

KORELASI KEKUATAN GESER UNDRAINED TANAH LEMPUNG DARI UJI UNCONFINED COMPRESSION DAN UJI LABORATORY VANE SHEAR (STUDI PADA REMOLDED CLAY)

Made Dodiek Wirya Ardana¹

Abstrak: Hasil pengujian tanah dari suatu laporan pengujian laboratorium seringkali tidak mewakili kondisi sesungguhnya tanah tersebut di lapangan (*in situ*). Tentunya hal ini merupakan suatu tantangan untuk dapat merencanakan suatu pondasi diatas tanah lunak secara aman dan ekonomis, termasuk dalam hal ini adalah menentukan parameter kekuatan tanahnya. Sesuai dengan karakteristik masing-masing peralatan, setiap pengujian dapat menghasilkan hasil uji yang berbeda untuk benda uji yang sama. Hal ini dapat terjadi karena prosedur pengujian dan cara kerja alat yang berbeda-beda serta target hasil uji utama dari masing-masing dalam penentuan parameter tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan bentuk hubungan (perumusan korelasi) antara kuat geser tanah, S_u (*undrained shear strength*) dari tanah lempung *remolded* yang berkonsistensi lunak sampai kaku yang dihasilkan dari uji *Unconfined Compression Strength Test* dengan hasil uji *Laboratry Vane Shear Test*.

Hasil uji memberikan korelasi untuk nilai kekuatan geser *undrained* hasil pengujian *Vane*, $S_u(v)$ dan hasil pengujian *Unconfined Campression*, $S_u(u)$ yaitu untuk masing-masing untuk korelasi untuk $S_u(v) - S_u(u)$ dan $S_u(u) - S_u(v)$ sebagai berikut: $S_u(v) = 0.6214 \cdot S_u(u) + 0.0028$ atau $S_u(u) = 1.5464 \cdot S_u(v) + 0.0049$. S_u yang didapat dari pengujian dengan alat uji *Vane* adalah lebih kecil 37 % dari S_u pengujian dengan alat uji *Unconfined Comporession*.

Kata kunci : Kekuatan Geser *Undrained*, *Unconfined Compression Strentgh*, *Laboratory Vane Shear Test*.

CORRELATION OF UNDRAINED SHEAR STRENGTH VALUES OBTAINED FROM UNCONFINED COMPRESSION TEST AND LABORATORY VANE SHEAR TEST (A Study on Remolded Clay)

Abstract: Strength test result of a soil investigation report often present a different value to the measured in-situ strength. It is become a constrain in using the value of soil parameter for foundation design on soft clay soil. Depends on the testing apparatus characteristic, test results from a different apparatus may differ even for a duplet samples. This may occur due to the different of procedure and the work mechanism of apparatus itself in determining the soil parameter. The goal of this study is to determine the correlation between test results of S_u (*undrained shear strength*) of very soft to stiff clay obtain from *Unconfined Compression Strength Test* and *Laboratory Vane Shear Test*.

The test results show a correlation of undrained shear strength values obtain from those two apparatus as follows : $S_u(vane) = 0.6214 \cdot S_u(uct) + 0.0028$ atau $S_u(uct) = 1.5464 \cdot S_u(vane) + 0.0049$. S_u obtain from vane shear test show a lower value of 37 % in comparisson with *Unconfined Comporession* values.

Keywords: Undrained shear strength (S_u), *Unconfined Compression Strentgh*, *Laboratory Vane Shear Test*.

¹ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah lempung lunak pada umumnya terdeposit di daerah pantai, dan pada umumnya pula tanah tersebut terkonsolidasi secara normal (*Normally Consolidated*). Daerah pantai yang tanahnya didominasi oleh tanah lempung lunak umumnya sering menjadi tempat bangunan-bangunan industri dan prasarana transportasi. Untuk pembangunan sarana dan prasarana tersebut, pengetahuan tentang kekuatan geser tanah dan sifat-sifat tanah di daerah tersebut sangat diperlukan. Akan tetapi, selama ini penyelidikan tanah di daerah tanah lunak seringkali mengalami kesulitan, berkenaan dengan sulitnya mendapatkan benda uji yang tidak terganggu (*undisturbed sample*) dan sulitnya melakukan pengujian terhadap sifat-sifat fisik tanah lunak termasuk pengujian kekuatan gesernya. Jadi hasil pengujian tanah dari suatu laporan pengujian laboratorium seringkali tidak mewakili kondisi sesungguhnya tanah tersebut di lapangan ("in situ"). Tentunya hal ini merupakan suatu tantangan untuk dapat merencanakan suatu bangunan di atas tanah lunak secara aman dan ekonomis, termasuk dalam hal ini adalah menentukan parameter kekuatan tanahnya.

