

INVESTIGASI SIFAT FISIS, KUAT GESER DAN NILAI CBR TANAH MIRI SEBAGAI PENGGANTI *SUBGRADE* JALAN (Studi Kasus Tanah Miri, Sragen)

Qunik Wiqoyah¹, Anto Budi² Beny Ariyanto³

¹Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

³Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl.Ahmad Yani, Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, Surakarta

E-mail: qunik_w@yahoo.co.id

Abstraksi

Tanah kuning di desa Miri, Kecamatan Miri, Kabupaten Sragen, yang selama ini digunakan masyarakat sebagai *subgrade* jalan mempunyai ciri khas tersendiri, dalam keadaan kering kondisinya seperti pasir, tetapi ketika dalam keadaan basah ada lekatan antar butirannya. Akan tetapi belum ada penjelasan secara teknis tentang sifat fisis dan sifat mekanis dari tanah kuning Miri ini. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibahas mengenai sifat-sifat tersebut. Pengujian yang dilakukan meliputi : uji kandungan unsur-unsur kimia, uji sifat fisis, dan uji sifat mekanis : uji CBR (California Bearing Ratio) soaked dan unsoaked serta DST (Direct Shear Test). Hasil pengujian yang telah dilakukan : kandungan unsur yang terbesar adalah CaO sebesar 25,49 % dan tanah Miri bukan termasuk pozzolan. Selanjutnya besarnya kadar air (w) tanah Miri adalah 8,696%, specific gravity = 2,63, batas cair (LL) = 62,850%, batas plastis (PL) = 35,120%, dan batas susut (SL) = 20,060% dan indeks plastisitas tanah (PI) = 27,73% . Berdasarkan sistem klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System) tanah Miri termasuk golongan SC dan berdasar sistem klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) tanah termasuk kelompok A 7-5(7) . Hasil uji standard Proctor didapat nilai berat isi kering maksimum 1,545 kg/cm³ dan kadar air optimum = 21,3%. Hasil uji CBR usoked pada kepadatan maksimum adalah 19 % , Hasil uji CBR soaked pada kepadatan maksimum adalah 9 %., Hasil uji DST didapat nilai kohesi antara 0,04958 kg/cm² - 0,26988 kg/cm² dan nilai sudut gesek dalam 28° – 35°. Berdasarkan hasil uji di atas, maka Tanah kuning Miri ini dapat digunakan sebagai pengganti *subgrade* jalan

Kata kunci : tanah, sifat fisis dan sifat mekanis, CBR (California Bearing Ratio), DST (Direct Shear Test)

PENDAHULUAN

Subgrade jalan merupakan bagian yang sangat penting dalam pembangunan jalan. Di beberapa daerah, penduduk menggunakan tanah setempat sebagai *subgrade* jalan. Salah satunya tanah kuning di daerah Miri, Sragen. Tanah ini memiliki keunikan tersendiri karena pada waktu tanah ini dalam keadaan kering kondisinya seperti pasir, tetapi ketika dalam keadaan basah kondisinya ada lekatan. Akan tetapi belum ada penjelasan secara teknis tentang sifat fisis dan sifat mekanis dari tanah kuning Miri ini. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah tanah kuning Sumber Lawang ini baik dan memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai pengganti *subgrade* jalan

Subgrade

Subgrade adalah lapisan tanah dasar. Lapisan ini setebal 50-100 cm dimana akan diletakkan pada lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pematangan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat. Ditinjau dari kedudukan muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu lapisan tanah dasar di bawah tanah asli, lapisan tanah dasar di atas tanah asli, lapisan tanah dasar satu permukaan dengan tanah asli.

