

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT FIBERGLASS SEBAGAI BAHAN CAMPURAN UNTUK MEMPERKUAT TIMBUNAN TANAH LEMPUNG

Yudianto E. A.¹⁾, Pradana, T. F. P.²⁾

1) Dosen Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

2) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAK

Tanah adalah penahan terakhir beban dari suatu konstruksi yang disalurkan melalui pondasi suatu konstruksi, sehingga tanah selalu berperan penting pada setiap pekerjaan konstruksi. Terbatasnya lahan untuk pembangunan yang diperlukan manusia mengakibatkan tidak dapat dihindarnya pembangunan di atas tanah lempung. Oleh karena itu sangat penting untuk mencari bahan material tambahan yang dapat meningkatkan kualitas daya dukung tanah. Salah satunya dengan menambahkan serat *fiberglass* dalam campuran tanah lempung sebagai timbunan.

Tanah yang digunakan diambil dari Ds. Argotirto, Kec. Sumbermanjing Wetan, Kab. Malang dan bahan campuran serat *fiberglass* yang dipotong 1-3 cm dari penyortir limbah kain perca yang didapat dari penjahit serta rumah konveksi di daerah Malang. Penelitian ini menggunakan variasi kadar campuran yakni 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, untuk mencari kadar optimum penambahan serat *fiberglass*, masing masing benda uji terdiri dari 3 sampel.

Hasil pengujian mendapatkan nilai prosentase kadar campuran serat *fiberglass* optimum pada 2% dengan nilai pengujian *Unconfined Compression* dan *Triaxial UU (Unconsolidated Undrained)* sebesar : Kohesi (0,765 kg/cm²), Sudut Geser dikadar 3% (8,363°), Kuat Tekan Bebas dikadar 2% (1,869 kgf/cm²). Untuk pengujian hipotesis penambahan serat *fiberglass* berpengaruh pada nilai daya dukung tanah.

Kata Kunci: *Triaxial UU, Unconfined Compression, fiberglass*, tanah lempung, kaolinit.

ABSTRACT

Soil is the last load bearing of a construction that is give through the foundation of a construction, so that the soil always plays an important role in every construction work. Limited soil for development that is needed by humans results in inevitable development on clay. Therefore, it is very important to look for additional materials that can improve the quality of the carrying capacity of the soil. One of them by adding fiberglass to the clay mixture as a pile.

The soil used is took from Ds. Argotirto, Kec. Sumbermanjing Wetan, Kab. Malang and mixed fiberglass fibers that are cut 1-3 cm from patchwork waste sorters obtained from tailors and convection houses in the Malang area. This study uses a mixture of mixed levels of 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, to find the optimum level of addition of fiberglass; each specimen consists of three samples.

The test results get the percentage value of optimum fiberglass fiber content mix at 2% with the value of Unconfined Compression and Triaxial Law (Unconsolidated Undrained) of: Cohesion (0.765 kg / cm²), Shear Angle at 3% (8.3630), Compressive Strength 2% (1,869 kgf / cm²). To test the hypothesis of the addition of fiberglass fibers affect the carrying capacity of the soil. Keywords: Triaxial Law, Unconfined Compression, fiberglass, clay, kaolinite.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah adalah bagian yang terdapat dalam kerak bumi yang tersusun atas mineral dan organik yang memiliki sifat, klasifikasi, dan partikel. Dalam bidang Ilmu Teknik Sipil, mengenal istilah seperti; pasir (*sand*), lempung (*clay*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Tanah lempung adalah jenis tanah yang bersifat plastis dan mempunyai sifat lekat antara butir-butir yang disebut kohesif (Darwis, 2018). Studi yang oleh James K. Mitchell (1976) dibagi menjadi 3 golongan besar yaitu Kaolinite, Illite, dan Monmorillonite / Bentonite. Untuk tanah Kaolinite dan Illite dapat dikatakan tanah lempung baik. Kondisi ataupun volume tanahnya tidak terpengaruh dalam kondisi jenuh dan tidak jenuh. Sedangkan tanah Monmorillonite/Bentonite mempunyai sifat yang volume tanahnya sangat dipengaruhi dengan kondisi tanah plastis / tidak plastis.

Dengan digunakan benda uji tanah lempung kaolinit karena memiliki sifat plastis dan kohesif. Mengacu pada sistem klasifikasi tanah dengan metode USCS (*Unified Soil Classification System*), karena metode USCS lebih sering digunakan sebagai acuan pengklasifikasian tanah dalam dunia Mekanika Tanah. Maka dengan penelitian ini, peneliti mengharapkan "*Pengaruh Penambahan Serat Fiberglass Sebagai Bahan Campuran Untuk Memperkuat Timbunan Tanah Lempung*" dapat menjadikan pengetahuan bagi pembaca dalam bidang Ilmu Teknik Sipil, maupun pembaca bukan dalam bidang tersebut.

Rumusan Masalah

- Pengaruh nilai fisik tanah lempung dengan uji kadar air (wc) tanah asli, Uji berat jenis (Gs), ukuran butiran tanah (hydrometer), *Liquid Limit* (LL), *Plastics Limit* (PL), *Shrinkage Limit* (SL).

- hubungan kadar air optimum pada kepadatan tanah
- kuat geser tanah lempung asli dan tanah lempung campuran *fiberglass* dengan
- Prosentase optimum penambahan campuran serat rami yang dapat memperbaiki kuat geser.

Tujuan Penelitian

- mengetahui plastisitas dan kadar air dari uji fisik tanah lempung asli.
- Mendapatkan hubungan kadar air optimum pada kepadatan tanah lempung asli.
- Perbandingan keruntuhan kuat geser tanah lempung dan lempung campuran *fiberglass*
- perbandingan nilai kuat geser tanah, lempung asli dengan lempung campuran *fiberglass*
- nilai prosentase optimum penambahan campuran *fiberglass* pada tanah lempung.

Batasan Masalah

- lempung diambil dari Ds. Argotirto, Kec, Sumbermanjing Wetan, Kab Malang
- bahan campuran *fiberglass* dari dari toko bangunan setempat daerah Kota Malang.
- Penambahan bahan campuran *fiberglass* 0%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%
- *fiberglass* dipotong sepanjang $\geq 1\text{ cm} - \leq 3\text{ cm}$.
- tidak membahas biaya dalam pengaplikasian pada lapangan.

Manfaat Penelitian

- memberi informasi dasar bagi peneliti selanjutnya.
- memberikan suatu informasi dalam pemakaian bahan campuran *fiberglass*
- memanfaatkan limbah untuk segi ekonomi dan lapangan kerja baru bagi masyarakat.
- sebagai masukan dan pertimbangan bagi penelitian sejenisnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

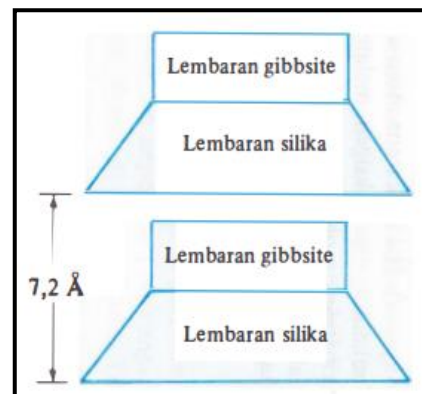
Tanah tersusun dari padatan (bahan mineral dan bahan organik), cairan dan gas, yang menempati permukaan daratan, menempati ruang, dan dicirikan oleh salah satu atau kedua berikut: (Soil Survey, 1999 dalam Ubaidillah A., 2016). Tanah sangat berperan penting karena tanah adalah penahan beban terakhir ke struktur pondasi suatu konstruksi. Pengertian tanah menurut penelitian yang ditulis Bowles (1984) dalam Das, Braja M, 1988 diterjemahkan oleh Endah dan Indrasurya B, 1995, merupakan campuran partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis unsur-unsur sebagai berikut :

- Berangkal (*boulder*) adalah batuan batu besar, lebih besar dari 200mm-300 mm, ukuran-ukuran 150mm-250mm disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).
- Pasir (*sand*) adalah batuan berukuran 0,074mm–5mm, berkisar kasar (3mm–5mm) halus (< 1 mm).

