. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut menunjukkan kadar air optimum contoh tanah gambut Karang Agung-Kalimantan sebesar 72 % dan dengan kerapatan kering maksimum sebesar 0.658 gr/cm³, serta nilai *CBR* pada kondisi *unsoaked* yang diperoleh sebesar 8.94 %. Dalam penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa kadar *supercement* yang efektif untuk digunakan yaitu sebesar 6 %. Dengan adanya penambahan *supercement* sebesar 6 %, dapat menyebabkan kadar air optimum contoh tanah gambut berkurang menjadi 58 % dan kerapatan kering maksimum meningkat menjadi 0.725 gr/cm³, nilai *CBR unsoaked* meningkat menjadi 11.88 % (dengan waktu pemeraman 0 hari) dan nilai *CBR soaked* dengan waktu perendaman selama 4 hari sebesar 12.01 %.

Boy Irwandi (1995) melakukan penelitian pemadatan terhadap contoh tanah gambut Berengbengkel-Palangkaraya. Pemadatan dilakukan terhadap tanah gambut asli, serta campuran tanah gambut dengan peatsolid sebesar 6%. Peatsolid merupakan emulsi aspal yang bersifat karet sebagai hasil turunan dari minyak mentah. Hasil yang diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa kadar air optimum yang dapat dicapai tergolong tinggi, yaitu 128% dengan kerapatan kering tanah sebesar 0,478 gr/cm³. Nilai *CBR* rata-rata pada penetrasi 0,1” dan 0,2” untuk contoh tanah gambut Berengbengkel-Palangkaraya kondisi *unsoaked* yaitu sebesar 2,77% dan 2,42% untuk kondisi *soaked*.

Yustian Heri S (2008) melakukan penelitian mengenai korelasi antara uji CBR dan DCP tanah gambut Kalimantan yang dipadatkan pada kadar air 100 %, 120 %, dan 140 %. Pada kadar air 100 % nilai CBR pada penetrasi 0,1” dan 0,2” pada kondisi *unsoaked* yaitu 6,974 % dan 8,628 %. Sedangkan pada kondisi *soaked* yaitu 9,299 % dan 10,694 %. Pada kadar air 120 % nilai CBR pada penetrasi 0,1” dan 0,2” pada kondisi *unsoaked* yaitu 3,1 % dan 4,133 %. Sedangkan pada kondisi *soaked* yaitu 3,487 % dan 4,908 %.

2.2 CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

Nilai *CBR* adalah perbandingan antara kekuatan contoh tanah dengan kepadatan tertentu dan kadar air tertentu terhadap kekuatan batu pecah bergradasi rapat sebagai standar material dengan nilai *CBR* = 100, didapatkan pada *test compaction*. Metode *CBR* dikembangkan pertama kali oleh California Division of Highways (1929) yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah yang sesuai untuk material subgrade atau material base course pada konstruksi jalan raya.

Metode *CBR* yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *CBR* lapangan. Nilai *CBR* lapangan merupakan gambaran kondisi pemadatan yang secara langsung dilakukan di lapangan. Hasil dari uji *CBR* lapangan adalah gambaran secara langsung kondisi tanah eksisting. Prinsip kerja *CBR* lapangan sama dengan *CBR* laboratorium yaitu tanah diberi beban lalu dilakukan pembacaan pada penetrasi 0.0125”, 0.025”, 0.05”, 0.075”, 0.1”, 0.15”, 0.2 ”. Nilai *CBR* yang dicari adalah nilai *CBR* pada penetrasi 0.1” dan 0.2”. Untuk mencari nilai *CBR* dipakai rumus :

$$\%CBR = \frac{M \times LRC}{A \times BS} \times 100\% \dots\dots\dots 2.1$$

di mana :

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

Tabel 2.1 *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 : Lab Mekanika Tanah FT-UI

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

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{M(LRC)}{A} \dots\dots\dots 2.2$$

di mana :

- A = luas piston (3 inch²)
- P = M x LRC
- M = Pembacaan dial
- LRC = factor kaliberasi (10.04 lbf/div)

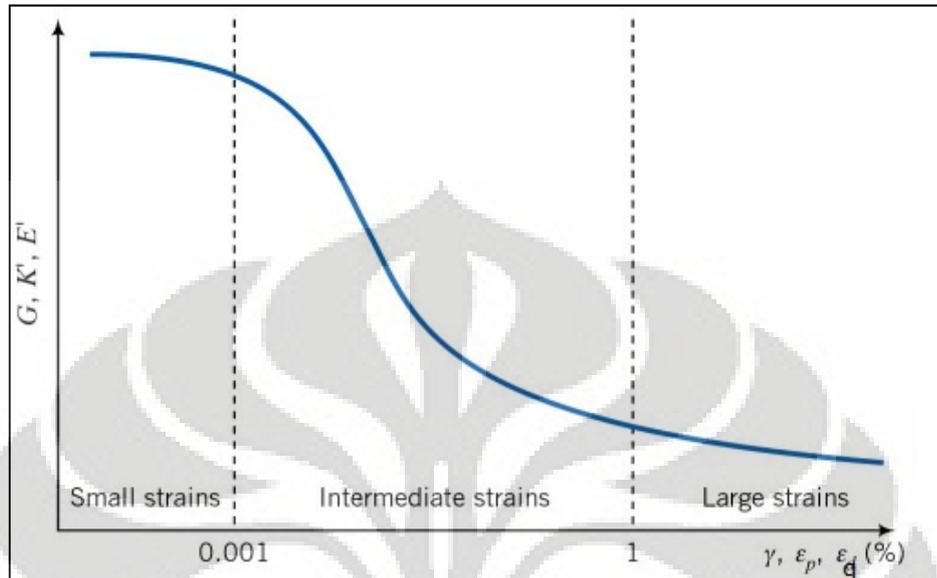
2.3 NILAI KEKAKUAN TANAH

2.3.1 Pendahuluan

Nilai kekakuan tanah menggambarkan kekuatan dari tanah yang diuji. Nilai kekakuan tanah bergantung kepada jumlah *shear strain* atau regangan geser⁴. Meningkatnya regangan geser menyebabkan nilai modulus geser (G) dan modulus elastisitas (E) menurun . Hal ini menyebabkan nilai kekakuan tanah menurun. Saat kondisi regangan geser kecil yaitu kurang dari 0.001%, nilai kekakuan tanah konstan dan tanah berperilaku seperti material yang elastis linier. Saat nilai regangan geser diantara 0.001 % - 1 %, nilai kekakuan tanah menurun secara signifikan dan tanah berilaku elastoplastis (nonlinier). Pada kondisi regangan geser > 1 %, nilai kekakuan tanah menurun secara perlahan hingga

⁴ Muni Budhu, 2007

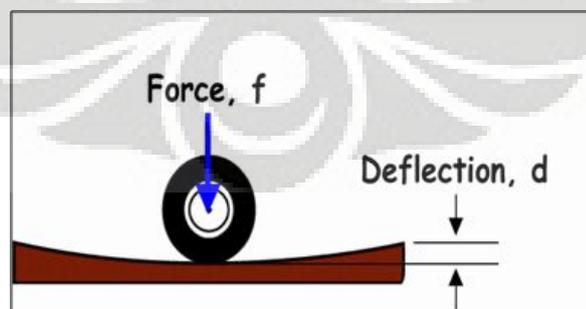
mencapai nilai yang konstan saat tanah mencapai kondisi *critical state* (lihat Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Kurva hubungan antara *Shear Strains* dengan G, K, E

(Sumber : *Soil Mechanics and Foundations*, Muni Budhu, 2007)

Nilai Kekakuan Tanah juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada permukaan tanah dengan besarnya defleksi pada permukaan tanah. Nilai kekakuan tanah didapatkan dengan memberikan gaya sebesar F pada permukaan tanah. Sebagai akibat pemberian gaya F , tanah akan mengalami defleksi sebesar d .



Gambar 2.2 Deskripsi nilai kekakuan tanah

(Sumber : *Humboldt Co*).

Dengan melakukan perbandingan antara F dan D maka nilai kekakuan tanah dapat ditentukan.

$$Stiffness = \frac{F}{d} \dots\dots\dots 2.3$$

di mana :

- *Stiffness* = nilai kekakuan tanah (N/m)
- F = gaya pada permukaan tanah (N)
- d = defleksi pada tanah (m)

Nilai kekakuan tanah juga dapat ditentukan dari modulus elastisitas tanah yaitu dengan menggunakan perumusan *static stiffness* dari *rigid annular ring* pada tanah elastis, homogen dan isotropik⁵ yaitu :

$$K = \frac{ER}{(1-\nu^2)\omega(n)} \dots\dots\dots 2.4$$

di mana :

- K = *stiffness* (MN/m)
- E = modulus elastisitas (MPa)
- R = *radius GeoGauge ring* (2.25 inches = 0.05715 m)
- ν = *Poisson's ratio*
- $\omega(n)$ = fungsi rasio antara diameter dalam dan diameter luar *GeoGauge* (0.565)

Dengan memasukkan beberapa nilai di atas maka perumusan *stiffness* menjadi :

$$K = \frac{1.77ER}{(1-\nu^2)} \dots\dots\dots 2.5$$

Sebagaimana diketahui bahwa modulus elastisitas dan modulus geser saling berhubungan yaitu $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ sehingga kita dapat mencari *stiffness* dari

modulus geser yaitu :

$$K = \frac{3.54GR}{(1-\nu)} \dots\dots\dots 2.6$$

⁵ Egorov, 1965

2.3.2 Nilai Kekakuan Tanah Sebagai Pengontrol Pemadatan

Pemadatan tanah merupakan salah satu komponen yang paling penting dalam konstruksi jalan raya, timbunan, dan pondasi. Ketahanan dan stabilitas struktur bergantung pada kualitas pemadatan. Metode yang digunakan untuk mengontrol pemadatan tanah adalah dengan melakukan uji *CBR*. Komponen properti tanah yang diuji yaitu kerapatan kering tanah dan kadar air tanah. Pada uji *CBR* terdiri dari uji *CBR* lapangan dan laboratorium. Hasil dari uji *CBR* lapangan dibandingkan dengan uji *CBR* laboratorium. Proses uji *CBR* memakan waktu yang cukup lama, tingkat akurasi yang diragukan, dan menjadi tidak praktis bila material yang diuji cukup banyak^{6 7}. Alasan utama penggunaan uji *CBR* sebagai pengontrol pemadatan tanah adalah karena prosesnya tidak rumit dan biaya yang dikeluarkan tidak besar⁸. Hanya saja tujuan dari pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki *engineering properties* tanah tidak hanya kerapatan kering dan kadar air saja⁹. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengujian *CBR* tidak menggambarkan *engineering properties* tanah pada kondisi yang sesungguhnya.

Kekuatan tanah (*strength*) merupakan salah satu *engineering properties* tanah. Sebagaimana diketahui bahwa nilai kekakuan tanah menggambarkan kekuatan tanah dan tujuan dari pemadatan tanah adalah untuk memperbaiki *engineering properties* tanah sehingga penggunaan nilai kekakuan tanah sebagai pengontrol pemadatan tanah lebih relevan bila dibandingkan dengan *CBR*.

2.4 GEOGAUGE

2.4.1 Pendahuluan

GeoGauge merupakan alat yang diproduksi oleh perusahaan *Humboldt* yang digunakan untuk menentukan nilai kekakuan dan modulus dari tanah dan agregat. *GeoGauge* memiliki dimensi yaitu tinggi 28 cm dan diameter 25,4 cm dengan berat 10 kg (lihat gambar 2.3). Pengujian dengan menggunakan *GeoGauge* dapat dilakukan dengan cepat dan mudah tanpa menimbulkan

⁶ Fiedler *et al*, 1998

⁷ Livneh & Goldberg, 2001

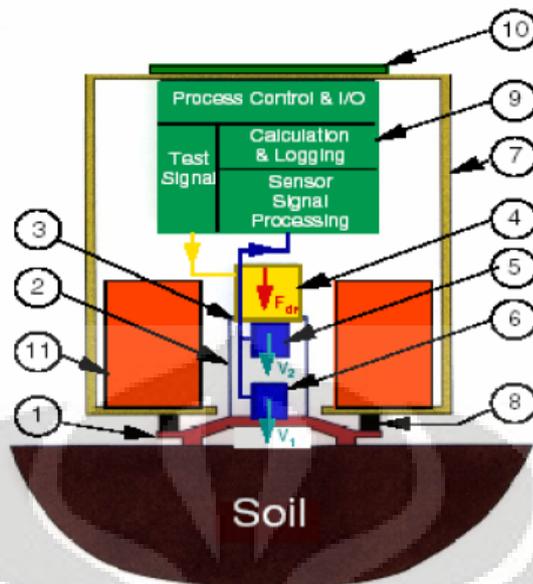
⁸ Lenk *et al*, 2003

⁹ Holtz & Kovac, 1981

kerusakan pada material yang akan diuji. Pengujian dengan menggunakan *GeoGauge* cukup dilakukan oleh 1 orang dikarenakan ukurannya yang tidak terlalu besar dan beratnya yang cukup ringan. *GeoGauge* mampu mengukur nilai kekakuan tanah antara hingga 70 MN/m. *GeoGauge* mengukur nilai kekakuan tanah pada jarak 220 – 310 mm dari permukaan material yang akan diuji. *GeoGauge* memiliki *memory* yang menyimpan data hingga 100 pengukuran. *GeoGauge* memiliki 2 baterai sebagai sumber tenaga yang mampu melakukan pengukuran hingga 1500 pengukuran.



