

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SERBUK LIMBAH MARMER DAN MATOS SOIL STABILIZER TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH BERBUTIR HALUS (*EFFECT OF ADDITION OF MARBLE WASTE POWDER MIXTURE AND MATOS SOIL STABILIZER ON STRONG PARAMETERS OF FINE- GRAINED SOIL SHEAR*)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**الجامعة الإسلامية
الاستاذة الزكية**

Zakiatul Mufarrihah

17511259

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2022

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SERBUK
LIMBAH MARMER DAN MATOS SOIL STABILIZER
TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH
BERBUTIR HALUS (*EFFECT OF ADDITION OF
MARBLE WASTE POWDER MIXTURE AND MATOS SOIL
STABILIZER ON STRONG PARAMETERS OF FINE-
GRAINED SOIL SHEAR*)**



Telah diterima sebagai sebagai persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
Diuji pada Tanggal 26 Agustus 2022
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji I

Penguji II

Muh. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng

NIK : 13511101

Dr. Ir.Lalu Makrup, M.T.

NIK : 885110106

Hanindya Kusuma Artati, S.T.,M.T

NIK : 045110407

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Yunalia Muntafi, S.T., MT

NIP : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa laporan Tugas Akhir yang telah saya susun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi studi pada program sarjana di program studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun pada beberapa bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip berasal dari hasil penelitian orang lain telah dicantumkan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seuruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Zakiatul Mufarrihah

(17511259)

LEMBAR DEDIKASI

Bismillahirrohmanirrohim

Tugas Akhir ini saya dedikasikan untuk kedua orang tua dan adik saya yang telah mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan. Harapan teriring doa semoga dengan selesainya tugas akhir ini bisa menjadikan penulis meninggalkan diri sebagai orang yang bermanfaat, berilmu dan berakhlak yang baik bagi sesama.

Amiin bi alfi amiin.

“Harapan-harapan indahku kutitipkan dalam prasangkaku pada Robbku”

ABSTRAK

Pemanfaatan terkait bahan limbah marmer dalam skala besar dimungkinkan karena secara karakteristik dan minirealoginya yang masih komprehensif dan perilaku interaksi pada tanah. Belum ada upaya yang signifikan mengenai pengolahan serbuk limbah marmer. Industri marmer banyak ditemui di daerah Tulungagung, Jawa Timur. Penggunaan serbuk limbah marmer sebagai bahan stabilisasi tanah merupakan suatu upaya untuk mengolah limbah secara efektif dalam jangka panjang. Penggunaan limbah marmer ditunjang dengan matos *soil stabilizer*, matos *soil stabilizer* merupakan serbuk halus berwarna putih yang mempunyai komposisi mineral aditif anorganik baik secara fisik maupun kimianya dapat memperkuat dan memperbaiki struktur tanah.

Parameter kuat geser tanah diperoleh menggunakan metode triaksial UU pada tanah asli dan tanah yang diberi bahan tambah serbuk limbah marmer dengan kadar 0%, 12%, 15% dan 18% serta matos sebesar 0%, 3% dan 5% dengan masa pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Sampel tanah asli diambil langsung di Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Isimewa Yogyakarta.

Kesimpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan tambah berupa serbuk limbah marmer dan matos mampu meningkatkan kuat geser tanah. Peningkatan tertinggi nilai kohesi terdapat pada variasi bahan 3% matos dan 15% serbuk limbah marmer dengan masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar $2,35 \text{ kg/cm}^2$ menjadi $3,60 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan peningkatan tertinggi sudut geser dalam terdapat pada variasi bahan serbuk limbah marmer 15% dengan masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar $40,16^\circ$ menjadi $57,15^\circ$.

Kata kunci : Tanah Berbutir Halus, Serbuk Limbah Marmer, Matos, Triaksial UU, Kohesi, Sudut Geser Dalam

ABSTRACT

Utilization of marble waste materials on a large scale is possible because of its characterization and minireology which is still comprehensive and interaction behavior on the soil. There has been no significant effort regarding the treatment of marble waste powder. The marble industry is widely found in the Tulungagung area, East Java. The use of marble waste powder as a soil stabilization material is an effort to treat waste effectively in the long term. The use of marble waste is supported by a matos soil stabilizer, matos soil stabilizer is a white fine powder that has a mineral composition of inorganic additives both physically and chemically can strengthen and improve soil structure.

Soil shear strength parameters were obtained using the triaxial method of UU on native soils and soils added with marble waste powder with grades of 0%, 12%, 15% and 18% and matos of 0%, 3% and 5% with a deepening period of 1 day, 3 days, and 7 days. The original soil samples were taken directly in Setran Hamlet, Sumberarum Village, Moyudan District, Sleman Regency, Isimewa Region, Yogyakarta.

The conclusion of the results of this study shows that the added material in the form of marble waste powder and matos is able to increase the shear strength of the soil. The highest increase in cohesion value was found in the material variation of 3% matos and 15% marble waste powder with a deepening period of 7 days, namely from the original soil value which was originally 2.35 kg / cm² to 3.60 kg / cm². Meanwhile, the highest increase in the inner shear angle was found in the variation of marble waste powder material by 15% with a deepening period of 7 days, namely from the original soil value which was originally 40.155° to 57.151°.

Keywords : Fine-grained Soil, Marble Waste Powder, Matos, Triaxial UU, Cohesion, Deep Shear Angle

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robil ‘alamin puji syukur kehadiran Alloh SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Limbah Marmer Dan Stabilizer Matos Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Pada Tanah Lempung Ekspansif”. Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat kritik, saran dan doa serta semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat selesai. Berkaitan dengan hal tersebut, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada berbagai pihak berikut :

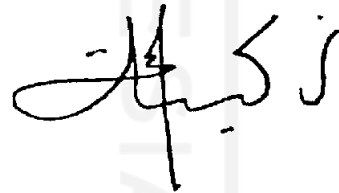
1. Bapak Muh. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan nasihat, kritik, saran, serta dorongan selama proses penyelesaian Tugas Akhir.
2. Bapak Dr.Ir.Lalu Makrup, M.T. - Yang telah menguji, memberi koreksi serta saran yang mendukung.
3. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T.,M.T - Yang telah menguji, memberi koreksi serta saran yang mendukung.
4. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Kedua Orang tua, adik dan seluruh kerabat penulis yang telah rela berkorban begitu banyak baik materil maupun inmateril hingga terselesaikannya Tugas Akhir.
6. Pihak Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dalam proses penelitian.

7. Teman-teman yang sudah saya anggap saudara sendiri, terimakasih banyak Mas Ekky, Mbak Umi, Binti, Ahya, Kiki, Ros, Ecik, Tsalis, Ridwan, Deo, Sasa atas segala bantuan dan motivasinya semoga kita sukses dimasa depan.
8. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis, terimakasih atas doa dan dukungannya.

Penulis menyadari dengan sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih terlalu jauh dari kesempurnan, semoga dikemudian hari hasil ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi semua.

Yogyakarta, 20 Agustus 2022

Penulis,



Zakiatul Mufarrihah

(17511259)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Stabilisasi Tanah Menggunakan Limbah Marmer	6
2.3 Stabilisasi Tanah Menggunakan Stabilizer Matos	8
2.4 Pengaruh Pemeraman Pada Penambahan Marmer	10
2.5 Pengaruh Pemeraman Pada Penambahan Matos	11
2.6 Perbedaan Penelitian	12
Bab III Landasan Teori	15
3.1 Tanah	15
3.1.1 Klasifikasi Tanah	16
3.2 Sifat Tanah	21
3.2.1 Sifat Fisik	21
3.2.2 Sifat Mekanik	26
3.3 Stabilisasi Tanah	29
3.3.1 Serbuk Limbah Marmer	29
3.3.2 Matos Soil Stabilizer	30
BAB IV METODE PENELITIAN	31
4.1 Tinjauan Umum	31
4.2 Bahan Dan Benda Uji Yang Digunakan	31
4.2.1 Bahan	31
4.2.2 Benda Uji Dan Pengujian	32

4.3 Bagan Alir Penelitian	33
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	34
5.1 Hasil Penelitian	34
5.1.1 Pengujian Kadar Air	34
5.1.2 Pengujian Berat Volume	35
5.1.3 Pengujian Berat Jenis	35
5.1.4 Pengujian Batas-Batas Konsistensi	36
5.1.5 Pengujian Analisis Ukuran Butiran	40
5.1.6 Pengujian Proktor Standar	45
5.1.7 Pengujian Triaksial UU	48
5.2 Pembahasan	52
5.2.1 Tanah Asli	52
5.2.2 Tanah Asli Dan Bahan Stabilisator	56
BAB VI KESIMPULAN	61
6.1 Kesimpulan	61
6.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian	13
Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi USCS	18
Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	21
Tabel 4.1 Jenis Pengujian Yang Akan Dilakukan	32
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli	34
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli	35
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli	36
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 1	36
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 2	37
Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Batas Cair Rata-Rata	38
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli	38
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli	39
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas Tanah Asli	40
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli Sampel 1	40
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Hidrometer Tanah Asli Sampel 1	41
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli Sampel 2	42
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Hidrometer Tanah Asli Sampel 2	42
Tabel 5.14 Hasil Rekapitulasi Pengujian Analisis Saringan dan Hidrometer	43

Tabel 5.15 Hasil Persentase Butiran Tanah Asli	44
Tabel 5.16 Hasil Penambahan Air Berat Volume Tanah Basah Sampel 1	45
Tabel 5.17 Hasil Penambahan Air Berat Volume Tanah Basah Sampel 2	45
Tabel 5.18 Hasil Kadar Air Dan Berat Volume Kering Sampel 1	46
Tabel 5.19 Hasil Kadar Air Dan Berat Volume Kering Sampel 2	46
Tabel 5.20 Nilai Kadar Air Optimum Dan Kepadatan Tanah Kering Maksimum Sampel Rata-Rata	48
Tabel 5.21 Tegangan Geser Maksimal Dan Tegangan Utama Tanah Asli	49
Tabel 5.22 Rekapitulasi Pengujian Triksial Pda 2 Sampel Tanah Asli	50
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Triaksial UU Pada Tanah Asli Dan Bahan Stabilisator Masa Pemeraman 1 Hari	51
Tabel 5.24 Hasil Pengujian Triaksial UU Pada Tanah Asli Dan Bahan Stabilisator Masa Pemeraman 3 Hari	51
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Triaksial UU Pada Tanah Asli Dan Bahan Stabilisator Masa Pemeraman 7 Hari	52
Tabel 5.26 Divisi Utama Berdasarkan Sistem USCS	53
Tabel 5.27 Hasil Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO	55
Tabel 5.28 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah	56
Tabel 5.29 Hasil Pengaruh Variasi Bahan Tambah Serbuk Limbah Marmer Dan Matos Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Batas-Batas Atterberg	24
Gambar 3.2 Proktor Standar	26
Gambar 3.3 Kriteria Kegagalan Mohr-Coulumb	28
Gambar 3.3 Alat Uji Triaksial	29
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 5.1 Grafik Batas Cair Tanah Asli Sampel 1	37
Gambar 5.2 Grafik Batas Cair Tanah Asli Sampel 2	37
Gambar 5.3 Grafik Analisis Distribusi Butiran Tanah Asli Sampel 1	41
Gambar 5.4 Grafik Analisis Distribusi Butiran Tanah Asli Sampel 2	43
Gambar 5.5 Grafik Analisis Distribusi Butiran Tanah Asli Sampel Rata-Rata	44
Gambar 5.6 Grafik <i>Proctor Standard</i> Tanah Asli Sampel 1	47
Gambar 5.7 Grafik <i>Proctor Standard</i> Tanah Asli Sampel 2	47
Gambar 5.8 Grafik Tegangan-Regangan Triaksial UU Tanah Asli Sampel 1	49
Gambar 5.9 Grafik Lingkaran Mohr Tanah Asli Sampel 1	50
Gambar 5.10 Grafik Plastisitas	54
Gambar 5.11 Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Marmer Sebesar 0%, 12%, 15%, dan 18% Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Tanah	57

Gambar 5.12 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15%	
Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Masa Pemeraman 1 Hari	57
Gambar 5.13 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15%	
Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Masa Pemeraman 3 Hari	58
Gambar 5.14 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15%	
Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Masa Pemeraman 7 Hari	59
Gambar 5.15 Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam	
pada Sampel T.Asli+Bahan Tambah	59
Gambar 5.16 Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Marmer Sebesar 0%, 12%,	
15%, dan 18% Terhadap Nilai Kohesi Tanah	57
Gambar 5.17 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15%	
Terhadap Nilai Kohesi Masa Pemeraman 1 Hari	57
Gambar 5.18 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15%	
Terhadap Nilai Kohesi Masa Pemeraman 3 Hari	58
Gambar 5.19 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15%	
Terhadap Nilai Kohesi Masa Pemeraman 7 Hari	59
Gambar 5.20 Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi pada Sampel	
T.Asli+Bahan Tambah	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian Kadar Air Tanah Asli	77
Lampiran 2 Pengujian Berat Volume Tanah Asli	78
Lampiran 3 Pengujian Berat Jenis Tanah Asli	79
Lampiran 4 Pengujian Batas Cair Tanah Asli	80
Lampiran 5 Pengujian Batas Plastis Tanah Asli	84
Lampiran 6 Pengujian Batas Susut Tanah Asli	85
Lampiran 7 Pengujian Analisa Saringan Tanah Asli	86
Lampiran 8 Pengujian Pemadatan Tanah Asli	90
Lampiran 9 Pengujian Triaksial UU Tanah Asli	96
Lampiran 10 Pengujian Triaksial UU Tanah Asli Dan Bahan Tambah	109

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi :

W_1	= Berat Cawan (gr)
W_2	= Berat Cawan + tanah basah (gr)
W_3	= Berat Cawan + tanah kering (gr)
w	= Kadar air
w_{opt}	= Kadar air optimum(%)
W_w	= Berat Air
W_s	= Berat Tanah
V_w	= Volume air yang terdapat didalam pori tanah (cm^3)
V_a	= Volume udara yang terdapat didalam pori tanah (cm^3)
V_s	= Volume butiran padat (cm^3)
G_s	= Berat Jenis
C_u	= Koefisien Seragam
C_c	= Koefisien Gradasi
γ_b	= Berat volume tanah basah (gr/cm^3)
γ_d	= Berat volume tanah kering (gr/cm^3)
γ_{dmaks}	= Berat volume tanah kering maksimum (gr/cm^3)
γ_w	= Berat volume air (gr/cm^3)

- c = Kohesi (kg/cm^2)
- ϕ = Sudut geser dalam ($^\circ$)
- σ = Tegangan normal
- τ = tegangan geser (pada saat runtuh)

Singkatan :

- USCS* = *American Association Of State Highway and Transportation Officials*
- AASHTO* = *Unified Soil Classification System*
- MDD* = *Maximum Dry Density*
- OMC* = *Optimum Moisture Content*
- IP* = *Indeks Plasticity*
- LL* = *Liquid Limit*
- SL* = *Shrinkage Limit*
- PL* = *Plastic Limit*
- UU* = *Unconsolidated Undrained*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki jenis tanah yang berbeda disetiap tempat. Tanah merupakan elemen pendukung yang diperlukan untuk semua aktivitas manusia. Tanah juga merupakan tempat dimana beban-beban yang terjadi ditanah didistribusikan. Kondisi tanah menjadi aspek penting dalam perencanaan suatu bangunan. Jika tanah tidak cocok untuk menyangga bangunan, maka bangunan tidak bertahan lama sehingga menimbulkan keruntuhan dan korban jiwa. Berdasarkan alasan tersebut, dipilihlah tanah lempung dalam penelitian ini sebab dari segi fisik dan tekniknya tanah ini mempunyai kondisi yang berubah, yakni pada saat musim hujan tanah akan menyerap air sehingga volume tanah lempung menjadi berkembang dan bertambah sedangkan saat musim kemarau tanah lempung menyusut sehingga mengalami keretakan. Sifat tanah lempung yang mengembang dan menyusut ini menjadikan tanah tidak stabil dan berfungsi kurang baik jika dijadikan sebagai tanah dasar pada suatu perencanaan konstruksi.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memperbaiki sifat tanah tanah lempung, salah satunya adalah stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara fisik, mekanik ataupun kimiawi.

Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian ini melakukan stabilisasi tanah menggunakan bahan tambah berupa serbuk limbah marmer dan matos. Limbah marmer berasal dari batuan marmer di Tulungagung Jawa Timur. Wilayah ini merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang menghasilkan produk dari olahan marmer. Selama pembentukan pembentukan bahan-bahan tersebut, marmer meninggalkan limbah

berupa serpihan batu yang lambat laun menumpuk dalam jumlah banyak. Para pengrajin sendiri kurang tahu mengenai pemanfaatan limbah marmer nantinya. Biasanya mereka memanfaatkan limbah marmer untuk menguatkan tanah di pinggir jalan. Pembuangan limbah marmer yang sembarangan dikhawatirkan menyebabkan kerusakan yang nyata terhadap ekosistem karena efek kimia, fisik, dan biologisnya. Membuang langsung limbah ke TPA akan memakan ruang TPA. Sehingga penggunaan marmer sebagai bahan stabilisasi diharapkan dapat menjadi alternatif cara daur ulang untuk mengonsumsi limbah serbuk marmer dalam jangka panjang.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh PT. Sucofindo Jakarta yang menyebutkan bahwa komposisi yang terdapat pada limbah marmer hampir sama dengan zat kapur. Meskipun begitu, bangun kristal marmer tidak sama dengan kapur. Selain karena telah melalui proses metamorfosa batuan selama berpuluh-puluh tahun lamanya, batuan marmer mempunyai sifat yang berbeda terutama sifat reaktif marmer terhadap tanah lempung. Pemilihan serbuk limbah marmer daripada kapur adalah harganya dinilai lebih terjangkau. Untuk menunjang kekuatan stabilitas tanah diperlukan stabilisator tambahan pada serbuk limbah marmer yakni dengan menambahkan *matos soil stabilizer* atau biasa disebut dengan matos. Matos merupakan serbuk halus yang mempunyai komposisi mineral aditif anorganik baik secara fisik maupun kimianya dapat memperkuat dan memperbaiki struktur tanah. Matos juga dapat membantu memasok lebih banyak ion cadangan dan membentuk senyawa asam silikat aluminium yang kemudian membentuk struktur sarang lebah 3 dimensi diantara partikel tanah dan membentuk rongga mikron yang bisa meresapkan air kedalam tanah sehingga dapat membentuk asam sulfat yang mampu mencegah terjadinya keretakan pada tanah.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mendemonstrasikan efektivitas serbuk limbah marmer dengan menguji pengaruh serbuk limbah marmer dan matos terhadap kuat geser pada tanah berbutir halus. Selain itu, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dikemukakan diatas, maka dapat diangkat rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana jenis klasifikasi tanah pada saat kondisi asli berdasarkan sifat fisiknya?
2. Bagaimana parameter kuat geser tanah pada saat kondisi asli berdasarkan sifat mekaniknya?
3. Bagaimana pengaruh penambahan matos terhadap parameter kuat geser tanah?
4. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk limbah marmer terhadap parameter kuat geser tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis klasifikasi tanah berdasarkan sifat fisik tanah asli.
2. Mengetahui parameter kuat geser tanah berdasarkan sifat mekanik tanah asli.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan limbah marmer terhadap parameter kuat geser tanah berbutir halus.
4. Mengetahui pengaruh penggunaan stabilizer matos terhadap parameter kuat geser tanah berbutir halus.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah pada lokasi yang digunakan sebagai sampel pengujian.
2. Dari penelitian ini diharapkan dapat membantu para pengrajin marmer untuk memanfaatkan serbuk limbah marmer serta dapat membantu masyarakat di

Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta dalam usaha perbaikan tanah .

3. Dapat menjadi referensi bahan stabilisasi dengan pemanfaatan limbah serbuk marmer dan matos.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari melebar nya permasalahan dalam penelitian, penulis memberi batasan-batasan permasalahan yang berhubungan dengan penelitian, adapun batasan-batasan masalah dalam percobaan ini antara lain:

1. Tanah yang digunakan adalah tanah lempung.
2. Bahan aditif yang dipakai adalah Serbuk limbah marmer dan matos.
3. Variasi nilai persentase campuran yakni 0%, 12%, 15%, dan 18% serbuk limbah marmer terhadap berat kering tanah dengan variasi stabilizer matos sebesar 0%, 3% dan 5% terhadap berat serbuk limbah marmer dengan kadar air yang optimum.
4. Masa pemeraman dilakukan selama 1 hari, 3 hari, dan 7 hari.
5. Pengujian dilakukan pada tanah lempung ekspansif asli meliputi uji kadar air, uji berat volume, uji kepadatan tanah.
6. Pengujian pada tanah campuran mencakup uji pemadatan dan uji triaksial UU.
7. Nilai penurunan tidak diperhitungkan.
8. Nilai ekonomis, reaksi kimia, serta pengaruh terhadap lingkungan tidak dibahas dalam penelitian ini.
9. Penelitian ini hanya untuk mengetahui parameter kuat geser tanah setelah diberi tambahan bahan aktif serbuk limbah marmer dan matos.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Secara luas pengertian stabilisasi tanah adalah suatu metode alternatif yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada dan juga bertujuan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dimana prinsipnya adalah agar butiran yang ada pada tanah menjadi lebih rapat dan saling mengunci. Di banyak negara, stabilisasi tanah menggunakan bahan aditif telah berhasil digunakan secara luas . Penambahan bahan limbah sebagai bahan tambahan pada tanah yang bermasalah merupakan salah satu metode pengembangan yang digunakan untuk menstabilkan tanah dalam rekayasa geoteknik. Penggunaan limbah serbuk marmer dalam menstabilisasi tanah merupakan alternatif cara daur ulang untuk mengkonsumsi limbah serbuk marmer. Selain itu menstabilkan tanah yang buruk dengan bahan limbah adalah metode yang cukup ekonomis. Guna menunjang kekuatan limbah marmer maka digunakan stabilizer matos sebagai bahan campuran yang juga berfungsi sebagai bahan pengikat.