- Lanau (*silt*) adalah partikel berukuran dari 0,002mm– 0,0075mm.
- Lempung (*clay*) adalah partikel berukuran kurang dari 0,002mm.
- Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam, berukuran lebih dari 0,01mm.

Jenis mineral lempung Kaolinite

Kelompok *Kaolinite Serpetin*, yaitu *Hidrus Alumino Silikat*. Kekokohan sifat struktur dari partikel kaolinite menyebabkan sifat-sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut kaolinite menjadi rendah. Mineral kaolinite terdiri dari tumpukan lapisan-dasar lembaran kombinasi *silika-gibbsite* seperti terlihat pada (Gambar 2.1). Setiap lapisan dasar itu mempunyai tebal kira-kira 7,2 Å ($1\text{ Å} = 10^{-10}\text{ m}$). Tumpukan lapisan-lapisan tersebut diikat oleh ikatan hidrogen (*hydrogen bonding*). Mineral kaolinite berwujud seperti lempengan-lempengan tipis, masing-masing dengan diameter kira-kira 1000 Å sampai 20.000 Å dan ketebalan dari 100 Å sampai 1000 Å. Luas permukaan partikel kaolinite per unit massa kira-kira 15 m² /gram. Luas permukaan per unit massa ini didefinisikan sebagai luasan spesifik (*specific surface*) (Das, 1988 diterjemahkan oleh Noor Endah dan Mochtar Indrasurya B., 1995).



Gambar 1. Kelompok *Kaolinite Serpetin*

Pengujian Sifat Fisik dan Teknis Tanah Lempung

Sifat fisik tanah, yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusun massa tanah yang ada. Sedangkan sifat teknis tanah, merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah yang diberi suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis.

1. Kadar Air / Water Content (w) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah.
2. Berat Jenis / Specific Gravity (Gs) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dan berat air pada temperatur dan volume yang sama.

Tabel 2.1. Tipe Berat Jenis dari Jenis – Jenis Tanah

Mineral Tanah	Berat Jenis (G_s)
Quartz (Kwarsa)	2,65
Kaolinite	2,6
Illite	2,8
Montmorillonite	2,65 – 2,80
Halloysite	2,0 – 2,55
Potasium Feldspar	2,57
Sodium & Calcium Feldspar	2,62 – 2,9
Chlorite	2,6 – 2,9
Biotite	2,8 – 3,2
Muscovite	2,76 – 3,1
Hornblende	3,0 – 3,47
Limonite	3,6 – 4,0
Olivine	3,27 – 3,37

(sumber : Das, Braja M, 1988 diterjemahkan oleh Endah dan Indrasurya B., 1995)

Analisa Ukuran Butiran Tanah Hidrometer

Konsistensi tanah lempung (clay) berubah seiring dengan perubahan kadar air nya. Tanah lempung akan menjadi lebih lunak bila kadar airnya meningkat dan sebaliknya akan mengeras bila kadar airnya berkurang. Volume butiran tanah (solid) yang konstan, bila kadar air di dalam tanah lempung tersebut relatif besar, maka menjadi lumpur (slurry) yang bersifat cairan kental (viscous liquid), disebut fase cair (liquid state).

Bila kadar air tanah lempung berkurang, tanah lempung mengeras dan mampu menahan perubahan bentuk, kondisi itu dinamakan fase plastis (plastic state). Jika kadar air dibiarkan

menguap lebih lanjut, maka tanah lempung mengalami penyusutan (shrink), kaku (stiff), dan mudah retak (brittle). Kondisi ini dinamakan fase setengah-padat (semi solid).

Hubungan antara fase tanah, batas Atterberg, dan kadar air.

1. Batas Cair / LL (Liquid Limit) didefinisikan besarnya kadar air di dalam contoh tanah pada saat fase tanah akan berubah dari cair menjadi plastis atau sebaliknya. Liquid limit, dibaca dari grafik kadar air pada 25 ketukan.

2. Batas Plastis / PL (Plastic Limit) didefinisikan tanah menjadi lebih keras dan memiliki kemampuan untuk menahan perubahan bentuk. Perubahan tanah dari cair menjadi padat tersebut akan melalui fase yang dinamakan semi padat.

3. Batas Susut / SL (Shrinkage Limit) didefinisikan untuk mencari prosentase kadar air (water content) terhadap berat kering tanah setelah dioven.

Pemadatan Tanah

Karena adanya air, partikel-partikel tersebut lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dengan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat. Usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat (Prihatono, 2011 dalam Robianti. E, 2017). Dalam pengujian pemadatan tanah terdapat 2 metode yaitu, Pengujian Pemadatan Standar (*Standart Compaction*) dan Pengujian Pemadatan Modifikasi (*Modified Compaction*).

2.2. Harga Batas Atterberg untuk Mineral Lempung

Mineral	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut
Montmorillonite	100 - 900	50 - 100	8,5 - 1,5
Nontronite	37 - 72	19 - 27	
Illite	60 - 120	35 - 60	15 - 17
Kaolinite	30 - 120	25 - 40	25 - 29
Halloysite Terhidrasi	30 - 110	47 - 60	
Halloysite	50 - 70	30 - 45	
Attapulgit	35 - 55	100 - 120	
Chlorite	160 - 230	36 - 40	
Allophane	44 - 47	130 - 140	

Triaxial Test

Untuk mensimulasikan kecepatan penambahan beban yang akan diterima elemen tanah di lapangan, maka Uji *Triaxial* dibagi menjadi 3 (tiga) metode,

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

Identifikasi Tidak Langsung

Batas Atterberg dan prosentase kandungan lempung untuk menggambarkan potensi pengembangan suatu tanah secara kualitatif.

Tabel 2.4. Nilai Estimasi Sudut Geser (ϕ) dari Hasil Uji *Triaxial* UU (Bowles, 1977)

Jenis Tanah	ϕ
Kerikil	35° - 50°
Pasir (Jenuh dan Padat)	< 35°
Lanau atau Pasir-Berlanau	20° – 30°
Lempung	0° (jika jenuh)

(sumber : Hardiyatmo, 2002)

1. Tingkat Pengembangan

Tabel 2.5. Indeks Plastisitas dan Indeks Susut dengan Tingkat Pengembangan

Indeks Plastisitas (%)	Indeks Susut (%)	Sifat
< 12	< 15	Rendah
12 – 23	13 – 50	Sedang
23 – 32	30 – 40	Tinggi
> 32	> 40	Sangat Tinggi

(sumber : Chen, Raman, 1967, dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Pd T-10-2005-B)

2. Tingkat Keaktifan (Activity)

Tabel 2.6. Korelasi Tingkat Keaktifan dengan Potensi Pengembangan

Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan
< 0,75	Tidak Aktif
0,75 – 1,25	Normal
> 1,25	Aktif

(sumber : Skempton, 1953, dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Pd T-10-2005-B)

Tabel 2.7. Hubungan antara Jenis Mineral dengan Tingkat Keaktifan

Mineral	Keaktifan
Kaolinite	0,33 – 0,46
Illite	0,9
Montmorilonite (Ca)	1,5
Montmorilonite (Na)	7,2

(sumber : Skempton, 1953, dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Pd T-10-2005-B)

2.9 Serat Fiberglass

Fiber glass adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm – 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi. Fiberglass sifat umum sebagai berikut:

- Kekuatan tarik yang tinggi / High Tensile Strength
- Tahan terhadap panas dan api / tidak terbakar atau menyokong pembakaran
- tidak rusak karena bahan kimia, Jamur, bakteri.
- Tahan terhadap Moisture
- Tidak busuk dan tahan panas



Gambar 2.2. Fiberglass (sumber : <https://www.ebay.com/itm/fiberglass-chopped-strand-mat-1-0-ozx41-15yards-/221862829608>)