Pengujian kekuatan geser tanah di laboratorium dapat dilakukan dengan memakai berbagai peralatan uji geser, seperti *Unconfined Compression*, *Laboratory Vane Shear*, *Direct Shear*, dan *Triaxial Apparatus*. Sesuai dengan karakteristik peralatan tersebut, setiap pengujian dapat menghasilkan hasil uji yang berbeda untuk benda uji yang sama. Hal ini dapat terjadi karena prosedur pengujian dan cara kerja alat yang berbeda-beda serta target hasil uji utama dari masing-masing peralatan dalam penentuan parameter tanah.

Perumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang dikemukakan, dalam penelitian ini akan diteliti bagaimana korelasi antara hasil uji kuat tekan bebas dari alat *Unconfined*

Compression Strength Test (UCT) dengan hasil uji kekuatan dengan *Laboratory Vane Shear Test* untuk benda uji dari *remolded clay*.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan bentuk hubungan (perumusan korelasi) antara kuat geser tanah yang dihasilkan dari uji *Unconfined Compression Strength Test* dengan hasil uji *Laboratory Vane Shear Test*.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsistensi Tanah

Konsistensi merupakan sesuatu yang berhubungan langsung dengan tekstur dan keteguhan (*firmness*) tanah dan seringkali dihubungkan dengan kekuatannya. Secara konvensional, konsistensi seperti pada Tabel 1 dijabarkan sebagai kekuatan tanah sangat lunak (*very soft*), lunak (*soft*), medium *stiff* (*medium firm*), kaku (*stiff/firm*), sangat kaku (*very stiff*), dan keras (*hard*) (Terzaghi dan Peck, 1948). Istilah-istilah ini sangatlah relatif dan dapat memiliki pengertian yang berbeda-beda tergantung dari penelitinya. Untuk lebih seragam dalam pemakaian praktis, selanjutnya konsistensi adalah keadaan tanah yang berhubungan dengan kekuatannya. Untuk tanah lempung, kekuatan gesernya akan diistilahkan dengan kohesi dan kekuatan geser tekanan tak tersekap (*Unconfined Compression*). Kekuatan *Unconfined Compression* ini dihasilkan dari pemberian beban aksial pada benda uji silinder dan pada akhirnya dapat ditentukan besarnya beban yang mengakibatkan geser pada benda uji. Kekuatan geser tekanan tak tersekap (*Unconfined Compression*) ini secara praktisnya adalah dua kali dari kohesi (kekuatan geser) yang dimiliki oleh tanah. Untuk membuat suatu klasifikasi konsistensi baik di lapangan maupun di laboratorium, penentuan besarnya kekuatan geser dapat dilakukan dengan berbagai pengujian seperti uji geser *Vane* (labora-

torium/lapangan) dan uji geser tekanan tak tersekap (*Unconfined Compression*).

Tabel 1. Konsistensi dan Kekuatan Tanah Kohesif (Lempung)

KONSISTENSI	SHEAR STRENGTH Kg/cm ²	UCS *) Kg/cm ²	KETERANGAN
VERY SOFT	< 0.12	< 0.25	
SOFT	0.12 – 0.25	0.25 – 0.50	Mudah ditembus dengan ujung pensil yang tumpul
MEDIUM	0.25 – 0.50	0.50 – 1.00	Mudah ditembus dengan ujung pensil yang tumpul hingga ½ inch dengan mengeluarkan sedikit usaha
STIFF / FIRM	0.50 – 1.00	1.00 – 2.00	Mudah ditembus dengan ujung pensil yang tumpul hingga ¼ inch dengan mengeluarkan sedikit usaha.
VERY STIFF	1.00 – 2.00	2.00 – 4.00	Tergores oleh ujung pensil, kuku dapat menembus dengan mudah
HARD	> 2.00	> 4.00	Mudah ditembus dengan ujung pensil yang runcing hingga ½ inch dengan mengeluarkan usaha

*) UCS = Unconfined Compression Strength
dari : Lambe dan Whitman, 1979

Seperti telah dikemukakan di depan, kekuatan tanah (tanah lempung) adalah bergantung dari kondisi strukturnya. Bila struktur aslinya telah mengalami gangguan atau perubahan dalam susunan partikel atau susunan kimiawi, kekuatan tanahnya dapat berkurang dari kekuatan tanah aslinya. Saat tanah dalam keadaan *remolded* (dipadatkan kembali/berubah dari kondisi aslinya), kekuatan tanah sangat bergantung dari pengaruh kadar airnya, pada kadar air yang rendah kekuatan tanah cenderung lebih tinggi atau sebaliknya. Waktu dan perubahan pada tegangan serta perubahan lingkungan sejak terjadinya tanah, dapat

menyebabkan tanah memiliki kekuatan yang lebih tinggi dalam keadaan terganggu (*undisturbed*) daripada keadaan dipadatkan kembali (*remolded*). Keadaan ini diistilahkan dengan sensitivitas tanah, yaitu istilah yang digunakan untuk menerangkan perbandingan antara kekuatan geser tekanan tak tersekap tanah asli dengan kekuatan geser tekanan tak tersekap tanah dipadatkan kembali (*remolded*). Sensitivitas berkaitan pula dengan Indeks Kecairan (*Liquidity Index, LI*), karena tanah akan kehilangan kekuatannya yang terbesar terjadi keadaan *highly flocculated*, dimana kadar airnya sangat besar dibandingkan dengan batas cairnya.

