

Pengaruh Derajat Kejenuhan Terhadap Kuat Geser Tanah (Studi Kasus : di Sekitar Jalan Raya Manado-Tomohon)

Muhlis Wambes

Saartje Monintja, Fabian. J. Manoppo

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado

Email: Muhliswambes@gmail.com

ABSTRAK

Tanah merupakan material yang berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil disamping itu tanah berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Tanah secara umum terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanahnya sendiri serta air dan udara. Kekuatan tanah untuk memikul beban sangatlah menunjang dalam kestabilan suatu struktur bangunan dimana tanah sebagai dasar perkuatan dari struktur bangunan harus memiliki kapasitas dukung dan kuat geser yang tinggi. Penambahan kadar air tanah dapat mengakibatkan perubahan sifat fisik tanah seperti derajat kejenuhan dan kuat geser tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai kuat geser dari tanah dengan dipengaruhi derajat kejenuhan yang ada di area jalan Manado-Tomohon. Percobaan ini dilakukan dengan cara mencampurkan tanah asli dengan kadar air yang bervariasi sehingga mendapatkan nilai derajat kejenuhan yang berbeda. Alat konsolidasi digunakan untuk mendapatkan angka pori, indeks pemampatan (C_c) dan koefisien konsolidasi (C_v). Dengan campuran tanah yang sama dilakukan pengujian alat triaksial pada kondisi Unconsolidasi Undrained (UU) untuk mendapatkan parameter geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kadar air semakin tinggi maka nilai angka pori semakin tinggi. Angka pori tertinggi pada kadar air 57.8% dengan nilai angka pori 1.55 dan terendah pada kadar air 33.8% dengan nilai angka pori 1.1271. Semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi derajat kejenuhan, Nilai derajat kejenuhan tertinggi yaitu 99.97% dengan kadar air 57.8% dan terendah pada nilai 75.24% dengan kadar air 37.8%. Hubungan indeks pemampatan (C_c) terhadap derajat kejenuhan (S_r) pada tanah disekitar jalan Manado-Tomohon yang remolded didapatkan persamaan $C_c = -0.002S_r + 0.315$. Sedangkan terhadap kadar air $C_c = 0.001w + 0.202$. Hubungan koefisien konsolidasi (C_v) terhadap derajat kejenuhan (S_r) pada tanah disekitar jalan Manado-Tomohon yang remolded didapatkan persamaan $C_v = -0.001S_r + 0.248$ dan kadar air $C_v = -0.001w + 0.202$. Semakin tinggi angka pori maka semakin rendah nilai kuat geser tanah dan sebaliknya semakin rendah angka pori maka semakin tinggi nilai kuat geser tanah. Nilai derajat kejenuhan semakin tinggi maka nilai kuat geser semakin rendah. Kuat geser tanah terbesar yaitu 8.380 t/m² diberikan oleh tanah dengan derajat kejenuhan 75.53% atau kadar air 33.8% , sedangkan nilai kuat geser terendah yaitu 1.016 t/m² diberikan oleh tanah dengan derajat kejenuhan 99.86% atau kadar air 53.8%.

Kata kunci : Derajat Kejenuhan, Kadar air, Kuat Geser Tanah, Indeks Pemampatan, Koefisien Konsolidasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran), mineral-mineral yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Tanah secara umum terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanahnya sendiri serta air, dan udara yang terdapat dalam ruangan antar butir-butir tersebut, ruangan ini disebut pori. Apabila tanah sudah benar-benar kering maka tidak akan ada air sama sekali dalam porinya, tetapi keadaan semacam ini jarang ditemukan pada tanah yang masih dalam keadaan asli dilapangan.

Untuk penambahan kadar air tanah dapat mengakibatkan perubahan sifat fisik tanah seperti derajat kejenuhan dan kekuatan tanah, selanjutnya akan berpengaruh pula terhadap perubahan sifat mekanik tanah seperti nilai kohesi dan sudut geser dalam sehingga berpengaruh pada kekuatan geser tanah.

Rumusan Masalah

Parameter kekuatan geser tanah merupakan salah satu yang penting untuk dipakai dalam berbagai perencanaan konstruksi yang berhubungan dengan daya dukung pondasi, stabilitas lereng, tekanan tanah lateral pada turap, dan tembok penahan tanah serta bangunan-bangunan sipil lainnya.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu diketahui besarnya pengaruh persentase derajat kejenuhan terhadap parameter kuat geser tanah.

Batasan Masalah

Penelitian dilakukan dengan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel tanah pada 2 titik lokasi pada area jalan Manado-Tomohon
2. Pemeriksaan sifat-sifat fisik tanah
3. Pemeriksaan konsolidasi agar mengetahui nilai dari derajat kejenuhannya
4. Pemeriksaan parameter kuat geser tanah (c, ϕ) dengan variasi campuran kadar air yang dilakukan dengan uji tekan triaksial.
5. Variasi kadar air tanah sesuai dengan yang ingin ditargetkan terhadap berat tanah 1kg.
6. Mineralogi tanah tidak ditinjau.

Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian ini untuk :

1. Mengetahui seberapa besar nilai kuat geser dari tanah dengan dipengaruhi derajat kejenuhan yang ada di area jalan Manado – Tomohon.
2. Mengetahui nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dari jenis tanah yang ada di area jalan Manado – Tomohon.
3. Mengetahui nilai indeks pemampatan (C_c) dan koefisien konsolidasi (C_v) terhadap kadar air dan derajat kejenuhan untuk tanah disekitar jalan Manado – Tomohon.

Manfaat Penulisan

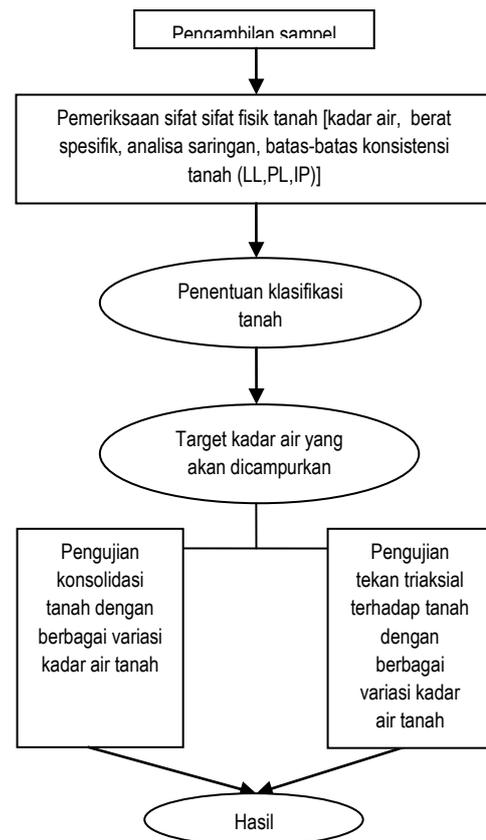
Dengan adanya penulisan ini dapat diperoleh manfaat antara lain: dapat mengetahui seberapa besar kekuatan geser tanah dengan derajat kejenuhan yang berbeda-beda