Kuat dukung tanah

CBR laboratorium dibedakan menjadi dua macam yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked laboratory CBR*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked laboratory CBR*). Untuk CBR laboratorium rendaman dilakukan perendaman selama 4 hari (96 jam) kemudian baru di penetrasi. Nilai CBR dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } 0,1 \text{ inci; } CBR = \frac{\text{beban yang terjadi}(lbs)}{3(in^2) \times 1000(lbs/in^2)} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Untuk } 0,2 \text{ inci; } CBR = \frac{\text{beban yang terjadi}(lbs)}{3(in^2) \times 1500(lbs/in^2)} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Kuat geser tanah

Coulomb, 1773 (dalam Hardiyatmo, 2000) mendefinisikan hubungan fungsi antara tegangan normal (σ) dengan tegangan geser (τ) sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

- τ = Kekuatan geser tanah (Kg/cm²)
- c = Kohesi tanah (Kg/cm²)
- σ = Tegangan normal tanah (Kg/cm²)
- ϕ = Sudut geser dalam (°)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel tanah, dilanjutkan dengan uji unsur-unsur kimia yang dilakukan di Balai Penyelidikan Dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian (BPPTK) Yogyakarta. Bersamaan itu pula dilakukan uji sifat fisis tanah meliputi : uji berat jenis (*specific gravity*), uji kadar air (*water content*), uji analisa saringan dan uji *hydrometer (grain size analysis)*, sedang uji sifat mekanis meliputi : uji CBR (*California Bearing Ratio*) kondisi terendam (*soaked*) dan kondisi tidak terendam (*unsoaked*) pada kepadatan kering maksimum dan pada 95% dan 90% kepadatan maksimum kering dan basah. Uji DST (*Direct Shear Test*) dengan juga dilakukan) pada kepadatan kering maksimum dan pada 95% dan 90% kepadatan maksimum kering dan basah. Semua uji yang dilakukan mengacu pada standar ASTM (*Annual Book of ASTM Standards*). Hasil uji disajikan dalam bentuk tabel dan grafik selanjutnya dilakukan analisis dan diambil keputusan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan penelitian di dapatkan hasil sebagai berikut : kandungan unsur yang terbesar adalah CaO sebesar 25,49 % dan jumlah unsur-unsur kimia dalam tanah yang terdiri dari SiO₂ + AL₂O₃ + Fe₂O₃ = 29,61% lebih kecil dari 70%, sehingga tanah Miri bukan termasuk *pozzolan*

Sifat Fisis Tanah Asli

Hasil uji sifat fisis tanah sebagai berikut : besarnya kadar air (w) tanah Miri adalah 8,696%, *specific gravity* = 2,63, batas cair (LL) = 62,850%, batas plastis (PL) = 35,120%, dan batas susut (SL) = 20,060% dan indeks plastisitas tanah (PI) = 27,73% . Berdasarkan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah Miri termasuk golongan Pasir berlanau, campuran pasir-lempung (SC) dan berdasar sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) tanah termasuk kelompok A 7-5(7) atau tanah berlempung

Sifat Mekanis Tanah

1. Uji pemadatan tanah (standard Proctor)

Hasil uji kepadatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara kepadatan dan kadar air

Tingkat kepadatan (%)	Kadar air (%)	Berat isi kering (kg/cm ³)
90% γ_d max kering	16,40	1,390
95% γ_d max kering	17,95	1,467
100% γ_d max	21,30	1,545
95% γ_d max basah	25,30	1,467
90% γ_d max basah	26,80	1,390

Hasil dari pengujian *standard Proctor* pada pengujian ini sebagai acuan pengujian kuat dukung dan kuat geser Tanah Kuning di laboratorium yang nantinya diaplikasikan sebagai acuan pemadatan tanah di lapangan sehingga diperoleh kekuatan tanah yang memenuhi persyaratan sebagai *subgrade* jalan.

2. Uji CBR (California Bearing Ratio)

Hasil pemeriksaan *CBR unsoaked* dapat dilihat pada Tabel 2 dan hasil pemeriksaan *CBR soaked* dapat dilihat pada Tabel 3.

