

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

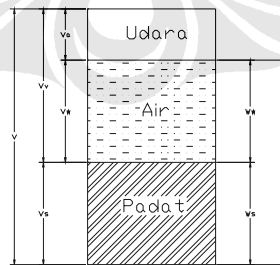
### 2.1 Pendahuluan

Tinjauan pustaka ini menjelaskan tentang karakteristik tanah lempung (kaolin) yang akan digunakan pada pengujian kuat geser tanah menggunakan metode vane shear test di laboratorium. Dalam pengujian ini sampel tanah yang digunakan merupakan jenis mineral tanah lempung (*Mineral Kaolinite*). Pada pelaksanaannya, pengujian ini membandingkan hasil antara pengujian kuat geser tanah kaolin menggunakan metode vane shear test di laboratorium dengan pengujian kuat geser tanah kaolin menggunakan metode triaksial.

### 2.2 Karakteristik Tanah

Menurut Craig, R.F (1986) diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (void space) yang berisi air dan/ atau udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbon dan oksida yang tersenyawa diantara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik.

Untuk rentang tegangan yang biasa dijumpai dalam praktek, masing-masing partikel padat dan air dapat dianggap tidak kompresibel: dilain pihak, udara sangat bersifat kompresibel. Kompresibel kerangka tanah yang sesungguhnya tergantung pada susunan struktur partikel tanah tersebut.



Sumber : Craig, R.F., *Soil Mechanics ASTM*

**Gambar 2.1** Penyajian secara skematis dari elemen tanah

### 2.2.1 Karakteristik Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1991). Tanah lempung merupakan tanah yang berukuran mikroskopis sampai dengan sub 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 lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 1994).

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1999) :

- 1) Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm,
- 2) Permeabilitas rendah,
- 3) Kenaikan air kapiler tinggi,
- 4) Bersifat sangat kohesif,
- 5) Kadar kembang susut yang tinggi,
- 6) Proses konsolidasi lambat.

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum dari pada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999).

### 2.2.2 Mineral Tanah Lempung (kaolin)

Lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopik dan submikroskopik yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-parikel dari mika, mineral-mineral lempung dan mineral-mineral sangat halus lainnya.

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks dan terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu *Silika Tetrahedra* dan *Aluminium Oktahedra*. Mineral *Kaolinite* terdiri dari tumpukan lapisan-lapisan dasar

lembaran-lembaran kombinasi *Silica-Gibbsite*. Setiap lapisan dasar tersebut mempunyai tebal kira-kira 7,2 Angstrom (1 Angstrom =  $10^{-10}$  m). Luas permukaan (*Specific Surface*) partikel kaolinite per unit massa adalah kira-kira  $15 \text{ m}^2/\text{gram}$ . Struktur dari mineral *Kaolinit*.

Nilai-nilai *specific gravity* berbagai jenis tanah dapat dilihat pada Tabel.

**Tabel 2.1** *Specific Gravity* Tanah

Macam tanah	<i>specific gravity</i>
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lanau norganik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : ASTM D 854-83, *Test method for specific gravity of soils*.

Besarnya *specific gravity* mineral-mineral lempung dapat dilihat pada Tabel.

**Tabel 2.2** *Specific Gravity* Mineral-Mineral Lempung

Mineral	<i>specific gravity</i>
Quartz (kuarsa)	2,65
Kaolinite	2,60
Illite	2,80
Montmorillonite	2,65 – 2,68
Halloysite	2,00 – 2,55
Pottasium feldspar	2,57
Sodium dan calcium feldspar	2,62 – 2,76
Chlorite	2,60 – 2,90
Biotite	2,80 – 3,20
Muscovite	2,76 – 3,10
Hornblende	3,00 – 3,47
Limonite	3,60 – 4,00
Olivine	3,27 – 3,32

Sumber : ASTM D 854-83, *Test method for specific gravity of soils*.