Konsistensi pada kondisi dipadatkan kembali (*remolded*) untuk tanah lempung sangat bervariasi dalam proporsi kadar air. Pada kadar air tinggi, campuran tanah-air memiliki sifat-sifat cair; pada kadar air yang lebih sedikit, volume campuran berkurang dan tanah menunjukkan sifat-sifat plastis; dan pada kadar air yang sangat kurang, campuran tanah berperilaku *semi-solid* dan akhirnya menjadi *solid*.

Kadar air yang menunjukkan perbedaan tanah pada keadaan cair (*liquid*) dan plastis disebut dengan kadar air batas cair (*Liquid Limit, LL*). Kadar air yang menunjukkan perbedaan tanah pada keadaan plastis dan semi solid disebut dengan kadar air batas plastis (*Plastic Limit, PL*). Kadar air yang menunjukkan perbedaan tanah pada keadaan *semi-solid* dan *solid* disebut dengan kadar air batas susut (*Shrinkage Limit, SL*). Pada kadar air diatas batas susut (*Shrinkage Limit*), volume total dari campuran tanah-air berubah sesuai dengan perubahan kadar airnya. Sedangkan pada kadar air dibawah batas susut (*Shrinkage Limit*), volume campuran tanah-air tidak banyak berubah (bahkan tidak terjadi perubahan) walaupun kadar airnya telah berubah dibawah batas susut (*Shrinkage Limit*).

Pengukuran Undrained Shear Strength

Untuk mengukur besarnya nilai undrained shear strength dapat dilakukan

dengan beberapa cara yang telah umum diterapkan. Berikut pada Tabel 2. beberapa komentar tentang berbagai jenis alat uji yang dipakai untuk mengukur *undrained shear strength*, Su. Semua prosedur pelaksanaan laboratorium tergantung pada baik buruknya kondisi benda uji (*sample*). Disamping itu kekuatan geser pada kondisi tidak terjadi pengaliran (*undrained shear strength*) sangat sensitif terhadap penerapan beban, karena itu perbedaan penerapan beban dapat memberikan hasil yang berbeda pada beberapa metode. Karena ketergangguan benda uji (*sample disturbance*), bahkan uji tekanan tak tersekap dengan benda uji yang paling bagus sekalipun dapat memberikan hasil yang lebih rendah dari kondisi sebenarnya (*underestimate*).

Tabel 2. Metode umum mengukur Undrained Shear Strength.

METODE	KOMENTAR
Uji Vane (Baling-baling)	Biasanya memberikan hasil yang baik, namun terbatas pada suatu tegangan tertentu.
Uji Penetrasi	Memberikan hasil korelasi yang kasar pada tegangan.
Uji Tekanan Tak Tersekap	Uji yang terbaik untuk tujuan secara umum, memberikan hasil/nilai yang <i>underestimate</i> , karena "ketergangguan" benda uji menurunkan tegangan efektif
Uji Unconsolidated Undrained	Merupakan uji laboratorium yang paling representatif, karena mengkompensasi kesalahan-kesalahan.
Uji Consolidated Drained	Memberikan nilai yang <i>overestimate</i> , karena "ketergangguan" benda uji menjadikan kadar airnya lebih kecil.

dari : Lambe dan Whitman, 1979

MATERI DAN METODE

Penelitian yang dilakukan disini adalah penelitian dengan eksperimen di laboratorium yaitu dengan melakukan serangkaian pengujian pada benda-benda uji. Benda uji pada penelitian ini dibuat dari campuran tanah lempung *Kaolinite* dan *Bentonite* (mineral *Montmorillonite*). Variasi campuran antara tanah lempung *Kaolinite* dengan *Bentonite* dibuat sedemikian sehingga mendapatkan suatu nilai Indeks Plastisitas yang diinginkan. Benda uji

dibuat mulai dari bentuk/kondisi *slurry* yang kemudian dikonsolidasi dengan beban tertentu yang dipilih dan selanjutnya diuji kekuatan geser tanah pada kondisi tidak terjadi pengaliran (*undrained shear strength*, Su).

