

## PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SEMEN, TRAS DAN BATU APUNG TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Suci Cahyani Mukramin

O. B. A Sompie, J. E. R. Sumampouw

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [sucimukramin97@gmail.com](mailto:sucimukramin97@gmail.com)

### ABSTRAK

*Kekuatan tanah dasar memegang peranan penting dalam mendukung beban konstruksi. Seringkali tanah belum tentu langsung dapat digunakan. Masalah tersebut biasanya terdapat pada tanah lempung yang umumnya memiliki kuat geser yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan stabilisasi untuk memperbaiki sifat-sifat tanah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan campur semen, tras dan batu apung terhadap kuat geser tanah lempung dengan perbandingan variasi semen: tanah: tras dan batu apung yaitu 1:3:4, 1:4:3, 1:5:2 dan 1:6:1.*

*Hasil dari penelitian pemadatan yang dilakukan, menunjukkan bahwa penambahan bahan campur terjadi peningkatan  $\gamma_{dmax}$  menjadi 1.378 gr/cm<sup>3</sup> pada campuran 1:6:1. Nilai maksimum tegangan geser dan sudut geser dalam terjadi pada campuran 1:3:4 dengan nilai  $\tau = 15.938$  t/m<sup>2</sup> dan sudut geser dalam  $\phi = 38^\circ$ . Nilai kohesi tanah mencapai maksimum pada campuran 1:6:1 dengan  $c = 2.3990$  t/m<sup>2</sup>. Semakin besar nilai kadar air optimum maka semakin besar pula nilai kohesi sedangkan nilai sudut geser dalam dan tegangan geser semakin kecil. Nilai kadar air optimum terbesar berada pada campuran 1:5:2. Analisis kestabilan menggunakan metode Janbu dengan program Rocscience Slide 6.0 didapatkan pada keadaan tanah asli menunjukkan kondisi stabil menengah. Kemudian, setelah penambahan bahan campur, Faktor Keamanan meningkat menjadi 2.621 pada campuran 1:5:2. Hal ini dikarenakan semakin besar nilai berat isi kering dan kohesi maka semakin besar pula faktor keamanan dan semakin besar nilai sudut geser dalam maka semakin kecil faktor keamanan. Dengan demikian terjadi peningkatan kuat geser dari kondisi tanah asli.*

**Kata Kunci :** *Stabilisasi Tanah, Semen, Tras, Batu Apung, Kuat Geser, Faktor Keamanan*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Tanah sangat memegang peran penting sebagai dasar pondasi sehingga diharapkan mampu untuk mendukung beban konstruksi yang ada di atasnya. Namun, tidak dapat dihindari pembangunan diatas tanah lempung yang memiliki kuat geser rendah yang mengakibatkan terbatasnya beban konstruksi yang dapat bekerja. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut dengan menstabilisasi tanah itu sendiri.

Stabilisasi tanah dengan campuran semen dianggap dapat digunakan karena semen memiliki bahan pozolanik yang sifatnya mengikat mineral lain sehingga menjadi semakin keras dalam jangka waktu tertentu. Namun semen tergolong tidak ekonomis.

Pada bidang teknik sipil, tras dan batu apung dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi karena sifatnya mirip dengan semen yang terkandung bahan pozolanik. Tras dan batu apung juga tergolong ekonomis karena bahan ini mudah

diperoleh dan banyak tersedia di alam serta mengandung silika sebagai bahan tambah stabilisasi. Penggunaan tras dan batu apung sebagai bahan stabilisasi masih belum banyak dikaji. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian mendalam untuk menjadikan tras dan batu apung lebih berguna.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu seberapa besar perubahan kuat geser dan faktor keamanannya yang terjadi setelah distabilisasi dengan semen, tras dan batu apung.

#### Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian ini, maka perlu di adakan batasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material tanah yang digunakan merupakan tanah yang berasal dari Maumbi, Minahasa Utara dengan kedalaman 50-100 cm.
2. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah :

- Semen Portland merek Tonasa jenis PCC
  - Tras hasil letusan Gunung dari Wilayah Koka
  - Batu apung dari Koka
3. Perbandingan campuran untuk semen : tanah : tras dan batu apung yaitu 1:3:4 , 1:4:3 , 1:5:2 , 1:6:1.
  4. Pemadatan dilakukan secara manual.
  5. Uji Triaksial dilakukan selang 20 menit sesudah *material sampling* di *remoulded*.
  6. Pemeriksaan kuat geser tanah dengan cara Triaksial uji *Unconsolidated Undrained Test (UU Test)*.
  7. Analisis kestabilan menggunakan *Program Software Roscience Slide 6.0*.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh penambahan bahan campuran terhadap kuat geser tanah dengan cara menggambarkan hubungan variasi campuran dengan:
  - a. Berat isi kering tanah
  - b. Kadar air tanah optimum
  - c. Kohesi
  - d. Sudut geser dalam
2. Untuk mengetahui angka faktor keamanan yang akan ditinjau sehingga dapat diketahui tingkat keamanannya.
3. Untuk mendapatkan hubungan antara faktor keamanan dengan kuat geser tanah.

### Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini yaitu dapat menambah ilmu pengetahuan, wawasan dan pembeding kelak jika akan melakukan suatu pekerjaan yang sama atau sejenis.

## LANDASAN TEORI

### Tanah

Tanah umumnya disebut sebagai :

1. Kerikil (*gravel*), yang berukuran lebih besar 2 mm.
2. Pasir (*sand*), yang berukuran antara 0.06 mm sampai 2 mm.
3. Lanau (*silt*), yang berukuran dari 0.002 sampai 0.06 mm.
4. Lempung (*clay*), yang berukuran kurang dari 0.002 mm (2 *mikron*). Namun demikian di beberapa kasus, partikel antara 0.002 mm

sampai 0.005 mm juga masih di golongan sebagai patikel lempung (lihat astm D-653).

Salah satu indikator untuk meramalkan potensi pengembangan tanah adalah Indeks Plastisitas (PI). Tanah dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan sifat plastisitasnya yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Nilai Indeks Plastisitas

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesif
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber: Hardiyatmo, Mekanika Tanah I)

### Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung suatu lapisan tanah dengan cara memberikan perlakuan (*treatment*) khusus terhadap lapisan tanah tersebut.

Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu :

1. Untuk memperbaiki (meningkatkan) daya dukung tanah.
2. Untuk memperbaiki (memperkecil) penurunan lapisan tanah.
3. Untuk memperbaiki (menurunkan) permeabilitas dan swelling potensial tanah.
4. Untuk menjaga (mempertahankan) potensi tanah yang ada (*existing strength*).

### Semen

Semen merupakan bahan stabilisasi yang baik mengingat bahwa kemampuan mengeras dan mengikat partikel sangat bermanfaat bagi usaha mendapatkan suatu massa tanah yang kokoh dan tahan terhadap deformasi (Soekoto, 1984).

Stabilisasi dengan semen akan membentuk skeleton-skeleton dalam massa tanah yang memberikan dampak positif pada peningkatan daya dukung dan memperkecil penurunan lapisan tanah. Akan tetapi, kandungan semen yang terlalu tinggi juga tidak akan berdampak baik karena berpengaruh terhadap kekakuan campuran. Beberapa penelitian mengenai kebutuhan kadar semen untuk berbagai jenis tanah sebagai berikut:

Tabel 2. Kebutuhan Kadar Semen Untuk Berbagai Jenis Tanah  
(Sumber : *ACI Committee 230, 2009*)

Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO	Klasifikasi Tanah Menurut ASTM	Kadar Semen* (%)
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM	3-5
A-1-b	GM, GP, SM, SP	5-8
A-2	GM, GC, SM, SC	5-9
A-3	SP	7-11
A-4	CL, ML	7-12
A-5	ML, MH, CH	8-13
A-6	CL, CH	9-15
A-7	MH, CH	10-16

\* Tidak termasuk tanah organik. Kemungkinan perlu penambahan semen untuk kondisi yang parah seperti perkuatan lereng.

### Tras

Tras adalah hasil letusan gunung berapi, berbentuk butiran halus yang mengandung oksida silika (SiO<sub>2</sub>) yang telah mengalami proses pelapukan hingga derajat tertentu. Tras merupakan bahan Pozzolan alam karena sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika dan atau aluminat yang reaktif. Tras umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku batako, industri semen, campuran bahan bangunan dan semen alam..

### Batu Apung

Batu apung adalah salah satu jenis material yang berasal dari muntahan lahar panas gunung berapi. Kemudian dilanjutkan proses pendinginan secara alami dan terendapkan di dalam lapisan tanah selama bertahun-tahun (Muljadi, 2008).

Batu apung merupakan hasil dari gunung api kaya akan silika dan mempunyai struktur porous, terjadi karena keluarnya uap dan gas-gas yang larut di dalamnya pada waktu terbentuk. Bentuknya berupa fragmen berukuran bongkah hingga pasir atau bercampur antara halus dan kasar. Adapun batu apung itu sendiri terdiri dari silika, alumina, potash, soda, besi oksida.

### Pemadatan

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan salah

satu cara mekanis. Tujuan pemadatan antara lain:

1. Mempertinggi kuat geser tanah.
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas)
3. Mengurangi permeabilitas.
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lainnya.