Gambar 2.3 *Humboldt GeoGauge*
(Sumber : *Humboldt Co, 2002*)



Gambar 2.4 Detail Instrumen *GeoGauge*

(Sumber : *Humboldt Co.*)

Berikut adalah detail instrumen *GeoGauge* (lihat Gambar 2.4) :

1. *Rigid foot dengan annular ring*
2. *Rigid cylindrical sleeve*
3. *Clamped flexible plate*
4. *Electro-mechanical shaker*
5. *Upper velocity sensor*
6. *Lower velocity sensor*
7. *External case*
8. *Vibration isolation mounts*
9. *Electronics*
10. *Control & display*
11. *Power supply*

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengujian *GeoGauge* adalah *GeoGauge* harus memiliki kontak yang sempurna dengan permukaan benda uji (permukaan benda uji harus benar-benar rata). Salah satu kelemahan *GeoGauge* adalah *GeoGauge* tidak mampu bekerja dengan akurat bila permukaan benda uji terlalu padat atau keras. Untuk mengatasi hal ini maka di atas permukaan benda uji diletakkan pasir yang kondisinya tidak terlalu basah sebagai dudukan

GeoGauge. Fungsi pasir tersebut selain sebagai dudukan *GeoGauge* juga sebagai alat ukur apakah *GeoGauge* melakukan pengukuran dengan akurat atau tidak. Bila pada permukaan pasir yang telah dilakukan pengujian *GeoGauge* terbentuk lingkaran penuh maka *GeoGauge* telah melakukan pengukuran dengan akurat (lihat Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Kondisi Pasir Setelah Pegujian *GeoGauge*

(Sumber : *Humboldt Co.*)

Berikut adalah beberapa keuntungan menggunakan *Humboldt GeoGauge* :

1. Dimensi dan berat *GeoGauge* yang tidak terlalu besar menyebabkan alat ini mudah dibawa ke dalam lokasi proyek
2. Prosedur penggunaan alat ini simpel dan tidak rumit
3. *GeoGauge* hanya membutuhkan waktu selama 75 detik untuk melakukan pengukuran terhadap nilai kekakuan dan modulus tanah
4. *GeoGauge* menimbulkan defleksi pada permukaan tanah sebesar $< 1,27 \times 10^{-6}$ m sehingga penggunaan *GeoGauge* tidak menimbulkan kerusakan pada permukaan tanah yang diuji
5. *GeoGauge* tidak terpengaruh oleh suara dan getaran yang ditimbulkan oleh pekerjaan konstruksi
6. *GeoGauge* dilengkapi memori yang dapat menyimpan data yang memungkinkan dapat dilakukan pengujian sebanyak 100 kali dalam sehari
7. Data hasil pengukuran dapat ditransfer dari *GeoGauge* ke komputer untuk analisa lebih lanjut

8. *GeoGauge* dilengkapi dengan Verifier Mass yang digunakan untuk mengkalibrasi *GeoGauge* sehingga keakuratan data hasil pengujian dapat dijaga dengan baik

Kelemahan menggunakan *Humboldt GeoGauge* adalah :

1. *GeoGauge* hanya mampu mengukur nilai kekakuan suatu material hingga 70 MN/m. Bila dilakukan pengukuran terhadap material yang nilai kekakuannya di atas 70 MN/m maka hasilnya tidak akurat. Berikut adalah tabel nilai kekakuan material yang merupakan hasil dari tes di Mexico yang dilakukan oleh Humboldt.

Tabel 2.2 Nilai Kekakuan Material

Material	Mean Stiffness (MN/m)	Coefficient of Variation (%)	Mean Resilient Modulus	
			(MPa)	(ksi)
Sandy Clay Subgrade (not stabilized)	11,9	14,2	103,8	15,5
Sandy Clay Subgrade Lime Stabilized (1 day cure)	13,4	18,3	116,7	16,9
Sandy Clay Subgrade Lime Stabilized (2 day cure)	15,5	16,9	134,9	19,6
Sandy Clay Subgrade Lime Stabilized (2 weeks cure)	22,5	13,8	196,2	28,4
Clayey Sand Subgrade (not stabilized)	14,6	15,2	126,2	18,3
4" Milled Asphalt Base	18,4	18,5	159,5	23,1
2 nd Coarse Asphalt	38,9	23,9	337,7	49

Sumber : Humboldt Co. (2002)

2. *GeoGauge* tidak dapat melakukan pengukuran terhadap material yang permukaannya terlalu padat atau keras. Untuk mengatasi hal ini maka di atas permukaan benda uji diletakkan pasir yang kondisinya tidak terlalu basah sebagai dudukan *GeoGauge*.

2.4.2 Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari *GeoGauge* adalah *GeoGauge* memberikan gaya sebesar F pada permukaan tanah dengan melakukan getaran sebanyak 7400 kali. Lalu nilai kekakuan tanah dan modulus tanah dan agregat diukur dari impedansi dari getaran *GeoGauge* pada permukaan tanah. Gaya yang diberikan oleh *GeoGauge* dan ditransfer ke permukaan tanah dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$F_{dr} = K_{flex} (X_2 - X_1) + \omega^2 m_{int} X_1 \dots\dots\dots 2.7$$

di mana :

- F_{dr} = gaya yang diberikan oleh *GeoGauge* (N)
- K_{flex} = nilai kekakuan dari flexible plate (MN/m)
- X_2 = displacement yang terjadi pada flexible plate (m)
- X_1 = displacement pada bagian rigid foot dari *GeoGauge* (m)
- ω = $2\pi f$, di mana f adalah frekuensi (Hz)
- m_{int} = massa komponen internal (kg)

Pada frekuensi saat pengoperasian (antara 100 – 196 Hz), nilai kekakuan tanah dapat ditentukan dari impedansi yang terjadi, yaitu :

$$K_{gr} = \frac{F_{dr}}{X_1} \dots\dots\dots 2.8$$

di mana :

- K_{gr} = nilai kekakuan tanah
- F_{dr} = gaya yang diberikan *GeoGauge* (N)
- X_1 = displacement pada bagian rigid foot dari *GeoGauge* (m)

Sehingga nilai kekakuan tanah dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\bar{K}_{gr} = K_{flex} \frac{\sum_1^n \left(\frac{X_2 - X_1}{X_1} \right)}{n} + \frac{\sum_1^n \omega^2}{n} m_{int} = K_{flex} \frac{\sum_1^n \left(\frac{V_2 - V_1}{V_1} \right)}{n} + \frac{\sum_1^n \omega^2}{n} m_{int} \dots 2.9$$

di mana :

- N = banyaknya frekuensi yang digunakan
- V₂ = kecepatan gelombang pada *flexible plate*
- V₁ = kecepatan gelombang pada *rigid foot*

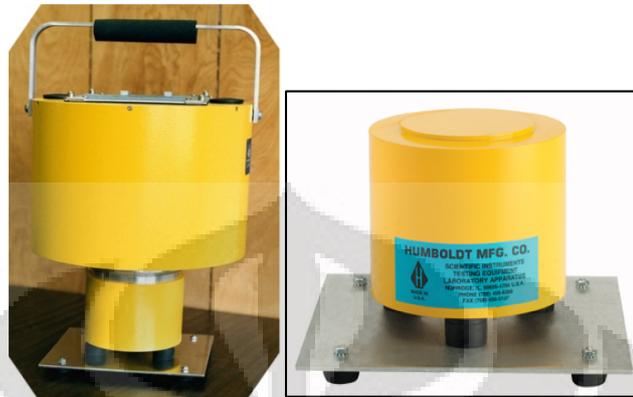
2.4.3 Kalibrasi

Untuk menjaga keakuratan data hasil pengukuran maka setidaknya setiap sebelum melakukan pengujian atau setidaknya setiap 12 bulan *GeoGauge* harus dikalibrasi. Untuk melakukan kalibrasi pada *GeoGauge* digunakan alat yang dinamakan Verifier Mass (lihat gambar 2.6). Verifier Mass memiliki berat 10 kg sehingga cukup ringan untuk dibawa ke lokasi proyek. Cara untuk mengkalibrasi *GeoGauge* yaitu dengan meletakkan *GeoGauge* di atas Verifier Mass lalu lakukan sebanyak 5 kali pengukuran. Setelah itu tentukan K_{eff} (nilai kekakuan efektif). Nilai K_{eff} yang didapat harus berada di antara -8,6 sampai -9,8 MN/m. Jika hasilnya di luar kisaran nilai tersebut maka sebaiknya *GeoGauge* tidak digunakan sebab kemungkinan terjadi kerusakan pada *GeoGauge* dan hasil pengukurannya tidak akurat. Berikut adalah perhitungan untuk menentukan K_{eff} :

$$K_{eff} = \frac{\sum_1^n M \omega^2}{n} \dots \dots \dots 2.10$$

Di mana :

- K_{eff} = nilai kekakuan efektif dari Verifier Mass (MN/m)
- M = berat Verifier Mass (kg)
- ω = 2πf, di mana f adalah frekuensi (Hz)
- n = jumlah pengukuran



Gambar 2.6 *Verifier Mass*

(Sumber : *Humboldt Co.*)

2.5 STUDI PENELITIAN *GEOGAUGE*

Di beberapa negara yaitu *USA* dan negara-negara Eropa sudah mulai menggunakan *GeoGauge* sebagai alat pengontrol kepadatan tanah. Oleh karena itu studi penelitian mengenai *GeoGauge* telah dilakukan oleh beberapa peneliti di *USA* dan negara-negara Eropa terutama pada tanah lempung dan pasir. Sedangkan studi penelitian mengenai *GeoGauge* sepengetahuan penulis belum pernah dilakukan di Indonesia.

Ekrem Seyman (2001) melakukan penelitian mengenai korelasi antara modulus yang dihasilkan dari *Plate Loading Test* (E_{PLT}) dan *GeoGauge* (E_G). Pada penelitian ini Ekrem Seyman menggunakan jenis tanah *clay*, *clayey silt*, dan *sand* yang dipadatkan dengan menggunakan *stamper* pada bak berukuran 5 ft x 3 ft x 2 ft (panjang x lebar x tinggi). Sampel tanah tersebut dilakukan pengujian compaction terlebih dahulu untuk mencari nilai kadar air optimum dari sampel tanah (lihat tabel 2.3).