Langkah-langkah yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. **Pencampuran Lempung *Kaolinite* dengan *Bentonite*.** Untuk pembuatan benda uji, terlebih dahulu dilakukan pencampuran tanah lempung *Kaolinite* dengan *Bentonite* dibuat dalam 9 (sembilan) variasi perbandingan berat, yaitu :

K 100; K 95 - B 05; K 90 - B 10; K 85 - B 15; K 80 - B 20; K 60 - B 40; K 40 - B 60; K 20 - B 80; B 100; K = *Kaolinite*, B = *Bentonite*

Perbandingan yang dipakai pada tiap-tiap jenis campuran disini adalah perbandingan berat kering udara. Perlu disebutkan disini bahwa komposisi campuran tanah tersebut adalah untuk tanah dalam kondisi kering udara dan dalam bentuk bubuk (*powder*) yang lolos ayakan No. 200.

2. **Benda uji.** Untuk semua variasi perbandingan campuran tanah, dibuat benda uji dengan bantuan alat konsolidasi (*odometer* yang telah dimodifikasi). Campuran tanah yang telah dibuat dalam bentuk bubuk (*slurry*) yaitu dengan kadar air *slurry* 1 - 4 kali batas cairnya (Lambe dan Whitman, 1979) dikonsolidasi hingga konsolidasi primernya dianggap selesai. Benda uji dibuat dalam empat beban konsolidasi yaitu : 0,5 kg/cm² , 1 kg/cm² , 2 kg/cm² , 4 kg/cm² yang kira-kira akan menghasilkan benda-benda uji dengan kekuatan geser (*shear strength*) seperti ditunjukkan Tabel 3.

Cara membuat benda uji :

- Timbang campuran tanah seberat 500 gram. Tanah ini adalah tanah yang kering udara berbentuk bubuk (*powder*)

yang merupakan campuran *Kaolinite-Bentonite* dengan kadar tertentu.

Tabel 3. Beban konsolidasi berdasarkan konsistensi tanah

Konsolidasi Beban (kg/cm ²)	Perkiraan Harga Su (kg/cm ²) Mesri (1975)	Konsistensi Tanah
0,50	0,11	Very Soft
1,00	0,22	Soft
2,00	0,44	Medium
4,00	0,88	Stiff

- Campurkan dengan air sejumlah sekitar 1 s/d. 4 kali harga LL untuk setiap 100 gram campuran tanah, jadi untuk campuran tanah seberat 500 gram dengan LL = 58,6 % (benda uji K 100), jumlah air yang dicampurkan kedalam tanah adalah sebanyak 5 x 1 kali harga LL s/d 5 x 4 kali harga LL atau 293 cc. s/d. 1172 cc. Selanjutnya untuk keseragaman penentuan kadar air kondisi slurry campuran tanah, jumlah air yang akan ditambahkan ke dalam campuran tanah adalah sebesar 1,5 kali harga batas cairnya.
- Campuran tanah yang telah berbentuk bubur (*slurry*) kemudian dimasukkan kedalam tabung dengan diameter 6.35 cm dan tinggi 14 cm, kemudian dikonsolidasi. Pada bagian ini tanah dibebani langsung (tidak bertahap) dengan beban tertentu sesuai dengan tegangan *overburden* yang diinginkan, yaitu : beban I = 0,5 kg/cm²; beban II = 1 kg/cm²; beban III = 2 kg/cm²; beban IV = 4 kg/cm². Pembebanan dihentikan bilamana pada benda uji dianggap tidak lagi terjadi konsolidasi (konsolidasi primer dianggap selesai).

Karena tidak dilakukan pengukuran terhadap perubahan tegangan air pori didalam sample, maka pembebanan dihentikan setelah 4 hari. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa tegangan air pori di dalam benda uji telah kembali pada tekanan hidrostatik. Untuk memberikan gambaran bahwa tegangan air pori di dalam telah

kembali pada tekanan hidrostatiknya, berikut diberikan suatu perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi tegangan air pori hidrostatik.

Dengan asumsi C_v pada tanah lempung ini = 1 m² / tahun atau 3.1709×10^{-4} cm²/dt, maka dapat diperkirakan konsolidasi primer atau t_{90} akan berakhir setelah:

$$C_v = 3.1709 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{dt}$$

$$H(\text{dr}) = 14/2 = 7 \text{ cm (double drainage)}$$

$$T_v (U=90\%) = 0.848$$

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{C_v}$$

$$t_{90} = 131.038,38 \text{ detik} \\ = 36 \text{ jam } 39 \text{ menit.}$$

Uji Geser Tekanan Tak Tersekap : ASTM D 2166 - 91

Alat Uji Unconfined Compression (alat uji tekanan tak tersekap).

Alat uji ini secara umum terdiri dari sepasang pelat pijakan (bawah) dan tekan (atas) tempat meletakkan benda uji silinder, dan dilengkapi dengan satu set jarum-jarum penunjuk beban aksial dan penunjuk regangan (*strain – stress dials*) serta dilengkapi pula dengan alat pemberi beban aksial (secara manual ataupun dengan mesin/hidrolik).

Kriteria Benda Uji.

