

ANALISIS KEKUATAN GESER LEMPUNG LUNAK MANADO SELATAN DENGAN UJI CONE DINAMIS DAN UJI BALING-BALING

J.E.R. Sumampouw

ABSTRAK

Penelitian ini memanfaatkan material lempung lunak yang diambil dari sawah, rawa, kolam yang ada di daerah Manado Selatan sebagai benda uji. Pelaksanaannya diawali dengan pengambilan material benda uji di lapangan yang dilanjutkan dengan pemeriksaan kadar air dan percobaan inti yakni dengan alat fall cone test dan vane test di laboratorium untuk mendapatkan data-data dalam menentukan besarnya nilai kuat geser. Pelaksanaan pengujian dengan alat fall cone test dilakukan dengan cara meletakkan benda uji di bawah cone penetrometer (sudut $2\alpha = 60$), lalu cone penetrometer dilepaskan dengan jatuh bebas sehingga masuk/berpenetrasi ke dalam tanah sebesar h . Dan untuk pelaksanaan pengujian dengan alat vane test dilakukan dengan cara meletakkan benda uji di bawah vane ($d = 12,7$ mm; $h = 12,7$ mm), lalu dibenamkan pada benda uji, baling-baling diputar sampai terjadi keruntuhan, sehingga sudut torsi (T) dapat kita baca pada skala yang ada. Penentuan nilai kuat geser menggunakan persamaan Hansbo yakni $C_u = (K \cdot Q)/h^2$ untuk fall cone test dan persamaan Calding $C_u = T/\pi d^2 (d/2 + \beta \cdot h/4)$ untuk vane test serta teori-teori lain yang mendukung kebasahan nilai kuat geser yang diperoleh. Dari hasil penelitian, kedua alat ini memberikan nilai kuat geser yang hampir sama untuk setiap benda uji yang diteliti. Penelitian ini telah memperoleh nilai kuat geser dengan perbedaan sebesar $0,0175$ gr/mm² - $0,25$ gr/mm² dari benda uji yang berkadar air lebih kecil $173,29\%$ untuk alat uji cone dinamis (fall cone test). Sedangkan alat uji baling-baling (vane test) memperoleh nilai kuat geser untuk antara $0,0094$ gr/mm² ~ $0,1174$ gr/mm, dari benda uji yang berkadar air antara $98,57\%$ - $178,22\%$.

Kata kunci : fall cone test, vane test, kuat geser lempung

1. LATAR BELAKANG

Pembangunan di daerah Manado sangat pesat sehingga mulai berkurangnya lahan yang baik untuk ditempatkan suatu bangunan. Demi kelangsungan pembangunan tersebut mutlak diadakan perbaikan-perbaikan terhadap lokasi-lokasi yang kurang baik untuk ditempatkan suatu bangunan, seperti rawa-rawa, teluk semak belukar dan lain-lain yang banyak mengandung lempung lunak, olehnya kajian terhadap tanah lempung lunak khususnya tentang kekuatan geser haruslah mendapat perhatian dari para ahli geoteknik.

Seperti bahan teknik lain, tanah mengalami penyusutan volume jika mengalami tekanan di sekelilingnya, seperti jika menerima tegangan geser, tanah akan terjadi distorsi; dan apabila distorsi yang terjadi cukup besar maka partikel-partikelnya akan mengalami kegagalan dalam geser. Dalam hampir semua jenis tanah daya dukungnya terhadap tegangan tarik sangat kecil atau bahkan tidak mampu sama sekali, akibatnya semua kegagalan dukung tanah terjadi dalam kondisi plastis. Pada kondisi seperti ini tanah akan mengalami deformasi berupa penurunan (settlement) sehingga

dapat merusak struktur yang ada di atasnya. Oleh karena itu suatu pengetahuan tentang karakteristik kekuatan geser tanah merupakan kebutuhan utama guna menyelesaikan begitu banyak masalah dalam geoteknik..

Dalam pemilihan alat untuk suatu percobaan harus disesuaikan dengan material yang akan diuji, Fall Cone Test dan Vane Test merupakan alat yang cocok untuk meneliti material lempung lunak, dikarenakan itu kedua alat ini juga memiliki keuntungan-keuntungan seperti :

- Pelaksanaan percobaan mudah dan sederhana.
- Pelaksanaan percobaannya cepat dan praktis.