2.2 Stabilisasi Tanah Menggunakan Limbah Marmer

Aditya dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai penggunaan pasir dari limbah marmer sebagai bahan stabilisasi pada tanah yang ekspansif. Sampel tanah asli diambil langsung di tiga tempat berbeda yakni di Saradan dengan kembang susut kecil, lalu di Caruban dengan kembang susut sedang, dan Ngawi dengan kembang susut yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menurunkan nilai dari indeks plastisitasnya namun meningkatkan daya dukung tanah. Selain itu, penggunaan bahan

marmer bertujuan agar dapat mengoptimalkan limbah sebagai bahan stabilisasi serta menemukan kadar campuran yang tepat. Pengujian dilakukan dengan cara menganalisis terhadap sifat fisis, sifat mekanis dengan variasi pasir marmer yang digunakan sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas berhasil mengalami penurunan sebesar 12,84% sedangkan pada kuat geser tanah mengalami kenaikan sebesar 0,17 sampai 0,27 kg/cm² setiap penambahan 10% marmer sedangkan pada kuat tekannya mengalami kenaikan antara 0,22 kg/cm² sampai 0,63 kg/cm². Kesimpulan penelitian yang didapat menunjukkan bahwa pasir marmer bisa dipakai sebagai bahan stabilisasi berbagai tanah ekspansif karena secara sifat fisik dan sifat mekanik mengalami perubahan yang lebih baik dari sebelumnya.

Jain et al (2020) melakukan penelitian mengenai *Geotechnical behaviour and micro-analyses of expansive soil amended with marble dust* didalam jurnal penelitian tersebut membahas mengenai pengaruh debu marmer terhadap perilaku geoteknik pada tanah ekspansif dan memahami mekanisme interaktif di negara India. Latar belakang penelitian adalah dikarenakan belum adanya pengelolaan yang optimal terhadap debu marmer sehingga agar dapat mengetahui potensi terhadap manfaatnya terlebih dahulu dilakukan pengklasifikasian pengaruh debu marmer. Pengujian dilakukan dengan berbagai macam, pengujian komprehensif seperti uji batas atterberg, uji tekan bebas, pemadatan, persentase pengembangan dan uji kuat tekan. Kemudian, pengujian fisikokimia seperti pada pH dan konduktivitas listrik dan analisis mikro seperti mineralogi, mikrostruktur, unsur, spektroskopi inframerah transformasi fourier dan termal. Setelah pengujian dilakukan didapatkan berbagai macam kandungan debu marmer hingga 80% untuk mengoptimalkan kadar debu marmer sebagai bahan perbaikan tanah dan juga sebagai pemahaman terhadap perilaku interaktifnya dengan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debu marmer dapat dimanfaatkan secara efektif untuk meningkatkan plastisitas tanah dan mengendalikan perilaku swell. Perlu

menjadi catatan bahwa debu marmer mempercepat kekuatan tanah pada saat awal pengerasan dan terjadi peningkatan kekuatan yang optimal pada tanah sekitar 20%.

Sivrikaya et al (2020) melakukan penelitian mengenai efisiensi serbuk limbah marmer dalam stabilisasi tanah berbutir halus dalam hal perubahan volume. Dalam penelitian tersebut sampel tanah yang digunakan diambil di negara Turki dengan penyelidikan mengenai pengaruh serbuk marmer kalsit (CMP) dan serbuk marmer dolomit (DMP) terhadap sifat geoteknik tanah berbutir halus. Pengujian dilakukan seperti uji batas konsistensi, uji susut linier, index ekspansi, dan uji konsolidasi satu dimensi dilakukan pada sampel non-stabil dengan menggunakan variasi bahan sebesar 5%, 10%, 20%, 30%, dan 50% limbah CMP dan DMP. Hasil penelitian terbaik terdapat pada variasi dengan kadar 50% untuk sampel MH dan sampel CH. Hasil beberapa pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa limbah serbuk marmer efektif dalam stabilisasi tanah dengan menurunkan nilai indeks plastisitas dari 49 menjadi 26 pada sampel CH dan dari 21 menjadi 9 untuk sampel MH, indeks ekspansi dari 45 menjadi 20 untuk sampel CH dan dari 21 menjadi 9 untuk sampel CH lalu dari 32 menjadi 7 untuk sampel MH. Pada indeks pengembangan dari 0,00030 menjadi 0,0012 untuk sampel MH, Pada indeks kompresi dari 0,013 menjadi 0,010 untuk sampel MH. Dan pada penyusutan linier dari 16,2 menjadi 10,5 untuk sampel CH. Namun, Kandungan pada daur ulang limbah serbuk marmer pada penelitian ini masih perlu diperhatikan lagi.

2.3 Stabilisasi Tanah Menggunakan Matos *Soil Stabilizer*

Prayitno dkk. (2021) melakukan penelitian mengenai pengaruh kuat geser dari campuran matos dan semen terhadap tanah ekspansif. Yang diukur melalui pengujian tekan bebas. Pengambilan sampel langsung diambil di Kota Semarang tepatnya di kelurahan sadeng, Kecamatan Gunungpati. Komposisi semen yang digunakan antara 2% sampai dengan 8% dari berat tanah. Sedangkan, untuk melarutkan matos menggunakan kadar air optimum. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai dari

pengujian kuat tekan bebas dengan penambahan matos 6% dan semen 8% didapatkan nilai sebesar $7,44 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan dari pengujian untuk nilai kuat geser didapatkan nilai sebesar $3,72 \text{ kg/cm}^2$ pada penambahan matos 6% dan semen 8%.

Rahayu (2011) melakukan penelitian mengenai pengaruh matos terhadap nilai kuat geser tanah lempung dengan berbagai nilai indeks plastisitas. Sampel tanah lempung diambil dari berbagai daerah dengan adanya kasus kerusakan tanah pada daerah tersebut yakni di daerah Tanon Sragen, daerah Sambi Boyolali, daerah Bayat Klaten, dan daerah Wonokarto Wonogiri. Bahan stabilisasi berupa matos dengan variasi campuran sebesar 0,1 gram untuk tanah seberat 1 kg. Adapun pengujian yang dilakukan dengan melakukan pengujian kadar air, uji Atterberg limits, uji specific gravity, uji analisa saringan, uji kuat geser langsung dan uji standard proctor. Dari hasil penelitian didapatkan hasil untuk pengujian *atterberg limits*, mengalami penurunan untuk batas cair (LL) yakni lokasi Bayat (Klaten) tanah asli 77,00% sedangkan tanah campuran matos 43,10%. Tanah Wonogiri tanah asli sebesar 67,50% sedangkan tanah campuran matos 57,00%. Tanah Tanon (Sragen) tanah asli 75,90% sedangkan tanah campuran matos 34,40%. Tanah Sambi (Boyolali) tanah asli 65,00% sedangkan tanah campuran matos 46,30%. Selanjutnya untuk hasil dari nilai indeks plastisitas (PI) mengalami penurunan, pada lokasi Tanon (Sragen) dari 53,40% menjadi 13,75%. daerah Sambi (Boyolali) dari 39,51% menjadi 14,85%. daerah Bayat (Klaten) dari 27,00% menjadi 3,69%. dan daerah Wonokarto (Wonogiri) dari 35,32% menjadi 26,35%. Selanjutnya untuk hasil nilai sudut gesek pada lokasi Tanon (Sragen) tanah asli dari $14,50^\circ$ menjadi $48,53^\circ$. daerah Sambi (Boyolali) tanah asli dari $16,26^\circ$ menjadi $40,60^\circ$, daerah Bayat (Klaten) tanah asli dari $13,21^\circ$ menjadi $59,95^\circ$, dan daerah Wonokarto (Wonogiri) tanah asli dari $27,42^\circ$ menjadi $39,39^\circ$. Dari beberapa hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan matos sebagai bahan stabilisasi mampu digunakan untuk memperbaiki tanah baik dari sifat fisis maupun mekanis kuat geser tanah tersebut.

2.4 Pengaruh Pemeraman Pada Penambahan Marmer

Agrawal dan Gupta (2011) melakukan penelitian mengenai stabilisasi tanah ekspansif menggunakan debu marmer. Dalam penelitian tersebut, mengevaluasi potensi dari debu marmer yakni hasil samping dari industri marmer berupa debu marmer dari hasil pemotongan marmer makrana. Penelitian meliputi penentuan potensi pengembangan tanah ekspansif dalam keadaan alami serta ketika dicampur dengan berbagai proporsi debu marmer dengan variasi kadar sebesar 0% sampai dengan 30%. Pengujian pada debu marmer dilakukan dengan masa pemeraman selama 7 hari dan 28 hari dengan beberapa pengujian seperti distribusi ukuran partikel, uji batas konsistensi, uji berat jenis, uji persentase pengembangan dan laju pengembangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk marmer mampu menurunkan nilai batas cair, indeks plastisitas dan indeks susut serta meningkatkan batas plastis dan batas susut. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa persentase pengembangan menurun dan laju pengembangan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya persentase debu marmer dan masa pemeraman.

Makassar (2018) melakukan penelitian mengenai uji eksperimental stabilisasi tanah lempung menggunakan ampas batu gamping di industri marmer. Sampel tanah lempung diambil langsung di KM 546-500 perbatasan antara kabupaten Sidrap dan Kabupaten Wajo. Pengujian sifat fisis, sifat mekanis serta pengujian secara kimia tanah dilakukan sesuai dengan standar ASTM dan SNI. Variasi serbuk marmer yang digunakan sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karena adanya reaksi pertukaran antara ion positif dan ion negatif di tanah yang berlangsung dalam waktu dengan masa pemeraman yang relatif singkat dapat meningkatkan nilai kuat geser tanah. Masa pemeraman selama 7 hari juga mempengaruhi kenaikan nilai q_u dan nilai kuat tekan bebas yang cukup besar.

2.5 Pengaruh Pemeraman Pada Penambahan Matos *Soil Stabilizer*

Ma'rufi dkk. (2020) melakukan penelitian mengenai stabilisasi tanah lunak menggunakan campuran abu boiler kelapa sawit dan matos. Sampel tanah dalam penelitian ini diambil dari Kota Banjarmasin yang merupakan salah satu daerah aluvial dengan ketebalan tanah lunak mencapai 42,4 m. Oleh karena itu, secara struktural tanah tersebut tidak layak untuk digunakan karena memiliki nilai CBR yang cukup rendah. Guna menstabilkan kondisi tanah tersebut, digunakan pengujian CBR. Variasi bahan stabilisasi yang digunakan matos sebesar 2% dan abu boiler kelapa sawit dengan variasi kadar sebesar 6%, 9%, dan 12% dari berat kering tanah. Selanjutnya dilakukan pemeraman selama 7 hari sebelum dilakukan pengujian. Hasil penelitian didapatkan bahwa nilai CBR tertinggi diperoleh pada variasi abu boiler kelapa sawit dengan variasi 6% dengan campuran matos 2% dengan peningkatan nilai CBR sebesar 7,542% dari kondisi tanah asli.

Prabowo (2018) melakukan penelitian mengenai pengaruh stabilisasi tanah menggunakan kapur dan matos terhadap kuat geser dan konsolidasi tanah gambut. Kandungan yang terdapat pada tanah gambut seperti bahan organik dan kadar air yang sangat tinggi, angka pori yang cukup besar dan terdapat serat-serat membuat tanah ini memiliki daya dukung yang rendah. Sampel tanah gambut diambil langsung di Kabupaten Semarang dengan kondisi terganggu pada kedalaman ± 100 cm dari permukaan tanah. Variasi bahan yang digunakan sebesar 10% kapur dan 0%, 4%, 6%, dan 8% matos menggunakan pengujian sifat fisik (uji spesifik gravity, angka pori, kadar air, kadar abu, kadar serat) dan sifat mekanik (uji geser langsung terkonsolidasi) dalam masa pemeraman 7 hari, 15 hari, dan 30 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kohesi tertinggi diperoleh pada penambahan matos 0% dan 8% matos masa pemeraman 7 hari sedangkan pada penambahan 4% matos masa pemeraman 14 hari terjadi penurunan nilai sudut geser dalam.

2.6 Perbedaan Penelitian

Pada penelitian pada tugas akhir ini membahas tentang pengaruh penambahan campuran serbuk limbah marmer dan Matos *Soil Stabilizer* terhadap parameter kuat geser tanah berbutir halus. Sampel tanah yang digunakan diambil langsung dari Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. Bahan tambah yang digunakan berupa serbuk limbah marmer dan matos. Variasi penambahan serbuk limbah marmer sebesar 12%, 15%, dan 18% sedangkan variasi penambahan matos sebesar 0%, 3%, dan 5% dengan masa pemeraman 1 hari, 3 hari dan 7 hari menggunakan pengujian triaksial UU. Adapun perbedaan penelitian terdahulu dengan yang akan dilakukan secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Aditya dkk. (2021)	Jain et al (2020)	Sivrikaya et al (2020)	Ma'rufi dkk. (2020)	Prabowo (2018)	Mufarrihah (2022)
Judul	Pasir Dari Limbah Marmer Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Ekspansif	<i>Geotechnical behavior and micro-analyses of expansive soil amended with marble dust</i>	efisiensi serbuk limbah marmer dalam stabilisasi tanah berbutir halus dalam hal perubahan volume	The stabilization of soft soil using admixture of palm oil boiler ash and MATOS.	pengaruh stabilisasi tanah menggunakan kapur dan matos terhadap kuat geser dan konsolidasi tanah gambut	Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Limbah Marmer Dan Stabilizer Matos Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Berbutir Halus
Klasifikasi Tanah	Tanah Lempung	Tanah Ekspansif Atau Black Cotton Soil (BCS)	Tanah berbutir halus	Tanah Aluvial	Tanah Gambut	Tanah berbutir halus
Asal Sampel	Saradan, Caruban, dan Ngawi	India	Turki	Banjarmasin	Semarang	Yogyakarta
Pengujian	Kuat tekan bebas dan kuat geser	pengujian komprehensif (uji batas <i>atterberg</i> , uji tekan bebas, pemadatan, persentase pengembangan dan uji kuat tekan), pengujian fisikokimia dan analisis mikro	uji batas konsistensi, uji susut linier, index ekspansi, dan uji konsolidasi satu dimensi	CBR Soaked	Uji Geser langsung terkonsolidasi	Pengujian Fisik, Pemadatan, dan Triaksial UU
Persentase Campuran	10%, 20%, 30% dan 40% marmer	20% - 80% debu marmer	5%, 10%, 20%, 30%, dan 50% serbuk marmer kalsit (CMP) dan serbuk marmer dolomit (DMP)	2% matos dan 6%, 9%, dan 12% abu boiler kelapa sawit	10% kapur dan 0%, 4%, 6%, dan 8% matos	0%, 12%, 15%, 18% marmer dan 0%, 3%, 5% matos

Tabel 2.1 Lanjutan Perbedaan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Aditya dkk. (2021)	Jain et al (2020)	Sivrikaya et al (2020)	Ma'rufi dkk. (2020)	Prabowo (2018)	Mufarrihah (2022)
Lama Pemeraman	-	-	-	7 Hari	7 Hari dan 14 Hari	1 hari, 3 hari, 7 hari, dan 14 hari
Hasil Pengujian	Pada setiap penambahan 10% marmer saat pengujian sifat fisik nilai yang didapat mengalami penurunan sedangkan pada saat pengujian mekanik nilai kuat geser mengalami kenaikan.	meningkatkan plastisitas tanah dan mengendalikan perilaku swell.	limbah serbuk marmer efektif dalam stabilisasi tanah dengan menurunkan nilai indeks plastisitas, indeks ekspansi, indeks pengembangan, dan indeks kompresi	nilai CBR tertinggi diperoleh pada variasi abu boiler kelapa sawit dengan variasi 6% dengan campuran matos 2% dengan peningkatan nilai CBR sbesar 7,542% dari kondisi tanah asli.	nilai kohesi tertinggi diperoleh pada penmabahn matos 0% dan 8% matos masa pemeraman 7 hari sedangkan pada penambahan 4% matos masa pemeraman 14 hari terjadi penurunan nilai sudut geser dalam	Peningkatan tertinggi nilai kohesi terdapat pada variasi bahan 3% matos dan 15% serbuk limbah marmer dengan masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar 2,35 kg/cm ² menjadi 3,60 kg/cm ² . Sedangkan peningkatan tertinggi sudut geser dalam terdapat pada variasi bahan serbuk limbah marmer 15% dengan masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar 40,155° menjadi 57,151°.

Sumber: Aditya dkk. (2021), Jain et al (2020), Sivrikaya et al (2020), Ma'rufi dkk. (2020), Prabowo (2018), Mufarrihah (2022)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Menurut Hardiyatmo (2012) dalam bukunya dinyatakan bahwa pengertian tanah secara umum dalam pandangan bidang teknik sipil adalah suatu himpunan yang terdiri dari mineral, bahan organik, dan beberapa endapan yang tergolong lepas (*loose*), yang berada di permukaan batuan dasar (*bedrock*). Secara fisik proses terbentuknya tanah terbentuk dari perubahan batuan menjadi partikel dengan ukuran yang lebih kecil akibat dari adanya beberapa faktor seperti angin, erosi, air, es, manusia ataupun dari perubahan suhu dan cuaca. Beberapa partikel tersebut biasanya mempunyai bentuk bulat, bergerigi, ataupun bentuk lainnya. Pada umumnya, Pelapukan yang terjadi akibat proses kimia disebabkan oleh pengaruh karbon dioksida, oksigen, air yang mengandung alkali atau asam, ataupun disebabkan oleh proses kimia lainnya. Jika pelapukan tersebut hasilnya masih terdapat pada tempat asalnya disebut dengan tanah residual (*residual soil*) namun jika sudah berpindah dari tempat asalnya disebut dengan tanah terangkut (*transported soil*).

Menurut Bowles (1986) berdasarkan ukuran butiran tanah diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yang dijelaskan sebagai berikut.

- a. berangkal (*boulders*) merupakan patahan dari batuan besar, umumnya berukuran antara 250 mm sampai 300 mm sedangkan untuk ukuran 150mm sampai 250 mm batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*),
- b. kerikil (*gravel*) merupakan komponen batuan berukuran antara 5 mm sampai 150 mm,

- c. pasir (*sand*) merupakan komponen batuan berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, pada golongan kasar ukurannya berkisar antara 3 mm sampai 5 mm sedangkan pada golongan halus berukuran kurang dari 1 mm,
- d. lanau (*Silt*) merupakan komponen elemen mineral berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm,
- e. lempung (*clay*) merupakan komponen elemen mineral dengan ukuran kurang dari 0,002 mm dan merupakan sumber utama kohesi pada tanah yang bersifat kohesif, dan
- f. koloid (*colloids*) merupakan komponen elemen mineral yang diam dan berukuran kurang dari 0,001 mm.

3.1.1 Klasifikasi Tanah

Terdapat banyak masalah teknis yang berkaitan dengan tanah seperti dalam perencanaan perkerasan jalan, urugan dalam bendungan dan lain sebagainya. Klasifikasi tanah merupakan pemilihan tanah kedalam kelompok ataupun sub kelompok berdasarkan ciri dan sifat yang hampir sama. Terdapat beberapa sistem klasifikasi seperti USCS (*Unified Soil Classification System*), AASHTO (*Association Of States Highway & Transportation Official*), ASTM (*American Society for Testing Material*), MIT (*Massachusetts Institute of Technology System*), dan USDA (*U.S. Department of Agriculture Soil*). Namun terdapat dua jenis sistem klasifikasi yang sering digunakan, yakni USCS dan AASHTO. Ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas merupakan sifat tanah yang dipakai dalam sistem tersebut. Sistem Klasifikasi tanah Unified pertama kali diperkenalkan oleh Casagrande (1942) kemudian dilakukan revisi menjadi USBR (*united state bureau of reclamation*) (Hardiyatmo, 2012).

1.USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem USCS mengkategorikan tanah kedalam 3 kelompok besar, yaitu.

a.Tanah Berbutir Kasar (tanah tak berkohesi)

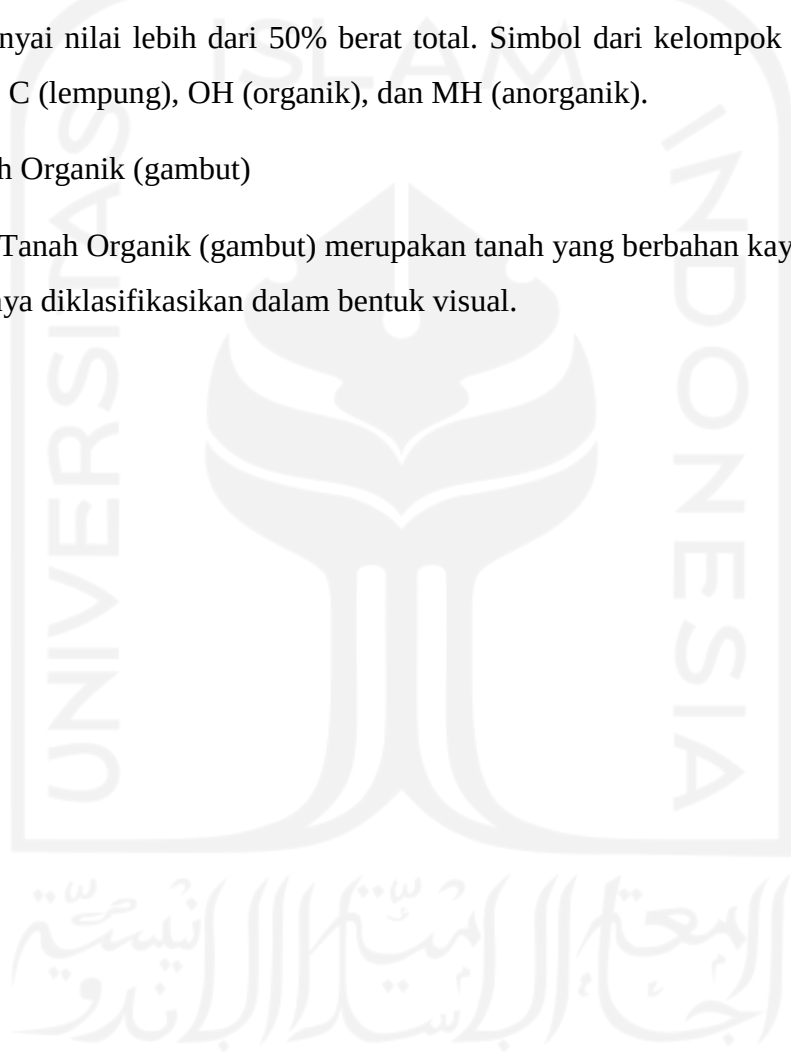
Tanah Berbutir Kasar (tanah tak berkohesi) merupakan tanah dan kerikil yang mempunyai nilai kurang dari 50% berat total. Simbol dari kelompok ini adalah G (kerikil) dan S(pasir).

b. Tanah Berbutir Halus (tanah ber kohesi)

Tanah Berbutir Halus (tanah berkohesi) merupakan tanah dan kerikil yang mempunyai nilai lebih dari 50% berat total. Simbol dari kelompok ini adalah M (lanau), C (lempung), OH (organik), dan MH (anorganik).

