



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KUAT GESER TANAH LUNAK DENGAN METODE UJI
GESER SUDU LAPANGAN DAN UJI GESER SUDU
LABORATORIUM**

SKRIPSI

**TJATUR ARIANTO
040501068X**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI KUAT GESER TANAH LUNAK DENGAN METODE UJI
GESER SUDU LAPANGAN DAN UJI GESER SUDU
LABORATORIUM**

SKRIPSI

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

**TJATUR ARIANTO
040501068X**

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

934/FT.01/SKRIP/07/2010



UNIVERSITY OF INDONESIA

**STUDY OF SHEAR STRENGTH ON SOFT SOIL WITH FIELD
VANE SHEAR TEST AND LABORATORY VANE SHEAR TEST
METHOD**

FINAL REPORT

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

**TJATUR ARIANTO
040501068X**

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Tjatur Arianto

NPM : 040501068X

Tanda Tangan : 

Tanggal : 14 Juli 2010

STATEMENT OF ORIGINALITY

This final report is the result of my own work, and all sources which is quoted or referred I have stated correctly.

Name : Tjatur Arianto

NPM : 040501068X

Signature 

Date : 14th July 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Tjatur Arianto
NPM : 040501068X
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Studi Kuat Geser Tanah Lunak Dengan Metode Uji Geser Sudu Lapangan dan Uji Geser Sudu laboratorium

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Wiwik Rahayu M.T. (.....)
Penguji : Ir. Widjojo Adi Prakoso M.Sc., Ph.D (.....)
Penguji : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc (.....)

Ditetapkan di : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
Tanggal : 14 Juli 2010

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report is submitted by :
Name : Tjatur Arianto
NPM : 040501068X
Study Program : Civil Engineering
Title of Final Report : Study of Shear Strength on Soft Soil with Field Vane
Shear Test and Laboratory Vane Shear Test Method.

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

COUNCIL EXAMINERS

Counselor : Dr. Ir. Wiwik Rahayu MT (.....)
Examiner : Ir. Widjojo Adi Prakoso M.Sc., Ph.D (.....)
Examiner : Dr. Ir. Damrizal Damocrin, M.Sc (.....)

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

Date : 14th July 2010

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan seminar ini. Penulisan seminar ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan seminar ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan seminar ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Dr. Ir. Wiwik Rahayu M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk meepongarahkan saya dalam penyusunan seminar ini;
- 2) Pihak laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia yang telah memberikan ruang, peralatan, dan kesempatan kepada saya untuk memperoleh data yang dibutuhkan;
- 3) Pak Acong dan Pak Saprudin yang telah membantu saya dalam pengetesan yang dilakukan di lapangan dan juga membantu dalam mobilitas peralatan;
- 4) Kepada Ayahanda Bpk Sukahar Saripan dan Ibunda Siti Sudyatmi yang telah mendoakan dan menyemangati saya dalam menjalani penelitian ini dan memberikan kepercayaan kepada saya untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 di bidang Teknik Sipil Universitas Indonesia;
- 5) Kepada sahabat saya, Eko Sumanto Putro dan Khairunnisa yang telah membantu saya dalam penelitian ini, baik sewaktu di lapangan maupun di laboratorium.

Akhir kata, saya berharap ALLAH SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga seminar ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 2 Juni 2010



Penulis

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

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

Nama : Tjatur Arianto

NPM : 040501068X

Program Studi : S1 Reguler

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

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

“Studi Kuat Geser Tanah Lunak Melalui Uji Geser Sudu Lapangan dan Uji Geser Sudu laboratorium.”

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 : 14 Juli 2010

Yang menyatakan



(Tjatur Arianto)

ABSTRAK

Nama : Tjatur Arianto
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Studi kuat geser tanah lunak dengan metode uji geser sudu lapangan dan uji geser sudu laboratorium.

Skripsi ini membahas tentang studi kuat geser tanah lunak dengan menggunakan alat geser sudu lapangan dan alat geser sudu laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui cara penggunaan alat dan mengetahui perbandingan alat yang digunakan. Dalam penggunaannya alat uji geser sudu di lapangan hanya mempunyai satu buah pegas yang terdapat didalam alat dan mempunyai tiga jenis baling-baling (*vane*) dengan tiap baling mewakili konsistensi dari tanah lunak yang akan di uji. Sedangkan alat uji geser sudu di laboratorium memiliki empat buah pegas, dimana tiap pegas mewakili konsistensi dari tanah lunak yang akan di uji dan hanya memiliki satu buah baling-baling saja. Pada skripsi ini juga diberikan korelasi hasil kuat geser dari uji geser sudu lapangan dan laboratorium, termasuk juga korelasi antara hasil uji sondir dan uji kuat geser

Kata Kunci:

Kuat geser, tanah lunak, uji sondir, uji geser sudu lapangan, uji geser sudu laboratorium

ABSTRACT

Name : Tjatur Arianto
Study Program : Civil Engineering
Title : Study of Shear Strength in Clay with Field Vane Shear Test and Laboratory Vane Shear Test Method.

This final report explaining about shear strength study for clay with field vane shear test and laboratory vane shear test to know how to manage the equipment and to compare between the tools. In using the vane shear tools in field testing is only have one spring and three kind of vane, where the vane is suitable for each consistency of clay. Therefore the laboratory vane shear is only have one vane with four different springs, where the springs are suitable for each consistency of test clay. This final report also provide correlation of shear strength between field vane shear and laboratory vane shear, than also provide the correlation between conus pressure test with vane shear test.

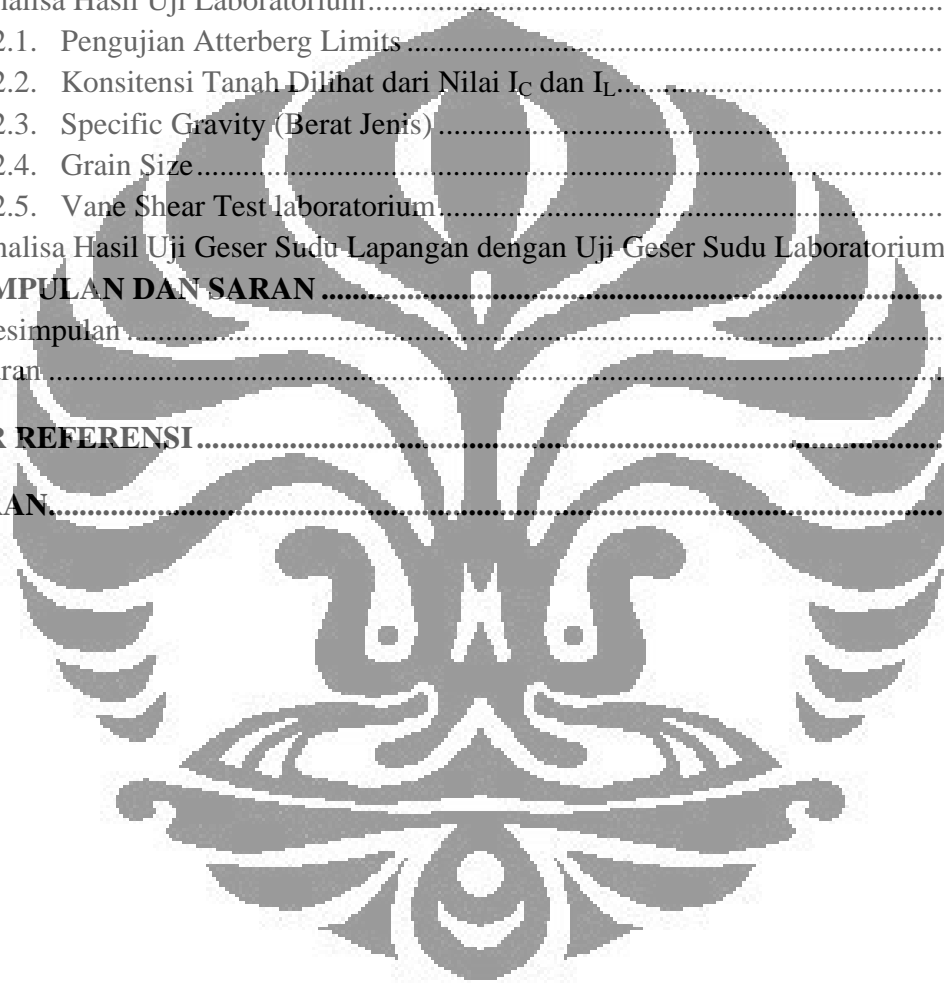
Key Word:

Shear Strength, Clay, Conus Pressure Test, Field Vane Shear Test, Laboratory Vane Shear Test.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Deskripsi Masalah.....	2
1.3.Pembatasan Masalah.....	3
1.4.Pembatasan Masalah.....	4
1.5.Sistematika Penulisan	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1.Penyebaran Tanah Lunak di Indonesia.....	6
2.2.Deskripsi dan Karakteristik Tanah Lunak	8
2.3.Penentuan Parameter Geser Tanah Lunak	14
2.3.1. Geser Tanah dengan Uji Geser Sudu (<i>Vane Shear test</i>) Lapangan	14
2.3.2. Uji Kuat Geser Tanah dengan Uji Geser Sudu (<i>Vane Shear test</i>) Laboratorium ..	15
2.4.Bentuk Penelitian Kuat Geser Tanah Lunak yang Telah di Lakukan.....	18
3. METODE PENELITIAN	21
3.1.Kegiatan Penelitian	21
3.2.Pengambilan Contoh Tanah.....	23
3.2.1. Lokasi Pengambilan Contoh Tanah.....	23
3.2.2. Uji Lapangan	23
3.3.Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah	26
3.3.1. Kadar Air.....	27
3.3.2. Batas Cair	27
3.3.3. Batas Plastis.....	29
3.3.4. Batas Susut	30

3.3.5. Specific gravity	30
3.3.6. Hydrometer.....	31
3.3.7. Sieve Analysis	32
3.4. Pengujian Kuat Geser Tanah Lunak dengan Geser Sudu Laboratorium	34
4. ANALISA UJI	42
4.1. Analisa Hasil Uji lapangan	42
4.1.1. Uji Sondir Tangan	42
4.1.2. Uji Geser Sudu Lapangan	44
4.2. Analisa Hasil Uji Laboratorium.....	47
4.2.1. Pengujian Atterberg Limits	47
4.2.2. Konsistensi Tanah Dilihat dari Nilai I_C dan I_L	49
4.2.3. Specific Gravity (Berat Jenis).....	50
4.2.4. Grain Size	50
4.2.5. Vane Shear Test laboratorium.....	51
4.3. Analisa Hasil Uji Geser Sudu Lapangan dengan Uji Geser Sudu Laboratorium	53
5. KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran.....	64
DAFTAR REFERENSI.....	66
LAMPIRAN.....	67



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konsistensi tanah lunak berdasarkan kuat geser.....	10
Tabel 2.1 Konsistensi tanah lunak berdasarkan kuat geser.....	10
Tabel 2.3 Konsistensi Tanah Dilihat Dari Nilai <i>Consistency Index</i> dan <i>Liquidity Index</i>	11
Tabel 2.4 Batas-batas Atterberg mineral tanah lempung lunak.....	12
Tabel 2.5 Nilai SG untuk Tiap Mineral Tanah Lempung Lunak.....	12
Tabel 2.6 Standar Penetrasi untuk Tanah Kohesif.....	13
Tabel 2.7 komposisi tanah dilihat dari angka pori, kadar air, dan berat volume	13
Tabel 2.8 jenis sudu dan nilai kalibrasi yang digunakan untuk uji geser sudu lapangan	14
Tabel 3.1 Ukuran Baling-baling yang Digunakan Untuk <i>Vane Shear Test</i> Lapangan	25
Tabel 3.2 <i>Torsion Springs For Laboratory Vane</i>	39
Tabel 3.3 <i>Power Cable code</i>	39
Tabel 4.1. Tes Sondir	42
Tabel 4.2 Hasil Uji Geser Sudu Lapangan.....	45
Tabel 4.3 Pengujian Atterberg Limit	48
Tabel 4.4 Nilai <i>Consistency Index</i> dan <i>Liquidity Index</i>	50
Tabel 4.5 Hasil Uji Grain Size.....	51
Tabel 4.6 Nilai Kuat Geser Rata-Rata Lokasi 1 dan 2.....	53
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Uji Geser Sudu Lapangan Vs Laboratorium Lokasi 1	54
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Uji Geser Sudu Lapangan Vs Laboratorium Lokasi 2	55
Tabel 4.9 nilai rata-rata uji sondir, uji geser sudu lapangan dan laboratorium lokasi 1	56
Tabel 4.10 nilai rata-rata uji sondir, uji geser sudu lapangan dan laboratorium lokasi 2	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penyebaran Tanah Lunak di Indonesia	8
Gambar 2.2 Penyebaran Tanah Lunak di Pulau Jawa.....	8
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	22
Gambar 3.2 Uji Sondir	24
Gambar 3.3 Peralatan Vane Shear Tes	24
Gambar 3.4 Spesifikasi Alat Vane Shear Test.....	25
Gambar 3.5 Uji Vane Shear Test Di Sekitar Sampel.....	26
Gambar 3.6 Liquid Limit Test	28
Gambar 3.7 Plastic Limit Test	29
Gambar 3.8 Specific Gravity Test	31
Gambar 3.9 Hydrometer Test	34
Gambar 3.10 Alat Vane Shear Test Laboratorium	36
Gambar 3.11 Lokasi Titik-Titik Dalam Benda Uji 100 mm.....	38
Gambar 3.12 Kurva kalibrasi Torsi Pegas Vane Shear Laboratorium.....	40
Gambar 3.13 Contoh Cara Pembacaan Putaran Sudut Alat Geser Sudu Laboratorium	41
Gambar 4.1 Grafik Tahanan Konus Vs Kedalaman Lokasi 1	43
Gambar 4.2 Grafik Tahanan Konus Vs Kedalaman Lokasi 2	44
Gambar 4.3 Hasil Uji Geser Sudu Lapangan Vs Kedalaman Pada Lokasi 1	46
Gambar 4.4 Uji Geser Sudu Lapangan Vs Kedalaman Pada Lokasi 2.....	46
Gambar 4.5 Grafik Plastisitas	49
Gambar 4.6 korelasi uji sondir dengan uji geser sudu lapangan lokasi 1	57
Gambar 4.7 korelasi uji sondir dengan uji geser sudu laboratorium lokasi 1	58
Gambar 4.8 korelasi hasil uji geser sudu lapangan dan uji geser sudu laboratorium lokasi 1... ..	58
Gambar 4.9 korelasi uji sondir dengan uji geser sudu lapangan lokasi 2.....	60
Gambar 4.10 korelasi uji sondir dengan uji geser sudu laboratorium lokasi 2.....	60
Gambar 4.11 korelasi uji geser sudu lapangan dan uji geser sudu laboratorium lokasi 2	61

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Tanah menurut definisi merupakan akumulasi dari partikel-partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan, dimana terdapat ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel tanah yang disebut pori-pori (*void space*) yang berisi air dan/ atau udara. Salah satu ilmu yang mempelajari tentang ilmu tanah dalam rekayasa sipil adalah ilmu mekanika tanah, dimana ilmu mekanika tanah merupakan bidang ilmu yang sangat penting untuk para tenaga ahli di bidang teknik sipil karena tanah merupakan media dari konstruksi yang akan menahan beban bangunan di atasnya. Untuk itu sangatlah diperlukan adanya pengelompokan atau klasifikasi dari tanah-tanah yang agar dapat diketahui tipe-tipe tanah seperti apa saja yang cocok dalam rekayasa ilmu sipil.

Dalam hal ini penerapan ilmu mekanika tanah berupa perbaikan sifat-sifat tanah (stabilisasi tanah) pada tanah-tanah yang tidak cukup baik untuk kebutuhan konstruksi dalam rekayasa sipil, sebagai contoh tanah yang tidak cukup baik tersebut adalah tanah yang memiliki daya dukung terhadap pondasi rendah dan pemampatan yang sangat tinggi. Tanah lunak memiliki sifat yang kurang menguntungkan dimana tanah tersebut cenderung mempunyai nilai indeks plastisitas yang sangat tinggi.

Dalam rekayasa di bidang sipil jika terdapat tanah lunak sebagai penopang beban struktur di atasnya, maka harus dilakukan perbaikan (stabilisasi) tanah lunak tersebut terhadap sifat-sifat teknisnya sehingga layak dan di nilai cukup mampu untuk memberikan tahanan beban konstruksi di atasnya.

Upaya yang dilakukan dalam perbaikan tanah lunak terhadap beban konstruksi yang bekerja di atasnya adalah melakukan rekayasa pondasi dimana pondasi tersebut harus sesuai dengan beban dan kondisi tanah yang ada sehingga daya dukung tanah terhadap pondasi dapat diharapkan dari hambatan lekat tanah.

Adapun salah satu pengujian yang dapat dilakukan untuk mengetahui kekuatan geser tanah di lapangan adalah dengan uji geser sudu (*vane shear test*). Dimana dalam pengujian kuat geser tanah merupakan masalah yang berhubungan dengan stabilitas massa tanah. Dalam pengujian geser sudu data yang diambil berupa torsi pada saat tanah mengalami keruntuhan geser akibat rotasi sudu-sudu. Sedangkan untuk pengujian geser sudu (*vane shear test*) di laboratorium dilakukan terhadap sampel tanah yang sama dengan tempat dilakukannya uji geser sudu di lapangan. Dalam pengujian di laboratorium terhadap tanah lunak, umumnya dilakukan terhadap sampel tanah yang tidak terusik (*undisturb*) apabila akan dicari kekuatan dari lapisan tanah alami.

Tegangan geser dapat ditahan oleh kerangka partikel padat tanah dengan memanfaatkan gaya-gaya yang timbul akibat persinggungan antar partikel-partikel tanah. Sedangkan tegangan normal dapat ditahan oleh gaya-gaya antar partikel pada kerangka tanah. Untuk tanah yang berada pada kondisi jenuh sempurna, air pori akan mengalami kenaikan tekanan karena berperan dalam menahan tegangan normal.

1.2 DESKRIPSI MASALAH

Tanah lunak merupakan salah satu jenis tanah yang memiliki sifat-sifat dan karakteristik yang kurang menguntungkan untuk digunakan sebagai tanah pendukung konstruksi sipil dengan beban kerja pada konstruksi yang cukup besar. Dengan indeks plastisitas tanah lunak yang cukup tinggi besarnya pemampatan akibat konsolidasi memegang peranan yang cukup penting dimana ikut menentukan daya dukung tanah terhadap beban konstruksi.

Adapun metode-metode pengujian yang dilakukan untuk menentukan nilai kuat geser tanah lunak baik pengujian dilapangan maupun di laboratorium sebagai berikut :

- Uji geser sudu lapangan
- Uji sondir manual (tangan) lapangan
- Uji geser sudu laboratorium
- Pengujian-pengujian khusus

Pada penelitian ini contoh tanah lunak yang digunakan berasal dari daerah Marunda dekat dengan lokasi proyek Banjir Kanal Timur (BKT). Pada saat dilakukannya pengambilan sampel tanah yang akan di uji terlebih dahulu dilakukan pengujian geser sudu lapangan. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kekuatan lempung jenuh sempurna dalam keadaan tak terdrainasi dimana pengujian ini sangat cocok untuk jenis tanah lunak. Dalam pengujian dilapangan tentu saja hasil yang tidak wajar sering kali didapatkan hal ini dikarenakan tanah lunak bercampur dengan pasir atau lanau. Sebagai perbandingan hasil, dilakukan juga uji sondir secara manual (tangan) di sekitar lokasi geser sudu. Kemudian tanah lunak tersebut diambil dengan menggunakan tabung untuk dilakukannya uji geser sudu laboratorium dan pengujian khusus untuk mengetahui propertis tanah yang di ambil. Pada penelitian ini, penulis membandingkan hasil pengujian kuat geser tanah lunak dengan menggunakan metode uji geser sudu (*vane shear test*) di lapangan dan di laboratorium.

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian ini memiliki maksud sebagai berikut :

- a) Mengamati, mengolah, menganalisa, serta mempelajari perilaku kekuatan geser tanah lempung lunak dengan uji geser sudu (*vane shear test*) lapangan dan laboratorium dimana sampel tanah dalam kondisi *undisturb*.
- b) Menentukan dan membandingkan hasil pengujian kuat geser tanah lunak antara metode uji geser sudu (*vane shear test*) lapangan dan laboratorium.

Penelitian ini memiliki tujuan dengan adanya perbandingan nilai kuat geser dari hasil uji geser sudu lapangan dan laboratorium, maka jika uji geser sudu dilapangan tidak dapat dilakukan karena faktor luar dapat dilakukan uji geser sudu di laboratorium dengan pengambilan sampel tak terganggu

1.4 PEMBATASAN MASALAH

Pengujian kuat geser tanah lunak dilakukan dengan menggunakan metode uji geser sudu (*vane shear test*) dengan membandingkan hasil pengujian di lapangan dan di laboratorium.

Dalam penelitian ini untuk uji geser sudu (*vane shear test*) yang dilakukan di lapangan menggunakan sudu (*vane*) tipe Geonor H-60 berukuran besar (25,4 mm x 50,8 mm) lokasi satu (1) dan lokasi dua (2), sedangkan untuk uji geser sudu (*vane shear test*) di laboratorium berbeda dengan yang di lapangan, karena pada pengujian di laboratorium menggunakan dimensi baling-baling yang lebih kecil yaitu 12,7 mm x 12,7 mm. Alat uji geser sudu di laboratorium dapat dioperasikan secara manual maupun mekanis sedangkan uji geser sudu di lapangan umumnya dilakukan secara manual.

Pada alat uji geser sudu (*vane shear test*) terdapat empat baling-baling yang bersilangan yang berfungsi untuk mendorong dan kemudian memutar benda uji. Untuk alat geser sudu di laboratorium, kekuatan baling-baling diperlukan untuk dapat memutar benda uji (tanah lunak) di dalam silinder sehingga memungkinkan pencatatan hasil pengukuran benda uji kuat geser yang terdapat pada alat uji geser sudu (*vane shear test*). Data yang diambil dalam pengujian geser sudu adalah torsi pada saat tanah mengalami keruntuhan geser akibat rotasi sudu-sudu.

Pengujian kuat geser sudu (*vane shear test*) sangat cocok dilakukan untuk jenis tanah lunak, oleh sebab itu sampel tanah lunak harus disediakan dalam kondisi tak terganggu (*undisturb*).

Pengujian ini menggunakan sampel jenis tanah lunak dimana pengujian terhadap karakteristik tanah tersebut harus dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukannya pengujian geser sudu laboratorium karena harus mengetahui jenis pegas yang digunakan.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Dalam penulisan seminar skripsi ini, penulis berusaha menyajikan dalam bentuk yang sederhana dengan tujuan mudah untuk dimengerti dan dipahami maksud dan tujuan tugas akhir ini.

Secara garis besar sistematika penulisan seminar skripsi meliputi :

➤ **BAB 1 : PENDAHULUAN**

Pada bab ini penulis menguraikan latar belakang, deskripsi masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

➤ **BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini memberikan teori-teori yang mendasari penelitian ini. Dalam hal ini merupakan teori mengenai pengujian kekuatan geser tanah dengan uji geser sudu lapangan dan laboratorium. Juga akan memberikan penjelasan deskripsi, karakteristik fisik dan teknis, serta klasifikasi tanah lempung lunak yang merupakan jenis tanah yang diambil pada penelitian.

➤ **BAB 3 : METODE PENELITIAN**

Bab ini memberikan uraian metodologi atau metode pendekatan penelitian dimana dilakukan metode pendekatan pengujian sampel tanah untuk mengetahui *index properties* dari sampel dan dilakukan pengujian di lapangan dan di laboratorium.

➤ **BAB 4 : HASIL ANALISA AWAL**

Bab ini memberikan hasil data dari pengujian dilapangan dan di laboratorium untuk kemudian diolah yang akan memberikan analisa awal berupa kesimpulan.

➤ **BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN**

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENYEBARAN TANAH LUNAK DI INDONESIA.

Melalui tinjauan geologi, tanah yang bersifat lemah biasanya secara alamiah terbentuk melalui proses pengendapan sebagai lapisan alluvial yang ditemukan di dataran alluvial, seperti di rawa dan di danau. Tanah-tanah alluvial tersebut dapat digolongkan sebagai tanah lunak.

Bila ditinjau dari gradasinya, umumnya tanah berbutir halus-sedang dan sebagian besar bercampur dengan bahan-bahan organik mempunyai sebaran pada daerah-daerah landai, rawa-rawa, jalur meander, dan dataran pantai. Berdasarkan lingkungan pengendapan komposisi dan gradasinya secara garis besar dapat di bagi menjadi empat satuan jenis tanah lunak, antara lain sebagai berikut :

1. Endapan rawa hutan bakau.

Endapan rawa hutan bakau merupakan susunan endapan lunak yang terdiri dari lumpur dan tanah liat berbutir halus. Sebaran tanah jenis ini terdapat di dataran pantai Sumatera bagian Timur, Kalimantan Barat dan Timur, pantai Jawa Utara, dan Irian Jaya bagian Selatan.