Penelitian ini bertujuan mendapatkan kuat geser tanah lempung lunak dengan menggunakan dua alat uji yakni Fall Cone Test dan Vane Test, kemudian membandingkan besarnya kuat geser yang didapat dari kedua alat tersebut untuk membuktikan ke-isotropisan lempung tersebut.

2. LANDASAN TEORI

Sifat-sifat tanah lunak seperti lempung, mempunyai kekuatan geser kecil, pemampatan besar dan nilai permeabilitas yang sangat rendah, hal ini menyebabkan banyak dijumpai kadar air tanah setelah tegangan bekerja relative tidak berubah untuk suatu jangka waktu yang cukup panjang. Hal ini dapat diartikan sebagai berlakunya kondisi tertutup, dan pengujian terhadap deposit lempung umumnya dilakukan dalam uji geser undrained.

Untuk mengukur kekuatan geser undrained suatu lempung dikenal beberapa alat uji antara lain uji tekan bebas, uji kerucut jatuh dan uji baling-baling. Parameter kuat geser tanah terdiri dari sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c), kuat geser tanah dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain : jenis tanah, kadar air, gangguan terhadap tanah. Pada pengujian tekan bebas, kuat geser tanah lempung dianalisa pada kondisi $\phi = 0$.

Lempung cenderung berinteraksi dengan air, dimana konsistensinya ditentukan oleh jumlah air yang terserap didalamnya. Rentang kadar air dimana tanah mengalami perubahan konsistensi berbeda untuk tiap-tiap lempung.

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan tanah tersebut persatuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud.

Jika tanah dibebani, maka akan mengakibatkan tegangan geser. Apabila tegangan geser akan mencapai harga batas, maka massa tanah akan mengalami deformasi dan cenderung akan runtuh, keruntuhan tersebut mungkin akan mengakibatkan fondasi mengambang atau pergerakan/pergeseran dinding penahan tanah atau longsoran timbunan tanah. Keruntuhan geser dalam tanah adalah akibat gerak relatif antara butir-butir massa tanah. Jadi kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan.

Keruntuhan geser tanah dapat dianggap terdiri dari tiga komponen sebagai berikut :

- Geseran struktur karena perubahan jalinan antara butir-butir massa tanah.
- Geseran dalam kearah perubahan untuk letak antara butir-butir tanah sendiri titik-titik kontak yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

- Kohesi atau adhesi antara permukaan butir-butir tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatan butirnya.

2.1. Teori Mohr-Coulomb

Mohr (1980) menyuguhkan sebuah teori tentang keruntuhan pada material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum geser saja. Jadi hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk berikut :

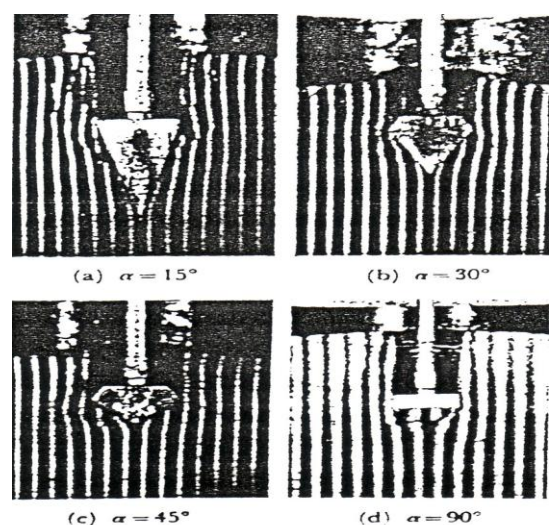
$$\tau_f = f(\sigma) \dots\dots\dots (2.1)$$

Garis keruntuhan (*failure envelope*) yang dinyatakan oleh persamaan 2.2 , berbentuk garis lengkung , untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan geser (Coulomb, 1776). Persamaan itu dapat kita tulis sebagai berikut :

$$\tau_f = C + \sigma \cdot \tan\phi \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana, τ_f = kekuatan / tegangan geser, c = kohesi, σ = tegangan / tekanan normal, ϕ = sudut geser-internal, hubungan ini disebut juga sebagai kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb.