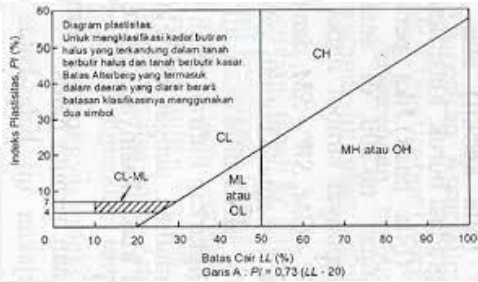
c. Tanah Organik (gambut)

Tanah Organik (gambut) merupakan tanah yang berbahan kayu berserabut dan hanya diklasifikasikan dalam bentuk visual.



Tabel 3.1 Sistem klasifikasi USCS

Divisi utama			Simbol kelompok	Nama Jenis		Nama Jenis	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no.200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no.4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus kurang dari 5% lolos saringan no.200: GW, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200: batasan klasifikasi yang mempunyai simbol ganda	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ antara 1 dan 3 $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$	
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung		Batas-batas atterberg dibawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas maka dipakai simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung		Batas-batas atterberg diatas garis A atau $PI > 7$	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar yang lolos saringan no.4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ antara 1 dan 3 $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$	
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas atterberg dibawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas maka dipakai simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		Batas-batas atterberg diatas garis A atau $PI > 7$	

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama jenis	Nama jenis
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		OL	Lanau tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi		Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber : Hardiyatmo (2012)

2. AASHTO (Association Of States Highway & Transportation Official)

Sistem klasifikasi AASHTO merupakan sistem klasifikasi tanah yang tertuju pada lingkup jalan yang berfungsi untuk menentukan kualitas tanah pada saat merancang timbunan pada jalan, yakni pada bagian subbase dan subgrade.

Pada klasifikasi tanah menggunakan sistem AASHTO tanah dibagi menjadi 8 kelompok, mulai dari A-1 sampai dengan A-8 termasuk pada sub-sub kelompok. Pada setiap kelompok tanah dievaluasi menggunakan hitungan berdasarkan rumus-

rumus empiris dan menggunakan pengujian analisis saringan dan batas-batas atterberg.

Group Index (GI) atau disebut dengan indeks kelompok berfungsi agar dapat mengevaluasi lebih lanjut tanah pada bagian kelompoknya. Indeks kelompok dihitung berdasarkan Persamaan 3.1.

$$GI = (F-35)[0,2 + 0,005 (LL - 40) + 0,01 (F-15)(PI-10)] \quad (3.1)$$

dengan:

GI = Indeks kelompok (*Group Index*)

F = Persen butiran lolos saringan no.200 (0,075 mm)

LL = Batas cair

PI = Indeks plastisitas

Bila Indeks kelompok (GI) nilainya semakin tinggi maka hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat ketepatan penggunaan GI berkurang. Pada kelompok A1-A3 dikategorikan dalam tanah granuler. Sedang pada kelompok A3 dikategorikan pasir bersih bergradasi buruk. kemudian kelompok A2 dikategorikan tanah granuler yang masih mengandung lanau dan lempung (kurang dari 35% lolos saringan no.200) dan pada kelompok A4-A7 dikategorikan kedalam tanah berbutir halus. Berikut jenis klasifikasi tanah AASHTO menurut hardiyatmo dan bowles yang terdapat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Material granular (<35% lolos saringan no.200)							Tanah—tanah lanau – lempung (>35% lolos saringan no.200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Analisa Saringan (% Lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks										
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min								
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat Fraksi Lolos No.40											
Batas Cair (LL)				40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (IP)	6 maks		NP	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks Kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Fragmen batu, pasir, dan kerikil		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik			Sedang sampai buruk							

Sumber : Hardiyatmo (2012)

3.2 Sifat Tanah

Sifat fisik dari tanah merupakan sifat asli tanah yang dipergunakan dalam menentukan jenis tanah. Sifat fisik tersebut didapatkan melalui beberapa pengujian.

3.2.1 Sifat Fisik

1.Kadar air

Tujuan pengujian kadar air adalah untuk mengukur jumlah air yang terkandung di dalam tanah berdasarkan berat keringnya. Kadar air merupakan persentase perbandingan antara berat air (W_w) yang terdapat pada tanah dengan butiran padat (W_s), Seperti pada Persamaan 3.2 di bawah ini.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dengan,

w = kadar air (%)

W_w = berat air (gr)

W_s = berat tanah (gr)

2. Berat jenis

Tujuan dari pengujian berat jenis tanah adalah untuk mendapatkan nilai berat jenis butiran pada tanah. Berat jenis (G_s) merupakan perbandingan berat volume butiran tanah (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada kondisi suhu 4 c, Seperti pada Persamaan 3.3 di bawah ini.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.3)$$

Dengan,

G_s = berat jenis

γ_s = berat tanah (gr)

γ_w = volume total tanah (gr/cm³)

3. Berat volume

Berat volume basah atau lembab (γ_b) merupakan perbandingan antara berat butiran tanah termasuk dengan air dan udara (W) dengan volume total dari tanah (V). Seperti pada Persamaan 3.4 di bawah ini.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (3.4)$$

Dengan,

γ_b = berat volume tanah basah (gr/cm^3)

W = berat tanah basah (gr)

V = volume total tanah (cm^3)

Dengan $W = W_w + W_s + W_a$ (dengan $W_a = 0$). Jika ruang udara mengisi dengan air seluruhnya maka tanah akan menjadi jenuh.

Berat volume kering (γ_d) merupakan perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume total (V) pada tanah seperti pada Persamaan 3.5 di bawah ini.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (3.5)$$

Dengan,

γ_d = berat volume tanah kering (gr/cm^3)

W_s = berat tanah (gr)

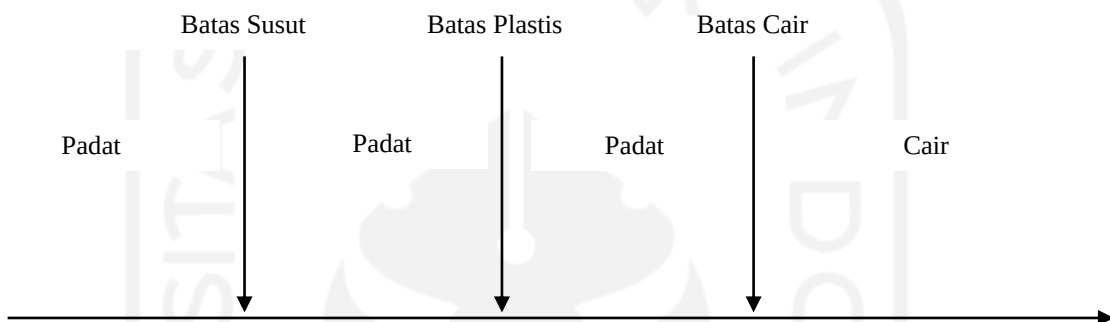
V = volume total tanah (cm^3)

4. Batas-batas Atterberg

Identifikasi yang terdapat pada tanah jenis lempung dapat dilakukan dengan cara uji batas – batas konsistensi. (Atterberg 1911) memberikan gambaran

mengenai batas-batas konsistensi dari tanah berupa butiran halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air

yang terdapat pada tanah. Batas-batas tersebut terdiri dari yang pertama yakni batas cair (*liquid limit*), kedua batas plastis (*plastic limit*), dan ketiga batas susut (*shrinkage limit*). Kedudukan batas-batas konsistensi ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Batas Konsistensi

(Sumber: Hardiyatmo, 2012)

1. Batas Cair (*liquid limit*)

Batas Cair (*LL*) merupakan kondisi kadar air yang terletak diantara keadaan cair dan keadaan plastis, tepatnya pada batas atas dari daerah plastis. Pengujian batas cair menggunakan alat uji casagrande (1948). Yakni dengan persentase kadar air yang diperlukan untuk menutup dasar cawan sebesar 12,7 mm, kemudian setelah 25 kali pukulan dapat ditentukan batas cairnya. Bila 25 kali pukulan masih sulit menentukan batas carinya maka dapat dilakukan lagi antara 15 sampai 35 pukulan.

2. Batas Plastis (*plastic limit*)

Batas Plastis (*PL*) merupakan kondisi kadar air yang kedudukannya antara daerah plastis dan semi padat. Penentuan persentase kadar air terjadi pada saat tanah digulung dengan diameter silinder sebesar 3,2 mm dan mulai timbul retak-retak.

3. Batas Susut (*shrinkage limit*)

Batas Susut (*SL*) merupakan kondisi dari kadar air yang kedudukannya terletak diantara daerah semi padat dan padat, yakni penentuan persentase kadar air pada saat diberi pengurangan kadar air tidak terjadi perubahan pada volume tanah. Percobaan batas susut dilakukan didalam laboratorium dengan cawan porselin berdiameter 44,4 mm dengan tinggi sebesar 12,7 mm. Pada bagian dalam cawan dilapisi dengan pelumas kemudian diisi dengan tanah jenuh sempurna. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven lalu didapatkan volume tanah dengan cara mencelupkan ke air raksa.

4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks Plastisitas merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis. Sifat keplastisan tanah ditunjukkan dengan nilai indeks plastisitas. Nilai tersebut dinyatakan pada Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$PI = LL - PL$$

(3.6)

Dengan,

PI = indeks plastisitas

LL = batas cair

PL = batas plastis

Indeks Plastisitas digunakan sebagai tanda keplastisan pada tanah. Jika kandungan tanah menunjukkan nilai PI yang tinggi maka tanah tersebut mengandung lempung namun sebaliknya jika nilai PI tersebut rendah menunjukkan tanah kering atau lanau.

5. Analisa saringan (tanah berbutir kasar)

Pengujian analisa saringan mengacu pada standar uji ASTM D 422 dan D 1140. Distribusi saringan nantinya digunakan untuk menentukan jenis klasifikasi sesuai dengan tekstur tanah yang akan digunakan sebagai bahan evaluasi karakteristik teknik seperti potensi *swelling*, kelulusan air, dan kekuatan.

a. Tanah Berbutir Kasar

Pengujian analisa saringan untuk tanah berbutir kasar dapat dilakukan dengan cara menyaring menggunakan satu unit saringan standar. Kemudian berat tanah yang tertahan pada setiap masing saringan ditimbang lalu dilakukan perhitungan terhadap persentase tanah terhadap berat kumulatif.

b. Tanah Berbutir Halus

Pengujian analisa saringan untuk tanah berbutir halus atau biasa disebut dengan Pengujian Analisa hidrometer mengacu pada standar uji ASTM D1140 atau SNI 03-3422-1994. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur besarnya persentase ukuran butiran yang lebih kecil dari saringan no.200 serta mengidentifikasi jenis tanah tersebut. Pengujian dilakukan dengan cara pengendapan (sedimentasi) menggunakan tanah yang lolos saringan no.200. Kemudian tanah dilarutkan kedalam destilasi yang diberi bahan pengflokulasi lalu larutan ditempatkan pada tabung hidrometer dan diukur perubahan

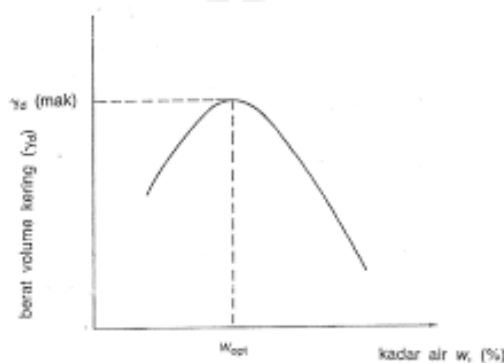
3.2.2 Sifat Mekanik

Sifat mekanis tanah adalah sifat atau perilaku massa tanah yang dipengaruhi oleh gaya atau tekanan yang dilakukan secara teknis mekanis.

1. Kepadatan

Proctor (1993) mengambil kesimpulan dari hasil pengamatannya bahwa ketika proses awal pemadatan, penambahan kadar air berpengaruh pada berat volume kering. Dimana pada saat kadar airnya bernilai 0 berarti berat volume basah sama dengan berat volume keringnya.

Pengujian proctor standar dilakukan dengan cara memadatkan tanah di dalam cetakan silinder menggunakan alat pemadat. Tanah dipadatkan dalam 3 lapisan dengan 25 pukulan pada setiap lapisannya. Percobaan dapat dilakukan beberapa kali dengan paling sedikit 5 kali percobaan dengan perbedaan kadar air tiap variasinya. Kemudian dibuat grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering. Dari grafik tersebut nantinya akan didapat kadar air optimum. Hubungan antara berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air, dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Kurva Hubungan antara berat volume kering dan kadar air

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

2. Uji triaksial (*triaxial test*)

Parameter kuat geser tanah diperlukan sebagai bahan untuk menganalisis kapasitas dukung tanah, gaya dorong pada dinding penahan tanah serta stabilitas lereng. (Mohr, 1910 dalam Hardiyatmo, 2012) memberikan teori bahwa keruntuhan yang terjadi pada suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan yang kritis antara tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dinyatakan melalui Persamaan 3.7 di bawah ini.

$$\tau = f(\sigma) \quad (3.7)$$

Coulomb, 1976 (dalam Hardiyatmo, 2012) menyatakan fungsi dari $f(\sigma)$ melalui Persamaan 3.8 di bawah ini.

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (3.8)$$

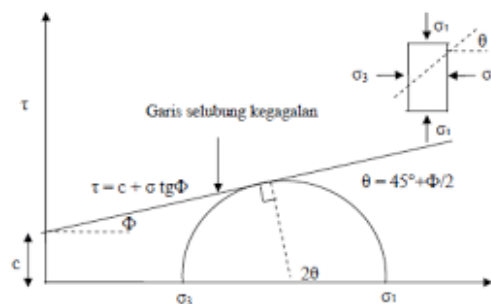
Dengan,

τ = kuat geser tanah (kN/m^2)

c = kohesi (kN/m^2)

σ = tegangan normal bidang runtuh (kN/m^2)

φ = Sudut gesek ($^\circ$)



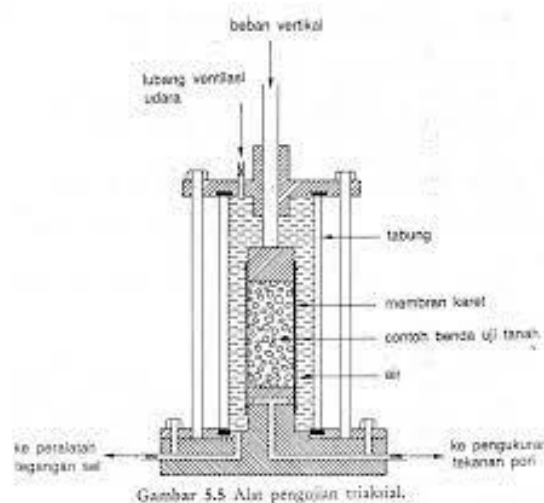
Gambar 3.3 Kriteria kegagalan Mohr-Coulomb

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

Dalam persamaan tersebut biasa dikenal dengan kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr-Coulumb, dimana pada garis selubung dari kegagalan dinyatakan dalam bentuk garis lurus.

Parameter kuat geser dilakukan melalui pengujian laboratorium dengan pemberian beban yang telah ditentukan terlebih dahulu dengan tipe peralatan tertentu. Terdapat beberapa cara pengujian untuk mendapatkan nilai kuat geser tanah seperti uji geser langsung, uji triaksial, uji tekan bebas, dan uji geser kipas.

Pengujian triaksial merupakan salah satu metode dalam mencari kuat geser tanah yang memiliki nilai akurat namun membutuhkan waktu yang cukup lama. Pada pengujian ini, tanah yang digunakan sebagai benda uji berdiameter kurang lebih 3,81 cm dengan tinggi 7,62 cm. Lalu benda uji dimasukkan kedalam selubung karet tipis dan diletakkan pada tabung kaca. Alat pengujian dihubungkan dengan pengatur drainase baik kedalam maupun keluar sampel tanah. Berikut merupakan alat pengujian triaksial UU (*Unconsolidated-Undrained*) pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Alat pengujian triaksial UU

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

3.3 Stabilisasi Tanah

Secara umum pengertian stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat tanah dan meningkatkan daya dukung dengan cara menambahkan suatu bahan ke dalam tanah. Bahan stabilisasi menjadikan tanah menjadi lebih stabil, pemakaian bahan tambah tersebut diusahakan bernilai ekonomis.

Menurut Inglesh dan Metcalf (1972) stabilisasi tanah merupakan suatu usaha dalam memperbaiki sifat tanah asli agar tanah tersebut dapat digunakan sesuai dengan syarat dan fungsinya. Stabilisasi tanah dilakukan melalui 2 metode seperti stabilisasi mekanik dilakukan dengan cara penambahan suatu butiran artikel yang belum ada didalam tanah dengan cara pemadatan dan stabilisasi kimiawi

dilakukan dengan cara menambahkan bahan kimia kedalam tanah, adapun contoh jenis bahan kimia antara lain: Limbah, semen portland, Kapur, dsb. Stabilisasi tanah ekspansif dengan menambahkan bahan kimia dinilai lebih murah dan efektif, sebab dengan penambahan bahan tersebut mengikat mineral lempung menjadi lebih rapat, sehingga dapat mengurangi kembang susut tanah lempung ekspansif .

3.3.1 Serbuk Limbah Marmer

Limbah marmer merupakan batuan yang dihasilkan dari proses metamorf atau malihan batu gamping. Hasil olahan batu marmer banyak digunakan dalam perabotan rumah tangga dan bangunan seperti ubin lantai, meja, ornamen, ataupun hiasan dsb.

Batu marmer diambil dari gunung disebelah selatan wilayah campurdarat Kabupaten Tulungagung. Batu marmer diangkat ke lokasi pengolahan. Kemudian diolah sesuai dengan keinginan pengrajin dan pemesanan pelanggan menggunakan alat (*wire sawing*).

Serbuk limbah marmer yang digunakan pada penelitian ini memiliki ciri berwarna abu kehitaman dan mempunyai permukaan yang keras bercampur butiran halus seperti semen karena bercampur dengan air. Ukuran serpihan marmer beragam sehingga perlu dipukul kembali agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Penggunaan Serbuk limbah serbuk marmer sebagai bahan stabilisasi tanah merupakan alternatif cara daur ulang untuk mengolah limbah marmer. Sebab warga belum banyak melakukan pengolahan sehingga menimbulkan masalah lingkungan.

Limbah marmer memiliki komposisi yang hampir sama dengan zat kapur. Tjokrodinuljo, 1992 dalam Fathani, 1998 menyatakan bahwa kandungan CaO (Kapur) yang tinggi pada limbah marmer, ketika bertemu dengan H_2O (air) akan membentuk Ca(OH)_2 (Kalsium Hidroksida) mengeluarkan panas. Ca(OH)_2 (Kalsium Hidroksida) kemudian mengikat CO_2 (Karbo dioksida) dan menghasilkan komponen CaCO_3 yang memiliki sifat keras dan tidak larut dalam air sehingga dapat meningkatkan sifat mikrostruktur dan mekanik.

3.3.2 Matos *Soil Stabilizer*

Matos *Soil Stabilizer* merupakan salah satu bahan aditif yang berfungsi untuk memperkuat dan menstabilkan tanah secara kimia. Matos *Soil Stabilizer* berupa serbuk halus yang memiliki kandungan mineral anorganik yang ramah lingkungan dan sudah disertifikasi dengan sirim test oleh Departemen Lingkungan Hidup Malaysia.

Keunggulan dari penggunaan matos sebagai bahan tambah stabilisasi adalah meningkatkan modulus elastisitas dan kuat geser tanah sehingga mampu mengurangi *settlement* dan meningkatkan daya dukung, tahan terhadap rendaman air, kekuatan meningkat seiring bertambahnya waktu dsb. Matos juga dapat membantu memasok lebih banyak ion cadangan dan membentuk senyawa asam silikat aluminium yang kemudian membentuk struktur sarang lebah 3 dimensi diantara partikel tanah dan membentuk rongga mikron yang bisa meresapkan air kedalam tanah sehingga dapat membentuk asam sulfat yang mampu mencegah terjadinya keretakan pada tanah.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan suatu cara ilmiah yang bertujuan agar mendapatkan data dengan maksud dan tujuan tertentu melalui tahapan yang sistematis. Pada tugas akhir ini metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen di laboratorium dengan menguji satu variabel atau lebih lalu menganalisa pengaruh yang dihasilkan di setiap variabelnya.

4.2 Bahan dan Benda uji yang digunakan

4.2.1 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini yaitu:

1. Tanah Lempung

Tanah lempung yang digunakan berasal dari Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan tanah dilakukan pada kondisi tanah terganggu (*disturbed soil*). Pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman 0-30 cm dari permukaan tanah dengan meninjau berdasarkan literatur tanah yang disarankan. Berikut merupakan lokasi pengambilan sampel yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini



Gambar 4.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Asli

2. Serbuk Limbah Marmer

Serbuk limbah marmer didapatkan dari industri rumahan di daerah Campurdarat Kabupaten Tulungagung. Limbah marmer ini terbentuk dari proses penggergajian pembuatan perabotan rumah tangga menggunakan mesin dimana dari proses tersebut menyisakan serpihan batu kecil yang tidak dapat digunakan lagi sehingga menjadi sampah yang menumpuk. Sebelum limbah marmer ini diolah menjadi bahan material stabilisasi tanah lempung. Maka, terlebih dahulu dipukul sampai halus kemudian dilakukan analisa mengenai ukuran butiran yang sesuai dengan kebutuhan yakni sampai lolos saringan no.40.