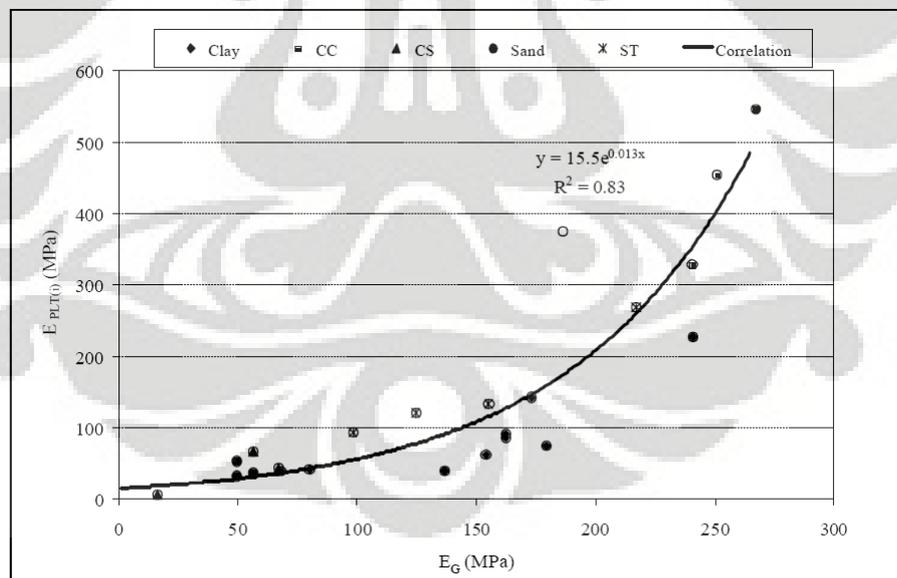
Tabel 2.3 Sampel Tanah Penelitian Ekram Seyman

Jenis Tanah	Kadar air (%)	Dry Density (t/m ³)
Clay	12,5	1,911
Clayey Silt	19	1,644
Sand	2	1,807

Sumber : Penelitian Ekram Seyman (2001)

Pengujian *Plate Loading Test* dan *GeoGauge* dilakukan pada 2 lapisan tanah yaitu pada kedalaman 8 inch dan 16 inch dari dasar bak. Dari penelitian yang dilakukan Ekram Seyman didapatkan kurva hubungan antara *Plate Loading Test* (E_{PLT}) dan *GeoGauge* (E_G) seperti yang terlihat pada gambar 2.7. Dari kurva tersebut didapatkan kesimpulan bahwa korelasi antara modulus yang dihasilkan dari *Plate Loading Test* (E_{PLT}) dan *GeoGauge* (E_G) yaitu :

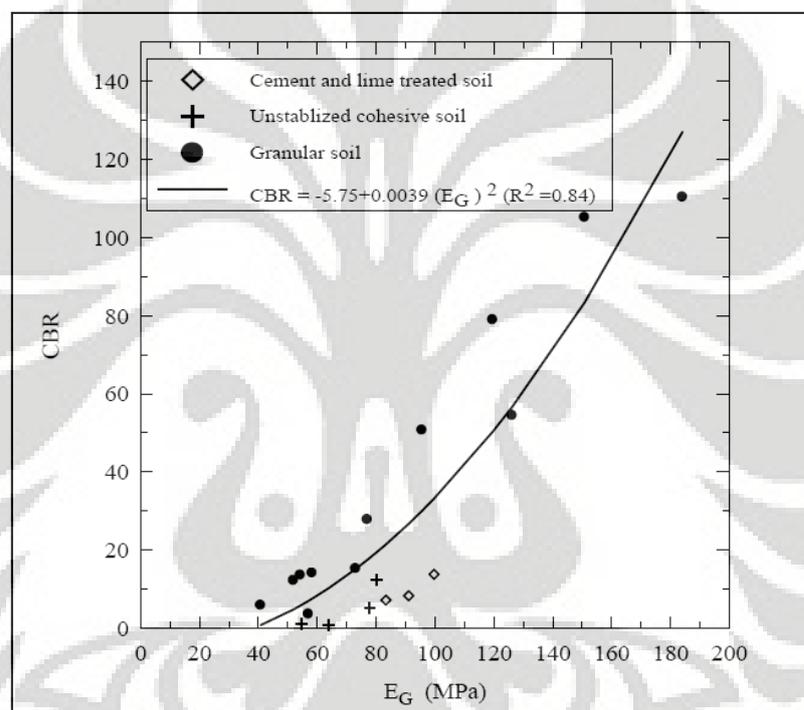
$$E_{PLT(i)} = 15.5e^{0.013(E_G)} \text{ dengan } (R^2 = 0.83) \dots\dots\dots 2.11$$



Gambar 2.7 Kurva Hubungan antara *Plate Loading Test* (E_{PLT}) dan Modulus *GeoGauge* (E_G)

(Sumber : Penelitian Ekram Seyman ,2001)

Munir D. Nazzal (2002) melakukan penelitian mengenai korelasi antara modulus *GeoGauge* (E_G) dan nilai *CBR* pada tanah granular (pasir). Pengujian *GeoGauge* dilakukan langsung di lapangan yaitu saat proses konstruksi jalan raya di Louisiana sedang berlangsung. Sedangkan pengujian *CBR* dilakukan di laboratorium yaitu menggunakan *CBR soaked*. Dari penelitian yang dilakukan Nazzal didapatkan kurva hubungan antara modulus *GeoGauge* (E_G) dan nilai *CBR* seperti yang terlihat pada gambar 2.8.



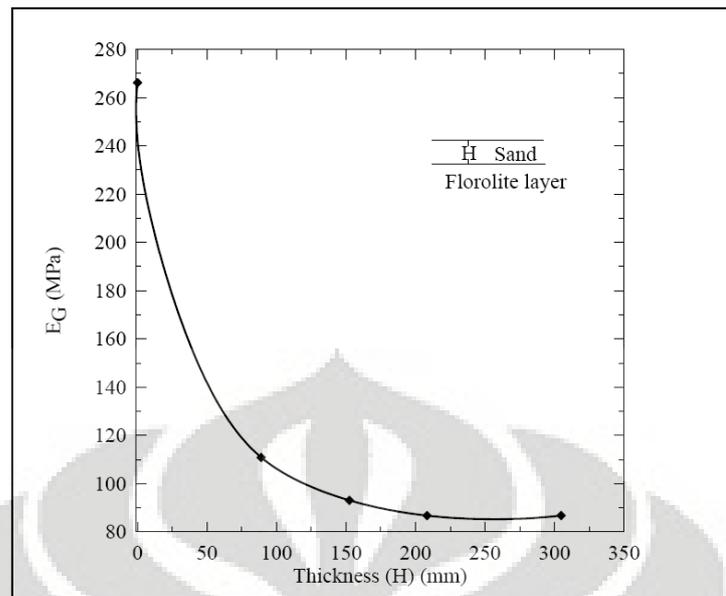
Gambar 2.8 Kurva Hubungan Antara Modulus *GeoGauge* (E_G) dan Nilai *CBR*

(Sumber : Penelitian Munir D. Nazzal ,2002)

Dari kurva tersebut didapatkan kesimpulan bahwa korelasi antara modulus *GeoGauge* (E_G) dan nilai *CBR* yaitu :

$$CBR = 0.00392(E_G)^2 - 5.75 \text{ dengan } (R^2 = 0.84) \dots\dots\dots 2.12$$

Perhitungan 2.9 berlaku untuk E_G diantara 40.8 – 184.11 Mpa. Selain itu Nazzal juga meneliti mengenai kedalaman efektif pengujian *GeoGauge*. Hasil yang didapatkan yaitu *GeoGauge* melakukan pengujian pada kedalaman efektif 180 mm – 190 mm dari permukaan benda uji. (lihat gambar 2.9)



Gambar 2.9 Kurva hubungan antara modulud GeoGauge (E_G) dengan kedalaman pengukuran GeoGauge (*Thickness*)

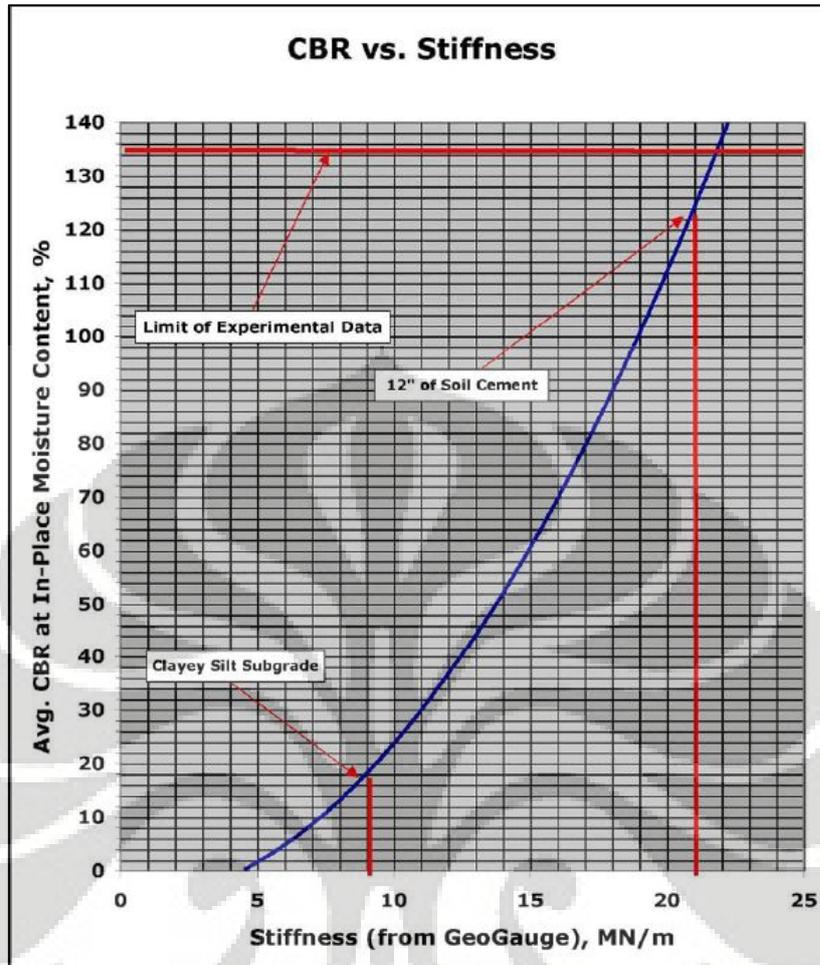
(Sumber : Penelitian Munir D. Nazzal ,2002)

Louisiana Department of Transportation & Development melakukan penelitian mengenai korelasi antara *GeoGauge stiffness* (K_G) dan nilai *CBR unsoaked* pada tanah lempung yaitu :

$$CBR = 0.0039(8.672 K_G)^2 - 5.75 \text{ dengan } R^2 = 0.84 \dots\dots\dots 2.13$$

Bila dilihat dari gambar 2.10 maka terdapat kecenderungan nilai Stifness dapat bernilai nol atau bahkan negatif bila nilai CBR benda uji di bawah 5%.

Lary R. Lenke, R. Gordon McKeen, Matt P. Grush melakukan pengujian *GeoGauge* pada tanah *silty sand*. Pada penelitian ini sampel tanah dipadatkan pada bak yang terbuat dari kayu dengan ukuran 15 inch x 15 inch x 12 inch (panjang x lebar x tinggi). Proses pemadatan dilakukan pada 6 lapisan tanah dengan menggunakan *Marshall hammer* yang dimodifikasi dengan memasang plat berdimensi 4 inch x 4 inch (lihat gambar 2.11). Untuk mencapai *Standard Proctor Energy* maka *Marshall hammer* dengan berat 10 pound dijatuhkan dari ketinggian 18 inch sebanyak 228 kali per lapisan tanah.



Gambar 2.10 Hasil penelitian *Louisiana Department of Transportation & Development*

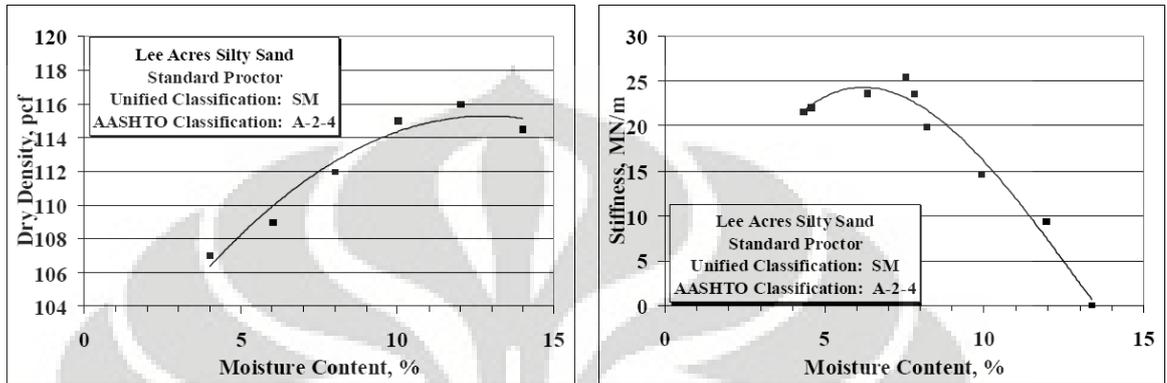
(Sumber : *Louisiana Department of Transportation & Development, 2002*)



Gambar 2.11 *Marshall Hammer* dan Bak Kayu

(Sumber : Penelitian Lary R. Lenke, 2003)

Hasil yang didapatkan yaitu *dry density* berbanding terbalik terhadap *stiffness*. Makin bertambahnya *moisture content* menyebabkan *dry density* makin meningkat di saat yang bersamaan nilai *stiffness* makin menurun (lihat gambar 2.12)



Gambar 2.12 Hasil penelitian Lary R. Lenke

(Sumber : Penelitian Lary R. Lenke,2003)