Tabel 2.8. Tabel Spesifikasi Fiberglass

Bahan	Gravity Spesifik	Kekuatan Regangan (MPa)	Kekuatan Tekanan (MPa)
Polyester resin (tidak diperkuat)	1,28	55	140
Polyester laminasi Chopped Strand Mat 30% E-glass	1,4	100	150
Polyester laminasi Waven Rovings 45% E_glass	1,6	250	150
Polyester laminasi Satin Weave Cloth 55% E-glass	1,7	300	250
Polyester laminasi Continuos Rovings 70% E-glass	1,9	800	350
E-glass Epoxy Composite	1,99	1.770 (257 ksi)	N/A
S-glass Epoxy Composite	1,95	2.358 (342 ksi)	N/A

Sumber: <http://fcfibreglass.com/fiberglass-serat-kaca/>

METODOLOGI PENELITIAN

Operasional dan Rancangan Penelitian

Material benda uji yang digunakan adalah tanah lempung asli dan menggunakan material bahan *addictive*/campuran serat *fiberglass*. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode uji laboratorium tanah lempung dengan standarisasi *Unified Soil Classification System* (USCS). Penelitian ini menggunakan prosentase campuran serat *fiberglass* sebanyak;

0%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, dari berat kering total tanah lempung, serta membandingkan hasil pengujian tanah lempung sebelum dan setelah ditambahkan bahan campuran dari serat *fiberglass*.

Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Teknis

Material benda uji penelitian yang digunakan adalah tanah lempung asli sebanyak ±50 kg. Serat *fiberglass* yang digunakan adalah jenis

fiberglass woven roving mat, didapat dari toko bangunan sebanyak $\pm 1,5$ kg.

Tabel 3.1. Rincian Jumlah Benda Uji Pengujian Sifat Fisik

Penelitian	Kadar Campuran Benda Uji	Kadar Air (w)	Berat Jenis	Ukuran Butiran (Hidrometer)	LL	PL	SL
1	0%	3	3	3	3	3	3

- Nilai Uji Proctor (*Standard Compaction dan Modified Compaction*).
 - Nilai Uji *Unconfined*.
 - Nilai Uji *Triaxial (UU)*.
- Data 2 dari penelitian ini berupa :
 • Nilai pemadatan tanah (*Standard Compaction dan Modified Compaction*).
- Data 3 dari penelitian ini berupa :
 • Nilai Uji *Unconfined*.
- Data 4 dari penelitian ini berupa :
 • Nilai Uji *Triaxial (UU)*.

Tabel 3.2. Rincian Jumlah Benda Uji Pengujian Sifat Teknis

Penelitian	Kadar Campuran	Triaxial	Unconfined	Uji Proctor	
		UU		Standard	Modified
1	0%	3	3	3	3
2	1%	3	3	3	3
3	1,5%	3	3	3	3
4	2%	3	3	3	3
5	2,5%	3	3	3	3
6	3%	3	3	3	3

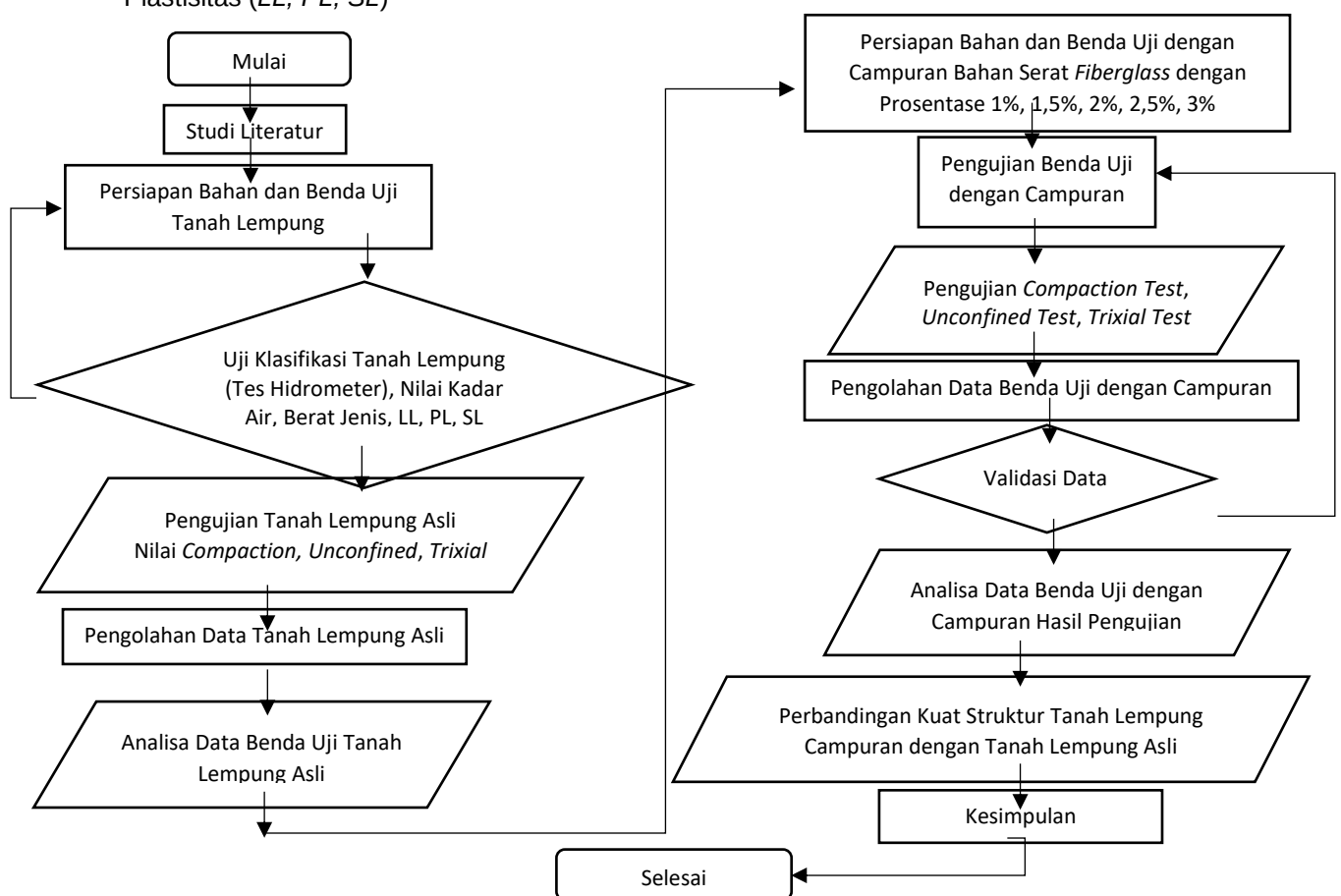
Data Penelitian

Data 1 dari penelitian ini berupa :

- Nilai Kadar Air (w) tanah asli
- Nilai Berat Jenis (Gs) tanah asli
- Klasifikasi tanah berdasarkan Analisa Ukuran Butiran (Hidrometer)
- Klasifikasi tanah berdasarkan Uji Plastisitas (LL, PL, SL)

Metode Pencampuran Benda Uji dengan Bahan Campuran

Metode pencampuran tanah lempung dengan serat fiberglass adalah: Tanah lempung kondisi kadar air optimum dicampur dengan serat fiberglass ukuran panjang per 1-3cm. Sampel tanah lempung dicampur dengan serat fiberglass dengan prosentase penambahan 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, setelah itu dipadatkan dengan uji *Standard Compaction dan Modified Compaction*. Setelah mendapatkan nilai kadar air optimum dengan penambahan bahan campuran sesuai prosentase, diambil sampel benda uji untuk pengujian *Unconfined Compression* dan *Triaxial UU*.