3. Matos

Pada pengujian ini, menggunakan bahan aditif matos yang berguna untuk mempertahankan fungsi tanah. Produk ini terdiri dari logam dan garam/mineral anorganik dan lain-lain. Matos ini didapatkan dari PT Joglo Matos Nusantara.

4.2.2 Benda Uji dan Pengujian

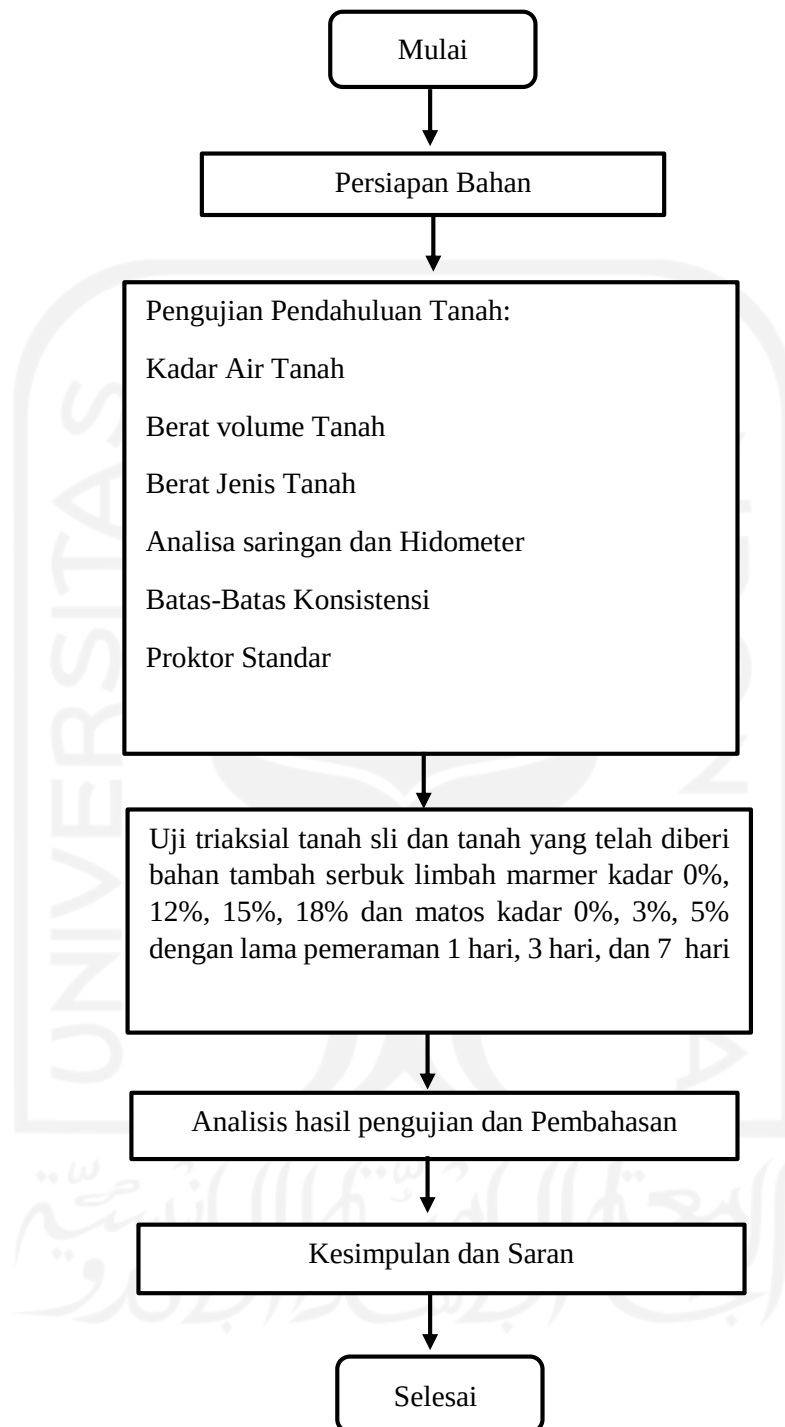
Berikut ini merupakan Jumlah sampel tanah yang akan digunakan pada setiap pengujian yang tertera pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Jenis Pengujian yang Dilakukan

Uji yang dilakukan	Jenis Pengujian	Jumlah	Satuan
Sifat Fisik Tanah Asli	Pengujian Kadar Air	2	Buah
	Pengujian Berat Jenis	2	Buah
	Pengujian Berat Volume	2	Buah
	Pengujian Analisis Saringan	2	Buah
	Pengujian Analisis Hidrometer	2	Buah
	Pengujian Batas-Batas Konsistensi	6	Buah
Kepadatan Optimum	Pengujian <i>proctor standard</i>	2	Buah
Kuat Geser Tanah	Pengujian <i>Triaksial UU</i>		Buah
	Tanah Asli	2	
	T.A + Matos 3%	2	
	T.A + Matos 5%	2	
	T.A+ Marmer 12%	2	
	T.A + Marmer 15%	2	
	T.A+ Marmer 18%	2	
	T.A + Matos 3% + Marmer 15%	2	
	T.A+ Matos 5% + Marmer 15%	2	
	Total Benda Uji	64	Buah

4.3 Bagan alir penelitian

Dari pembahasan yang telah disebutkan, maka dibuatlah bagan alir penelitian (*flowchart*) yang berguna untuk pelaksanaan penelitian. Adapun bagan alir yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Dalam bab ini memuat hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini meliputi pengujian secara fisik dan mekanik pada tanah asli maupun pada tanah yang telah diberi bahan tambah serbuk limbah marmer dan matos dan terhadap parameter kuat geser tanah. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta.

5.1.1 Pengujian Kadar Air

Kadar air (w), adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan butiran padat (W_s) yang dinyatakan dalam bentuk persen. Pengujian ini bertujuan agar mengetahui nilai kandungan kadar air yang terdapat di lapangan. Adapun hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli

Uraian	Hasil		Satuan
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat container (W_1)	13,00	13,50	gr
Berat container + tanah basah (W_2)	23,30	30,87	gr
Berat container + tanah kering (W_3)	20,43	25,98	gr
Berat air (w_w)	2,87	4,89	gr
Berat tanah kering (w_s)	7,43	12,48	gr
Kadar air	38,63	39,18	%
Kadar air rata-rata (w)	38,90		%

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian kadar air diatas, tanah asli di Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta mendapatkan nilai kadar air rata-rata sebesar 38,90 %.

5.1.2 Pengujian Berat Volume

Berat volume basah atau lembab (γ_b) merupakan perbandingan antara berat butiran tanah termasuk udara dan air (W) dengan volume total tanah (V). Adapun hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli

Uraian	Hasil		Simbol
	Sampel 1	Sampel 2	
Diameter ring (d)	5,10	5,04	cm
Tinggi ring (t)	2,00	2,00	cm
Volume ring (v)	40,86	39,901	cm ³
Berat ring (W1)	12,73	12,91	gr
Berat ring + tanah basah (W2)	112,02	109,74	gr
Berat tanah basah (W3)	99,29	96,83	gr
Berat volume tanah (γ_b)	2,43	2,43	gr/cm ³
Berat volume rata-rata	2,428		gr/cm ³

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian kadar air tanah asli di Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta, mendapatkan berat volume rata-rata sebesar 2,428 gr/cm³.

5.1.3 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis atau berat spesifik adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat air suling dengan volume air (γ_w) yang sama pada temperatur tertentu. Adapun hasil pengujian berat jenis dapat dilihat pada Tabel 5.3 dibawah ini.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

Uraian	Simbol	Hasil	
		Sampel 1	Sampel 2
Berat piknometer (W1)	gr	29,41	28,2
Berat piknometer + tanah kering (W2)	gr	50	50,10
Berat piknometer + tanah + air penuh (W3)	gr	92,1	92,47
Berat piknometer + air penuh (W4)	gr	79,51	79,09
Suhu air (t)	gr	27,2	27
Berat volume tanah pada suhu T (γ_w)	gr/cm ³	0,998	0,998
Berat volume tanah pada suhu 27,5 C (γ_w)	gr/cm ³	0,996	0,996
Berat tanah kering (Wt)	gr	20,59	21,9
$A = W_s + W_4$	gr	101,01	101,99
$I = A - W_3$	gr	8	9,52
Berat jenis tanah pada suhu T, $G_s = W_s/I$		2,57	2,57
Berat jenis tanah pada suhu 27,5 C		2,57	2,57
Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 C		2,57	

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian berat Jenis tanah lempung di Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. Didapatkan nilai berat Jenis rata-rata sebesar 2,57. Maka, berdasarkan Tabel 3.6 tanah tersebut mendekati kategori tanah lempung organik.

5.1.4 Pengujian Batas-Batas Konsistensi

1. Batas Cair

Pengujian ini mempunyai tujuan agar mendapatkan nilai batas cair tanah, yakni kadar air suatu tanah pada batas keadaan plastis dan keadaan cair. Adapun hasil pengujian batas cair dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5.

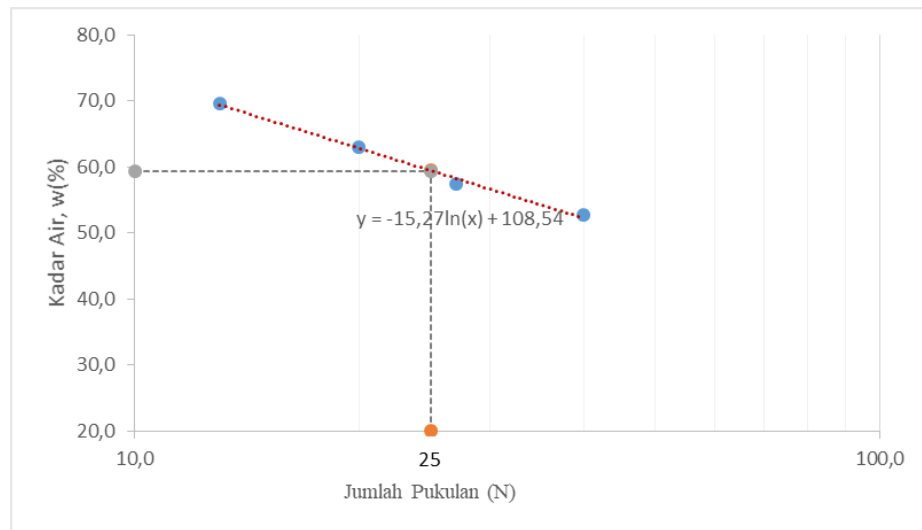
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 1

Uraian	Satuan	I		II		III		IV	
Berat Cawan	gr	5,6	5,6	6,8	6,4	6,7	5,6	5,7	5,7
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	10,8	10,4	11,6	11,2	11,9	10,7	12,4	11,5
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	8,4	8,7	9,6	9,5	9,7	9,3	10,3	9,4
Berat Air (3) - (4)	gr	2,5	1,7	2,1	1,7	2,2	1,4	2,2	2,1
Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	2,6	3,1	2,7	3,0	3,0	3,6	4,5	3,7
Kadar Air = (5)/(6) x 100%	%	85,2	54,0	70,6	55,3	75,3	39,5	48,2	57,2
Kadar Air rata - rata	%	69,6		62,9		57,4		52,7	
Jumlah Pukulan (N)		13		20		27		40	

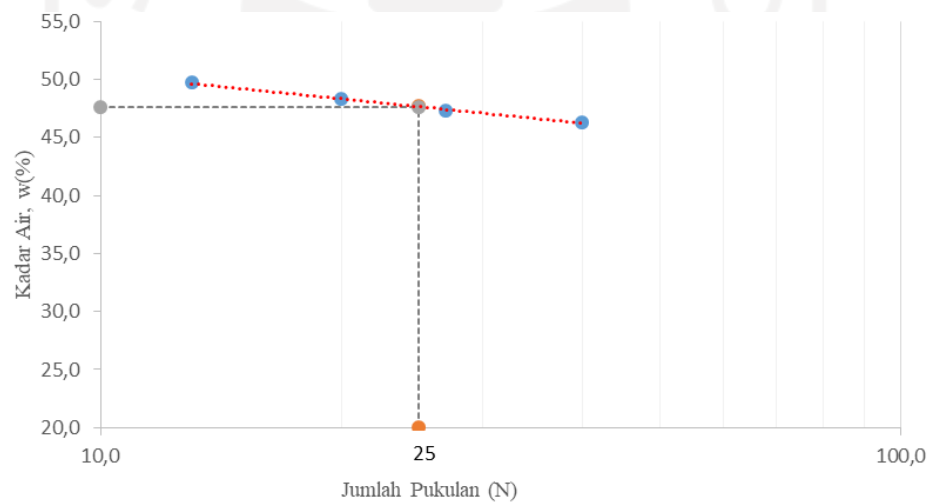
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 2

Uraian	Satuan	I		II		III		IV	
No Cawan	gr	1	2	3	4	5	6	7	8
Berat Cawan	gr	8,8	8,9	9,3	8,9	9,2	9,2	9,1	9,1
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	16,6	16,6	15,0	15,9	14,5	15,3	14,8	15,8
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	14,0	14,0	13,1	13,6	12,8	13,3	13,0	13,7
Berat Air (3) - (4)	gr	2,6	2,6	1,9	2,3	1,7	2,0	1,8	2,1
Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	5,2	5,2	3,9	4,7	3,7	4,1	3,9	4,6
Kadar Air = (5)/(6) x 100%	%	49,9	49,5	48,8	47,8	47,1	47,5	46,3	46,4
Kadar Air rata - rata	%	49,7		48,3		47,3		46,3	
Jumlah Pukulan (N)		13		20		27		40	

Berdasarkan Hasil dari pengujian batas cair diatas dapat digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara nilai kadar air (%) dengan jumlah pukulan (n) yang dapat dilihat dalam Gambar 5.1 dan dan Gambar 5.2.



Gambar 5.1 Grafik Batas Cair Tanah Asli Sampel 1



Gambar 5.2 Grafik Batas Cair Tanah Asli Sampel 2

Berdasarkan Hasil dari grafik batas cair diatas didapatkan nilai dari batas cair tanah asli. Adapun hasil pengujian batas cair dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Batas Cair Rata-Rata

Uraian	Satuan	Nilai
Batas Cair Sampel 1	%	59,385
Batas Cair Sampel 2	%	47,658
Batas Cair Sampel Rata-Rata	%	53,522

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian batas cair tanah lempung di Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta, mendapatkan nilai batas cair rata-rata sebesar 53,522%.

2. Batas Plastis

Pengujian Batas Plastis bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air yang berada pada kondisi plastis. Adapun hasil pengujian batas plastis dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli

Uraian	Satuan	Hasil	
		Sampel 1	Sampel 2
Berat Cawan	gr	8,83	8,98
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	56,82	45,36
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	43,28	35,19
Berat Air	gr	13,54	10,17
Berat Tanah Kering	gr	34,45	26,21
Kadar Air	gr	39,30	38,80
Kadar Air rata - rata	%	39,05	

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian batas plastis tanah lempung di Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta, mendapatkan nilai batas plastis rata-rata sebesar 39,05%.

3. Batas Susut

Pengujian Batas Susut bertujuan agar mendapatkan nilai kadar air saat pada kondisi antara padat dan semi padat yakni persentase kadar air dimana tidak terjadi perubahan volume tanah akibat pengurangan kadar air. Adapun hasil pengujian batas susut dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Batas Susut

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat cawan susut	40,96	42,3	gr
Berat cawan susut + tanah basah	65,24	70,89	gr
Berat cawan susut + tanah kering	54,81	58,94	gr
Berat tanah kering	13,85	16,64	gr
Kadar air	75,307	71,815	%
volume tanah basah = volume cawan susut			
Diameter ring	4,21	4,3	cm
Tinggi ring	1,3	1,3	cm
Volume ring	18,097	18,879	cm ³
Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur	215,67	226,77	gr
Berat gelas ukur	60,52	60,52	gr
Berat air raksa	155,15	166,25	gr
Berat tanah kering	13,85	16,64	gr
Volume tanah kering	11,408	12,224	cm ³
Batas Susut Tanah	29,419		%

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian batas susut tanah lempung di Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta, mendapatkan nilai batas susut rata-rata sebesar 29,419%.

4. Indeks Plastisitas

Indeks Plastisitas merupakan interval kadar air dimana sifat plastis masih ada dalam tanah. Nilai indeks plastisitas menggunakan selisih antara nilai dari batas cair dan batas plastis pada suatu sampel tanah. Adapun hasil pengujian indeks plastisitas dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas Rata-Rata

Uraian	Satuan	Sampel Rata-Rata
Batas Cair	%	53,522
Batas Plastis	%	39,05
Indeks Plastisitas Rata-Rata	%	14,472

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian batas-batas konsistensi tanah lempung di Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta, mendapatkan nilai indeks plastisitas rata-rata sebesar 14,472%.

5.1.5 Pengujian Analisis Ukuran Butiran

Maksud pengujian analisis ukuran butiran adalah agar dapat mengklasifikasikan jenis tanah yang akan diuji serta dapat mengetahui pendistribusian ukuran butiran tanah. Dalam pengujian ini ada dua metode yang digunakan yakni dengan pengujian hidrometer dan pengujian analisis saringan. Adapun hasil pengujian analisa gradasi ukuran butiran yang dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 Serta Gambar 5.3 dan Gambar 5.4.

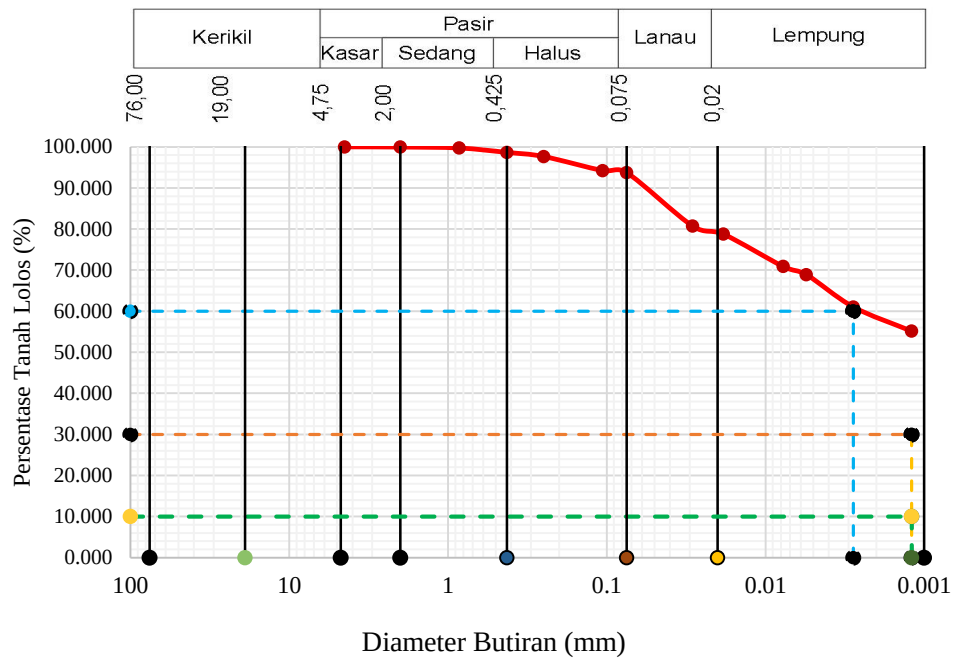
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli Sampel 1

No. Saringan	Diameter saringan (mm)	Berat tanah tertahan (gr)	Berat tanah lolos (gr)	% Tertahan	% lolos
4	4,475	0	300	0	100
10	2	0,15	299,85	0,05	99,95
20	0,85	0,68	299,17	0,227	99,723
40	0,425	3,24	295,93	1,08	98,643
60	0,25	2,98	292,95	0,993	97,65
140	0,106	10,31	282,64	3,437	94,213
200	0,075	1,43	281,21	0,477	93,737
Pan		281,21	0	93,737	0
TOTAL	300		100		

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Hidrometer Sampel 1

Waktu	Suhu	Ra	Rc	Persen Lolos	R	L	L/t	k	D
0	28	42	44	86,613	45	8,9	0	0,013	0
2	28	39	41	80,707	42	9,4	4,70	0,013	0,029
5	28	38	40	78,739	41	9,6	1,92	0,013	0,018
30	28	34	36	70,865	37	10,2	0,34	0,013	0,008
60	28	33	35	68,896	36	10,4	0,17	0,013	0,006
250	27.5	29	31	61,023	32	11,1	0,04	0,013	0,003
1440	26.8	26	28	55,117	29	11,5	0,01	0,013	0,001

Berdasarkan hasil yang telah disebutkan pada Tabel 5.11 diatas, Maka dapat digambarkan grafik distribusi butiran tanah sampel 1 yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Distribusi Butiran Tanah Asli Sampel 1

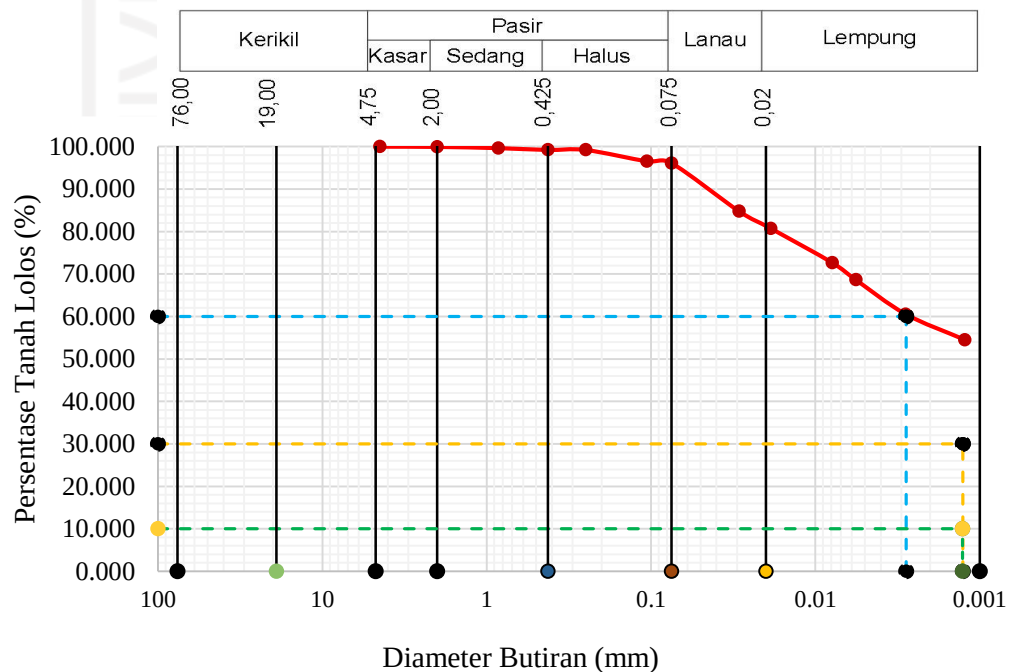
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli Sampel 2

No. Saringan	Diameter saringan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat Lolos (gr)	% Tertahan	% lolos
4	4,475	0	300	0	100
10	2	0,15	299,85	0,05	99,95
20	0,85	0,87	298,98	0,29	99,66
40	0,425	1,29	297,69	0,43	99,23
60	0,25	0	297,69	0	99,23
140	0,106	8,02	289,67	2,673	96,557
200	0,075	1,31	288,36	0,437	96,12
Pan		288,36	0	96,12	0
TOTAL		300		100	

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Sampel 2

Time	Suhu	Ra	Rc	Persen Lolos	R	L	L/t	k	Diameter
0	27	43	45	90,833	46	8,9	0	0,013	0,000
2	27	40	42	84,778	43	9,4	4,700	0,013	0,029
5	27	38	40	80,741	41	9,7	1,940	0,013	0,019
30	27	34	36	72,667	37	10,4	0,347	0,013	0,008
60	27	32	34	68,630	35	10,7	0,178	0,013	0,006
250	27	28	30	60,556	31	11,1	0,044	0,013	0,003
1440	26.9	25	27	54,500	28	11,9	0,008	0,014	0,001

Berdasarkan hasil yang telah disebutkan pada Tabel 5.11 diatas, Maka dapat digambarkan grafik distribusi butiran tanah sampel 1 yang dapat dilihat pada Gambar 5.4.