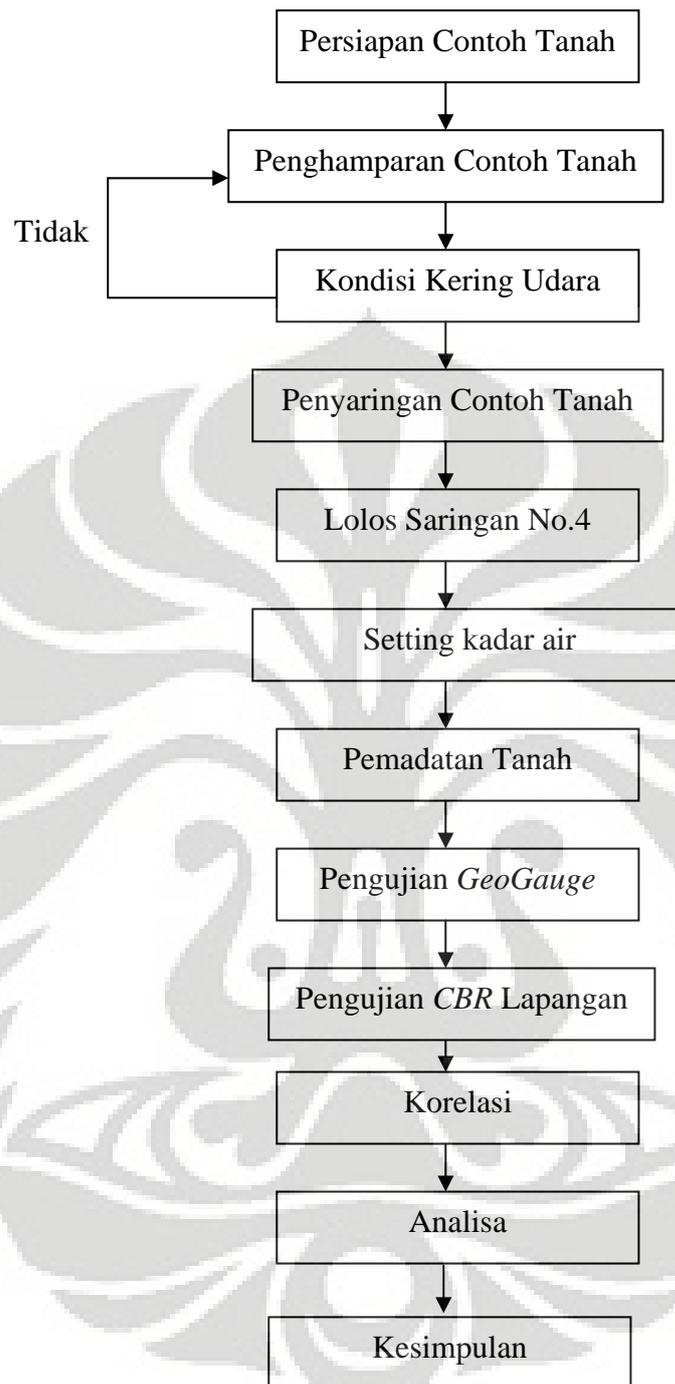
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 KEGIATAN PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan meliputi studi eksperimental lapangan dan studi literatur terhadap beberapa penelitian yang berkaitan dengan pemadatan tanah gambut, uji *CBR* lapangan dan uji *GeoGauge* seperti yang telah dibahas pada bab II. Studi eksperimental yang dilakukan meliputi proses pemadatan tanah, pengujian *GeoGauge* dan pengujian *CBR* lapangan terhadap contoh tanah gambut yang berasal dari Kalimantan. Kegiatan penelitian dilakukan di area sekitar Departemen Teknik Sipil FT-UI dan rencananya penelitian akan dilakukan selama ± 1 bulan.

Kegiatan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu meliputi persiapan contoh tanah, pengujian kadar air tanah yang meliputi penentuan kadar air dan *setting* kadar air, pemadatan tanah, pengujian *GeoGauge*, pengujian *CBR* Lapangan, penentuan korelasi antara nilai *CBR* dengan nilai kekakuan tanah, dan analisa hasil penelitian. Skema dari kegiatan penelitian tersebut diberikan dalam diagram alir pengujian di laboratorium pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.2 Bak penelitian

Pengujian akan dilakukan di sebuah bak berbentuk kotak (lihat gambar 3.2) berukuran 15 inch x 15 inch x 12 inch (panjang x lebar x tinggi) dengan menggunakan 3 sampel yaitu tanah dengan kadar air 100 %, 120 %, 140 %. Bak terbuat dari baja. Bak yang digunakan bukan merupakan bak dengan dimensi yang standar sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai dimensi bak yang ideal untuk pengujian GeoGauge. Ukuran bak yang digunakan sama dengan ukuran bak yang digunakan dalam penelitian oleh Lary R.Lenke (2003). Hal tersebut dilakukan untuk menghindari pengaruh dimensi bak terhadap hasil pengujian GeoGauge. Pematatan dilakukan dengan menggunakan sistem tekan. Pengujian GeoGauge dan CBR lapangan dilakukan saat tanah dipadatkan hingga ketinggian 12 inch dari dasar bak.

3.2 PERSIAPAN CONTOH TANAH

Contoh tanah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu contoh tanah gambut yang berasal dari Kalimantan. Contoh tanah tersebut merupakan contoh tanah terganggu (disturbed samples). Contoh tanah dikatakan terganggu apabila struktur asli dari tanah tersebut sebagian atau seluruhnya termodifikasi. Tetapi dengan pencegahan yang baik maka kadar air asli dari contoh tanah dapat dipertahankan. Untuk itu agar kadar air asli tanah tidak berubah, penyimpanan contoh tanah dilakukan menyimpan tanah dalam plastik lalu dibungkus dengan

karung dan diikat erat agar air yang terkandung di dalam contoh tanah ini tidak menguap sehingga kadar air tanah dapat tetap terjaga.



Gambar 3.3 Sampel Tanah Gambut Kalimantan

Untuk pengujian kadar air, contoh tanah yang digunakan yaitu contoh tanah kondisi awal dengan kadar air natural. Sedangkan untuk contoh tanah yang telah kering udara selanjutnya disaring dengan menggunakan saringan No.4. Kemudian contoh tanah yang telah disaring dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diikat erat agar kadungan air yang masih di dalam contoh tanah tidak menguap.

3.3 PENGUJIAN KADAR AIR

3.3.1 Penentuan Kadar Air

Kadar air (w) merupakan perbandingan antara massa air dengan massa partikel padat tanah. Proses penentuan kadar air untuk tanah gambut ditentukan berdasarkan ASTM D 2974-87. Proses penentuan kadar air pada tanah gambut sedikit berbeda bila dibandingkan dengan penentuan kadar air pada jenis tanah yang lain. Pada jenis tanah yang lain (misal : tanah lempung), sampel tanah dikeringkan di dalam oven dengan suhu $105 - 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Pada tanah gambut, sampel tanah dikeringkan di dalam oven dengan suhu maksimal $105\text{ }^{\circ}\text{C}$

selama 16 jam atau sampai tidak terjadi perubahan massa dari contoh tanah sebab bila sampel tanah gambut dikeringkan dengan suhu tinggi ($> 105\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan dengan waktu pengeringan >16 jam dapat menyebabkan material organik tanah gambut menjadi hangus atau akan terjadi oksidasi.

Selanjutnya kadar air dari tanah gambut ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ kadar air} = \frac{(A - B)}{B} \times 100\% \dots\dots\dots 3.1$$

Di mana :

- A = massa tanah basah (gr)
- B = massa tanah kering (gr)

3.3.2 *Setting* Kadar Air

Tujuan dari *setting* kadar air adalah agar sampel tanah mencapai kadar air yang diinginkan. Pada penelitian ini target kadar air sampel tanah adalah 100%, 120% dan 140%. Berikut adalah prosedur *setting* kadar air :

1. Ukur berat dari sampel tanah
2. Tentukan kadar air normal dari sampel tanah
3. Lakukan penambahan volume air pada sampel tanah, berikut adalah perhitungan penambahan volume air :

$$V = \frac{W_x - W_k}{1 + W_k} \times W \dots\dots\dots 3.2$$

Di mana :

- V = volume air yang ditambahkan (ml)
 - W_x = kadar air akhir (%)
 - W_k = kadar air awal (%)
 - W = berat tanah (gr)
4. Ukur kadar air setelah dilakukan penambahan air, bila kadar air tidak mencapai target maka ulangi prosedur

3.4 PEMADATAN TANAH

Pemadatan tanah dilakukan dengan menggunakan sistem tekan. Proses pemadatan dilakukan tiap lapisan tanah (terdapat 5 lapis tanah). Pemadatan dilakukan dengan menggunakan kerapatan basah (ρ_{wet}) sebagai target pemadatan tanah. Hal ini dilakukan untuk menghindari efek pembebanan dinamik yang terjadi bila yang digunakan sebagai target pemadatan tanah adalah energi pemadatan.

1. Untuk mendapatkan volume tanah yang diperlukan, dilakukan pemadatan di lab dengan menggunakan modified proctor. Dari pemadatan di lab didapatkan ρ_{wet} dan dari ρ_{wet} didapatkan volume tanah yang diperlukan untuk dipadatkan dengan volume mold.
2. Dengan perbandingan volume mold dan volume bak maka didapatkan volume tanah yang diperlukan. Dikarenakan terdapat 5 lapis tanah maka volume yang didapatkan dibagi 5 sehingga didapatkan volume yang diperlukan untuk tiap lapis tanah

Perlu diperhatikan bahwa pada penelitian ini yang dilakukan adalah proses pemadatan tanah bukan pengujian pemadatan tanah. Berikut adalah prosedur pemadatan tanah :

1. Tanah dimasukkan ke dalam bak. Lakukan pemadatan dengan menggunakan pompa hidrolis dari alat *bearing plate* per lapisan tanah.
2. Lalu ratakan permukaan tanah dengan menggunakan pisau atau penggaris. Bila pengujian telah selesai dilakukan maka lanjutkan pemadatan hingga untuk lapisan berikutnya

3.5 PENGUJIAN GEOGAUGE

Pengujian *GeoGauge* dilakukan setelah pemadatan tanah. Pada pengujian kekakuan tanah digunakan alat yaitu *GeoGauge* yang diproduksi oleh *Humboldt Mfg.Co.* Berikut adalah prosedur pengujian :

1. Cek keadaan *GeoGauge*
Bersihkan bagian *rigid foot* dari *GeoGauge*
2. Tekan tombol *ON* pada *GeoGauge*
3. Lakukan kalibrasi dengan menggunakan *Verifier Mass*

4. Meratakan permukaan tanah
Bila permukaan tanah terlalu keras maka letakkan pasir yang tidak terlalu basah pada permukaan tanah sebagai dudukan *GeoGauge*
5. Letakkan *GeoGauge* pada permukaan tanah yang telah dipadatkan
6. Tekan tombol *MEAS*
7. Setelah selesai melakukan pengujian, pindahkan *GeoGauge* dari benda uji
8. Simpan data dengan menekan tombol *SAVE*
9. Mematikan *GeoGauge* dengan menekan tombol *OFF*
10. Memindahkan data hasil pengukuran dengan mentransfer data ke komputer

3.6 PENGUJIAN *CBR* LAPANGAN

Pengujian *CBR* lapangan dilakukan setelah pengujian dengan menggunakan *GeoGauge* selesai. Sampel tanah dilakukan uji *CBR* lapangan dengan menggunakan mesin *CBR* lapangan. Berikut adalah peralatan yang digunakan dalam uji *CBR* lapangan :

- 2 buah hand auger
- 1 buah pemutar
- 2 buah besi pemutar
- 1 buah alat *CBR*
- 1 buah plat dasar
- 1 buah cangkul

Berikut adalah prosedur pengujian *CBR* Lapangan :

1. Memasang angkur yang berfungsi sebagai beban pada tanah
2. Meratakan permukaan tanah yang akan diuji, kemudian ditempatkan plat dasar pada permukaan tanah yang telah disiapkan, pastikan tidak ada rongga dibawah plat
3. Meletakkan ujung selongsong pada permukaan tanah didalam lubang plat dasar. Setelah itu letakkan pemutar diatas selongsong perlahan-lahan selongsong searah jarum jam. Selama menekan selongsong kedalam tanah harus mengikuti tahapan penurunan selongsong pada penentuan persamaan kalibrasi. Penurunan selongsong kedalam tanah harus tegak lurus plat

dasar. Catat pembacaan dial setiap penurunan selongsong 0.025 inch sampai kedalaman 0.2”.



BAB 4

PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA PERCOBAAN

4.1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dan analisa data pengujian *GeoGauge* berupa nilai kekakuan tanah dan pengujian *CBR* lapangan berupa nilai *CBR* yang telah dilakukan sesuai dengan metodologi penelitian. Setelah tanah gambut kalimantan dipadatkan maka dilakukan pengujian *GeoGauge* lalu pengujian *CBR* Lapangan pada sampel tanah gambut kalimantan.

Korelasi nilai kekakuan tanah dan *CBR* dapat dicari dengan melakukan korelasi langsung berdasarkan kurva nilai kekakuan tanah terhadap nilai *CBR*. Selain mencari nilai korelasi antara nilai kekakuan tanah dengan nilai *CBR*, juga dilakukan analisa antara nilai kekakuan tanah dan pengaruh kadar air tanah dan berat kering tanah.