2. Endapan alluvial pantai, delta, jalur meander, dan kipas alluvial

Endapan ini terdiri dari campuran pasir urai, lanau lempungan, dan fragmen-fragmen berukuran lebih kasar (pasir-kerikil). Sebarannya terdapat di pantai Sumatera bagian Timur, dataran pantai Jawa Utara, Kalimantan Barat-Selatan dan Timur, dan Irian Jaya bagian Selatan. Sedangkan endapan kipas alluvial terdapat di daerah perbatasan antara kaki perbukitan dengan dataran rendah misalnya daerah Sumatera Tengah, daerah transisi antara dataran rendah pantai Jawa bagian Utara dan Pegunungan, Kalimantan bagian Tengah, dan Irian Jaya Utara dan Selatan. Tanah lunak hasil pengendapan danau yang

terkenal adalah bekas danau bandung purba, danau-danau di daerah Sulawesi (danau tempe, danau sidereng, danau poso).

3. Tanah gambut

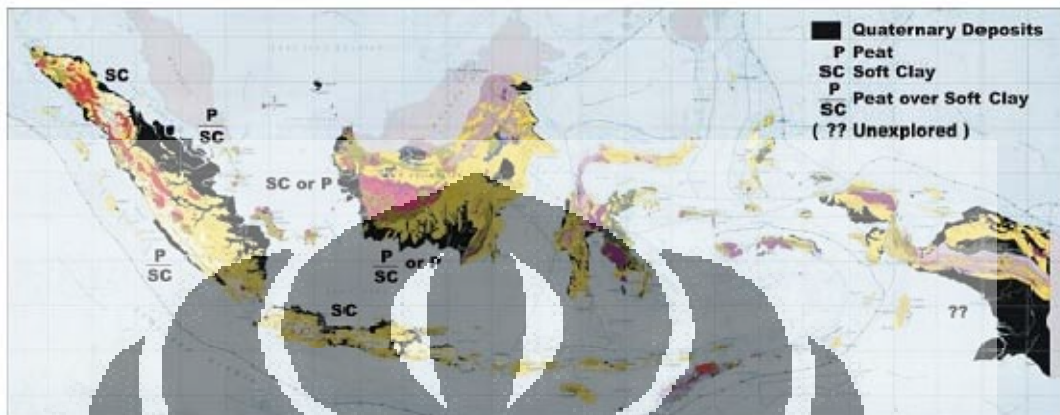
Tanah gambut merupakan susunan lempung kelanauan bercampur sebagian besar gambut. Dimana menurut definisi gambut adalah material organik (kadar organik > 15%) yang terbentuk sebagai hasil dekomposisi tidak sempurna dari tumbuhan-tumbuhan di daerah basah (tropis) dalam kondisi sangat lembab dan kekurangan oksigen (lingkungan rawa). Tanah jenis ini tersebar di daerah dataran pantai Sumatera bagian Timur (Riau, Jambi, Sumatera Selatan, dan Lampung), Kalimantan bagian Barat dan Selatan dan Irian Jaya bagian Utara dan Selatan

4. Endapan teras alluvial

Tanah jenis ini mempunyai susunan pasir urai dan fragmen berukuran sedang-kasar yang belum terkonsolidasi. Sebaran tanah jenis ini terdapat di daerah Sumatera bagian Tengah, Purwakarta-Subang, Banjarnegara, lembah Bengawan Solo, Bali (pantai Pranca, Negara), Kalimantan Selatan, dan Irian Jaya bagian Selatan (daerah Merauke).

Terdapat 2 (dua) grup tanah lunak di Jawa dan Sumatera yaitu latosols dan andosol yang terbentuk pada daerah berudara tropik dan mengandung material vulkanik. Tanah lunak latosols mempunyai warna fisik kemerahan, ditemukan pada daerah dengan ketinggian 1.000 m diatas permukaan laut. Sedangkan tanah andosol, mempunyai warna fisik coklat kekuningan, kata andosol berasal dari Bahasa Jepang yang berarti tanah gelap, jenis tanah ini ditemukan pada daerah yang lebih tinggi dari latosols.

Di Indonesia, tanah lunak banyak ditemukan di pulau Jawa, Sumatra, Kalimantan, dan Irian Jaya. Secara garis besar peta sebaran tanah lunak di Indonesia sebagai berikut :



Gambar 2.1 Penyebaran tanah lunak di Indonesia

Dan secara garis besar sebaran tanah lunak di pulau Jawa tersebar di beberapa kota seperti di Jakarta, Bandung, Semarang dan Surabaya, sebagai berikut :



Gambar 2.2 Penyebaran tanah lunak di Pulau Jawa

2.2 DESKRIPSI DAN KARAKTERISTIK TANAH LUNAK

Dalam tinjauan pustaka ini dijelaskan tentang karakteristik tanah lunak. Dimana secara umum tanah dapat didefinisikan sebagai material yang terdiri dari mineral-mineral padat yang tersedimentasi satu sama lain, dengan bahan organik

yang melapuk, zat cair, dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel tanah tersebut.

Menurut K. Terzaghi, tanah terdiri dari butiran-butiran material hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran butirannya dapat sebesar bongkahan, kerikil, pasir, lanau, lempung, dan kontak butirnya tidak tersedimentasi termasuk bahan organik.

Menurut Mitchell (1976), mineral tanah adalah unsur dasar yang digunakan untuk mengetahui perilaku tanah, selain faktor utama untuk mengontrol bentuk, ukuran, sifat fisik, dan sifat kimia dari partikel tanah. Dari hal tersebut tanah lempung lunak merupakan mineral tanah dari kelompok partikel-partikel berukuran koloid ($<0,002$ mm).

Menurut Craig, R.F. (1987) tanah lempung lunak merupakan mineral tanah sebagai kelompok partikel kristal koloid berukuran kurang dari 0,002 mm. Dimana partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori tanah (*void space*) yang berisi air dan/ atau udara.

Menurut Bowles (1991) tanah lempung lunak merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif. Tanah lempung lunak merupakan tanah yang berukuran mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan, tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi dapat bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 1994).

Umumnya lapisan tanah yang tergolong sebagai lapisan tanah lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) yang memiliki nilai standar penetrasi (SPT) N yang lebih kecil dari 4 ($N < 4$) atau tanah organik seperti gambut yang memiliki kadar air alamiah yang sangat tinggi. Lapisan tanah lunak umumnya terdiri dari butiran-butiran tanah yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Dimana semakin muda

umur akumulasinya, semakin tinggi letak muka airnya, sehingga lapisan muda ini memiliki sifat mekanis yang buruk dan kurang mampu untuk menahan beban.

Tanah lunak didefinisikan sebagai tanah yang mempunyai kuat geser yang rendah, kompresibilitas yang tinggi, dan koefisien permeabilitas yang kecil sehingga dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang. Tanah lunak dibagi dalam dua tipe yaitu lempung lunak, dan gambut. Dalam rekayasa geoteknik tanah lunak dapat ditentukan dengan melihat kuat geser dan indikasi penampakan fisiknya di lapangan. Konsistensi tanah lunak berdasarkan nilai kuat gesernya sebagai berikut :

Tabel 2.1 Konsistensi tanah lunak berdasarkan kuat geser

Kosistensi	Kuat Geser (KN/m ²)
Lunak (soft)	12,5 – 25
Sangat lunak (very soft)	< 12,5

Tabel 2.2 Konsistensi tanah lunak berdasarkan indikasi di lapangan

Kosistensi	Indikasi lapangan
Lunak (soft)	Bisa dibentuk dengan mudah dengan jari tangan
Sangat lunak (very soft)	Keluar diantara jari tangan jika diremas dalam kepalan tangan

Konsistensi tanah dilihat dari nilai *consistency index* (I_C) dan *liquidity index* (I_L) dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Konsistensi Tanah Dilihat Dari Nilai *Consistency Index* dan *Liquidity Index*

Konsistensi	Deskripsi	I _C	I _L
liquid	liquid	< 0	>1
plastic	very soft	0 - 0.25	0.75 - 1.00
	soft	0.25 - 0.50	0.50 - 0.75
	medium stiff	0.50 - 0.75	0.25 - 0.50
	stiff	0.75 - 1.00	0 - 0.25
semi-solid	very stiff or hard	> 1	< 0
solid	hard or very hard	> 1	< 0

Dimana nilai *Consistency Index* (I_C) didapat dengan rumus :

$$I_C = \frac{W_L - W_N}{I_P} \quad (2.1)$$

Dimana :

I_C : *Consistency Index*

W_L : *Liquid Limit*

W_N : *Natural Water Content*

I_P : *Plastic Index*

Dan *Liquidity Index* (I_L) didapat dengan rumus :

$$I_L = \frac{W_N - W_P}{I_P} \quad (2.2)$$

Dimana :

I_L : *Liquidity Index*

W_N : *Natural Water Content*

W_P : *Plastic Limit*

I_P : *Plastic Index*

Untuk meninjau karakteristik tanah lempung tersebut perlu dilakukan pengujian-pengujian khusus untuk mengetahui sifat fisik dan *index properties* dari tanah lempung, yaitu :

➤ Batas-Batas Atterberg (*Atterberg Limits*)

Atterberg (1990), telah meneliti sifat konsistensi mineral lempung pada kadar air yang bervariasi yang dinyatakan dalam batas cair, batas plastis, dan batas susut. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.4 Batas-batas Atterberg mineral tanah lempung lunak

Mineral	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut
Montmorillonite	100-900	50-100	8,5-15
Illite	60-120	35-60	15-17
Kaolinite	30-110	25-40	25-29

➤ Berat Jenis (SG)

Nilai *Specific Gravity* (SG) yang didasari tiap-tiap mineral pada tanah lempung lunak dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2.5 Nilai SG untuk Tiap Mineral Tanah Lempung Lunak

Mineral Lempung Lunak	Berat Jenis (SG)
Kaolinite	2,6-2,63
Illite	2,8
Montmorillonite	2,4

➤ Nilai *Standard Penetration Test* (SPT)

Menurut Terzaghi (1967), tanah lempung kohesif diklasifikasikan sebagai tanah lempung lunak jika memiliki N-SPT < 4. Konsistensi tanah kohesif berdasarkan penetrasi dan daya dukungnya :

Tabel 2.6 Standar Penetrasi untuk Tanah Kohesif

N-Penetrasi	q_u (kN/m ²)	Konsistensi
< 4	< 25	sangat lunak
4 – 6	20 – 50	lunak
6 – 15	30 – 60	sedang
16 – 25	40 – 200	kenyal (<i>stiff</i>)
> 25	> 100	keras

➤ Nilai Tahanan Ujung (q_c).

Nilai SPT bisa ditentukan dengan adanya hubungan antara N-SPT dengan tahanan ujung (q_c) yang diperoleh dari uji tes sondir (CPT) di lapangan yang dilakukan sampai kedalaman tinjau. Dari nilai q_c tersebut diperoleh daya dukung ultimate (q_u), kemudian dari tabel diatas akan didapatkan nilai SPT dan konsistensi tanah. Dalam buku "Mekanika Tanah" karangan Ir. V. Sunggono K. H nilai q_c dari hasil tes sondir untuk tanah lunak berkisar antara 6-10 kg/cm²

➤ Komposisi tanah

Angka pori, kadar air, dan berat volume kering pada beberapa tipe tanah lempung dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 komposisi tanah dilihat dari angka pori, kadar air, dan berat volume

Tipe tanah	Angka pori (e)	Kadar air dalam keadaan jenuh	Berat volume kering (kN/m ³)
Lempung kaku	0,6	21	17
Lempung lunak	0,9 – 1,4	30 – 50	11,5 – 14,5
Lempung organik lembek	2,5 – 3,2	30 - 120	6 – 8

2.3 PENENTUAN PARAMETER GESER TANAH LUNAK

Penentuan parameter-parameter kekuatan geser dapat dilakukan dengan pengujian-pengujian geser sudu (*vane shear test*) di lapangan dan uji geser sudu (*vane shear test*) di laboratorium dengan menggunakan sampel tanah dari lokasi yang sama dengan keadaan sampel tanah tak terganggu (*undisturb*) untuk uji geser sudu laboratorium untuk menjaga kesamaan kondisi dengan lapangan.

2.3.1 UJI KUAT GESER TANAH DENGAN UJI GESER SUDU (*VANE SHEAR TEST*) LAPANGAN

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan lempung jenuh sempurna dalam keadaan tak terdrainasi (*undrained*). Pengujian ini sangat cocok untuk jenis tanah lunak, dimana kekuatan gesernya dapat berubah pada saat pengambilan contoh dan pada saat penanganannya.

Alat geser sudu ini memiliki interval pembacaan momen torsi dari 0 sampai 260 kPa, dimana interval nilai momen torsi tersebut dapat dilihat dari penggunaan tiga buah sudu (*vane*) yang digunakan. Keakuratan alat geser sudu ini harus berada diantara 10% dari pembacaan. Berikut merupakan tiga ukuran dari sudu (*vane*) yang dapat digunakan dengan nilai kalibrasi yang disesuaikan sesuai ukuran sudu :

Tabel 2.8 jenis sudu dan nilai kalibrasi yang digunakan untuk uji geser sudu lapangan

Vane	Reading Multiplied By = Value In kPa
16 x 32 mm (ekstra)	Multiply with 2
20 x 40 mm (standar)	Direct 1
25,4 x 50,8 mm (ekstra)	Multiply with 0,5

Uji geser sudu menggunakan alat-alat yang terdiri dari sebuah sudu (*vane*) dan baja anti karat dengan empat buah daun yang tegak lurus satu sama lain, yang dihubungkan dengan sebuah batang baja mutu tinggi. Batang tersebut diakhiri oleh sebuah katup yang dipenuhi minyak pelumas.

Sudu-sudu dan batang baja tersebut ditekan ke dalam lempung pada dasar sebuah lubang sampai kedalaman paling sedikit tiga kali diameter lubang. Bila dikerjakan dengan hati-hati akan didapat contoh tanah yang tidak begitu terganggu. Untuk mempertahankan batang baja dan katup tetap berada di pusat lubang, maka digunakan bantalan tetap.

Ujung atas batang baja diputar secara berangsur-angsur dengan menggunakan peralatan yang sesuai, sampai tanah lunak tersebut mengalami keruntuhan geser akibat rotasi sudu-sudu. Keruntuhan geser terjadi pada permukaan dan pada ujung-ujung silinder yang memiliki diameter sama dengan keseluruhan sudu-sudu. Kecepatan rotasi (putaran) sudu-sudu harus dalam rentang 6° sampai 12° per sepuluh menit. Kemudian nilai kuat geser untuk tanah lunak tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Su = dial\ reading \times 10 \times k \quad (2.3)$$

Dimana Su = nilai kuat geser saat terjadi keruntuhan, 10 = 10% dari pembacaan sebenarnya, dan k = nilai kalibrasi baling.

2.3.2 UJI KUAT GESER TANAH DENGAN UJI GESER SUDU (VANE SHEAR TEST) LABORATORIUM

Pengujian geser sudu (*vane shear test*) laboratorium memiliki prinsip yang sama dengan dimensi alat yang berbeda dengan uji geser sudu lapangan, dimana alat yang digunakan di laboratorium lebih kecil. Uji geser sudu laboratorium mempunyai satu jenis baling-baling dengan ukuran $12,7\text{ mm} \times 12,7\text{ mm}$.

Uji geser sudu dilapangan dapat digunakan untuk mengevaluasi kuat geser tak terdrainasi (*undrained*) setempat dari lempung kaku dan lanau pada interval kedalaman 1m (3,28 ft) atau lebih. Uji geser sudu di laboratorium memiliki prinsip yang sama dengan uji geser sudu lapangan tetapi dilaboratorium menggunakan tanah dengan dimensi terbatas dari tabung pengambilan sampel.

Pengujian kuat geser sudu (*vane shear test*) sangat cocok untuk jenis tanah lunak yang mempunyai kuat geser kurang dari 20 kN/m^2 . Oleh karena itu tanah hasil pengambilan sampel di lapangan harus dalam keadaan tak terganggu (*undisturb*) untuk mengetahui kuat geser pada kondisi aslinya.

Diperlukan ketelitian dan perhatian yang cukup besar untuk proses pengambilan sampel, penyimpanan sampel, dan perawatan sampel tanah sebelum dilakukannya uji geser sudu di laboratorium, terutama untuk contoh tanah tak terganggu (*undisturb*). Dimana hal-hal tersebut dimaksudkan agar struktur tanah dan kadar airnya harus dipertahankan.

Melalui uji geser sudu dapat ditentukan momen torsi yang bekerja pada saat terjadi keruntuhan (*failure*). Dari momen torsi ini kita dapat menentukan nilai kuat geser dari tanah lunak yang diperiksa, yaitu kekuatan geser tak terdrainasi (*undrained*).

Keuntungan dan kerugian dari uji geser sudu

1. Keuntungan

- Untuk memperkirakan nilai kuat geser tak terdrainasi
- Pengujian dan peralatan yang sederhana (di lapangan)
- Dapat memiliki pengalaman dalam menjalani VST

2. Kerugian

- Hanya dapat digunakan pada lempung lunak sampai kaku
- Membutuhkan waktu lama dan bekerjanya lamban
- Dapat dipengaruhi lensa-lensa pasir dan pelipatan.

alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah alat uji geser sudu (*vane shear test*) di laboratorium. Dengan ukuran yang lebih kecil dari alat uji geser sudu di lapangan, alat uji di laboratorium dapat dikendalikan secara mekanis maupun manual, sedangkan uji geser sudu di lapangan umumnya dikendalikan secara manual.

Pengujian ini bekerja dengan anggapan tegangan kerja dibatasi pada permukaan silindris yang dinyatakan dengan diameter dan tinggi baling. Dengan adanya kekuatan dan kekakuan, tanah dalam luas pancaran akan ke luar dari permukaan zona silindris. oleh sebab itu, bagian torsi digunakan untuk menggerakkan zona ini.

Analisis uji diperhitungkan dengan anggapan kuat geser tanah uji merupakan tanah dengan kondisi yang sama dengan tanah uji di lapangan. Pengukuran putaran sudu (*vane*) mempunyai dua pengaruh terhadap hasil pengukuran kuat geser sudu (*vane*), yaitu :

1. Mencegah terjadinya pengeringan, dalam hal ini tanah uji harus berada dalam keadaan tak terdrainasi (*undrained*).
2. Menyerupai efek viskositas (perekat) dimana nilai kuat geser tanah lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tekan tanah.

Alat uji geser sudu di laboratorium mempunyai beberapa komponen diantaranya :

1. Sebuah sudu (*vane*) dengan ukuran 12,7 mm x 12,7 mm, terbuat dari baja tahan karat.
2. Sudu (*vane*) dipasangkan pada sebuah *rotating socket* pada bagian bawah dari komponen alat (*vane head*), kemudian ditahan oleh baut pengikat. *Socket* ini berputar pada bantalan bulat.
3. Terdapat empat jenis pegas (*spring*) yang berbeda. Dengan tiap jenis dari pegas tersebut mempunyai fungsi yang berbeda. Pegas dipasangkan pada busi lingkar di masing-masing ujungnya. Pada ke-4 buah jenis ini mempunyai kekakuan yang berbeda-beda dengan tujuan untuk pengujian jenis tanah yang berbeda-beda.
4. Pegas diletakan di bawah bagian tertekan pada *plug* dengan lubang berbentuk bujur sangkar ke arah bawah, yang dikunci dengan *socket slot* dan batang baja (*vertical shaft*) dihubungkan pada lubang berbentuk bujur sangkar.

5. *Plug pin* yang bagian atas dihubungkan pada bagian bawah kepala alat. Putaran dari bagian atas akan disalurkan melalui pegas menuju *socket*.
6. Jika sudu (*vane*) mengalami masalah dalam pengoperasiannya, maka *hand knob* bisa dioperasikan secara manual dengan diputar searah jarum jam, bagian *circular graduated scale* akan berputar dan tenaga putaran dapat diberlakukan pada pegas.
7. Penerapan beban dapat ditentukan oleh tidak adanya defleksi sudut dari bagian alat *graduated scale* dan membaca grafik kalibrasi pegas yang relevan. Jika sudu (*vane*) memungkinkan untuk berputar, maka jumlah defleksi dapat dilihat pada pembacaan *secondary scale*.
8. *Lead screw* yang diputar menggunakan *crank* digunakan untuk menaikkan dan menurunkan sudu (*vane*).

2.4 Bentuk Penelitian Kuat Geser Tanah Lunak Yang Telah Di Lakukan

Penelitian yang pernah dilakukan oleh badan penelitian dan pengembangan Departemen Pekerjaan Umum serta beberapa skripsi dan tesis :

1. Studi pengaruh nilai O_{er} dan variasi Blade Vane Shear dalam penentuan kuat geser tanah lempung tinjauan terhadap kondisi Anisotropis di laboratorium oleh Inoki Fabil (2005).

“Para ahli geoteknik sangat memandang perlu adanya kuat geser *undrained* S_u pada tanah lempung yang merupakan salah satu syarat properties tanah yang sangat dibutuhkan untuk mendesain struktur. Diantara berbagai macam variasi pengujian langsung di lapangan untuk menentukan S_u , Vane Shear Test (VST) merupakan satu-satunya alat yang langsung dapat digunakan untuk menentukan nilai S_u pada tanah lempung. Penggunaan VST untuk tanah terkonsolidasi normal (NC) sangatlah tepat namun kelayakan penggunaan VST untuk tanah selain NC tidak dianjurkan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mempelajari secara eksperimental kuat geser *undrained* yang terkonsolidasi normal (NC) dan terkonsolidasi berlebih (OC)

berdasarkan data yang dihasilkan dari pengujian VST. Tujuan kedua dari penelitian ini adalah mempelajari penggunaan VST dalam menentukan kuat geser undrained terhadap kondisi anisotropis pada tanah lempung lunak.”

2. Hubungan antara kekuatan geser terdrainase dengan pemberian beban tambahan (preloading) pada tanah lempung lunak oleh Muhammad Ma'mun (2001).

“Penelitian peningkatan kekuatan geser tanah pada tanah lempung lunak dengan pemberian beban tambahan pada tes konsolidasi sebesar dua kali beban yang bekerja di lapangan dalam kondisi terdrainasi mengacu pada prinsip bahwa kekuatan geser tanah maksimal akan lebih cepat tercapai bila proses dissipasi kelebihan tekanan air pori dapat selesai lebih cepat, kemudian dengan kondisi terdrainasi diharapkan terjadi peningkatan kekuatan geser maksimum, dimana pada kondisi terdrainase partikel padat tanah mengalami penyusunan posisi yang baru dengan cara menggelincir dan menggelinding sehingga partikel padat tanah semakin bersinggungan dan dengan adanya peningkatan beban konsolidasi serta kondisi tanah yang terdrainasi maka diharapkan akan ada peningkatan kekuatan geser tanah.”

3. Pengujian kuat geser tanah kaolin dengan metode Vane Shear Test laboratorium oleh Taufik Hidayat (2008).

“Menentukan kuat geser tanah kaolin (mineral tanah lempung) di laboratorium, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk menentukan Indeks Propertis tanah sebelum dilakukan pengujian kuat geser terhadap sampel tanah. Alat yang digunakan adalah alat uji geser sudu laboratorium (vane shear test laboratory). Pengujian kuat geser digunakan untuk analisa daya dukung tanah dan stabilitas lereng dengan tujuan pengujian, untuk menentukan nilai parameter-parameter kekuatan geser dari hasil uji geser sudu laboratorium dan membandingkan hasil pengujian kuat geser tanah lempung antara uji geser sudu (vane shear test) laboratorium dan uji triaksial.”

4. Perilaku kekuatan geser tanah lempung lunak dengan uji geser sudu (vane shear test) dan uji triaksial UU oleh Evi

“Indonesia mempunyai iklim dan kondisi tanah yang dapat dikatakan mendukung adanya wilayah yang digolongkan mempunyai tanah sulit. Tanah sulit diartikan sebagai tanah sangat lunak organik atau gambut dan tanah lunak yang berpotensi mengembang tinggi (tanah ekspansif). Makin mendesaknya kebutuhan akan lahan untuk permukiman di kota, mahal nya lahan dengan tanah stabil, dan berkembangnya wilayah permukiman di daerah terutama wilayah transmigran, membuat pemanfaatan wilayah ini tidak dapat dihindarkan. Permasalahan yang timbul akibat pembebanan pada lapisan tanah lunak adalah kompresibilitas yang tinggi dan kekuatan geser yang rendah. Untuk mengetahui kekuatan geser tanah lunak tersebut maka perlu dilakukan beberapa pengujian, diantaranya uji geser sudu lapangan (field vane shear test) dan uji triaksial UU di laboratorium. Uji geser sudu lapangan dimaksudkan untuk menentukan kekuatan lempung jenuh sempurna dalam keadaan tidak terdrainase, sedangkan uji triaksial dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sudut geser tanah dan nilai kohesi suatu tanah.”