Dalam setiap pekerjaan pemadatan yang dikerjakan, dihitung:

1. Kadar air tanah

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

dimana:

$W_w$  = Berat air

$W_s$  = Berat butiran tanah

2. Berat isi basah

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

dimana:

$\gamma$  = Berat isi basah

$W$  = Berat tanah

$V$  = Volume silinder tanah

3. Berat volume kering tanah

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{100+w} \times 100$$

dimana:

$\gamma_d$  = Berat isi kering tanah

$w$  = Kadar air

4. Berat jenuh tanah sama dengan 100%

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+w/100 \cdot G_s}$$

dimana:

$G_s$  = Berat jenis butir tanah

$\gamma_w$  = Berat isi air

### Pengujian Kuat Geser Tanah dengan Triaksial Test

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap keruntuhan dan pergeseran yang terjadi akibat beban yang dialaminya. Secara khusus dalam bidang geoteknik untuk kekuatan tanah biasanya ditunjukkan pada kekuatan gesernya.

Persamaan umum dapat ditulis sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Dimana:

$\tau$  = Kuat geser

$c$  = Kohesi undrained

$\sigma$  = Tegangan normal pada bidang tinjauan =  $\frac{Q}{A}$

$Q$  = Gaya normal

$A$  = Luas penampang bidang tinjauan

$\phi$  = Sudut geser dalam tanah

Ada 3 jenis uji triaksial berdasarkan pembebanan dan kondisi pengaliran:

1. *Unconsolidated Undrained Test (UU Test)*
2. *Consolidated Undrained Test (CU Test)*
3. *Consolidated Drained Test (CD Test)*

**Faktor Keamanan Dengan Metode Janbu**

Umumnya faktor keamanan didefinisikan sebagai :

$$FK = \frac{\text{kekuatan geser rata-rata tanah}}{\text{tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor}}$$

Nilai-nilai kestabilan suatu lereng dapat ditunjukkan tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Klasifikasi Indeks Stabilitas Lereng SINMAP

(Sumber: SINMAP *User's Manual*, 1998)

Kondisi	Kategori	Keterangan
SI > 1.5	<i>Stable</i>	Daerah dengan lereng stabil.
1.5 > SI > 1.25	<i>Moderately Stable Zone</i>	Daerah dengan lereng stabil menengah – quasi. Apabila terjadi gangguan pada lereng berupa pemotongan lereng, pembebanan dan gempa bumi dapat meningkatkan tingkat kerawanan lereng.
1.25 > SI > 1.0	<i>Quasi Stable Slope Zone</i>	
1.0 > SI > 0.5	<i>Lower Threshold Slope Zone</i>	Daerah dengan tingkat kestabilan lereng tidak stabil.
0.5 > SI > 0.0	<i>Upper Threshold Slope Zone</i>	
0.0 > SI	<i>Defended</i>	Daerah dengan tingkat kestabilan lereng sangat tidak stabil.

Pada tahun 1954 Janbu membuat suatu metode analisa yang dapat digunakan pada permukaan longsor yang berbentuk *circular* dan *non circular*. Tahun 1957, Janbu merumuskan persamaan umum keseimbangan dengan menyelesaikan secara vertikal dan sejajar pada dasar tiap-tiap irisan.

Dengan memperhitungkan seluruh keseimbangan gaya maka rumus untuk Faktor Keamanan diperoleh sebagai berikut :

$$FK = \frac{\sum(C+N' \tan \phi) \cos \alpha}{\sum A_4 + \sum N' \sin \alpha}$$

dimana:

N' = Tegangan normal efektif

α = Sudut kemiringan dasar irisan

Faktor keamanan yang didapat harus dikoreksi dengan persamaan :

$$FK = f_0 \times FK_{\text{terhitung}}$$

dimana:

f<sub>0</sub> = Nilai Koreksi

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Umum**

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu penelitian eksperimental dan analisis hasil penelitian (tabel, grafik dan teori). Sebelum dilaksanakan pengujian utama, dilakukan pengujian penunjang untuk mengetahui karakteristik dari tanah. Pengujian utama dilakukan dengan pengujian Pemadatan dan Triaksial. Namun sebelumnya dilakukan persiapan benda uji terlebih dahulu. Perbandingan benda ujinya sebagai berikut :

1. Tanah asli
2. 1 semen: 3 tanah: 4 tras dan batu apung
3. 1 semen: 4 tanah: 3 tras dan batu apung
4. 1 semen: 5 tanah: 2 tras dan batu apung
5. 1 semen: 6 tanah: 1 tras dan batu apung

Pada pengujian tersebut, akan didapatkan data berat isi kering maksimum (V<sub>d</sub>max), kohesi ( c ) dan sudut geser dalam (φ). Kemudian dari data tersebut, dianalisis menggunakan program *Rocscience Slide*. Selain menggunakan data tersebut, digunakan juga data koordinat tanah sebagai berikut:

- |         |          |
|---------|----------|
| A(0,0)  | C(15,4)  |
| B(15,0) | D(0.5,4) |

**Pengujian Laboratorium**

Pelaksanaan pengujian sampel dilakukan dengan prosedur-prosedur laboratorium yang sesuai standar ASTM (*American Society Of Testing Material*) dan SNI (Standar Nasional Indonesia).