Metode Penelitian

Tugas akhir ini berupa uji eksperimental yang dilakukan pada Lab. Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Adapun metode penelitiannya adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel / bahan uji
2. Persiapan alat dan bahan
3. Pemeriksaan karakteristik tanah
4. Pencampuran kadar air yang ingin ditargetkan
5. Percobaan konsolidasi tanah
6. Percobaan triaksial
7. Hasil diperoleh, didapat kesimpulan dan saran

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan alir penelitian

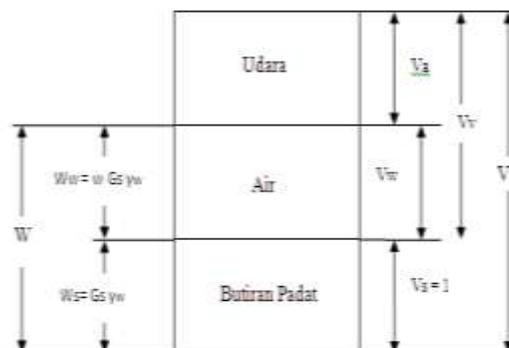
LANDASAN TEORI

Derajat Kejenuhan Tanah

Umumnya derajat kejenuhan dinyatakan dalam persen. Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

$$Sr = \frac{V_w}{V_v} \quad (1)$$

Dimana : Sr = Derajat kejenuhan (%)
 V_w = Volume air
 V_v = Volume pori



Gambar 2. Tiga fase elemen tanah

V_s = Volume butiran padat
 V_v = Volume pori
 V_w = Volume air di dalam pori
 V_a = Volume udara

Angka pori :

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{1} = V_v \quad (2)$$

Kadar air :

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \quad (3)$$

Berat volume :

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{G_s \gamma_w + w G_s \gamma_w}{1 + e} = \frac{(1 + w) G_s \gamma_w}{1 + e} \quad (4)$$

Berat volume kering :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e} \quad (5)$$

Volume yang ditempati air :

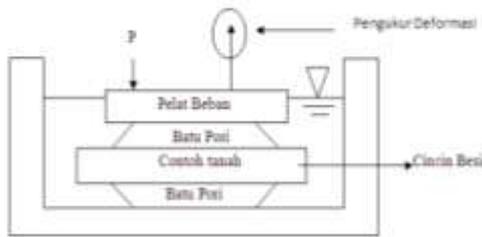
$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{w G_s \gamma_w}{\gamma_w} = w G_s \quad (6)$$

Derajat kejenuhan :

$$S_r = \frac{w G_s}{e} \quad (7)$$

Teori Konsolidasi

Pengujian konsolidasi satu dimensi (*one dimensional consolidation*) biasanya dilakukan di laboratorium dengan alat oedometer atau konsolidometer. Gambar skematik alat ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Skema Alat Pengujian Konsolidasi

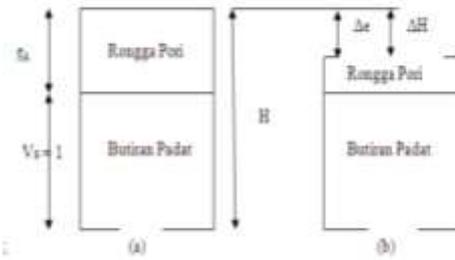
Contoh tanah yang mewakili elemen tanah yang mudah mampat pada lapisan yang diselidiki, dimasukkan secara hati-hati kedalam cincin besi. Bagian atas dan bawah dari benda uji dibatasi oleh batu pori (*porous stone*).

Beban P diberikan pada benda uji tersebut, dan penurunannya diukur dengan arloji pembacaan. Penelitian oleh Leonard (1962) menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh jika penambahan tegangan adalah 2 kali tegangan sebelumnya, dengan urutan 0.25 ; 0.5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 8 ; 16 ; 32 kg/cm² untuk tiap penambahan tegangan, deformasi dan waktunya dicatat.

Pada konsolidasi satu dimensi, perubahan tinggi (ΔH) persatuan dari tinggi awal (H) adalah sama dengan perubahan volume (ΔV) persatuan volume awal (V), atau :

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta V}{V} \quad (8)$$

Bila volume padat $V_s = 1$ dan angka pori e_0 , maka kedudukan akhir dari proses konsolidasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Fase Konsolidasi (a) sebelum Konsolidasi (b) sesudah konsolidasi

Volume padat besarnya tetap, angka pori berkurang sebesar Δe . Dari gambar dapat diperoleh persamaan :

$$\Delta H = H \frac{\Delta e}{1 + e_0} \quad (9)$$

Indeks Pemampatan, Cc (compression Index)

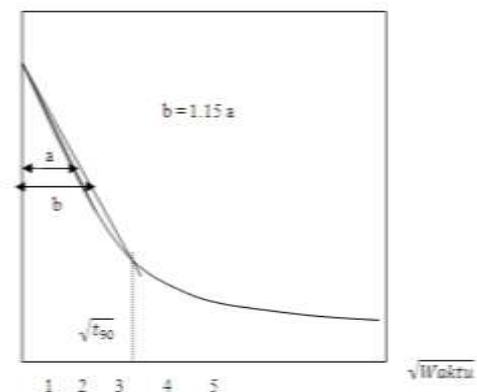
Indeks pemampatan CC adalah kemiringan dari bagian lurus grafik $e - \log P$.

Nilai Cc dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log \frac{P_2}{P_1}} = \frac{\Delta e}{\log \left[\frac{P_2}{P_1} \right]} \quad (10)$$

Koefisien Konsolidasi

Percobaan konsolidasi dilakukan dengan menambahkan beban pada setiap 24 jam. Setiap kali beban ditambah, pembacaan penurunan diambil pada jangka-jangka waktu tertentu sesudah beban diberikan. Dengan demikian kita dapat membuat grafik penurunan akar dua waktu. Grafik ini dipakai untuk menghitung harga C_v (koefisien konsolidasi) harga C_v ini harus kita hitung dari bagian grafik laboratorium yang mengikuti garis teoritis. Pada umumnya, garis dari percobaan tidak menyimpang dari garis teoritis sebelum tercapai 90% dari primary consolidation.