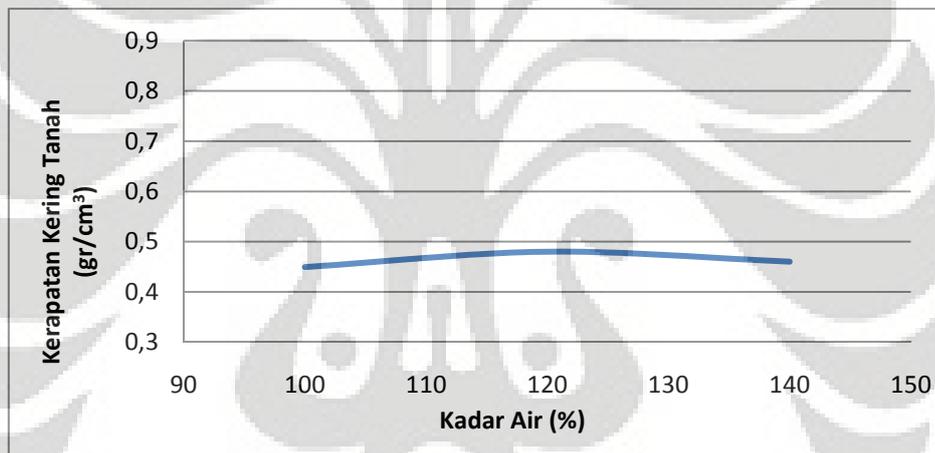
4.2 HASIL PEMADATAN DENGAN SISTEM TEKAN

Pada penelitian ini, metode pemadatan tanah yang digunakan adalah dengan menggunakan metode sistem tekan (gambar 4.1). Sebelum melakukan metode tersebut, terlebih dahulu dilakukan pemadatan dengan menggunakan *modified proctor* di laboratorium untuk mendapatkan nilai kerapatan dari sampel tanah untuk kemudian ditentukan volume tanah yang diperlukan untuk dilakukan pemadatan. Pemadatan dilakukan pada sampel tanah gambut dengan kadar air 100%, 120%, dan 140%. Dari proses pemadatan ini bisa didapatkan kurva pemadatan tanah (gambar 4.2)

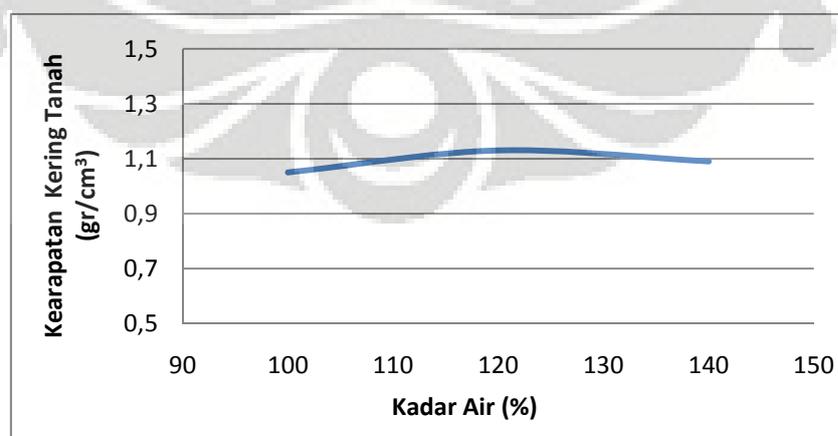
Kurva pemadatan tanah gambut dengan sistem tekan dibuat dengan cara menghubungkan nilai kadar air dan berat isi kering dari pemadatan tanah gambut. Dengan menggunakan kurva pemadatan, dapat ditentukan kualitas pemadatan dengan sistem tekan.



Gambar 4.1 Pemadatan dengan sistem tekan



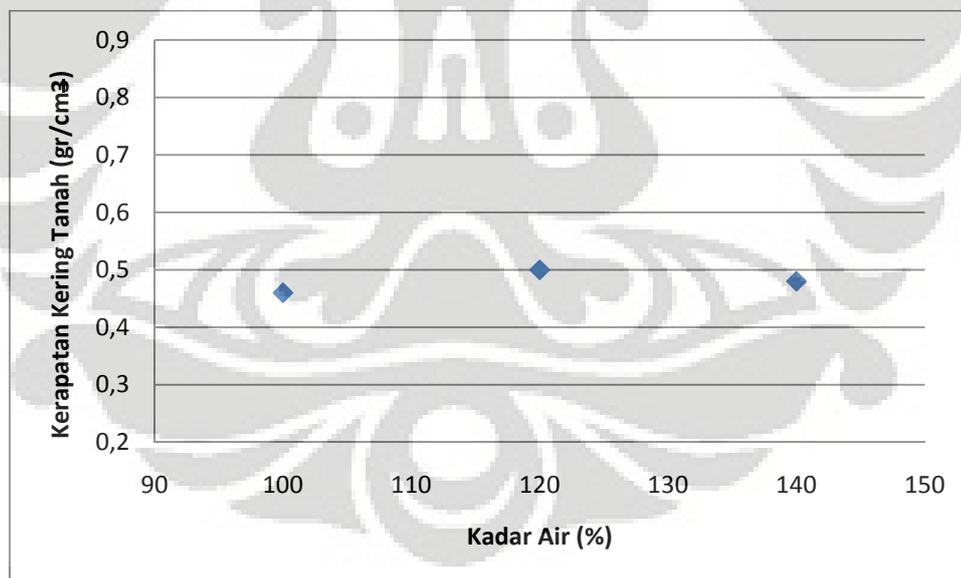
Gambar 4.2 Kurva pemadatan tanah gambut kalimantan dengan sistem tekan



Gambar 4.3 Kurva pemadatan tanah gambut kalimantan menggunakan *modified proctor*

Dari gambar 4.2 didapat nilai kerapatan kering tanah gambut (ρ_{dry}) pada kadar air 100% adalah 0,44 gr/cm³, pada kadar air 120% adalah 0,48 gr/cm³, dan pada kadar air 140% adalah 0,46 gr/cm³. Dari data di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai kerapatan kering tanah gambut (ρ_{dry}) berada pada nilai maksimum 0,48 gr/cm³ pada kadar air 120%. Pada penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh *Siti Hadijah (2005)* kerapatan kering maksimum untuk tanah gambut pada kadar air 100% – 160% juga berada pada kadar air 120%.

Nilai kerapatan kering dengan sistem tekan lebih kecil bila dibandingkan dengan hasil pemadatan *modified proctor* (gambar 4.3). Hasil ini menunjukkan bahwa proses pemadatan dengan sistem tekan tidak sempurna yang diakibatkan oleh pemberian tekanan tiap lapis berbeda sehingga kepadatan tiap lapis berbeda. Hal tersebut menyebabkan kepadatan sampel dengan sistem tekan tidak identik dengan kepadatan dengan *modified proctor*. Bila dibandingkan dengan hasil pemadatan *standard proctor* pada penelitian *Siti Hadijah (2005)*, maka kepadatan dengan sistem tekan identik dengan kepadatan dengan *standard proctor*.



Gambar 4.4 Hasil pemadatan *standard proctor* pada penelitian *Siti Hadijah*

4.3 HASIL DAN ANALISA UJI *GEOGAUGE* DAN UJI *CBR* LAPANGAN PADA TANAH GAMBUT KALIMANTAN

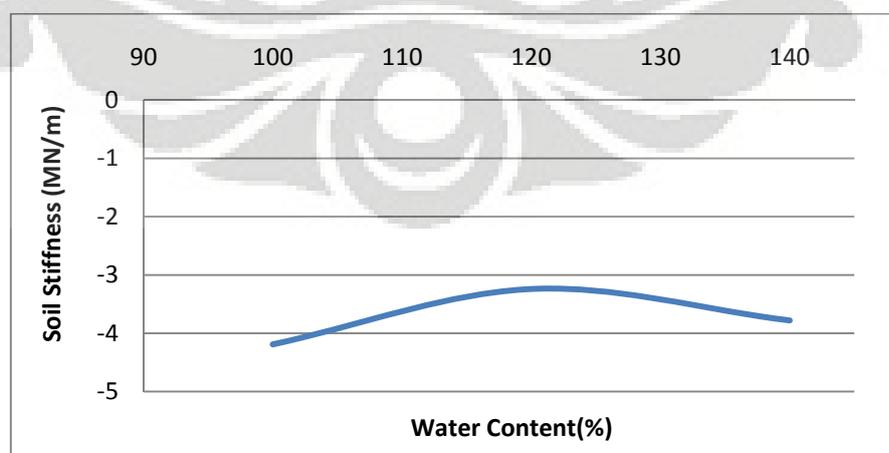
Setelah pemadatan tanah gambut kalimantan dengan sistem tekan, pada sampel tanah gambut kalimantan dilakukan uji *GeoGauge* untuk mencari nilai kekakuan tanah (*soil stiffness*) lalu dilanjutkan dengan uji *CBR* lapangan untuk mencari nilai *CBR*.

4.3.1 Hasil dan Analisa Uji *GeoGauge* pada Tanah Gambut Kalimantan

Pada saat proses pengujian *GeoGauge* terdapat kendala dengan kondisi permukaan sampel yang lunak sehingga menyebabkan *GeoGauge* tidak dapat bekerja (hasil data yang didapat dari *GeoGauge* berupa *overload*). Untuk mengatasi hal ini diletakkan pasir yang tidak terlalu basah di atas permukaan sampel. Namun *GeoGauge* tetap tidak dapat bekerja. Pada akhirnya diletakkan pelat logam di atas permukaan benda uji dan *GeoGauge* dapat bekerja namun hasil yang dikeluarkan bernilai negatif. Data hasil pengujian *GeoGauge* dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian *GeoGauge* pada tanah gambut kalimantan

Kadar Air (%)	100	120	140
Stiffness (MN/m)	-4,19	-3,24	-3,78



Gambar 4.5 Kurva hubungan *Water Content* dengan *Soil Stiffness Gauge*

Dari tabel 4.1 dapat diketahui bahwa nilai kekakuan tanah yang dibaca oleh *GeoGauge* pada seluruh benda uji bernilai negatif. Nilai kekakuan tanah tidak mungkin negatif. Tetapi bila ditinjau dari prinsip kerja *GeoGauge* hasil tersebut bisa digunakan. Hal ini dikarenakan nilai kekakuan tanah yang terbaca oleh *GeoGauge* ditentukan berdasarkan persamaan 2.4.

Berdasarkan persamaan 2.9 dapat diketahui bila nilai kecepatan gelombang pada *rigid foot* (V_1) lebih besar dari nilai kecepatan gelombang pada *flexible plate* (V_2) maka nilai kekakuan tanah yang terbaca oleh *GeoGauge* bernilai nol atau bahkan negatif. Sehingga nilai negatif didapat karena displacement pada sampel lebih besar dari displacement pada flexible plate. Hal ini terjadi karena proses pemadatan yang tidak sempurna yang menyebabkan sampel tanah gambut bersifat seperti spons.

Berdasarkan hasil pengujian *GeoGauge* maka nilai kekakuan tanah yang terbaca oleh *GeoGauge* tidak menggambarkan nilai kekakuan tanah yang sebenarnya. Sehingga nilai kekakuan tanah yang terbaca oleh *GeoGauge* merupakan nilai kekakuan yang terbaca oleh alat *GeoGauge* (*Soil Stiffness Gauge*) bukan sebagai nilai kekakuan tanah (*soil stiffness*). Hal ini juga sesuai dengan salah satu peneliti yaitu Sawangsuriya (2002) yang juga beranggapan bahwa nilai kekakuan tanah yang terbaca oleh *GeoGauge* dianggap sebagai *Soil Stiffness Gauge* (*SSG*) bukan sebagai nilai kekakuan tanah.

Nilai kekakuan tanah yang negatif tidak dianggap sebagai nilai positif sebab bila dianggap sebagai nilai yang positif maka semakin besar nilai kerapatan kering menyebabkan nilai kekakuan tanah semakin kecil (lihat gambar 4.2 dan 4.5). Menurut peneliti hal tersebut tidak mungkin sebab nilai ρ_{dry} menggambarkan kepadatan tanah dan semakin besar nilai ρ_{dry} maka kepadatan tanah semakin besar. Bila kepadatan tanah semakin besar maka bila di permukaan tanah diberikan beban maka deformasi pada sampel tanah semakin kecil yang menyebabkan nilai kekakuan tanah semakin besar. Dengan demikian, semakin besar nilai ρ_{dry} (tanah semakin padat) maka semakin besar pula nilai kekakuan tanah.

