

ANALISA PENGARUH BATU PORI DAN KERTAS FILTER PADA PENGUJIAN TRIAXIAL TERHADAP LAJU DRAINASE

Vemi Widodoanindyawati ^{1*}, Triwardaya ¹⁾, Leily Fatmawati ¹⁾, Parhadi ¹⁾, Suparman ¹⁾, Wasino ¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang

Jln. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang Jawa Tengah 50275

*E-mail: vemi.widoanindyawati@polines.ac.id

ABSTRACT

Soil shear strength testing is a test required for analysis of soil bearing capacity, slope stability, and analysis related to retaining walls. One method of testing soil shear strength is to use a Triaxial tool. The Triaxial test equipment consists of a glass tube which is then filled with water as a pressure cell. Then it is connected to the drainage regulator inside and outside the test object. Failure of the test object is carried out by applying vertical stress to the test object until it collapses. From the Triaxial test, there are several parts that can influence the testing stage process. Among them are the stages of the drainage process, to speed up the rate of drainage, Triaxial test objects require pore stones and filter paper. The use of pore stone and filter paper is based on the type of porosity property. In this research, an analysis of the effectiveness of several types of pore stone will be carried out, including Kaolin dust and types for filter paper, including Whatman No. 54. The placement of pore stone is provided in two variations, including samples with one layer of pore stone and samples with two layers of pore stone. Meanwhile, the sample filter paper is modified by using one layer of filter paper, 2 layers of filter paper, and a drain strip around the sample.

Keywords: Triaxial, shear strength, pore stone, filter paper.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Semarang terletak di wilayah pantai utara Pulau Jawa yang terdiri dari beberapa wilayah atau lokasi formasi geologi. Dari formasi geologi tersebut maka kota Semarang juga memiliki beberapa karakteristik lapisan tanah yang sangat beragam. Di batasi dengan area pantai di bagian utara mengindikasikan bahwa area Semarang Utara terdapat banyak lapisan – lapisan sedimen. Lapisan sedimen ini banyak terdapat kandungan tanah berupa partikel lanau dan lempung lunak. Sedangkan di area Semarang selatan banyak ditemukan lapisan – lapisan tanah dengan konsistensi yang cukup kaku, padat dan keras. Dari kedua wilayah tersebut maka akan dilaksanakan pengambilan sampel untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik

dari lapisan tanah di area- area tersebut. Pengambilan sampel dilaksanakan sampai pada kedalaman 2 meter melalui tabung sampel undisturbed. Tanah lunak yang terdapat di area Semarang Utara memiliki sifat fisis yang lebih halus dan sifat mekanik yang memiliki nilai kekuatan geser yang cukup rendah. Hal ini akan menjadi pertimbangan mendasar di dalam perencanaan bangunan – bangunan yang mendukung beban yang cukup besar. Sedangkan karakteristik tanah di daerah Semarang Selatan yang cukup kaku dan padat akan memberikan hasil pengujian pada sifat mekanik tanah lebih baik. Nilai kuat geser pada tanah lempung kaku akan lebih besar dibandingkan dengan nilai kuat geser pada tanah lempung lunak. Oleh sebab itu, untuk mengetahui secara detail terkait sifat mekanik tanah yang menjadi dasar perencanaan bangunan bangunan kritis di kota Semarang perlu

dilaksanakan pengujian triaksial. Diharapkan pengujian ini adalah salah satu uji dengan simulasi yang hampir mendekati perilaku tanah di lapangan. Menurut Hardiyatmo (2010) pengujian triaksial adalah pengujian dengan memasukkan tanah benda uji ke dalam tabung kaca. Ruang di dalam tabung tersebut diisi oleh air. Benda uji ditekan oleh tekanan sel yang berasal dari cairan di dalam tabung. Tegangan vertikal juga diberikan secara perlahan kepada benda uji hingga benda uji tersebut runtuh. Katup drainase juga diatu sedemikian rupa untuk mengatur drainase ke luar dan ke dalam benda uji. Pengaruh laju drainase ditentukan dari pemberian batu pori dan kertas saring pada benda uji tersebut. Oleh sebab itu di dalam penelitian ini akan dianalisa bagaimana pengaruh pemberian batu pori dan kertas saring di dalam mempercepat proses drainase. Di sisi lain dari hasil pengujian ini juga akan dilihat terhadap pengaruh nilai sudut geser dan kohesivitas yang didapat melalui digram keruntuhan.