Adapun material-material yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

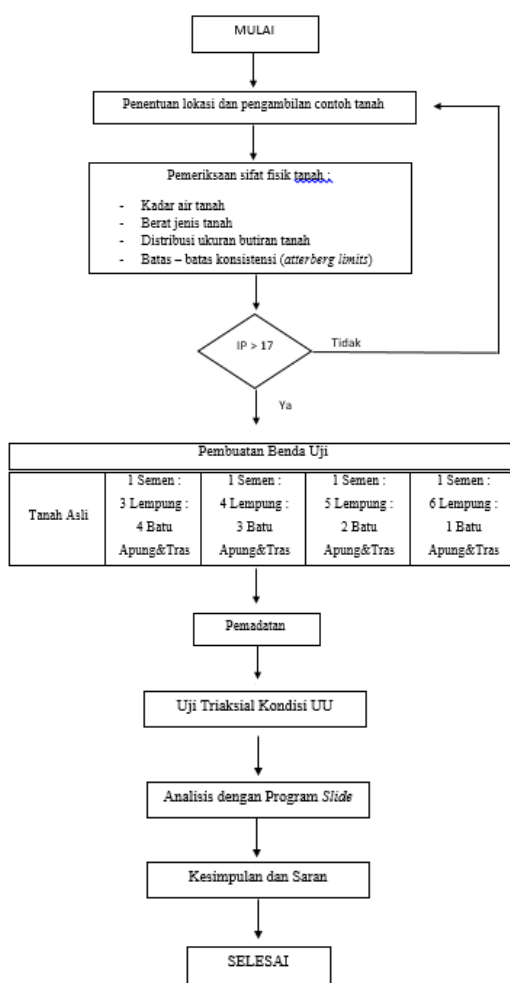
1. Tanah  
Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian yaitu tanah yang diambil dari Maumbi pada kedalaman 50-100 cm dengan menggunakan sekop kemudian dimasukkan kedalam karung.
2. Semen  
Semen yang digunakan adalah jenis Portland Cement dengan merek Tonasa yang dibeli di toko bangunan terdekat.
3. Tras dan Batu Apung

Tras dan batu apung yang digunakan diambil dari Koka.

Adapun percobaan-percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Kadar Air
2. Berat Jenis
3. Analisa Saringan
4. Hidrometer
5. Batas – Batas Atterberg ( Batas Cair dan Batas Plastis )
6. Pemadatan
7. Triaksial kondisi *Unconsolidated Undrained*

Diagram alir penelitiannya sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Analisis Hasil Penelitian

Pengujian yang telah dilaksanakan akan menghasilkan hubungan antara variasi campuran yang diberikan dengan kuat geser tanah. Selanjutnya dibuat tabel hasil pengujian dan grafik untuk memudahkan memberi kesimpulan dalam penelitian.

Selain menggunakan tabel dan grafik untuk mendapatkan hasil yang dicari, digunakan juga analisis teori yang dijadikan pembanding untuk memperkuat hasil yang didapatkan dari laboratorium. Adapun analisis teori yang dimaksudkan adalah analisis menggunakan rumus yang telah ada dan juga ditambahkan dengan hasil analisis menggunakan *Program Software Roscience Slide 6.0*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Hasil pengujian karakteristik tanah pada dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Uji Karakteristik Tanah

No	Karakteristik	Nilai
1	Kadar air	6.376
2	Berat jenis ( <i>Specific Gravity</i> )	2.270
3	Lolos saringan no.200	50.02
4	Batas Cair ( <i>Liquid Limit, LL</i> )	50.00
5	Batas Plastis ( <i>Plastic Limit, PL</i> )	27.97
6	Indeks Plastisitas ( <i>Plasticity Index, PI</i> )	22.03

Pengujian pemadatan hasilnya dirangkum pada tabel 5 berikut :

Tabel 5. Hasil Pengujian Pemadatan

Variasi Campuran Semen : Tanah : Tras dan Batu Apung (Nomor <i>Sampling</i> )	Berat Isi Kering Maksimum ( $\text{g/cm}^3$ )	Kadar Air Optimum (%)
1 Tanah Asli Kering Udara	1.126	23.2
2 1 : 3 : 4	1.150	20.5
3 1 : 4 : 3	1.247	22.4
4 1 : 5 : 2	1.314	25.4
5 1 : 6 : 1	1.378	24.5

Hasil pengujian Triaksial dirangkum pada tabel 6 berikut :