Benda uji untuk uji tekanan tak tersekap ini setidaknya harus memiliki diameter 30 mm (1,3 inch) dan partikel tanah terbesarnya tidak boleh melebihi diameter benda uji. Dengan rasio tinggi dan diameter benda uji 2 sampai 3, maka untuk benda uji yang berdiameter 30 mm sekurang-kurangnya harus memiliki tinggi 60 mm. Untuk benda uji yang memiliki diameter 72 mm (2,8 inch) atau lebih besar, partikel tanah terbesar dalam benda uji tersebut harus lebih kecil dari seperenam dari diameter. Pengukuran tinggi dan diameter benda uji dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali untuk mendapatkan diameter dan tinggi rata-rata dari benda uji. Persiapan benda uji tanah asli (*undisturbed*), tanah *remolded*, maupun

tanah yang telah dipadatkan pada prinsipnya adalah sama.

Prosedur Pengujian.

Letakkan benda uji tepat ditengah-tengah platform alat uji. Set semua jarum-jarum penunjuk (*load dial* dan *strain dial*) pada posisi nol, begitu benda uji telah kontak dengan baik pada kedua pelat tekan (*platform*). Terapkan beban sehingga membebani secara aksial dengan kecepatan tertentu antara 1/2 sampai 2 % per menitnya. Catat semua angka-angka yang ditunjukkan jarum penunjuk untuk suatu regangan atau beban tertentu, seperti besarnya beban aksial, deformasi yang terjadi, serta jangka waktu yang sesuai untuk dapat menggambarkan kurva tegangan-regangannya. Kecepatan regangan yang dipilih hendaknya kira-kira mampu memberikan keruntuhan benda uji kurang dari 15 menit, mengingat asumsi uji ini adalah kondisi tidak terjadi pengaliran (*undrained*). Untuk mencapai kondisi ini biasanya diterapkan metode "*fast test*", yaitu uji cepat dengan kecepatan regangan yang diterapkan adalah 1 % strain per menit (Lambe dan Whitman, 1979). Bila benda uji adalah material yang sangat lunak dimana menghasilkan deformasi yang besar, hendaknya diuji dengan dengan *strain rate* yang lebih tinggi. Sedangkan untuk benda uji yang lebih keras dimana akan menghasilkan deformasi yang kecil saat runtuh, hendaknya diuji dengan *strain rate* yang rendah. Setelah berakhirnya pengujian, tentukan sifat-sifat fisik lainnya seperti kadar air, berat volume benda uji, serta dapat digambar pola keruntuhan dan ukur sudut kemiringan permukaan keruntuhan (α).

Uji Geser Vane Laboratorium: ASTM D 4648 - 87

Alat Uji Vane.

Alat uji Vane terdiri atas sebuah batang yang pada bagian ujung bawahnya terdapat 4 (empat) buah sayap/blades, dan bagian ujung lainnya terdapat alat pencatat berupa spring/pegas yang telah dikalibrasi untuk

memberikan harga kekuatan geser tanah pada kondisi tidak terjadi pengaliran (*undrained shear strength*). Tinggi sayap dengan diameternya disarankan memiliki perbandingan 2 : 1, meskipun terdapat Vane yang memiliki perbandingan 1 : 1. Sketsa alat Vane ditunjukkan pada Gambar 2.3. Untuk Vane miniatur biasanya memiliki diameter 12,7 mm (0,5 inch) dan tinggi 25,4 mm (1 inch).

Kriteria Benda Uji.

Benda uji harus memiliki diameter yang cukup untuk memberikan keleluasaan yaitu sekurang-kurangnya dua kali diameter Vane antara semua titik-titik pada lingkaran terjadinya geser dengan bagian terluar dari benda uji. Benda uji dapat disiapkan dalam keadaan tanah asli (*undisturbed*) maupun dalam keadaan dipadatkan kembali (*remolded*).

Langkah Perhitungan.

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan kekuatan geser (*shear strength*) dari alat uji Vane :

- Hitung kekuatan geser tanah pada kondisi tidak terjadi pengaliran (*undrained shear strength*) dari perumusan berikut :

$T = \pi \times K$ dimana :

T = torsi, dalam N.m atau Kg.cm.