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 KEGIATAN PENELITIAN

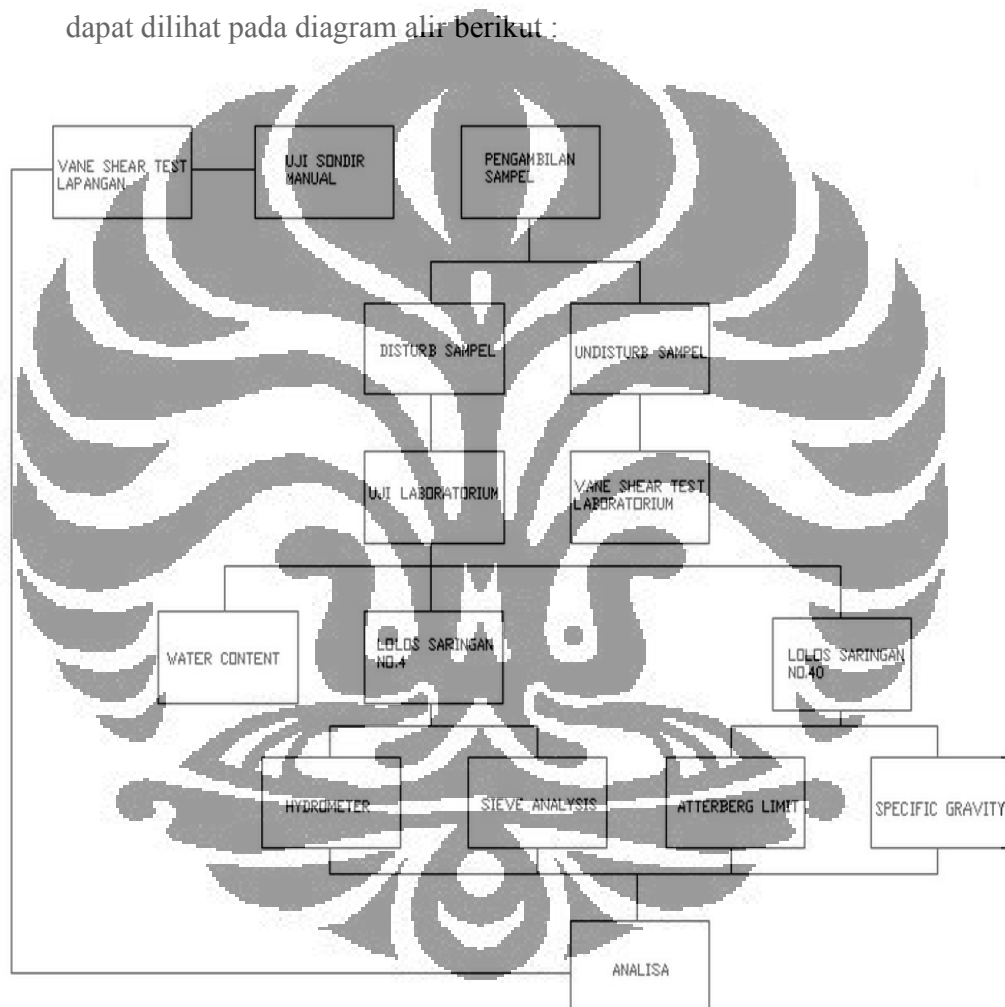
Selain studi literatur, kegiatan penelitian yang dilakukan meliputi pengujian untuk mendapatkan nilai kuat geser tanah lunak di lapangan dengan uji geser sudu (*Vane Shear Test*), diperlukan juga uji sifat fisis dan mekanis dari sampel tanah untuk mengetahui karakteristik dan parameter-parameter tanah yang dilakukan di laboratorium. Sebelumnya, telah dilakukan pengujian sondir (CPT) manual di lapangan untuk memastikan bahwa sampel yang diambil adalah tanah lunak. Secara garis besar, penelitian ini meliputi tiga kegiatan yaitu persiapan, pengujian, serta analisis dan penarikan kesimpulan.

Kegiatan persiapan meliputi penentuan lokasi pengambilan sampel dan persiapan alat-alat yang akan digunakan. Lokasi pengambilan sampel ditetapkan di KBN Marunda, berdekatan dengan proyek Banjir Kanal Barat (BKT) Jakarta Utara. Sampel diambil sampai kedalaman 3 meter di dua lokasi, dengan jarak antar lokasi 100 meter. Sampel yang diambil adalah sampel *undisturbed*. Alat-alat yang digunakan untuk mendapatkan sampel pada lokasi yang telah ditetapkan adalah tabung silinder PVC ($\varnothing 4'$), cangkuk, tali dan *hammer*. Tabung silinder PVC memiliki properties sebagai berikut :

Diameter luar	: 104 mm
Diameter dalam	: 100 mm
Ketebalan	: 4 mm
Panjang	: 3000 mm (3m)

Kegiatan pengujian meliputi pengujian di lapangan dan pengujian di laboratorium. Pengujian yang dilakukan di lapangan adalah pengujian dengan *hand boring*, uji sondir tangan, dan uji geser sudu (*Vane Shear Test*). *Hand boring* dan *casing* digunakan untuk menguji kuat geser dilapangan dengan uji geser sudu (*vane shear test*). Sedangkan tabung PVC digunakan untuk

mengambil contoh tanah *undisturbed*, uji sondir tangan dimaksudkan untuk mengetahui daya dukung tanah, dan uji geser sudu dimaksudkan untuk mengetahui nilai kuat geser tanah tinjauan yang akan dibandingkan hasilnya dengan uji geser sudu laboratorium. Pengujian di laboratorium meliputi uji *atterberg limit*, *specific gravity*, *hydrometer*, *sieve analysis* dan uji geser sudu (*Vane Shear test*) laboratorium. Adapun urutan pekerjaan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Dalam kegiatan analisis dan penarikan kesimpulan dilakukan analisis hasil terhadap data-data hasil pengujian dengan hipotesis dan penarikan

kesimpulan yang merupakan jawaban dari masalah yang telah dikemukakan pada Bab I.

3.2 PENGAMBILAN CONTOH TANAH

Lokasi pengambilan contoh tanah dipilih setelah dilakukan pengujian terlebih dahulu, sehingga dapat diketahui bahwa lokasi tersebut mempunyai tanah yang dapat dikategorikan sebagai tanah lunak.

3.2.1 Lokasi Pengambilan Contoh Tanah

Penelitian menggunakan jenis tanah lunak yang berasal dari KBN Marunda Jakarta Utara dekat dengan proyek Banjir Kanal Timur (BKT) dimana dalam pengujian dan pengambilan sampel dilakukan di dua (2) lokasi dengan jarak antar lokasi ± 100 m. Daerah tersebut berdekatan dengan laut sehingga ada beberapa area dimana tanahnya merupakan sedimentasi dari lumpur sungai, walaupun tidak semua area disekitarnya dapat dilakukan pengujian dan pengambilan sampel dikarenakan mengandung pasir sehingga tidak dapat digunakan.

3.2.2 Uji Lapangan

Pada lokasi pengambilan sampel dilakukan beberapa uji untuk memastikan bahwa tanah adalah jenis tanah lunak. Uji-uji tersebut diantaranya :

a) Uji Sondir.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mencari tahanan konus (end bearing) dan hambatan lekat tanah pada kedalaman tertentu, sehingga dapat dihitung daya dukung tanahnya. Peralatan yang digunakan adalah alat bikonus yang dilengkapi dengan manometer berkapasitas 0-250 kg/cm². Alat sondir ini ditekan setiap kedalaman 20 cm secara manual, dan dilakukan pembacaan pada manometer dan seterusnya hingga kedalaman 3 meter. Menurut buku "Mekanika Tanah" karangan Ir. V. Sunggono K. H nilai q_c tunak tanah lunak terdapat pada interval 6 – 10 kg/cm². Untuk masing-masing lokasi dilakukan 2 titik uji sondir didekat tempat pengambilan sampel.



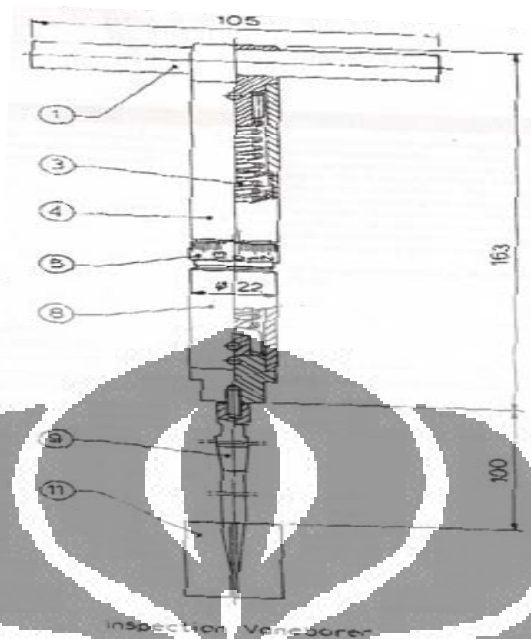
Gambar 3.2 Uji Sondir

b) Uji Geser Sudu Lapangan

Uji geser sedu (*Vane shear test*) dimaksudkan untuk menentukan kekuatan lempung jenuh sempurna dalam keadaan tak terdrainasi (*Undrained*). Alat yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari sebuah sudu (*Vane*) tipe Geonor H-60 dan baja anti karat dengan empat (4) buah daun yang saling tegak lurus, yang dihubungkan dengan sebuah batang baja mutu tinggi. Dimana batang tersebut diakhiri oleh sebuah katup yang dipenuhi minyak pelumas. Panjang dari sudu-sudu tersebut adalah dua kali lebar keseluruhannya, yaitu 25,4 mm x 50,8 mm dengan kemampuan kedalaman mencapai 3 meter.



Gambar 3.3 Peralatan Vane Shear Test



Gambar 3.4 Spesifikasi Alat Vane Shear Test

Bagian pengukuran pada alat ini adalah sebuah pegas (*Spring*) (3), dengan maksimal torsi yang mampu ditahan sebesar 38 kgcm. Ketika tuas (*handle*) diputar, pegas akan berdeformasi dan bagian atas (4) juga bagian bawah (8) pada alat diperoleh nilai *angular displacement*. Besarnya *displacement* tergantung dari putaran (torsi) yang dibutuhkan untuk dapat memutar baling-baling (11). Kekuatan geser tak terdrainasi (*undrained*) dapat diperoleh dari pembacaan skala (5). Berikut merupakan jenis dari baling-baling dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3.1 Ukuran Baling-baling yang Digunakan Untuk *Vane Shear Test* Lapangan

Vane	Reading Multiple By (kPa)
16 x 32 mm	2
20 x 40 mm	1
25,4 x 50,8 mm	0,5

Ukuran baling-baling yang digunakan pada saat uji geser sudu di lapangan adalah 25,4 x 50,8 mm untuk lokasi satu (1) dan lokasi dua (2), sehingga kekuatan geser tak terdrainasi (*undrained*) yang diperoleh merupakan pembacaan dengan nilai

kalibrasi dikalikan 0,5 kPa dan dikalikan dengan 10% dari pembacaan kuat geser yang sebenarnya untuk lokasi satu (1) dan lokasi dua (2). Untuk masing-masing lokasi pengambilan sampel dilakukan 3 titik uji *vane shear* dengan metode menerus tiap titik hingga kedalaman 3 meter dengan interval pembacaan 20 cm kedalaman. Metode pengujian *Vane Shear* di lapangan ini dilakukan disekitar tempat pengambilan sampel, agar memperoleh hasil yang dapat dibandingkan dengan uji geser sudu laboratorium.



Gambar 3.5 Uji Vane Shear Test Di Sekitar Sampel

3.3 Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah

Dalam penelitian ini diperlukan adanya pengujian sifat-sifat fisik tanah (*index properties*) dimana pengujian tersebut dimaksudkan untuk mengetahui sifa dan karakteristik dari tanah yang di ambil di lapangan. Pengujian sifat-sifat fisik tanah yang dilakukan terdiri dari :

- a. Kadar air
- b. Batas cair
- c. Batas plastis

- d. *Specific gravity*
- e. *Hydrometer*
- f. *Sieve analysis.*

3.3.1 Kadar Air

Kadar air merupakan perbandingan dari massa air yang terdapat pada tanah dengan massa partikel padatnya. Dalam mengetahui nilai kadar air dari suatu sampel tanah, maka dilakukan penimbangan contoh tanah sebelum dan sesudah dimasukkan ke dalam oven (*dry condition*). Kemudian nilai persentase dari kadar air tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$\% \text{ kadar air} = \frac{(W_{\text{wet}} - W_{\text{dry}})}{W_{\text{dry}}} \times 100 \quad (3.1)$$

Dimana W_{wet} adalah massa tanah basah dan W_{dry} adalah massa tanah kering

3.3.2 Batas Cair

Batas cair merupakan kadar air dimana contoh tanah yang telah dimasukkan pada alat *casagrande*, dibuat celah dengan *standard grooving tool* dan alat *casagrande* diputar engkolnya dengan kecepatan 2 ketukan per detik dengan tinggi jatuh 10 mm, pada ketukan ke-25 contoh tanah yang digores dengan *grooving tool* merapat sepanjang 0,5 inch.

Berikut merupakan prosedur pengerjaan untuk mengetahui batas cair :

- Sampel tanah yang diambil dapat merupakan tanah *disturb* atau *undisturb*
- Sampel tanah dikeringkan oven, kemudian dihancurkan untuk mendapatkan tanah yang sesuai dengan uji batas cair
- Tanah sampel merupakan tanah yang lolos saringan No.40
- Sampel tanah dimasukkan kedalam mangkuk porselen dan kemudian dicampur dengan air suling dan diaduk dengan spatula hingga homogen, kemudian dimasukkan kedalam mangkuk *casagrande* selapis demi selapis dan diusahakan tidak ada udara diantara lapisan yang diratakan memakai spatula. Tebal tanah yang dimasukkan kurang lebih 0,5 inch pada bagian tengahnya.

- Kemudian tanah didalam *casagrande* dibuat celah dengan menggunakan *grooving tool* dalam arah tegak lurus mangkuk, hal ini harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak terjadi retak pada bagian bawahnya.
- Alat *casagrandei* dijalankan dengan kecepatan konstan 2 putaran per detik, dan tinggi jatuh 1 cm, dilakukan hingga tanah tepat merapat sepanjang 0,5 inch. Pada saat alat *casagrande* dihentikan dan jumlah ketukan dicatat.
- Tanah dalam mangkuk *casagrande* diambil sebagian dan dimasukkan kedalam *can* yang sudah diketahui massanya lalu ditimbang lagi dengan tanah yang dimasukan kedalam *can* kemudian dimasukkan kedalam oven.
- Setelah ± 18 jam dalam oven *can* dan tanah tersebut ditimbang kembali untuk mencari kadar airnya. Untuk setiap lokasi diambil 2 (dua) sampel dengan 1 (satu) sampelnya menggunakan 5 *can*, sehingga untuk tiap lokasi diperoleh 10 *can* dengan jumlah ketukan berkisar dari 10-15; 15-20; 20-30; 30-40; dan 40-50.



Gambar 3.6 Liquid Limit Test

3.3.3 Batas Plastis

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air pada batas dimana contoh tanah digulung pada pelat kaca hingga mencapai diameter kurang lebih 1/8 inch (3,2 mm) dan tanah tersebut tepat retak-retak halus. Dari pengujian ini dapat ditentukan Plastic Index (PI) dimana :

$$PI = LL - PL \quad (3.2)$$

Dengan LL adalah *liquid limit* yang didapat dari penelitian batas cair.

Berikut merupakan prosedur untuk mengetahui batas plastis :

- Sampel tanah lolos saringan No.40
- Tanah dimasukkan kedalam mangkuk porselen dan dicampur dengan air suling lalu diaduk dengan spatula hingga homogen lalu diambil sedikit dan digulung di atas pelat kaca sampai diameter 1/8 inch. Bila kadar air berlebih, pada waktu contoh tanah mencapai diameter 1/8 inch tidak akan terjadi retak-retak. Dan bila kadar air kurang, maka sebelum mencapai diameter 1/8 inch tanah akan mengalami retak-retak.
- Tanah yang sudah sesuai dengan ukuran 1/8 inch dan mengalami retak-retak halus kemudian dimasukkan kedalam container yang sudah diketahui beratnya, kemudian dilakukan penimbangan kembali setelah diisi dengan sampel tanah untuk kemudian dimasukkan kedalam oven.
- Pengujian ini dilakuakn sampai jumlah sampel tanah dalam container minimum 15 gram.
- Setelah + 18 jam container berisi sampel tanah ditimbang kembali untuk mengetahui kadar airnya.



Gambar 3.7 Plastic Limit Test

3.3.4 Batas Susut

Batas susut (*Shrinkage Limit*) merupakan pengujian kadar air dimana tanah dalam keadaan antara semi plastis dan padat. Pada batas ini ditentukan kadar airnya dan warna mulai menjadi muda karena pori-pori terisi oleh udara. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan cetakan dengan diameter 4,2 cm dan tinggi 1,2 cm. kemudian pada bagian dalam cetakan dilapisi dengan pelumas, dan diisi dengan tanah yang mencapai ketukan 25. Tanah yang telah dimasukkan kedalam cetakan didiamkan terlebih dahulu selama 24 jam agar tidak terjadi retakan pada saat dikeringkan di oven. Kemudian setelah dalam keadaan kering oven, ditentukan volumenya dengan mencelupkannya kedalam air raksa, karena air raksa tidak dapat diserap oleh tanah dalam keadaan kering. Volume air raksa yang tumpah merupakan volume dari berat tanah kering tersebut.

Nilai batas susut dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$SL = w - \frac{V_1 - V_2}{W_5} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana .

W = kadar air

V_1 = volume tanah basah dalam cawan (cm^3)

V_2 = volume tanah kering oven (cm^3)

W_5 = berat tanah kering.

3.3.5 Spesific Gravity

Spesific gravity merupakan perbandingan berat isi tanah dan berat isi air pada suhu 4°C. dalam pengujian ini selalu diusahakan volume tanah sama dengan volume volume air yang dipindahkan, nilai spesific gravity diperoleh dari rumus :

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} \quad (3.4)$$

Dimana W_s adalah berat jenis air pada suhu 4°C. untuk pengujian T°C, maka harga tersebut harus dikoreksi dengan harga α , sehingga menjadi :

$$G_s = \alpha \frac{W_s}{W_w} \quad (3.5)$$

Dimana W_s adalah berat tanah kering, W_w adalah berat air, dan α adalah faktor koreksi suhu yang berhubungan dengan $T^\circ\text{C}$ pada saat pengujian.

Berikut merupakan prosedur specific gravity :

- Sampel tanah lolos saringan No.40 dal keadaan kering oven
- Siapkan piknometer yang diisi dengan air suling sebanyak 500 ml, maka piknometer ditimbang beratnya dan suhu air didalamnya dicatat.
- Air dalm piknometer dibuang dibersihkan dan dikeringkan kembali.
- Sampel tanah masing-masing 100 gram dimasukkan kedalam piknometer secara hati-hati sehingga tidak terdapat butiran tanah yang menempel pada dinding leher piknometer karena akan mengurangi volume.
- Isi kembali piknometer dengan air suling $\pm \frac{3}{4}$ bagian volume piknometer.
- Kemudian didihkan piknometer yang telah terisi air suling dan sampel tanah untuk menghilangkan udara yang terperangkap.
- Diamkan piknometer sampai suhu air sama dengan suhu air awal. Kemudian piknometer berisi air dan tanah tersebut ditimbang kembali.



Gambar 3.8 Specific Gravity Test

3.3.6 Hydrometer

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan distribusi dari butiran tanah yang memiliki diameter lebih kecil dari 0,074 mm (lolos saringan No.200 ASTM) dengan cara pengendapan. Pengujian ini didasarkan pada hubungan antara kecepatan jatuh dari suatu butiran dalam suatu larutan, diameter butiran, berat

jenis butiran, berat jenis larutan, dan kepekatan larutan tersebut. Hubungan tersebut terdefinisi dalam Hukum Stokes sebagai berikut :

$$v = \frac{2\gamma_w - \gamma_s}{9\eta} \left[\frac{D}{2} \right]^2 \quad (3.6)$$

$$D = \sqrt{\frac{18 \cdot \eta \cdot v}{\gamma_s - \gamma_w}} \quad (3.7)$$

Dimana :

V = kecepatan jatuh dri butiran (cm/s)

γ_s = berat jenis butiran (gram/cm³)

γ_w = berat jenis larutan (gram/cm³)

η = kepekatan larutan (dyne s/cm²)

D = diameter butiran (cm)

Hukum Stokes memiliki beberapa batasan sebagai berikut :

- Hukum ini hanya berlaku jika diameter butiran berada pada interval 0,0002 – 0,2 mm. hal ini dikarenakan ukuran butiran yang lebih besar dari 0,2 mm akan menyebabkan turbulensi pada larutan, sebaliknya ukuran yang lebih kecil dari 0,0002 mm cenderung akan melakukan gerak Brown (hal ini dipenbgaruhi oleh gaya tarik dan tolak antar partikel)
- Butiran tanah diasumsikan bundar, walaupun asumsi ini tidak 100% benar. Tanah-tanah yang akan dipakai harus diuraikan dengan bahan dispersi untuk tanah yang bersifat asam dipakai sodium silikat (Na₂SiO₃) yang juga dikenal dengan sebutan *Water Glass*.

Berikut merupakan prosedur pengujian *Hydrometer* :

- Sampel tanah lolos saringan No 4 dalam keadaan kering oven.
- Menggunakan 4 sampel, masing-masing 50 gram, lalu 40 gram *Water Glass* sebagai bahan dispersi lalu diisi dengan air suling 1000 ml, dicampur hingga homogen.
- Larutan dispersi dimasukan kedalam empat buah gelas belimbing, masing-masing 125 ml, diaduk dan didiamkan selama \pm 18 jam.
- Larutan dispersi

- Siapkan tabung silinder (1000 ml) dan dimasukkan 125 ml larutan dispersi dan ditambahkan air suling hingga 1000 ml, dimana tabung ini berfungsi sebagai tabung kontrol.
- Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan koreksi miniskus dan koreksi nol pada alat *Hydrometer* type 152 H dengan cara memasukkannya kedalam tabung kontrol dan pembacaan dicatat.
- Campuran tanah dan dispersi yang telah direndam selama ± 18 jam dimasukkan kedalam mixer cup dan kemudian ditambahkan sejumlah air suling dengan pipet sehingga mencapai kurang lebih $\frac{2}{3}$ dari mixer cup. Kemudian dilakukan pengadukan dengan mixer selama 10 menit.
- Kemudian masukkan larutan campuran tersebut kedalam *Hydrometer Jar* dan ditambahkan dengan air suling hingga mencapai 1000 ml, lalu tabung ditutup dengan karet penutup dan dikocok secara horizontal selama 1 (satu) menit.
- Segera setelah tabung *hydrometer Jar* diletakkan, masukkan alat *Hydrometer* tepat 1 (satu) menit pertama dilakukan pembacaan (R_1), menit ke-2 dilakukan pembacaan (R_2), menit ke-3 dilakukan pembacaan (R_3), menit ke-4 dilakukan pembacaan (R_4).
- Kemudian dilanjutkan kembali pembacaan pada alat *Hydrometer* pada menit ke-8, 15, 30, 60, 120, 240, 960, dan 1440.
- Setelah selesai pembacaan pada menit ke-1440 (24 jam), larutan dituang dan disaring dengan saringan No.200 ASTM untuk pengujian *Sieve Analysis*.