Persamaan ini sebenarnya tidak dapat tepat sama sekali serta nilai C dan ϕ yang diperoleh dari percobaan di laboratorium tergantung pada cara pengukurannya. Kemudian persamaan Coulomb tersebut diubah Terzaghi (tahun



1925) dengan memasukkan unsur tekanan air pori dan dibuktikan pula oleh Hvorslev (1937). Oleh karena itu persamaan berikut ini dikenal sebagai persamaan Coulomb-Hvorslev yakni :

$$\tau_f = c' + \sigma' \cdot \tan \phi' \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana :

c' = kohesi tanah dalam kondisi tekanan efektif,

σ' = tekanan efektif ($\sigma - u$)

u = tekanan air pori,

ϕ' = sudut geser dalam tanah kondisi efektif

2.2. Teori Plastis

Gejala pengerasan (strain hardening) dan pelunakan regangan (strain softening) menunjukkan bahwa sifat material sungguh kompleks. Secara intuitif tidak ada teori yang dapat diaplikasi dengan mempehitungkan secara tepat efek dari gejala tersebut, sehingga timbul beberapa anggapan yang bermaksud untuk menyederhanakan antara lain dalam teori plastis sempurna.

Teori plastisitas membahas perilaku bahan pada kondisi plastis. Sebuah material yang berada pada kondisi plastis ditandai dengan tidak berlakunya hukum Hooke, karena hubungan tegangan regangan bukanlah merupakan garis linear.

Besarnya deformasi tergantung pada riwayat pembebanan. Teori plastis sempurna berangkat dari fakta suatu tanah nyata memperlihatkan perilaku mekanika regangan tgerjadinya hanya sejauh intensitas tegangan kecil.

Untuk kepentingan analisa dianggap perlu mengabaikan bagian pelunakan dan mengasumsi bentuk diagram tegangan regangan yang hanya terdiri dari dua garis lurus. Asumsi ini menunjukkan bahwa setelah mengalami leleh (*yield*) tanah bersifat seperti material plastis sempurna, dengan regangan plastis tak terbatas terjadi pada suatu tegangan konstan. Dengan kata lain regangan setelah keadaan leleh bersifat plastis sepenuhnya, penggunaan hubungan ini menunjukkan bahwa leleh dan keruntuhan terjadi pada keadaan tegangan yang sama.

Teori plastis sempurna umumnya digunakan dalam penyelesaian masalah stabilitas, yaitu masalah yang berhubungan dengan keadaan batas, termasuk di dalamnya adalah menentukan beban batas yang dapat dipikul oleh tanah dan telapak pondasi.

2.2. Teori Tresca

Kriteria leleh untuk regangan bidang adalah untuk memberikan hubungan antara tegangan geser dan normal yang dikombinasikan dengan persamaan kesetimbangan. Beberapa kriteria leleh dikemukakan oleh para ahli, antara lain

kriteria leleh Tresca yang bertolak dari material logam liat (metal), oleh karena logam liat (metal) adalah material isotropic maka formula yang muncul melalui penelitian ini dipakai pada solusi lempung lunak yang dianggap material isotropic .

Tresca mengasumsikan bahwa keruntuhan terjadi pada material disaat tegangan geser maksimum sama dengan nilai konstanta kritis :

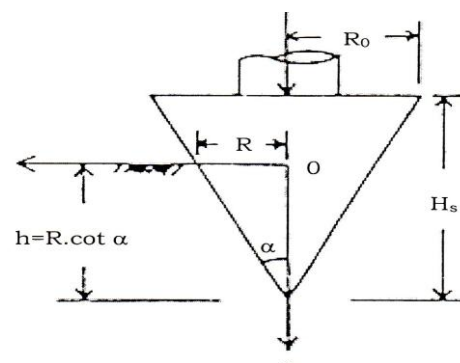
$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = k \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

Permukaan leleh dalam ruang tegangan utama dari anggapan ini berbentuk silinder dengan alas hexagon beraturan pada bidang deviatorik (π plane) dan akan membentuk satu segi enam beraturan juga apabila permukaan leleh ini berpotongan dengan bidang konstan seperti yang terlihat pada gambar 2.7. Kriteria Tresca disebut juga criteria tegangan geser maksimum.