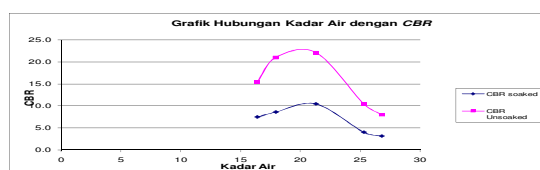
Tabel 3. Hasil Pengujian CBR Unsoaked

Tingkat kepadatan (%)	Kadar air (%)	Kepadatan kering (γ_d) (kg/cm^3)	Nilai CBR (%)
90% γ_d max kering	16,4	1,390	15
95% γ_d max kering	17,95	1,467	18
100% γ_d max	21,3	1,545	19
95% γ_d max basah	25,3	1,467	10
90% γ_d max basah	26,8	1,390	7

Tabel 3. Hasil Pengujian CBR Soaked

Tingkat kepadatan (%)	Kadar air (%)	Kepadatan kering (γ_d) (kg/cm^3)	Nilai CBR (%)
90% γ_d max kering	16,4	1,390	7
95% γ_d max kering	17,95	1,467	8
100% γ_d max	21,3	1,545	9
95% γ_d max basah	25,3	1,467	4
90% γ_d max basah	26,8	1,390	3

Hasil pengujian CBR *unsoaked* dan *soaked* dapat dibuat grafik hubungan kadar air dengan nilai CBR yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Nilai CBR

Pada Gambar 1. dapat diketahui pada kondisi *unsoaked*, nilai CBR tertinggi adalah 19% dan pada kondisi *soaked* nilai CBR tertinggi adalah 9%. Gambar 1 juga menunjukkan bahwa nilai CBR dipengaruhi oleh penambahan kadar air. Hal ini disebabkan karena semakin mendekati kadar air optimum semakin besar kepadatannya dan semakin melebihi kadar air optimum semakin kecil kepadatan yang dihasilkan. Pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa pada saat kepadatan mencapai maksimum maka nilai CBR yang dihasilkan juga maksimum, sedangkan berkurangnya nilai kepadatan menyebabkan berkurangnya nilai CBR. Menurut Turnbull (1998) dan The Asphalt Institute (1980) dalam Fernandez, 2001 untuk kriteria material *subgrade*, maka pada kondisi *unsoaked* termasuk pada katagori *good to fair / good*, sedangkan untuk kondisi *soaked* termasuk pada kategori *questionable to fair / medium* sehingga tanah ini memenuhi syarat apabila digunakan sebagai *subgrade* jalan.

3. Uji kuat geser tanah (Direct Shear Test)

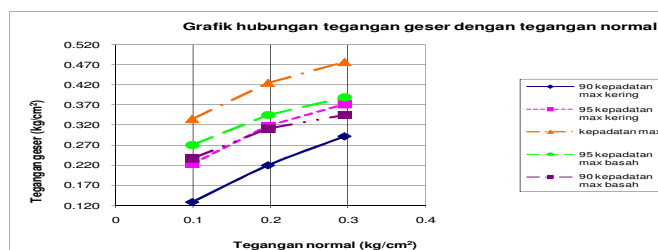
Tabel hasil pengujian tegangan normal dan tegangan geser sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai tegangan normal (σ) dan tegangan geser tanah (τ)

Tingkat kepadatan (%)	Kepadatan (γ_d) (kg/cm^3)	Kadar air (%)	Beban normal (kg)	Tegangan normal (σ) (kg/cm^2)	Tegangan geser (τ) (kg/cm^2)
90% γ_d max kering	1,390	16,4	3,167	0,099	0.128
			6,334	0,197	0.220
			9,501	0,296	0.292
95% γ_d max	1,467	17,95	3,167	0,099	0.223
			6,334	0,197	0.318

kering			9,501	0,296	0.372
100% γ_d max	1,545	21,3	3,167	0,099	0.335
			6,334	0,197	0.425
			9,501	0,296	0.477
95% γ_d max basah	1,467	25,3	3,167	0,099	0.271
			6,334	0,197	0.345
			9,501	0,296	0.389
90% γ_d max basah	1,390	26,8	3,167	0,099	0.237
			6,334	0,197	0.311
			9,501	0,296	0.345

Dari Tabel 4 dapat digambarkan grafik hubungan tegangan normal dengan tegangan geser seperti pada Gambar 2.