Gambar 3.9 Hydrometer Test

3.3.7 Sieve Analysis

Pengujian *Sieve Analysis* digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah yang berdiameter 4,76 mm sampai 0,0074 mm atau lolos saringan No.4 ASTM dan tertahan saringan No.200 ASTM. Umumnya tanah terdiri dari 3 (tiga) bagian, yaitu butiran, air, udara. Ukuran butiran menentukan klasifikasi jenis tanah tersebut. Setelah dilakukan penyaringan dengan serangkaian saringan dengan ukuran diameter kisi saringan dari yang kasar hingga halus. Dengan demikian tanah akan terpisah menjadi beberapa bagian batas ukuran. Rumus yang digunakan dalam pengujian *sieve analysis* adalah sebagai berikut :

$$\text{Prosentase tanah tertahan (\% tertahan)} = \frac{W_{\text{tertahan}}}{W_{\text{total}}} \times 100 \quad (3.8)$$

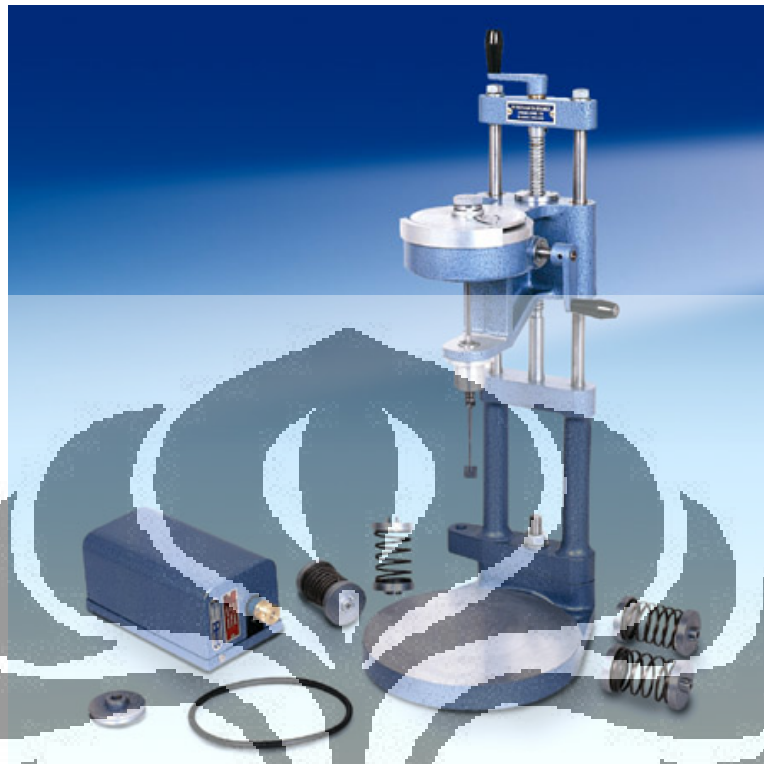
$$\text{Prosentase tanah lolos (\% lolos)} = 100\% - \% \text{ tertahan} \quad (3.9)$$

$$W_{\text{tertahan}} = W_{\text{tanah}} - W_{\text{tanah total sesudah penyaringan}} \quad (3.10)$$

Pada pengujian ini, larutan dari uji *Hydrometer* setelah dituang dan disaring dengan saringan No.200 ASTM, dikeringkan lalu ditimbang beratnya. Kemudian dalam keadaan kering oven di saring dengan serangkaian dengan nomor urut saringan 4, 8, 18, 40, 100, 200, dan pan. Kemudian diguncangkan selama 15 menit dengan mesin penggetar saringan. Lalu tiap saringan dibersihkan dengan sikat gigi, dimana sampel tanah yang tertinggal pada tiap-tiap saringan dikumpulkan dan ditimbang lalu dicatat beratnya.

3.4 Pengujian Kuat Geser Tanah Lunak dengan Geser Sudu Laboratorium

Vane shear test bertujuan untuk menentukan kekuatan tanah lempung terhadap putaran (torsion). Cara kerja *vane shear test* ini adalah dengan memasukkan sebuah sudu (*vane*) baja anti karat dengan empat buah daun yang saling tegak lurus satu sama lain dengan garis tengah D (mm) dan tinggi H (mm) menggunakan tangkai dari garis tengah yang sedikit kecil. Kemudian memasukkan dalam tabung benda uji tak terganggu (*undisturbed*) sampai pada kedalaman yang diinginkan kemudian menggerakkan baling-baling dengan kecepatan konstan untuk menentukan tenaga putaran (torsion) dan kemudian mengkonversi dengan luasan permukaan silinder benda uji. Tenaga putaran diukur oleh suatu kalibrasi (tabel) tenaga putaran pegas atau pembaca tenaga putaran yang dipasang secara langsung pada baling-baling yang memungkinkan pengukuran terhadap tenaga putaran (torsion).



Gambar 3.10 Alat Vane Shear Test Labororium

Intervensi alat :

Gangguan sudu (*vane*), daerah /zona yang berada disekitar baling-baling sebagai hasil dari insersi/ penyisipan, secara umum diasumsikan sangat kecil dan hampir tidak mempunyai efek dari stress-strain pada sedimen dari benda uji yang dites.

Perakitan komponen-komponen alat vane shear :

1. Menempatkan posisi sudu (*vane*) secara tegak lurus terhadap batang baja (steel shaft) pada bagian atas menuju bagian bawah socket dan mempererat baut pengunci berlawanan terhadap bagian yang berbentuk bujur sangkar dari batang baja.
2. Memilih pegas yang cocok terhadap karakteristik dari tanah yang akan di uji.
3. Memasang batang baja (*vertical shaft*) dengan memasukkan knurled knob dari pusat dial.

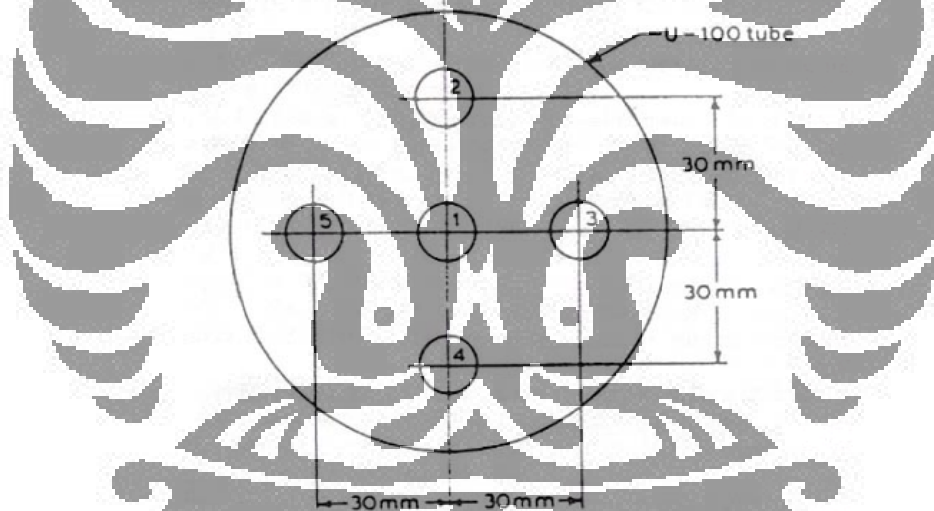
4. Pegas (*spring*) ditekan menggunakan tangan dan plug dengan lubang yang berbentuk bujur sangkar ditempatkan dibawah dari bagian atas socket
5. Membiarkan pegas untuk bergerak sehingga bagian atas plug pins dapat berputar.
6. Menempatkan kembali batang baja (*vertical shaft*) sehingga bagian batang baja yang bujur sangkar dapat dimasukkan pada bagian lubang yang berbentuk bujur sangkar pada plug bagian bawah.
7. Alat siap digunakan.

Prosedur pengujian dengan *vane shear* laboraorium untuk tanah lunak tak terganggu :

1. Mempersiapkan benda uji, dimana benda uji harus mempunyai diameter yang cukup dengan perbandingan minimal 2 (dua) kali diameter baling-baling dari keliling kuat geser permukaan dan tepi luar benda uji.
2. Mempersiapkan benda uji tak terganggu (*undisturb*) dari tabung sampel dengan memotong tabung sampel yang terbuat dari PVC dengan interval 10 cm. berikut merupakan profil tabung sampel PVC :
 - Diameter = 4 inch
 - Panjang = 10 cm
3. Meletakkan benda uji per kedalaman sesuai dengan interval kedalaman pada alat *vane shear* secara vertikal dibawah batang sudu (*vane*).
4. Memasang pointer pada bagian carrier. Memegang tombol (*knob*) dan memutar carrier sampai pointer berada pada titik nol dalam pembacaan skala. Memutar pegangan (*handle*) untuk mengatur pointer pada titik nol dalam skala sekunder (*secondary scale*).
5. Dengan menggerakkan crank, maka sudu (*vane*) dapat bergerak kebawah menuju kedalaman yang diinginkan (20 cm) secara perlahan-lahan dengan tujuan supaya permukaan benda uji tidak terganggu oleh sudu (*vane*).
6. Dengan memutar pegangan (*handle*) searah jarum jam secara mekanis 10^0 per menit, pada saat yang sama lakukan pengukuran waktu dengan stop watch untuk mengetahui waktu terjadinya failure yang sebenarnya. Sementara

sampel tanah menahan putaran, pembacaan pointer pada *inner scale* akan meningkat sampai terjadinya kuat geser maksimum dan ketika carrier bergerak meninggalkan pointer yang menunjukkan bahwa terjadinya defleksi maksimum pegas, hentikan putaran dan hentikan waktu pada stop watch untuk dilakukan perhitungan kuat geser maksimum pada saat keruntuhan dan waktu terjadinya keruntuhan.

7. Jika defleksi dari pegas mencapai 100° , hentikan percobaan dan ganti dengan pegas yang lebih stiff.
8. Berikutnya lakukan untuk setiap titik, dimana hasil dari titik-titik tersebut dirata-ratakan yang merupakan hasil yang dapat mewakili nilai kuat geser untuk setiap sampel.



Gambar 3.11 Lokasi Titik-Titik Dalam Benda Uji 100 mm

Namun penentuan titik yang sebenarnya dilakukan hanya 4 titik saja, dimana jarak antar titik harus minimal 3 mm dan diambil jarak antara titik dengan batas pinggir tabung juga 3 mm, sehingga hanya didapatkan 4 titik saja.

Berikut merupakan tabel spesifikasi penggunaan pegas (*spring*) dari alat *vane shear* laboratorium, dimana penggunaan pegas sesuai dengan tabel Tabel 2.2 Konsistensi tanah lunak berdasarkan indikasi di lapangan.

Tabel 3.2 *Torsion Springs For Laboratory Vane*

<i>General descriptive term for strength</i>	<i>Suggested Spring No.</i>	<i>Maximum shear stress (kN/m²)</i>
Very soft	4 (weakest)	20
Soft	3	40
Soft to firm	2	60
Firm	1 (stiffest)	90

Sumber : ASTM D 2573-72, *test method for field vane shear test in cohesive soil*

Pengujian Secara Mekanis :

1. Untuk penggunaan unit *motorised* dan pengaturan kerekan, dimana didapatkan tingkat ketepatan putaran (kurang lebih 10° per menit), dengan memindahkan pengaturan pada hand knob yang digunakan.
2. Koneksi elektrik
3. Pengamanan elektrik, sebelum memindahkan penutup apapun atau melakukan perbaikan/ pemeliharaan alat, mengisolasikan unit elektrik dengan memindahkan induk plug. Dimana bagian induk diperlukan dalam pengerjaan ini, hanya orang ahli dalam bidang ini yang mampu melakukannya. Memeriksa apakah *power supply* kompatibel dengan persyaratan umum pada tabel dan menghubungkannya dengan regulasi IEE atau peraturan lokal. Disarankan mesin dihubungkan melalui alat *current* dan alat beroperasi pada arus 0,03 amps.

Tabel 3.3 *Power Cable code*

Brown wire	L	Live or Power
Blue wire	N	Neutral
Green/ Yellow wire	E	Earth or Ground

Sumber : ASTM D 2573-72, *Test method for field vane shear test in cohesive soil*

Perhitungan

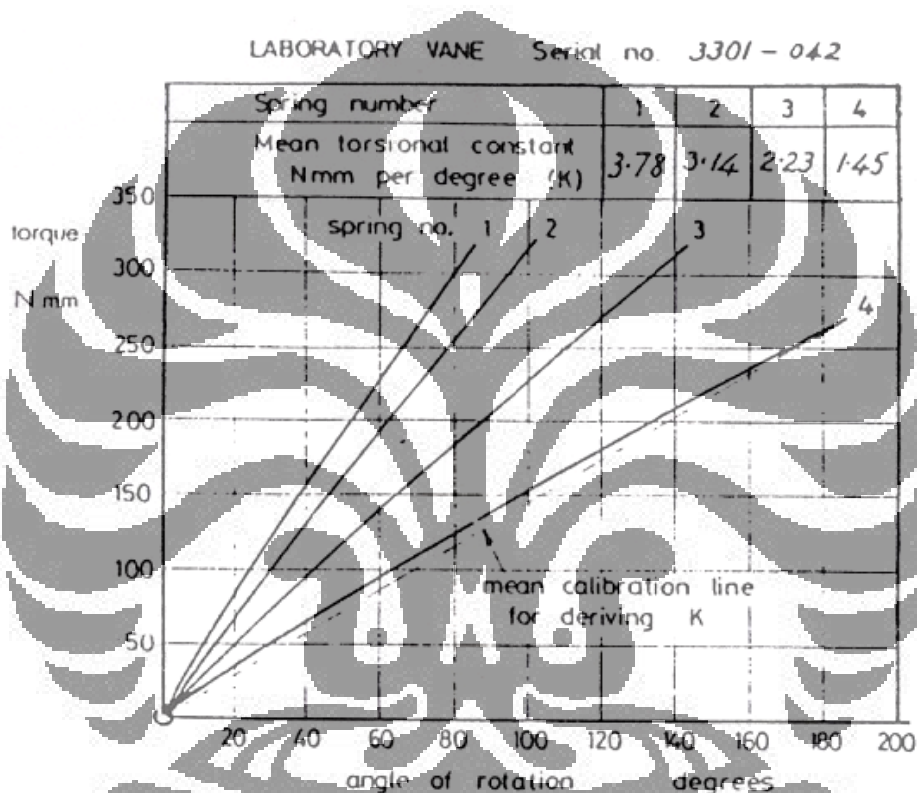
Pembacaan sudut ditandai oleh tongkat penunjuk (g) pada skala bagian dalam (n). nilai kuat geser dari tanah dihitung dengan menggunakan rumus :

$$c = \frac{K\theta_f}{4.29} \left(\frac{kN}{m^2} \right) \quad (3.11)$$

Dimana K adalah nilai kalibrasi dari pegas, atau nilai $K \cdot \theta_f$ dapat langsung dibaca pada grafik dan nilai 4,29 didapat dari persamaan :

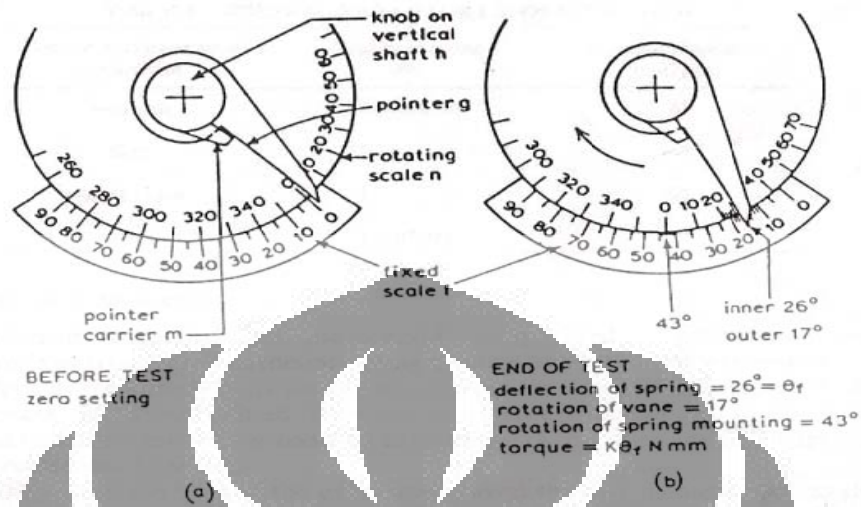
$$\pi \frac{D^2 L}{2} \left[1 + \frac{D}{3L} \right] \quad (3.12)$$

Dimana D = diameter baling, L = tinggi baling



Sumber : *ASTM D 2573-72, Test method for field vane shear test in cohesive soil*

Gambar 3.12 Kurva kalibrasi Torsi Pegas Vane Shear laboratorium



Sumber : *ASTM D 2573-72, Test method for field vane shear test in cohesive soil*
 Gambar 3.13 Contoh Cara Pembacaan Putaran Sudut Alat Geser Sudu Laboratorium

Dengan hasil data yang diperoleh dari uji geser sudu (*vane shear test*) laboratorium hitung nilai rata-rata dari setiap titik yang mewakili kedalaman tinjau dari sampel tanah. Jika terdapat hasil pengujian mempunyai perbedaan yang signifikan (misalnya lebih dari 20%), maka hasil pengujian tersebut tidak dimasukkan.

BAB 4

ANALISA UJI

4.1. ANALISA HASIL UJI LAPANGAN

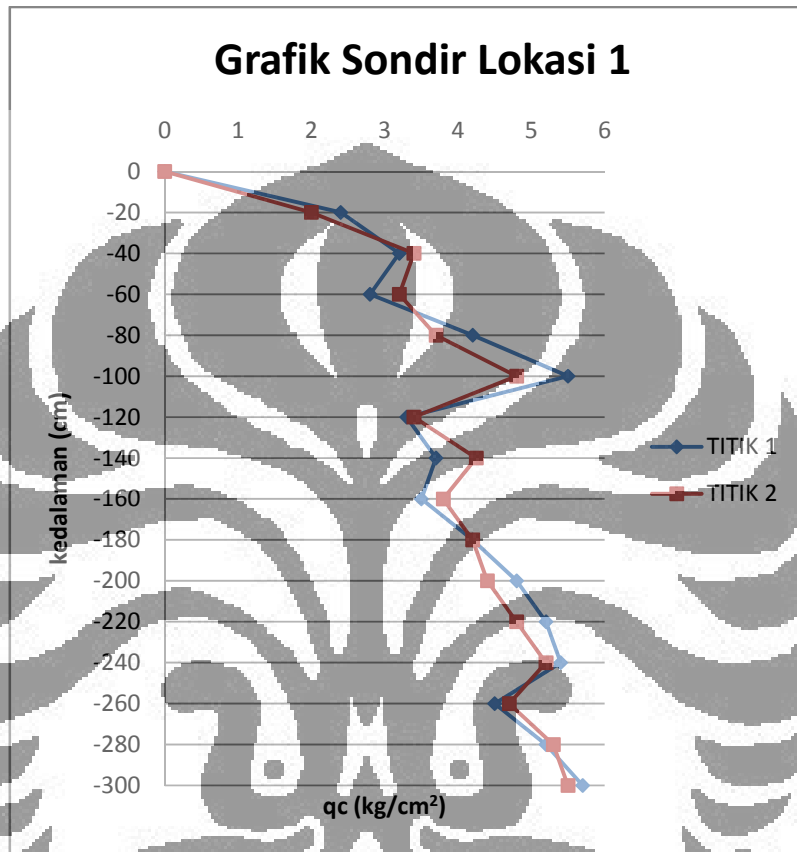
4.1.1. Uji Sondir Tangan

Sebelum dilakukannya analisa uji laboratorium, diperlukan analisa uji lapangan terlebih dahulu untuk mengetahui bahwa media tanah yang di uji sudah benar tergolong tanah lunak. Adapun uji lapangan yang dilakukan yaitu berupa uji geser sudu (*vane shear test*) dan uji sondir. Hasil uji sondir yang dilakukan di dua tempat dengan jarak ± 100 meter dengan melakukan dua kali uji sondir tiap lokasi dapat dilihat pada tabel 4.1. berikut ini.

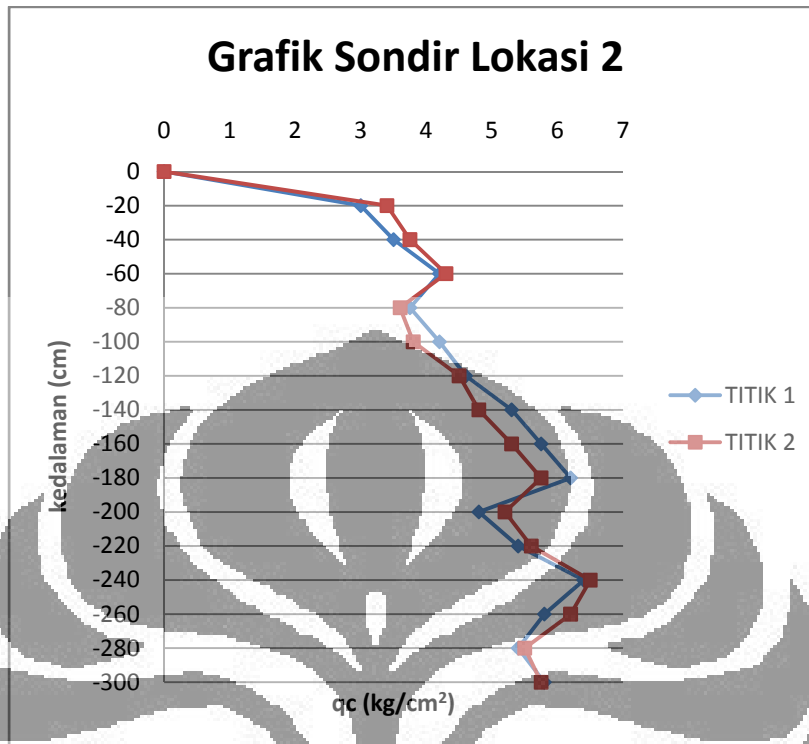
Tabel 4.1. Tes Sondir

Lokasi 1	Titik 1	Titik 2	Lokasi 2	Titik 1	Titik 2
Kedalaman	qc	qc	Kedalaman	qc	qc
n	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	n	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
(cm)			(cm)		
0	0	0	0	0	0
-20	2.4	2.5	-20	3	3.4
-40	3.2	3.4	-40	3.5	3.75
-60	2.8	3.2	-60	4.2	4.3
-80	4.2	3.7	-80	3.75	3.6
-100	5.5	4.8	-100	4.2	3.8
-120	3.3	3.4	-120	4.6	4.5
-140	3.7	4.25	-140	5.3	4.8
-160	3.5	3.8	-160	5.75	5.3
-180	4.2	4.2	-180	6.2	5.75
-200	4.8	4.4	-200	4.8	5.2
-220	5.2	4.8	-220	5.4	5.6
-240	5.4	5.2	-240	6.4	6.5
-260	4.5	4.7	-260	5.8	6.2
-280	5.2	5.3	-280	5.4	5.5
-300	5.7	5.5	-300	5.8	5.75

Dari pembacaan nilai q_c (kg/cm^2) pada alat sondir tangan yang dilakukan dilapangan, maka didapatkan grafik plot nilai q_c dan kedalaman untuk kedua lokasi dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik Tahanan Konus Vs Kedalaman Lokasi 1



Gambar 4.2 Grafik Tahanan Konus Vs Kedalaman Lokasi 2

Berdasarkan tinjauan pustaka pada bab II, nilai q_c yang tergolong dalam jenis tanah lunak berkisar antara 6-10 kg/cm². Maka untuk kedua tempat tersebut dapat digolongkan sebagai jenis tanah lunak

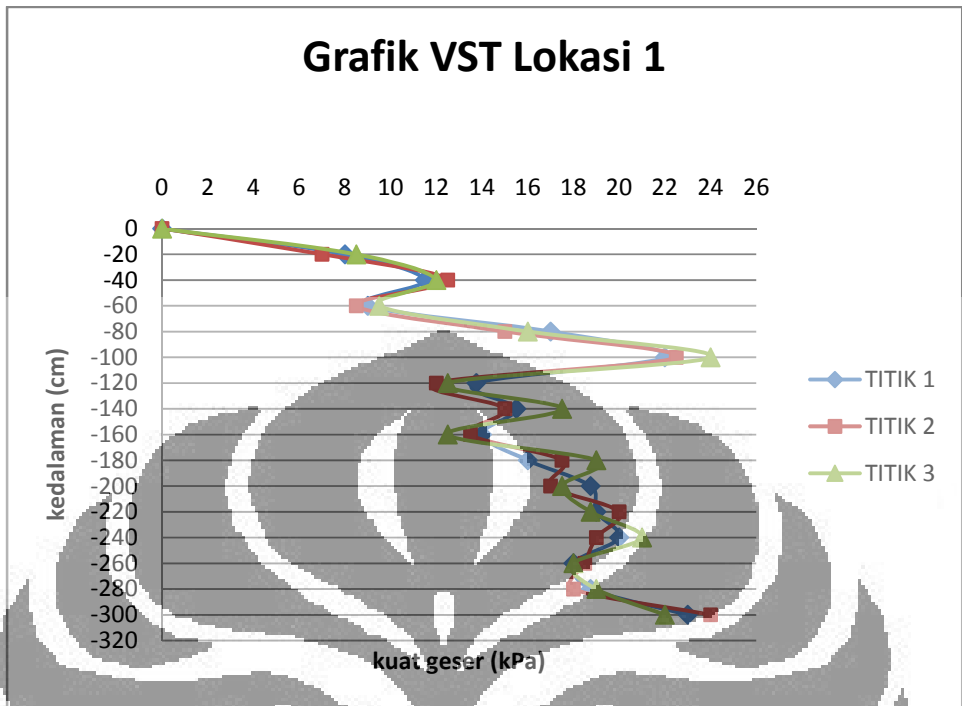
4.1.2. Uji Geser Sudu Lapangan

Pada uji lapangan juga digunakan uji geser sudu (*vane shear test*) untuk mengetahui nilai S_u (kuat geser) pada kondisi tanah tak terdrainasi dalam kondisi tak terganggu di kedua lokasi dengan interval pembacaan tiap 20cm kedalaman dengan 3 titik pengujian tiap lokasi sebagai pembandingan. Untuk hasil dari uji geser sudu yang dilakukan dilapangan dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini :

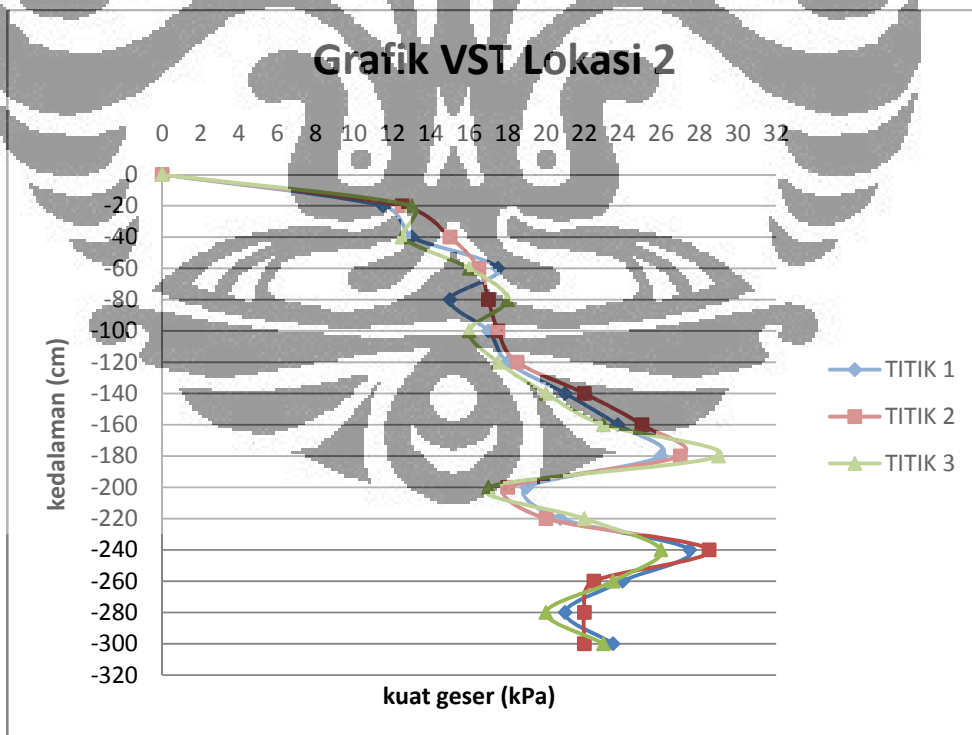
Tabel 4.2 Hasil Uji Geser Sudu Lapangan

kedalaman (cm)	Kuat Geser Lokasi 1 (kpa)			Kuat geser Lokasi 2 (kPa)		
	titik 1	titik 2	titik 3	titik 1	titik 2	titik 3
0	0	0	0	0	0	0
-20	8	7	8.5	11.5	12.5	13
-40	11.5	12.5	12	13	15	12.5
-60	9	8.5	9.5	17.5	16.5	16
-80	17	15	16	15	17	18
-100	22	22.5	24	17	17.5	16
-120	13.75	12	12.5	18	18.5	17.5
-140	15.5	15	17.5	21	22	20
-160	14	13.5	12.5	23.75	25	23
-180	16	17.5	19	26	27	29
-200	18.75	17	17.5	19	18	17
-220	19	20	18.75	20.75	20	22
-240	20	19	21	27.5	28.5	26
-260	18	18.5	18	24	22.5	23.5
-280	18.75	18	19	21	22	20
-300	23	24	22	23.5	22	23

Nilai kuat geser (S_u) yang didapatkan dengan uji geser sudu lapangan dilakukan dengan menggunakan baling-baling no.3 dengan metode menerus. Grafik hasil uji geser sudu yang dilakukan di dua tempat ini dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 berikut ini :



Gambar 4.3 Hasil Uji Geser Sudu Lapangan Vs Kedalaman Pada Lokasi 1



Gambar 4.4 Uji Geser Sudu Lapangan Vs Kedalaman Pada Lokasi 2

Dalam tinjauan pustaka menurut Craig (1991), uji geser sudu hanya dapat dilakukan pada jenis tanah lunak dengan kekuatan geser tak terdrainasi kurang dari 100 kN/m^2 (100 kpa) sehingga untuk kedua lokasi yang dilakukan pengujian tergolong jenis tanah lunak.

4.2. ANALISA HASIL UJI LABORATORIUM

4.2.1. Pengujian Atterberg Limits

➤ Batas Cair (Liquidity limit)

Dalam percobaan batas cair (LL) dari tanah uji hasilnya ditabulasikan untuk diolah, kemudian perhitungan dilakukan untuk tiap sampel dan dirata-ratakan.

Contoh perhitungan :

Sampel 1 (11 ketukan) pada lokasi 1

$$\text{Berat can (W}_1\text{)} = 8.76$$

$$\text{Berat can+berat tanah basah (W}_2\text{)} = 49.08$$

$$\text{Berat can+tanah kering (W}_3\text{)} = 34.11$$

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{49.08 - 8.76}{34.11 - 8.76} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air (W)} = 55.64\%$$

Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

➤ Batas Plastis (Plasticity Limit)

Dalam percobaan batas cair (LL) dari tanah uji hasilnya ditabulasikan untuk diolah, kemudian perhitungan dilakukan untuk tiap sampel dan dirata-ratakan.

Contoh perhitungan :

Sampel 2 pada lokasi 1

$$\text{Berat can (W}_1\text{)} = 21.13$$

$$\text{Berat can+berat tanah basah (W}_2\text{)} = 56.21$$

$$\text{Berat can+tanah kering (W}_3\text{)} = 46.73$$

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{W_2 - w_3}{w_3 - w_1} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{56.21 - 46.73}{46.73 - 21.13} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air (W)} = 37.03\%$$

➤ Indeks Plastisitas (PI)

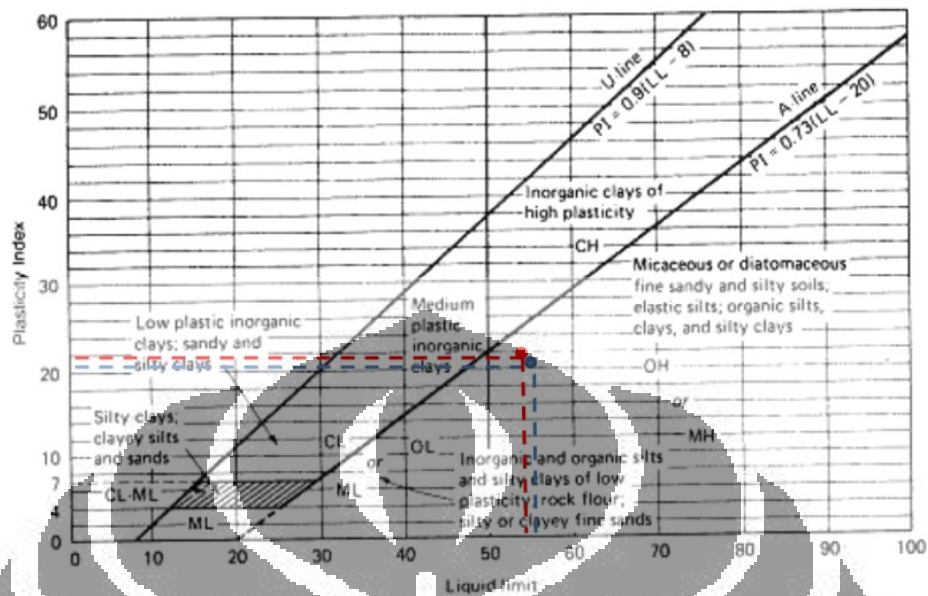
Didapatkan dengan rumus $PI = LL - PL$

Berikut merupakan data hasil Atterberg Limit pada lokasi 1 dan lokasi 2, dimana nilai LL menggunakan 2 sampel dengan tiap sampel 5 benda uji lalu dirata-ratakan, dan untuk nilai PL menggunakan 2 sampel dengan tiap sampel 2 benda uji lalu dirata-ratakan. Kemudian nilai PI didapatkan dari hasil pengurangan nilai rata-rata LL dikurang dengan nilai rata-rata PL. Data terlengkap ada pada lampiran

Kesimpulan:

Tabel 4.3 Pengujian Atterberg Limit

Lokasi	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Unified Classification
Lokasi 1	54.23	32.9	21.33	MH
Lokasi 2	53.78	32.36	21.42	MH



Gambar 4.5 Grafik Plastisitas

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa lokasi 1 (warna biru) dan lokasi 2 (warna merah) terdapat di area MH atau OH, maka digolongkan sebagai MH. Dengan melihat tinjauan pustaka pada BAB 2, maka mineral tanah yang paling dominan untuk tanah lokasi 1 dan 2 adalah **mineral lempung kaolinite**.

4.2.2. Konsistensi Tanah Dilihat dari Nilai I_c dan I_L

$$\text{➤ } I_c = \frac{w_l - w_n}{I_p}$$

Contoh Perhitungan Lokasi 1:

$$I_c = \frac{54.23 - 51.18}{21.33} = 0.143$$

$$\text{➤ } I_L = \frac{w_n - w_p}{I_p}$$

Contoh Perhitungan Lokasi 1:

$$I_L = \frac{51.18 - 32.90}{21.33} = 0.86$$

Kesimpulan :

Tabel 4.4 Nilai *Consistency Index* dan *Liquidity Index*

Lokasi	I _C	I _L
1	0.14	0.86
2	0.24	0.76

Dilihat dari nilai pada tabel diatas dan disesuaikan dengan tinjauan pustaka pada bab 2 tanah lokasi 1 dan lokasi 2 tergolong “*very soft*”.

4.2.3. Specific Gravity (Berat Jenis)

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

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

Contoh perhitungan lokasi 1 sampel 1 :

$$W_w = 100.02 + 669.92 - 731.46$$

$$= 38.48$$

$$G_s = \frac{100.02}{38.48} = 2.599$$

Untuk data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Dari hasil uji G_s pada lokasi 1 didapatkan nilai G_s rata-rata 2.58 dan dapat digolongkan sebagai jenis tanah lunak. Untuk uji G_s pada lokasi 2 didapatkan nilai G_s rata-rata 2.63 dan dapat digolongkan sebagai jenis tanah lunak.

4.2.4. Grain Size

Pada uji ini dilakukan uji *Hydrometer* dan uji *sieve analysis* untuk mengetahui prosentase dari jenis-jenis tanah yang terkandung dalam tanah uji, sehingga tanah dapat diketahui gradasi baik atau gradasi buruk. Berikut merupakan tabel hasil uji *grain size* pada lokasi 1 dan 2.

Tabel 4.5 Hasil Uji Grain Size

LOKASI	SAND (%)	SILT (%)	CLAY (%)	SOIL DESCRIPTION
Lokasi 1	28.4	42.6	29.0	CLAYEY SILT
Lokasi 2	25.5	52.1	22.4	SANDY SILT

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pada lokasi 1 tergolong lanau kelempungan ("Clayey Silt"), dan untuk lokasi 2 tergolong lanau kepasiran ("Sandy Silt").

4.2.5. Vane Shear Test laboratorium

Pada pengujian geser sudu laboratorium ini, benda uji dalam keadaan tak terganggu dimana pengambilan dengan menggunakan pipa PVC dengan diameter ± 10 cm sampai pada kedalaman 3 meter. Kemudian dilakukan pemotongan pipa ± 10 cm dimana terdapat kedalaman tinjau yang terwakili yaitu pembacaan tiap 20 cm kedalaman. Pada uji geser sudu laboratorium dilakukan 4 kali pembacaan tiap kedalaman tinjau dengan hasilnya dirata-ratakan.

Besarnya kuat geser undrained dihitung dengan rumus :

$$Su = \frac{K\theta_f}{4,29} \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Contoh perhitungan lokasi 1 pada kedalaman 20 cm:

➤ Titik 1 kedalaman 20 cm:

$$\theta_f = 27$$

$$\text{Rotation of Vane} = 18$$

$$\text{Waktu putaran (10}^0\text{/menit)} = \frac{27+18}{10} = 4.5 \text{ menit}$$

$$Su1 = \frac{1.45 \times 27}{4.29} = 9.13 \text{ kPa}$$

➤ Titik 2 kedalaman 20 cm:

$$\theta_f = 25$$

$$\text{Rotation of Vane} = 17$$

$$\text{Waktu putaran (10}^0\text{/menit)} = \frac{25+17}{10} = 4.2 \text{ menit}$$

$$Su2 = \frac{1.45 \times 25}{4.29} = 8.45 \text{ kPa}$$

➤ Titik 3 kedalaman 20 cm:

$$\theta_f = 27$$

$$\text{Rotation of Vane} = 20$$

$$\text{Waktu putaran (10}^0\text{/menit)} = \frac{27+20}{10} = 4.7 \text{ menit}$$

$$Su3 = \frac{1.45 \times 27}{4.29} = 9.13 \text{ kPa}$$

➤ Titik 4 kedalaman 20 cm:

$$\theta_f = 26$$

$$\text{Rotation of Vane} = 21$$

$$\text{Waktu putaran (10}^0\text{/menit)} = \frac{26+21}{10} = 4.7 \text{ menit}$$

$$Su4 = \frac{1.45 \times 26}{4.29} = 8.79 \text{ kPa}$$

Maka nilai rata-rata kuat geser untuk lokasi 1 pada kedalaman 20 cm adalah :

$$\text{Kuat geser rata-rata} = \frac{c1+c2+c3+c4}{4}$$

$$\frac{9.13+8.45+9.13+8.79}{4} = 8.87 \text{ kPa}$$

Kesimpulan :

Tabel 4.6 Nilai Kuat Geser Rata-Rata Lokasi 1 dan 2

kedalaman (cm)	Lokasi 1	Lokasi 2
	Su rata-rata (kPa)	Su rata-rata (kpa)
0	0	0
-20	8.87	12.42
-40	12	13.94
-60	9.72	18.51
-80	17.91	15.72
-100	22.65	17.91
-120	14.53	18.93
-140	15.97	21.55
-160	14.87	24.08
-180	16.65	26.62
-200	19.27	19.52
-220	20.53	21.38
-240	21.12	28.14
-260	18.59	24.42
-280	19.35	21.63
-300	23.66	23.91

Data terlengkap ada pada lampiran.

4.3. ANALISA HASIL UJI GESER SUDU LAPANGAN DENGAN UJI GESER SUDU LABORATORIUM.

Hasil dari uji lapangan geser sudu lapangan dan uji geser sudu laboratorium dapat dilihat pada tabel 4.6 dan tabel 4.7 dibawah ini dengan menggunakan data batas minimum dan maksimum pembacaan kuat geser. Asumsi yang digunakan pada pengolahan data *Vane Shear Test* baik dilapangan maupun dilaboratorium adalah sudut geser (\emptyset) pada tanah lunak adalah nol (0).

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Uji Geser Sudu Lapangan Vs Laboratorium Lokasi 1

Lokasi 1		
kedalaman (cm)	Range Nilai Su Lapangan (kPa)	Range Nilai Su Laboratorium (kPa)
0	0	0
-20	7-8.5	8.45-9.13
-40	11.5-12.5	11.49-12.51
-60	8.5-9.5	9.46-10.14
-80	15-17	17.58-18.25
-100	22-24	22.31-22.98
-120	12-13.75	14.20-15.21
-140	15-17.5	15.55-16.22
-160	12.5-14	14.53-15.21
-180	17.5-19	16.22-16.90
-200	17-18.75	18.93-19.60
-220	18.75-20	20.28-20.96
-240	19-21	20.96-21.29
-260	18-18.5	18.25-18.93
-280	18-19	18.93-19.60
-300	22-24	23.32-24

Dengan membandingkan kekuatan geser tak terdrainasi dari kedua uji tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kuat geser untuk lokasi 1 mendekati sama.

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Uji Geser Sudu Lapangan Vs Laboratorium Lokasi 2

Lokasi 2		
kedalaman (cm)	Range Nilai Su Lapangan (kPa)	Range Nilai Su Laboratorium (kPa)
0	0	0
-20	11.5-13	11.83-12.84
-40	12.5-15	13.52-14.20
-60	16-17.5	18.25-18.93
-80	15-18	15.55-15.89
-100	16-17.5	17.58-18.25
-120	17.5-18.5	18.25-19.60
-140	20-22	21.29-21.97
-160	23-25	23.66-24.67
-180	26-29	26.36-27.04
-200	17-19	19.27-19.94
-220	20-22	20.96-21.63
-240	26-28.5	27.72-28.39
-260	22.5-24	24.00-25.01
-280	20-22	21.29-21.97
-300	22-23.5	23.66-24.34

Dari hasil uji geser sudu yang telah dilakukan untuk lokasi 2 seperti yang tertera pada tabel di atas maka dapat disimpulkan nilai kuat geser untuk lokasi 2 mendekati sama.

Adapun perbedaan yang terjadi pada pembacaan data uji geser sudu lapangan dan laboratorium dapat disebabkan oleh faktor-faktor dibawah ini :

1. Dalam uji geser sudu lapangan dilakukan secara manual dengan mengandalkan putaran dan kekuatan tangan, jika dilakukan tidak hati-hati maka putaran baling-baling dapat tidak sesuai.
2. Kemungkinan adanya keruntuhan tanah setelah *hand boring* di cabut, sehingga pembacaan uji geser sudu lapangan kurang maksimal.
3. Kurangnya kehati-hatian dalam pengambilan sampel, penanganan sampel, juga guncangan pada saat pengangkutan sampel.

4. Kurang tepatnya pemotongan tabung sampel untuk pembacaan pada kedalaman yang diinginkan sehingga pembacaan kuat geser di lapangan dan di laboratorium tidak sama kedalaman

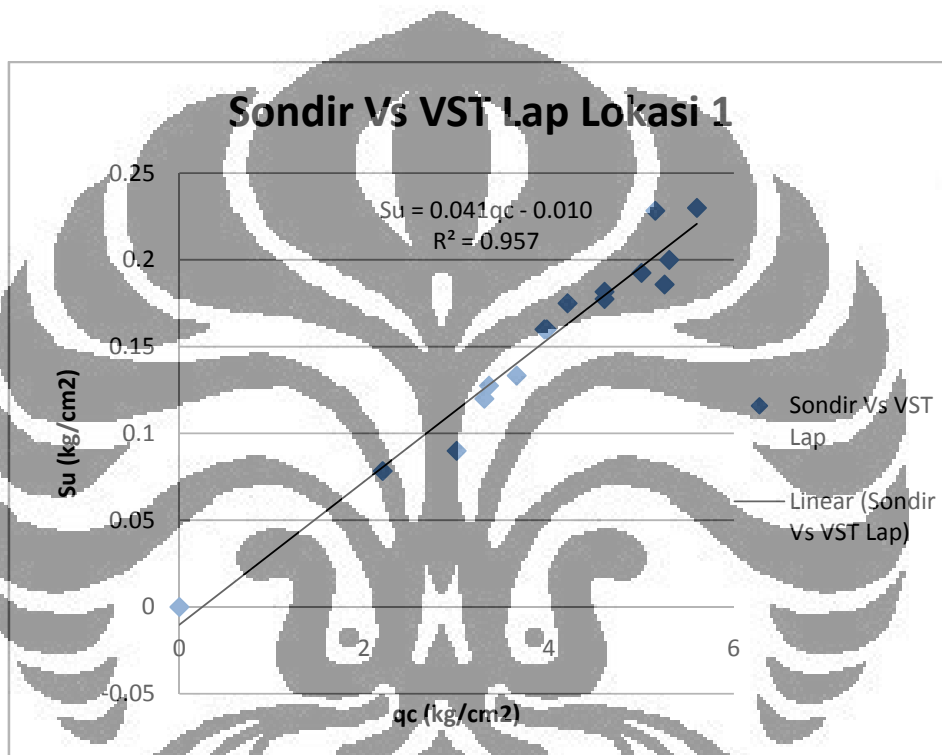
Hasil dari uji yang telah dilakukan yaitu uji sondir, uji geser sudu lapangan maupun laboratorium memberikan hubungan (korelasi) satu sama lain seperti yang tertera pada tabel dan gambar grafik berikut, dimana data input yang tercantum merupakan data hasil rata-rata dari kedalaman tinjau dimana kuat geser (S_u) baik itu kuat geser uji geser sudu lapangan (S_u -lap), kuat geser uji geser sudu laboratorium (S_u -lab), dan juga nilai uji sondir (q_c) memiliki satuan " kg/cm^2 ".

➤ Lokasi 1

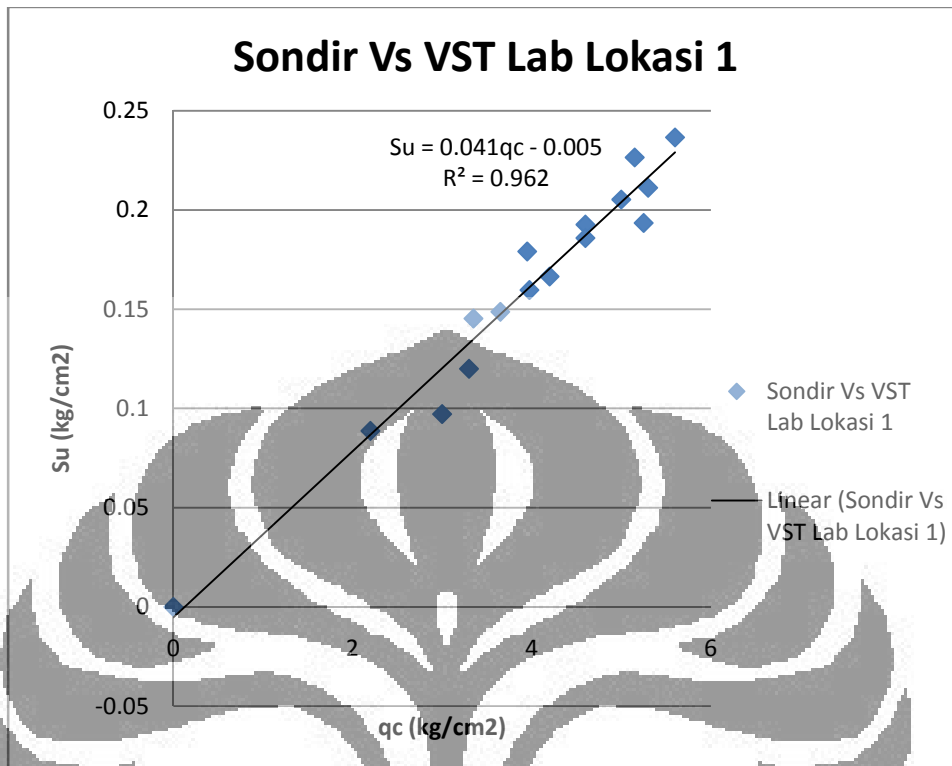
Tabel 4.9 nilai rata-rata uji sondir, uji geser sudu lapangan dan laboratorium lokasi 1

Kedalaman (cm)	Lokasi 1		
	Sondir q_c (kg/cm^2)	VST lapangan (kg/cm^2)	VST laboratorium (kg/cm^2)
0	0	0	0
-20	2.2	0.078	0.0887
-40	3.3	0.12	0.12
-60	3	0.09	0.0972
-80	3.95	0.16	0.1791
-100	5.15	0.228	0.2265
-120	3.35	0.123	0.1453
-140	3.975	0.16	0.1597
-160	3.65	0.133	0.1487
-180	4.2	0.175	0.1665
-200	4.6	0.1775	0.1927
-220	5	0.1925	0.2053
-240	5.3	0.2	0.2112
-260	4.6	0.182	0.1859
-280	5.25	0.186	0.1935
-300	5.6	0.23	0.2366

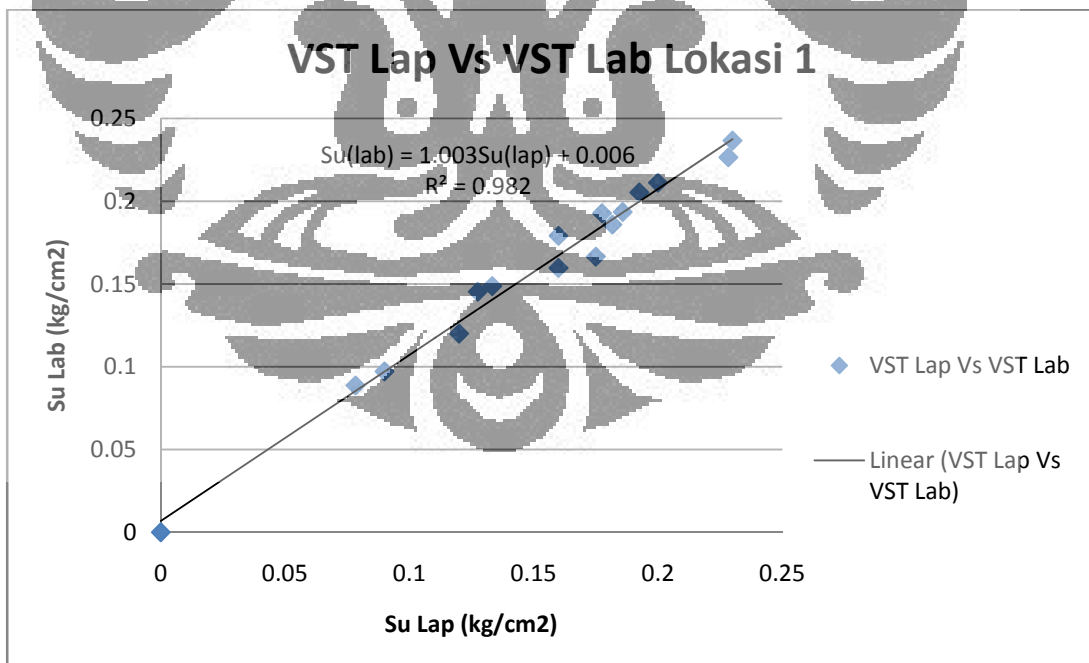
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk lokasi 1 terdapat korelasi dimana untuk korelasi antara uji sondir dan uji kuat geser dari lapangan dan laboratorium mendekati nilai yang baik dimana dari persamaan yang didapat regresi linier untuk kuat geser (S_u) mendekati nol (0) pada saat nilai sondir (q_c) sama dengan nol (0) dan hal ini dapat terlihat pada gambar 4.6, 4.7, 4.8.