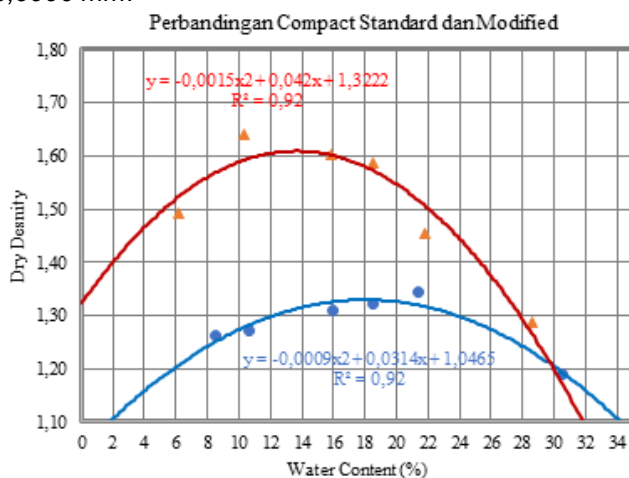


Gambar 3. Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tanah Lempung (Tanpa Campuran) Pengujian Sifat Fisik

- Pengujian Kadar Air Tanah Asli (w), mendapatkan nilai rata-rata, $w = 33,22\%$
- Pengujian Berat Jenis (G_s), mendapatkan nilai rata-rata, $G_s = 2,597 \approx 2,6$
- Analisa Saringan (Hidrometer) berat total 500gr, mendapatkan nilai sebanyak $80,23\%$ (diatas 50%).
- Analisa Butiran Halus (Hidrometer) nilai rata-rata, $D_{60} = 0,02 \text{ mm}$, $D_{30} = 0,003 \text{ mm}$, $D_{10} = 0,0006 \text{ mm}$.



Gambar 4.1. Pengujian *Compaction Standard* dan *Modified*

Uji Unconfined Compression (Undisturbed)

Pengujian terbagi menjadi 2 tipe sampel, yaitu *Undisturbed* (Asli) dan *Remolded* (Buatan).

Load Dial Reading = pembacaan dial uji

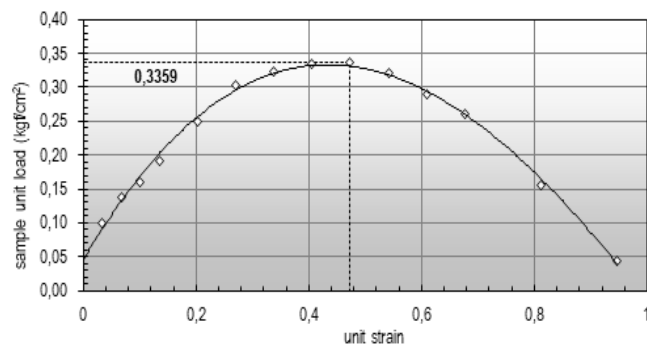
Load Ring Constanta (LRC) = $1,42 \text{ kgf}$

Deformation Dial Reading = $25,00$

$qu_1 = 0,336 \text{ kgf/cm}^2$

Kohesi (c) = $qu / 2 = 0,336 / 2$

= $0,168 \text{ kgf/cm}^2$



Gambar 4. Pengujian Unconfined Compression (*Undisturbed*)

- Uji Plastisitas (LL, PL, SL)

1. LL (*Liquid Limit*) : $54,83\%$

2. PL (*Plastics Limit*) : $31,75\%$

3. SL (*Shrinkage Limit*) : $26,30\%$

Dapat disimpulkan, Mineral Lempung *Kaolinite*.

Identifikasi Tidak Langsung Berdasarkan Uji Plastisitas

Tingkat Pengembangan

1. PI (*Plastics Index*) : $23,08\%$

2. SI (*Shrinkage Index*) : $26,30\%$

Tingkat Pengembangan, disimpulkan tanah tersebut *Sedang*.

Pengujian Sifat Teknik

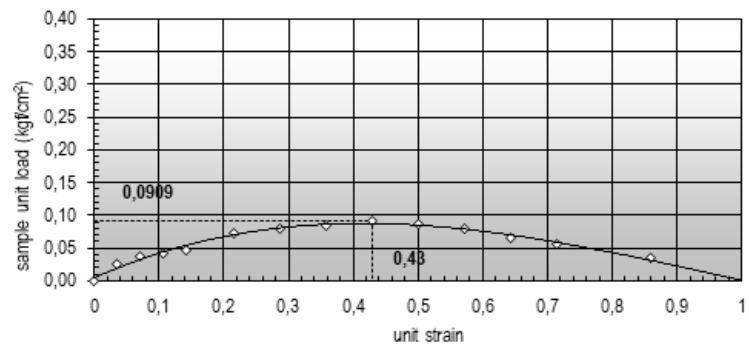
Uji Proctor (Pemadatan)

Tabel 4. Hasil Pengujian *Compaction*

PROCTOR	Kadar Air Optimum (W_{opt})	Dry Density ($\gamma_d \text{ maks}$)
STANDARD	21,42 %	1,357 kg/cm^2
MODIFIED	21,83 %	1,454 kg/cm^2

Unconfined Compression (Remolded);

Tegangan Normal (qu) = $0,336 \text{ kgf/cm}^2$
 = $32,95 \text{ kN/m}^2 = 0,344 \text{ ton/ft}^2$.
 Hubungan Kuat Tekan Bebas (qu)
 Tanah Lempung Lunak.
 qu_2 = $0,091 \text{ kgf/cm}^2$
 Kohesi (c) = $qu / 2 = 0,091 / 2 =$
 $0,0455 \text{ kgf/cm}^2$



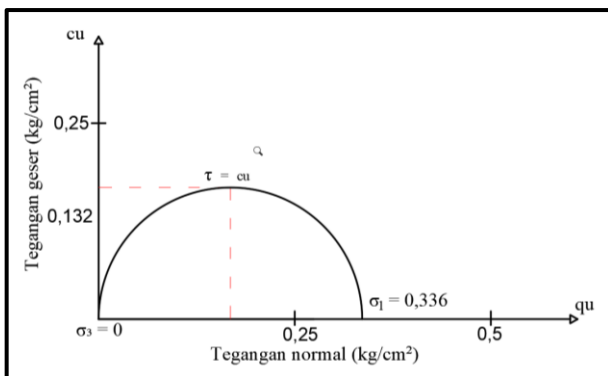
Gambar 5. Pengujian Unconfined Compression (*Remolded*)

Maka, Pengujian *Unconfined Compression Undisturbed dan Remolded* mendapatkan nilai Sensifitas (S_f) = $qu_1 / qu_2 = 0,265 / 0,09$
 = $2,912$

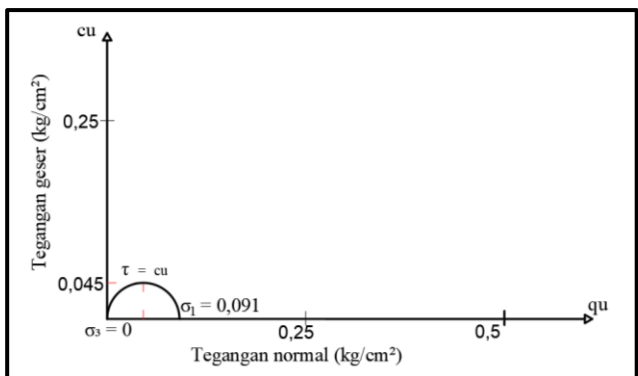
Tabel 5. Kriteria Sensifitas Tanah Lempung

Sensifitas	Kriteria Tanah Lempung
≈ 1	Tidak Sensitif
1 – 2	Sensifitas Rendah
2 – 4	Sensifitas Sedang
4 – 8	Sensifitas Tinggi
8 – 16	Sensifitas Ekstra
> 16	Quick

(Peek et Al, 1951, dalam Laporan Praktikum Mekanika Tanah Universitas Indonesia, 2013)



Gambar 6. Grafik Lingkaran Mohr Pengujian Unconfined Compression (*Undisturbed*)



Gambar 7. Grafik Lingkaran Mohr Pengujian Unconfined Compression (*Remolded*)