Gambar 5. Cara Mendapatkan t_{90} Dari Hasil Laboratorium

Karena itu, harga t_{90} (yaitu waktu sampai primary consolidation 90% selesai) ini biasanya dipakai untuk menghitung C_v cara mendapatkan t_{90} dapat dilihat pada gambar 2.5. titik perpotongan garis dengan garis laboratorium adalah t_{90}

$$\text{Dari rumus } t_{90} = \frac{0.848 H^2}{C_v} \quad (11)$$

Kita dapat menghitung C_v yaitu :

$$C_v = \frac{0.848 H^2}{t_{90}} \quad (12)$$

Dengan demikian kita mendapat satu harga C_v pada setiap pembebanan.

Kuat Geser Tanah Menurut Mohr-Coulomb

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani.

Kuat geser dinyatakan dengan rumus :

$$\tau = c + \sigma_n \tan \varphi \quad (13)$$

Dimana : τ = Kuat geser

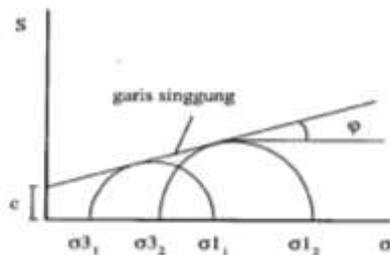
c = Kohesi

σ_n = Tegangan normal pada bidang tinjauan

$\tan \varphi$ = Koefisien gesek antar partikel tanah

φ = Sudut geser dalam tanah

Mohr (1882) juga menyajikan suatu persamaan kuat geser tanah. Rumusnya menyangkut suatu fungsi tak linier yang lebih mencerminkan perilaku sebenarnya daripada tanah. Ilustrasi persamaan ini diperlihatkan pada gambar berikut :



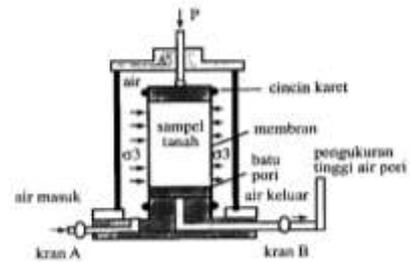
Gambar 6. kurva keruntuhan tanah Mohr-coulomb dan lingkaran Mohr.

Kurva diatas juga dikenal sebagai kurva keruntuhan tanah Mohr-Coulomb. Kekuatan kohesi (c) diwakili oleh nilai perpotongan kurva dengan sumbu tegak, sedangkan kekuatan gesek terwakili oleh kemiringan kurva terhadap sumbu mendatar (φ).

Gambar memperlihatkan pula satu set setengah lingkaran yang dikenal sebagai lingkaran Mohr. Lingkaran Mohr mewakili berbagai kombinasi tegangan-tegangan utama σ_1 dan σ_3 yang bekerja pada massa tanah mencapai keruntuhannya. Kurva keruntuhan harus menyinggung kumpulan lingkaran Mohr ini.

Pengujian Kuat Geser Tanah dengan Tekan Triaksial

Uji tekan triaksial (*triaxial compression test*) diketahui sebagai uji yang paling terandalkan dalam memperoleh parameter geser dan data tegangan-tegangan tanah. Pada pengujian ini sampel tanah diletakan diatas dasar sel dan dibagian atas ditutup. Sampel tanah ditutup dengan membrane yang diameternya sama dengan sampel. Sel diisi dengan air dengan tegangan dinaikan sampai nilai yang dimaksudkan. Tegangan sel (σ_3) dibiarkan bekerja selama jangka waktu tertentu. Pengukuran kuat geser dilakukan dengan memberikan tekanan vertical pada sampel. Pembacaan dapat dilakukan pada proving ring pada tegangan tertentu. Dari pembacaan dapat diketahui tekanan maksimum yang terjadi saat terjadi keruntuhan. Gambar dibawah ini adalah skema umum peralatan uji tekan triaksial.



Gambar 7. Skema Umum Alat Uji Tekan Triaksial

Sampel tanah berbentuk silinder dengan tinggi minimal dua kali diameter. Sampel tanah dibungkus dengan karet tipis sehingga air tidak dapat keluar, kemudian dimasukan kedalam silinder yang diberi air dan tekanan, sehingga air akan masuk kesegala arah. Percobaan dilakukan dengan menggunakan triaksial jenis *Unconsolidated Undrained Test* (UU)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Karakteristik Tanah

Hasil pengujian karakteristik tanah dirangkum pada tabel berikut :

Tabel

Hasil Uji Karakteristik Tanah

No	Karakteristik	Titik I	Titik II
1.	Kadar air tanah kering udara (w)	5,109 %	3.78 %
2.	Batas Cair (LL)	47,8 %	43.8 %
3.	Batas plastis (PL)	24,2 %	26.408 %
4.	Indeks plastis (IP)	23.59 %	17.391 %
5.	Berat jenis (G_s)	2,68	2.52
6.	Lolos saringan no.200	50.247 %	42.82 %

Sumber :Hasil Penelitian Muhlis, 2014

Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah menggunakan sistem USCS (*Unified Soil Classification System*).

1. Sampel tanah titik I.

Analisa Saringan						
300 gram						
Tanggal 13-4-2014						
Saringan Nomor (No)	Ukuran Butiran (mm)	Berat Tertahan Saringan (gr)	Berat Lolos Saringan (gr)	Persentase Lolos (%)	Persentase Tertahan (%)	Keterangan
8	2.380	0	300	100.000	0.000	
10	2.000	0	300	100.000	0.000	
12	1.680	0	300	100.000	0.000	
15	1.180	0.82	299.18	99.727	0.273	
18	1.000	0.71	299.29	99.763	0.237	
30	0.390	7.88	292.12	97.373	2.627	
40	0.425	5.55	294.45	98.150	1.850	
50	0.297	26.35	273.65	91.217	8.783	
60	0.177	50.15	249.85	83.283	16.717	
100	0.149	54.84	245.16	81.720	18.280	
200	0.075	24.99	275.01	91.670	8.330	
pasir		150.74	0	0	50.247	
		300				