K = konstanta blade Vane, cm^3 .

$$K = \frac{\pi D^2 H}{2 \times 10^6} \left[1 + \frac{D}{3H} \right], \text{ dalam satuan SI.}$$

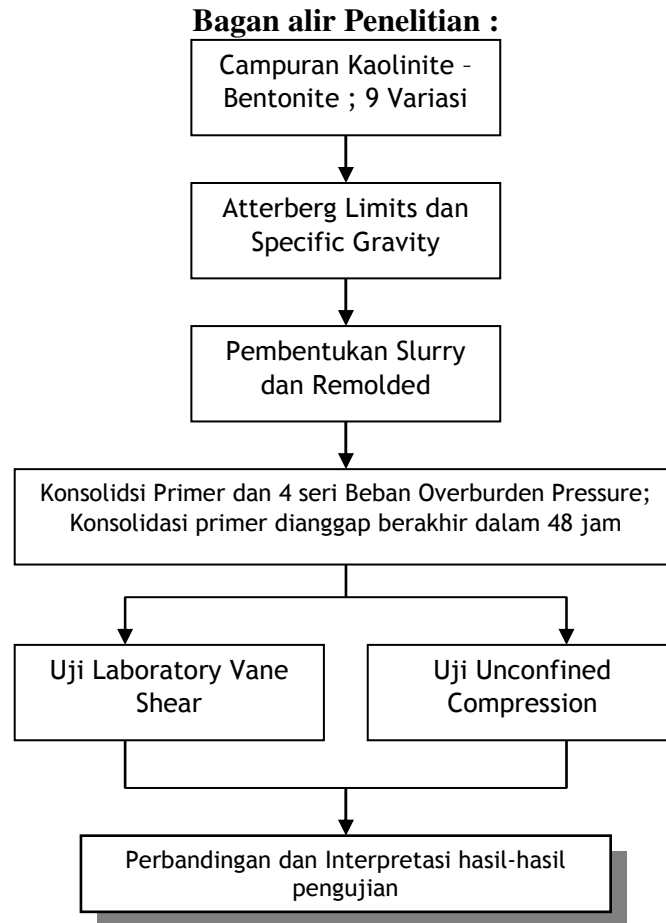
$$K = \frac{\pi D^2 H}{3456} \left[1 + \frac{D}{3H} \right], \text{ dalam satuan}$$

Inch-Pound

D = diameter Vane, mm.

H = tinggi Vane, mm.

τ = *undrained shear strength*, kg/cm^2 atau kPa. *Undrained shear strength* yang ditentukan berdasarkan prosedur pengujian di laboratorium harus dikalikan dengan suatu faktor μ untuk mendapatkan *undrained shear strength* dilapangan, $Su_{design} = \mu \times Su_{field}$.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian batas cair (LL) dan batas plastis (PL) untuk masing-masing campuran tanah dilakukan sebanyak 2 (dua) kali,

sedangkan nilai Indeks Plastisitas (PI) didapat dari hasil pengurangan LL dengan PL. Hasil pengujian batas-batas *Atterberg* ini dirangkum dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Batas Cair dan Batas Plastis serta Indeks Plastisitas

No.	Seri Benda uji	Kadar Bentonite (%)	Kadar Kaolinite (%)	Batas Cair (LL)			Batas Plastis (PL)			Indeks Plastisitas (PI) %
				LL1 (%)	LL2 (%)	LL rata-rata (%)	PL1 (%)	PL2 (%)	PL rata-rata (%)	
1	K 100	0.00	100.00	58.69	58.51	58.60	41.67	41.18	41.43	17.18
2	K 95 B 05	5.00	95.00	67.99	68.97	68.48	38.58	39.18	38.88	29.60
3	K 90 B 10	10.00	90.00	81.54	82.11	81.83	43.07	42.86	42.97	38.86
4	K 85 B 15	15.00	85.00	86.95	85.28	86.12	45.00	46.15	45.58	40.54
5	K 80 B 20	20.00	80.00	108.99	107.36	108.18	36.36	35.14	35.75	72.43
6	K 60 B 40	40.00	60.00	181.77	193.18	187.48	36.94	36.13	36.54	150.94
7	K 40 B 60	60.00	40.00	258.40	257.73	258.07	39.56	40.47	40.02	218.05
8	K 20 B 80	80.00	20.00	345.84	344.14	344.99	44.17	44.54	44.36	300.64
9	B 100	100.00	0.00	433.50	434.20	433.85	54.71	53.44	54.08	379.78

Tanah *Bentonite* yang digunakan dalam pengujian ini mempunyai nilai batas cair rata-rata sebesar 433,86 %, batas plastis rata-rata sebesar 54,08 % dan Indeks Plastisitas sebesar 379,78 %, sedangkan tanah *Kaolinite* yang digunakan disini mempunyai nilai batas cair rata-rata sebesar 58,60 %, batas plastis sebesar 41,43 % dan Indeks Plastisitas sebesar 17,18 %. Selanjutnya untuk semua hubungan-hubungan dalam bentuk persamaan hasil analisis regresi (LL, PL, PI, p'_o , Su), angka-angka tersebut merupakan batas-batas berlakunya persamaan tersebut.

Penentuan besarnya kekuatan geser undrained dari benda uji dilakukan dengan dua jenis pengujian yaitu: dengan *Unconfined Compression Test* dan dengan *Vane Shear Test*. Uji ini diterapkan pada benda uji yang sama untuk mendapatkan hasil yang nantinya dapat dibandingkan satu dengan yang lainnya. Pengujian ini dilakukan pada 4 (empat) nilai beban *overburden* (p'_o) berbeda yaitu : 0,5 kg/cm², 1 kg/cm², 2 kg/cm², 4 kg/cm². Hasil pengujian kedua jenis uji diatas diberikan pada Tabel 5. dan Tabel 6. Beban *overburden* (p'_o) disini adalah juga beban konsolidasi dari benda-benda uji tersebut.