2.3. Metode Hansbo

Mekanika pelesakan dar fall cone ke dalam tanah lempung akan dianalisa secara dinamis dengan teori Dinamic Shear Strength (Cud), berdasarkan hasil-hasil dari analis pelesakan static cone.

Dari pemeriksaan percobaan akan ditentukan nilai ratio dari perlawanan pelesakan cone secara statis dengan kecepatan melesak yang rendah dan tinggi, serta koefisien K dari persamaan Hansbo akan diperoleh untuk nilai Q = berat cone dan sesuai angkat α tertentu.



Metode ini dikemukan oleh seorang ahli yang bernama Hansbo, tidak lain untuk menentukan kekuatan geser tanah lempung lunak (C_u) melalui suatu formula yaitu :

$$C_u = K Q / h^2 \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

C_u = kohesi (undrained shear strength),
 K = koefisien Hansbo, Q = beban,
 h = kedalaman melesak (penetrasi)

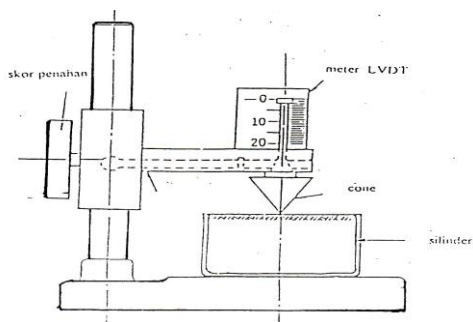
3. INVESTIGASI PERCOBAAN

3.1 Pelaksanaan Percobaan

Prosedur pelaksanaan percobaan alat utama

a. Fall Cone Test

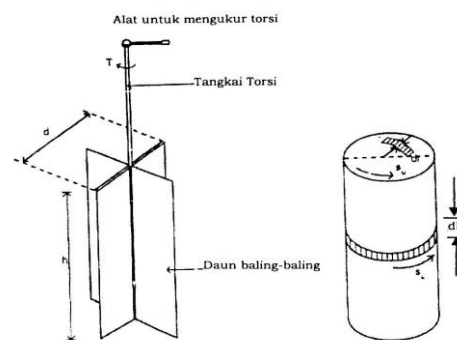
1. Material uji disiapkan dalam slinder dan diletakkan di bawah cone penetrometer.
2. Ujung Cone disetting menyentuh sedikit pada permukaan tanah, Cone berada dalam keadaan diam karena ditahan oleh skor penahan.
3. Grafik millimeter diatur pada angka nol, skor penahan ditekan agar Cone berpenetrasi dengan berat sendiri . setelah 3 detik skor penahan dilepas sehingga penetrasi berhenti.
4. Baca kedalaman jatuh Cone h (mm).
5. Pengujian langkah 1 sampai 4 diulangi sampai 3 kali, ambil harga rata-rata dari ketiga data kedalaman jatuh Cone untuk dipakai dalam analisa.



b. Vane Test

1. Material uji disiapkan dalam slinder dan diletakkan tepat berada di bawah Vane.
2. Slinder ditahan dengan skor penahan yang tersedia agar slinder tersebut tidak mudah bergerak / berpindah.
3. Spring diletakkan sedemikian rupa sehingga spring tersebut dapat menghubungkan Vane dengan jarum pada alat pembacaan.
4. Vane dibenamkan ke dalam tanah pada slinder sampai ± pertengahan dari tinggi slinder tersebut.
5. Putar alat yang ada dengan kecepatan tetap sampai terjadi keruntuhan pada benda uji.
6. Baca besarnya sudut Torsi pada alat pembacaan.
7. Pengujian langkah 1,2,4,5 diulang sampai 3 kali, ambil harga rata-rata dari ketiga data tersebut untuk dipakai dalam analisa.