Tabel 6. Hasil Pengujian Triaksial Kondisi UU

Variasi Campuran Semen : Tanah : Tras dan Batu Apung (Nomor <i>Sampling</i> )		Kohesi ( $t/m^2$ )	Sudut Geser Dalam ( $^{\circ}$ )
1	Tanah Asli	1.1860	10
2	1 : 3 : 4	1.1467	38
3	1 : 4 : 3	1.5188	34
4	1 : 5 : 2	2.3035	28
5	1 : 6 : 1	2.3990	21

Tabel 7. Hasil Perhitungan Tegangan Geser

Variasi Campuran Semen : Tanah : Tras dan Batu Apung (Nomor <i>Sampling</i> )		Tegangan Geser ( $t/m^2$ )
1	Tanah Asli	3.894
2	1 : 3 : 4	15.938
3	1 : 4 : 3	14.033
4	1 : 5 : 2	12.076
5	1 : 6 : 1	9.282

Hasil analisis dengan menggunakan program *Rocscience Slide* dapat dilihat pada tabel 8 berikut:

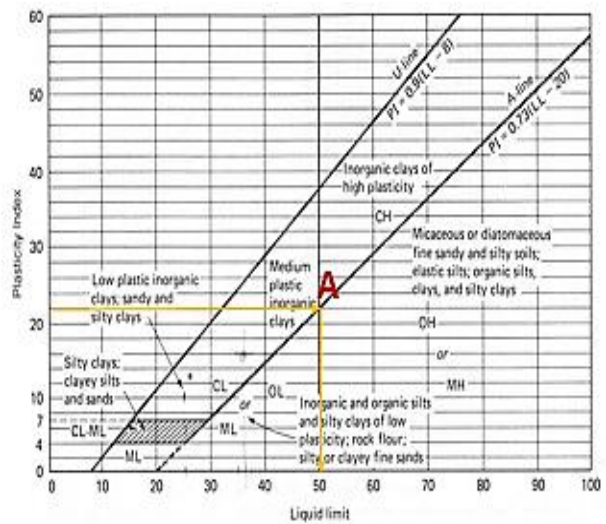
Tabel 8. Hasil Analisis Dengan Program *Rocscience Slide*

Variasi Campuran Semen : Tanah : Tras dan Batu Apung (Nomor <i>Sampling</i> )		Faktor Keamanan
1	Tanah Asli	1.435
2	1 : 3 : 4	1.897
3	1 : 4 : 3	2.090
4	1 : 5 : 2	2.621
5	1 : 6 : 1	2.464

**Pembahasan**

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik pada tabel 4 maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

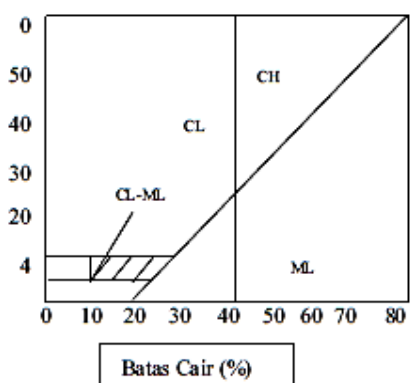
- a) Berdasarkan nilai presentase lolos saringan no.200 tanah lempung, didapat hasil  $\geq 50\%$  lolos, maka berdasarkan tabel klasifikasi USCS tanah ini secara umum dikategorikan kedalam golongan tanah berbutir halus.
- b) Tabel sistem klasifikasi USCS untuk data batas cair dan indeks plastisitas di plot pada diagram plastis sehingga di dapat identifikasi tanah yang lebih spesifik. Hasil dapat dilihat pada gambar 3.



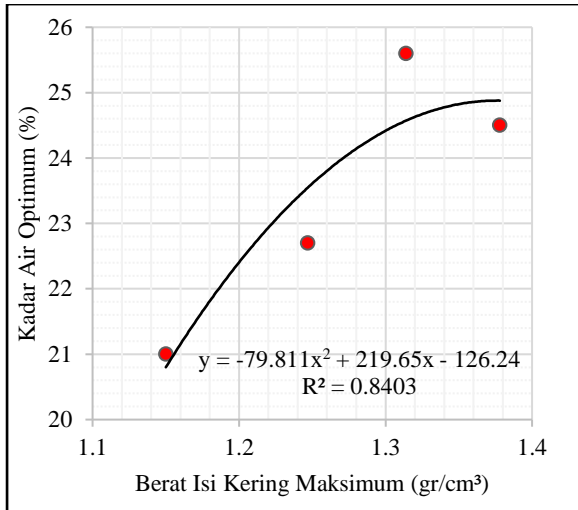
Gambar 3. Diagram Plastisitas Tanah Berbutir Halus USCS

Dapat dilihat dari gambar 3 bahwa hasil plot menunjukkan suatu titik pertemuan dititik A, yang mana titik temu itu menjelaskan jenis tanah yang diuji. Dengan merujuk pada hasil diatas maka tanah berbutir halus tersebut termasuk ke dalam kelompok campuran CL yaitu lempung anorganik dengan plastisitas sedang, lempung “kurus” (*lean clays*) dengan Indeks Plastisitas sebesar 22.03 %.