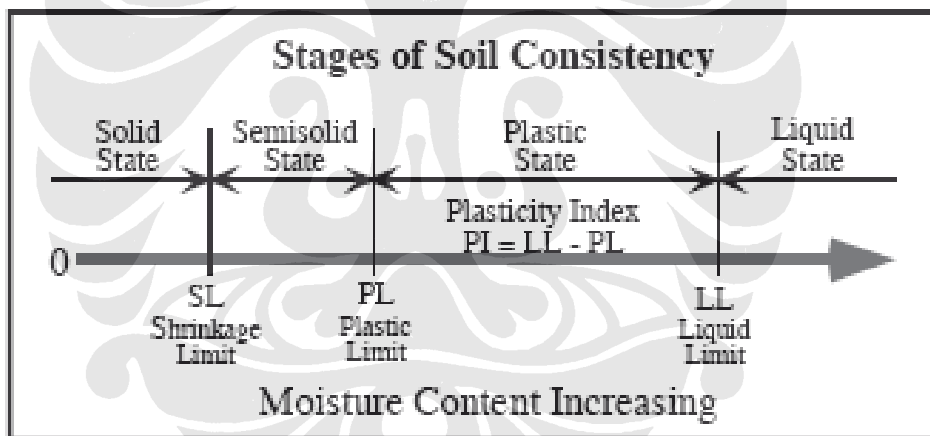
Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah plastisitasnya. Hal ini disebabkan adanya mineral lempung dalam tanah. Plastisitas adalah kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk pada volume konstan tanpa retak-retak atau remuk. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut *konsistensi*.

Atterberg, 1911 (dalam Hardiyatmo, 1999), memberikan cara untuk menggambarkan batas *konsistensi* dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*).

Untuk mengetahui sifat-sifat karakteristik tanah dapat dilakukan dengan pengujian Atterberg Limit. Pengujian ini untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi.

Bayangkanlah suatu contoh tanah berbutir halus (lempung atau lanau) yang telah dicampur air sehingga mencapai keadaan cair. Jika campuran ini kemudian diperbolehkan menjadi kering lagi sedikit demi sedikit, maka tanah ini akan melalui beberapa keadaan tertentu dari keadan cair sampai keadaan beku.

Keadaan-keadaan ini, dengan istilah-istilah yang dipakai untuk perbatasan antaranya adalah sebagaimana digambarkan di bawah ini :



Sumber : Hardiyatmo, (1999)

**Gambar 2.2** Batasan konsistensi tanah

Kedua angka yang paling penting adalah batas cair dan batas plastis (disebut batas-batas Atterberg). Pengukuran batas-batas ini dilakukan secara rutin untuk sebagian besar penyelidikan-penyelidikan yang meliputi tanah yang berbutir halus. Karena batas-batas ini tidak merupakan sifat-sifat fisika yang jelas maka dipakai cara empiris untuk menentukannya. Penentuan batas-batas atterberg ini dilakukan hanya pada bagian tanah yang melalui saringan No. 40.

Batas cair dan batas plastis tidak secara langsung memberi angka-angka yang dapat dipakai dalam perhitungan (design). Yang kita peroleh dari percobaan Batas Atterberg ini adalah suatu gambar secara garis besar akan sifat-sifat tanah yang bersangkutan. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk, yaitu kekuatannya rendah, "compressibility"-nya tinggi, dan sulit memadatkannya misalnya, untuk pembuatan jalan. Untuk macam-macam tanah tertentu Batas-batas Atterberg dapat dihubungkan secara empiris dengan sifat-sifat lainnya, misalnya dengan kekuatan geser atau "compression index", dan sebagainya. Index plastis biasanya dipakai sebagai salah satu syarat untuk bahan yang akan dipakai untuk pembuatan jalan.

Menurut Atterberg, 1911 (dalam Hardiyatmo, 1999) tingkat plastisitas tanah dibagi dalam 4 tingkatan berdasarkan nilai indeks plastisitasnya yang ada dalam selang antara 0 % dan 17 %. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dapat dilihat pada Tabel.