8. Ambil sedikit tanahnya untuk mengetahui kadar air.



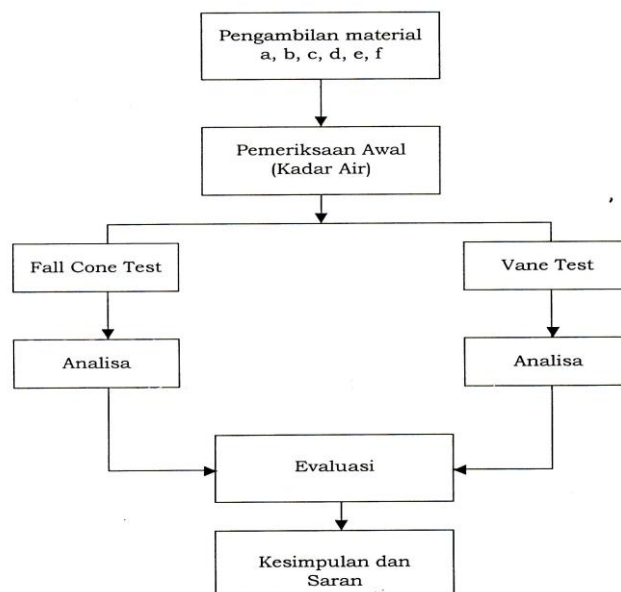
Berat cone = 67,1 gr

Sudut cone $2\alpha = 60$

No.	Benda Uji	Lokasi	Penetrasi h (mm)	Kuat Geser Cu (gr/mm^2)
1	a	Ranotana (Komp. Stadion Klabat Sebelah Selatan)	19,333	0,07160
2	b	Karombasan Lingk. V (Komp. SPN Karombasan)	17	0,09260
3	c	Bahu (Kolam Unsrat)	19	0,07413
4	d	Malalayang (Belakang Terminal)	18,667	0,07680
5	e	Malalayang (Komp. Fak. Kedokteran)	16,667	0,09634
6	f	Ranotana (Komp. Klabat Sebelah Utara)	17,333	0,08908

3.2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur; teori Tresca, Hansbo, Meyerhof dan kawan kawan serta analisa data hasil percobaan dengan bentuk tabel dan grafik. Berikut ini adalah bagan alir penelitian.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Percobaan

Hasil percobaan dituangkan langsung pada tabel, dan dapat dilihat di bawah ini.

Benda Uji	Fall Cone Test			Vane Test			Kadar Air		
	Penetrasi			Sudut Torsi (derajat)			Berat		
	h ₁	h ₂	h ₃	T ₁	T ₂	T ₃	W ₁	W ₂	W ₃
a	19	20	19	219,22	221,24	223,26	8,6	23,1	14,9
b	17	17	17	285,72	288,75	287,74	20,7	34,9	27,4
c	18	19	20	240,38	243,41	241,39	8,3	21,1	13,9
d	18	19	19	245,49	247,51	244,48	7,9	18,4	12,6
e	17	16	17	321,11	323,13	320,10	20,7	34,2	27,1
f	17	17	18	269,71	271,73	273,75	20,6	35,7	27,7

Keterangan lokasi :

- Benda uji a = Ranotana (Komp. Stadion Klabat sebelah Selatan)
- Benda uji b = Karombasan lingk. V (Komp. SPN Karombasan)
- Benda uji c = Bahu (kolam Unsrat)
- Benda uji d = Malalayang (belakang terminal)
- Benda uji e = Malalayang (Komp. Fak. Kedokteran)
- Benda uji f = Ranotana (Komp. Stadion Klabat sebelah Utara)

Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Fall Cone Test dan Vane Test

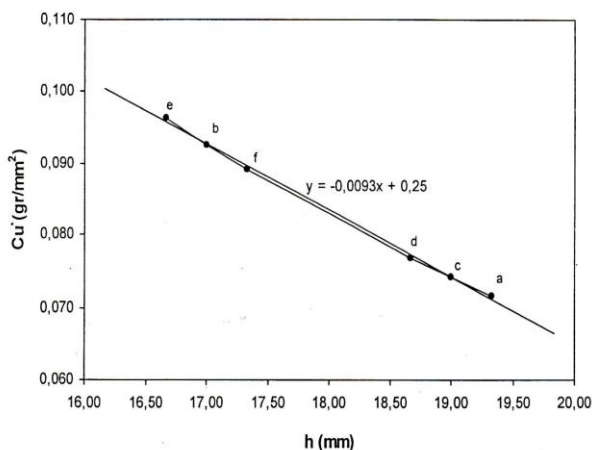
4.2. Pembahasan

Analisa data di bahas melalui tabel dan grafik, agar lebih mudah memperoleh kesimpulan.