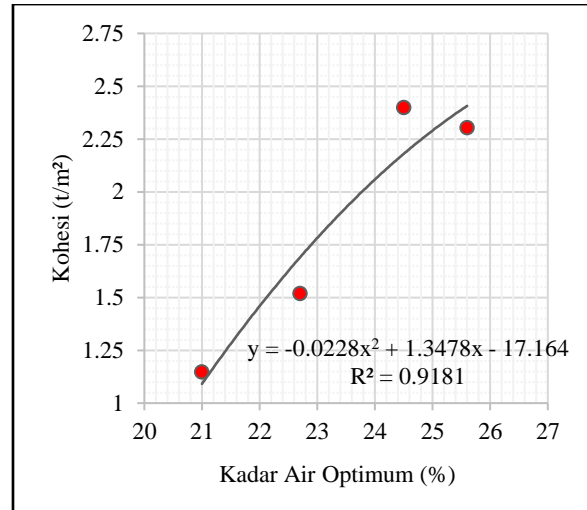
Tabel 9. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar > 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% >= fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
		Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	Pasir dengan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair < 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )	
			OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )		
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

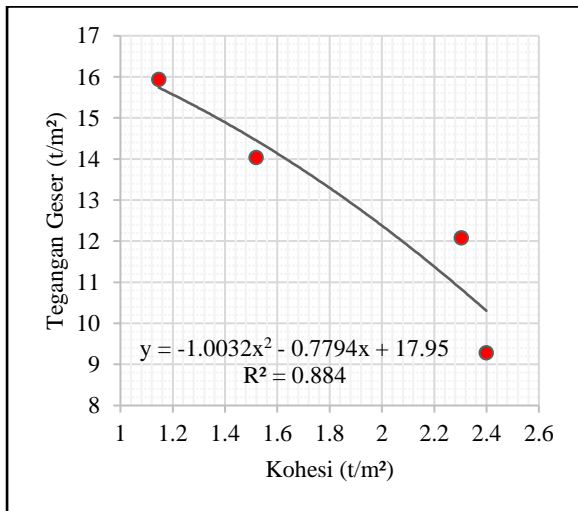
(Sumber: Hardiyatmo, 2002)



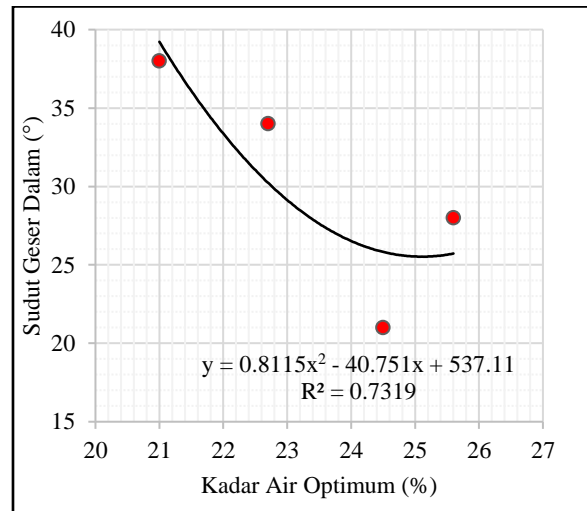
Gambar 4. Hubungan Kadar Air Optimum dengan Berat Isi Kering Maksimum



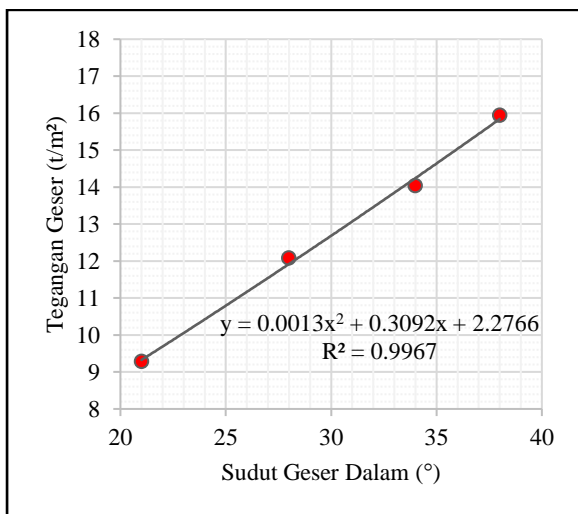
Gambar 7. Hubungan Kadar Air Optimum dengan Kohesi