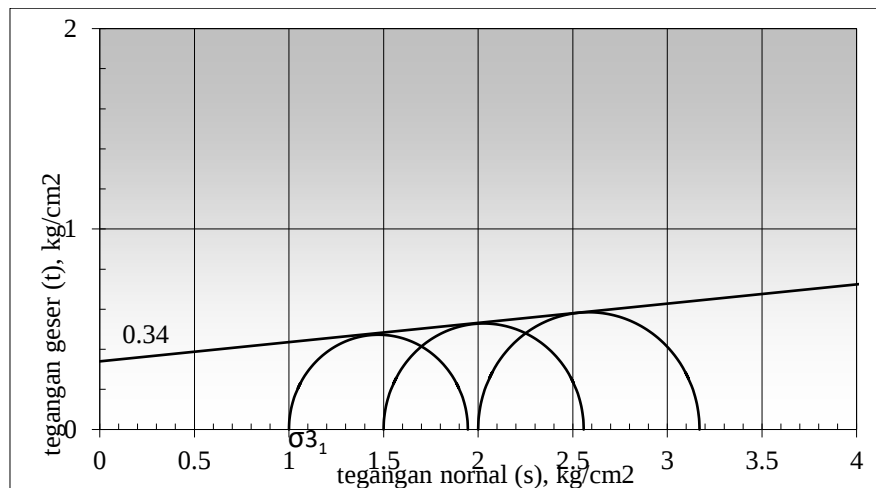
Uji Triaxial UU

Pengujian *Triaxial (Unconsolidated Undrained)*

Lateral Pressure = $1 \text{ Kg/cm}^2, 1,5 \text{ Kg/cm}^2, 2 \text{ Kg/cm}^2$

Max. Deviator Stress = $0,945 \text{ Kg/cm}^2, 1,058 \text{ Kg/cm}^2, 1,170 \text{ Kg/cm}^2$

Max. Vertical Stress = $1,945 \text{ Kg/cm}^2, 2,558 \text{ Kg/cm}^2, 3,170 \text{ Kg/cm}^2$



Gambar 8. Pengujian Triaxial
Sudut Geser (ϕ) = 5,48°
Kohesi (c) = 0,34 Kg/cm²

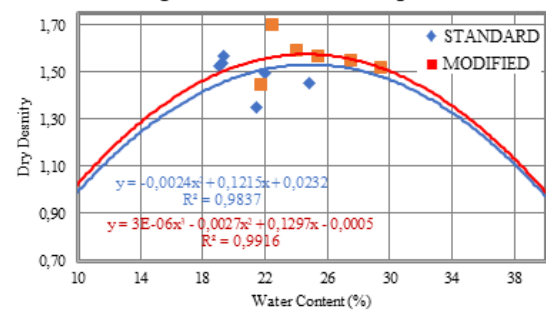
Tanah Lempung dengan Penambahan Bahan Campuran Serat *Fiberglass* (1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%) Uji Proctor (Pemadatan)

Pengujian pemadatan dengan kadar campuran serat *fiberglass* sebanyak 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%.

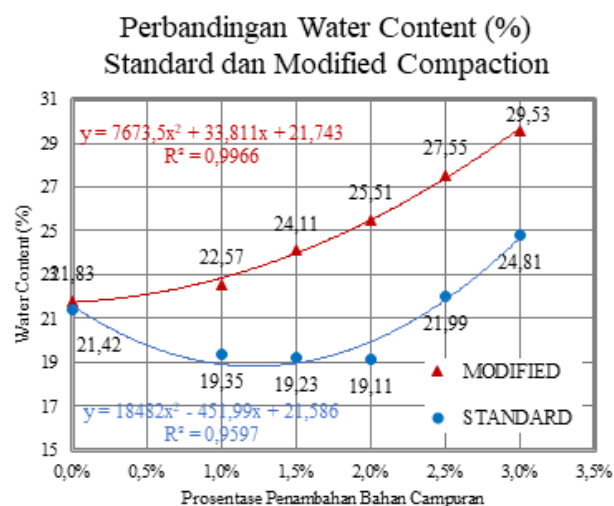
Tabel 6. Hasil Pengujian Pemadatan dengan Campuran Serat *Fiberglass*

PROCTOR	Campuran	Wc (%)	Dry Density (γ _d)
STANDARD	0%	21,42	1,352
	1%	19,35	1,567
	1,50%	19,23	1,537
	2%	19,11	1,525
	2,50%	21,99	1,494
	3%	24,81	1,452
MODIFIED	0%	21,83	1,439
	1%	22,57	1,695
	1,50%	24,11	1,588
	2%	25,51	1,562
	2,50%	27,55	1,545
	3%	29,53	1,514

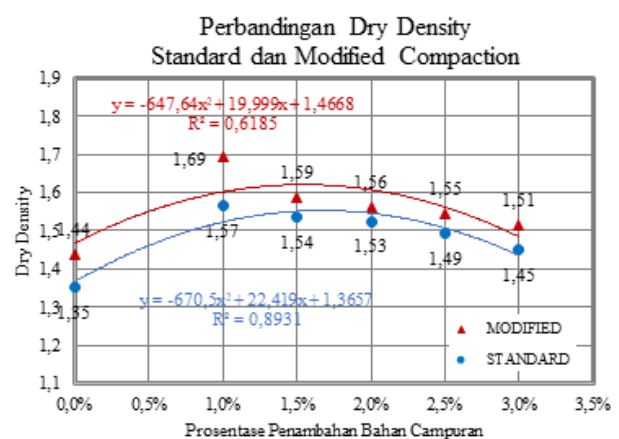
Perbandingan Compact Standard dan Modified dengan Penambahan Campuran



Gambar 9. Perbandingan Hasil Pengujian Pemadatan *Standard* dan *Modified* dengan Penambahan Campuran



Gambar 10. Perbandingan Hasil Pengujian Pemadatan *Standard* dan *Modified* dengan Prosentase Penambahan Bahan Campuran



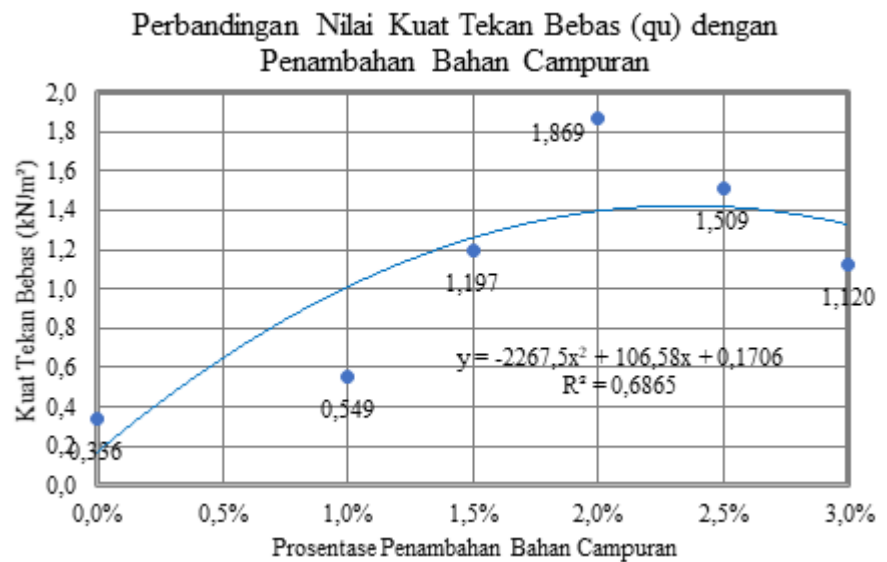
Gambar 11. Perbandingan Hasil Pengujian Pemadatan *Standard* dan *Modified* dengan Prosentase Penambahan Bahan Campuran