Pengujian triaksial memiliki alat penghubung yang dihubungkan dengan pengatur drainase ke dalam maupun ke luar benda uji. Proses drainase pada sampel merupakan salah satu tahapan penting untuk mensimulasikan bagaimana benda uji memiliki perubahan tegangan air pori. Oleh sebab itu laju pada saat proses drainase perlu diperhatikan dan dibuat secepat mungkin ketika proses pengujian. Pada proses pengujian triaksial perlu dilakukan analisa bagaimana proses percepatan pada drainase sampel. Melalui penelitian ini maka akan dilaksanakan analisa terkait pemberian batu pori dan kertas saring pada benda uji triaksial.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Lempung Lunak

Pada umumnya tanah lunak terdiri dari lempung lunak, dengan butiran seperti lanau. Tanah lunak yang memiliki kadar air yang tinggi, pondasi gambut, dan pasir lepas di bawah muka air (Kamon dan Bergado, 1991). David (2009) menyatakan kriteria sifat tanah lunak memiliki nilai sudut geser (Φ) 20° , nilai kohesivitas (c) $48 - 96$ kPa, massa jenis (ρ) 1.900 kg/m³, porositas $30 - 60$ %, kompresibilitas (C_c) $0,3 - 0,15$, Modulus Young (E) $1 - 3$ MPa. Secara bersamaan sifat mekanik pada tanah lempung lunak memainkan peranan penting dalam perilaku teknik. Di sisi lain tanah lempung lunak ini memiliki nilai kuat geser tanah yang cukup rendah. Nilai kompresibilitas pada tanah lempung lunak ini cukup tinggi. Tingginya nilai kompresibilitas ini membuat tanah lempung memiliki sifat mudah mengalami penurunan. Nilai kompresibilitas didapat dari uji konsolidasi satu dimensi yang biasanya dilakukan di laboratorium menggunakan uji Oedometer. Kemiringan dari bagian lurus grafik e - $\log p'$ akan di dapat nilai C_c yang dinyatakan dalam Persamaan 2.1 Coduto (1994).

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{e_1 - e_2}{\log p'_2 - \log p'_1}$$

dengan :

Δe = Perbedaan tegangan air pori

$\Delta \log p'$ = Perbedaan initial stress dari grafik Oedometer

e_1 = Angka pori di titik pertama ditinjau

e_2 = Angka pori di titik kedua ditinjau

Kuat Geser Undrained (S_u)

Kekuatan pada tanah dapat ditentukan melalui nilai kuat geser tanah, hal ini dikarenakan kuat tarik pada tanah sangat kecil, dan pengaplikasian beban tekan akan mengakibatkan keruntuhan geser dan bukan keruntuhan tekan.

Kekuatan friksi yang terlihat pada kemiringan garis disebutkan sebagai sudut geser dalam (Φ), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1. dan undrained shear strength (S_u) adalah kuat geser yang sering digunakan untuk menentukan kuat geser tanah lempung lunak (Hardiyatmo, 2010a). Sumbu x pada grafik tersebut menyatakan nilai tegangan normal (σ) dan sumbu y menyatakan tegangan geser saat runtuh (τ). Kekuatan kohesi tidak terdrainase ditampilkan oleh perpotongan sumbu y dan dikenal sebagai kohesi (c_u).

Uji Kuat Geser

Uji kuat geser dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan tanah. Beberapa jenis uji kuat geser dilakukan untuk mendapatkan nilai dari kohesi dan sudut geser dalam, diantaranya yaitu.

Triaxial Test

Uji triaksial dengan cara un*Consolidated Undrained* atau triaksial UU, digunakan untuk menentukan sudut geser tanah lempung pada kondisi aslinya. Seluruh benda uji dari tanah yang sama diuji pada kondisi UU, walaupun dilakukan dengan tekanan sel yang berbeda, akan menghasilkan tegangan deviator ($\Delta\sigma$) yang sama pada saat keruntuhan.

Tabel 1.

Nilai Undrained Shear Strength yang Didasarkan pada Berbagai Jenis Konsistensi Tanah (Coduto,1994)

Consistency	Undrained Shear Strength c_u		Visual Identification
	(lb/ft ²)	(kPa)	
Very soft	<250	<12	Thumb can penetrate more than 1 in (25 mm)
Soft	250-500	12-25	Thumb can penetrate about 1 in (25mm)
Medium	500-1000	25-50	Penetrated with thumb with moderate effort
Very stiff	2000-4000	100-200	Thumb will not indent, but readily indented with thumbnail
Hard	>400	>200	Indented by thumbnail with difficulty or cannot indent with thumbnail

Tekanan sel σ_3 seolah-olah diabaikan, sehingga bentuk selubung kegagalan berupa garis lurus $\Phi = 0$, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Hardiyatmo, 2010a). Grafik tersebut memperlihatkan sumbu x sebagai tegangan normal (σ) dan sumbu y sebagai tegangan geser saat runtuh (τ). Nilai S_u atau c_u didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2.5 yang