**Tabel 2.3** Nilai Indeks Plastisitas Dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam tanah
0	Non plastis	Pasir
< 7	Rendah plastisitas	Lanau
7 – 17	Sedang plastisitas	Lempung berlanau
>17	Tinggi	Lempung

Sumber : *ASTM D 4318-84, Test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index if soils.*

**Tabel 2.4** Harga-Harga Batas Atterberg Untuk Mineral Lempung

Mineral	Batas cair	Batas plastis	Batas susut
Montmorillonite	100 – 90	50 – 100	8,5 – 1,5
Nontronite	37 – 72	19 – 27	8,5 – 1,5
Illite	60 – 120	35 – 60	15 – 17
Kaolinite	30 – 110	25 – 40	25 – 29
Halloysite terhd	50 – 70	47 – 60	
Halloysite	35 – 55	30 – 45	
Attapulgit	160 – 230	100 – 120	
Chlorite	44 – 47	36 – 40	
Allophane	200 – 250	130 – 140	

Sumber : *ASTM D 4318-84, Test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index if soils.*

### 2.3 Pengujian Kuat Geser Tanah Kaolin

Dalam mendesain fondasi dangkal dan dalam, galian, bangunan penahan tanah, urugan untuk bendungan/tanggul dan lereng alam sangat diperlukan adanya

pemahaman menyeluruh parameter kuat geser tanah. Pemilihan parameter kuat geser yang diperlukan dan jenis uji terkait sangat bergantung pada jenis konstruksi, desain fondasi, intensitas, tipe dan lamanya beban kerja, serta material tanah yang tersedia di lokasi.

Kuat geser harus ditentukan berdasarkan gabungan uji lapangan dan laboratorium. Hasil uji laboratorium memberikan parameter kuat geser acuan dengan batasan dan pembebanan yang terkontrol. Namun, contoh yang bermutu baik kadang-kadang sulit diperoleh dari lapangan, khususnya untuk material pasiran. Interpretasi kuat geser dari hasil uji di lapangan dalam pasir dan lempung sangat diperlukan.

Tegangan geser dapat ditahan oleh kerangka partikel padat tanah dengan memanfaatkan gaya-gaya yang timbul karena persinggungan antar partikel. Tegangan normal ditahan oleh gaya-gaya antar partikel pada kerangka tanah. Jika tanah pada berada dalam kondisi jenuh sempurna, air pori akan mengalami kenaikan tekanan karena ikut menahan tegangan normal. Menurut *Ladd & Foott*, (1974) dan *Jamiolkowski* dkk, (1985) ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pengujian triaksial, sebagai berikut.

- a) Untuk lempung, biasanya digunakan uji laboratorium yang mencakup uji tekan tidak terkekang (*UC=unconfined compression*) dan uji tidak terkonsolidasi tidak terdrainase (*UU*). Akan tetapi, tidak menyerupai resmi tegangan yang terjadi dalam tanah dasar sebelum pembebanan. Oleh karena itu, hanya dapat diperhitungkan sebagai kekuatan indeks. Pemilihan uji yang sering dilakukan adalah uji geser triaksial terkonsolidasi dan uji kotak geser langsung, yang dapat digunakan sesuai dengan uji konsolidasi (*oedometer*) sebagai pendekatan terhadap sejarah tegangan yang terkoreksi.
- b) Contoh tidak terganggu maupun contoh yang dicetak ulang (*remolded*) atau yang dipadatkan dapat digunakan untuk uji kuat geser. Untuk uji kuat geser tanah terganggu dan tanah dicetak ulang, benda uji harus dipadatkan atau distabilkan pada kadar air dan kepadatan tertentu. Hal ini dipilih berdasarkan persyaratan desain atau kepadatan di lapangan dan kadar air tanah. Jika pengambilan contoh tidak terganggu tidak praktis (misal tanah pasiran dan

tanah kerikilan), perlu disiapkan benda uji cetak ulang yang mendekati kepadatan dan kadar air alami untuk pengujian.

Di dalam pembahasan pada karya tulis ini hanya dijelaskan perbandingan pengujian kuat geser tanah antara metode vane shear test dengan metode triaksial di laboratorium.

### 2.3.1 Uji Triaksial

Pengujian triaksial merupakan pengujian kekuatan geser yang sering digunakan dan cocok untuk semua jenis tanah. Keuntungan dari pengujian ini adalah bahwa kondisi pengaliran dapat dikontrol, tekanan air pori dapat diukur dan, bila diperlukan, tanah jenuh dengan permeabilitas rendah dapat dibuat terkonsolidasi. Dalam pengujian ini digunakan sebuah contoh berbentuk silinder dengan perbandingan panjang terhadap diameter sebesar 2. Contoh tersebut dibebani secara simetri aksial seperti terlihat pada gambar. Uji ini menggunakan sebuah perangkat alat uji seperti terlihat pada gambar dengan beberapa bagian terpenting. Dasar alat yang berbentuk lingkaran memiliki sebuah alas untuk meletakkan contoh tanah. Alat tersebut memiliki sebuah lubang masuk yang digunakan untuk pengaliran air atau untuk pengukuran tekanan air pori. Yang merupakan badan dari inti alat tersebut adalah sebuah silinder tembus pandang (pessex cylinder) yang ditutup oleh sebuah cincin dan penutup lingkaran atas.