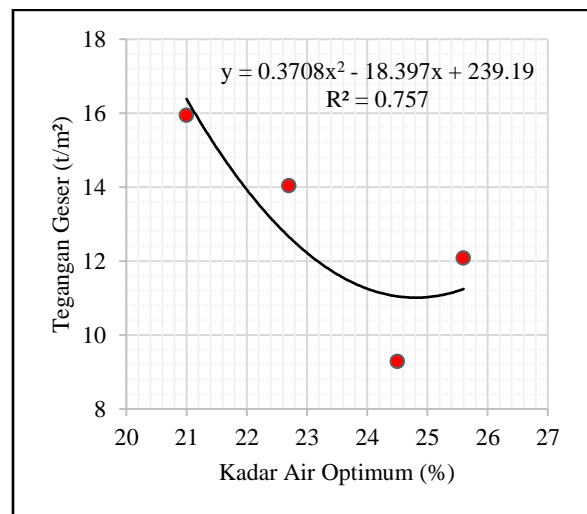
Gambar 5. Hubungan Kohesi dengan Tegangan Geser



Gambar 8. Hubungan Kadar Air Optimum dengan Sudut Geser Dalam

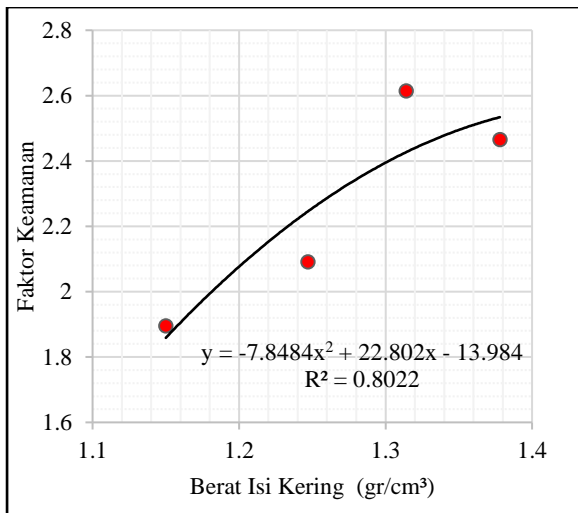


Gambar 6. Hubungan Sudut Geser Dalam dengan Tegangan Geser

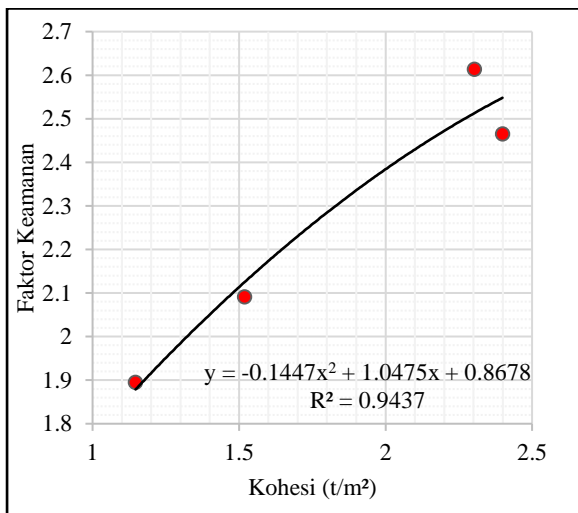


Gambar 9. Hubungan Kadar Air Optimum dengan Tegangan Geser

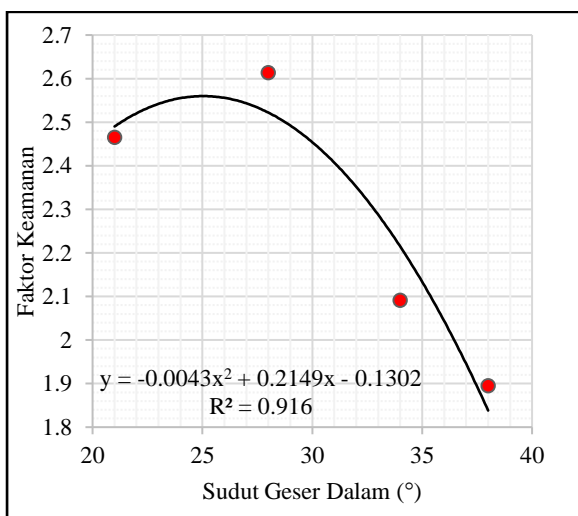




Gambar 10. Hubungan Berat Isi Kering dengan Faktor Keamanan



Gambar 11. Hubungan Kohesi dengan Faktor Keamanan



Gambar 12. Hubungan Sudut Geser Dalam dengan Faktor Keamanan

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian pencampuran semen : tanah : tras dan batu apung dengan berbagai campuran (tanah asli , 1:3:4 , 1:4:3 , 1:5:2 dan 1: 6:1 ) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar nilai berat isi kering maksimum maka semakin besar pula nilai kadar air optimum. Nilai berat isi kering maksimum terbesar berada pada campuran 1 : 6 : 1 yaitu:  $\gamma_{d \text{ maks}} = 1.378 \text{ gr/cm}^3$ , dengan kadar air optimum terbesar berada pada campuran 1 : 5 : 2 yaitu:  $w_{\text{opt}} = 25.4 \%$  (lihat gambar 4).
2. Semakin besar nilai kohesi maka semakin kecil nilai tegangan geser. Campuran 1:6:1 merupakan nilai kohesi terbesar dan tegangan geser terendah dengan nilai kohesi (  $c$  ) = 2.3990 t/m<sup>2</sup> dan tegangan geser (  $\tau$  ) = 9.282 t/m<sup>2</sup> (lihat gambar 5).
3. Semakin besar nilai sudut geser dalam maka semakin besar pula nilai tegangan geser. Nilai sudut geser dan tegangan geser terbesar berada pada campuran 1:3:4 dengan nilai sudut geser dalam (  $\phi$  ) = 38° dan tegangan geser (  $\tau$  ) = 15.938 t/m<sup>2</sup> (lihat gambar 6).
4. Semakin besar nilai kadar air optimum maka semakin besar pula nilai kohesi sedangkan nilai sudut geser dalam dan tegangan geser semakin kecil. Nilai kadar air optimum terbesar berada pada campuran 1:5:2. (lihat gambar 7, 8 dan 9).
5. Pada kondisi tanah asli menunjukkan kondisi stabil menengah dengan nilai FK = 1.435. Setelah penambahan bahan campur, nilai faktor keamanan meningkat mencapai pada campuran 1:5:2 dengan nilai FK = 2.621 kemudian menurun.
6. Semakin besar kohesi dan berat isi kering maka semakin besar pula faktor keamanan. (lihat gambar 10 dan 11).
7. Semakin besar nilai sudut geser dalam maka semakin besar faktor keamanan. Nilai sudut geser dalam membesar sampai sudut geser dalam (  $\phi$  ) = 25° kemudian menurun. (lihat gambar 12)