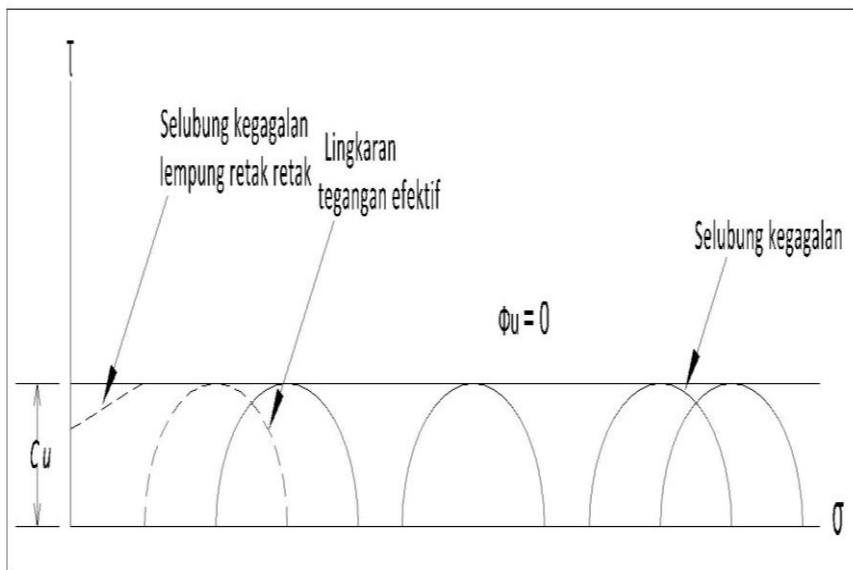
diusulkan oleh Perloff and Baron (1976) dalam kondisi tak terdrainase.

$$S_u = c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

dengan :

σ_1 = Tegangan arah vertikal

σ_3 = Tegangan arah horizontal



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Triaksial UU (*UnConsolidated Undrained*) (Hardiyatmo,2010a).

METODE PENELITIAN

Tahap Analisa Pengujian Triaksial dengan Variasi Batu Pori dan Kertas Saring

Langkah-langkah percobaan *Triaxial* CU :

1. Membuat benda uji tanah tidak terganggu,
2. Memasukkan benda uji ke dalam tabung yang berada di alat *Triaxial*, dengan tahapan
3. Saturation merupakan proses penjenjuran bend auji dengan memberikan air, yang dilakukan dengan tahapan.
4. *Consolidation* merupakan tahapan dimana tanah dikonsolidasikan sedemikian rupa sehingga σ pada tanah sesuai dengan yang dikehendaki untuk melanjutkan proses selanjutnya (shearing).
5. Shearing merupakan proses penggeseran.
6. Setelah shearing, dapat dilakukan :

- a. Turunkan tekanan sel dan tekanan balik hingga nol, dan keluarkan air dari sel
- b. Tutup semua katup sel triaksial
- c. Lepaskan benda uji tanah dan membran karet dari alas bawah
- d. Keluarkan benda uji tanah dari membran karet.

Tahap Pengumpulan Data Lapangan dan Data Laboratorium

Data lapangan yang digunakan adalah data lapangan Sondir. Dan data laboratorium *unconfined compression test, Triaxial, water content*. Data ini kemudian dikelompokkan berdasarkan dengan lokasi terdekat dari titik sondir tanah treatment atau pun non treatment. Data laboratorium sebelum treatment dilakukan validasi dan pengelompokkan sesuai dengan lokasi sondir dan lokasi tanah yang telah mengalami treatment. Selanjutnya data tanah non treatment juga dikelompokkan berdasarkan lokasi terdekat dengan titik sondir. Untuk mendapatkan data pengujian

laboratorium sifat fisik tanah akan dilaksanakan pengambilan sampel terganggu (*disturb sample*) dan untuk mendapatkan data pengujian laboratorium *Triaxial* dan uji tekan bebas maka dilaksanakan pengambilan sampel tak terganggu (*undisturb sample*).

Tahap Analisa Data Uji Lapangan dan Uji Laboratorium

Setelah mendapatkan data lapangan dan data laboratorium, selanjutnya melakukan interpretasi data berdasarkan metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif menggunakan data sondir untuk mengetahui jenis tanah di setiap kedalaman. Dan metode kuantitatif akan menggunakan data dari pengujian lapangan maupun pengujian data laboratorium. Metode kuantitatif akan mendapat hasil – hasil pengujian yang terukur dan akan digunakan sebagai material pengolahan data. Hasil pengujian tersebut diantaranya adalah nilai properties tanah (w , G_s , e , dan γ) sebagai material perhitungan dasar kapasitas dukung tanah, hasil uji *Triaxial*

dan uji tekan bebas akan mendapatkan data kohesi dan kuat geser tanah sebagai perhitungan nilai korelasi modulus elastisitas. Setelah tahap penentuan nilai modulus elastisitas maka dilakukan perhitungan kapasitas dukung tanah. Sebagai data sekunder di dalam penelitian, perhitungan deformasi tanah (penurunan) dapat dilakukan juga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Index Properties Tanah

Data pengujian tanah seperti index properties tanah, uji plastisitas, uji konsolidasi, dan uji kekuatan geser tanah adalah beberapa *output* dari penelitian ini. Hasil dari *output* tersebut didapatkan dari hasil pengujian laboratorium. Hasil *ouput* tersebut akan digunakan di dalam pengolahan data untuk menghasilkan grafik hubungan antara kenaikan nilai uji triaksial dengan pola keruntuhan sampel tanah. Selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk membuat grafik hubungan variasi drainase sampel terhadap grafik laju konsolidasi tanah.