**Gambar 2.3** Alat uji triaksial UU

Tujuan Percobaan ini adalah untuk mengetahui sudut geser tanah ( $\phi$ ) dan nilai kohesi suatu tanah ( $c$ ).

Ada tiga macam Triaxial Test :

#### 1. Unconsolidated Undrained Test

Pada percobaan ini air tidak diperbolehkan mengalir dari sampel tanah. Tegangan air pori biasanya tidak diukur pada percobaan semacam ini. Dengan demikian hanya kekuatan geser “UNDRAINED” (*Undrained Shear Test*) yang dapat ditentukan.

Pemakaian di dalam praktek lapangan meliputi keadaan akhir dari pada konstruksi tanggul dan pondasi dari tanggul, pondasi tiang dan telapak pada tanah yang *normally consolidated*. Pada keadaan ini kondisi kritikal disain segera setelah adanya muatan (pada akhir konstruksi) tekanan air pori besar sekali, tetapi belum terjadi konsolidasi. Setelah konsolidasi mulai terjadi, *void ratio* dan isi air berkurang, sedangkan tekanan bertambah; jadi tanggul atau pondasi bertambah aman, dengan kata lain terjadi tegangan efektif.

#### 2. Consolidated Undrained Test

Pada percobaan ini sampel tanah diberikan tegangan normal dan air diperbolehkan mengalir dari sampel. Tegangan normal ini bekerja sampai konsolidasi selesai, yaitu sampai tidak terjadi lagi perubahan pada isi sampel tanah. Kemudian jalan air dari sampel ditutup dan sampel diberikan tegangan geser secara *undrained* (tertutup). Tegangan normal masih tetap bekerja, biasanya tegangan air pori diukur selama tegangan geser diberikan.

#### 3. Consolidated Drained Test

Pada percobaan ini sampel tanah diberi tegangan normal dan air diperbolehkan mengalir sampai konsolidasi selesai. Kemudian tegangan geser diberikan; dengan kata lain pergeseran dilakukan secara *drained* (terbuka). Untuk menjaga tekanan air pori tetap nol, maka kecepatan percobaan harus lambat (dalam hal ini juga tergantung koefisien permeability).

Hasil-hasil uji dapat disajikan sesuai dengan tegangan lingkaran *Mohr* untuk mendapatkan parameter kuat geser.

### 2.3.2 Uji Vane Shear Laboratorium

Pengujian Vane Shear Test laboratorium mempunyai prinsip yang sama tetapi mempunyai dimensi yang lebih kecil. Baling-baling pada vane shear



lapangan sampai 150 mm panjang dan 75 mm lebar, tapi vane shear laboratorium standar mempunyai satu baling-baling mengukur 12.7 mm x 12.7 mm.

Uji geser baling (*VST*) atau uji baling di lapangan (*FV = field vane*) dapat digunakan untuk mengevaluasi kuat geser tidak terdrainase setempat dari lempung lunak kaku dan lanau pada interval kedalaman 1 m (3,28 ft) atau lebih.

Pada prinsipnya pengujian kuat geser tanah menggunakan metode vane shear test di laboratorium sama dengan vane shear test di lapangan tetapi di laboratorium menggunakan rancangan dengan skala lebih kecil

Pengujian kuat geser vane shear test sangat cocok untuk jenis seperti tanah lempung sangat lunak yang mempunyai kuat geser kurang dari 20 kN/m<sup>2</sup>, oleh karena itu untuk pengujian ini harus dipersiapkan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed*). Bagaimanapun juga, pengujian ini juga dapat dilakukan pada sampel tanah yang dicetak kembali (*remoulded*). (Lewis, W.A and Ross N.F, 1955).