Dibuatkan Oleh: Mohir Wambua
Lokasi: Timorutitik I

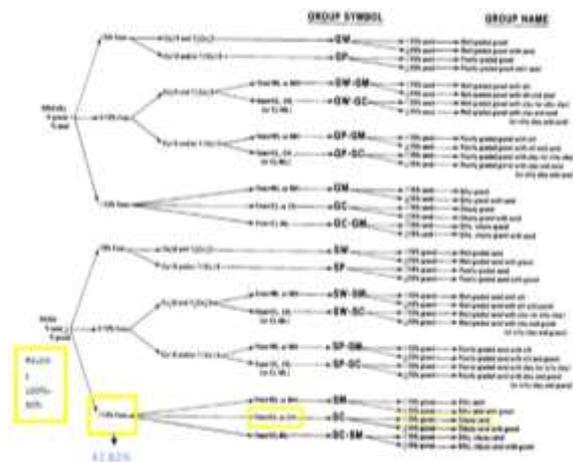
Dari hasil analisa saringan diketahui bahwa tanah lolos saringan no.200 = 50,247% jadi tanah dikelompokkan sebagai tanah berbutir halus. Kemudian plot pada diagram plastisitas mendapatkan hasil di atas dari garis A. Setelah dilakukan klasifikasi terhadap tanah, maka jenis tanah untuk sampel titik I yang diteliti memiliki klasifikasi CL

2. Sampel tanah titik II

Analisa Saringan						
300 gram						
Tanggal 14-4-2014						
Saringan Nomor (No)	Ukuran Butiran (mm)	Berat Tertahan Saringan (gr)	Berat Lolos Saringan (gr)	Persentase Lolos (%)	Persentase Tertahan (%)	Keterangan
8	2.380	0	300	100.000	0.000	
10	2.000	1.79	298.21	99.403	0.597	
12	1.680	1.09	298.91	99.637	0.363	
15	1.180	2.78	297.22	99.073	0.927	
18	1.000	0.74	299.26	99.753	0.247	
30	0.390	7.19	292.81	97.603	2.397	
40	0.425	6.62	293.38	97.793	2.207	
50	0.297	48.83	251.17	83.723	16.277	
60	0.177	62.31	237.69	79.230	20.770	
100	0.149	54.13	245.87	81.957	18.043	
200	0.075	26.96	273.04	91.013	9.987	
pasir		128.48	0	0.000	42.820	
		300				

Dibuatkan Oleh: Mohir Wambua
Lokasi: Timorutitik II

Dari hasil analisa saringan pada sampel tanah titik II di dapat presentasi dari saringan #4, 100% dan Saringan #200, 42.82% jadi tanah termasuk padat anah berpasir (sand)



Gambar 8. ASTM D2487 Sampel Tanah Titik II

Kemudian plot pada diagram plastisitas mendapatkan hasil di atas dari garis A. Setelah dilakukan klasifikasi terhadap tanah, maka jenis tanah untuk sampel titik II yang diteliti memiliki klasifikasi SC untuk clayey sand atau campuran pasir lempung.

Target Kadar Air

Menghitung banyaknya air yang perlu ditambahkan untuk memperoleh kadar air tertentu. Kadar air yang ingin dicapai sesuai dengan besarnya LL yang didapat dari percobaan atterberg untuk sampel pertama masing-masing titik. Setelah itu dikurangi 5% dan 10% dari tiap sampel dan kemudian di tambah 5% dan 10% kadar air darinilai kadar air LL tersebut.

	LL	PL
Titik I	47.8%	33.701%
Titik II	43.8%	26.408%

Untuk memperoleh kadar air yang di inginkan digunakan rumus umum sebagai berikut:

$$\text{Wair} = \frac{\text{Berat tanah kering oven} (1+x) - \text{berat tanah kering oven} - Y}{\text{Berat kering oven} \cdot X - Y}$$

Dengan :

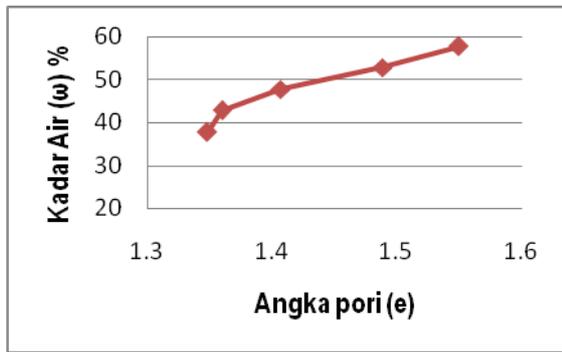
- Wair = Berat air yang ditambahkan (gr)
- X = Target kadar air yang ingin dicapai (%)
- Y = Berat tanah kering udara - berat tanah kering oven
- = Berat air (gr)

Angka pori

Tabel Hubungan Antara Kadar Air Dan Angka pori Untuk Tanah Titik I

Kadar air (w) %	Angka pori (e)
37.8	1.348
42.8	1.3599
47.8	1.4071
52.8	1.4885
57.8	1.55

Nilai angka pori di dapat dari hasil percobaan konsolidasi



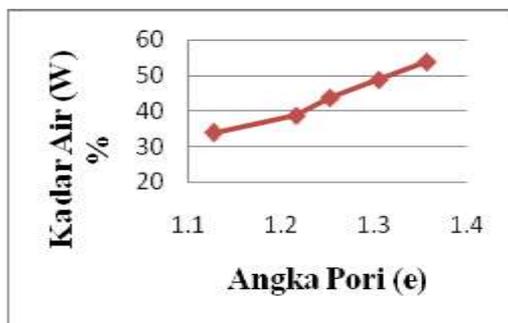
Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Angka pori Untuk Tanah Titik I

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi juga angka pori dengan nilai tertinggi angka pori adalah 1.55 dengan kadar air 57.8% sedangkan terendah berada pada angka pori 1.348 dengan kadar air 37.8%.

Tabel
Hubungan Antara Kadar Air Dan Angka pori Untuk Tanah Titik II

Kadar air (w) %	Angka pori (e)
33.8	1.1271
38.8	1.2159
43.8	1.253
48.8	1.3053
53.8	1.3571

Nilai angka pori di dapat dari hasil percobaan konsolidasi



Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Angka pori Untuk Tanah Titik II

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi juga angka pori dengan nilai tertinggi angka pori adalah 1.3571 dengan kadar air 53.8% sedangkan terendah berada pada angka pori 1.1271 dengan kadar air 33.8%.