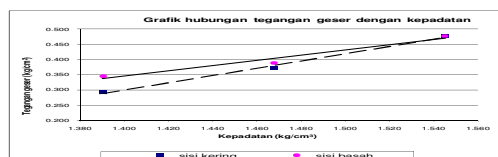


Gambar 2. Grafik Hubungan Tegangan Normal dengan Tegangan Geser

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa kepadatan maksimum mempunyai nilai tegangan geser yang paling besar dan kepadatan 90% kering mempunyai nilai tegangan geser paling kecil.

4. Hubungan antara kepadatan dengan kuat geser.

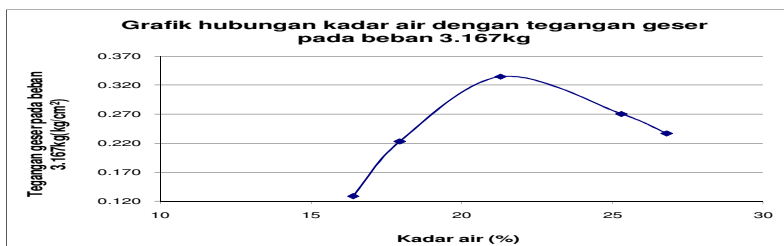
Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 3 disimpulkan bahwa ketika tanah mencapai kepadatan maksimum, maka nilai tegangan geser yang dihasilkan juga maksimum. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kepadatan tanah maka kemampuan melawan gaya geser atau tegangan geser semakin besar dan semakin kecil kepadatannya maka kemampuan melawan gaya geser atau tegangan geser semakin kecil pula.



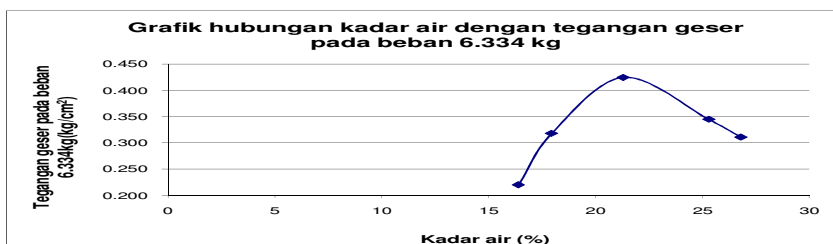
Gambar 3 Grafik hubungan kepadatan dengan tegangan geser

5. Hubungan kadar air dengan tegangan geser.

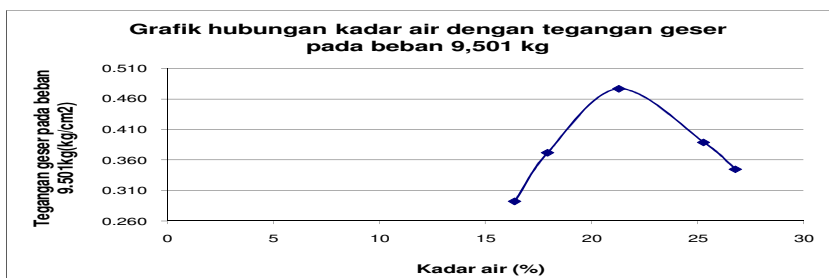
Berdasarkan Gambar 4 Gambar 5 dan Gambar 6 dapat diketahui bahwa nilai tegangan geser pada tanah (τ) dipengaruhi oleh penambahan kadar air, apabila kadar airnya mendekati optimum, kepadatan tanah akan semakin tinggi, maka tegangan geser yang dihasilkan makin besar, tetapi apabila kadar airnya melebihi optimum, kepadatan tanah akan menurun, maka tegangan geser yang dihasilkan makin kecil. Keadaan itu, terjadi pada saat pembebanan 3,167 kg, 6,334 kg dan 9,501 kg.



Gambar 4 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Tegangan Geser pada Beban 3,167 kg



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Tegangan Geser pada Beban 6,334 kg



Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Tegangan Geser pada Beban 9,501 kg.

6. Hubungan parameter geser dengan kadar air.

Parameter geser terdiri dari kohesi dan sudut gesek dalam.

(a). Nilai kohesi dan sudut gesek dalam

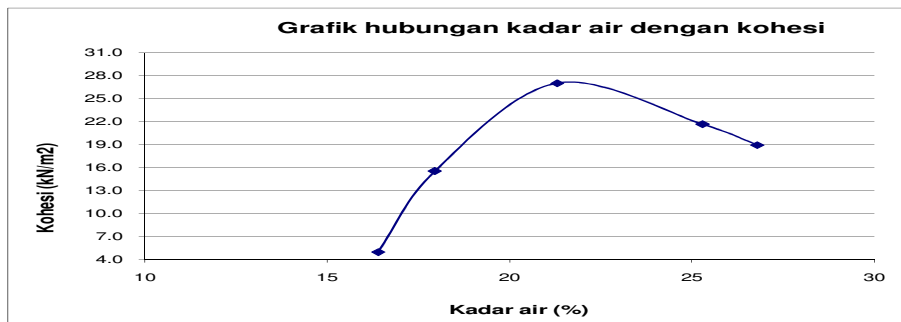
Nilai kohesi dan sudut gesek dalam dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Kohesi dan Sudut Gesek Dalam

Tingkat kepadatan (%)	Kadar air (%)	Kohesi (Kg/cm ²)	Sudut gesek dalam (°)	Kepadatan (γd) (kg/cm ³)
90% γd max kering	16.4	0.04958	39° 42' 37.92"	1,390
95% γd max kering	17.95	0.15536	37° 2' 43.82"	1,467
100% γd max	21.3	0.26988	35° 40' 48.84"	1,545
95% γd max basah	25.3	0.21626	30° 58' 45.55"	1,467
90% γd max basah	26.8	0.18924	28° 45' 36.65"	1,390

Dari Tabel 5 dan Gambar 7. dapat disimpulkan bahwa sudut gesek dalam dan kohesi dipengaruhi oleh kadar air, apabila kadar airnya mendekati optimum, nilai kohesinya makin besar tetapi apabila kadar airnya melebihi optimum, nilai kohesi yang dihasilkan makin kecil dan semakin banyak kadar air semakin kecil sudut gesek dalam yang dihasilkan.

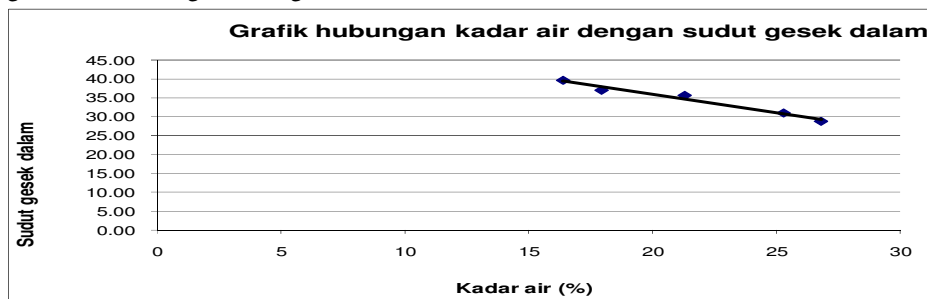
(b). Hubungan Kadar air dengan kohesi



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Kohesi

Berdasarkan Gambar 7. dapat diketahui bahwa nilai kohesi dipengaruhi oleh penambahan kadar air, apabila semakin kadar airnya kurang dari optimum, kohesi yang dihasilkan semakin kecil begitu juga pada saat penambahan kadar air yang makin melebihi optimum, kohesi yang dihasilkan makin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kepadatan tanah, nilai kohesi yang dihasilkan semakin besar dan semakin kecil kepadatannya, semakin kecil pula nilai kohesi yang dihasilkan.

(c). Hubungan kadar air dengan sudut gesek dalam



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Sudut gesek dalam

Menurut Tabel 5. dan Gambar 8. menunjukkan semakin besar kadar air dalam tanah, maka akan semakin kecil nilai sudut gesek dalam tanahnya (ϕ). Hal ini dapat terjadi karena semakin banyak kandungan kadar air dalam tanah akan menyebabkan permukaan tanah menjadi semakin licin, sehingga memperkecil nilai sudut dalamnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan di laboratorium dan analisa data percobaan maka Tanah Kuning di daerah Miri, kecamatan Miri, Kabupaten Sragen dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tanah yang diteliti merupakan tanah campuran pasir-lempung, terklasifikasi tanah berbutir kasar dengan simbol SC (untuk sistem USCS) dan A-7-5 (untuk sistem AASTHO), dengan distribusi butiran sebagai berikut: kerikil (*gravel*) = 0 %, pasir (*sand*) = 58,696 %, lanau (*silt*)/lempung (*clay*) = 41,304 %, mempunyai berat jenis tanah (*G_s*) = 2,50, pada pengujian *Atterberg limits* tanah diperoleh indeks plastisitas (*IP*) = 27,73 %. Tanah yang diteliti mempunyai kepadatan maksimum = 1,545 gram/cm³ dan kadar air optimum sebesar = 21,3 %.
2. Nilai Aktivitas pada tanah ini sebesar 0,67 % termasuk kedalam jenis tanah yang memiliki tingkat pengembangan yang rendah.
3. Nilai *CBR* baik *CBR soaked* maupun *unsoaked* dipengaruhi oleh tingkat kepadatan. Semakin mendekati kepadatan maksimum, maka semakin besar nilai *CBR* yang terjadi.
4. Nilai *CBR* (*California Bearing Ratio*) maksimum untuk *unsoaked* terjadi pada kadar air 21,3 % sebesar 22 % dan *soaked* terjadi pada kadar air 21,3 % sebesar 10 %, kemudian nilai *CBR* minimum untuk *unsoaked* terjadi pada kadar air 26,8 % sebesar 8 % dan *soaked* terjadi pada kadar air 26,8 % sebesar 3 %, menurut *Turnbull* (1998) dan *The Asphalt Institute* (1980) dalam *Fernandez*, 2001 nilai *CBR* tanah yang diuji untuk kriteria material *subgrade*, maka pada kondisi *unsoaked* tanah ini termasuk pada kategori *very good*, sedangkan untuk kondisi *soaked* tanah ini termasuk pada kategori *good to fair* sehingga memenuhi syarat apabila digunakan sebagai *subgrade* jalan.
5. Nilai kuat geser pada tanah (τ) dipengaruhi oleh tingkat kepadatan, semakin mendekati kepadatan

maksimum, maka nilai tegangan geser tanahnya akan semakin besar. Nilai kuat geser (τ) tertinggi terjadi pada γ_d max yaitu pada beban 3,167 kg nilai kuat gesernya = 0,335(kg/cm²), pada beban 6,334 kg nilai kuat gesernya = 0,425 (kg/cm²), dan pada beban 9,501 kg nilai kuat gesernya = 0,477 (kg/cm²),

6. Nilai tegangan geser (τ) dan kohesi (c) terbesar terjadi pada γ_{dmax} yaitu $\tau = 0,477$ kg/cm² dan $c = 0,26988$. Kadar air pada tanah semakin tinggi maka sudut gesek dalam (ϕ) makin kecil.
7. Nilai kohesi dipengaruhi oleh tingkat kepadatan, semakin mendekati kepadatan maksimum nilai kohesi makin besar.
8. Nilai sudut geser dalam dipengaruhi oleh kadar air, semakin besar kadar air dalam tanah, maka akan semakin kecil nilai sudut gesek dalam tanahnya (ϕ).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1996, *Annual Book of ASTM Standards, Race Street*, Philadelphia, PA 19103- 1187 USA.
Bowles, J.E, 1991, *Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
Hardiyatmo, H.C, 2002, *Mekanika Tanah I* (edisi III), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
http://eprints.ums.ac.id/272/1/%284%29_Qunik.pdf
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18493/3/Chapter%20II.pdf>
Riyanto, A. 1996, *Diktat Jalan Raya III*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
www.library.usu.ac.id/download/ft/sipil-joni%20harianto.pdf.