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

Dengan alat pengukur ini dapat menentukan momen torsi yang bekerja pada saat terjadi keruntuhan (*failure*). Dari momen torsi ini kita dapat menentukan kekuatan geser dari tanah yang diperiksa, yaitu kekuatan geser “Undrained”.

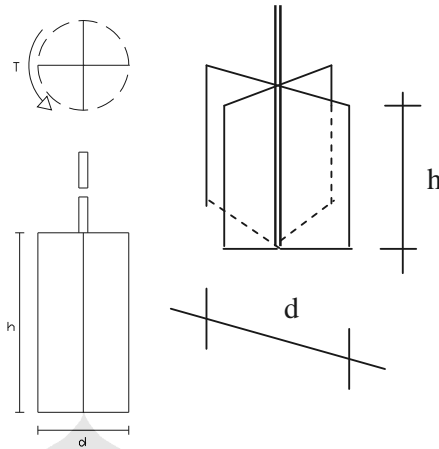
#### Keuntungan dan kerugian *VST*

##### 1) Keuntungan uji *VST*

- Untuk memperkirakan kuat geser tidak terdrainase *su<sub>v</sub>*,
- Uji dan peralatan sederhana (di lapangan),
- Pengalaman penggunaan cukup banyak.

##### 2) Kerugian uji *VST*

- Hanya dapat digunakan pada lempung lunak sampai kaku,
- Membutuhkan waktu lama dan bekerjanya lamban,
- Data mentah *Su<sub>v</sub>* memerlukan koreksi empiris,
- Dapat dipengaruhi lensa-lensa pasir dan pelipatan.



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

**Gambar 2.4** Uji kuat geser sudu (Vane Shear Test)

#### Deskripsi Alat

Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah alat uji geser sudu (vane shear test) di laboratorium. Alat ini memiliki bentuk yang lebih kecil dari vane shear test di lapangan tetapi alat uji geser sudu di laboratorium ini bersifat manual dan mekanis sedangkan uji geser sudu di lapangan umumnya pengoperasiannya secara manual.

Pengujian ini bekerja dengan anggapan tegangan kerja dibatasi pada permukaan silindris yang dinyatakan dengan diameter dan tinggi baling, walaupun kenyataannya sulit sekali. Bergantung pada kekuatan dan kekakuan, tanah dalam luas pancaran ke luar dari permukaan zona silindris yang ideal juga akan terganggu oleh geseran baling. Oleh karena itu, bagian torsi digunakan untuk menggerakkan zona ini. Dalam hal ini, diambil asumsi bahwa zona geser adalah salah satu yang ditentukan oleh sketsa pisau baling yang menunjukkan variasi tingkat kesalahan.

Analisis uji diperhitungkan dengan anggapan kuat geser tanah yang akan diuji adalah isotropik, yang sebenarnya tidak berlaku untuk semua deposit. Akan tetapi, uji ini dapat digunakan sebagai alat uji kuat geser lanau dan lempung jenuh anisotropik dan cetak ulang (*remolded*). Rasio dari kekuatan puncak terhadap kekuatan tidak terdrainase cetak ulang disebut sensitivitas (*St*). Uji geser baling di laboratorium harus digunakan sebagai uji indeks.

Pengukuran putaran sudu (vane) memiliki dua pengaruh besar terhadap hasil pengukuran kuat geser sudu (vane).

1. Mencegah pengeringan oleh karena itu benda uji harus berada pada kuat geser tak-terdrainase.
2. Menyerupai efek viskositas (perekat) dimana kuat geser tanah lebih tinggi dari pada kuat tekan tanah.