Tabel 5. Hasil Uji Unconfined Compression

Unconfined Camp. Test		Undrained Shear Strength, Su(u) (kg/cm2)			
No.	Seri Benda Uji	$p'_o =$	$p'_o =$	$p'_o =$	$p'_o =$
		0.50 kg/cm ²	1.00 Kg/cm ²	2.00 kg/cm ²	4.00 kg/cm ²
1	K 100	0.1120	0.1570	0.4390	0.6910
2	K 95 B 05	0.1240	0.2070	0.3430	0.5540
3	K 90 B 10	0.1600	0.1820	0.4170	0.7490
4	K 85 B 15	0.1150	0.2120	0.3370	0.5000
5	K 80 B 20	0.0700	0.1660	0.3290	0.3740
6	K 60 B 40	0.0760	0.1270	0.2070	0.2160
7	K 40 B 60	0.0640	0.1070	0.1890	0.2120
8	K 20 B 80	0.0780	0.1290	0.1760	0.1920
9	B 100	0.0460	0.1240	0.1420	0.1650

Tabel 6. Hasil Uji Vane Shear.

Vane Shear Test		Undrained Shear Strength, Su(v) (kg/cm2)			
No.	Seri Benda Uji	p'_o	p'_o	P'_o	p'_o
		0.50 kg/cm ²	1.00 Kg/cm ²	2.00 kg/cm ²	4.00 kg/cm ²
1	K 100	0.0700	0.1300	0.2900	0.4800
2	K 95 B 05	0.0800	0.1400	0.2300	0.3200
3	K 90 B 10	0.0800	0.1200	0.2800	0.4300
4	K 85 B 15	0.0600	0.1500	0.2400	0.3400
5	K 80 B 20	0.0600	0.1000	0.1400	0.2200
6	K 60 B 40	0.0500	0.0800	0.1000	0.1400
7	K 40 B 60	0.0500	0.0750	0.1100	0.1400
8	K 20 B 80	0.0500	0.0800	0.1000	0.1200
9	B 100	0.0500	0.0600	0.0800	0.1300

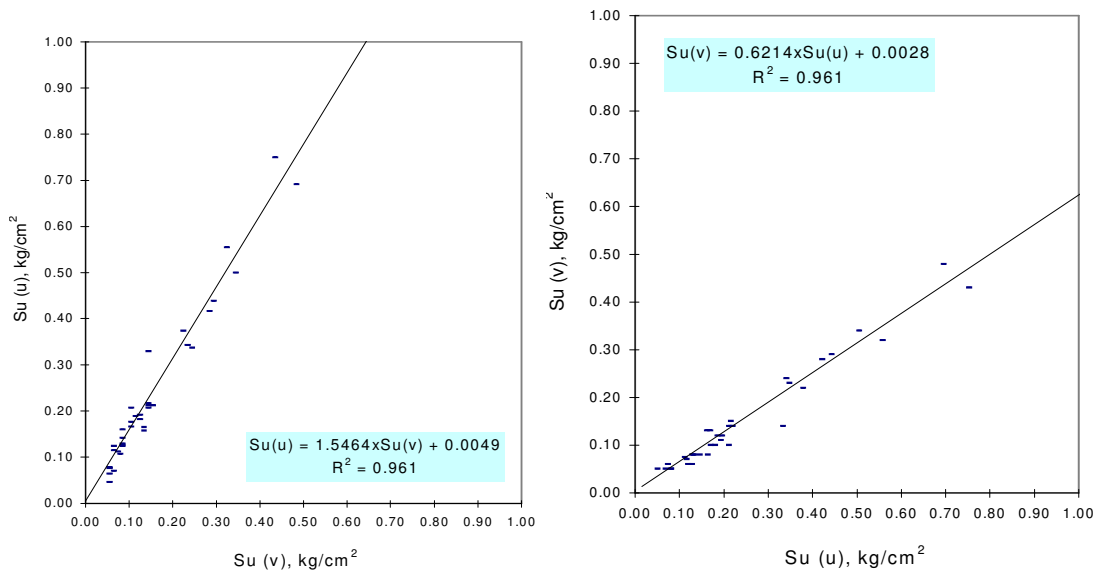
Analisis Hubungan antara Kekuatan Geser Tanah dari Hasil Uji *Unconfined Compression* dengan Hasil Uji *Vane*