Derajat Kejenuhan (Sr)

Tabel
Hubungan Antara Kadar Air Dan Derajat Kejenuhan Untuk Tanah Titik I

Kadar Air (w) %	Derajat Kejenuhan (Sr)%
37.8	75.24
42.8	84.31
47.8	90.98
52.8	95.08
57.8	99.97

Nilai derajat kejenuhan di dapat dari hasil percobaan konsolidasi



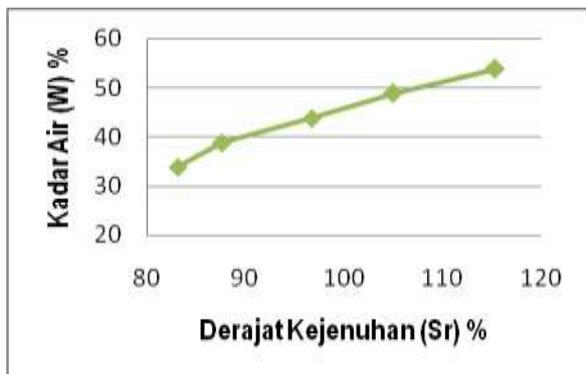
Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Derajat Kejenuhan Untuk Tanah Titik I

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi juga Derajat Kejenuhan dengan nilai tertinggi dari derajat kejenuhan adalah 99.97% pada kadar air 57.8% dan terendah adalah 75.24% pada kadar air 37.8%.

Tabel
Hubungan Antara Kadar Air Dan Derajat Kejenuhan Untuk Tanah Titik II

Kadar Air (w) %	Derajat Kejenuhan (Sr)%
33.8	75.53
38.8	80.27
43.8	88.04
48.8	94.15
53.8	99.86

Nilai derajat kejenuhan didapat dari hasil percobaan konsolidasi



Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Derajat Kejujutan Untuk Tanah Titik II

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi juga Derajat Kejujutan dengan nilai tertinggi dari derajat kejujutan adalah 99.86% pada kadar air 53.8% dan terendah adalah 75.53% pada kadar air 33.8%.

Nilai Indeks Pemampatan (Cc) Berdasarkan Derajat Kejujutan.

Berikut ini adalah nilai-nilai dari indeks pemampatan berdasarkan derajat kejujutan

Tabel
Nilai indeks pemampatan (Cc) rata – rata berdasarkan derajat kejujutan titik I

Derajat Kejujutan (Sr)	75.24%	84.31%	90.98%	95.08%	99.97%
	0.2638	0.235	0.1696	0.1019	0.2748
	0.0873	0.1833	0.1221	0.0956	0.1515
	0.2656	0.3104	0.1546	0.1389	0.181
	0.3165	0.3722	0.1447	0.1611	0.2097
	0.3445	0.3927	0.1652	0.1727	0.1147
	0.3699	0.3936	0.1704	0.1818	0.2199
	0.0384	0.0445	0.0256	0.0275	0.0225
	0.0493	0.0636	0.0286	0.0393	0.0366
	0.0194	0.0323	0.0133	0.0209	0.0151
Rata-rata	0.19788809	0.22736667	0.110235	0.104411	0.135533

Tabel
Nilai indeks pemampatan (Cc) rata-rata berdasarkan derajat kejujutan Titik II

Derajat Kejujutan (Sr)	75.53%	80.27%	88.04%	94.14%	99.86%
	0.0859	0.1103	0.1219	0.1563	0.0352
	0.0472	0.0908	0.096	0.1007	0.1019
	0.0843	0.0557	0.1311	0.1243	0.14
	0.1941	0.1804	0.1532	0.1459	0.0631
	0.2638	0.2071	0.1664	0.1587	0.1989
	0.2766	0.2135	0.1706	0.1633	0.2039
	0.0294	0.007	0.0162	0.0207	0.0081
	0.0386	0.0089	0.0305	0.0267	0.0248
	0.0172	0.0223	0.0235	0.0119	0.0143
Rata-rata	0.115233	0.099555556	0.101044	0.1009444	0.0878

Nilai Kadar air, Derajat Kejujutan dan Cc Masing-Masing Tanah

Tabel
Nilai kadar air, derajat kejujutan dan Cc tanah titik I

Kadar Air	Derajat Kejujutan	Nilai CC
37.8	75.24	0.197189
42.8	84.31	0.225267
47.8	90.98	0.110233
52.8	95.08	0.104411
57.8	99.97	0.135533

Tabel
Nilai kadar air, derajat kejujutan dan Cc tanah titik II

Kadar Air	Derajat Kejujutan	Nilai CC
33.8	75.53	0.115233
38.8	80.27	0.099556
43.8	88.04	0.101044
48.8	94.14	0.100944
53.8	99.86	0.0878

Nilai Koefisien Konsolidasi (Cv) Berdasarkan Derajat Kejujutan.

Berikut ini adalah nilai – nilai dari koefisien konsolidasi berdasarkan derajat kejujutan

Tabel
Nilai koefisien konsolidasi (Cv) rata – rata berdasarkan derajat kejujutan titik I

Derajat Kejujutan (Sr)	75.24%	84.31%	90.98%	95.08%	99.97%
	0.0974	0.2203	0.1292	0.1535	0.1772
	0.21	0.146	0.2053	0.1373	0.1367
	0.2016	0.1985	0.1145	0.1182	0.1836
	0.1881	0.1691	0.1257	0.1856	0.1689
	0.1433	0.1662	0.1394	0.1706	0.1572
	0.1461	0.1334	0.023	0.1433	0.1454
Nilai Cv rata-rata	0.1644167	0.17225	0.12288	0.15143	0.1613

Tabel
Nilai koefisien konsolidasi (Cv) rata – rata berdasarkan derajat kejujutan titik II

Derajat kejujutan (Sr)	75.53%	80.27%	88.04%	94.14%	99.86%
	0.0772	0.2217	0.1529	0.2182	0.0464
	0.2181	0.2418	0.1734	0.0514	0.1314
	0.2134	0.2079	0.1381	0.1188	0.2069
	0.1882	0.0817	0.0651	0.1263	0.1634
	0.1304	0.137	0.162	0.1535	0.0728
	0.1701	0.1451	0.1308	0.1542	0.1694
Nilai Cv rata-rata	0.166233	0.172533333	0.14208	0.1374	0.13501

Nilai Kadar air, Derajat Kejenuhan dan Cv Masing-Masing Tanah

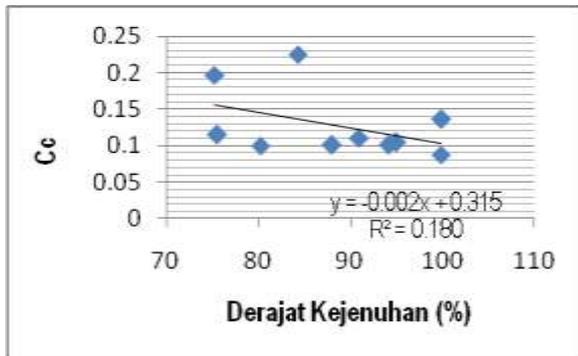
Tabel
Nilai kadar air, derajat kejenuhan dan Cv tanah titik I

Kadar air	Derajat kejenuhan	Nilai Cv
37.8	75.24	0.164417
42.8	84.31	0.17225
47.8	90.98	0.122883
52.8	95.08	0.15145
57.8	99.97	0.1615