Pengujian Sifat – Sifat Fisik Tanah

Tabel 2.
Pengujian Index Properties Tanah

PENGUJIAN	:			INDEX PROPERTIES
BOR HOLE NO.	BH 1	BH 2		
SAMPLE DEPTH	1 - 1,5	2-2,5		in m
Specific Gravity	2,375	2,581		in %
Dry Density	0,982	0,991		in %
Wet Density	1,593	1,588		in t/m ³
Water Content	62,75	61,89		in %
Porosity	0,615	0,593		
Void Ratio	1,656	1,641		
Degree of Saturation	99,24	98,25		in %

Berdasarkan hasil pengujian di atas didapatkan nilai berat jenis tanah (G_s) adalah 2,575 dan 2,581, dimana

berdasarkan dari tabel (Hardiyatmo, 2010) menunjukkan range nilai berat jenis antara 2,58 – 2,65 adalah tanah organik.

Nilai derajat kejenuhan yang didapat adalah 99,63 dan 98,10 dalam presentase, sesuai dalam buku (Hardiyatmo, 2010) menunjukkan range nilai antara 0,76 – 0,99 tergolong tanah yang basah. Dan nilai n berdasarkan (Terzaghi, 1943) adalah 66 merupakan kategori tanah lempung lunak sedikit

organik. Pada pengujian di atas didapatkan nilai yang didapat adalah 0,623 dan 0,62 yang tergolong masih masuk ke dalam range nilai tanah lempung lunak. Sehingga dapat disimpulkan dari pengujian index properties tanah di atas, tanah bersifat lempung lunak dengan sedikit organik.

Tabel 3.
Pengujian Index Properties Tanah.

No.	Pemeriksaan	Satuan	Nilai
1.	Kadar air (w)	%	62.08
2.	Berat jenis tanah (Gs)	Gr/cm ³	2.58
3.	Batas cair	%	42.5
4.	Batas plastis	%	19.71
5.	Indeks plastisitas	%	22.79
6.	Berat isi tanah kering	Gr/cm ³	1.256
7.	Porositas	%	0.629
8.	Angka pori	-	1.625

Tabel 4.
Pengujian Gradasi Tanah.

PENGUJIAN		: UJI GRADASI TANAH	
<i>BOR HOLE NO.</i>	BH 1	BH 2	
<i>SAMPLE DEPTH</i>	1 - 1,5	2-2,5	in m
<i>Gravel</i>	-	-	in %
<i>Sand</i>	5,35	1,687	in %
<i>Silt</i>	46,57	44,25	in %
<i>Clay</i>	52,46	51,32	in %

Tabel 5.
Pengujian Plastisitas Tanah.

PENGUJIAN		: PLASTISITAS	
<i>BOR HOLE NO.</i>	BH 1	BH 2	
<i>SAMPLE DEPTH</i>	1 - 1,5	2-2,5	in m
<i>Liquid Limit</i>	86,51	84,25	in %
<i>Plastic Limit</i>	36,32	36,02	in %
<i>Plasticity Index</i>	50,59	48,18	in %
<i>Shrinkage Limit</i>	-	-	in %

Pengujian Triaxial

Pegujian *Triaxial* yang dilaksanakan adalah pengujian *Triaxial* CU

(*Consolidated Undrained*). Pada pengujian ini sampel diijinkan untuk mengalami proses konsolidasi. Sehingga pengujian yang dilaksanakan akan

membutuhkan waktu yang cukup lama. Waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi kurang lebih 45 -50 jam dan total lama pengujian *Triaxial* untuk 1 sampel adalah 3 minggu. Variasi yang digunakan dalam pengujian *Triaxial* ini adalah penggunaan batu pori dan kertas saring. Batu pori dan material drainase (kertas saring) adalah komponen penting di dalam pengujian *Triaxial* CU. Batu pori harus cukup kuat di dalam menahan tegangan tekan kurang lebih 5000 kPa tanpa adanya deformasi dan diijinkan