4.3.2 Hasil dan Analisa Uji *CBR* Lapangan pada Tanah Gambut Kalimantan

Setelah dilakukan pengujian *GeoGauge* maka penelitian dilanjutkan dengan melakukan pengujian *CBR* Lapangan pada benda uji seperti yang terlihat pada gambar 4.6. Nilai *CBR* lapangan merupakan gambaran kondisi pemadatan yang secara langsung dilakukan di lapangan. Hasil dari uji *CBR* lapangan adalah gambaran secara langsung kondisi tanah eksisting.



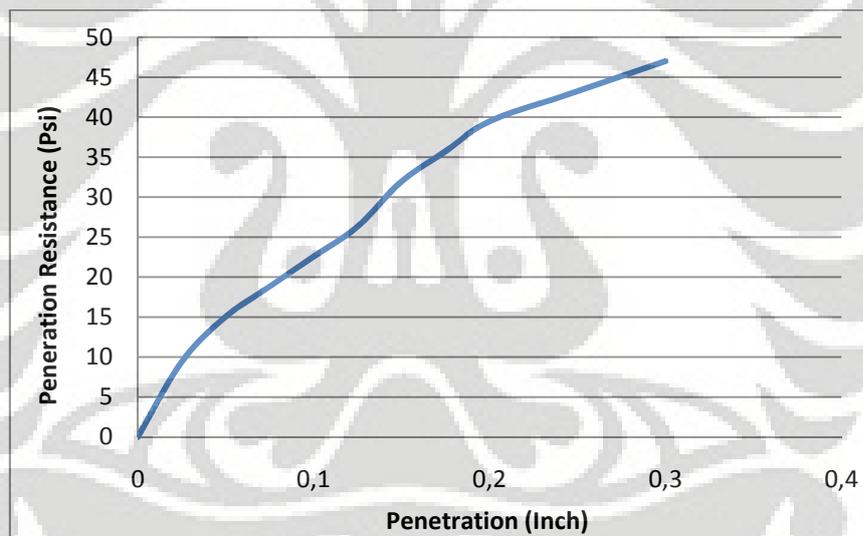
Gambar 4.6 Pengujian *CBR* lapangan

4.3.2.1 Tanah Gambut Kalimantan dengan Kadar Air 100 %

Data hasil pengujian *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 100% dapat dilihat pada tabel 4.2. Berdasarkan gambar 4.7, dapat diketahui bahwa kualitas pemadatan dengan sistem tekan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 100% tidak optimal. Hal ini bisa dilihat pada bentuk kurva yang tidak bagus yang menggambarkan kondisi kepadatan benda uji yang kurang merata.

Tabel 4.2 Data uji *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan kadar air 100%

Penurunan		Pembacaan (Dial Reading)	Penetration Resistance (Psi)
Inch	mm		
0	0	0	0
0,025	63	5	9,4
0,050	127	8	15,04
0,075	190	10	18,8
0,100	254	12	22,56
0,125	317	14	26,32
0,150	380	17	31,96
0,175	444	19	35,72
0,200	508	21	39,48
0,250	635	23	43,24
0,300	762	25	47

Gambar 4.7 Kurva *CBR* tanah gambut kalimantan kadar air 100%Tabel 4.3 Nilai *CBR* lapangan tanah gambut kalimantan dengan kadar air 100%

PENETRATION (inch)	<i>CBR</i> (%)
0.100	$\frac{12 \times l_{RC}}{3 \times 1000} \times 100 = \frac{12 \times 5,64}{3 \times 1000} \times 100 = 2,3\%$
0.200	$\frac{21 \times l_{RC}}{3 \times 1500} \times 100 = \frac{21 \times 5,64}{3 \times 1500} \times 100 = 2,6\%$

Pada tabel 4.3 dapat diketahui bahwa nilai *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 100% pada penetrasi 0,1” adalah 2,3% dan pada penetrasi 0,2” adalah 2,6%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yustian Heri Suprpto (2008), nilai *CBR* laboratorium kondisi *unsoaked* pada tanah gambut dengan kadar air 100% pada penetrasi 0,1” adalah 7% dan pada penetrasi 0,2” adalah 9%. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa kualitas pemadatan dengan sistem tekan tidak optimal. Perlu diingat bahwa nilai *CBR* lapangan yang didapat tidak dapat dijadikan sebagai acuan nilai *CBR* pada tanah gambut dengan kadar air 100% sebab pemadatan dengan sistem tekan tidak optimal.

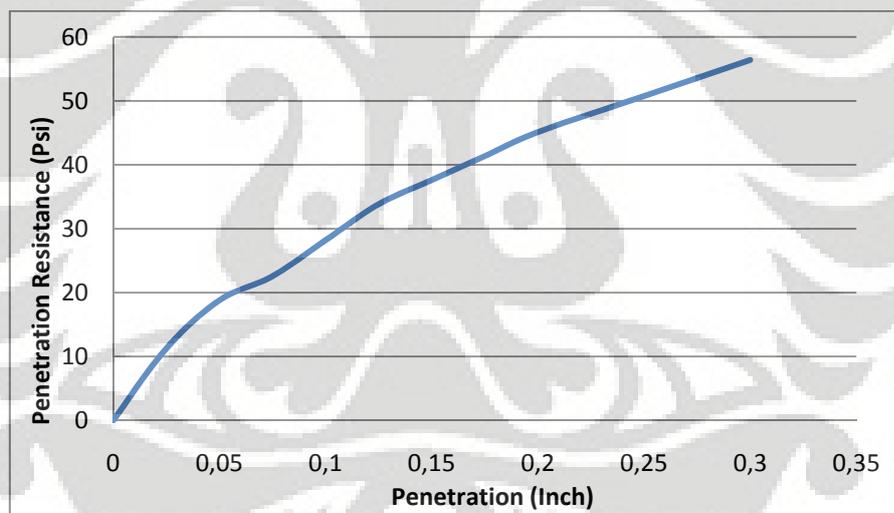
4.3.2.2 Tanah Gambut Kalimantan dengan Kadar Air 120 %

Data hasil pengujian *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 120% dapat dilihat pada tabel 4.4. Berdasarkan gambar 4.8, dapat diketahui bahwa kualitas pemadatan dengan sistem tekan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 120% tidak optimal. Hal ini bisa dilihat pada bentuk kurva yang tidak bagus yang menggambarkan kondisi kepadatan benda uji yang kurang merata.

Pada tabel 4.6 dapat diketahui bahwa nilai *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 120% pada penetrasi 0,1” adalah 2,8% dan pada penetrasi 0,2” adalah 3%. Bila dibandingkan dengan nilai *CBR* pada tanah gambut kalimantan dengan kadar air 100%, nilai *CBR* pada sampel dengan kadar air 120% lebih besar. Hasil ini bisa diterima sebab berdasarkan gambar 4.2, benda uji mengalami kepadatan maksimal pada benda uji dengan kadar air 120% yang menyebabkan nilai *CBR* pada benda uji dengan kadar air 120% lebih besar dari nilai *CBR* pada benda uji dengan kadar 100%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yustian Heri Suprpto (2008), nilai *CBR* laboratorium kondisi *unsoaked* pada tanah gambut dengan kadar air 100% pada penetrasi 0,1” adalah 4% dan pada penetrasi 0,2” adalah 5%. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa kualitas pemadatan dengan sistem tekan tidak optimal. Perlu diingat bahwa nilai *CBR* yang didapat tidak dapat dijadikan sebagai acuan sebab pemadatan dengan sistem tekan tidak optimal.

Tabel 4.4 Data uji *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan kadar air 120%

Penurunan		Pembacaan (Dial Reading)	Penetration resistance (Psi)
Inch	mm		
0	0	0	0
0,025	63	6	11,28
0,05	127	10	18,8
0,075	190	12	22,56
0,100	254	15	28,2
0,125	317	18	33,84
0,150	380	20	37,6
0,175	444	22	41,36
0,200	508	24	45,12
0,250	635	27	50,76
0,300	762	30	56,4

Gambar 4.8 Kurva *CBR* tanah gambut kalimantan kadar air 120%Tabel 4.5 Nilai *CBR* lapangan tanah gambut kalimantan dengan kadar air 120%

PENETRATION (inch)	<i>CBR</i> (%)
0.100	$\frac{15 \times l_{RC}}{3 \times 1000} \times 100 = \frac{15 \times 5,64}{3 \times 1000} \times 100 = 2,8\%$
0.200	$\frac{24 \times l_{RC}}{3 \times 1500} \times 100 = \frac{24 \times 5,64}{3 \times 1500} \times 100 = 3\%$

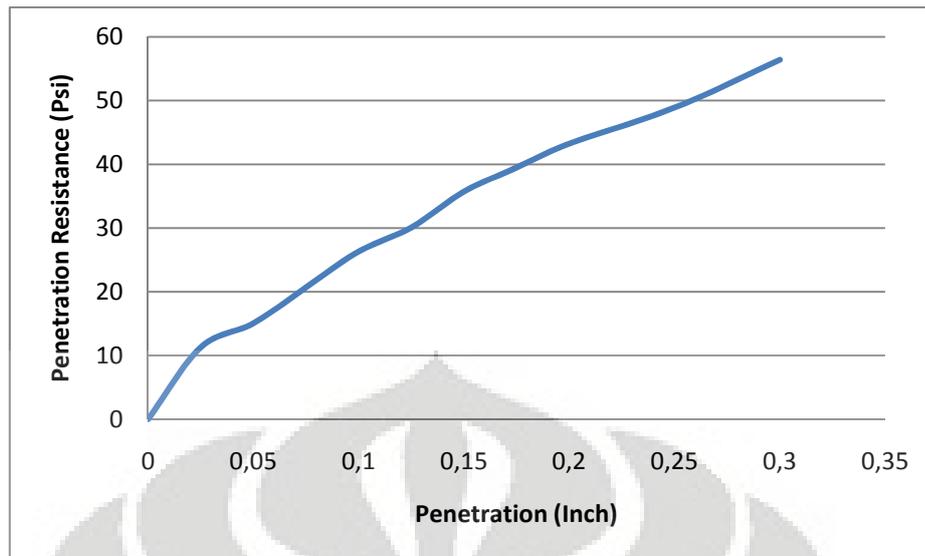
4.3.2.3 Tanah Gambut Kalimantan dengan Kadar Air 140 %

Data hasil pengujian *CBR* lapangan pada tanah gambut dengan kadar air 140% dapat dilihat pada tabel 4.6. Berdasarkan gambar 4.9, diketahui bahwa kualitas pemadatan dengan sistem tekan pada tanah gambut dengan kadar air 140% tidak optimal. Hal ini bisa dilihat pada bentuk kurva yang tidak bagus yang menggambarkan kondisi kepadatan benda uji yang kurang merata.

Pada tabel 4.8 dapat diketahui bahwa nilai *CBR* lapangan pada tanah gambut dengan kadar air 140% pada penetrasi 0,1” adalah 2,6% dan pada penetrasi 0,2” adalah 2,8%. Bila dibandingkan dengan nilai *CBR* lapangan pada tanah gambut dengan kadar air 100%, nilai *CBR* lapangan pada sampel dengan kadar air 140% lebih besar. Hasil ini bisa diterima sebab berdasarkan gambar 4.2, ρ_{dry} benda uji dengan kadar air 140% lebih besar ρ_{dry} benda uji dengan kadar air 100% yang menggambarkan bahwa tanah gambut dengan kadar air 140% memiliki kepadatan lebih besar dari kepadatan tanah gambut dengan kadar air 100%. Sehingga hasil uji *CBR* lapangan pada benda uji dengan kadar air 140% bisa diterima. Perlu diingat bahwa nilai *CBR* yang didapat tidak dapat dijadikan sebagai acuan sebab pemadatan dengan sistem tekan tidak optimal.