Nilai kadar air, derajat kejenuhan dan Cv tanah titik II

Kadar air	Derajat kejenuhan	Nilai Cv
33.8	75.53	0.166233
38.8	80.27	0.172533
43.8	88.04	0.142083
48.8	94.15	0.1374
53.8	99.86	0.13505

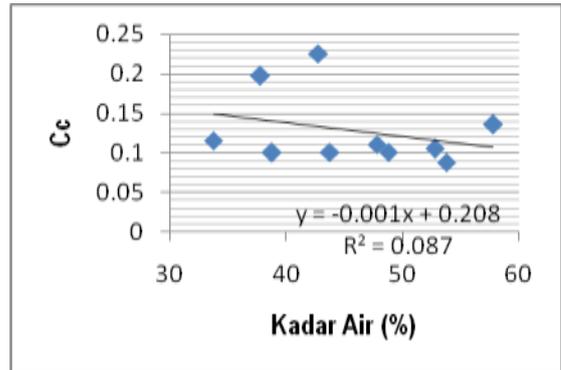
Persamaan Indeks Pemampatan (Cc) Berdasarkan Derajat Kejenuhan Untuk Tanah Disekitar Jalan Manado-Tomohon



Grafik Nilai persamaan indeks pemampatan (Cc) berdasarkan derajat kejenuhan

Dapat dilihat dari Grafik yaitu persamaan indeks pemampatan (Cc) untuk terhadap derajat kejenuhan (Sr) tanah disekitar jalan Manado-Tomohon dimana didapat, $Cc = -0.002Sr + 0.315$.

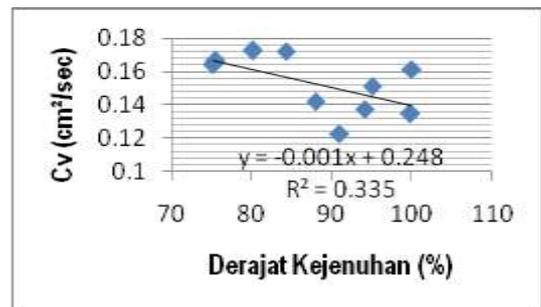
Persamaan Indeks Pemampatan (Cc) Berdasarkan Kadar Air Untuk Tanah Disekitar Jalan Manado-Tomohon.



Grafik Nilai persamaan indeks pemampatan (Cc) berdasarkan kadar air

Dapat dilihat dari Grafik yaitu persamaan indeks pemampatan (Cc) terhadap kadar air (ω) untuk tanah disekitar jalan Manado-Tomohon dimana didapat, $Cc = -0.001\omega + 0.208$.

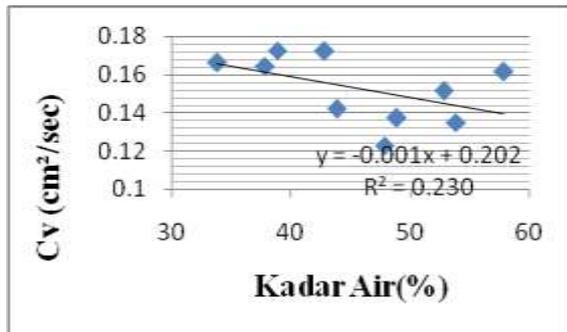
Persamaan Koefisien Konsolidasi (Cv) Berdasarkan Derajat Kejenuhan Untuk Tanah Disekitar Jalan Manado-Tomohon



Grafik Nilai Persamaan Koefisien Konsolidasi (Cv) Berdasarkan Derajat Kejenuhan

Dapat dilihat dari Grafik yaitu persamaan koefisien konsolidasi (Cv) terhadap derajat kejenuhan (Sr) untuk tanah disekitar jalan Manado-Tomohon dimana didapat, $Cv = -0.001Sr + 0.248$.

Persamaan Koefisien Konsolidasi (Cv) Berdasarkan Kadar Air Untuk Tanah Disekitar Jalan Manado-Tomohon.



Grafik Nilai Persamaan Koefisien Konsolidasi (Cv) Berdasarkan Derajat Kadar air

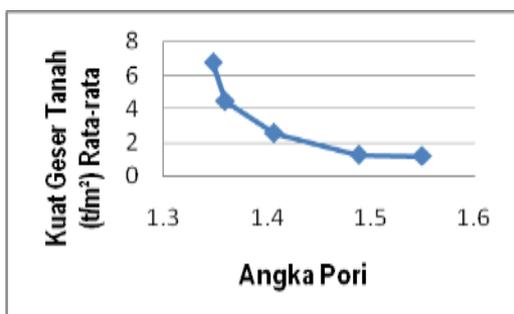
Dapat dilihat dari Grafik yaitu persamaan koefisien konsolidasi (Cv) terhadap kadar air (w) untuk tanah disekitar jalan Manado-Tomohon dimana didapat, $Cv = -0.001W + 0.202$

Hubungan Antara Angka pori dan Kuat Geser Tanah

Nilai kuat geser tanah dari setiap Angka pori dirangkum pada tabel berikut :

Tabel
Angka pori dan kuat geser tanah titik I

Angka pori	Rata - rata		
	Kuat geser tanah (τ) t/m ²	Kuat geser tanah (τ) t/m ²	Kuat geser tanah (τ) t/m ²
1.348	5.224	7.832	7.180
1.3599	5.068	4.019	4.298
1.4071	3.149	2.192	2.258
1.4885	1.0049	1.570	1.170
1.550	1.442	0.8589	1.196



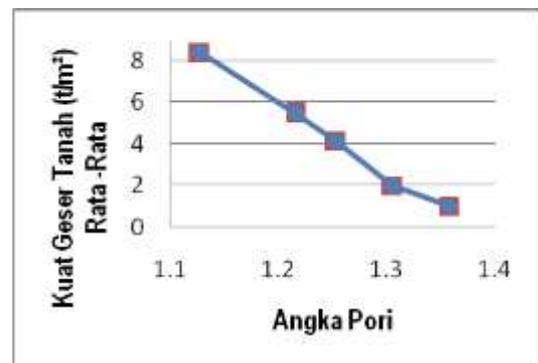
Grafik Hubungan Antara Angka Pori dan Kuat Geser Tanah Untuk Tanah Titik I

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi Angka pori maka semakin rendah nilai kuat geser. dengan nilai kuat geser terendah berada pada titik 1.166 t/m² dengan angka pori 1.550. dan nilai

kuat geser tertinggi berada pada titik 6.7456 t/m² dengan angka pori 1.348.