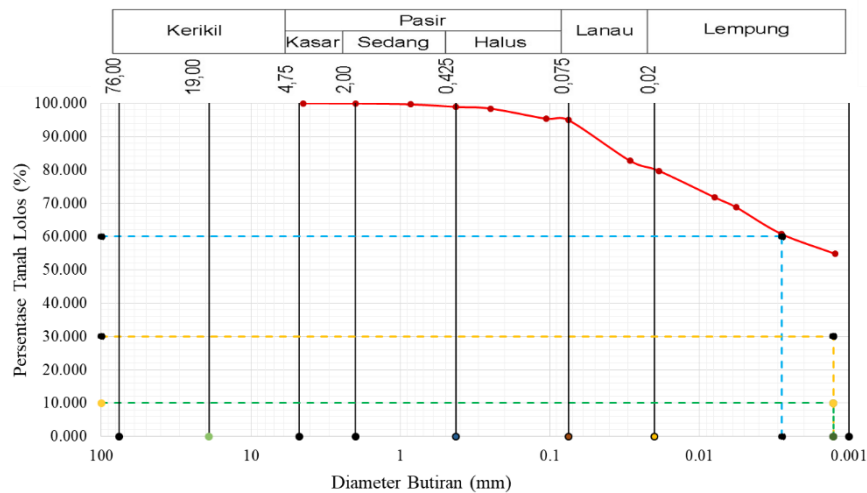
**Gambar 5.4 Grafik Analisis Distribusi Butiran Tanah Asli Sampel 2**

Berdasarkan hasil yang telah disebutkan pada tabel di atas. Berikut merupakan rekapitulasi pengujian analisis saringan dan hidrometer yang dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Pengujian Analisis Saringan dan Hidrometer

Diameter Butiran Sampel 1	Persen Lolos Sampel 1	Diameter Butiran Sampel 2	Persen Lolos Sampel 2	Diameter Butiran Rata-rata	Persen Lolos Rata-rata
4,475	100,000	4,475	100,000	4,475	100,00
2,000	99,950	2,000	99,950	2,000	99,950
0,850	99,723	0,850	99,660	0,850	99,692
0,425	98,643	0,425	99,230	0,425	98,937
0,250	97,650	0,250	99,230	0,250	98,440
0,106	94,213	0,106	96,557	0,106	95,385
0,075	93,737	0,075	96,120	0,075	94,929
0,029	80,707	0,029	84,778	0,029	82,742
0,019	78,739	0,019	80,741	0,019	79,740
0,008	70,865	0,008	72,667	0,008	71,766
0,006	68,896	0,006	68,630	0,006	68,763
0,003	61,023	0,003	60,556	0,003	60,789
0,001	55,117	0,001	54,500	0,001	54,809

Berdasarkan hasil yang telah disebutkan pada Tabel 5.14 diatas, Maka dapat digambarkan grafik distribusi butiran tanah sampel rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Analisis Distribusi Butiran Tanah Asli Sampel rata-rata

Berdasarkan Gambar 5.3, Gambar 5.4, dan Gambar 5.5 diatas. Maka, didapatkan hasil analisis persentase butiran tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil Persentase Butiran Sampel Rata-Rata

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
%Lolos #200	%	93,737	96,120	96,12
Kerikil	%	0	0	0
Pasir	%	6,263	3,880	5,071
Lanau	%	13,029	11,342	12,187
Lempung	%	80,707	84,778	82,742
D60	mm	0,0028	0,0028	0,0028
D30	mm	0,001	0,001	0,001
D10	mm	0,0012	0,0013	0,0013
Cu	-	2,333	2,2047	2,2047
Cc	-	0,429	0,4521	0,4521

Dari Tabel 5.15 diatas maka didapatkan hasil analisis butiran tanah asli rata-rata yakni Kerikil 0%, Pasir Sebesar 5,071%, Lanau sebesar 12,187%, dan Lempung sebesar 82,742%.

5.1.6 Pengujian Proktor Standar

Pengujian proktor standar dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) dan nilai berat volume kering maksimum (*Maximum dry Density*) pada suatu tanah dengan cara dipadatkan dengan jumlah pukulan yang telah ditentukan. Adapun hasil pengujian analisa proktor standar yang dapat dilihat pada Tabel 5.16, Tabel 5.17, Tabel 5.18, dan Tabel 5.19.

Tabel 5.16 Hasil Penambahan Air Berat Volume Tanah Basah Sampel 1

Uraian	Sampel					Ket.
	1	2	3	4	5	
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gr
Kadar air mula-mula	11,312	11,312	11,312	11,312	11,312	%
Penambahan air	200	300	400	500	600	ml
Berat cetakan	1750	1750	1750	1750	1750	gr
Berat cetakan + tanah basah	3002	3150	3205	3368	3347	gr
Berat tanah basah	1252	1400	1455	1618	1597	gr
Berat volume tanah basah	1,341	1,499	1,558	1,733	1,710	gr/cm ³

Tabel 5.17 Hasil Penambahan Air Berat Volume Tanah Basah Sampel 2

Uraian	Sampel					Ket.
	1	2	3	4	5	
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gr
Kadar air mula-mula	11,312	11,312	11,312	11,312	11,312	%
Penambahan air	200	300	400	500	600	ml
Berat cetakan	1750	1750	1750	1750	1750	gr
Berat cetakan + tanah basah	2962	3005	3165	3352	3343	gr
Berat tanah basah	1212	1255	1415	1602	1593	gr
Berat volume tanah basah	1,298	1,344	1,515	1,715	1,706	gr/cm ³

Berdasarkan hasil dari penambahan air dan berat volume diatas. Maka, didapatkan hasil pengujian proktor standar yang dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.19

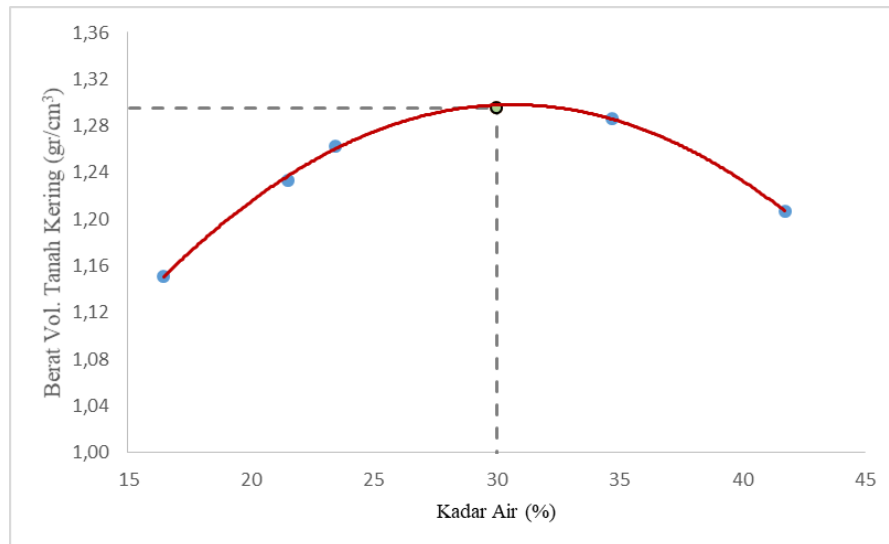
Tabel 5.18 Hasil Kadar Air dan Berat Volume Kering Sampel 1

Uraian	1		2		3		4		5		Kadar air mula-mula	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
No Cawan												
Berat cawan	13,0	12,9	12,9	13,1	12,8	13,3	12,8	12,9	9,78	8,99	9,0	9,0
Berat cawan + tanah basah	37,5	46,0	38,5	42,2	41,7	44,9	45,5	45,5	47,9	45,7	37,1	55,4
Berat cawan+ tanah kering	34,3	41,1	33,9	37,2	36,4	38,8	36,7	37,5	36,5	35,0	34,3	50,6
Berat air	3,3	4,9	4,7	5,0	5,4	6,2	8,8	8,0	11,4	10,6	2,8	4,8
Berat tanah kering	21,2	28,1	21,0	24,1	23,6	25,5	23,8	24,6	26,7	26,1	25,3	41,6
Kadar air	15,3	17,6	22,1	20,9	22,7	24,2	37,1	32,3	42,6	40,9	11,0	11,6
Kadar air rata-rata	16,44		21,51		23,42		34,69		41,73		11,31	

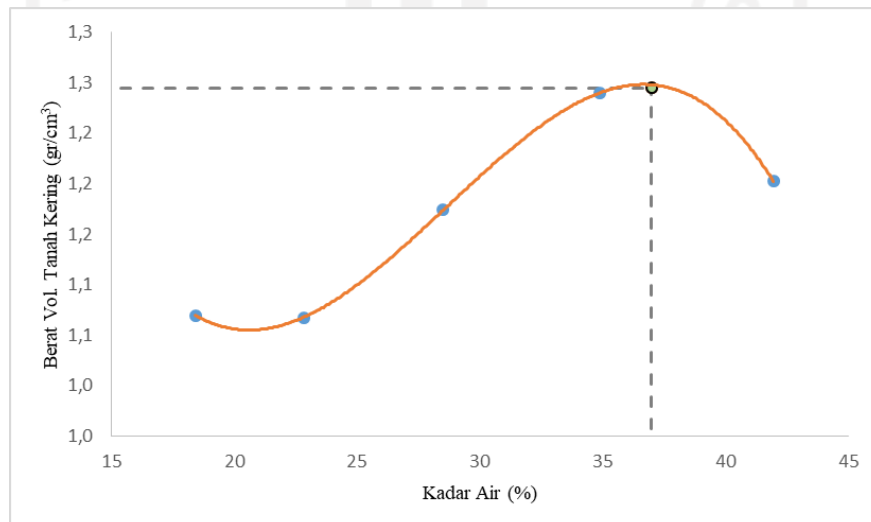
Tabel 5.19 Hasil Kadar Air dan Berat Volume Kering Sampel

Uraian	1		2		3		4		5		Kadar air mula-mula	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
No Cawan												
Berat cawan	8,9	9,0	8,9	8,9	9,3	9,1	9,1	9,2	8,9	9,0	9,0	9,0
Berat cawan+ tanah basah	30,4	34,3	33,7	43,2	40,4	34,6	41,4	45,2	60,5	47,0	37,1	55,4
Berat cawan + tanah kering	26,9	30,6	29,1	36,8	33,5	28,9	33,1	35,7	45,3	35,7	34,3	50,6
Berat air	3,6	3,7	4,6	6,4	6,8	5,7	8,2	9,4	15,3	11,2	2,8	4,8
Berat tanah kering	18,0	21,6	20,2	27,9	24,2	19,8	24,1	26,6	36,4	26,8	25,3	41,6
Kadar air	19,8	17,1	22,9	22,8	28,2	28,8	34,3	35,5	41,9	42,0	11,0	11,6
Kadar air rata-rata	18,44		22,85		28,50		34,89		41,95		11,31	

Berdasarkan hasil Pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 diatas. Maka, dapat digambarkan hubungan antara kadar air dan berat volume tanah kering yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.



Gambar 5.6 Grafik *Proctor Standard* Tanah Asli Sampel 1



Gambar 5.7 Grafik *Proctor Standard* Tanah Asli Sampel 2

Setelah didapatkan Grafik *Proctor Standard* Tanah Asli di atas. Maka, Dapat diperoleh nilai kadar air optimum dan kepadatan tanah kering maksimum yang dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Nilai Kadar Air Optimum Dan Kepadatan Tanah Kering Maksimum Sampel Rata-Rata

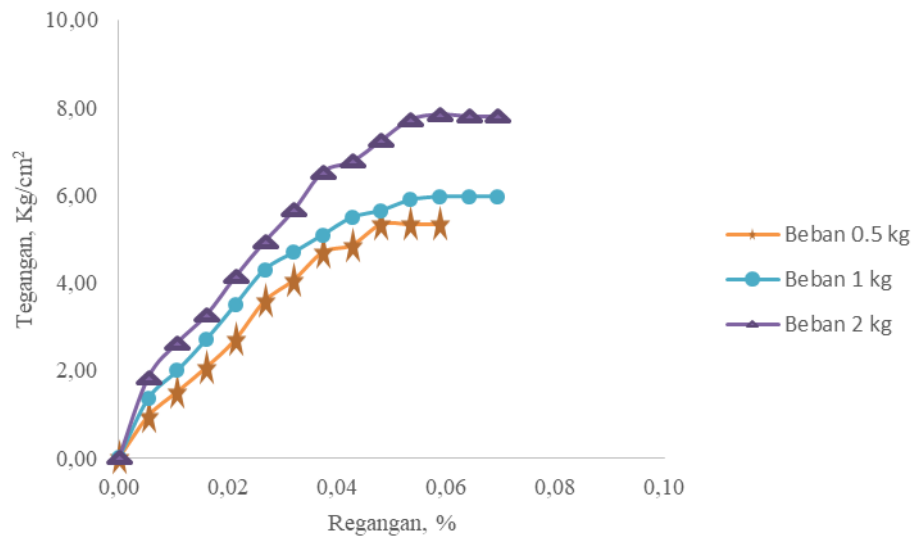
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Kepadatan Kering Maks(γ_d)	gr/cm ³	1,30	1,28	1,29
Kadar Air Optimum (w)	%	30	37	33,5

Berdasarkan Tabel 5.20 diatas. Maka, Tanah lempung yang berasal dari Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta mendapatkan nilai kadar air optimum sebesar 33,5% dan kepadatan kering maksimum sebesar 1,29 gr/cm³. Hasil tersebut dijadikan acuan sebagai parameter dalam pembuatan sampel pada pengujian triaksial *UU*.

5.1.7 Pengujian Triaksial *UU*

Tujuan pengujian triaksial adalah dapat mengetahui nilai parameter kuat geser tanah yang berupa sudut geser dalam (ϕ) kohesi (c). Pada pengujian triaksial *UU* bahan tambah yang digunakan sebagai bahan stabilisator menggunakan variasi bahan berupa 0%, 3% dan 5% matos dan 0%, 12%, 15% dan 18% serbuk limbah marmer ditambah dengan pencampuran kedua bahan tadi dengan variasi 3% matos dan 15% serbuk limbah marmer serta 5% matos dan 15% serbuk limbah marmer dari berat kering tanah. Pada setiap variasi yang digunakan menggunakan 3 buah sampel tanah dimana pada proses pembuatannya menggunakan nilai kadar air optimum dan kepadatan maksimum yang didapat dari pengujian pemadatan tanah. Masing-masing sampel menggunakan beban sebesar 0,5 kg, 1 kg, dan 2 kg. Adapun masa pemeraman untuk tanah asli yang diberi bahan tambah yakni selama 1 hari, 3 hari, dan 7 hari.

Berdasarkan hasil pada pengujian triaksial UU pada tanah asli. Maka, dapat digambarkan grafik tegangan-regangan yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.



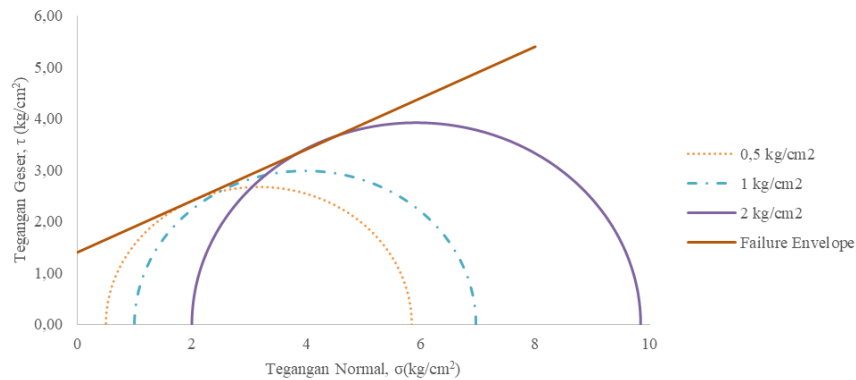
Gambar 5.8 Grafik Teganga-Regangan Triaksial UU Tanah Asli Sampel 1

Berdasarkan Gambar 5.8 diatas. Didapatkan nilai tegangan geser maksimal dan nilai tegangan utama. Nilai tersebut dapat kita lihat dalam Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Tegangan Geser Maksimal dan Tegangan Utama Tanah Asli Sampel 1

Pembebanan	Simbol	Satuan	Sampel A		
			I	II	III
Tegangan Keliling	σ_3	kg/cm ²	0.5	1	2
Tegangan Deviator	$\Delta\sigma = P/A$	kg/cm ²	5,334	5,970	7,841
Tegangan Utama	$\sigma_1 = \Delta\sigma + \sigma_3$	kg/cm ²	5,834	6,970	9,841

Setelah didapatkan nilai tegangan geser maksimal dan nilai tegangan utama. Maka, dapat digambarkan lingkaran mohr untuk memperoleh sudut geser dalam dan kohesi yang dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik Lingkaran Mohr Triaksial UU Tanah Asli Sampel 1

Berdasarkan Gambar 5.9 diperoleh nilai sudut geser dalam sebesar dan nilai kohesi sebesar pada tanah asli sampel 1. Penggunaan metode yang sama juga digunakan pada perhitungan tanah asli sampel 2. Hasil rekapitulasi pengujian triaksial pada 2 sampel tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Pengujian Triaksial Pada 2 Sampel Tanah Asli

Parameter Kuat Geser Tanah				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kohesi (c)	Kg/cm ²	1,400	1,250	1,325
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	26,562	32,514	29,538

1. Pengujian Triaksial UU Pada Tanah Asli dan Bahan Stabilisator

a. Pengujian dengan Pemeraman 1 Hari

Berikut ini merupakan hasil pengujian triaksial UU pada tanah asli dan bahan stabilisator dengan masa pemeraman selama 1 hari yang dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Triaksial UU Pada Tanah Asli Dan Bahan Stabilisator Masa Pemeraman 1 Hari

Pemeraman	Uraian	Kohesi (Kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (°)
1 Hari	T.Asli + Matos 3%	2,35	40,155
	T.Asli + Matos 5%	2,85	41,899
	T.Asli + Marmer 12%	2,60	42,281
	T.Asli + Marmer 15%	2,60	41,179
	T.Asli + Marmer 18%	1,70	45,252
	T.Asli + Matos 3% +Marmer 15%	1,45	49,050
	T.Asli + Matos 5% + Marmer 15%	1,80	47,014

b. Pengujian dengan Pemeraman 3 Hari

Berikut ini merupakan hasil perhitungan pengujian triaksial UU pada tanah asli dan bahan stabilisator dengan masa pemeraman selama 3 hari yang dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Triaksial UU Pada Tanah Asli Dan Bahan Stabilisator Masa Pemeraman 3 Hari

Pemeraman	Uraian	Kohesi (Kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (°)
3 Hari	T.Asli + Matos 3%	1,80	50,81
	T.Asli + Matos 5%	3,30	42,91
	T.Asli + Marmer 12%	3,30	42,91
	T.Asli + Marmer 15%	3,10	45,58
	T.Asli + Marmer 18%	1,30	49,83
	T.Asli + Matos 3% +Marmer 15%	1,75	47,84
	T.Asli + Matos 5% + Marmer 15%	1,90	49,05

c. Pengujian dengan Pemeraman 7 Hari

Berikut ini merupakan hasil perhitungan pengujian triaksial UU pada tanah asli dan bahan stabilisator dengan masa pemeraman selama 3 hari yang dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Triaksial UU Pada Tanah Asli Dan Bahan Stabilisator Masa Pemeraman 7 Hari

Pemeraman	Uraian	Kohesi (Kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (°)
7 Hari	T.Asli + Matos 3%	1,75	51,39
	T.Asli + Matos 5%	2,10	52,20
	T.Asli + Marmer 12%	2,80	50,12
	T.Asli + Marmer 15%	1,20	57,15
	T.Asli + Marmer 18%	1,60	52,91
	T.Asli + Matos 3% + Marmer 15%	3,60	49,47
	T.Asli + Matos 5% + Marmer 15%	3,25	53,39

5.2 Pembahasan

Pembahasan pada penelitian tugas akhir ini dibuat berdasarkan hasil perhitungan pada beberapa pengujian yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya.