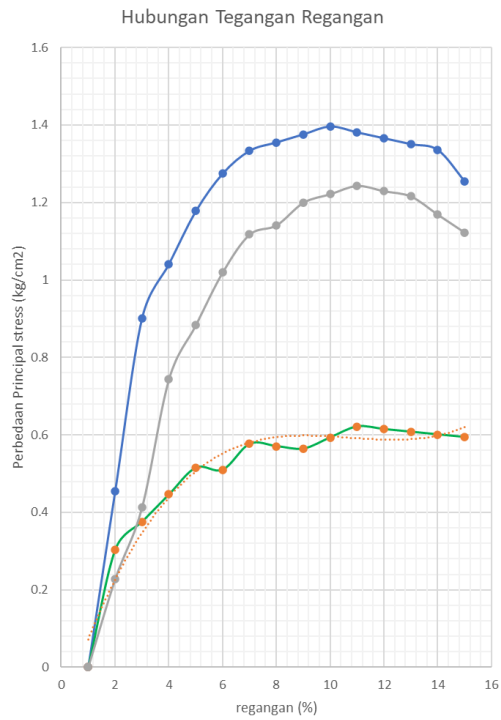
untuk mengalirkan air Ketika dibebani ataupun tidak. Permeabilitas dari batu ini amat bergantung pada jenis material yang digunakan keramik, tembaga, atau nbaja aluminium. Permeabilitsnya nilainya harus lebih besar dari jenis sampel tanah yang akan digunakan. Berikut adalah tipe – tipe dari jenis batu pori. Sebelum digunakan batu pori harus direbus selama kurang lebih 10 menit di dalam air suling untuk mengeluarkan udara – udara dari rongga.

Tabel 6.
Variasi Nilai Permeabilitas Batu Pori dan Kertas Saring

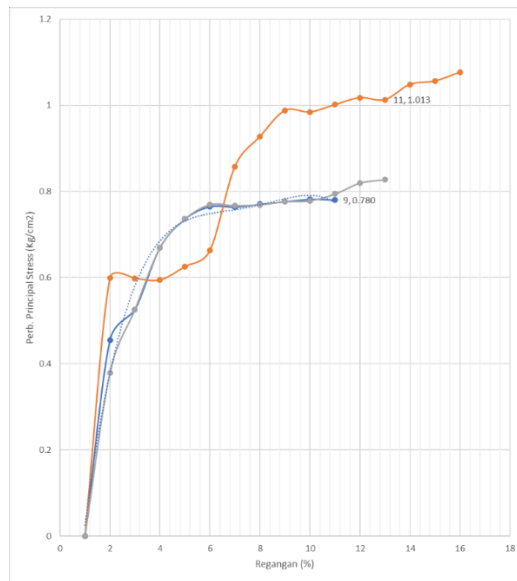
Material	Porositas (%)	Permeabilitas air (m/s)	Nilai udara masuk (kPa)
Keramik			
UNI A 80 KV		3×10^{-4}	(‘rendah’)
UNI A 50 KV		5×10^{-7}	(‘medium’)
Aerox “Celloton” grade VI	46	3×10^{-8}	(‘tinggi’)
Doulton grade P6A	23	2×10^{-9}	150
Kaolin dust, pressed, and fired	39	4.5×10^{-10}	250
Filter paper			
Whatman No. 54		$1,7 \times 10^{-3}$ under $\sigma' = 30$ kPa to 3×10^{-7} under σ'	
Aliran sepanjang sampel		= 1000kPa	

Pengujian *Triaxial* dilaksanakan dengan menggunakan dua kondisi yaitu dengan menggunakan kertas saring dengan variasi drainase atas bawah dan drainase samping. Tekanan Sel (σ_3) pada pengujian triaksial dengan variasi drainase atas bawah adalah 0.50 kg/cm^2 , 1.00 kg/cm^2 , dan 1.50 kg/cm^2 sedangkan tekanan sel yang digunakan untuk variasi

kertas saring drainase samping berturut turut sebesar 1.65 kg/cm^2 , 2.25 kg/cm^2 , dan $2,85 \text{ kg/cm}^2$. Dari hasil pengujian triaksial tersebut didapatkan nilai tegangan deviatorik ($\Delta\sigma$) dan regangan (ϵ (%)). Dari kedua nilai tersebut akan dihasilkan nilai tegangan axial (σ_1) yang selanjutnya akan digunakan untuk menggambarkan lingkaran mohr.



Gambar 2. Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Deviatorik Uji Triaksial CU dengan drainase atas bawah.



Gambar 3. Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan Deviatorik Uji Triaksial CU dengan drainase samping.

Tabel 7.

Nilai Tegangan Deviatorik Saat Runtuh Uji Triaksial CU Drainase Atas Bawah.

Tekanan Sel (kg/cm ²)	Tegangan Deviatorik Runtuh (kg/cm ²) Drainase Atas bawah
0.50	0.940
1.00	1.170
1.50	1.430

Tabel 8.

Nilai Tegangan Deviatorik Saat Runtuh Uji Triaksial CU Drainase Samping.

Tekanan Sel (kg/cm ²)	Tegangan Deviatorik Runtuh (kg/cm ²) Drainase Samping
1.65	0.594
2.25	0.888
2.85	1.238

Tabel 9.