Tabel
Angka pori dan Kuat Geser Tanah Titik II

Angka pori	Rata - rata		
	Kuat geser tanah (τ) t/m ²	Kuat geser tanah (τ) t/m ²	Kuat geser tanah (τ) t/m ²
1.1271	8.477	8.508	8.155
1.2159	5.664	5.227	5.527
1.2530	4.578	4.403	3.414
1.3053	2.158	2.279	1.529
1.3571	1.478	0.789	0.781



Grafik Hubungan antara angka pori dan kuat geser tanah untuk tanah titik II

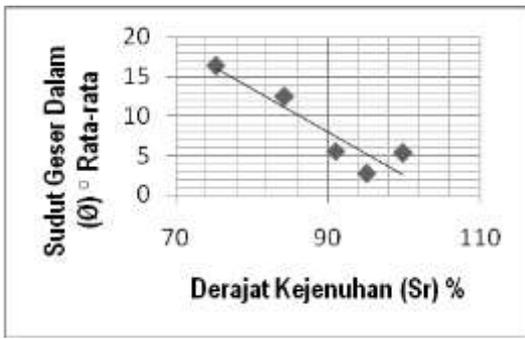
Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi angka pori maka semakin rendah nilai kuat geser. dengan nilai kuat geser terendah berada pada titik 1.016 t/m² dengan angka pori 1.3571. dan nilai kuat geser tertinggi berada pada titik 8.380 t/m² dengan angka pori 1.1271.

Uji Geser Triaksial

Hasil pengujian triaksial dapat dilihat pada lampiran. Hasil hasil ini di rangkum pada tabel berikut

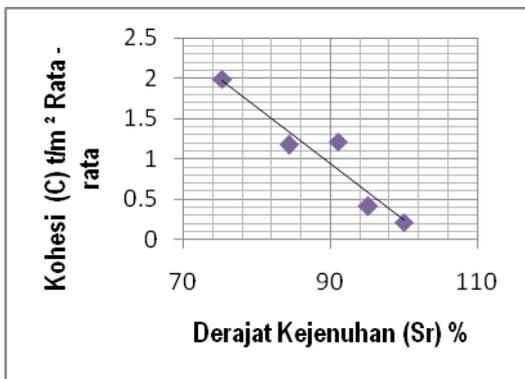
Tabel
Hasil uji triaksial tanah titik I

Derajat Kelembaban (%)	Rata-rata					
	Koefesi (C)	Sudut geser dalam (Ø)	Koefesi (C)	Sudut geser dalam (Ø)	Koefesi (C)	Sudut geser dalam (Ø)
75.24	2.365	10.6	1.631	20.4	1.968	17.9
84.31	1.745	12.7	0.388	13.8	1.576	11.2
90.98	1.185	8.0	1.002	5.3	1.458	3.2
95.06	0.52	2.0	0.172	3.5	0.551	2.6
99.97	0.425	4.8	0.133	6	0.079	5.1



Grafik Hubungan antara sudut geser dalam dan derajat kejenuhan untuk tanah titik I

Dari gambar dapat dilihat bahwa sudut geser dalam terbesar yaitu 16.37° pada derajat kejenuhan 75.24% sedangkan terendah pada sudut 2.7° pada derajat kejenuhan 95.08 %.

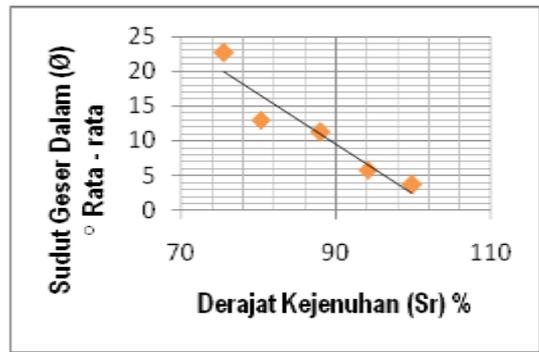


Grafik Hubungan antara kohesi dan derajat kejenuhan untuk tanah titik I

Dari gambar dapat dilihat bahwa nilai kohesi tanah terbesar yaitu 1.988 t/m^2 pada derajat kejenuhan 75.24% sedangkan terendah pada 0.212 t/m^2 pada derajat kejenuhan 99.97 %.

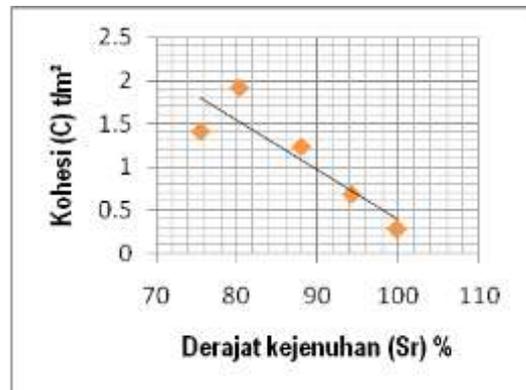
Tabel
Hasil Uji Triaksial Tanah Titik II

Derajat kejenuhan (Sr) %	Rata-rata		Rata-rata		Rata-rata		Rata-rata	
	Kohesi (C) t/m^2	Sudut geser dalam (θ) $^\circ$	Kohesi (C) t/m^2	Sudut geser dalam (θ) $^\circ$	Kohesi (C) t/m^2	Sudut geser dalam (θ) $^\circ$	Kohesi (C) t/m^2	Sudut geser dalam (θ) $^\circ$
75.53	1.886	21.5	0.463	26.1	1.896	20.6	1.415	22.73
80.27	2.855	10.2	0.808	16.4	2.1	12.4	1.921	13
88.84	1.152	13.1	0.861	13.7	1.702	6.9	1.238	11.23
94.15	0.851	5.7	0.818	6.4	0.390	5.3	0.686	5.8
99.86	0.221	5.8	0.188	3.1	0.421	1.9	0.277	3.6



Grafik Hubungan antara sudut geser dalam dan derajat kejenuhan untuk tanah titik II

Dari gambar dapat dilihat bahwa sudut geser dalam terbesar yaitu 20.6° pada derajat kejenuhan 75.53% sedangkan terendah pada sudut 1.9° pada derajat kejenuhan 99.86 %.