5.2.1 Tanah Asli

1. Sistem Klasifikasi USCS

Pada Sistem ini membagi kelompok tanah menjadi 2 dengan ketentuan jika nilainya kurang dari 50% lolos saringan nomor 200 tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*) atau biasa dikenal tanah pasir dan kerikil.

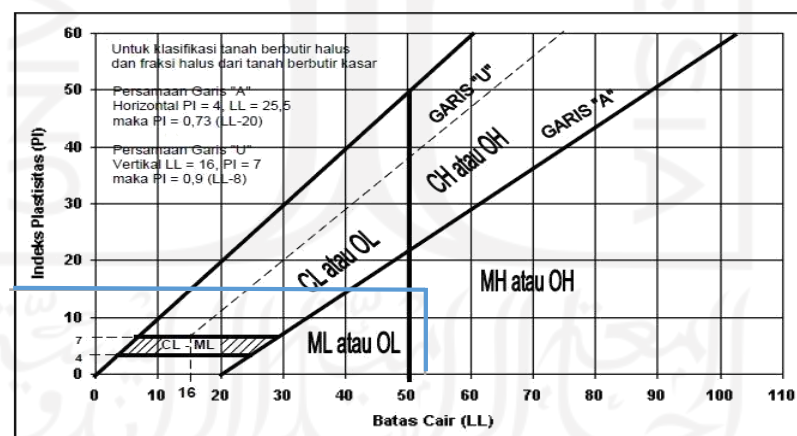
Sedangkan jika nilainya lebih dari 50% lolos saringan nomor 200 tanah diklasifikasikan ke dalam tanah kategori tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*) atau biasa dikenal dengan tanah lanau/lempung. Kemudian tanah dimasukkan kedalam kelompok dan sub kelompok. Adapun langkah-langkah dalam menentukan klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS dilakukan sebagai berikut.

- a. Pada pengujian batas cair dan distribusi butiran tanah, didapatkan nilai hasil perhitungan batas cair sebesar 53,522% dan persentase tanah lolos saringan no.200 sebesar 96,12%. Berdasarkan hasil tersebut, sampel tanah asli yang didapat dimasukkan kedalam divisi utama yakni kategori tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,075) dan kategori lanau dan lempung batas cair > 50%. . Kemudian, disesuaikan dengan isi Tabel 5.27 bahwa tanah asli tersebut dikategorikan dalam kelompok OH sebagai lempung organik. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 5.27 sebagai berikut.

Divisi utama	Simbol kelompok	Nama jenis
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,075 mm)	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
	CL	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
	OL	Lanau tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>"fat clays"</i>)
	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae lanau elastis
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>"fat clays"</i>)

		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt		Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

- b. Pada pengujian batas *atterberg*, didapatkan nilai hasil perhitungan batas cair sebesar 53,522%, batas plastis sebesar 39,05%, dan nilai indeks plastisitas sebesar 14,472%. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat diplotkan nilai indeks plastisitas dan nilai batas cair pada grafik plastisitas yang dapat di lihat pada Gambar 5.11. Adapun secara keseluruhan pengelompokan jenis tanah berdasarkan sistem klasifikasi USCS dapat dilihat pada Tabel 3.1 dalam bab 3.



Gambar 5.11 Grafik Plastisitas

2. Sistem Klasifikasi AASHTO

Berdasarkan hasil pengujian yang telah didapatkan berdasarkan sistem AASHTO. Maka, dalam penentuan klasifikasi tanah dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Pada pengujian distribusi butiran tanah, didapatkan nilai persentase tanah lolos saringan no.200 sebesar 96,12%. Berdasarkan hasil tersebut tanah asli dapat dikategorikan kedalam tanah lanau-lempung yakni lolos saringan no.200 $>35\%$ dan klasifikasi kelompok masuk dalam kelompok A-7.
- b. Pada pengujian batas *atterberg*, didapatkan nilai hasil perhitungan batas cair sebesar 53,52% dan nilai indeks plastisitas sebesar 14,47%. Berdasarkan hasil tersebut sampel tanah asli masuk kelompok A-7 yakni minimal 41% untuk batas cair dan 11% untuk indeks plastisitas.

Berdasarkan tipe material yang pokok pada umumnya maka sampel tanah asli dimasukkan dalam kategori tanah lempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar masuk kategori sedang sampai buruk. Untuk lebih jelasnya mengenai hasil pengujian klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Hasil Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Material granular (<35% lolos saringan no.200)							Tanah—tanah lanau – lempung (>35% lolos saringan no.200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
2,00 mm (no.10)	50 maks										
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min								
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat Fraksi Lolos No.40											
Batas Cair (LL)				40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (IP)	6 maks		NP	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks Kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Fragmen batu, pasir, dan kerikil		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik			Sedang sampai buruk							

Sumber : Hardiyatmo (2012)

3. Sifat Fisik Tanah Asli

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil pengujian sifat fisik tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No	Pengujian	Aspek Tinjau	Hasil	Satuan
1	Pengujian Kadar Air	Kadar Air	38,90	%
2	Pengujian Berat Volume	Berat Volume	2,43	gr/cm
3	Pengujian Berat Jenis	Berat Jenis	2,57	%
4	Pengujian Distribusi Butiran Tanah	Kerikil	0	%
		Pasir	5,07	%
		Lanau	12,19	%
		Lempung	82,74	%
5	Pengujian Batas <i>Atterberg</i>	Batas Cair	53,52%	%
		Batas Susut	29,42	%
		Batas Plastis	39,05	%
		Indeks Plastisitas	14,47	%
6	Pengujian Proktor Standar	Berat Volume Kering Maksium	1,29	gr/cm
		Kadar Air Optimum	33,5	%

4. Sifat Mekanik

Dalam tugas akhir ini aspek yang ditinjau dari segi sifat mekanik adalah parameter kuat geser tanah berupa nilai sudut geser dalam dan nilai kohesi. Nilai tersebut didapatkan dari pengujian triaksial UU. Berdasarkan hasil dari pengujian, sampel tanah asli yang berasal dari Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki nilai sudut geser dalam sebesar $29,538^\circ$ dan nilai kohsei sebesar $1,325 \text{ kg/cm}^2$.

5.2.2 Tanah Asli dan Bahan Stabilisator

Pada sub bab ini meninjau tentang pengaruh sampel tanah asli yang diberi bahan stabilisator berupa serbuk limbah marmer dan matos terhadap parameter kuat geser tanah yang berupa nilai sudut geser dalam dan kohesi pada pengujian triaksial UU.

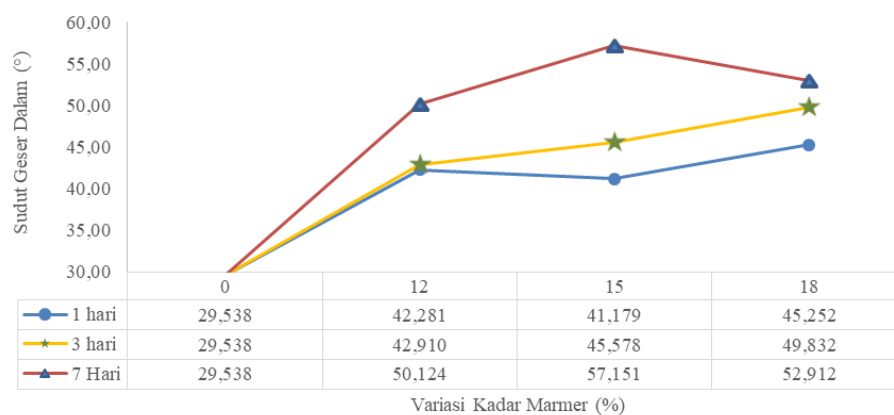
1. Sudut Geser Dalam (ϕ)

Pengaruh penambahan bahan stabilisator berupa serbuk limbah marmer dan matos terhadap nilai sudut geser dalam pada pengujian triaksial UU dapat dilihat pada Tabel 5.29, Gambar 5.10, Gambar 5.11, Gambar 5.12, Gambar 5.13, dan Gambar 5.14 berikut.

Tabel 5.29 Hasil Rekapitulasi Nilai Sudut Geser Dalam pada Sampel Tanah Asli dan Bahan Tambah

Lama Pemeraman	Uraian	Sudut Geser Dalam ($^{\circ}$)
-	Tanah Asli	40,16
1 Hari	T.Asli + Matos 3%	41,90
	T.Asli + Matos 5%	42,28
	T.Asli + Marmer 12%	41,18
	T.Asli + Marmer 15%	45,25
	T.Asli + Marmer 18%	49,05
	T.Asli + Matos 3% +Marmer 15%	47,01
	T.Asli + Matos 5% +Marmer 15%	40,16
3 Hari	T.Asli + Matos 3%	50,81
	T.Asli + Matos 5%	42,91
	T.Asli + Marmer 12%	42,91
	T.Asli + Marmer 15%	45,58
	T.Asli + Marmer 18%	49,83
	T.Asli + Matos 3% +Marmer 15%	47,84
	T.Asli + Matos 5% +Marmer 15%	49,05

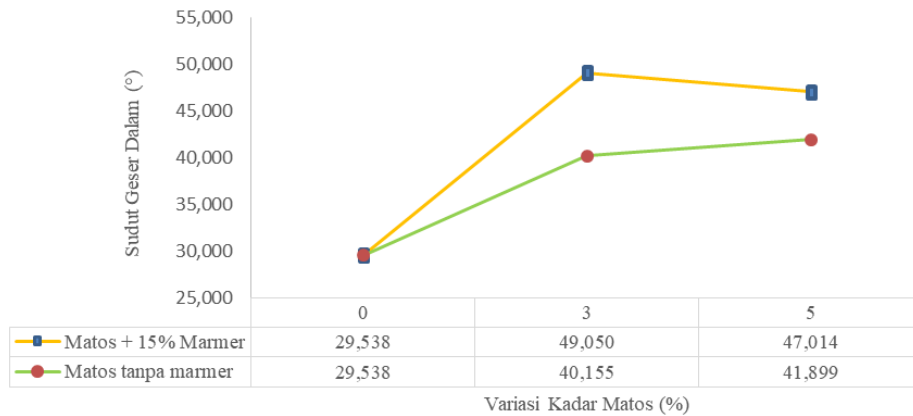
7 Hari	T.Asli + Matos 3%	51,39
	T.Asli + Matos 5%	52,20
	T.Asli + Marmer 12%	50,12
	T.Asli + Marmer 15%	57,15
	T.Asli + Marmer 18%	52,91
	T.Asli + Matos 3% +Marmer 15%	49,47
	T.Asli + Matos 5% +Marmer 15%	53,39



Gambar 5.10 Grafik perbandingan nilai sudut geser dalam pada variasi TA+serbuk limbah marmer kadar 0%, 12%, 15%, dan 18%

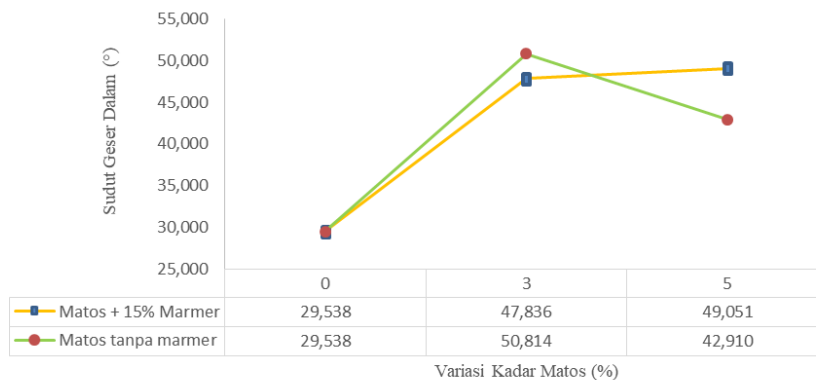
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 menunjukkan bahwa terdapat kenaikan nilai sudut geser dalam pada tanah asli dengan penambahan variasi marmer 0%, 12%, 15%, dan 18% namun mengalami penurunan pada serbuk limbah marmer kadar 18% pemeraman 7 hari. Peningkatan tertinggi terdapat pada variasi bahan serbuk limbah marmer 15% dengan masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar 29,538° menjadi 57,151° dengan persentase kenaikan sebesar 93%. Maka pemakaian persentase 15% marmer tersebut dianggap

dalam sebagai nilai optimum kemudian digunakan secara konstan pada campuran tanah asli + matos + serbuk limbah marmer.



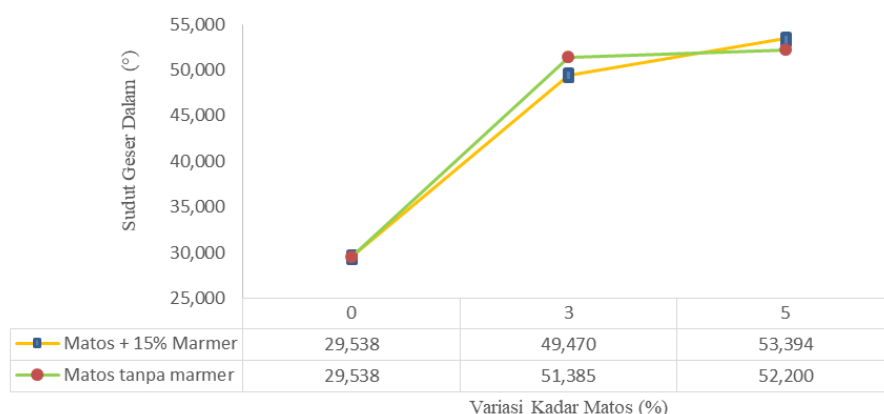
Gambar 5.11 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15% Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Masa Pemeraman 1 Hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.11 menunjukkan bahwa nilai sudut geser dalam mengalami peningkatan dari tanah asli pada semua variasi bahan tambah baik dari variasi matos maupun matos+ 15% serbuk limbah marmer. Namun, seiring dengan peningkatan nilai tersebut terdapat penurunan nilai sudut geser dalam dari 3% matos+15% serbuk limbah marmer ke persentase 5% ke matos+15% serbuk limbah marmer yakni nilai yang awalnya sebesar 49,050° menjadi 47,014°. Pada variasi matos 3% dan matos 5% mengalami kenaikan terus meskipun nilainya tidak lebih dari variasi matos+15% serbuk limbah marmer. Peningkatan tertinggi terjadi pada variasi matos+15% serbuk limbah marmer masa pemeraman 1 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar 29,538° menjadi 49,050° dengan persentase kenaikan sebesar 66%.



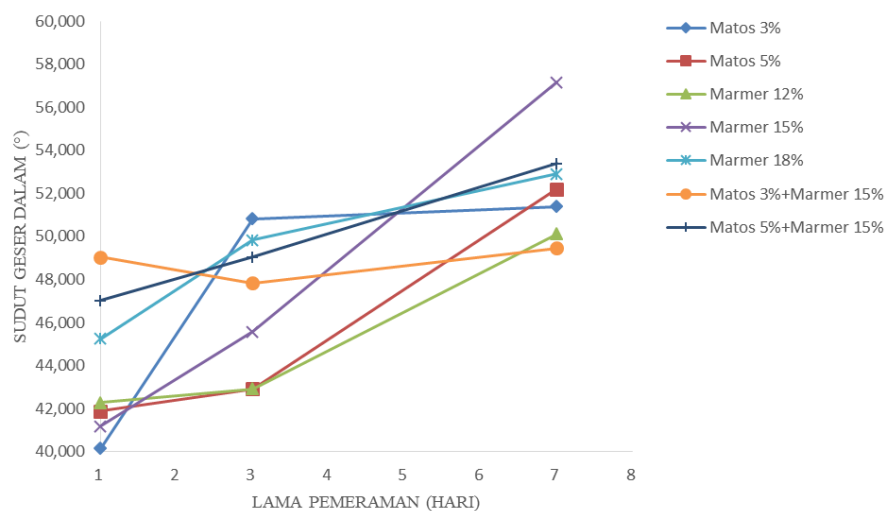
Gambar 5.12 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15% Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Masa Pemeraman 3 Hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.12 menunjukkan bahwa nilai sudut geser dalam mengalami peningkatan dari tanah asli pada semua variasi bahan tambah baik dari variasi matos maupun matos+ 15% serbuk limbah marmer. Namun, seiring dengan peningkatan nilai tersebut terdapat penurunan nilai sudut geser dalam dari 3% matos ke persentase 5% ke matos yakni nilai yang awalnya sebesar 50,814° menjadi 42,910°. Pada kedua variasi matos +serbuk limbah marmer 15% mengalami kenaikan terus meskipun nilainya tidak lebih dari variasi matos 3%. Peningkatan tertinggi terjadi pada variasi matos 3% masa pemeraman 3 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar 29,538° menjadi 50,814° dengan persentase kenaikan sebesar 72%.



Gambar 5.13 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15% Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Masa Pemeraman 7 Hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.12 menunjukkan bahwa nilai sudut geser dalam mengalami peningkatan dari tanah asli pada semua variasi bahan tambah baik dari variasi matos maupun matos+ 15% serbuk limbah marmer. Peningkatan tertinggi terjadi pada variasi matos + serbuk limbah marmer 15% masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar $29,538^\circ$ menjadi $53,394^\circ$ dengan persentase kenaikan sebesar 81%.



Gambar 5.14 Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam pada Sampel T.Asli+Bahan Tambah

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.14 menunjukkan bahwa nilai sudut geser dalam mengalami peningkatan dari tanah asli pada semua variasi bahan tambah baik dari variasi serbuk limbah marmer, matos maupun campuran keduanya. Peningkatan tertinggi terjadi pada serbuk limbah marmer 15% masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar $29,538^\circ$ menjadi $53,394^\circ$ dengan persentase kenaikan sebesar 81%. Dengan perkiraan nilai optimum pada variasi kadar tersebut dilakukan uji coba pembuatan sampel serbuk limbah marmer 15% masa pemeraman 14 hari. Hasil pada sampel uji coba tersebut mengalami penurunan nilai sudut geser dalam dari masa pemeraman 7 hari yang awalnya sebesar $57,151^\circ$ menjadi $55,761^\circ$.

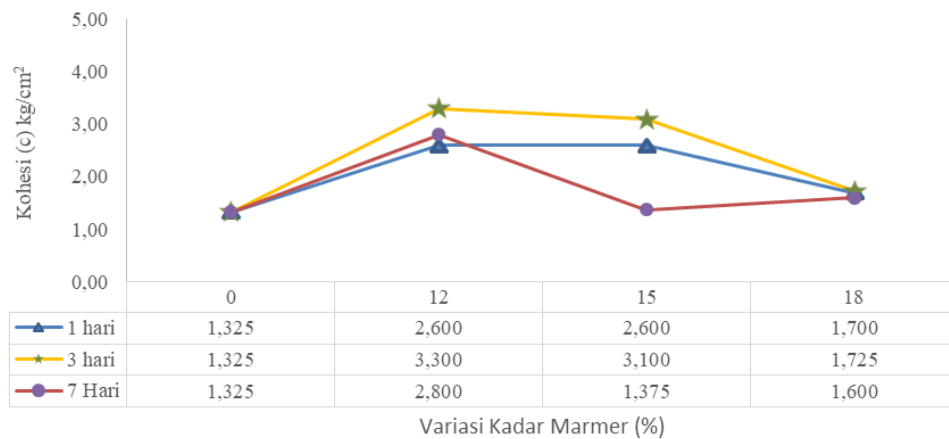
2.Kohesi

Pengaruh penambahan bahan stabilisator berupa serbuk limbah marmer dan matos yang terhadap nilai kohesi pada pengujian triaksial UU dapat dilihat Tabel 5.30, Gambar 5.15, Gambar 5.16, Gambar 5.17, Gambar 5.18, dan Gambar 5.19 berikut.

Tabel 5.30 Hasil Rekapitulasi Nilai Kohesi pada Sampel Tanah asli dan Bahan Tambah

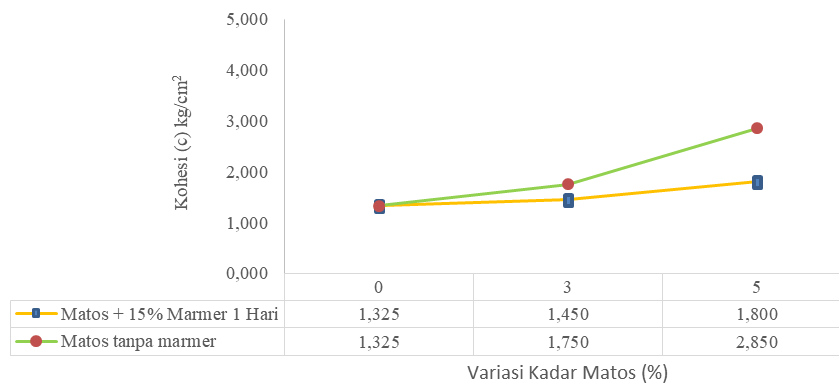
Lama Pemeraman	Uraian	Kohesi (kg/cm ²)
-	Tanah Asli	2,35
1 Hari	T.Asli + Matos 3%	2,85
	T.Asli + Matos 5%	2,60
	T.Asli + Marmer 12%	2,60
	T.Asli + Marmer 15%	1,70
	T.Asli + Marmer 18%	1,45
	T.Asli + Matos 3% +Marmer 15%	1,80
	T.Asli + Matos 5% +Marmer 15%	2,35
3 Hari	T.Asli + Matos 3%	1,80
	T.Asli + Matos 5%	3,30
	T.Asli + Marmer 12%	3,30
	T.Asli + Marmer 15%	3,10
	T.Asli + Marmer 18%	1,73
	T.Asli + Matos 3% +Marmer 15%	1,75
	T.Asli + Matos 5% +Marmer 15%	1,90

Lama Pemeraman	Uraian	Kohesi (kg/cm ²)
7 Hari	T.Asli + Matos 3%	1,80
	T.Asli + Matos 5%	2,10
	T.Asli + Marmer 12%	2,80
	T.Asli + Marmer 15%	1,38
	T.Asli + Marmer 18%	1,60
	T.Asli + Matos 3% +Marmer 15%	3,60
	T.Asli + Matos 5% +Marmer 15%	3,25



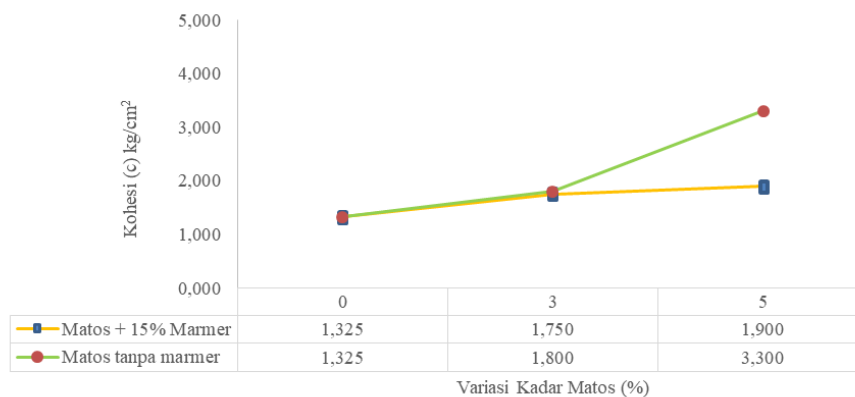
Gambar 5.15 Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Marmer Sebesar 0%, 12%, 15%, dan 18% Terhadap Nilai Kohesi

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.15 menunjukkan bahwa terdapat kenaikan nilai kohesi pada tanah asli dengan penambahan variasi marmer 0%, 12%, 15%, dan 18% namun mengalami penurunan pada serbuk limbah marmer kadar 15% pemeraman 7 hari dan 18% pemeraman 7 hari. Peningkatan tertinggi terdapat pada variasi bahan serbuk limbah marmer 12% dengan masa pemeraman 1 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar 1,325 kg/cm² menjadi 3,300 kg/cm² dengan persentase kenaikan sebesar 149%.