Berat cone = 67,1 gr
Sudut cone 2α = 60

No.	Benda Uji	Lokasi	Penetrasi h (mm)	Kuat Geser Cu (gr/mm ²)
1	a	Ranotana (Komp. Stadion Klabat Sebelah Selatan)	19,333	0,07160
2	b	Karombasan Lingk. V (Komp. SPN Karombasan)	17	0,09260
3	c	Bahu (Kolam Unsrat)	19	0,07413
4	d	Malalayang (Belakang Terminal)	18,667	0,07680
5	e	Malalayang (Komp. Fak. Kedokteran)	16,667	0,09634
6	f	Ranotana (Komp. Klabat Sebelah Utara)	17,333	0,08908

Tabel 4.2 Hasil percobaan Fall Cone Test

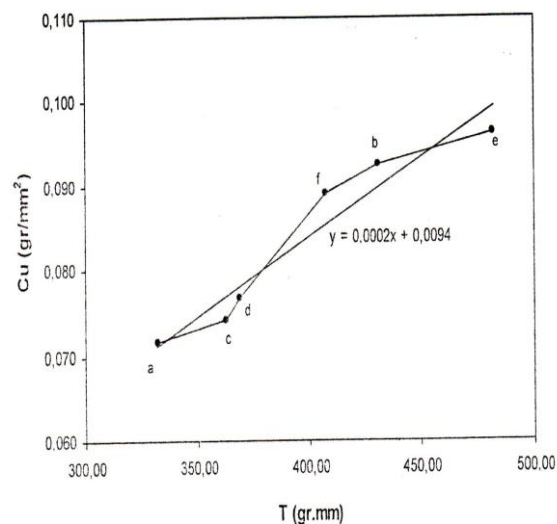


Gbr. 4.1 Hubungan antara penetrasi cone 2α = 60 dan kuat geser

- Diameter Vane (d) = 12,7 mm
- Tinggi Plat Vane (h) = 12,7 mm

No.	Benda Uji	Lokasi	Torsi T (gr.mm)	Kuat Geser Cu (gr/mm ²)
1	a	Ranotana (Komp. Stadion Klabat Sebelah Selatan)	331,84	0,07735
2	b	Karombasan Lingk. V (Komp. SPN Karombasan)	431,105	0,10049
3	c	Bahu (Kolam Unsrat)	362,59	0,08452
4	d	Malalayang (Belakang Terminal)	368,74	0,08596
5	e	Malalayang (Komp. Fak. Kedokteran)	482,17	0,11239
6	f	Ranotana (Komp. Klabat Sebelah Utara)	407,595	0,09501

Tabel 4.3 Hasil percobaan Vane Test



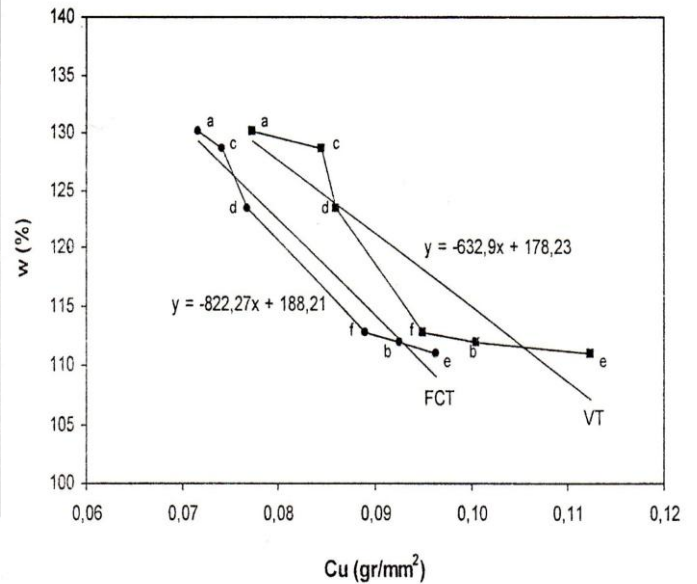
Gbr.4.2 Hubungan antara besarnya torsi (Vane, d=12,7 mm, h=12,7 mm) dengan kuat geser