Gambar 4.6 korelasi uji sondir dengan uji geser sudu lapangan lokasi 1



Gambar 4.7 korelasi uji sondir dengan uji geser sudu laboratorium lokasi 1



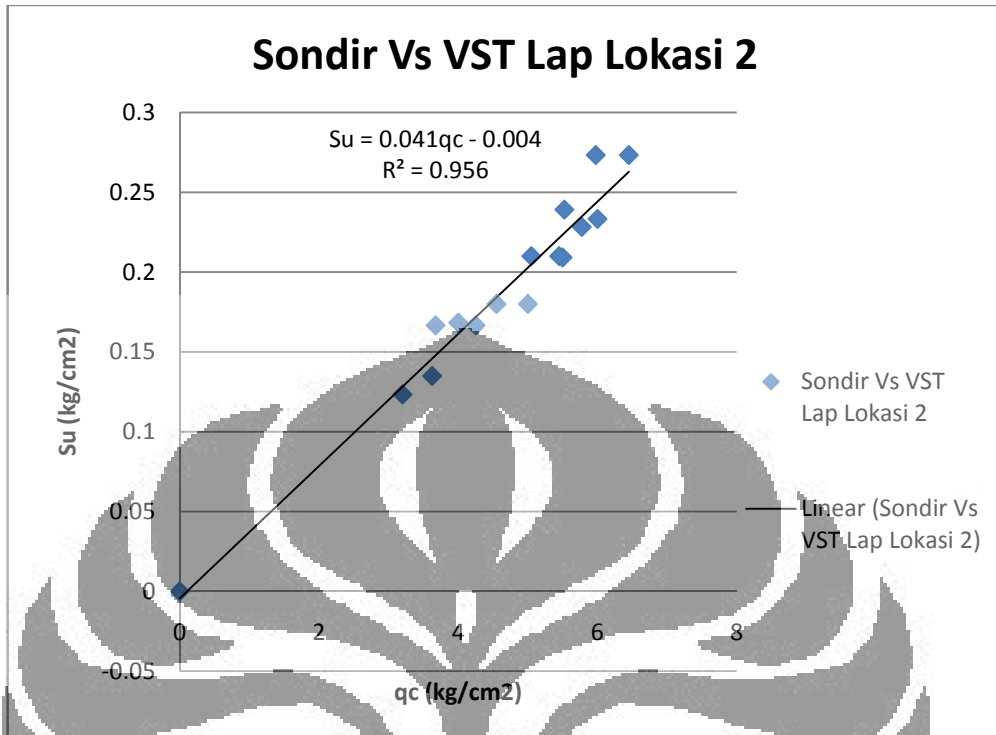
Gambar 4.8 korelasi hasil uji geser sudu lapangan dan uji geser sudu laboratorium lokasi 1

➤ Lokasi 2

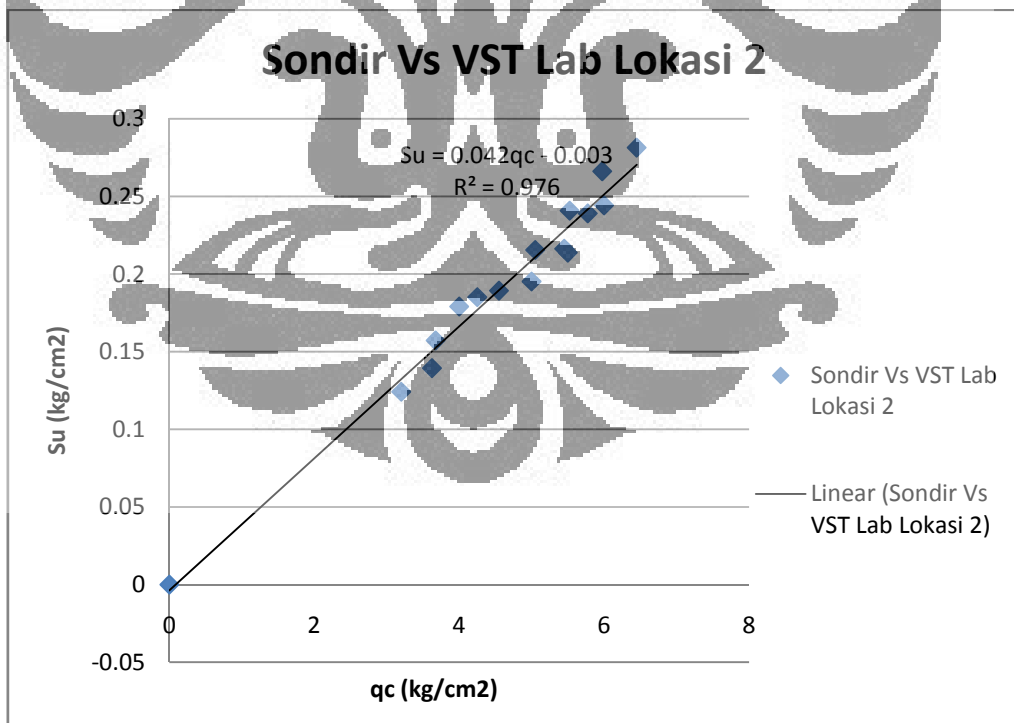
Tabel 4.10 nilai rata-rata uji sondir, uji geser sudu lapangan dan laboratorium lokasi 2

Kedalaman (cm)	Lokasi 2		
	Sondir qc (kg/cm ²)	VST lapangan (kg/cm ²)	VST laboratorium (kg/cm ²)
0	0	0	0
-20	3.2	0.123	0.1242
-40	3.625	0.135	0.1394
-60	4.25	0.167	0.1851
-80	3.675	0.167	0.1572
-100	4	0.168	0.1791
-120	4.55	0.18	0.1893
-140	5.05	0.21	0.2155
-160	5.525	0.239	0.2408
-180	5.975	0.273	0.2662
-200	5	0.18	0.1952
-220	5.5	0.209	0.2138
-240	6.45	0.273	0.2814
-260	6	0.233	0.2442
-280	5.45	0.21	0.2163
-300	5.775	0.228	0.2391

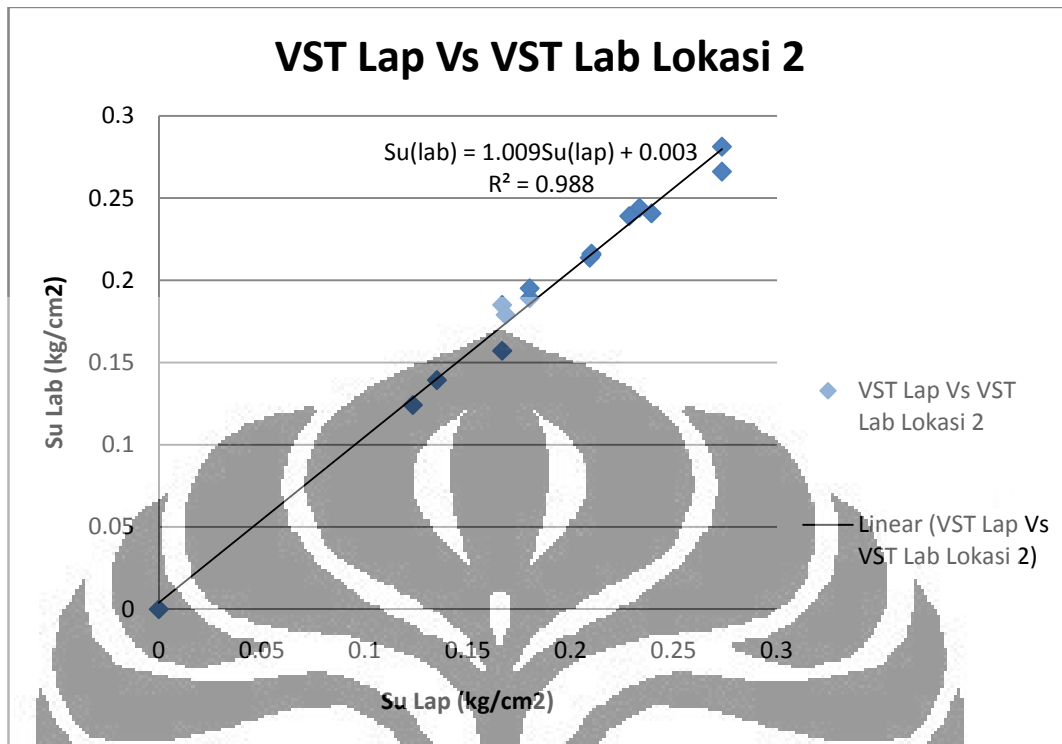
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk lokasi 1 terdapat korelasi dimana untuk korelasi antara uji sondir dan uji kuat geser dari lapangan dan laboratorium mendekati nilai yang baik dimana dari persamaan yang didapat regresi linier untuk kuat geser (S_u) mendekati nol (0) pada saat nilai sondir (qc) sama dengan nol (0) dan hal ini dapat terlihat pada gambar 4.9, 4.10, 4.11.



Gambar 4.9 korelasi uji sondir dengan uji geser sudu lapangan lokasi 2



Gambar 4.10 korelasi uji sondir dengan uji geser sudu laboratorium lokasi 2

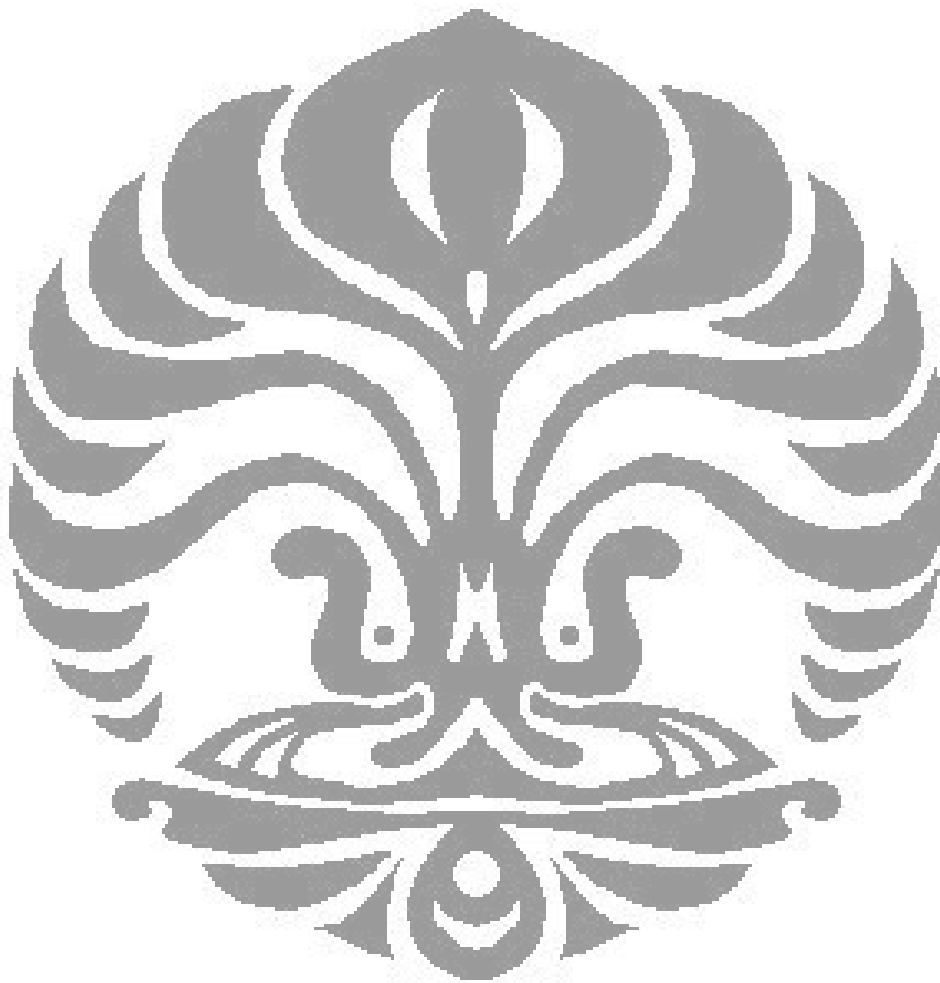


Gambar 4.11 korelasi uji geser sudu lapangan dan uji geser sudu laboratorium lokasi 2

Dari hasil korelasi yang tertera diatas dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara uji sondir dengan uji geser sudu baik dilapangan maupun dilaboratorium dimana untuk lokasi 1 terlihat persamaan $Su = 0.041qc - 0.010$ untuk uji sondir dengan uji geser sudu lapangan dan persamaan $Su = 0.041qc - 0.005$ untuk uji sondir dengan uji geser sudu laboratorium, dan dari persamaan tersebut didapatkan persamaan yang cukup relevan. Sedangkan untuk lokasi 2 terlihat persamaan $Su = 0.041qc - 0.004$ untuk uji sondir dengan uji geser sudu lapangan dan persamaan $Su = 0.042qc - 0.003$ untuk uji sondir dengan uji geser sudu laboratorium, dan dari persamaan tersebut didapatkan persamaan yang relevan dimana nilai Su mendekati nol (0) saat nilai qc sama dengan nol (0).

Berdasarkan hasil korelasi dari uji geser sudu lapangan dan uji geser sudu laboratorium baik itu pada lokasi 1 dan lokasi 2 didapatkan hubungan dalam bentuk persamaan. Untuk korelasi VST lapangan dan laboratorium lokasi 1 didapatkan

persamaan $Su(\text{lab}) = 1.003Su(\text{lap}) + 0.006$. Untuk lokasi 2 didapatkan persamaan hubungan VST lapangan dan laboratorium $Su(\text{lab}) = 1.009Su(\text{lap}) + 0.003$.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan dari karakteristik tanah uji jua perbandingan hasil uji geser sudu baik dilapangan maupun di laboratorium pada tanah lunak yang berlokasi di KBN Marunda samping proyek Banjir Kanal Timur (BKT) Jakarta Utara sebagai berikut :

1. Sampel tanah yang diambil dari daerah Marunda Jakarta Utara merupakan jenis tanah lunak dengan nilai q_c dari hasil uji sondir kurang dari 10 kg/cm^2 untuk lokasi 1 dan 2 yang berjarak ± 100 meter.
2. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari sampel tanah lunak yang diambil, maka dilakukan uji karakteristik tanah di laboratorium sesuai standar yang telah ditetapkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah pada lokasi 1 dan lokasi 2 terklasifikasi sebagai MH, untuk lokasi 1 tergolong tanah lanau lempungan dan lokasi 2 tergolong tanah lanau kepasiran.
3. Dari hasil uji geser sudu lapangan yang dilakukan pembacaan tiap kedalaman 20 cm diperoleh hasil dimana untuk lokasi 1, nilai kuat geser minimal sebesar 7 kPa pada kedalaman 20 cm dan maksimal sebesar 24 kPa pada kedalaman 1 meter dan 3 meter, dan hasil tersebut masih dapat dikategorikan sebagai tanah lunak. Untuk lokasi 2 dengan kuat geser minimal sebesar 11.5 kPa pada kedalaman 20 cm dan maksimal sebesar 29 kPa pada kedalaman 1.8 meter, dengan demikian tanah lokasi 2 juga tergolong jenis tanah lunak.
4. Setelah dilakukan uji geser sudu laboratorium didapatkan hasil kuat geser yang mendekati sama dengan uji geser sudu lapangan, maka uji geser sudu laboratorium dapat dilakukan jika tidak mungkin untuk dilakukannya uji geser sudu lapangan. Namun tidak semua sampel tanah lunak dapat diambil untuk dilakukan uji geser sudu laboratorium.

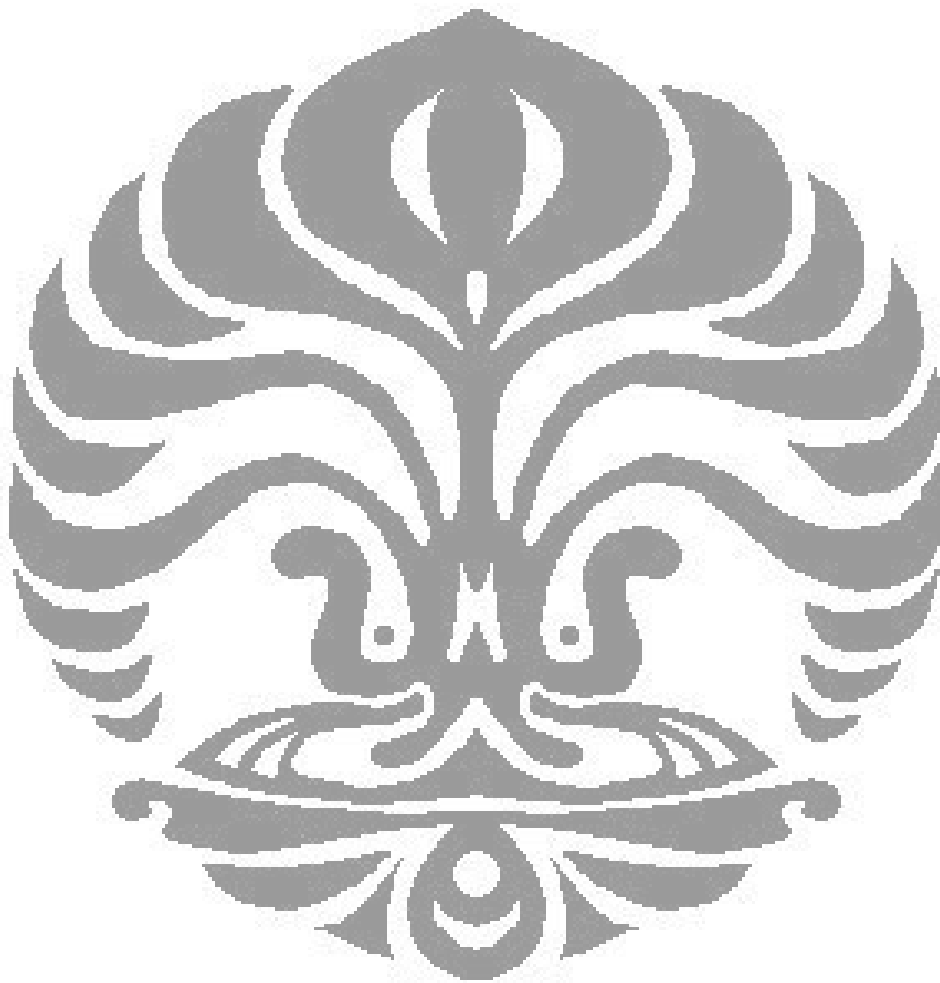
5. Dari hasil korelasi uji sondir, uji geser sudu lapangan, dan uji geser sudu laboratorium yang telah dilakukan pada lokasi 1 dan lokasi 2 didapatkan persamaan yang cukup relevan dimana persamaan yang didapat menunjukkan hubungan yang jelas.
6. Perbedaan yang terjadi dari nilai kuat geser dengan uji geser sudu lapangan dan laboratorium dapat disebabkan karena kurang kehati-hatian dalam penanganan sampel, dan kurang maksimalnya kekuatan tangan dalam memutar alat geser sudu lapangan.

5.2. SARAN

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka ada terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam uji kuat geser tanah lunak dengan geser sudu lapangan dan geser sudu laboratorium antara lain :

1. Pada saat menguji geser sudu lapangan sangat penting agar batang sudu berada pada posisi tegak, maka diperlukan adanya bantalan tetap
2. Dalam uji geser sudu lapangan yang dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan, maka harus berputar $\pm 10^0$ /menitnya, oleh karena itu sangat penting untuk menjaga kekuatan dan kestabilan tangan dalam memutar balling-baling alat uji.
3. Dalam menguji geser sudu laboratorium pastikan pemotongan tabung sampel tidak miring, karena jika miring maka tanah yang dibaca pada posisi miring.
4. Pastikan sampel tak terganggu yang akan di uji ditutup rapat dengan lilin agar kadar air tidak berkurang pada saat akan dilakukan uji geser sudu laboratorium.
5. Dalam uji geser sudu laboratorium pastikan semua alat telah terpasang dan bekerja dengan benar sesuai standar yang telah ditetapkan.
6. Disarankan agar melakukan uji *unconfined compression test* (UCT) sebagai perbandingan hasil dari uji tekan sondir dan uji geser sudu dalam penentuan kuat geser.

7. Menambah jumlah penelitian serupa untuk menghasilkan kesimpulan yang lebih luas dan akurat.



DAFTAR REFERENSI

ASTM D 2573-72, Test method for field vane shear test in cohesive soil

R.F Craig, *Mekanika Tanah*, Penerjemah Budi Susilo S. (Jakarta: Erlangga,1991)

Dunn, I.S et al. *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*

Pusat Litbang Prasarana Transportasi, *Panduan Geoteknik 1: Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak* (Bandung: 2001)

Gopal Ranjan dan A.S.R. Rao "Basic and Applied Soil Mechanics"

Muni Budhu, *Soil Mechanic and Foundations* (Hoboken: John Wiley&Sons, 2007)

Made Dodiek Wirya Ardana, korelasi kekuatan geser *undrained* tanah lempung dari uji *unconfined compression* dan uji *laboratory vane shear* (studi pada remoulded clay) (Vol. 12, No.2, Juli 2008).

Alencar, D., 1988, "The In-Situ Measurement of the Undrained Shear Strength of Clays Using the Field Vane, Vane Shear Strength Testing in Soil: Field and Laboratory Studies," *ASTM STP 1014*, A. F. Richards, Ed., ASTM International, West Conshohocken, PA.

Lambe T.W. "Soil Testing For Engineers". *John Willey and Sons. New York. 1951.*

Punmia, B.C. "Soil Mechanic and Foundation," *Standard Book House. Delhie. 1981.*

Wesley, LD. "Mekanika Tanah", Badan Penerbit Pekerjaan Umum. 1977.