Gambar 5.16 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15% Terhadap Nilai Kohesi Masa Pemeraman 1 Hari

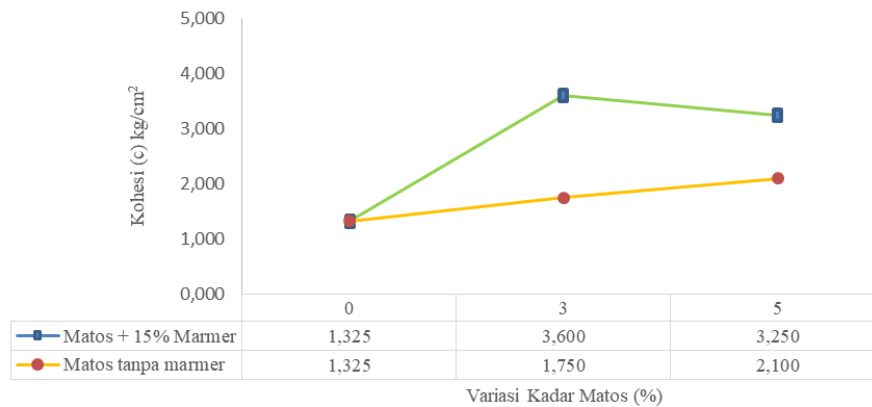
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.16 menunjukkan bahwa terdapat kenaikan nilai kohesi pada tanah asli dengan penambahan variasi matos dan matos+15% serbuk limbah marmer masa pemeraman 1 hari. Peningkatan tertinggi terdapat pada variasi bahan matos yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar 1,325 kg/cm² menjadi 2,850 kg/cm² dengan persentase kenaikan sebesar 115%.



Gambar 5.17 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15% Terhadap Nilai Kohesi Masa Pemeraman 3 Hari

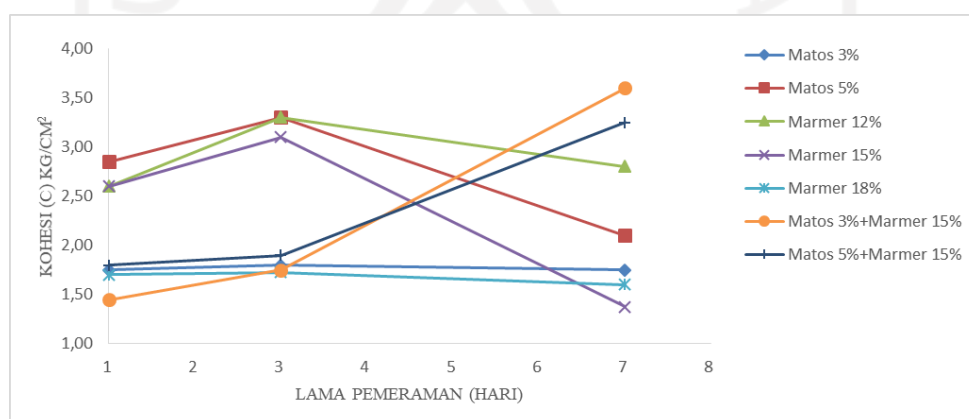
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.17 menunjukkan bahwa terdapat kenaikan nilai kohesi pada tanah asli dengan penambahan variasi matos dan matos+15% serbuk limbah marmer masa pemeraman 3 hari. Peningkatan tertinggi terdapat pada variasi bahan matos 5% yakni dari nilai tanah asli yang awalnya

sebesar 1,325 kg/cm² menjadi 3,300 kg/cm² dengan persentase kenaikan sebesar 149%.



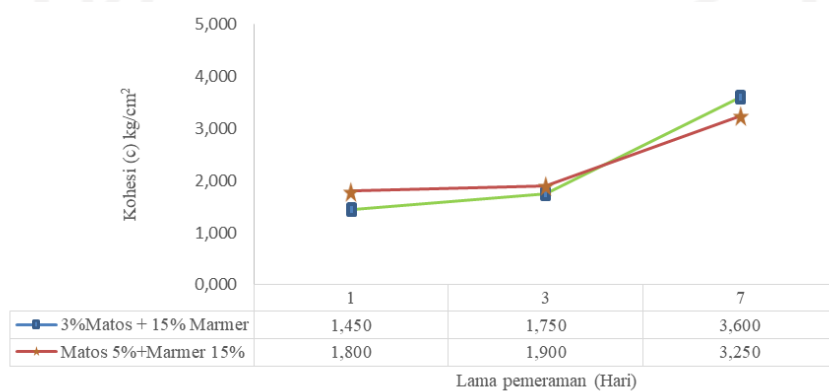
Gambar 5.18 Pengaruh Variasi T.Asli+Matos dan T.Asli+Matos+Marmer 15% Terhadap Nilai Kohesi Masa Pemeraman 7 Hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.18 menunjukkan bahwa terdapat kenaikan nilai kohesi pada tanah asli dengan penambahan variasi matos dan matos+15% serbuk limbah marmer masa pemeraman 7 hari. Peningkatan tertinggi terdapat pada variasi bahan matos 3% + Serbuk limbah marmer 15% yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar 1,325 kg/cm² menjadi 3,600 kg/cm² dengan persentase kenaikan sebesar 172%.



Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi Sampel Tanah asli dan Bahan Tambah

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.19 menunjukkan bahwa nilai kohesi mengalami peningkatan dari tanah asli hampir pada semua variasi bahan tambah baik dari variasi serbuk limbah marmer, matos maupun campuran keduanya. Namun Terjadi penurunan nilai kohesi pada sampel uji coba variasi serbuk limbah marmer 15% masa pemeraman 14 hari. Peningkatan tertinggi terjadi pada serbuk limbah marmer 15% + matos 3% masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya 1,325 kg/cm² menjadi 3,600 kg/cm² dengan persentase kenaikan sebesar 172%.



Gambar 5.20 Grafik pengaruh pemeraman terhadap nilai pada variasi TA+serbuk limbah marmer 15%+ matos 3% dan TA+serbuk limbah marmer 15%+ matos 3% terhadap masa pemeraman

Berdasarkan grafik pada Gambar 14 menunjukkan bahwa nilai hasil campuran matos 5%+ serbuk limbah marmer 15% hasilnya mendekati dengan campuran matos 3%+ serbuk limbah marmer 15%. Hal ini menunjukkan bahwa campuran kedua bahan tersebut mampu meningkatkan nilai kohesi tanah dari tanah asli yang cukup tinggi dan baik untuk tanah.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil beberapa pengujian yang telah dilakukan di laboratorium mengenai hasil analisa dan pembahasan antara tanah asli dan tanah yang telah dicampur bahan stabilisator berupa matos dan serbuk limbah marmer, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pada hasil pengujian sifat fisis tanah lempung dari Dusun Setran Desa Sumberarum Kecamatan Moyudan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta didapatkan hasil dengan metode klasifikasi tanah menggunakan USCS sampel tanah lempung tergolong dalam kelompok OH yakni tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi dan termasuk dalam divisi utama yakni kategori tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,075) dan kategori lanau dan lempung batas cair >50%. Adapun klasifikasi tanah menggunakan metode AASHTO sampel tanah lempung tersebut masuk kedalam kelompok A-7 dengan tipe material yang pokok termasuk dalam kategori tanah lempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar masuk kategori sedang sampai buruk.
2. Berdasarkan hasil dari pengujian sifat mekanis tanah, sampel tanah asli pada pengujian triaksial UU memiliki nilai sudut geser dalam sebesar $29,54^\circ$ dan nilai kohesi sebesar $1,33 \text{ kg/cm}^2$.
3. Berdasarkan hasil dari pengujian triaksial UU, Peningkatan tertinggi sudut geser dalam terdapat pada variasi bahan serbuk limbah marmer 15% dengan masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar $40,16^\circ$ menjadi $57,15^\circ$. Pada variasi kadar persentase marmer 12%, 15%, dan 18%

nilai sudut geser cenderung semakin meningkat seiring dengan penambahan kadar persentase marmer namun mengalami penurunan pada serbuk limbah marmer kadar 18% pemeraman 7 hari. Hal ini menunjukkan bahwa titik optimal penambahan serbuk limbah marmer terjadi pada kadar 15% masa pemeraman 7 hari. Adapun pada penambahan matos 3% dan 5% kadar optimum terjadi pada matos 5% dengan masa pemeraman 7 hari. Peningkatan nilai sudut geser dalam cenderung meningkat pada setiap penambahan variasi matos dan serbuk limbah marmer seiring dengan penambahan masa pemeraman. Namun pada percobaan uji sampel masa pemeraman 14 hari nilai sudut geser dalam mengalami penurunan dari nilai sudut geser dalam masa pemeraman 7 hari pada variasi dengan kadar paling optimum.

4. Berdasarkan hasil dari pengujian triaksial UU, Peningkatan tertinggi nilai kohesi terdapat pada variasi bahan 3% matos dan 15% serbuk limbah marmer dengan masa pemeraman 7 hari yakni dari nilai tanah asli yang awalnya sebesar $2,35 \text{ kg/cm}^2$ menjadi $3,60 \text{ kg/cm}^2$. Pada variasi kadar persentase marmer 12%, 15%, dan 18% nilai kohesi cenderung semakin meningkat, namun mengalami penurunan pada serbuk limbah marmer kadar 18%. Hal ini menunjukkan bahwa titik optimal penambahan serbuk limbah marmer terjadi pada kadar 15% masa pemeraman 3 hari. Adapun titik optimal pada penambahan persentase matos sebesar 3% dan 5% terjadi pada matos dengan kadar 5% dengan masa pemeraman 3 hari. Peningkatan nilai kohesi cenderung meningkat pada setiap penambahan variasi matos dan serbuk limbah marmer pada pemeraman 1 hari dan 3 hari namun mengalami penurunan pada masa pemeraman 7 hari. Namun pada percobaan uji sampel masa pemeraman 14 hari nilai kohesi mengalami penurunan dari nilai kohesi masa pemeraman 7 hari pada variasi dengan kadar paling optimum.

6.2 Saran

1. Peneliti selanjutnya dapat menambahkan variasi bahan matos dan serbuk limbah marmer yang lebih konstan.
2. Peneliti selanjutnya diharap melakukan analisa terlebih dahulu terhadap persentase marmer yang melebihi kadar 15% karena tingginya kadar kapur yang terdapat pada serbuk limbah marmer.
3. Peneliti selanjutnya dapat menambahkan masa pemeraman yang berbeda dengan lebih variatif.
4. Peneliti selanjutnya dapat melanjutkan penelitian dengan pengujian yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, dkk. 2018. Pasir Dari Limbah Marmer Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Ekspansif. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*. Universitas Widyagama. Malang.
- Agrawal, Vinay & Gupta, Mohit. 2011. Expansive Soil Stabilization Using Marble Dust. *International Journal of Earth Sciences and Engineering* ISSN. 04. 974-5904.
- Bowles, E. J. 1986. *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanik Tanah)*. Erlangga. Jakarta
- Hardiyatmo, H. C. 2012. *Mekanika Tanah I* (Edisi 6. Cetakan ke-1) Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Inglesh dan Metcalf, 1972. *The deep mixing method*. Kitazume. Et al Japan : CRC press
- Jain, Ankush & Jha, Arvind & Shivanshi. (2020). *Geotechnical behavior and micro-analyses of expansive soil amended with marble dust*. *International Journal of Soils and Foundations* 737-751. 60. 10.1016/j.sandf.2020.02.013. Manipal University Jaipur, Rajasthan, India, And Indian Institute Of Technology Patna Bihar 801103 India.
- Ma'ruf, Muhammad & Rusliansyah, Rusliansyah & Ritonga, F. & Azizah, B.. (2020). The stabilization of soft soil using an admixture of palm oil boiler ash and MATOS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 930. 012038. 10.1088/1757-899X/930/1/012038.
- Makassar, U. M., & Makassar, U. M. 2018. Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Hidro*. Volume 11 Nomor 2 ISSN : 1979 9764.

- Prabowo, A. 2018. Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur Dan Matos Terhadap Kuat Geser Dan Konsolidasi Tanah Gambut. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Prayitno, N. B., Hartanto, D., & Suwarno, D. 2021. Pengaruh Kuat Geser Matos dan Semen Terhadap Tanah Ekspansif. *Tugas Akhir*. Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang.
- Rahayu. 2011. pengaruh matos terhadap nilai kuat geser tanah lempung dengan berbagai nilai indeks plastisitas. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Sari, Binti Nur Fitriah. 2018. Pengaruh Substitusi Fly Ash Dengan Limbah Marmer Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Geopolimer Pada Naoh 15m. *Journal Rekayasa Teknik Sipil* 1.1/Rekat/18.
- Sivrikaya, Osman et al. 2020. The Efficiency of Waste Marble Powder in the Stabilization of Fine-Grained Soils in Terms of Volume Changes. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 45. 10.1007/s13369-020-04768-0.
- Watukali Cipta, PT. 2011. *Matos book*. Yogyakarta
- Razali, Makmun R. 2016. Penggunaan Limbah Marmer Sebagai Filler Pengganti Pada Campuran Laston Lapisan Antara (Ac-Bc). *Inersia: Jurnal Teknik Sipil* 8.2 (2016): 77-84.

LAMPIRAN





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KADAR AIR
ASTM D 2216-71

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Hasil		Simbol
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat container (W1)	13.00	13.50	gr
Berat container + tanah basah (W2)	23.30	30.87	gr
Berat container + tanah kering (W3)	20.43	25.98	gr
Berat air (ww)	2.87	4.89	gr
Berat tanah kering (ws)	7.43	12.48	gr
Kadar air	38.63	39.18	%
Kadar air rata-rata (w)	38.90		%

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT VOLUME
ASTM D 2216

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Hasil		Simbol
	Sampel 1	Sampel 2	
Diameter ring (d)	5.10	5.04	cm
Tinggi ring (t)	2.00	2.00	cm
Volume ring (v)	40.856	39.901	cm ³
Berat ring (W1)	12.73	12.91	gr
Berat ring + tanah basah (W2)	112.02	109.74	gr
Berat tanah basah (W3)	99.29	96.83	gr
Berat volume tanah (γ_b)	2.430	2.427	gr/cm ³
Berat volume rata-rata	2.428		

Mengetahui,
Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT JENIS
ASTM D 854-72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Simbol	Hasil	
		Sampel 1	Sampel 2
Berat piknometer (W1)	gr	29.41	28.2
Berat piknometer + tanah kering (W2)	gr	50.91	51.07
Berat piknometer + tanah + air penuh (W3)	gr	92.1	92.47
Berat piknometer + air penuh (W4)	gr	79.51	79.09
Suhu air (t)	gr	27.2	27
Berat volume tanah pada suhu T (γ_w)	gr/cm ³	0.9982	0.9982
Berat volume tanah pada suhu 27,5 C (γ_w)	gr/cm ³	0.9964	0.9964
Berat tanah kering (Wt)	gr	21.5	22.87
A = Ws + W4	gr	101.01	101.96
I = A - W3	gr	8.91	9.49
Berat jenis tanah pada suhu T, $G_s = W_s/I$		2.41	2.41
Berat jenis tanah pada suhu 27,5 C		2.41	2.41
Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 C		2.41	

Mengetahui,

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Kepala Lab.Mekanika Tanah

Peneliti

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR
ASTM D 423-66

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

Uraian	Satuan	I		II		III		IV	
No Cawan	gr	1	2	3	4	5	6	7	8
Berat Cawan	gr	5.6	5.6	6.8	6.4	6.7	5.6	5.7	5.7
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	10.8	10.4	11.6	11.2	11.9	10.7	12.4	11.5
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	8.4	8.7	9.6	9.5	9.7	9.3	10.3	9.4
Berat Air (3) - (4)	gr	2.5	1.7	2.1	1.7	2.2	1.4	2.2	2.1
Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	2.6	3.1	2.7	3.0	3.0	3.6	4.5	3.7
Kadar Air = (5)/(6) x 100%	%	85.2	54.0	70.6	55.3	75.3	39.5	48.2	57.2
Kadar Air rata - rata	%	69.6		62.9		57.4		52.7	
Jumlah Pukulan (N)		13		20		27		40	

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

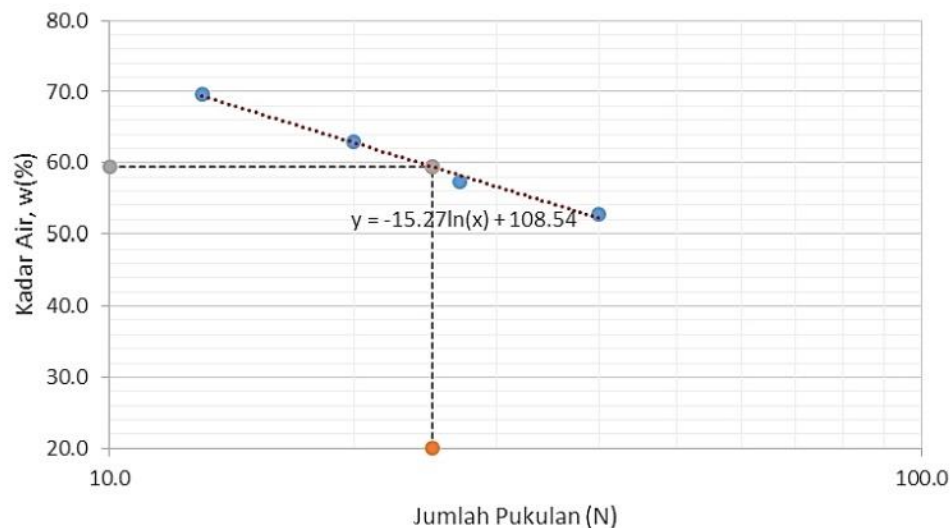


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR
ASTM D 423-66

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1



Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR
ASTM D 423-66

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

Uraian	Satuan	I		II		III		IV	
No Cawan	gr	1	2	3	4	5	6	7	8
Berat Cawan	gr	8.8	8.9	9.3	8.9	9.2	9.2	9.1	9.1
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	16.6	16.6	15.0	15.9	14.5	15.3	14.8	15.8
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	14.0	14.0	13.1	13.6	12.8	13.3	13.0	13.7
Berat Air (3) - (4)	gr	2.6	2.6	1.9	2.3	1.7	2.0	1.8	2.1
Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	5.2	5.2	3.9	4.7	3.7	4.1	3.9	4.6
Kadar Air = (5)/(6) x 100%	%	49.9	49.5	48.8	47.8	47.1	47.5	46.3	46.4
Kadar Air rata - rata	%	49.7		48.3		47.3		46.3	
Jumlah Pukulan (N)		13		20		27		40	

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

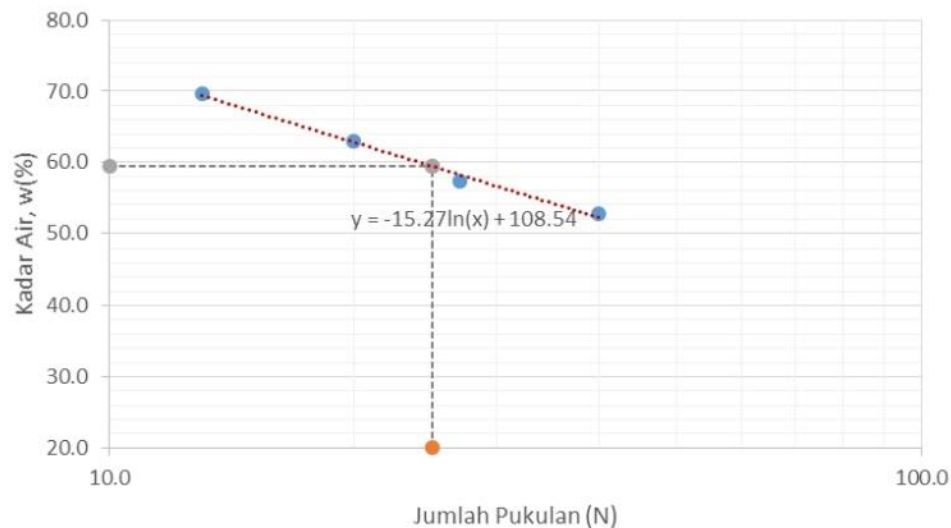


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR
ASTM D 423-66

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Juli 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2



Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS PLASTIS
ASTM D 424-74

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Satuan	Hasil	
		Sampel 1	Sampel 2
Berat Cawan	gr	8.83	8.98
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	56.82	45.36
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	43.28	35.19
Berat Air (3) - (4)	gr	13.54	10.17
Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	34.45	26.21
Kadar Air = (5)/(6) x 100%	gr	39.30	38.80
Kadar Air rata - rata	%	39.05	