Adapun komponen-komponen dari alat uji geser sudu (vane shear test) di laboratorium ini adalah:

1. Sebuah *sudu* (vane) dengan ukuran 12,7 mm x 12,7 mm (1/2 x 1/2 inch), walaupun juga tersedia dengan ukuran yang berbeda. Baling-baling (vane) merupakan komponen yang paling utama pada pengujian dengan metode ini. Sudu ini terbuat dari baja tahan karat.
2. Sudu (vane) ditempatkan/ dipasangkan pada sebuah *rotating socket* pada bagian bawah dari komponen alat (vane head), dan ditahan oleh suatu baut pengikat. Socket ini berputar pada bantalan bulat.
3. Terdapat empat jenis *pegas* (*spring*) yang berbeda. Dimana tiap jenis pegas tersebut mempunyai fungsi yang berbeda. Pegas ini dipasangkan pada busi lingkar pada masing-masing ujungnya. Pada ke-empat buah jenis ini mempunyai kekakuan yang berbeda dengan maksud untuk pengujian jenis tanah yang berbeda-beda.
4. *Pegas* (*spring*) diletakkan 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 disalurkan melalui pegas menuju socket.
6. Jika sudu (vane) mengalami masalah dalam pengoperasian, 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) mungkin berputar, maka jumlah defleksi dapat dilihat pada pembacaan *secondary scale*.

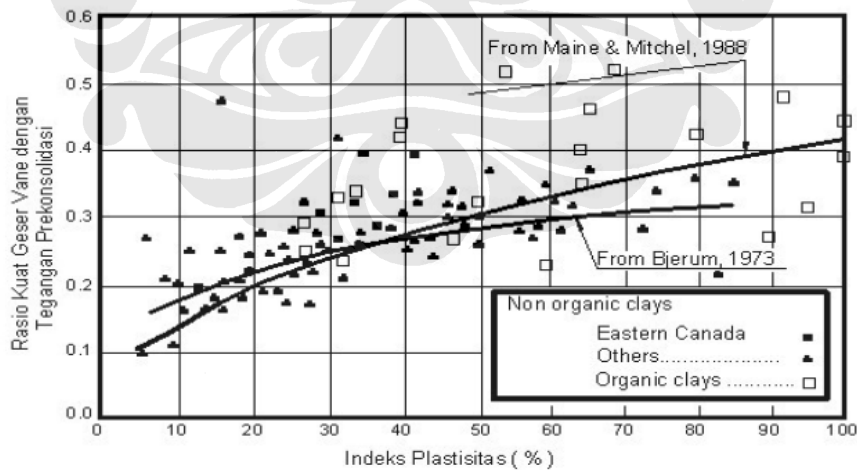
8. *Lead screw* yang diputar menggunakan *crank* digunakan untuk menaikkan dan menurunkan sudu (vane).

## 2.4 Literatur

### 2.4.1 Korelasi Nilai Kuat Geser Terhadap Indeks Plastis

Kuat geser tidak terdrainase (su atau cu) bukan suatu sifat tanah yang khusus, tetapi suatu perilaku tanah akibat pembebanan yang bergantung pada faktor-faktor arah tegangan kerja, syarat-syarat batas, laju regangan, konsolidasi berlebih, derajat pemrosesan celah, dan lainlain. Oleh karena itu, biasanya sulit untuk membandingkan langsung kuat geser tidak terdrainase yang teruji dengan perbedaan hasil uji lapangan dan laboratorium. Kecuali jika faktor-faktor penting telah diperhitungkan sesuai dengan pertimbangan dan penentuan yang memadai.

Profil tegangan prakonsolidasi tanah lempung dapat dievaluasi berdasarkan data hasil uji kuat geser dengan vane shear test. Hubungan antara  $\sigma_c'$ , indeks plastisitas (PI) dan kuat geser baling teruji tanah asli ( $s_{uv}$ ) diperlihatkan dalam gambar di bawah ini, yang memberikan perkiraan cepat derajat konsolidasi.



Sumber : Puslitbang PU (Pekerjaan Umum) PD-T-04-2005 A

**Gambar 2.5** Grafik rasio hasil uji kuat geser sudu dengan tegangan

prakonsolidasi  $\left( \frac{S_{uv}}{\sigma_c'} \right)$  VS indeks plastisitas ( $I_p$ )

Kuat geser tidak terdrainase yang termobilisasi yang dihitung balik dari sejarah kegagalan timbunan, fondasi dan penggalian dalam lempung lunak, pada dasarnya tidak bergantung pada indeks plastisitas (*Terzaghi dkk, 1996*).

## **2.5 Bentuk Penelitian Kuat Geser Tanah Lempung Yang Telah Dilakukan**

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

- a. Studi pengaruh nilai  $c$  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 tetapi 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”.