Nilai Tegangan Mayor Uji Triaksial CU dengan drainase atas bawah

Tekanan Sel (kg/cm ²)	Tegangan Deviatorik Runtuh (kg/cm ²)	Tegangan Mayor (kg/cm ²)
	Drainase Atas Bawah	Drainase Atas Bawah
0.50	0.940	1.44
1.00	1.170	2.17
1.50	1.430	2.93

Tabel 10.

Nilai Tegangan Mayor Uji Triaksial CU dengan drainase samping

Tekanan Sel (kg/cm ²)	Tegangan Deviatorik Runtuh (kg/cm ²)	Tegangan Mayor (kg/cm ²)
	Drainase Atas Bawah	Drainase Atas Bawah
0.65	0.801	2.451
2.25	0.848	3.368
2.85	1.018	3.698

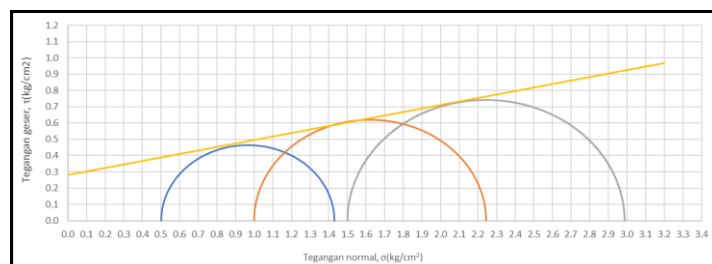
Dengan mendapatkan nilai dari tegangan cell dan tegangan axial, maka parameter geser tanah akan didapatkan dengan menggambarkan grafik keruntuhan lingkaran Mohr. Dari hasil penggambaran lingkaran Mohr, maka

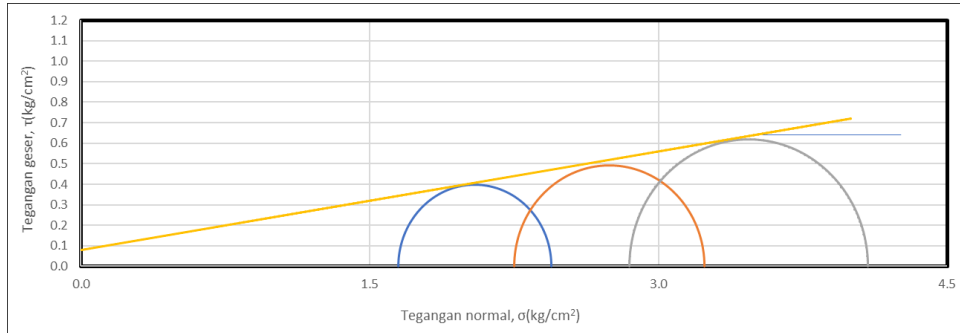
akan didapatkan nilai kohesi (c (kg/cm²)) dan sudut gesek dalam tanah (ϕ (°)). Tabel nilai kohesi dan sudut geser dapat dilihat pada tabel 10 sedangkan gambar garis keruntuhan lingkaran Mohr dapat dilihat pada gambar 3. dan gambar 4.

Tabel 11.

Nilai Parameter Geser Tanah Hasil Uji Triaksial UU

Parameter Geser	Drainase Atas Bawah	Drainase Samping
c (kg/cm ²)	0.3	0.25
ϕ (°)	10.95	9.09

**Gambar 4.** Grafik Keruntuhan Lingkaran Mohr Uji Triaksial CU Drainase Atas Bawah



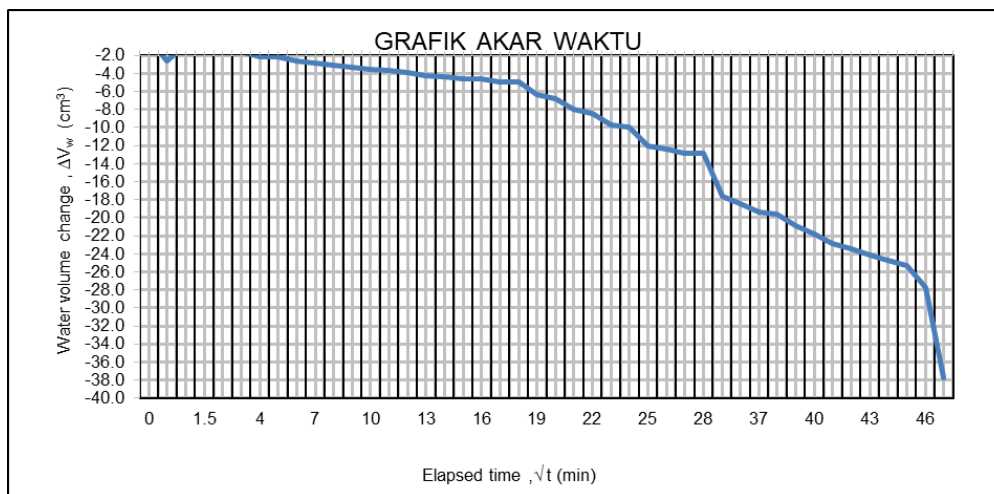
Gambar 5. Grafik Keruntuhan Lingkaran Mohr Uji Triaksial CU Drainase Samping.