No.	Benda Uji	Lokasi	Kuat Geser Cu (gr/mm ²)	
			Fall cone Test	Vane Test
1	a	Ranotana (Komp. Stadion Klabat Sebelah Selatan)	0,07160	0,07735
2	b	Karombasan Lingk. V (Komp. SPN Karombasan)	0,09260	0,10049
3	c	Bahu (Kolam Unsrat)	0,07413	0,08452
4	d	Malalayang (Belakang Terminal)	0,07680	0,08596
5	e	Malalayang (Komp. Fak. Kedokteran)	0,09634	0,11239
6	f	Ranotana (Komp. Klabat Sebelah Utara)	0,08908	0,09501

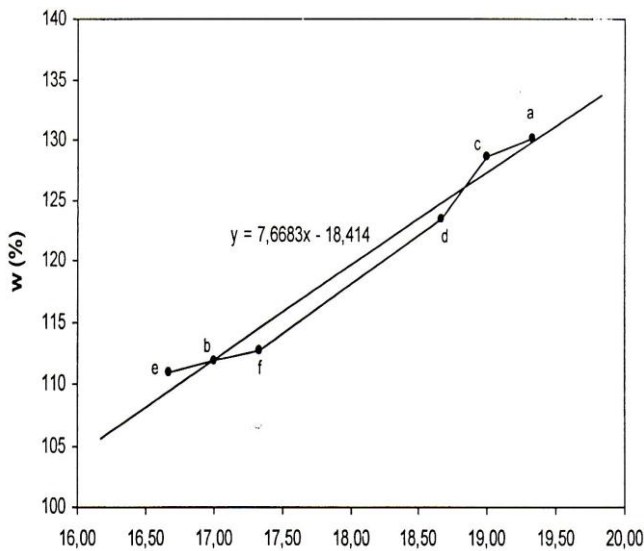
Tabel 4.4 Hasil percobaan Fall Cone Test dan Vane Test

No.	Benda Uji	Lokasi	Kadar Air w (%)	Penetrasi h (mm)	Torsi T (g mm)
1	a	Ranotana (Komp. Stadion Klabat Sebelah Selatan)	130,159	19,333	331,84
2	b	Karombasan Lingk. V (Komp. SPN Karombasan)	111,940	17	431,105
3	c	Bahu (Kolam Unsrat)	128,571	19	362,59
4	d	Malalayang (Belakang Terminal)	123,404	18,667	368,74
5	e	Malalayang (Komp. Fak. Kedokteran)	110,936	16,667	482,17
6	f	Ranotana (Komp. Klabat Sebelah Utara)	112,676	17,333	407,595