Uji Unconfined Compression

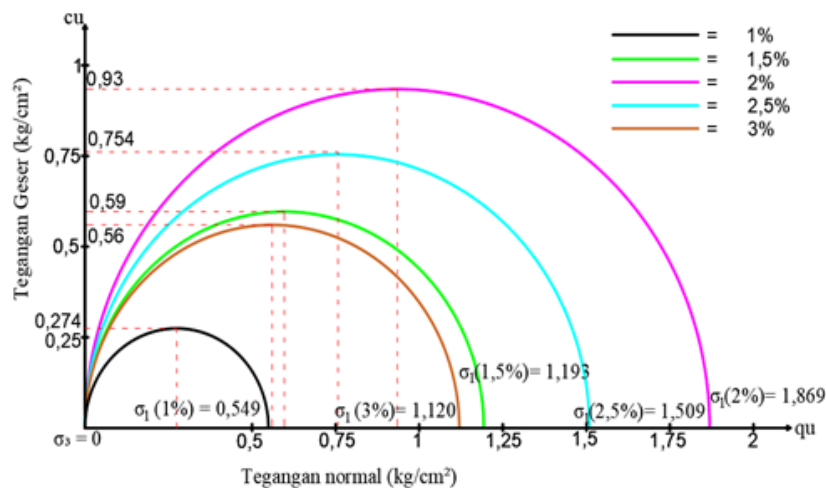
Kadar campuran serat *fiberglass* 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%.

Tabel 7. Hasil Pengujian Unconfined dengan Campuran Serat *Fiberglass*

Kadar Campuran	q_u (kN/m ²)
0%	0,265
1%	0,549
1,5%	1,193
2%	1,869
2,5%	1,509
3%	1,120



Gambar 12. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u) dengan Bahan Campuran



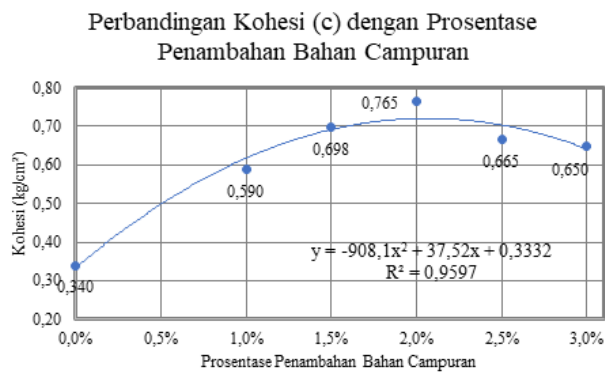
Gambar 13. Lingkaran Mohr Unconfined dengan campuran serat *Fiberglass*

Uji Triaxial UU

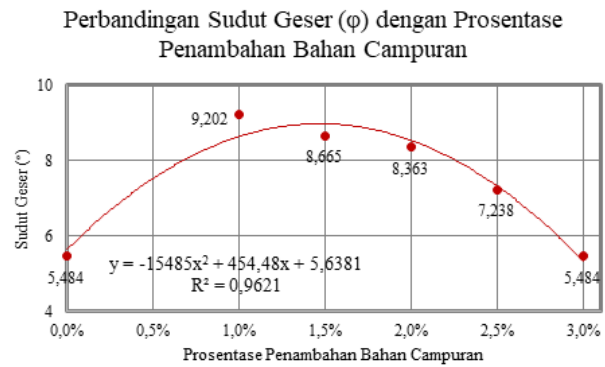
Pengujian Triaxial UU dengan kadar campuran serat *fiberglass* sebanyak 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%

Tabel 8. Hasil Pengujian Triaxial dengan Campuran Serat *Fiberglass*

Kadar Campuran	Kohesi (c)	Sudut Geser (ϕ)
0%	0,340	5,484
1%	0,590	9,202
1,5%	0,760	6,730
2%	0,765	8,363
2,5%	0,665	7,238
3%	0,65	5,484



Gambar 14. Perbandingan Kohesi (c) dengan Prosentase Penambahan Bahan Campuran



Gambar 15. Perbandingan Sudut Geser (ϕ) dengan Prosentase Penambahan Bahan Campuran

Tabel 4.6. Nilai – Nilai Pengujian Teknis dengan Kadar Campuran

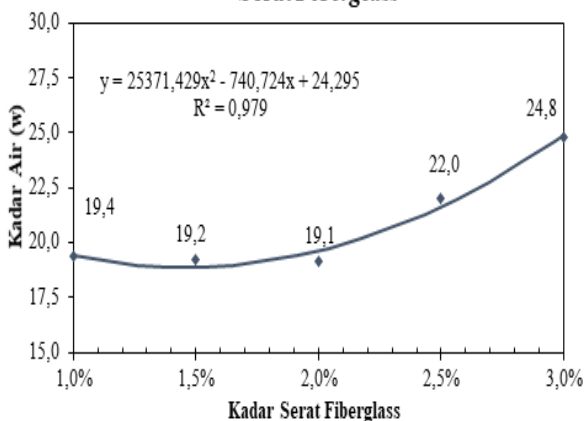
Pengujian Sifat Teknis				Prosentase Kadar Campuran					
				0%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Compaction Test	Standard	Kadar Air (w)	(%)	21,42	19,35	19,23	19,11	21,99	24,81
		Dry Density (yd)	(g/cm³)	1,352	1,567	1,537	1,525	1,494	1,452
	Modified	Kadar Air (w)	(%)	21,83	22,57	24,11	25,51	27,55	29,53
		Dry Density (yd)	(g/cm³)	1,439	1,695	1,588	1,562	1,545	1,514
Triaxial UU	Kohesi (c)		(kg/cm²)	0,34	0,590	0,760	0,765	0,665	0,65
	Sudut Geser (ϕ)		(°)	5,484	9,202	6,730	8,363	7,238	5,484
Unconfined	Teg. Normal (qu)		(kg/cm²)	0,336	0,549	1,193	1,869	1,509	1,120

Pembahasan

Standard Compaction Kadar air (wc)

Hubungan serat fiberglass antara nilai Kadar Air (w) dan Dry Density pada campuran tanah lempung:

Grafik Hubungan Antara Kadar Air dan Kadar Serat Fiberglass



Gambar 4.13. Hubungan Kadar Air dan Kadar Serat Fiberglass Pada Pengujian Standard Compaction.

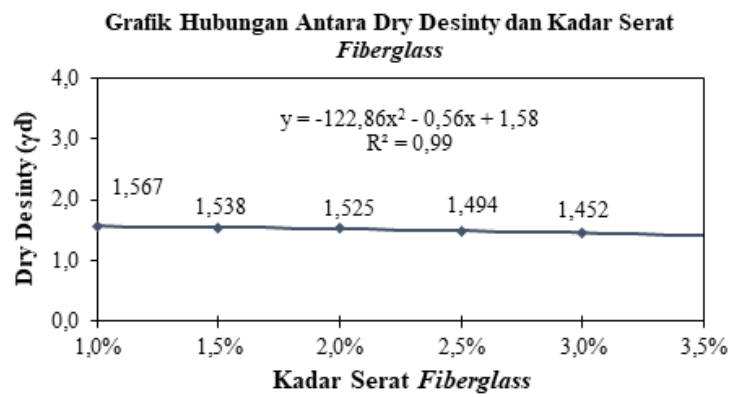
Standard Compaction Dry Density (yd)

Grafik hubungan kadar serat fiberglass antara Dry Density (yd) pada campuran tanah empung dengan penambahan serat fiberglass terlihat bahwa hubungan antara

Terlihat bahwa hubungan antara Kadar Serat Fiberglass dengan Kadar Air Optimum pada pengujian Standard Compaction mengalami kenaikan sampai dengan kadar 3% sebesar 24,8%. Hal ini disebabkan oleh sifat serat fiberglass yang tidak bisa menyerap air, sehingga air tersebut hanya terserap oleh tanah lempung yang akan membuat kadar air dalam tanah naik.

Kadar Serat Fiberglass dengan *Dry Density* (γ_d) pada pengujian Standard Compaction mengalami kenaikan sampai dengan kadar 1% sebesar 1,567 gr/cm³ dan menurun setelah kadar 1,5% sebesar 1,442 gr/cm³.