Dari hasil – hasil pengujian pada benda uji dengan dua jenis pengujian yang berbeda, didapatkan nilai kekuatan geser *undrained* yang berbeda untuk satu jenis benda uji yang sama. Dari perbedaan hasil uji itu kemudian dibuat korelasi antara kedua hasil pengujian tersebut. Dari data pada Tabel 5. dan Tabel 6, korelasi untuk nilai kekuatan geser *undrained* hasil pengujian *Vane*, $S_u(v)$ dan hasil pengujian *Unconfined Compression*, $S_u(u)$. Korelasi kedua nilai S_u tersebut diberikan pada persamaan-persamaan berikut dan ditunjukkan pada

Gambar 1. untuk korelasi untuk $S_u(v) - S_u(u)$ dan $S_u(u) - S_u(v)$ sebagai berikut:

$$S_u(v) = 0.6214 \cdot S_u(u) + 0.0028 \text{ atau } S_u(u) = 1.5464 \cdot S_u(v) + 0.0049$$

Perumusan-perumusan korelasi yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat suatu hubungan besarnya S_u yang dihasilkan dari dua pengujian yang berbeda. Persamaan tersebut diatas memiliki koefisien Determinasi, $R^2 = 0.961$ atau koefisien korelasi, $R = 0.9803$, menunjukkan bahwa S_u yang didapat dari pengujian dengan alat uji *Vane* adalah lebih kecil 37 % dari S_u pengujian dengan alat uji tekanan tak tersekap (*Unconfined Compression*).



Gambar 1. Korelasi S_u *Vane*, $S_u(v)$ dengan S_u *Unconfined Compression*, $S_u(u)$

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari Gambar 1. dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk suatu kondisi benda uji yang sama (cara pembuatan dan pembebanan), apabila diuji dengan alat uji yang berbeda dapat menghasilkan hasil uji yang berbeda. Meskipun kedua pengujian (*Vane* dan *Unconfined Compression*) memakai anggapan bahwa pengujian berlangsung pada kondisi tidak terjadi pengaliran dari dan ke dalam benda uji atau

undrained. Hasil uji yang berbeda dari kedua cara pengujian tersebut disebabkan tidak lain karena “ketergangguan” yang dialami masing-masing benda uji adalah berbeda, disamping itu anggapan – anggapan dalam mendapatkan/menghitung kekuatan geser *undrained* menghasilkan perumusan yang berbeda. Kemampuan alat uji yaitu ketelitian/kalibrasi dan kapasitas yang berbeda juga memungkinkan menghasilkan hasil uji yang berbeda.

Saran

Pengujian kekuatan geser tanah dengan alat-alat uji yang berbeda di laboratorium dapat memberikan hasil yang berbeda. Oleh karena itu, sebaiknya pemilihan alat uji disesuaikan dengan jenis tanah dan tujuan dari pengujian tersebut dalam rangka menghasilkan suatu parameter tanah tertentu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan dosen dan teknisi di Laboratorium Mekanika Tanah FT UNUD dan kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan laporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Committee D – 18 on Soil and Rock, 1994, “D 4648 – 87 : Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clay Soil“.
- ASTM Committee D – 18 on Soil and Rock, 1994, “D 2166 – 91 : Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil“
- ASTM Committee D – 18 on Soil and Rock, 1994, “D 4318 – 93 : Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils“.
- Clayton, C.R.I., Mathews, M.C., and Simons, N.E. 1995. Site Investigation, 2nd Edition, Blackwell Science Ltd., Mass., USA.
- Das, B.M. 1985. Advanced Soil Mechanics – International Edition, McGraw – Hill, New York.
- Das, B.M. Alih Bahasa : Noor Endah dan Mochtar, I.B. 1994. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geotek-nis), Jilid 1 dan 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Eden, W.J. dan Law, K.T. 1980. “Comparison of Untrained Shear Strength Results Obtained by Different Test Method in Soft Clays“, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 17 pp. 369 – 381.
- Holtz, R.D. dan Kovacs, R.D. 1981. An Introduction To Geotechnical Engineering, Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Krebs, R.D. dan Walker, R.D. 1971. Highway Materials, McGraw – Hill Book Company, New York.
- Lade P.V. dan Musante, H.M. 1978. “Three – Dimensional Behaviour of Remolded Clay“, Journal of The Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 104, No. GT2, pp. 193 – 209.
- Lambe, T.W. dan Whitman, R.V. 1979. Soil Mechanics, SI Version, John Wiley and Sons , Inc., New York.
- Morris, P.H. dan Williams, D.J. 1994. “Effective Stress Vane Shear Strength Correction Factor Correlations“, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 31, pp. 335 – 342.
- Wood, D.M. dan Wroth, C.P. 1978. “The Correlation of Index Properties with Some Basic Properties of Soils“, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 15, No. 2, pp. 137 – 145.
- Yong dan Townsend. 1981. “Laboratory Shear Strength of Soil – STP 740 ASTM“, American Society For Testing and Materials, Philadelphia, Pa 19103.