Tabel 4.6 Data uji *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan kadar air 140%

Penurunan		Pembacaan (Dial Reading)	<i>Penetration resistance</i> (Psi)
Inch	mm		
0	0	0	0
0,025	63	6	11,28
0,05	127	8	15,04
0,075	190	11	20,68
0,1	254	14	26,32
0,125	317	16	30,08
0,15	380	19	35,72
0,175	444	21	39,48
0,2	508	23	43,24
0,25	635	26	48,88
0,3	762	30	56,4



Gambar 4.9 Kurva *CBR* tanah gambut kalimantan kadar air 140%

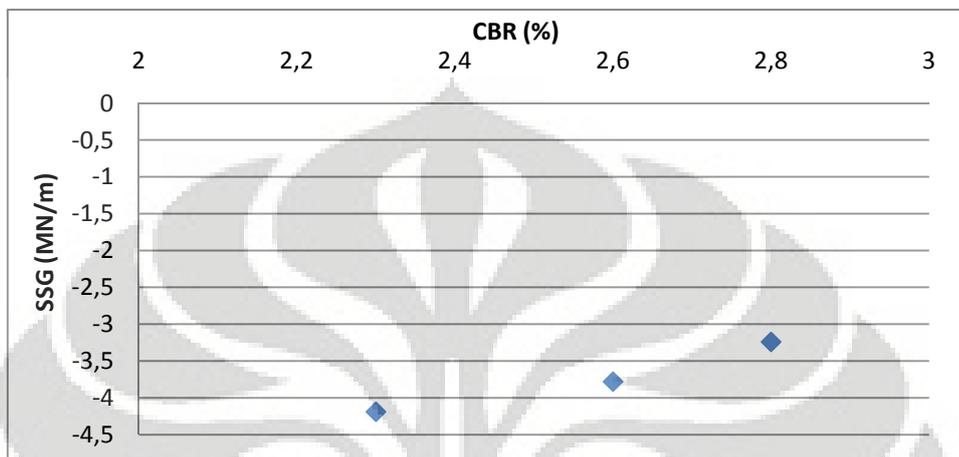
Tabel 4.7 Nilai *CBR* lapangan tanah gambut kalimantan dengan kadar air 140%

PENETRATION (inch)	<i>CBR</i> (%)
0.100	$\frac{14 \times l_{RC}}{3 \times 1000} \times 100 = \frac{14 \times 5,64}{3 \times 1000} \times 100 = 2,6\%$
0.200	$\frac{23 \times l_{RC}}{3 \times 1500} \times 100 = \frac{23 \times 5,64}{3 \times 1500} \times 100 = 2,8\%$

4.4 HASIL DAN ANALISA UJI *GEOGAUGE* DAN UJI *CBR* LAPANGAN PADA TANAH LEMPUNG DEPOK

Berdasarkan hasil pengujian *GeoGauge* dan pengujian *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan, nilai *Soil Stiffness Gauge (SSG)* bernilai negatif pada sampel dengan nilai *CBR* di bawah 5%. Bila dilihat dari gambar 4.10, ada kecenderungan bahwa makin bertambah nilai *CBR* maka nilai *SSG* (*Soil Stiffness Gauge*) makin bergerak ke nilai yang positif. Untuk membuktikan hal tersebut, dilakukan penelitian tambahan pada tanah lempung depok. Tanah lempung depok dipilih sebagai material untuk pengujian tambahan dikarenakan berdasarkan data laboratorium mekanika tanah FT-UI nilai kerapatan kering tanah lempung depok pada kadar air 30% mencapai 1,1 gr/cm³ sehingga nilai *CBR* tanah lempung depok di atas 5%.

Pada pengujian tambahan ini, tanah lempung depok dilakukan setting agar kadar air sampel mencapai 30% dikarenakan berdasarkan data laboratorium mekanika tanah FT-UI nilai *CBR* tanah lempung depok pada kadar air 30% berkisar antara 7% - 8% (menggunakan *modified proctor*).



Gambar 4.10 Kurva hubungan *Soil Stiffness Gauge* dengan nilai *CBR*

4.4.1 Hasil Uji *GeoGauge* pada Tanah Lempung Depok dengan Kadar Air 30%

Bila pada saat pengujian *GeoGauge* pada tanah gambut kalimantan terjadi overload maka pada pengujian *GeoGauge* pada tanah lempung depok tidak terjadi overload. Sehingga *GeoGauge* dapat bekerja tanpa harus meletakkan pasir atau pelat logam di permukaan sampel sebagai dudukan *GeoGauge*. Dari pengujian *GeoGauge* pada tanah lempung Depok dengan kadar air 30% didapatkan nilai SSG yaitu 1,13 MN/m.

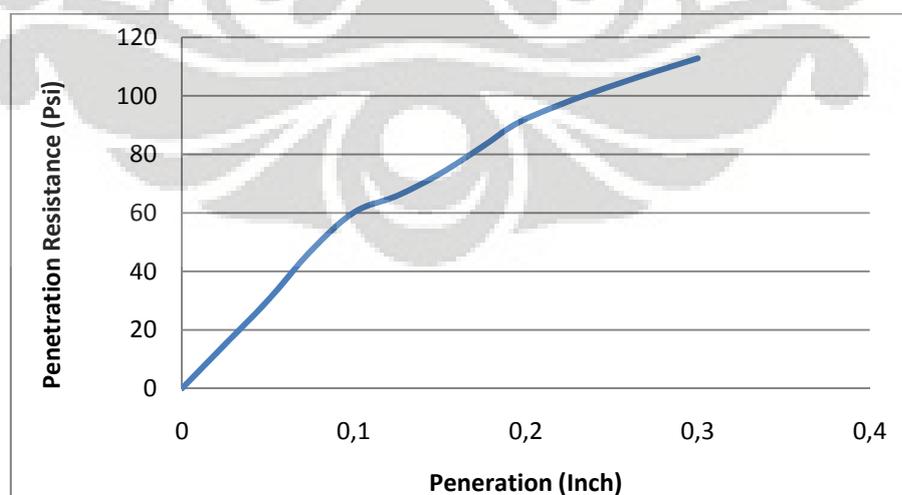
4.4.2 Hasil Uji *CBR* Lapangan pada Tanah Lempung Depok dengan Kadar Air 30 %

Data hasil pengujian *CBR* lapangan pada tanah lempung depok dengan kadar air 30% dapat dilihat pada tabel 4.10. Berdasarkan gambar 4.11, diketahui bahwa kualitas pemadatan dengan sistem tekan pada tanah lempung depok dengan kadar air 30% tidak optimal. Hal ini bisa dilihat pada bentuk kurva yang tidak bagus yang menggambarkan kondisi kepadatan benda uji yang kurang merata.

Pada tabel 4.10 dapat diketahui bahwa nilai *CBR* lapangan pada tanah lempung dengan kadar air 30% pada penetrasi 0,1” adalah 6% dan pada penetrasi 0,2” adalah 6,1%. Bila dibandingkan dengan nilai *CBR* lapangan pada tanah gambut, nilai *CBR* lapangan pada sampel tanah lempung yang digunakan lebih besar. Hal ini dikarenakan nilai ρ_{dry} optimum sampel tanah gambut yang digunakan adalah 0,5 gr/cm³ lebih kecil dibandingkan dengan nilai ρ_{dry} sampel tanah lempung yang digunakan yaitu 1,1 gr/cm³.

Tabel 4.8 Data uji *CBR* lapangan pada tanah lempung depok kadar air 30%

Penurunan		Pembacaan (Dial Reading)	<i>Penetration resistance</i> (Psi)
Inch	mm		
0	0	0	0
0,025	63	8	15,04
0,05	127	16	30,08
0,075	190	25	47
0,1	254	32	60,16
0,125	317	35	65,8
0,15	380	39	73,32
0,175	444	44	82,72
0,2	508	49	92,12
0,25	635	55	103,4
0,3	762	60	112,8



Gambar 4.11 Kurva *CBR* tanah lempung depok kadar air 30%

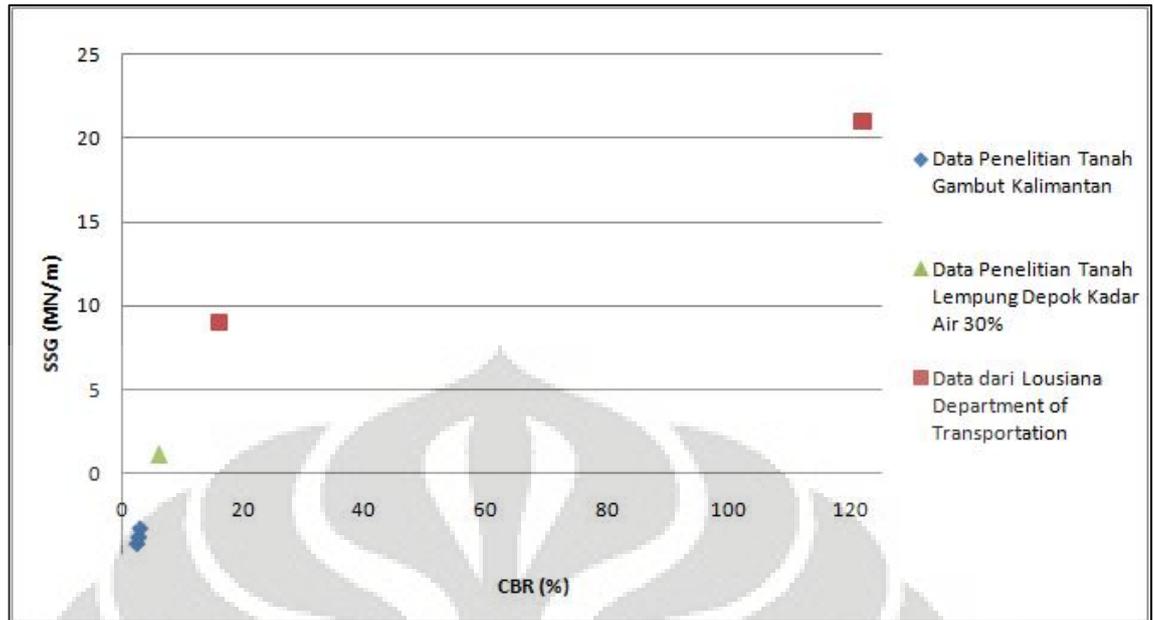
Tabel 4.9 Nilai *CBR* lapangan pada tanah lempung depok dengan kadar air 30%

PENETRATION (inch)	<i>CBR</i> (%)
0.100	$\frac{32 \times l_{RC}}{3 \times 1000} \times 100 = \frac{32 \times 5,64}{3 \times 1000} \times 100 = 6\%$
0.200	$\frac{49 \times l_{RC}}{3 \times 1500} \times 100 = \frac{49 \times 5,64}{3 \times 1500} \times 100 = 6,1\%$

4.4.3 Analisa Uji *GeoGauge* dan Uji *CBR* Lapangan pada Tanah Lempung Depok dengan Kadar Air 30%

Berdasarkan gambar 4.11 dapat diketahui bahwa alat *GeoGauge* memiliki kelemahan dalam pengujian pada benda uji dengan nilai *CBR* di bawah 5 %. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.11 bahwa pada benda uji dengan nilai *CBR* di bawah 5% maka nilai *SSG* yang terbaca oleh *GeoGauge* bernilai negatif. Sedangkan saat *GeoGauge* diuji pada benda uji dengan nilai *CBR* 6 %, nilai *SSG* yang didapat adalah 1,13 MN/m (bernilai positif).

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh *Louisiana Department of Transportation & Development* (2002) yang melakukan penelitian pada tanah *clayey silt* (lihat gambar 2.5). Bila data hasil penelitian *Louisiana Department of Transportation & Development* digabung dengan data hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti maka terdapat kesesuaian data sehingga data hasil pengujian *GeoGauge* yang dilakukan oleh peneliti dapat diterima (lihat gambar 4.12). Berdasarkan data yang didapat maka diambil kesimpulan bahwa *GeoGauge* tidak dapat bekerja optimal bila dilakukan pengujian pada benda uji dengan nilai *CBR* di bawah 5%. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal sebaiknya pengujian *GeoGauge* dilakukan pada benda uji dengan nilai *CBR* di atas 5%.



Gambar 4.12 Kurva hubungan antara *SSG* dengan *CBR*

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berikut adalah beberapa kesimpulan yang diambil oleh peneliti terkait dengan hasil penelitian mengenai pengujian *GeoGauge* dan *CBR* lapangan pada tanah gambut kalimantan :

1. Proses pemadatan dengan sistem tekan tidak sempurna yang diakibatkan oleh pemberian tekanan tiap lapis berbeda sehingga kepadatan tiap lapis berbeda. Hal tersebut menyebabkan kepadatan sampel dengan sistem tekan tidak identik dengan kepadatan dengan *modified proctor* tapi identik dengan kepadatan *standard proctor*
2. Proses pemadatan yang tidak sempurna yaitu angkur yang terangkat saat proses pemadatan menyebabkan nilai kerapatan kering yang didapatkan tidak sesuai dengan nilai kerapatan kering yang diinginkan (berbeda dengan hasil di lab). Hal tersebut menyebabkan tanah gambut bersifat seperti spons sehingga nilai *CBR* pada tanah gambut kalimantan di bawah 5%
3. *GeoGauge* tidak mampu bekerja optimal pada tanah dengan nilai *CBR* di bawah 5%. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian yang dilakukan pada tanah gambut kalimantan di mana untuk nilai *CBR* di bawah 5% didapatkan nilai kekakuan tanah negatif sehingga nilai kekakuan tanah yang terbaca oleh *GeoGauge* tidak menggambarkan nilai kekakuan tanah yang sebenarnya. Sebab dalam pengujian *GeoGauge* dimungkinkan nilai kekakuan tanah yang terbaca bernilai nol atau bahkan negatif. Namun nilai kekakuan tanah tersebut dianggap sebagai *Soil Stiffness Gauge* bukan nilai kekakuan tanah yang sesungguhnya.
4. Dikarenakan keterbatasan alat dan kurangnya persiapan yang menyebabkan hasil pengujian yang tidak optimal (nilai *SSG* negatif pada

sampel dengan nilai *CBR* di bawah 5%), penentuan korelasi antara nilai *Soil Stiffness Gauge (SSG)* dan nilai *CBR* tidak dapat dilakukan.