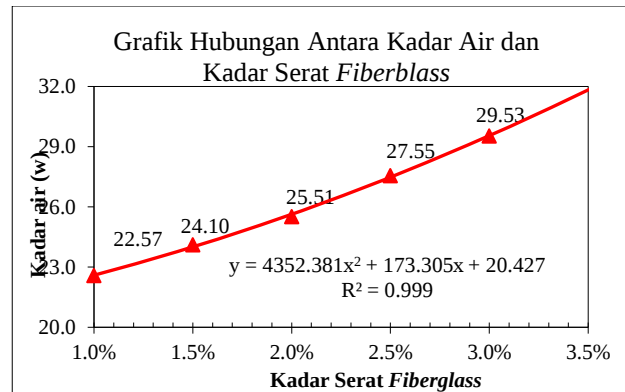
Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa tanah lempung dengan campuran serat fiberglass berdasarkan pengujian hipotesis untuk *Dry Density* (γ_d) tidak diterima atau tidak berpengaruh pada pengujian tersebut. Hal ini disebabkan karena serat fiberglass tidak menyerap air dan kerapatan tanah atau rongga butiran



Gambar 4.14. Grafik Hubungan Antara *Dry Density* (γ_d) Kadar Serat Fiberglass Pada Pengujian Standard Compaction.

Modified Compaction Kadar Air (w)

Terlihat bahwa hubungan antara Kadar Serat Fiberglass dengan Kadar Air (w) pada pengujian Modified Compaction mengalami kenaikan sampai dengan kadar 3% sebesar 29,53%. Hal ini disebabkan oleh sifat serat fiberglass yang tidak bisa menyerap air, sehingga air tersebut hanya terserap oleh tanah lempung yang akan membuat kadar air dalam tanah naik.

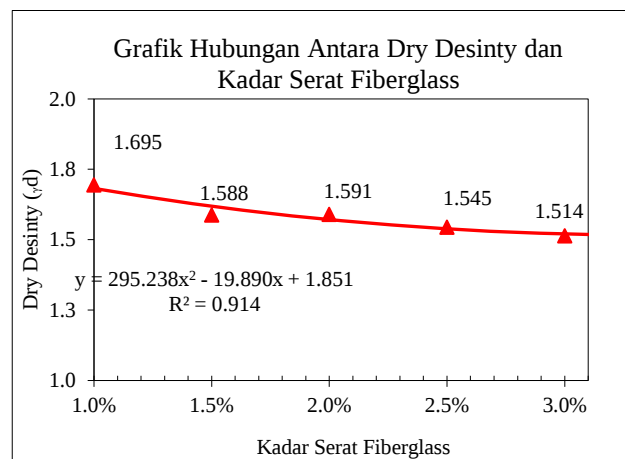


Gambar 4.15. Grafik Hubungan Kadar Air Dan Kadar Serat Fiberglass

Modified Compaction *Dry Density* (γ_d)

terlihat bahwa hubungan antara Kadar Serat Fiberglass dengan *Dry Density* (γ_d) pada pengujian Modified Compaction mengalami kenaikan sampai dengan kadar 1% sebesar 1,695g/cm³ dan mengalami penurunan pada kadar 1,5% sebesar 1,588%

Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa tanah lempung dengan campuran serat fiberglass berdasarkan pengujian hipotesis untuk *Dry Density* (γ_d) tidak diterima atau tidak berpengaruh pada pengujian tersebut. Karena serat fiberglass tidak menyerap air dan kerapatan tanah atau rongga butiran tanah tetap terisi dengan baik pada pengujian *Modified Compaction*.

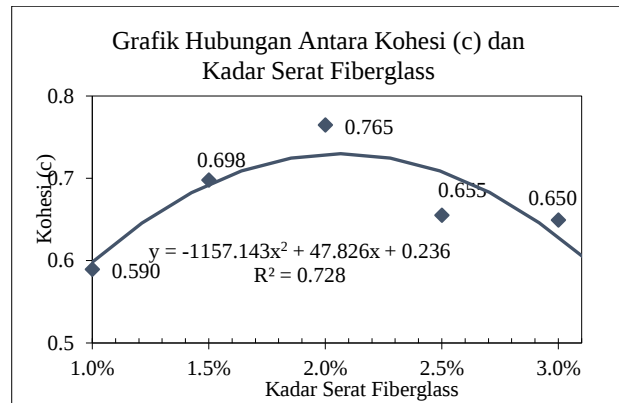


Gambar 4.16. Hubungan *Dry Density* (γ_d) Serat Fiberglass Pada Pengujian Modified Compaction.

Triaxial (*Unconsolidation Undrained*) Kohesi (c)

Terlihat bahwa hubungan antara Kadar Serat Fiberglass dengan Nilai Kohesi (c) pada pengujian Triaxial (*Uncosolidation Undrained*) mengalami kenaikan sampai dengan kadar 2,0% sebesar 0,765 kg/cm².

Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa tanah lempung dengan campuran serat fiberglass meningkatkan nilai kohesi dibandingkan dengan tanah lempung tanpa campuran. Sedangkan penambahan serat fiberglass lebih dari 2,5% menurun, hal ini dikarenakan kohesi tanah ditentukan dengan gaya tarik-menarik antara



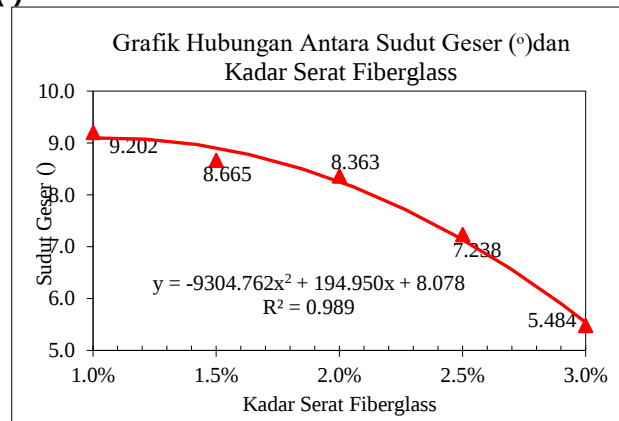
Gambar 4.17. Hubungan Antara Kohesi (c) Pengujian Triaxial (*Uncosolidation Undrained*) Terhadap Kadar Serat Fiberglass.

butiran tanah. Penambahan serat fiberglass yang mempunyai sifat licin yang dapat mengurangi kelekatan tanah.

Triaxial (*Unconsolidation Undrained*) Sudut Geser (°)

Berdasarkan hasil penelitian dari Grafik 4.31. terlihat bahwa hubungan antara Kadar Serat Fiberglass dengan Nilai Sudut Geser (φ) pada pengujian Triaxial (*Uncosolidation Undrained*) mengalami kenaikan sampai dengan kadar 1% sebesar 9,202° dan menurun setelah kadar 1,5% sebesar 8,665°.

Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa tanah lempung dengan campuran serat Fiberglass meningkatkan nilai sudut geser dibandingkan dengan tanah lempung tanpa campuran, disebabkan karena pencampuran serat fiberglass secara acak kedalam tanah, membentuk ikatan dengan butiran tanah sehingga dapat memperkuat sudut geser tanah.

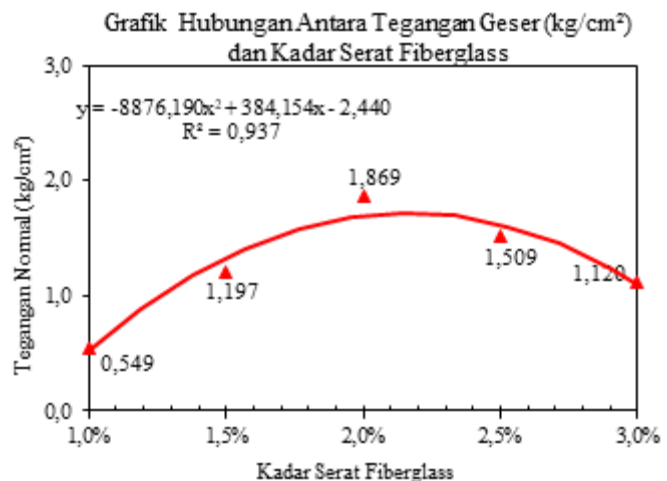


Gambar 4.18. Grafik Hubungan Antara Sudut Geser (φ) Pada Pengujian Triaxial (*Uncosolidation Undrained*) Terhadap Kadar Serat Fiberglass.