- b. Hubungan antara kekuatan geser terdrainase dengan pemberian pembebanan 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 terdrainase 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 terdrainase 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 terdrainase maka diharapkan akan ada peningkatan kekuatan geser tanah”.

- c. Pengaruh preloading terhadap kekuatan geser dan indeks kompresi pada tanah lempung lunak oleh RR Muning Hardini (2003)

“Hasil dari penelitian ini adalah:

- Pembebanan awal membawa pengaruh terhadap nilai indeks kompresi ( $C_c$ ), nilai  $C_c$  setelah preloading akan lebih kecil dibandingkan nilai  $C_c$  sebelum preloading.
- Nilai kohesi dari hasil uji triaksial terkonsolidasi terdrainase dengan preloading menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kohesi dari hasil uji triaksial takterkonsolidasi Unsaturated dan Saturasi.
- Sudut geser dari hasil uji triaksial terkonsolidasi terdrainase dengan preloading bernilai lebih besar dibandingkan dengan hasil uji triaksial tak terkonsolidasi tak terdrainase Unsaturated”.

- d. Data test triaksial tanah bentonite sebagai parameter analisa geoteknis tanah berdasarkan Critical State Concept oleh Ang Monica Haryadi (1993).

”Stress path berguna untuk meninjau keadaan tegangan tanah dan tekanan pori yang timbul dalam elemen tanah. Dengan adanya stress path maka keadaan tegangan yang berubah-ubah dari kondisi awal sampai kondisi akhir dapat dikontrol. Dalam karya tulis dilakukan percobaan triaxial yang dibatasi hanya pada jenis test consolidated undrained. Dan tanah yang akan digunakan dalam percobaan ini adalah tanah bentonite, yaitu sejenis tanah lempung yang mengandung unsur montmorillonite. Dimana tanah bentonite tersebut dapat dikategorikan tanah lempung lunak apabila ditinjau dari nilai plastisitasnya yang tinggi yaitu: Liquid Limit = 119,2%, Plastic Limit = 76,5% dan Plasticity Index = 42,7%”.

- e. Penelitian terhadap teknologi perbaikan tanah lunak oleh Ir. Hermin Tjahjati, MSc dan Ir. Maulidya Indah Junica, MSc (1995).

”Perbaikan tanah adalah suatu proses dimana setelah proses tersebut dilakukan maka pada pada umumnya daya dukung tanah akan meningkat. Misalnya, jika dibuat suatu timbunan badan jalan di atas tanah dasar yang merupakan tanah lunak maka berat beban timbunan badan jalan tersebut akan menyebabkan deformasi verikal atau horizontal pada ”sub soil” sebagai penumpu tanah timbunan itu, karena tanah tersebut merupakan tanah lunak yang daya dukungnya kecil. Supaya tanah lunak tersebut mampu mendukung beban di atasnya, maka perlu perbaikan dari sifat-sifat tanah tersebut agar mempunyai daya dukung yang dapat mendukung beban di atasnya. Deformasi yang terjadi bukan hanya merubah penampakan dan alinemen jalan tetapi juga akan merusak bagian-bagian jalan seperti, jembatan dan gorong-gorong”.

- f. Perilaku kekuatan geser tanah lempung lunak dengan uji vane shear test di lapangan dan uji triaksial di laboratorium Oleh Eva Khuzaifah (2006).

”Indonesia mempunyai iklim dan kondisi tanah yang dapat dikatakan mendukung adanya wilayah yang digolongkan mempunyai tanah sulit. Tanah sulit ini diartikan sebagai tanah sangat lunak mengembang tinggi (tanah ekspansif). Makin mendesaknya kebutuhan akan lahan untuk pemukiman di kota, mahalnya lahan dengan tanah stabil dan berkembangnya wilayah pemukiman di daerah, terutama di daerah 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 lempung lunak tersebut, maka perlu dilakukan beberapa pengujian. Dalam karya tulis ini uji yang dilakukan adalah vane shear test di lapangan dan uji triaksial dalam kondisi UU (Undrained Undisturbed) yang dilakukan di laboratorium. Vane shear test dimaksudkan untuk menentukan kekuatan lempung jenuh sempurna dalam keadaan tak terdrainase, sedangkan uji triaksial dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sudut geser tanah dan nilai kohesi tanah”.