5.2 SARAN

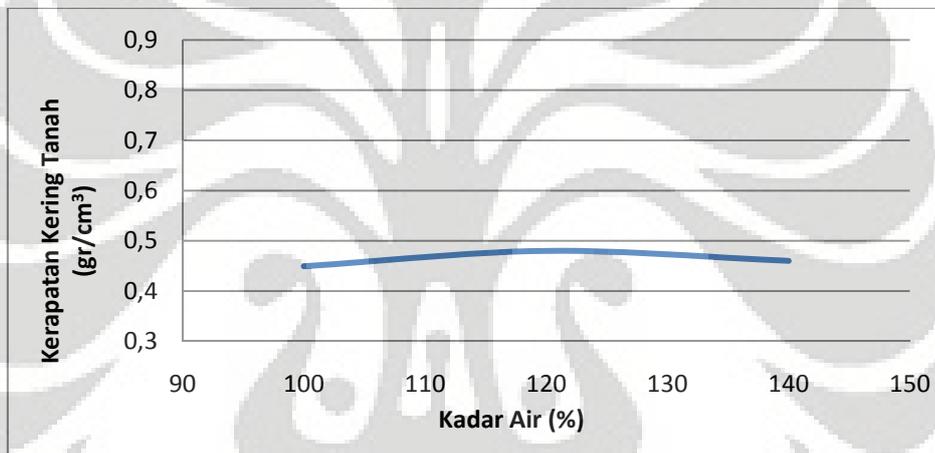
Berikut adalah beberapa saran yang diajukan oleh peneliti terkait hasil penelitian *GeoGauge* dan *CBR* pada tanah gambut kalimantan:

1. Peneliti menyarankan jika terdapat peneliti lain yang ingin meneliti tanah gambut maka diperlukan tempat yang luas untuk mengeringkan tanah gambut (disarankan tempat yang terkena sinar matahari). Sebab hal ini terkait dengan proses pengeringan tanah gambut yang bisa mencapai 1 – 2 bulan dikarenakan kadar air tanah gambut yang tinggi.
2. Peneliti menyarankan untuk penggunaan sistem tekan sebagai metode pemadatan perlu ditinjau ulang terutama mengenai ketelitian dalam penentuan volume tanah yang dipadatkan sebab hal tersebut berpengaruh terhadap hasil pengujian
3. Penggunaan material tanah gambut sebaiknya digunakan tanah gambut yang dipadatkan dengan kepadatan minimal setara dengan *modified proctor*
4. Penentuan ukuran bak perlu diperhatikan. Peneliti menyarankan untuk memperoleh hasil optimal sebaiknya ukuran bak lebih besar dari ukuran bak yang digunakan oleh peneliti. Hal ini dilakukan untuk mengurangi efek *boundary* yang mungkin terjadi dan berpengaruh pada hasil penelitian.
5. Material bak penelitian juga harus diperhatikan. Peneliti menyarankan untuk membuat bak penelitian sebaiknya gunakan material yang benar-benar kuat (seperti :baja) untuk mencegah terjadi lendutan ketika proses pemadatan sebabberlangsung energi pemadatan bisa mencapai 2 ton.

DAFTAR PUSTAKA

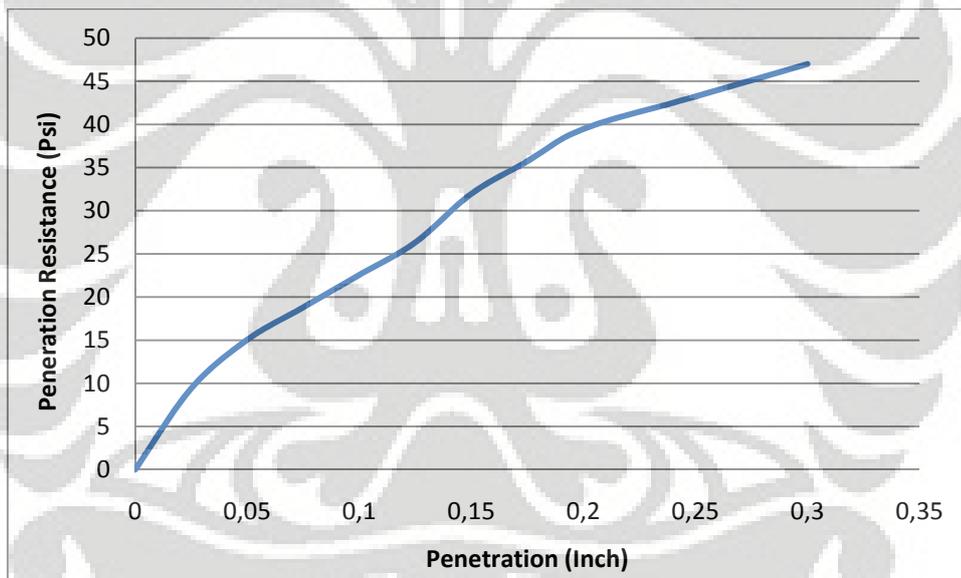
- ASTM D 2974-87. *Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils*. 1987
- Irwandi, Boy. (1995). *Penelitian Tanah Gambut Barangbengkkel*. Depok : Universitas Indonesia
- Seyman, Ekram. (2004). *Laboratory Evaluation of In-Situ Test as Potential Quality Control/Quality Assurance Tools*. Bogazici University
- Humboldt Co. *GeoGauge User Guide*. 2007. West Agatite Avenue Norridge
- Lary r. Lenke, R. Gordon McKeen, & Matt Grush. (2001). *Evaluation of a Mechanical Stiffness Gauge for Compaction Control of Granular Media*. Mexico : University of New Mexico
- Lary R. Lenke & R. Gordon McKeen. (2000). *Laboratory Evaluation of the GeoGauge*. Mexico : University of Mexico
- Munir D. Nazzal. (2003). *Field Evaluation of In-Situ Test Technology for Qc/Qa During Construction of Pavement Layers and Embankments*. Birzeit University
- SNI 03-1738-1989, *Metode Pengujian CBR Lapangan*

Jenis Tanah	Tanah Gambut Kalimantan			Tanah Lempung Depok
	100	120	140	30
W SEBELUM PEMADATAN (%)	100	120	140	30
W SETELAH PEMADATAN (%)	86,1	120	125	29,203
W SETELAH PEMADATAN (%)	0,86	1,2	1,25	0,29203
W SOIL (gr)	25000	35000	30000	1388
V (cm ³)	40000	40000	40000	942,3
γ WET (gr/cm ³)	0,625	0,875	0,75	1,47
γ DRY (gr/cm ³)	0,34	0,40	0,33	1,14



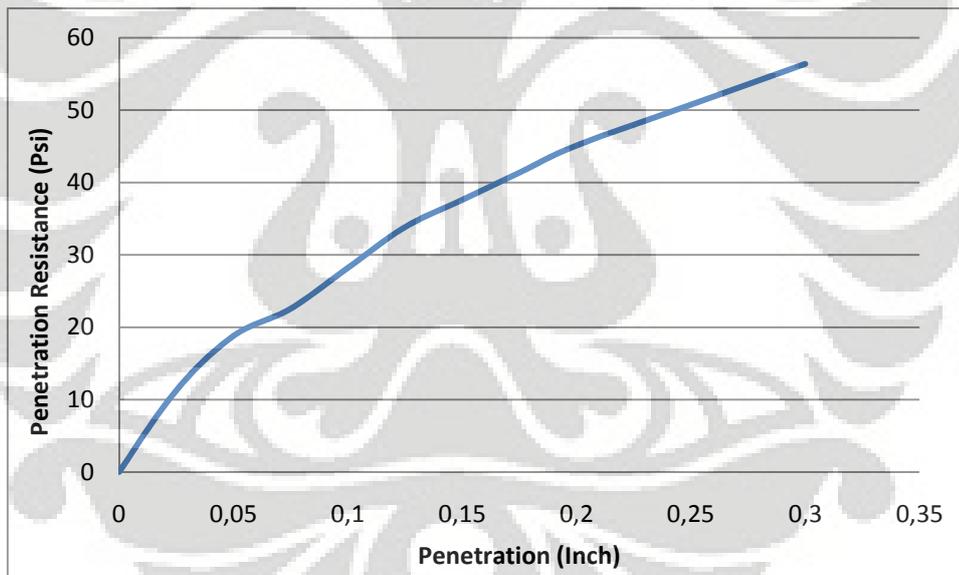
DATA HASIL UJI CBR LAPANGAN TANAH GAMBUT KALIMANTAN KADAR AIR 100%

Penurunan		Pembacaan (Dial Reading)	Penetration resistance (Psi)	CBR (%)
Inch	mm			
0	0	0	0	
0,025	63	5	9,4	
0,05	127	8	15,04	
0,075	190	10	18,8	
0,1	254	12	22,56	2,256
0,125	317	14	26,32	
0,15	380	17	31,96	
0,175	444	19	35,72	
0,2	508	21	39,48	2,632
0,25	635	23	43,24	
0,3	762	25	47	



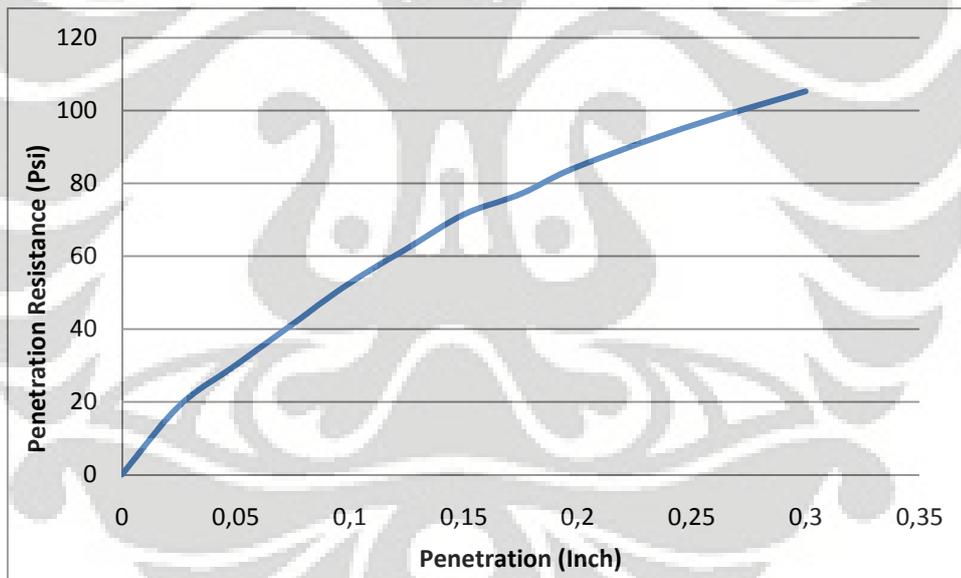
DATA HASIL UJI CBR LAPANGAN TANAH GAMBUT KALIMANTAN KADAR AIR 120%

Penurunan		Pembacaan (Dial Reading)	Penetration resistance (Psi)	CBR (%)
Inch	mm			
0	0	0	0	
0,025	63	6	11,28	
0,05	127	10	18,8	
0,075	190	12	22,56	
0,1	254	15	28,2	2,82
0,125	317	18	33,84	
0,15	380	20	37,6	
0,175	444	22	41,36	
0,2	508	24	45,12	3,008
0,25	635	27	50,76	
0,3	762	30	56,4	



DATA HASIL UJI CBR LAPANGAN TANAH GAMBUT KALIMANTAN KADAR AIR 140%

Penurunan		Pembacaan (Dial Reading)	Penetration resistance (Psi)	CBR (%)
Inch	mm			
0	0	0	0	
0,025	63	10	18,8	
0,05	127	16	30,08	
0,075	190	22	41,36	
0,1	254	28	52,64	5,264
0,125	317	33	62,04	
0,15	380	38	71,44	
0,175	444	41	77,08	
0,2	508	45	84,6	5,64
0,25	635	51	95,88	
0,3	762	56	105,28	



HASIL UJI CBR LAPANGAN TANAH LEMPUNG DEPOK KADAR AIR 30%

Penurunan		Pembacaan (Dial Reading)	Penetration resistance (Psi)	CBR (%)
Inch	mm			
0	0	0	0	
0,025	63	8	15,04	
0,05	127	16	30,08	
0,075	190	25	47	
0,1	254	32	60,16	6,016
0,125	317	35	65,8	
0,15	380	39	73,32	
0,175	444	44	82,72	
0,2	508	49	92,12	6,141333
0,25	635	55	103,4	
0,3	762	60	112,8	