Hasil pada pengujian *Triaxial* menunjukkan bahwa nilai kuat geser tanah pada sampel tanah uji *Triaxial* dengan pemberian drainase di atas dan bawah sampel menghasilkan nilai kuat geser yang lebih besar yaitu nilai kohesi (c) = 0.9 dengan sudut geser tanah (ϕ) = 10.95°. Sedangkan sampel tanah *Triaxial* dengan drainase samping menghasilkan nilai parameter kuat geser tanah yang lebih kecil yaitu nilai kohesi (c) = 0.25 dengan sudut geser tanah (ϕ) = 9.09°.

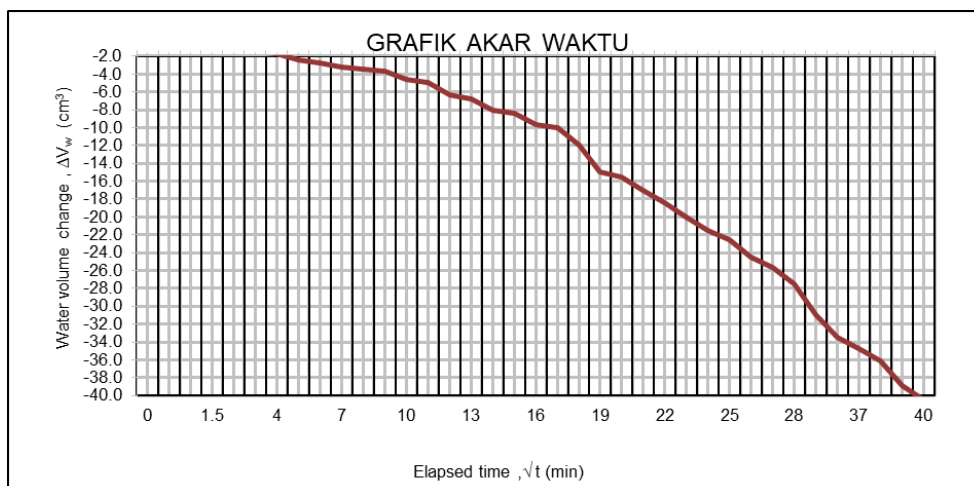
Konsolidasi Benda Uji *Triaxial*

Konsolidasi adalah proses terdispasinya air pori dari sampel tanah untuk keluar dari sampel tersebut. Dengan melaksanakan tahapan ini maka sampel akan diketahui berapa lama proses untuk mengeluarkan air dari sampel yang telah jenuh air tersebut.

Karena pemodelan pengujian dengan menggunakan sistem CU sehingga air pori yang telah dikonsolidasi tidak diijinkan keluar. Meskipun begitu, nilai dari waktu konsolidasi dan kecepatan konsolidasi tetap dapat diperhitungkan. Permeabilitas berperan penting di dalam proses konsolidasi. Konsolidasi harus diijinkan untuk berlangsung hingga kurang lebih 95% kelebihan air pori telah terdispasi dan hal ini akan membutuhkan waktu kurang lebih 1 jam hingga berhari hari, bergantung dari jenis sampel tanah dan ukuran badan uji. Penggunaan kertas saring pada drainase atas bawah atau samping dapat mempersingkat waktu konsolidasi pada tanah dengan permeabilitas rendah. Hasil dari pengujian *Triaxial* CU didapatkan grafik waktu konsolidasi 95 % seperti pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 6. Grafik Akar Waktu Lama Waktu Proses Konsolidasi CU dengan Drainase Atas Bawah.



Gambar 7. Grafik Akar Waktu Lama Waktu Proses Konsolidasi CU dengan Drainase Samping.

Dari grafik akar waktu di atas setelah melewati tahap kondolidasi didapatkan nilai waktu konsolidasi untuk benda uji dengan drainase atas bawah adalah 2209 menit atau 36 jam 81 menit. Sedangkan waktu konsolidasi yang dibutuhkan benda uji dianse samping adalah 1600 menit atau 26 jam 66 menit. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan drainase esamping dengan menggunakan kertas saring membutuhkan waktu konsolidasi yang lebih singkat. Sedangkan nilai kecepatan konsolidasi bergantung pada nilai konstanta jenis drainase λ . Seperti yang dapat dilihat

pada tabel 7. yang bersumber pada Head, K.H., 1981 mennyebutkan bahwa nilai λ drainase kedua ujung (atas bawah) adalah 8,5 sedangkan nilai λ sekeliling benda uji adalah 12,7. Sehingga melalui persamaan.

$$Cv = \frac{1,625 D^2}{\lambda \cdot t100}$$

Didapatkan nilai koefisien konsolidasi besar $Cv = 0.6362$ cm/jam untuk drainase atas bawah dan $Cv = 0.08781$ cm/jam untuk drainase samping sekeliling benda uji.