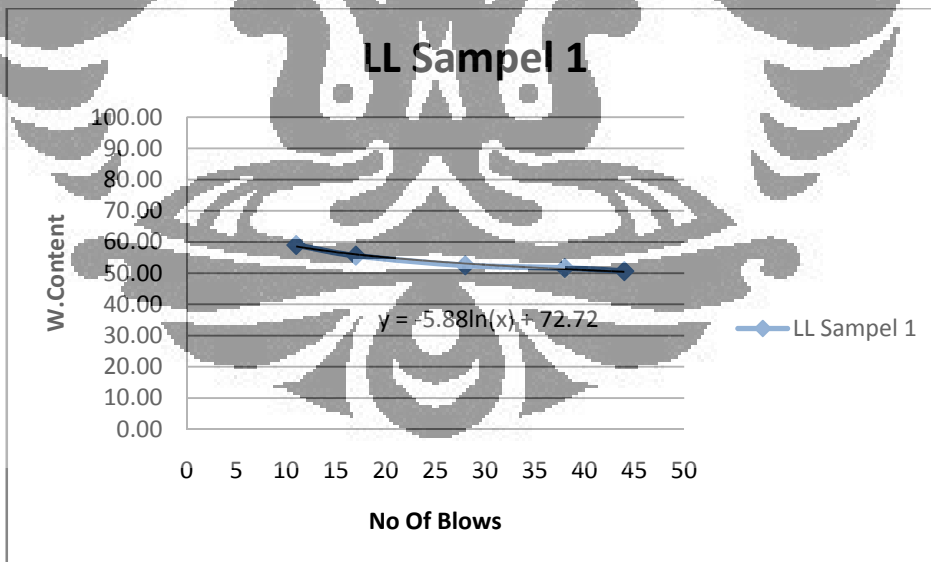
LOKASI 1

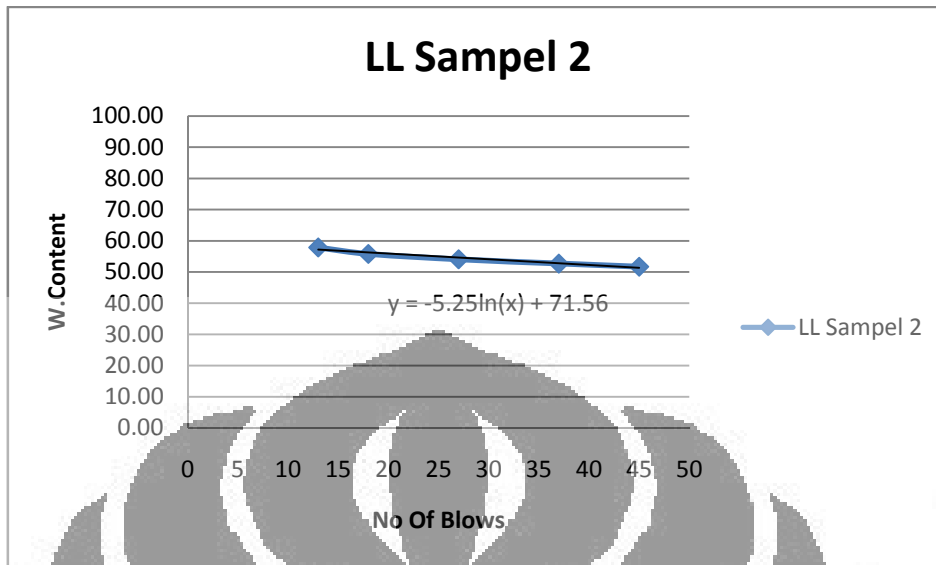
1. Atterberg Limit

a. Liquid limit :

- cara grafis :

Can No.	Sampel 1					Sampel 2				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Wt. of wet soil + can (W2)	40.65	35.73	28.61	26.99	49.08	39.88	39.73	28.50	28.19	27.01
Wt. of dry soil + can (W3)	30.06	26.61	21.72	20.48	34.11	29.05	29.04	21.36	21.09	20.15
Wt. of can (W1)	9.16	8.96	8.60	8.78	8.76	8.14	8.76	8.16	8.37	8.30
Wt. of dry soil	20.90	17.65	13.12	11.70	25.35	20.92	20.28	13.20	12.72	11.85
Water content	50.67	51.67	52.52	55.64	59.05	51.72	52.71	54.09	55.82	57.89
No of blows	44	38	28	17	11	45	37	27	18	13
Liquid Limit	53.79					54.66				
Liquid Limit Rata-rata	54.23									





- cara analitis :

	Sampel 1					Sampel 2				
Can. No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Liquid Limit	54.26	54.36	53.24	53.10	53.47	55.53	55.27	54.60	53.64	53.49
Liquid Limit Rata-rata	54.10									

b. Plastic limit

	Sampel 1		Sampel 2	
Can No.	1	2	3	4
Wt. of wet soil + can	35.58	56.21	45.99	
Wt. of dry soil + can	33.1	46.73	41.63	
Wt. of can	24.43	21.13	28.44	
Wt. of dry soil	8.67	25.6	13.19	
Water content	28.60	37.03	33.06	
Water content Rata2	32.90			

$$\begin{aligned}
 \text{Maka nilai PI (Plastic indeks)} &= \text{LL-PL} \\
 &= (54,23 - 32,90) \\
 &= 21,33 \%
 \end{aligned}$$

c. Shrinkage limit

Coated Dish	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
Wt. of coated dish + wet soil	66.70	53.77	66.79	43.09
Wt. of coated dish	39.45	30.69	41.37	19.36
Wt. of wet soil	27.25	23.08	25.42	23.73
Wt. of coated dish + dry soil	56.71	45.36	57.13	34.07
Wt. of dry soil	17.26	14.67	15.76	14.71
Wt. of coated dish + mercury	259.97	221.21	258.87	219.06
Wt. of mercury	220.52	190.52	217.50	199.70
Volume of wet soil	16.30	14.08	16.08	14.76
Wt. of mercury + shrinkage dish	757.33	757.33	757.33	757.33
Wt. of shrinkage dish + Hg	625.33	645.11	635.31	643.44
Wt. of mercury remove	132.00	112.22	122.02	113.89
Volume of dry soil	9.76	8.29	9.02	8.42
Shrinkage Limit	19.97	17.88	16.52	18.20
Shrinkage ratio	1.77	1.77	1.75	1.75
Shrinkage Limit rata-rata	18.14			

3. Specific Gravity

Test No.	Lokasi 1		
	1	2	3
Wt. flask + water + soil	731.46	702.58	730.90
Temperatur (°C)	32	32	32
Wt. flask + water	669.92	641.36	669.92
Wt. evap. Dish +dry soil	486.77	445.40	473.10
Wt. evap. Dish	386.75	345.38	373.10
Wt. of dry soil	100.02	100.02	100.00
Gs	2.599	2.578	2.563
Gs rata-rata	2.58		

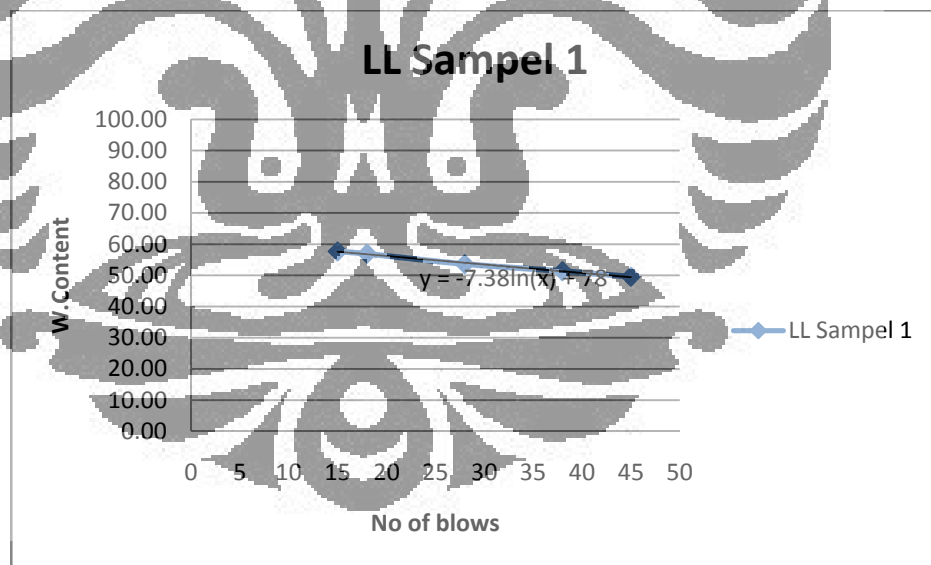
4. Natural Water Content

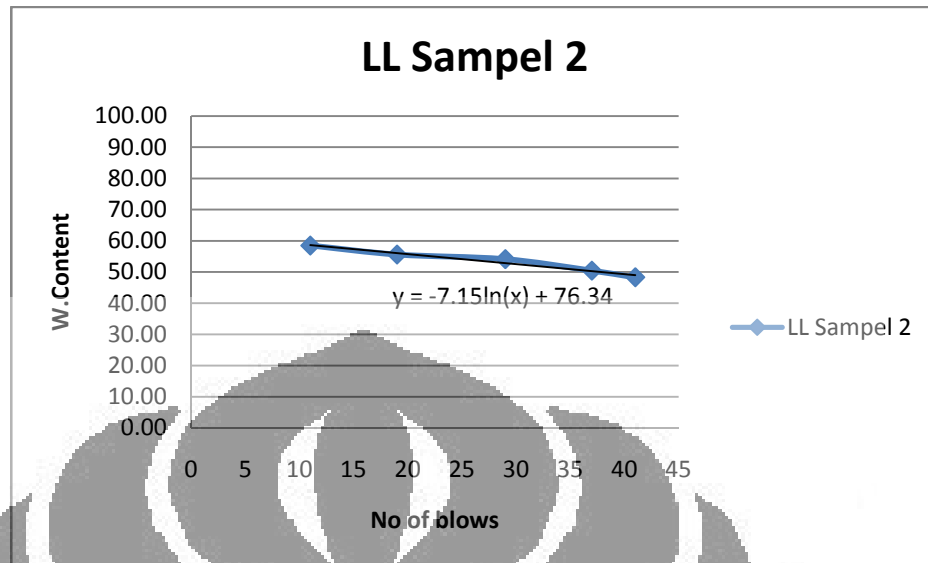
LOKASI 1	
Wt. of wet soil + can	129.01
Wt. of dry soil + can	94
Wt. of can	25.6
Wt wet soil	103.41
Wt.dry soil	68.4
Water content	51.18421

LOKASI 2

1. Atterberg limit a. Liquid limit - cara grafis

	Sampel 1					Sampel 2				
Can No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Wt. of wet soil + can	45.40	48.68	45.48	52.82	46.90	49.89	40.75	47.93	48.89	47.68
Wt. of dry soil + can	33.25	35.26	32.48	36.84	33.02	36.56	30.97	34.52	34.31	33.37
Wt. of can	8.74	9.14	8.24	8.77	8.96	8.97	11.58	9.75	8.09	8.91
Wt. of dry soil	24.51	26.12	24.24	28.07	24.06	27.59	19.39	24.77	26.22	24.46
Water content	49.57	51.38	53.63	56.93	57.69	48.31	50.44	54.14	55.61	58.50
No of blows	45	38	28	18	15	41	37	29	19	11
Liquid Limit	54.24					53.33				
Liquid Limit Rata-rata	53.78									





- cara analitis

	Sampel 1					Sampel 2				
Can No.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Liquid Limit	53.23	54.05	54.37	54.71	54.23	51.29	52.89	55.42	53.79	52.97
Liquid Limit Rata-rata	53.79									

b. Plastic Limit

	Sampel 1		Sampel 2	
Can No.	1	2	1	2
Wt. of wet soil + can	25.07	25.16	30.42	28.42
Wt. of dry soil + can	22.87	23.13	26.84	25.41
Wt. of can	15.75	16.4	16.18	16.76
Wt. of dry soil	7.12	6.73	10.66	8.65
Water content	30.90	30.16	33.58	34.80
Water content Rata2	32.36			

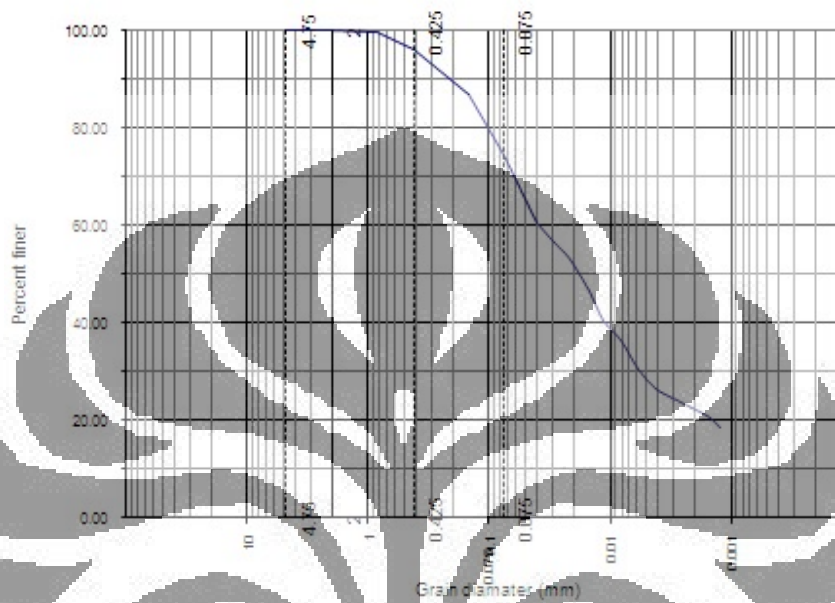
Maka nilai PI (Plastic indeks) = LL-PL
 = (53,78 – 32,36)
 = 21,42 %

c. Shrinkage limit

	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
Coated Dish				
Wt. of coated dish + wet soil	66.45	43.01	64.90	53.39
Wt. of coated dish	41.40	19.39	39.50	30.72
Wt. of wet soil	25.05	23.62	25.40	22.67
Wt. of coated dish + dry soil	56.43	33.51	54.69	44.29
Wt. of dry soil	15.03	14.12	15.19	13.57
Wt. of coated dish + mercury	259.73	222.59	260.15	223.46
Wt. of mercury	218.33	203.20	220.65	192.74
Volume of wet soil	16.14	15.02	16.31	14.25
Wt. of mercury + shrinkage dish	760.76	760.76	760.76	760.76
Wt. of shrinkage dish + Hg	653.66	646.76	643.77	655.97
Wt. of mercury remove	107.10	114.00	116.99	104.79
Volume of dry soil	7.92	8.43	8.65	7.75
Shrinkage Limit	11.97	20.59	16.78	19.16
Shrinkage ratio	1.90	1.68	1.76	1.75
Shrinkage Limit rata-rata	17.12			

2. Grain Size Analysis

<< Gravel	Sand	Silt	Clay >>
-----------	------	------	---------



Composition	
Sand	25.5 %
Silt	52.1 %
Clay	22.4 %

Visual Soil Description	SANDY SILT
Soil Classification	UNIFIED SOIL CLASSIFICATION

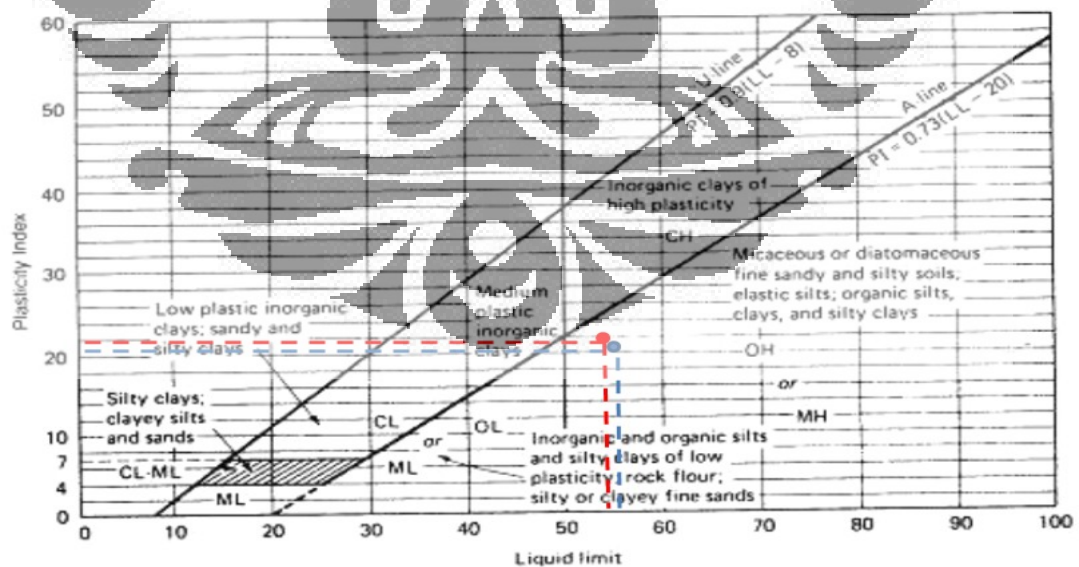
3. Specific Gravity

Test No.	Lokasi 2		
	1	2	3
Wt. flask + water + soil	731.85	729.24	715.89
Temperatur (°C)	29	29	30
Wt. flask + water	666.34	669.63	655.5
Wt. evap. Dish +dry soil	508.67	506.47	259.90
Wt. evap. Dish	404.73	397.5	159.9
Wt. of dry soil	100.02	100	100
Gs	2.8983	2.476	2.525
Gs rata-rata	2.63		

4. Natural Water Content

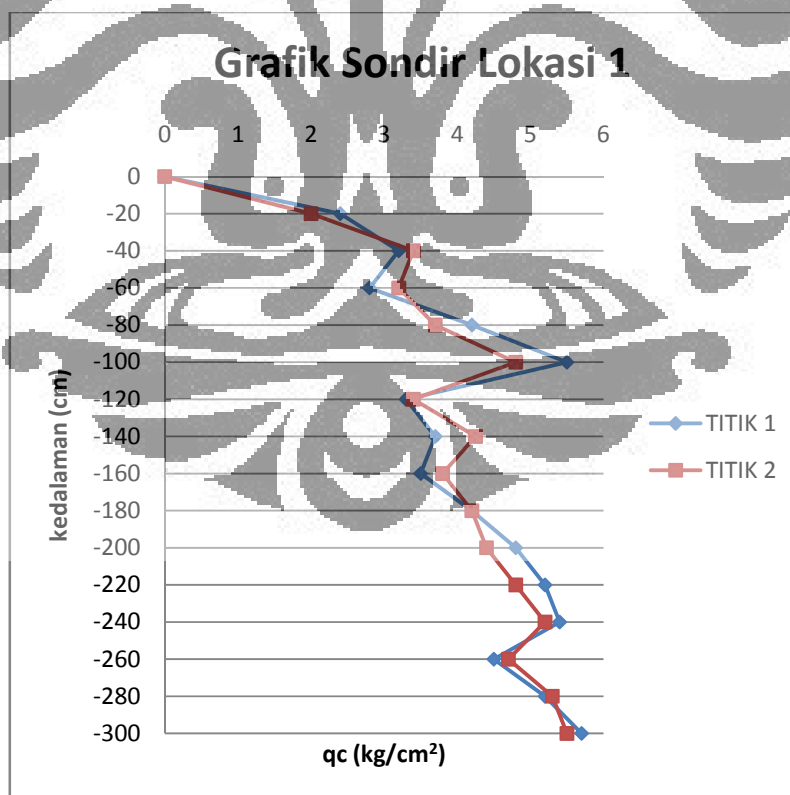
LOKASI 2	
Wt. of wet soil + can	81.54
Wt. of dry soil + can	57.54
Wt. of can	8.31
Wt. wet soil	73.23
Wt. dry soil	49.23
Water content	48.75076

Plasticity Chart Lokasi 1 (warna merah) dan Lokasi 2 (warna biru)

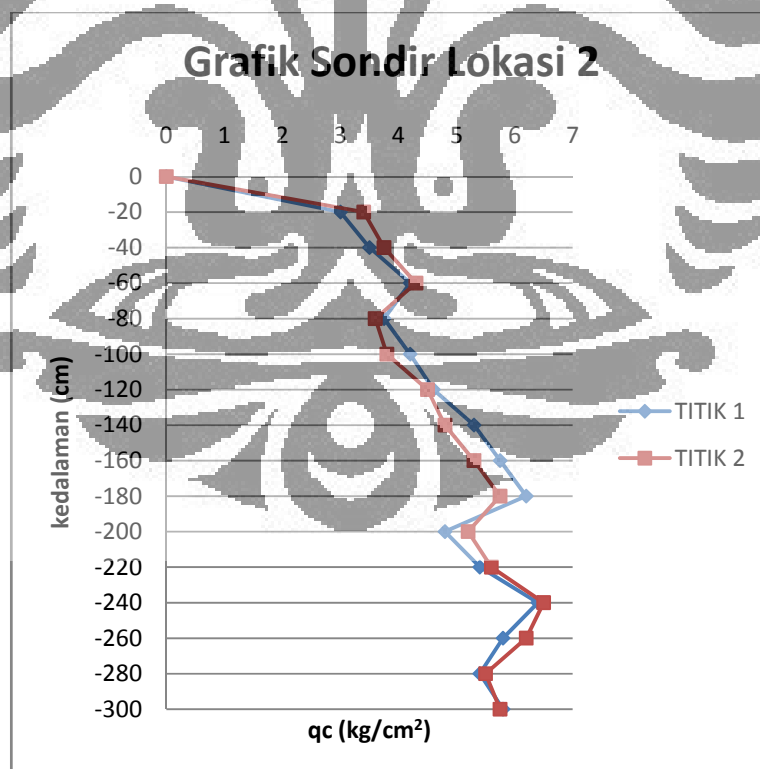


HASIL UJI SONDIR TANGAN LOKASI 1 DAN 2

Lokasi 1	Titik 1	Titik 2
depth (cm)	qc (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)
0	0	0
-20	2.4	2
-40	3.2	3.4
-60	2.8	3.2
-80	4.2	3.7
-100	5.5	4.8
-120	3.3	3.4
-140	3.7	4.25
-160	3.5	3.8
-180	4.2	4.2
-200	4.8	4.4
-220	5.2	4.8
-240	5.4	5.2
-260	4.5	4.7
-280	5.2	5.3
-300	5.7	5.5



Lokasi 2	Titik 1	Titik 2
deph (cm)	qc (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)
0	0	0
-20	3	3.4
-40	3.5	3.75
-60	4.2	4.3
-80	3.75	3.6
-100	4.2	3.8
-120	4.6	4.5
-140	5.3	4.8
-160	5.75	5.3
-180	6.2	5.75
-200	4.8	5.2
-220	5.4	5.6
-240	6.4	6.5
-260	5.8	6.2
-280	5.4	5.5
-300	5.8	5.75



KESIMPULAN KARAKTERISTIK TANAH

Lokasi 1			
Pengujian	Hasil	Klasifikasi	Standar & Referensi
Uji Specific Gravity	2.58	Kaolinite	(Murthy,1980)
Natural Water Content	51.184		
Uji Grain Size Analisis	Presentase (%)		
Pasir	28.4	Clayey silt	
Lanau	42.6		
Lempung	29		
Uji Atterberg Limit	Kadar air (%)		
Liquid Limit	54.23	MH	Advaced Soil Mechanics ;Braja M.Das (1983)
Plastic Limit	32.9		
Shrinkage Limit	18.14		
Plasticity Index	21.33		Basic & Applied Soil Mechanics; G.Ranjam
Liquiditas Index	0.86	Very Soft	Basic & Applied Soil Mechanics; G.Ranjam
Consistency Index	0.14	very soft	Basic & Applied Soil Mechanics; G.Ranjam
Uji Sondir	Titik 1 qc (kg/cm ²)	Titik 2 qc (kg/cm ²)	
0,2	2.4	2	Tanah Lunak
0,4	3.2	3.4	
0,6	2.8	3.2	
0,8	4.2	3.7	
1,00	5.5	4.8	
1,20	3.3	3.4	
1,40	3.7	4.25	
1,60	3.5	3.8	
1,80	4.2	4.2	
2,00	4.8	4.4	
2,20	5.2	4.8	
2,40	5.4	5.2	
2,60	4.5	4.7	
2,80	5.2	5.3	
3,00	5.7	5.5	

Lokasi 2			
Pengujian	Hasil	Klasifikasi	Standar & Referensi
Uji Specific Gravity	2.63	kaolinite	(Murthy,1980)
Natural Water Content	48.75		
Uji Grain Size Analysis	Presentase (%)		
Pasir	25.5	Sandy silt	
Lanau	52.1		
Lempung	22.4		
Uji Atterberg Limit	Kadar Air (%)		
Liquid Limit	53.78	MH	Advaced Soil Mechanics ;Braja M.Das (1983)
Plastic Limit	32.36		
Shrinkage Limit	17.12		
Plasticity Index	21.42		Basic & Applied Soil Mechanics; G.Ranjam
Liquiditas Index	0.77	Very Soft	Basic & Applied Soil Mechanics; G.Ranjam
Consistency Index	0.24	Very Soft	Basic & Applied Soil Mechanics; G.Ranjam
Flow Index	17.96		Advaced Soil Mechanics ;Braja M.Das (1983)
Uji Sondir	Titik 1 qc (kg/cm ²)	Titik 2 qc (kg/cm ²)	
Kedalaman tanah (m)			Tanah Lunak
0,2	3	3.4	
0,4	3.5	3.75	
0,6	4.2	4.3	
0,8	3.75	3.6	
1,00	4.2	3.8	
1,20	4.6	4.5	
1,40	5.3	4.8	
1,60	5.75	5.3	
1,80	6.2	5.75	
2,00	4.8	5.2	
2,20	5.4	5.6	
2,40	6.4	6.5	
2,60	5.8	6.2	
2,80	5.4	5.5	
3,00	5.8	5.75	