### Saran

1. Perlu diadakan pengujian dengan bahan campuran kombinasi yang lain. Misalnya dengan bahan-bahan seperti pasir, abu sekam padi, abu rotan, abu batu bara atau zat kimia penstabil lain. Selain itu, dengan campuran jenis tanah yang berbeda.
2. Perlu diadakan pengujian dengan jumlah sampel dan kadar perbandingan variasi campuran yang lebih banyak sehingga didapatkan besarnya kadar variasi sampel yang maksimal pada tegangan geser.
3. Perlu diadakan analisis menggunakan program lain seperti *Plaxis 3D* sebagai pembandingan agar hasil lebih akurat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W, Thomas Lee, Sunil Sharma dan Glenn Boyce. *Slope Stability And Stabilization Methods second edition*. United States: A Wiley-Interscience Publication (Hal 354, 360-361)
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*. Jakarta: Erlangga (Hal 9, 236-238)
- Das, B. M. 1988. *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2*. Jakarta: Erlangga (Hal 1-4, 165-166)
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press (Hal 43, 48, 57, 73, 79, 292)
- Kumalawati, A., Tri M. W. Sir dan Yovinianus Mastaram. 2013. *Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Apung Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal*. Jurnal Teknik Sipil, Volume 2, No. 2.
- Korah, T., 2014. *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Janbu (Studi Kasus : Kawasan Citraland)*. Jurnal Sipil Statik, Volume 2, No. 1.
- Lumikis, B. K., 2013. *Korelasi Antara Tegangan Geser Dan Nilai CBR Pada Tanah Lempung Ekspansif Dengan Bahan Campuran Semen*, tugas akhir S-1 jurusan teknik sipil, FT, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Pangemanan, V. G. M., A. E. Turangan. Dan O. B. A. Sompie., 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius*, Jurnal Sipil Statik, Volume 2. No. 1.
- Pinasang, D. B., O. B. A. Sompie dan Freddy Jansen., 2016. *Analisis Campuran Kapur, Fly Ash dan Kapur-Abu Sekam Padi terhadap Lempung Ekspansif*, Jurnal Ilmiah Media Engineering, Vol. 6., No. 3.
- Pirmadona, S., Muhardi dan Alex Kurniawandy. 2015. *Stabilitas Tanah Plastisitas Rendah Dengan Semen*. Jurnal Fakultas Teknik, Volume 2, No. 2
- PT.Semen Tonasa. “Jenis Produk”. 27 November 2017. [www.sementonasa.co.id/product.php](http://www.sementonasa.co.id/product.php)
- Rolos, G. J., Turangan, A. E., O. B. A. Sompie., 2017. *Analisa Kestabilan Lereng Metode Lowe-Karafiath (Studi Kasus: Glory Hill Citraland)*, Jurnal Tekno, Vol. 15. No. 67.
- Santoso, dkk., *Dasar Mekanika Tanah*. Gunadarma (Hal 11, 17)
- Wesley. 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum (Hal 42)