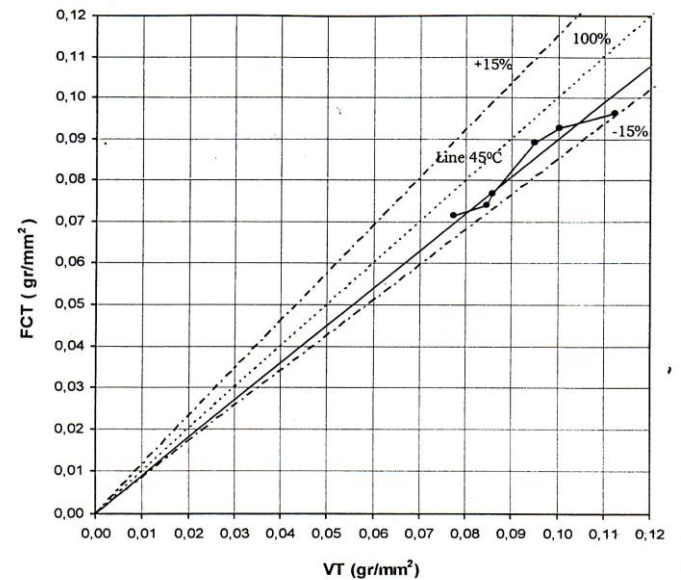
Tabel 4.5 Hasil percobaan kadar air



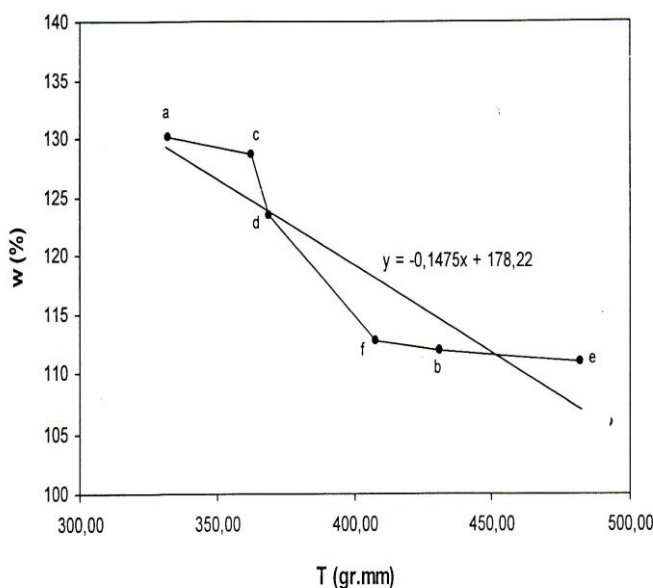
Gbr 4.5. Hubungan antara kuat geser (FCT, VT) dengan kadar air



Gbr.4.3 Hubungan antara penetrasi cone 2α = 60 dan kadar air



Gbr 4.6 Hubungan perbandingan antara kuat geser Fall Cone Test dan Vane Test.



Gbr 4.4 Hubungan antara besarnya torsi dan kadar air

5. KESIMPULAN

Tanah lempung lunak pada beberapa tempat di Manado Selatan memiliki kuat geser yang berbeda. yaitu 0,0175 gr/mm² ~ 0,25 gr/mm melalui alat uji Cone dinamis , pada kadar air lebih kecil dari 173,29%. Nilai kuat geser antara 0,0094 gr/mm² ~ 0,1174 gr/mm² pada kadar air antara 98,57% ~ 178,22% dengan alat uji Vane. Dengan kadar air yang sama , hasil kuat geser dari Vane test terlihat lebih besar sedikit dari pada hasil kuat geser alat uji Fall Cone. (Gambar 4.5). Untuk setiap lokasi di Manado Selatan, kedua alat dapat memberikan hasil kuat geser yang hampir sama, (Gambar 4.6) pada tanah lempung lunak sehingga sampel untuk setiap lokasi dapat dikatakan isotropis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J., Harmin K. J., 1991, "*Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*". Erlangga, Jakarta.
- Chen, W. F., 1975. "*Limit Analysis and Soil Plasticities*" ESPC Amsterdam.
- Craig R. F., 1980. "*Mekanika Tanah*" Erlangga Jakarta.
- Das. Braja M., 1993. "*Mekanika Tanah II*" Erlangga, Jakarta.
- Soedarmo Dj., Purnomo Edi, 1993. "*Mekanika Tanah I & II*" Kanisius, Jogjakarta.
- Hadiyatmo, C. H., 1992, "*Mekanika Tanah I*" Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hadiyatmo, C. H., 1992, "*Teknik Pondasi I*" Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sumampouw, J. E. R., Koumoto. 1995. "*Bearing Capacity of Shallow Wedge Shaped Foundation*" by Buletin of the Faculty of Agriculture Saga University.
- Sunggono, K. H., 1984. "*Mekanika Tanah*". Nova, Bandung.
- Tatsuya Koumoto, "*Dynamic Analysis of the Fall Cone Test*" Reprinted form agriculture, Buletin of Saga University.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., 1978, *Mekanika Tanah Dan Praktek Rekayasa*, Erlangga, Jakarta.
- Trans. JSIDRE, Dec 1989. Dynamic Analysis of the Fall Cone Test (Koumoto, Faculty of Agriculture, Saga University)