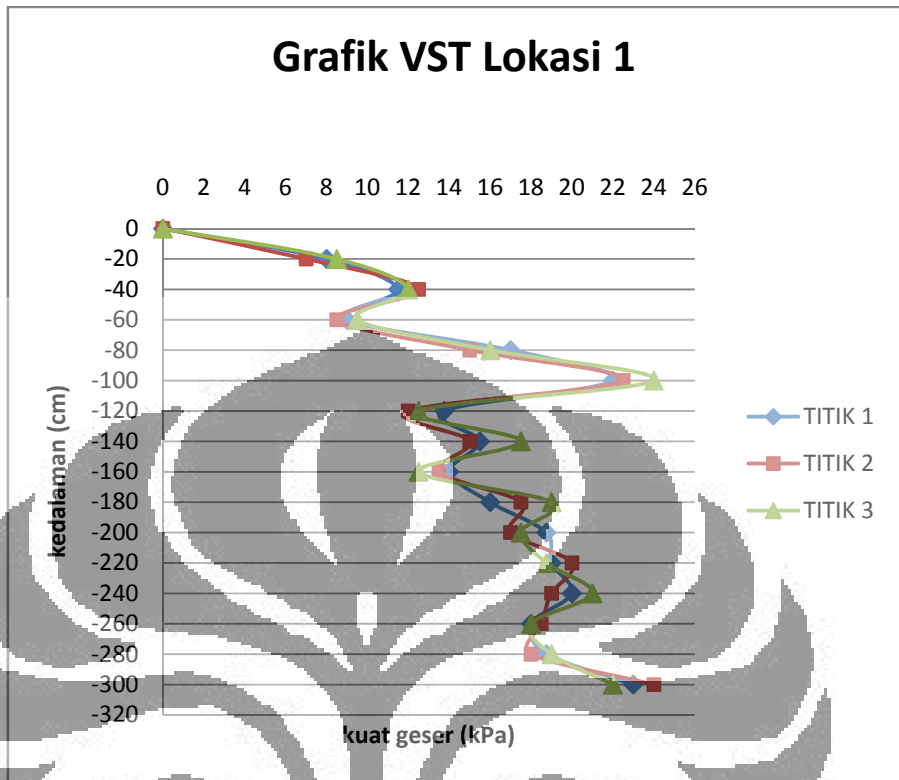
**HASIL DAN PERBANDINGAN
UJI GESER SUDU
LAPANGAN DAN LABORATORIUM**

LOKASI 1

1. HASIL VST LAPANGAN

kedalaman (cm)	Kuat Geser Lokasi 1 (kpa)			
	titik 1	titik 2	titik 3	rata-rata
0	0	0	0	0.0
-20	8	7	8.5	7.8
-40	11.5	12.5	12	12.0
-60	9	8.5	9.5	9.0
-80	17	15	16	16.0
-100	22	22.5	24	22.8
-120	13.75	12	12.5	12.8
-140	15.5	15	17.5	16.0
-160	14	13.5	12.5	13.3
-180	16	17.5	19	17.5
-200	18.75	17	17.5	17.8
-220	19	20	18.75	19.3
-240	20	19	21	20.0
-260	18	18.5	18	18.2
-280	18.75	18	19	18.6
-300	23	24	22	23.0

Grafik VST Lokasi 1



2. HASIL VST LABORATORIUM

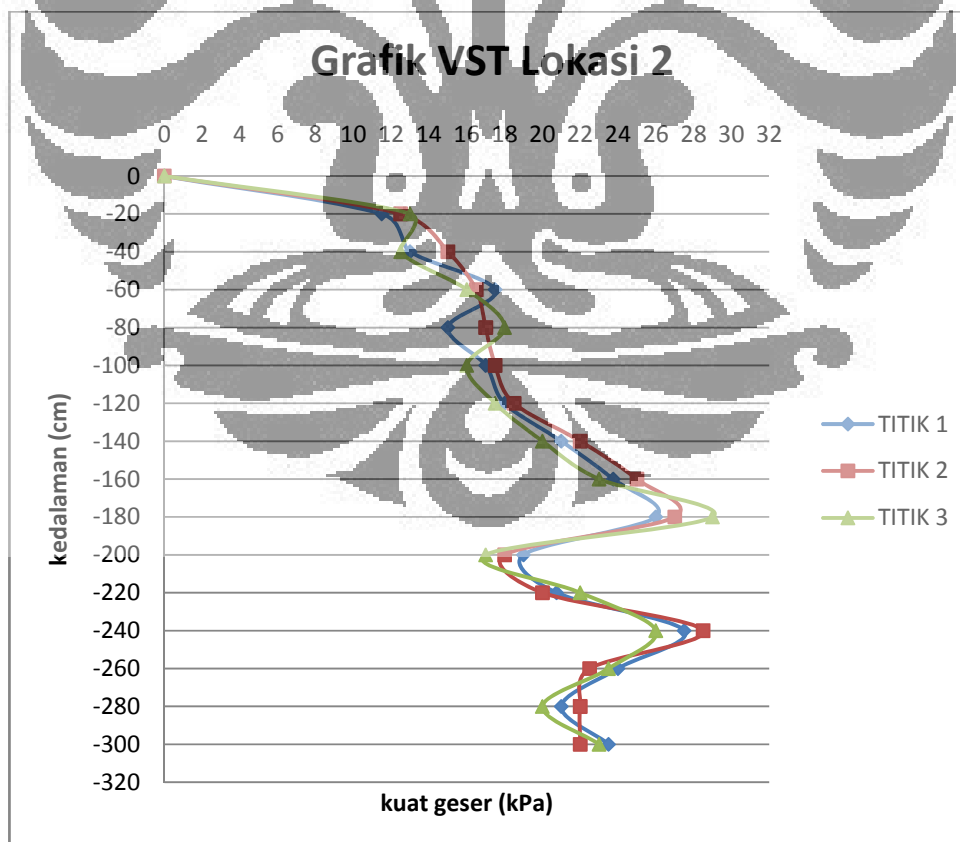
KEDALAMAN (CM)	PEGAS	TTTIK	PEMBACAAN SUDUT PEGAS	PEMBACAAN SUDUT SUDU	DURASI (MENIT)	KUAT GESER (kPa)	KUAT GESER RATA-RATA (kPa)	DURASI RATA-RATA (MENIT)
20	4	1	27	18	4.5	9.13	8.87	4.525
	4	2	25	17	4.2	8.45		
	4	3	27	20	4.7	9.13		
	4	4	26	21	4.7	8.79		
40	4	1	37	27	6.4	12.51	12.00	6.325
	4	2	35	28	6.3	11.83		
	4	3	36	27	6.3	12.17		
	4	4	34	29	6.3	11.49		
60	4	1	28	23	5.1	9.46	9.72	5.2
	4	2	30	24	5.4	10.14		
	4	3	29	22	5.1	9.80		
	4	4	28	24	5.2	9.46		
80	4	1	53	42	9.5	17.91	17.91	9.475
	4	2	53	41	9.4	17.91		
	4	3	54	42	9.6	18.25		
	4	4	52	42	9.4	17.58		
100	4	1	67	42	10.9	22.65	22.65	10.875
	4	2	67	40	10.7	22.65		
	4	3	68	44	11.2	22.98		
	4	4	66	41	10.7	22.31		
120	4	1	43	37	8	14.53	14.53	7.975
	4	2	45	35	8	15.21		
	4	3	42	38	8	14.20		
	4	4	42	37	7.9	14.20		
140	4	1	46	37	8.3	15.55	15.97	8.275
	4	2	48	34	8.2	16.22		
	4	3	47	35	8.2	15.89		
	4	4	48	36	8.4	16.22		
160	4	1	43	30	7.5	14.53	14.87	7.225
	4	2	44	23	7.2	14.87		
	4	3	45	27	7.2	15.21		
	4	4	44	28	7.2	14.87		
180	4	1	48	36	8.4	16.22	16.65	8.65
	4	2	50	35	8.5	16.90		
	4	3	49	39	8.8	16.56		
	4	4	50	39	8.9	16.90		
200	4	1	56	43	9.9	18.93	19.27	10.025
	4	2	57	45	10.2	19.27		
	4	3	57	43	10	19.27		
	4	4	58	42	10	19.60		
220	4	1	60	43	10.3	20.28	20.53	10.325
	4	2	61	42	10.3	20.62		
	4	3	62	44	10.6	20.96		
	4	4	60	41	10.1	20.28		
240	4	1	63	46	10.9	21.29	21.12	10.675
	4	2	62	44	10.6	20.96		
	4	3	62	43	10.6	20.96		
	4	4	63	44	10.7	21.29		
260	4	1	55	42	9.7	18.59	18.59	9.7
	4	2	54	41	9.5	18.25		
	4	3	56	43	9.9	18.93		
	4	4	55	42	9.7	18.59		
280	4	1	58	45	10.3	19.60	19.35	10.125
	4	2	57	43	10	19.27		
	4	3	58	42	10	19.60		
	4	4	56	46	10.2	18.93		
300	4	1	69	47	11.6	23.32	23.66	11.65
	4	2	70	48	11.8	23.66		
	4	3	71	45	11.6	24.00		
	4	4	70	46	11.6	23.66		

kedalaman (cm)	Lokasi 1	
	kuat geser rata-rata (kPa)	Kuat Geser Min-Maks(kPa)
0	0	0
-20	8.87	8.45-9.13
-40	12	11.49-12.51
-60	9.72	9.46-10.14
-80	17.91	17.58-18.25
-100	22.65	22.31-22.98
-120	14.53	14.20-15.21
-140	15.97	15.55-16.22
-160	14.87	14.53-15.21
-180	16.65	16.22-16.90
-200	19.27	18.93-19.60
-220	20.53	20.28-20.96
-240	21.12	20.96-21.29
-260	18.59	18.25-18.93
-280	19.35	18.93-19.60
-300	23.66	23.32-24

LOKASI 2

1. HASIL VST LAPANGAN

Kuat geser Lokasi 2 (kPa)			
titik 1	titik 2	titik 3	rata-rata
0	0	0	0.0
11.5	12.5	13	12.3
13	15	12.5	13.5
17.5	16.5	16	16.7
15	17	18	16.7
17	17.5	16	16.8
18	18.5	17.5	18.0
21	22	20	21.0
23.75	25	23	23.9
26	27	29	27.3
19	18	17	18.0
20.75	20	22	20.9
27.5	28.5	26	27.3
24	22.5	23.5	23.3
21	22	20	21.0
23.5	22	23	22.8

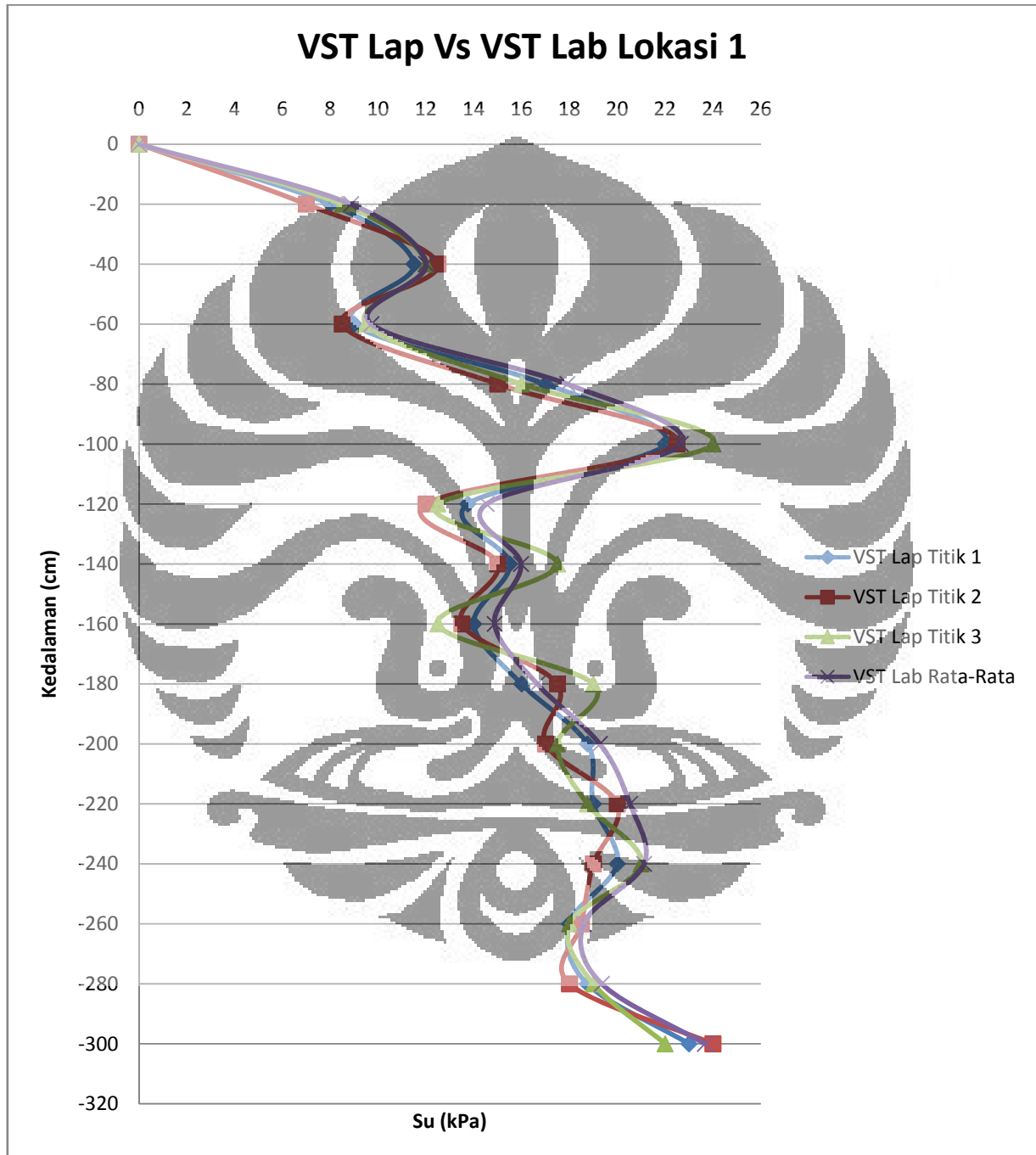


2. HASIL VST LABORATORIUM

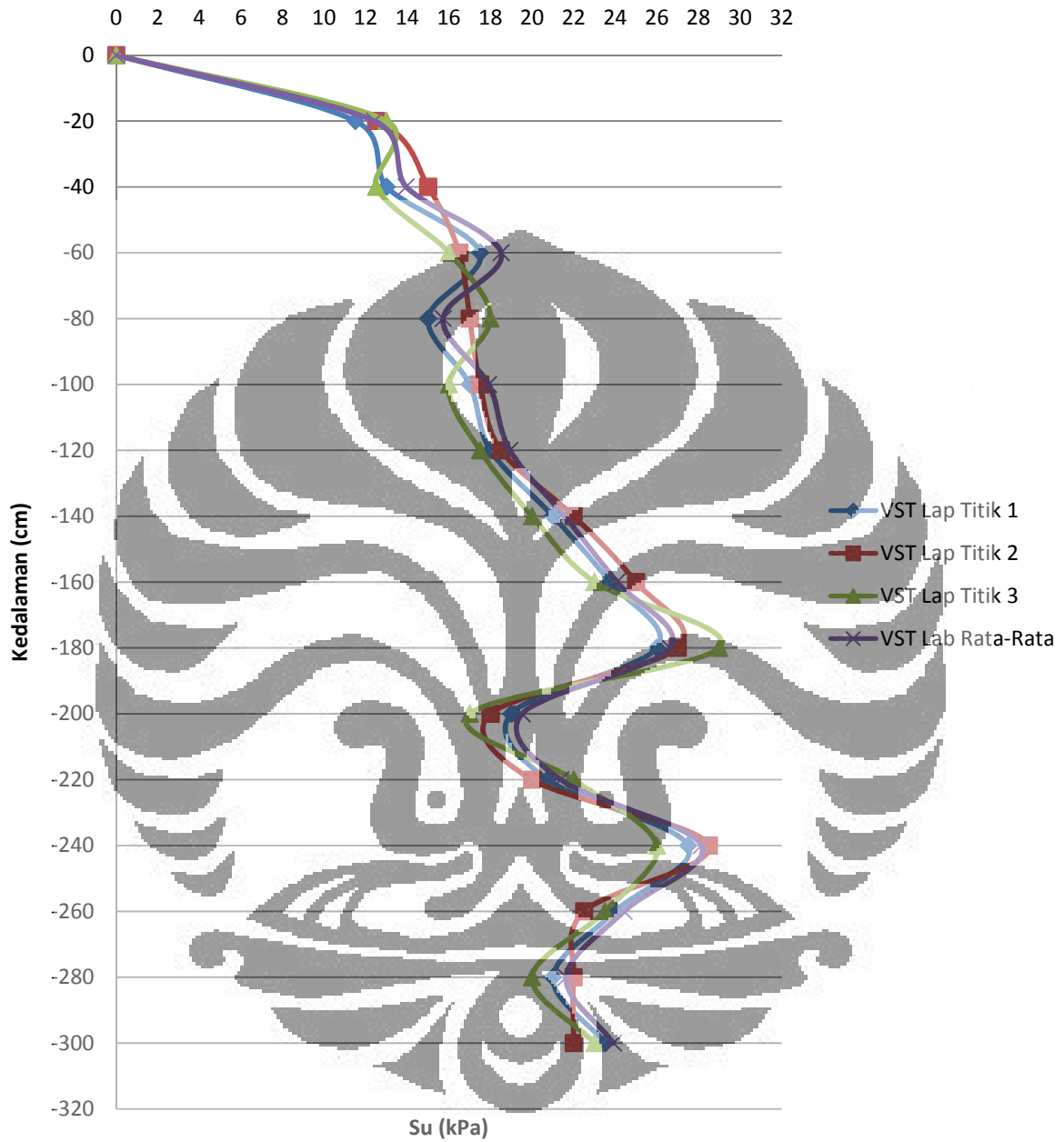
KEDALAMAN (CM)	PEGAS	TIKOK	PEMBACAAN SUDUT PEGAS	PEMBACAAN SUDUT SUDU	DURASI (MENIT)	KUAT GESER (kPa)	KUAT GESER RATA-RATA (kPa)	DURASI RATA-RATA (MENIT)
20	4	1	38	28	6.6	12.84	12.42	6.475
	4	2	37	29	6.6	12.51		
	4	3	35	27	6.2	11.83		
	4	4	37	28	6.5	12.51		
40	4	1	40	33	7.3	13.52	13.94	7.4
	4	2	42	31	7.3	14.20		
	4	3	41	32	7.3	13.86		
	4	4	42	35	7.7	14.20		
60	4	1	55	42	9.7	18.59	18.51	9.675
	4	2	54	44	9.8	18.25		
	4	3	56	42	9.8	18.93		
	4	4	54	40	9.4	18.25		
80	4	1	47	36	8.3	15.89	15.72	8.15
	4	2	46	34	8	15.58		
	4	3	46	33	7.9	15.55		
	4	4	47	37	8.4	15.89		
100	4	1	53	40	9.3	17.91	17.91	9.375
	4	2	52	41	9.3	17.58		
	4	3	53	39	9.2	17.91		
	4	4	54	45	9.7	18.25		
120	4	1	58	43	10.1	19.60	18.93	9.725
	4	2	57	42	9.9	19.27		
	4	3	54	40	9.4	18.25		
	4	4	55	40	9.5	18.59		
140	4	1	63	45	10.8	21.29	21.55	10.8
	4	2	63	44	10.7	21.29		
	4	3	65	46	11.1	21.97		
	4	4	64	42	10.6	21.63		
160	4	1	73	47	12	24.67	24.08	11.825
	4	2	70	46	11.6	23.66		
	4	3	72	48	12	24.34		
	4	4	70	47	11.7	23.66		
180	4	1	78	52	13	26.36	26.62	13.025
	4	2	80	50	13	27.04		
	4	3	79	51	13	26.70		
	4	4	78	53	13.1	26.36		
200	4	1	89	47	10.6	19.94	19.52	10.3
	4	2	87	46	10.3	19.27		
	4	3	57	44	10.1	19.27		
	4	4	58	44	10.2	19.60		
220	4	1	63	46	10.9	21.29	21.38	10.625
	4	2	64	45	10.9	21.63		
	4	3	62	41	10.3	20.96		
	4	4	64	40	10.4	21.63		
240	4	1	82	52	13.4	27.72	28.14	13.5
	4	2	84	53	13.7	28.39		
	4	3	83	50	13.3	28.05		
	4	4	84	52	13.6	28.39		
260	4	1	72	47	11.9	24.34	24.42	11.9
	4	2	71	48	11.9	24.00		
	4	3	74	45	11.5	25.01		
	4	4	72	47	11.9	24.34		
280	4	1	63	43	10.6	21.29	21.63	10.75
	4	2	64	44	10.8	21.63		
	4	3	64	42	10.6	21.63		
	4	4	65	45	11	21.97		
300	4	1	71	48	11.9	24.00	23.91	11.625
	4	2	70	45	11.5	23.66		
	4	3	72	43	11.5	24.34		
	4	4	70	46	11.6	23.66		

kedalaman (cm)	Lokasi 2	Lokasi 2
	kuat geser rata-rata (kpa)	Kuat Geser Min-Maks(kPa)
0	0	0
-20	12.42	11.83-12.84
-40	13.94	13.52-14.20
-60	18.51	18.25-18.93
-80	15.72	15.55-15.89
-100	17.91	17.58-18.25
-120	18.93	18.25-19.60
-140	21.55	21.29-21.97
-160	24.08	23.66-24.67
-180	26.62	26.36-27.04
-200	19.52	19.27-19.94
-220	21.38	20.96-21.63
-240	28.14	27.72-28.39
-260	24.42	24.00-25.01
-280	21.63	21.29-21.97
-300	23.91	23.66-24.34

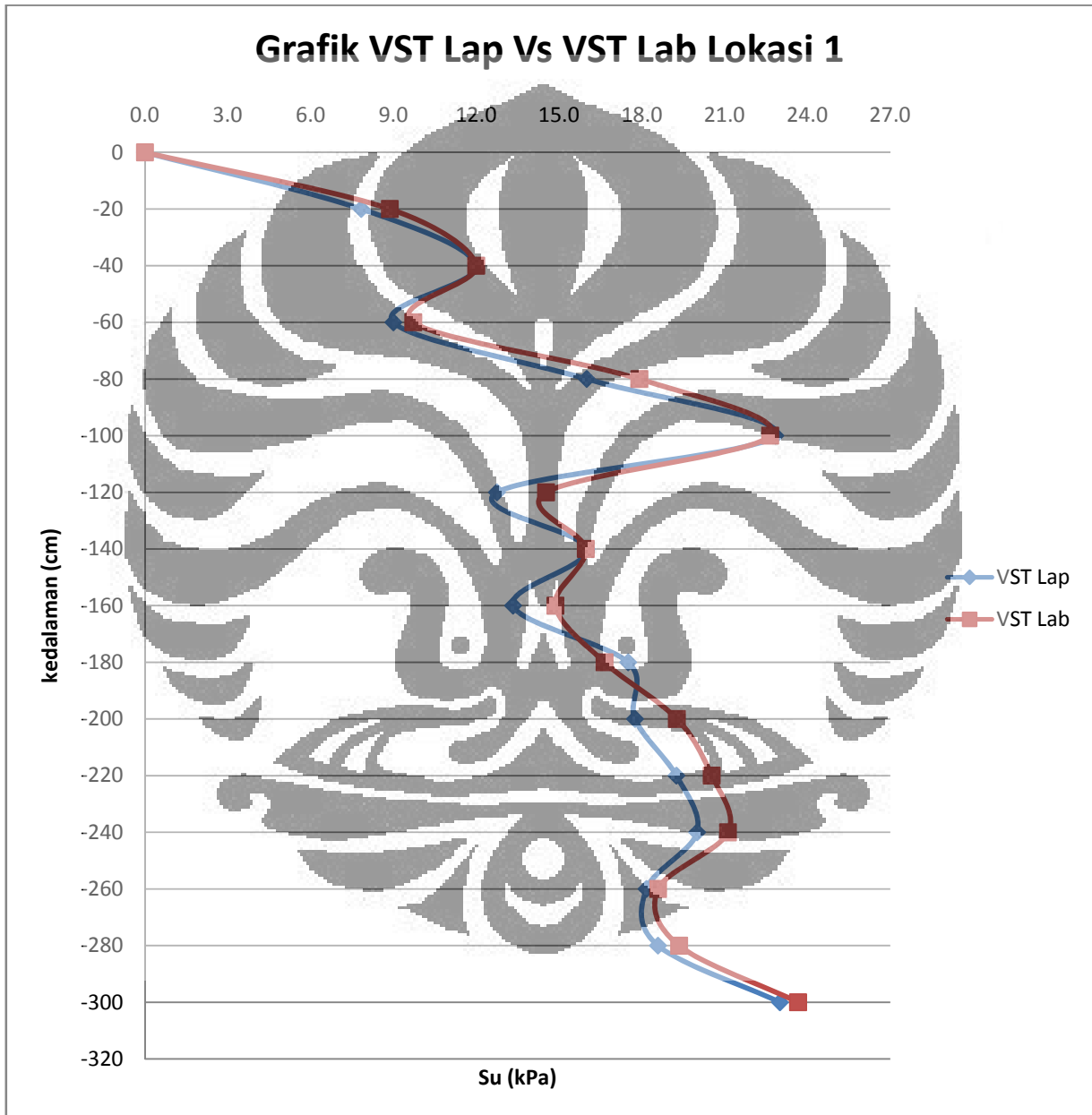
GRAFIK PERBANDINGAN NILAI KUAT GESER
VST LAPANGAN DAN VST LABORATORIUM
UNTUK LOKASI 1 DAN 2



VST Lap Vs VST Lab Lokasi 2



**GRAFIK PERBANDINGAN NILAI KUAT GESER
VST LAPANGAN DAN VST LABORATORIUM
DITINJAU DARI NILAI RATA-RATA KUAT GESER
UNTUK LOKASI 1 DAN 2**



Grafik VST Lap Vs VST Lab Lokasi 2