Sedangkan penambahan serat fiberglass lebih dari 1,04% cenderung menurun, hal ini disebabkan karena terlalu banyak serat fiberglass yang tercampur dengan tanah tersebut, yang membuat sudut geser menjadi menurun.

Unconfined Tegangan Normal (qu)

Terlihat bahwa hubungan antara Kadar Serat Fiberglass dengan Nilai Tegangan Normal (qu) pada pengujian Unconfined mengalami kenaikan sampai dengan kadar 2% sebesar 1,869 kgf/cm² dan mengalami penurunan setelah kadar 2,5% sebesar 1,509 kgf/cm². Hal ini menjelaskan bahwa tanah lempung dengan campuran serat fiberglass meningkatkan nilai qu dibandingkan dengan tanah lempung tanpa campuran. Sedangkan penambahan bahan campuran lebih dari 2,5% menurun dikarenakan penambahan serat fiberglass pada tanah memperkecil lekatan antara butiran tanah dan air, sehingga tanah menjadi mudah hancur ketika diberi tekanan vertikal.



Gambar 4.19. Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal (q_u) Pada Pengujian Unconfined Terhadap Kadar Serat Fiberglass.

KESIMPULAN

Klasifikasi Tanah Lempung Asli Yang Digunakan Sebagai Benda Uji Penelitian

Berdasarkan Tabel 5.1. Nilai – Nilai Pengujian Fisik Tanah Lempung, dapat disimpulkan bahwa tanah lempung daerah Desa Argotirto, Sumbermanjing Wetan, Malang, termasuk dalam klasifikasi tanah USCS dengan jenis tanah “lempung organik plastisitas sedang sampai dengan tinggi” dan termasuk tanah lempung mineral “kaolinit” berdasarkan Nilai Batas Atterberg.

Tabel 5.1. Pengujian Fisik Tanah Lempung

Pengujian		Nilai
Kadar Air Asli (w)		33,22%
Berat Jenis (Gs)		2,597
Analisa Hidrometer	Pasir	18,98%
	Lanau	59,02
	Lempung	22%
Plastisitas (Atterberg)	LL	54,83%
	PL	31,75%
	SL	26,03%
	PI	23,08%
Tingkat Pengembangan		Sedang
Tingkat Keaktifan (Ac)		1,05

Pengaruh Bahan Campuran pada saat Kadar Air Optimum Pengujian Proctor

Penambahan bahan campuran serat *fiberglass* pada tanah lempung kaolinit dalam pengujian *Proctor Standard* dan *Modified* terjadi peningkatan kadar air optimum karena sifat dari serat *fiberglass* yang tidak bisa menyerap air, sehingga air tersebut terserap tanah. Terjadi peningkatan tertinggi dengan kadar 3% sebesar 24,8% pada pengujian *Standard* dan pada pengujian *Modified* pencampuran 3% sebesar 29,53%.

Pengaruh Bahan Campuran pada Pengujian Unconfined Compression dan Triaxial UU (Unconsolidated Undrained)

Penambahan bahan campuran serat *fiberglass* pada tanah lempung kaolinit dalam pengujian Uji *Unconfined Compression* (Kuat Tekan Bebas) terjadi peningkatan pada serat *fiberglass* 2% sebesar 1,869 kgf/cm². Untuk pengujian *Triaxial UU (Unconsolidated Undrained)* mengalami peningkatan nilai kohesi pada 2% sebesar 0,765 kg/cm² dan sudut geser mengalami penurunan pada kadar 1,5% sebesar 8,665⁰.

Prosentase Optimum Bahan Campuran untuk Memperbaiki Kuat Geser Tanah Lempung Benda Uji

Pengujian Sifat Teknis				Prosentase Kadar Campuran	
				0%	2%
Compaction Test	Standard	Kadar Air (w)	(%)	21,42	19,11
		Dry Density (yd)	(g/cm ³)	1,352	1,525
	Modified	Kadar Air (w)	(%)	21,83	25,51
		Dry Density (yd)	(g/cm ³)	1,439	1,562
Triaxial UU	Kohesi (c)		(kg/cm ²)	0,34	0,84
	Sudut Geser (ϕ)		(°)	5,484	4,688
Unconfined	Teg. Normal (q_u)		(kg/cm ²)	0,336	0,730

Setelah diadakannya penelitian tanah lempung kaolinit dengan penambahan bahan campuran serat *fiberglass*, maka dapat diketahui prosentase optimum bahan campuran berdasarkan pengujian

Unconfined Compression dan *Triaxial UU (Unconsolidated Undrained)* dapat digunakan untuk memperbaiki kuat geser tanah lempung pada kadar campuran 2%, dikarenakan nilai-nilai pada kadar campuran 2% mengalami kenaikan tertinggi pada pengujian *Unconfined Compression* dan *Triaxial UU (Unconsolidated Undrained)*

Saran

Tidak terjadi peningkatan nilai dry density pada penambahan bahan campuran serat *fiberglass* terhadap tanah lempung dengan prosentase 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, dengan nilai tertinggi di kadar 1%. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya perlu diperkecil jarak prosentase penambahan campuran dan difokuskan diantara kadar penambahan 1%, agar mendapatkan hasil yang maksimal. Terjadi peningkatan nilai q_u pada pengujian *Unconfined Compression* penambahan bahan campuran serat *fiberglass* terhadap tanah lempung dengan nilai tertinggi di kadar 2%. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya perlu diperkecil jarak prosentase penambahan campuran dan difokuskan diantara kadar penambahan 2%, agar mendapatkan hasil yang maksimal. Terjadi peningkatan nilai kohesi pada pengujian *Triaxial UU (Unconsolidated Undrained)* penambahan bahan campuran serat *fiberglass* terhadap tanah lempung dengan nilai tertinggi di kadar 2%. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya perlu diperkecil jarak prosentase penambahan campuran dan difokuskan diantara kadar penambahan 2%, agar mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 3423:2008). 2008. *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*.

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 3422:2008). 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah*.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1964:2008). 2008. *Cara Uji Berat Jenis Tanah*.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1742:2008). 2008. *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1967:2008). 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1966:2008). 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 1965:2008). 2008. *Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan Di Laboratorium*.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 3638:2008). 2008. *Metode Uji Kuat Tekan-Bebas Tanah Kohesif*.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 03-4813-1998 Rev.2004). 2004. *Cara Uji Triaksial untuk Tanah Kohesif dalam Keadaan Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase*.
- Budi, G. S. 2011. *Pengujian Tanah di Laboratorium Penjelasan dan Panduan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid1*. Terjemahan Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. 1995. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid2*. Terjemahan Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. 1995. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hisyam, E. S. 2013. *Pemanfaatan Limbah Sabut Kelapa pada Sawit Untuk Meningkatkan Kekuatan Tanah*. Universitas Bangka Belitung.
- Jimmyanto, H. 2014. *Pengaruh Sampah Plastik dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Lunak*. Universitas Sriwijaya.
- Lambe, W. T. 1951. *Soil Testing for Engineers*. Massachusetts Institute of Technology. United States of America.
- Mitchell, J. K. 1976. *Fundamentals of Soil Behavior*. University of California, Berkeley.
- Pangurisen, D. 2018. *Dasar – Dasar Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Pena Indis.
- Yulianta dan Surti, Agus. 1998. *Penelitian Laboratorium Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Geotekstil sebagai Alternatif Perkuatan Tanah Dasar Struktur Pondasi Gedung*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.