Tabel 12.
Konstanta Jenis Drainase Head, K.H., (1981)

No.	Kondisi Drainase	λ	Tf/t100	
			tidak	Terdrainase
1	Satu ujung	1	0,51	8,5
2	Kedua ujung	4	0,51	8,5
3	Sekeliling benda uji	64	1,49	12,7
4	Sekeliling benda uji dan satu ujung	80	1,59	14,2
5	Sekeliling benda uji dan dua ujung	100	1,77	15,8

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan oleh penulis maka dapat

diambil beberapa kesimpulan dari hasil pengujian, sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai berat jenis tanah (Gs) adalah 2.575 dan 2.581. Dari

nilai tersebut didapatkan bahwa jenis benda uji tanah yang digunakan adalah termasuk lempung organik dengan nilai G_s dikosaran 2.58 – 2.65. Sedangkan untuk nilai porositas didapatkan nilai 0.623 dan 0.621 yang termasuk ke dalam jenis tanah lempung lunak. Sedangkan dari hasil pengujian plastisitas index didapatkan jenis tanah dengan plastisitas tinggi (CH).

2. Hasil pada pengujian *Triaxial* menunjukkan bahwa nilai kuat geser tanah pada sampel tanah uji *Triaxial* dengan pemberian drainase di sisi atas dan bawah sampel menghasilkan nilai kuat geser yang lebih besar yaitu nilai kohesi (c) = 0.9 dengan sudut geser tanah (ϕ) = 10.95°. Sedangkan sampel tanah *Triaxial* dengan drainase samping menghasilkan nilai parameter kuat geser tanah yang lebih kecil yaitu nilai kohesi (c) = 0.25 dengan sudut geser tanah (ϕ) = 9.09°.
3. grafik akar waktu di atas setelah melewati tahap kondolidasi didapatkan nilai waktu konsolidasi untuk benda uji dengan drainase atas bawah adalah 2209 menit atau 36 jam 81 menit. Sedangkan waktu konsolidasi yang dibutuhkan benda uji di samping adalah 1600 menit atau 26 jam 66 menit. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan drainase ke samping dengan menggunakan kertas saring membutuhkan waktu konsolidasi yang lebih singkat.
4. Sedangkan nilai kecepatan konsolidasi bergantung pada nilai konstanta jenis drainase λ . Seperti yang dapat dilihat pada tabel 7. yang bersumber pada Head, K.H.,

1981 menyebutkan bahwa nilai λ drainase kedua ujung (atas bawah) adalah 8,5 sedangkan nilai λ sekeliling benda uji. Didapatkan nilai koefisien konsolidasi besar $C_v = 0.6362$ cm/jam untuk drainase atas bawah dan $C_v = 0.08781$ cm/jam untuk drainase samping sekeliling benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Bergado, D.T., L.R Anderson, N. Miura, A.S. Balasubramaniam., (1996). *Soft Ground Improvement*. New York : ASCE PRESS.
- Coduto, D.P.,(1994). *Foundation Design Principles and Practices*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.
- David G.P.,(2009). *Engineering Geology Principles and Practice*. Czech : Springer verlag.
- Haifaa Abdulrasool Ali and Yasir Muiyud Yousuf., (2016). *Effect Of Grout Depth Variation On The Bearing Capacity Of The Iraqi Sandy Soil*. Applied Research Journal Vol.2, Issue, 10, pp.412-420
- Hardiyatmo, H, C., 2010a. *Mekanika Tanah 1 Edisi Kelima*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta, Hal. 2-7, 75, 108, 303.
- Hardiyatmo, H, C., 2010b. *Mekanika Tanah 2 Edisi Kelima*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta, Hal. 175-176.
- Hardiyatmo, H, C., 2011a. *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi ke-2*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta, Hal. 103, 179, 419.
- Hardiyatmo, H, C., 2011b. *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Gadjah Mada

- University Press: Yogyakarta, Hal. 503.
- Head, K,H (1981). *Manual of Soil Laboratory Testing*. Vol, II dan Vol, III, Pentech Press, London, Plymouth, ISBN 0-7273-1305-3.
- Perloff, W.H. and Baron W., (1976). *Soil Mechanics-Principles and Applications.*, New York :The Ronald Press Company.
- Terzaghi, K and Peck R.B.,(1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Willey and Son, New York.
- Terzaghi, K and Peck R.B.,(1984). *Soil Mechanics in Engineering Practice (Jilid II)*. John Willey and Son, New York.
- Terzaghi, K.(1943). *Fundamental of Soil Mechanics*, John Willey and Son, New York.
- Wang, Qiong, et al. (2015). *Experimental investigation of pressure grouting in sand.*, The Japanese Geotechnical Society, Soils and Foundations 56 (2016) 161–173.
- Wesley, L, D., 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum: Jakarta, Hal. 38.