Grafik Hubungan antara kohesi dan derajat kejenuhan untuk tanah titik II

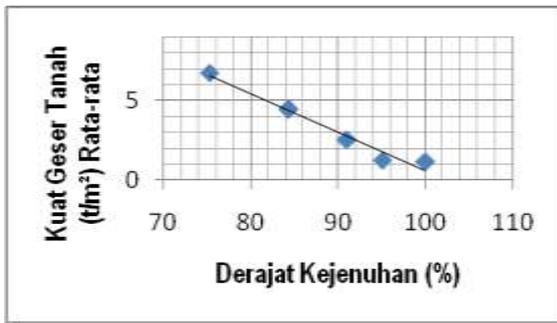
Dari gambar dapat dilihat bahwa nilai kohesi tanah terbesar yaitu 1.921 t/m^2 pada derajat kejenuhan 80.27% sedangkan terendah pada 0.277 t/m^2 pada derajat kejenuhan 99.86 %.

Hubungan Antara Derajat Kejenuhan dan Kuat Geser Tanah

Nilai kuat geser tanah dari setiap derajat kejenuhan dirangkum pada tabel berikut :

Tabel
Derajat kejenuhan dan kuat geser tanah titik I

Derajat kejenuhan %	Kuat geser tanah (τ) t/m^2			Rata - rata Kuat geser tanah (τ) t/m^2
	Kuat geser tanah (τ) t/m^2			
75.24	5.247	7.852	7.228	6.776
84.31	5.089	4.043	4.315	4.482
90.98	3.180	2.198	2.260	2.546
95.08	1.010	1.570	1.172	1.250
99.97	1.448	0.858	1.203	1.170

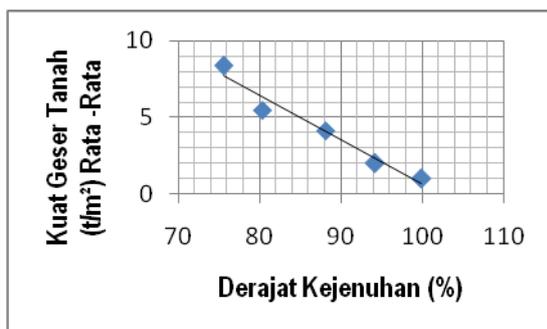


Grafik Hubungan antara derajat kejenuhan dan kuat geser tanah untuk tanah titik I

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin rendah derajat kejenuhan maka semakin tinggi nilai dari kuat geser dengan nilai kuat geser terendah berada pada titik 1.170 t/m² dengan derajat kejenuhan 99.97%. dan nilai kuat geser tertinggi berada pada titik 6.776 t/m² dengan derajat kejenuhan 75.24%.

Tabel
Derajat kejenuhan dan kuat geser tanah titik II

Derajat kejenuhan				Rata - rata
	Kuat geser tanah (τ) t/m ²			
%				
75.53	8.537	8.533	8.176	8.413
80.27	5.685	5.248	5.540	5.491
88.04	4.623	4.436	3.419	4.159
94.15	2.176	2.293	1.535	2.001
99.86	1.489	0.791	0.783	1.021



Grafik Hubungan antara derajat kejenuhan dan kuat geser tanah untuk tanah titik II

Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin rendah derajat kejenuhan maka semakin tinggi nilai dari kuat geser dengan nilai kuat geser terendah berada pada titik 1.021 t/m² dengan derajat kejenuhan 99.86%. dan nilai kuat geser tertinggi berada pada titik 8.413 t/m² dengan derajat kejenuhan 75.53%.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa

1. Kadar air semakin tinggi maka nilai angka pori semakin tinggi, angka pori tertinggi pada kadar air 57.8% dengan nilai angka pori 1.55 dan terendah pada kadar air 33.8% dengan nilai angka pori 1.1271
2. Semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi derajat kejenuhan. Nilai derajat kejenuhan tertinggi yaitu 99.97% dengan kadar air 57.8% dan terendah pada nilai 75.24% dengan kadar air 37.8% .
3. Persamaan Indeks Pemampatan (Cc) terhadap derajat kejenuhan (Sr) untuk tanah disekitar jalan Manado-Tomohon yang remolded adalah $Cc = -0.002Sr + 0.315$.
4. Persamaan Indeks Pemampatan (Cc) terhadap kadar air (ω) untuk tanah disekitar jalan Manado-Tomohon yang remolded adalah $Cc = 0.001ω + 0.208$.
5. Persamaan koefisien konsolidasi (Cv) terhadap derajat kejenuhan (Sr) untuk tanah disekitar jalan Manado-Tomohon yang remolded adalah $Cv = -0.001Sr + 0.248$.
6. Persamaan koefisien konsolidasi (Cv) terhadap Kadar air (ω) untuk Tanah disekitar jalan Manado-Tomohon yang remolded adalah $Cv = -0.001ω + 0.202$.
7. Semakin tinggi angka pori maka semakin rendah nilai kuat geser tanah dan sebaliknya semakin rendah angka pori maka semakin tinggi nilai kuat geser tanah. Nilai kuat geser tertinggi yaitu 8.380 t/m² dengan nilai angka pori 1.1271 dan nilai kuat geser terendah yaitu 1.016 t/m² dengan nilai angka pori 1.3571.
8. Nilai derajat kejenuhan semakin tinggi maka nilai kuat geser semakin rendah. Kuat geser tanah terbesar yaitu 8.380 t/m² diberikan oleh tanah dengan derajat kejenuhan 75.53% atau kadar air 33.8 % , sedangkan nilai kuat geser terendah yaitu 1.016 t/m² diberikan oleh tanah dengan derajat kejenuhan 99.86% atau kadar air 53.8%.

Saran

1. Perlu dilakukan uji geser Vane shear test atau Fall cone test untuk membandingkan hasil-hasil tersebut yang diperoleh dari pengujian tekan triaksial.
2. Persamaan yang didapat diatas hanya dapat digunakan untuk mencari besarnya nilai Indeks Pemampatan (Cc) dan Koefisien Konsolidasi (Cv) terhadap derajat kejenuhan dan kadar air tanah disekitar Jalan-Manado-Tomohon yang remolded.
3. Karena lokasi penelitian terdapat banyak lereng maka perlu adanya penelitian yang lebih mendalam tentang faktor keamanan pada lokasi tersebut

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles Joseph. E, 1991, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Budi Santosa, Heri Suprpto, Suryadi HS, 1998, *Seri Diktat Kuliah Mekanika Tanah Lanjut*, Penerbit Gunadarma, Jakarta
- Das. Braja. M. 1993, *Mekanika Tanah*, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das Braja. M. 1995, *Mekanika Tanah*, jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Hardiyatmo H.C, 2012, *Mekanika Tanah 1*, Penerbit Gadjah Mada University, Yogyakarta
- Hardiyatmo H.C, 2010, *Mekanika Tanah 2*, Penerbit Gadjah Mada University, Yogyakarta
- Wesley L.D, 1977, *Mekanika tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
-, Panduan Praktikum mekanika tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi