

PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LUNAK DESA MATANG PANYANG TERHADAP KUAT GESER

Lis Ayu Widari, Said Jalalul Akbar, Hamzani, Ardiansyah Putra Bulang

Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh

email: lisayuwidari@gmail.com, jaakidani@gmail.com,
hamzani.hasbi@gmail.com, dian_24syah@gmail.com

Abstrak

Tanah lunak adalah tanah yang memiliki nilai daya dukung yang sangat rendah. Penelitian dilakukan terhadap tanah di desa Matang Panyang kabupaten Aceh Utara yang mempunyai nilai indeks plastisitas sebesar 20,31%. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan semen terhadap tanah lunak dan kuat geser. Penelitian terhadap pemeriksaan sifat-sifat fisis dan mekanis tanah dengan penambahan semen, yaitu 0%, 3%, 6%, 9% terhadap berat kering tanah. Menurut AASTHO tanah digolongkan ke dalam jenis tanah A-7-6 yaitu jenis tanah berlempung dan berdasarkan sistem klasifikasi USCS tergolong ke dalam jenis tanah lempung plastisitas rendah (CL). Kadar air optimum tanah asli ($w_{optimum}$) 20% dan kepadatan kering (γ_{dmax}) 1,517 gram/cm³. Dari hasil pengujian direct shear kuat geser maksimum terjadi pada kadar semen 9% yaitu sebesar (c) 0,70 kg/cm², (ϕ) 49,62°. Sedangkan pada uji triaksial kuat geser maksimum terjadi pada kadar semen 6% yaitu sebesar (ϕ) 40° (c) 4,519 kg/cm².

Kata kunci: *Semen, Direct Shear, Triaksial, Kuat Geser*

1. Pendahuluan

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat 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 berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Di dalam pekerjaan di lapangan sering dijumpai masalah-masalah geoteknik yang berkaitan dengan tanah. Salah satu tanah yang kurang mendukung untuk pekerjaan konstruksi sipil adalah tanah lunak. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah antara lain yaitu keadaan tanah, jenis tanah, kadar air, jenis beban dan tingkatnya, metode pengujian, tingkat regangan serta anisotropis

Tanah lunak adalah tanah yang memiliki daya dukung yang sangat rendah sehingga bila tanah lunak menerima beban, agregat dari perkerasan akan masuk ke dalam tanah lunak pada saat pemadatan dilaksanakan dan mengakibatkan kekuatan struktur perkerasan berkurang. Pembangunan Konstruksi di atas tanah lunak akan menghadapi beberapa masalah geoteknik salah satunya adalah timbunan badan jalan, masalah yang muncul adalah stabilitas timbunan dan

penurunan kon solidasi tanah yang apabila mengalami pembebanan di atasnya maka tekanan air pori akan naik sehingga air pori keluar dan menyebabkan berkurangnya volume tanah, oleh karena itu akan terjadi penurunan pada tanah. Dilihat dari fakta di atas maka diperlukan perlakuan khusus terhadap tanah lunak yang mempunyai daya dukung rendah. Stabilisasi tanah adalah hal yang sangat penting bagi pembangunan suatu konstruksi apabila tanah yang digunakan tersebut memiliki karakteristik yang kurang baik, seperti tanah lunak

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Tanah

Tanah merupakan semua endapan alam yang berhubungan dengan teknik sipil, kecuali batuan tetap. Batuan tetap menjadi ilmu tersendiri yaitu mekanika batuan (*rock mechanics*). Endapan alam tersebut mencakup semua bahan, dari tanah lempung (*clay*) sampai berangkal (*boulder*). Tanah dapat didefinisikan untuk maksud teknis Padat (*solid*)”.

2.2 Klasifikasi Tanah

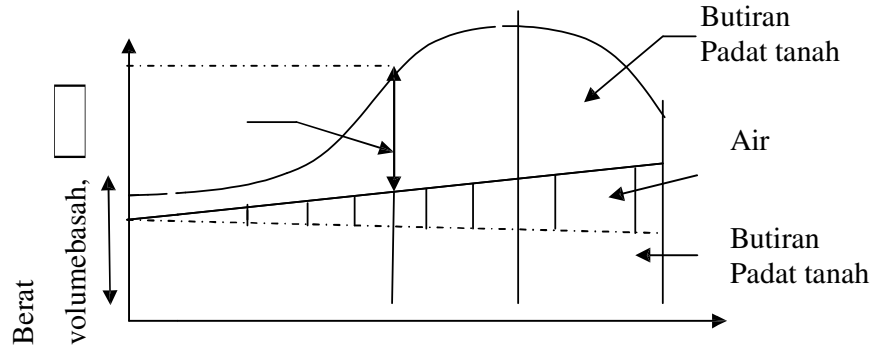
Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Pada umumnya tanah diklasifikasikan sebagai tanah yang kohesif dan tidak kohesif atau sebagai tanah yang berbutir kasar dan halus. Klasifikasi tanah sangat membantu perencana dalam memberikan pengarahannya melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang lalu. Maka dari itu metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sistem klasifikasi *American association of state highway and transportation Official (AASHTO)*.

Sistem klasifikasi tanah (*AASHTO*), menurut Braja M. Das (1995), sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai Public Road Administrator System. Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No 200. Tanah yang lebih dari 35% butiran lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung

2.3 Pemadatan Tanah

Pada dasarnya pemadatan tanah merupakan usaha untuk mempertinggi kepadatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel tanah. Tanah dapat dikerjakan pada mulanya dengan pengeringan, penambahan air, agregat (butir-butir) tersebut dengan bahan-bahan stabilisasi seperti semen Portland (PC), gamping, abu batu bara atau bahan lainnya. Tujuan pemadatan ialah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah, yaitu:

1. Meningkatkan kekuatannya.
2. Memperkecil pemampatan dan daya rembes airnya.
3. Memperkecil pengaruh air terhadapnya.



Gambar 1 Prinsip pemadatan
Sumber: Braja M. Das (1995)

Kerugian pertama adalah pemuaian (bertambah kadar air dari nilai patokannya) dan kemungkinan pembekuan tanah itu akan membesar. Proktor mendefinisikan empat variabel pemadatan tanah, yaitu:

1. Usaha pemadatan (energi pemadatan)
2. Jenis tanah
3. Kadar air
4. Berat isi kering (proktor menggunakan angka pori)

Apabila diketahui tanah basah di dalam cetakan yang volumenya diketahui, maka berat isi basah dapat langsung dihitung dengan persamaan 1

$$\gamma_{\text{basah}} = \frac{\text{Berat tanah basah di dalam cetakan}}{\text{Volume cetakan}} \dots\dots\dots (1)$$

Dari uji pemadatan dapat diketahui derajat kepadatan tanah yang diukur diukur dari berat volume keringnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan dengan persamaan 2:

$$\gamma = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

- γ_b = berat volume tanah basah (gr/cm^3)
- γ_d = berat volume tanah kering (gr/cm^3)
- w = kadar air (%)

Setelah dilakukan pemadatan kerapatan butiran dan kadar air tanah juga kerapatan keringnya ditentukan. Proses ini diulangi sedikitnya lima kali untuk tanah yang sama, dan kadar air contoh tanah tersebut dinaikkan pada setiap proses. Untuk suatu kadar air tertentu berat volume kering maksimum secara teoritis didapat bila pori-pori tanah sudah tidak ada udara lagi, yaitu pada saat di mana derajat kejenuhan tanah sama dengan 100%. Jadi berat volume kering maksimum (teoritis) pada suatu kadar air tertentu dengan kondisi zero air voids (pori-pori tanah tidak mengandung udara sama sekali) dapat di tulis sebagai:

$$\gamma_{zav} = \frac{Gs \cdot \gamma_w}{1 + e} \dots\dots\dots (3)$$

di mana:

γ_{zav} = berat volume pada kondisi zero air void

γ_w = berat volume air

e = Angka pori

G_s = berat spesifik butiran padat tanah

2.4 Kuat Geser Tanah

Kuat geser atau tepatnya ketahanan geser ini perlu diketahui untuk analisis stabilitas tanah. Menurut Braja M.Das (1985), kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut persatuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Untuk menganalisis masalah stabilitas tanah seperti daya dukung stabilitas talud (lereng), dan tekanan tanah ke samping pada turap maupun tembok penahan tanah, mula-mula kita harus mengetahui sifat-sifat ketahanan penggesernya tanah tersebut. Untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan antara tegangan normal dan geser (Coulomb, 1776)

$$t_f = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (4)$$

di mana:

t_f = tekanan geser pada bidang runtuh

c = kohesi

σ = tekanan efektif

ϕ = sudut geser dalam

Hubungan di atas disebut juga sebagai kriteria keruntuhan *Mohr-Coulomb*. Pada tanah jenuh air, besar tegangan normal total pada sebuah titik adalah sama dengan jumlah tegangan efektifnya ditambah dengan tegangan air pori, atau:

$$c = \sigma' + u \dots\dots\dots (5)$$

Tegangan efektif σ' diterima oleh bagian butiran padat dari tanah. Jadi berdasarkan prinsip mekanika tanah, persamaan dapat ditulis menjadi:

$$t_f = c + (\sigma - u) \tan \phi \dots\dots\dots (6)$$

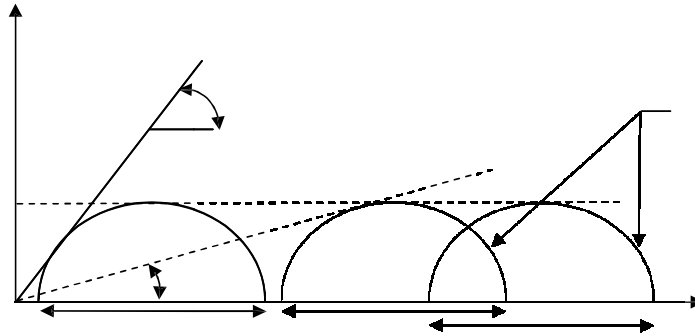
$$t_f = c + \sigma' \tan \phi \dots\dots\dots (7)$$

2.5 Pengujian Triaksial UU

Uji geser triaksial adalah uji yang paling dapat diandalkan untuk menentukan parameter tegangan geser. Bila sampel tanah lempung dikonsolidasi pada tegangan sel sebesar σ_3 dan kemudian ditekan (geser) sampai

mencapai keruntuhan tanpa mengizinkan adanya pengaliran air dari dan ke dalam benda uji, kondisi tegangan total pada saat runtuh dapat digambarkan dengan lingkaran Mohr pada gambar 2. Karena kekuatan geser kondisi air termampatkan dari tanah tidak tergantung pada tegangan penyekap maka persamaan kuat geser dapat dinyatakan dalam persamaan 7 sebagai berikut:

$$t = \frac{\sigma_1}{f_2} = \frac{qu}{2} = c \quad \dots\dots\dots (7)$$



Gambar 2 Lingkaran Mohr untuk tegangan total pada saat runtuh
Sumber: Braja M. Das (1985)

2.6 Pengujian Direct Shear

Kekuatan geser tanah (*Soilshear Strength*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan maksimum tanah untuk bertahan terhadap usaha perubahan bentuk pada kondisi tekanan (*Pressure*) dan kelembapan tertentu. Dun et al (1980) mengatakan bahwa jika kekuatan tanah lebih besar dari pada tegangan yang bekerja pada tanah maka tanah aman terhadap keruntuhan pada bidang yang ditinjau, tetapi jika tegangan tersebut lebih kekuatan tanah maka akan terjadi keruntuhan.

Pengujian kuat geser tanah dengan alat *Directshear* dilaksanakan dengan menggunakan sebuah kotak geser. Sebuah sampel tanah ditempatkan dalam kotak geser langsung dan diberi beban normal (N), kemudian diberi gaya horizontal (T) untuk menggeser sampel sepanjang bidang horizontal A-A. alat uji tersebut terdiri dari sebuah kotak logam berisi sampel tanah yang akan diuji. Kotak tersebut terbagi dua sama sisi dalam arah horizontal. Gaya normal pada sampel tanah didapat dengan menaruh suatu beban di atas sampel tanah tersebut. Beban dapat menyebabkan tekanan pada sampel tanah tersebut. Gaya geser diberikan dengan mendorong sisi kotak sebelah atas sampai terjadi keruntuhan geser pada tanah. Pada tanah kohesif sudut geser θ merupakan parameter yang mempunyai peranan utama dalam menentukan daya dukung tanah (*Bearing Capacity*). Selama pengujian kuat geser langsung dicatat harga dial horizontal, harga dial vertical dan provingring. Ketiga harga tersebut digunakan dalam perhitungan dengan memakai persamaan:

$$\%d = \text{harga dial horizontal} \times \frac{0,01}{d \text{ cutting ring} \times 10} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

$$\%d = \text{harga dial vertikal} \times \frac{0,01}{d \text{ cutting ring} \times 10} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{Cor Area} = \frac{\text{luas cutting ring}}{100 / (100 - \%d)} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{Tegangan geser} = \frac{\text{harga proving ring}}{\text{correction area}} \dots\dots\dots (11)$$

$$\text{H arg a proving ring} = \text{h arg a dial} \times \text{kalibrasi alat} \dots\dots\dots (12)$$

Jika hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser yang berupa sejumlah titik yang masing-masing dihubungkan, maka terbentuk garis lurus yang disebut garis kekuatan (*Strength Line*). Sudut yang dibentuk antara garis horizontal dengan garis kekuatan disebut sudut geser dalam (θ). Nilai kohesi (c) adalah angka yang vertical.

3. Metode Penelitian

Untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, dilakukan beberapa tahap pemeriksaan dan pengujian yang berkaitan antara satu dengan lainnya. Data yang diperlukan meliputi data primer dan data sekunder, data primer adalah data utama dalam penelitian yang diperoleh dari hasil pengamatan atau pemeriksaan terhadap benda uji seperti kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, analisa saringan, alat uji standar proctor. Data sekunder adalah data pendukung data primer yang diperlukan dalam penelitian seperti angka koreksi benda uji, studi literature dengan persiapan dan pengadaan material yaitu tanah asli dan bahan penambahan yaitu semen.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian laboratorium

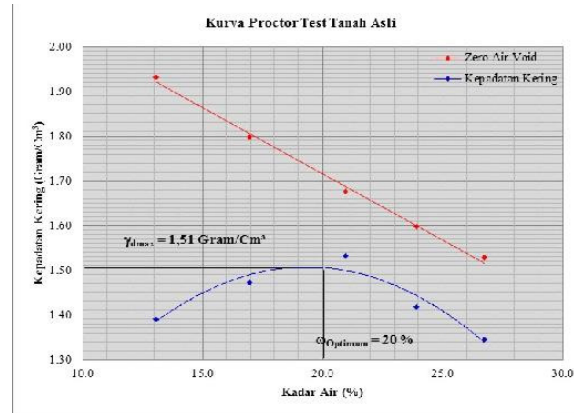
Tanah yang berasal dari Desa Matang Panyang Kecamatan Baktiya Barat Kabupaten Aceh utara mengandung kadar air sebesar 22,915%, Berat volume tanah rata-rata 1,632 gram/cm³, Berat jenis tanah rata-rata 2.586 gram/cm³.

4.2 Sistem klasifikasi tanah

Berdasarkan system klasifikasi *AASTHO* maka tanah dari Desa Matang Panyang Kecamatan Baktiya Barat Kabupaten Aceh utara dapat klasifikasikan kedalam kelompok tanah berlempung A-7-6.

4.3 Pengujian pemadatan (*proctor test*)

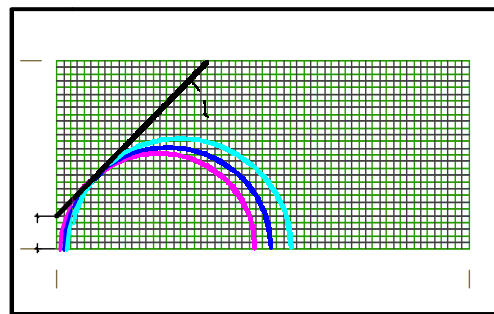
Dari nilai density (γ_{dmax}) 1,51 gram/cm³, maka untuk tanah asli diperoleh nilai kadar air optimum ($\omega_{optimum}$) 20%,



Gambar 3 Grafik Pemadatan Tanah Asli

4.4 Pengujian Triaksial Laboratorium

Pada pengujian Triaksial penambahan semen dengan variasi 0% tanah asli, 3% semen, 6% semen, 9% semen. Kadar air yang dipakai untuk pengujian ini diperoleh dari kadar air optimum (W_{opt}) yang didapat dari hasil pengujian proctor. Dengan benda uji 3 sampel, sampel I diberikan $\sigma_3=0,5 \text{ kg/cm}^2$, sampel II $\sigma_3=1\text{kg/cm}^2$, sampel III $\sigma_3=1,5\text{kg/cm}^2$. Jadi benda uji keseluruhannya dalam pengujian Triaksial ada 12 sampel benda uji. Uji Triaksial yang digunakan yaitu tipe *Unconsolidated-Undrained* (UU).



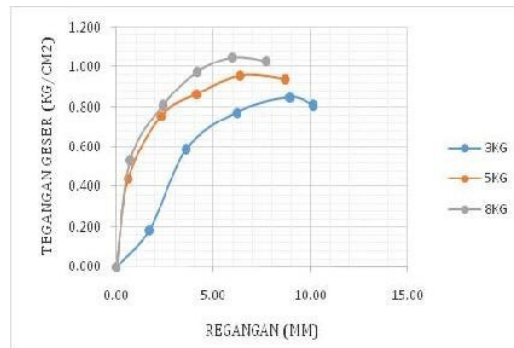
Gambar 4 Grafik Lingkaran Mohr Clay Tanah Asli

Dari gambar 4 didapat $\sigma_1=47 \text{ kg/cm}^2$, $c=4,882\text{kg/cm}^2$ dengan $\sigma_3=0,5 \text{ kg/cm}^2$ hasil dari pengujian didapat $\sigma_1= 28,53\text{kg/cm}^2$, $\sigma_3= 1\text{kg/cm}^2$ hasil dari pengujian didapat $\sigma_1= 30,37 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_3=1,5 \text{ kg/cm}^2$ hasil dari pengujian didapat $\sigma_1=32,87 \text{ kg/cm}^2$.

4.5 Pengujian Direct Shear

Pada pengujian direct shear terhadap tanah asli dan dengan variasi semen dengan stabilisasi, 3%, 6%, dan 9% dengan masa pemeraman 24 jam. Kadar air yang dipakai untuk pengujian ini diperoleh dari kadar air optimum (W_{opt}) yang didapat dari hasil pengujian proctor test. Dengan benda uji 3 sampel dalam satu

variasi, sampel I diberikan beban =3 kg, sampel II =5 kg, sampel III=8 kg. Jadi benda uji keseluruhannya dalam pengujian direct shear ada 12 sampel benda uji.



Gambar 5 Grafik Hubungan Tegangan Geser Dengan Regangan Pada Tanah Asli

Tabel 1 Hasil Keseluruhan Pengujian Direct Shear

No	Penambahan Kapur (%)	σ_1 (kg/cm ²)	σ_2 (kg/cm ²)	σ_2 (kg/cm ²)	C (kg/cm ²)	Φ (°)	σ_f (kg/cm ²)
1	Tanah asli	0,0962	0,1604	0,25661	0,750	53,13	0,7013
2	Tanah asli + 3% semen	0,0962	0,1604	0,25661	0,650	67,74	0,2822
3	Tanah asli + 6% semen	0,0962	0,1604	0,25661	1,050	42,39	12,087
4	Tanah asli + 9% semen	0,0962	0,1604	0,25661	0,700	49,62	0,572

Tabel 2 Hasil Keseluruhan Pengujian Triaksial

No	Penambahan Semen (%)	σ_3 kg/cm ²	σ_1 kg/cm ²	Φ (°)	C (kg/cm ²)
1	Tanah asli	0,5	28,53	47	4,882
		1	30,37		
		1,5	31,37		
2	Tanah asli + 3%semen	0,5	22,20	42	4,375
		1	23,96		
		1,5	26,07		
3	Tanah asli + 6%semen	0,5	25,18	40	4,519
		1	26,14		
		1,5	29,31		
4	Tanah asli + 9%semen	0,5	9,85	36	1,987
		1	10,51		
		1,5	10,87		

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Menurut klasifikasi *AASHTO*, tanah ini diklasifikasikan dalam kelompok A-7-6 dengan nilai group indeks (GI) sebesar 17%. Sedangkan menurut klasifikasi *USCS* tanah ini termasuk ke dalam kelompok CL yaitu lempung plastisitas rendah.
2. Kadar air tanah asli yaitu 22,019%, spesifik gravitasi (G_s) 2,59, berat volume 2,006 gr/cm³, batas cair (LL) 44,10%, batas plastis (PL) 23,79%, dan indeks plastis (IP) 20,31%.
3. Setelah melakukan uji pemadatan dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan semen dengan variasi 3%, 6% dan 9% dapat meningkatkan kepadatan kering (γ_{dmax}) dan menurunkan kadar air optimum ($w_{optimum}$), hal ini disebabkan oleh adanya air yang semula mengisi pori-pori pada tanah diganti dengan bahan campuran semen, sehingga menyebabkan terjadinya pengecilan rongga-rongga antara partikel tanah.
4. Pada pengujian triaxial dan direct shear tanah asli dan penambahan 3%, 6% dan 9% semen menunjukkan nilai sudut geser cenderung mengecil dan nilai kohesinya cenderung meningkat. Maka semakin besar nilai parameter kuat geser tanah dikarenakan terjadinya pergeseran partikel antara tanah.
5. Kuat geser tanah asli pada tekanan air σ_3 sebesar 0,5 kg/cm² dan σ_1 sebesar 28,53 kg/cm² maka nilai kuat geser tanah yaitu τ_f sebesar 0,7013 kg/cm², pada tekanan air σ_3 sebesar 1 kg/cm² dan σ_1 sebesar 30,37 kg/cm² maka nilai kuat geser tanah yaitu τ_f sebesar 0,2822 kg/cm², pada tekanan air σ_3 sebesar 1,5 kg/cm² dan σ_1 sebesar 31,37 kg/cm² maka nilai kuat geser tanah yaitu τ_f sebesar 12,087 kg/cm².

Daftar Kepustakaan

- Bowles. E. Joseph, 1993, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Terjemahan Ir Johan Kelana Putra Hanum, Erlangga, Jakarta.
- Braja M. Das, 1993, *Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, terjemahan Ir. Johan Kelana Putra Hanum, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Braja M. Das, 1996, *Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, terjemahan Ir. Johan Kelana Putra Hanum, Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Dunn, et.al, 1980, *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*, terjemahan Ahmad Toekiman, IKIP Semarang Press, Semarang.
- Hardiyatmo, H.C, 1992, *Mekanika Tanah I*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wesley, L.D, 1977, *Mekanika Tanah*, Cetakan ke enam, Pekerjaan Umum. Jakarta Selatan