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

Lampiran 6. Pengujian Batas Susut Tanah Asli



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS SUSUT
ASTM D 427-74

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat cawan susut	40.96	42.3	gr
Berat cawan susut + tanah basah	65.24	67.89	gr
Berat cawan susut + tanah kering	57.81	59.94	gr
Berat tanah kering	16.85	17.64	gr
Kadar air	44.095	45.068	
volume tanah basah = volume cawan susut			
Diameter ring	4.21	4.3	cm
Tinggi ring	1.3	1.3	cm
Volume ring	18.097	18.879	cm ³
Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur	215.67	226.77	gr
Berat gelas ukur	60.52	60.52	gr
Berat air raksa	155.15	166.25	gr
Berat tanah kering	16.85	17.64	gr
Volume tanah kering	11.408	12.224	
Batas susut tanah	4.400	7.345	%

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN
ASTM D 422-72

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel Rata-Rata

Diameter Butiran Sampel 1	Persen Lolos Sampel 1	Diameter Butiran Sampel 2	Persen Lolos Sampel 2	Diameter Butiran Rata-rata	Persen Lolos Rata-rata
4.475	100.000	4.475	100.000	4.475	100.000
2.000	99.950	2.000	99.950	2.000	99.950
0.850	99.660	0.850	99.723	0.850	99.692
0.425	99.230	0.425	98.643	0.425	98.937
0.250	99.230	0.250	97.650	0.250	98.440
0.106	96.557	0.106	94.213	0.106	95.385
0.075	96.120	0.075	93.737	0.075	94.929

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER
ASTM D 421-72**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
Tanggal : Agustus 2022
Sample : Tanah Asli Sampel Rata-Rata

Diameter Butiran Sampel 1	Persen Lolos Sampel 1	Diameter Butiran Sampel 2	Persen Lolos Sampel 2	Diameter Butiran Rata-rata	Persen Lolos Rata-rata
0.029	80.707	0.029	84.778	0.029	82.742
0.019	78.739	0.019	80.741	0.019	79.740
0.008	70.865	0.008	72.667	0.008	71.766
0.006	68.896	0.006	68.630	0.006	68.763
0.003	61.023	0.003	60.556	0.003	60.789
0.001	55.117	0.001	54.500	0.001	54.809

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

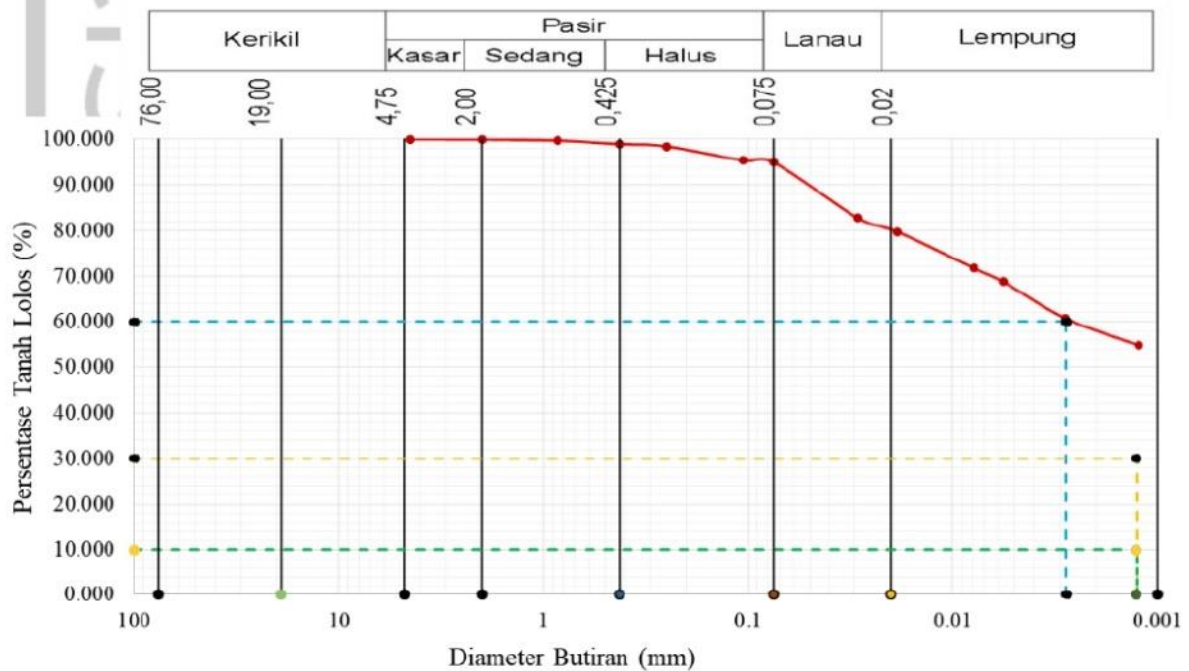


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**GRAFIK DISRIBUSI BUTIRAN
TANAH ASLI**

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel Rata-Rata



Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

FRAKSI BUTIRAN
TANAH ASLI

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel Rata-Rata

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
%Lolos #200	%	93.737	96.120	96.12
Kerikil	%	0	0	0
Pasir	%	6.263	3.880	5.071
Lanau	%	13.029	11.342	12.187
Lempung	%	80.707	84.778	82.742
D60	mm	0.0028	0.0028	0.0028
D30	mm	0.001	0.001	0.001
D10	mm	0.0012	0.0013	0.0013
Cu	-	2.333	2.2047	2.2047
Cc	-	0.429	0.4521	0.4521

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (PROCTOR STANDART)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

MOLD			
1	Diameter	cm	10.12
2	Tinggi	cm	11.61
3	Volume	cm ³	933.863
4	Berat	gr	1750

HAMMER			
1	Berat	Kg	2.5
2	Lapis	Buah	3
3	Tumbukan	Kali	75
4	Tinggi Jatuh	Cm	30.5

Uraian	Sampel					Ket.
	1	2	3	4	5	
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gr
Kadar air mula-mula	11.312	11.312	11.312	11.312	11.312	%
Penambahan air	200	300	400	500	600	ml
Berat cetakan	1750	1750	1750	1750	1750	gr
Berat cetakan + tanah basah	3002	3150	3205	3368	3347	gr
Berat tanah basah	1252	1400	1455	1618	1597	gr
Berat volume tanah basah	1.341	1.499	1.558	1.733	1.710	gr/cm ³

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (PROCTOR STANDART)
ASTM D 698-70**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
Tanggal : Agustus 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 1

Uraian	Kadar air tanah										Kadar air mula-mula	
No Pengujian	1		2		3		4		5		6	
No Cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Berat cawan	13.03	12.95	12.89	13.07	12.79	13.28	12.84	12.92	9.78	8.99	9.02	8.96
Berat cawan + tanah basah	37.51	46.00	38.54	42.24	41.74	44.93	45.50	45.47	47.86	45.68	37.05	55.38
Berat cawan + tanah kering	34.26	41.06	33.89	37.20	36.39	38.77	36.67	37.52	36.48	35.04	34.27	50.55
Berat air	3.25	4.94	4.65	5.04	5.35	6.16	8.83	7.95	11.38	10.64	2.78	4.83
Berat tanah kering	21.23	28.11	21.00	24.13	23.60	25.49	23.83	24.60	26.70	26.05	25.25	41.59
Kadar air	15.31	17.57	22.14	20.89	22.67	24.17	37.05	32.32	42.62	40.84	11.01	11.61
Kadar air rata-rata	16.44		21.51		23.42		34.69		41.73		11.31	

Mengetahui,
Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

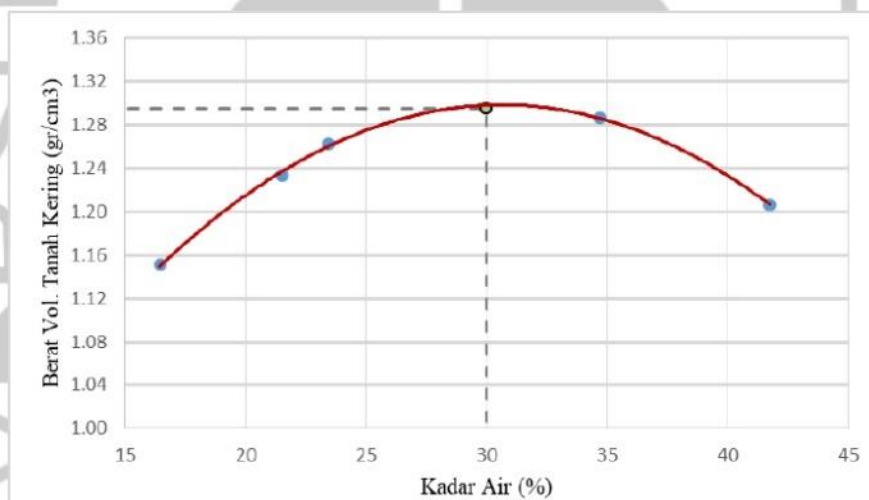


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (PROCTOR STANDART)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1



Uraian	Satuan	Sampel 1
Kepadatan Kering Maks(γ_d)	gr/cm ³	1.30
Kadar Air Optimum (w)	%	30

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (PROCTOR STANDART)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

MOLD			
1	Diameter	cm	10.12
2	Tinggi	cm	11.61
3	Volume	cm ³	933.863
4	Berat	gr	1750

HAMMER			
1	Berat	Kg	2.5
2	Lapis	Buah	3
3	Tumbukan	Kali	75
4	Tinggi Jatuh	Cm	30.5

Uraian	Sampel					Ket.
	1	2	3	4	5	
Berat sampel tanah	2000	2000	2000	2000	2000	gr
Kadar air mula-mula	11.312	11.312	11.312	11.312	11.312	%
Penambahan air	200	300	400	500	600	ml
Berat cetakan	1750	1750	1750	1750	1750	gr
Berat cetakan + tanah basah	2962	3005	3165	3352	3343	gr
Berat tanah basah	1212	1255	1415	1602	1593	gr
Berat volume tanah basah	1.298	1.344	1.515	1.715	1.706	gr/cm ³

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (PROCTOR STANDART)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

Uraian	Kadar air tanah										Kadar air mula-mula	
	1		2		3		4		5		6	
No Pengujian												
No Cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Berat cawan	8.86	8.99	8.90	8.87	9.28	9.07	9.08	9.16	8.89	8.95	9.02	8.96
Berat cawan + tanah basah	30.41	34.27	33.67	43.17	40.35	34.59	41.37	45.18	60.54	46.95	37.05	55.38
Berat cawan + tanah kering	26.85	30.58	29.05	36.81	33.52	28.88	33.13	35.74	45.29	35.71	34.27	50.55
Berat air	3.56	3.69	4.62	6.36	6.83	5.71	8.24	9.44	15.25	11.24	2.78	4.83
Berat tanah kering	17.99	21.59	20.15	27.94	24.24	19.81	24.05	26.58	36.40	26.76	25.25	41.59
Kadar air	19.79	17.09	22.93	22.76	28.18	28.82	34.26	35.52	41.90	42.00	11.01	11.61
Kadar air rata-rata	18.44		22.85		28.50		34.89		41.95		11.31	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurrozaq, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

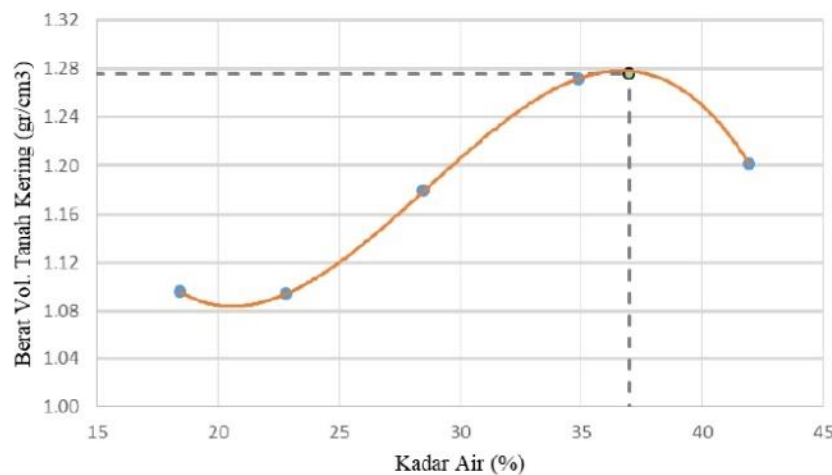


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PEMADATAN TANAH (PROCTOR STANDART)
ASTM D 698-70

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2



Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Kepadatan Kering Maks(γ_d)	gr/cm ³	1.30	1.28	1.29
Kadar Air Optimum (w)	%	30	37	33.5

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

KADAR AIR	1.A	1.B	1.C
Berat container, W1 (gr)	9.19	9.29	9.02
Berat tanah basah + container, W2 (gr)	34.5	36.02	46.08
Berat tanah kering + container, W3 (gr)	27.96	28.96	36.34
Berat tanah basah, $W = W2 - W1$ (gr)	25.310	26.730	37.060
Berat tanah kering, $Ws = W3 - W1$ (gr)	18.770	19.670	27.320
Berat air, $Ww = W2 - W3$ (gr)	6.540	7.060	9.740
Kadar Air,	34.843	35.892	35.652
Kadar air rata-rata, w (%)	35.462		

Mengetahui,

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Kepala Lab. Mekanika Tanah

Peneliti

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

(Zakiatul Mufarrihah)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
Tanggal : Agustus 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 1

DATA PARAMETER TANAH			
Silinder	I	II	III
Tinggi Silinder (cm)	7.5	7.5	7.5
Diameter silinder (cm)	3.7	3.7	3.7
Berat silinder (gr)	141.9	141.9	141.9
Luas Penampang silinder (cm ²)	10.747	10.747	10.747
Volume Silinder (cm ³)	80.600	80.600	80.600
Berat silinder + Tanah Basah (gr)	292.050	292.960	295.450
Berat Tanah Basah (gr)	150.150	151.060	153.550
Berat Isi Basah (gr/cm ³), γ	1.863	1.874	1.905
Berat isi Kering, γ_d (gr/cm ³)	1.375	1.874	1.905
Sudut Keruntuhan (derajat)	70	50	55

Mengetahui,

Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

0.5 kg/cm ²								
Waktu	Pemb. Dial Regangan	Pemb. Dial Beban	Pertambahan Panjang	Regangan	Koreksi Luas	Luas Terkoreksi	Beban	Deviator Stress
menit	div	div	cm			cm ²	kg	kg/cm ²
0.000	0	0	0.000	0.000	1.000	10.747	0.000	0.000
0.433	40	12	0.040	0.005	1.000	10.747	10.272	0.956
0.867	80	19	0.080	0.011	1.000	10.748	16.264	1.513
1.300	120	26	0.120	0.016	1.000	10.748	22.256	2.071
1.733	160	34	0.160	0.021	1.000	10.749	29.104	2.708
2.167	200	45	0.200	0.027	1.000	10.750	38.520	3.583
2.600	240	51	0.240	0.032	1.000	10.750	43.656	4.061
3.033	280	59	0.280	0.037	1.000	10.751	50.504	4.698
3.466	320	61	0.320	0.043	1.000	10.751	52.216	4.857
3.900	360	67	0.360	0.048	1.000	10.752	57.352	5.334
4.333	400	67	0.400	0.053	0.999	10.752	57.352	5.334
4.766	440	67	0.440	0.059	0.999	10.753	57.352	5.334

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

1 kg/cm ²								
Waktu	Pemb. Dial Regangan	Pemb. Dial Beban	Pertambahan Panjang	Regangan	Koreksi Luas	Luas Terkoreksi	Beban	Deviator Stress
	(x 0.001)		ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	CF	A'	P	
menit	div	div	cm			cm ²	kg	kg/cm ²
0.000	0	0	0.000	0.000	1.000	10.747	0.000	0.000
0.433	40	17	0.040	0.005	1.000	10.747	14.552	1.354
0.867	80	25	0.080	0.011	1.000	10.748	21.400	1.991
1.300	120	34	0.120	0.016	1.000	10.748	29.104	2.708
1.733	160	44	0.160	0.021	1.000	10.749	37.664	3.504
2.167	200	54	0.200	0.027	1.000	10.750	46.224	4.300
2.600	240	59	0.240	0.032	1.000	10.750	50.504	4.698
3.033	280	64	0.280	0.037	1.000	10.751	54.784	5.096
3.466	320	69	0.320	0.043	1.000	10.751	59.064	5.494
3.900	360	71	0.360	0.048	1.000	10.752	60.776	5.653
4.333	400	74	0.400	0.053	0.999	10.752	63.344	5.891
4.766	440	75	0.440	0.059	0.999	10.753	64.200	5.970
5.200	480	75	0.480	0.064	0.999	10.754	64.200	5.970
5.633	520	75	0.520	0.069	0.999	10.754	64.200	5.970
6.066	560							
6.500	600							

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

2 kg/cm ²								
Waktu	Pemb. Dial Regangan	Pemb. Dial Beban	Pertambahan Panjang	Regangan	Koreksi Luas	Luas Terkoreksi	Beban	Deviator Stress
	(x 0.001)		ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	CF	A'	P	
menit	div	div	cm			cm ²	kg	kg/cm ²
0.000	0	0	0.000	0.000	1.000	10.747	0.000	0.000
0.433	40	23	0.040	0.005	1.000	10.747	19.688	1.832
0.867	80	33	0.080	0.011	1.000	10.748	28.248	2.628
1.300	120	41	0.120	0.016	1.000	10.748	35.096	3.265
1.733	160	52	0.160	0.021	1.000	10.749	44.512	4.141
2.167	200	62	0.200	0.027	1.000	10.750	53.072	4.937
2.600	240	71	0.240	0.032	1.000	10.750	60.776	5.654
3.033	280	82	0.280	0.037	1.000	10.751	70.192	6.529
3.466	320	85	0.320	0.043	1.000	10.751	72.760	6.768
3.900	360	91	0.360	0.048	1.000	10.752	77.896	7.245
4.333	400	97	0.400	0.053	0.999	10.752	83.032	7.722
4.766	440	98.5	0.440	0.059	0.999	10.753	84.316	7.841
5.200	480	98	0.480	0.064	0.999	10.754	83.888	7.801
5.633	520	98	0.520	0.069	0.999	10.754	83.888	7.801
6.066	560							
6.500	600							

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kalinrang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

Pembebanan	Simbol	Satuan	Sampel A		
			I	II	III
Tegangan Keliling	σ_3	kg/cm ²	0.5	1	2
Tegangan Deviator	$\Delta\sigma = P/A$	kg/cm ²	5.334	5.970	7.841
Tegangan Utama	$\sigma_1 = \Delta\sigma + \sigma_3$	kg/cm ²	5.834	6.970	9.841
$(\sigma_1 + \sigma_3)/2$	τ		3.167	3.985	5.921
$(\sigma_1 - \sigma_3)/2$	R		2.667	2.985	3.921

Tanah Asli Sampel A			
Uraian	Simbol	Satuan	Metode Grafis
Sudut Geser Dalam	ϕ	°	26.562
Kohesi	c	kg/cm ²	1.400

Mengetahui,

Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

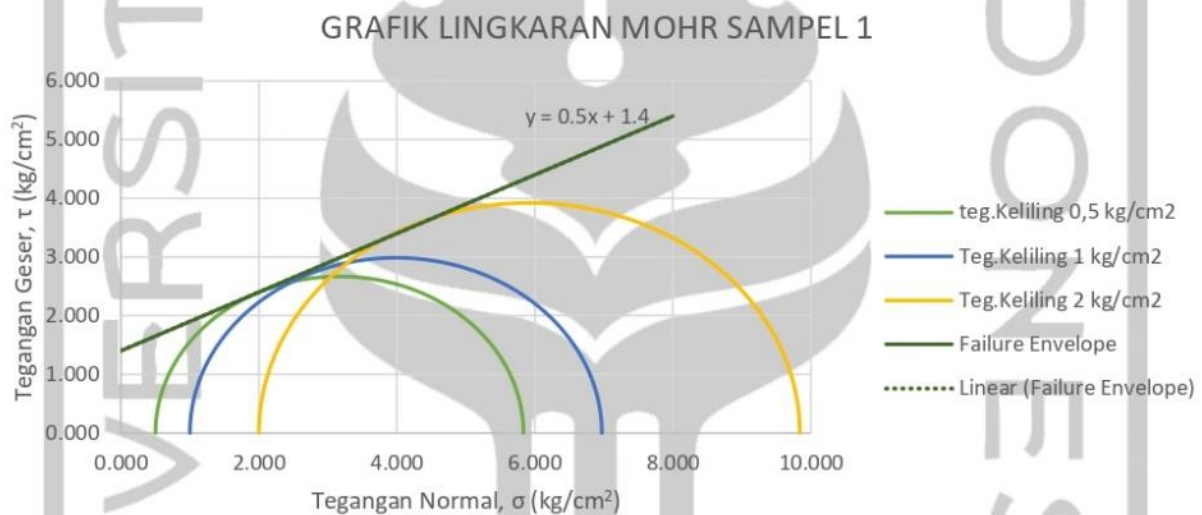


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1



Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

KADAR AIR	2.A	2.B	2.C
Berat container, W1 (gr)	9.19	9.29	9.02
Berat tanah basah + container, W2 (gr)	34.5	36.02	46.08
Berat tanah kering + container, W3 (gr)	27.96	28.96	36.34
Berat tanah basah, W = W2 - W1 (gr)	25.310	26.730	37.060
Berat tanah kering, Ws = W3 - W1 (gr)	18.770	19.670	27.320
Berat air, Ww = W2 - W3 (gr)	6.540	7.060	9.740
Kadar Air,	34.843	35.892	35.652
Kadar air rata-rata, w (%)	35.462		

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (*TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED*)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

DATA PARAMETER TANAH			
Silinder	I	II	III
Tinggi Silinder (cm)	7.5	7.5	7.5
Diameter silinder (cm)	3.7	3.7	3.7
Berat silinder (gr)	141.9	141.9	141.9
Luas Penampang silinder (cm ²)	10.747	10.747	10.747
Volume Silinder (cm ³)	80.600	80.600	80.600
Berat silinder + Tanah Basah (gr)	292.050	292.960	295.450
Berat Tanah Basah (gr)	150.150	151.060	153.550
Berat Isi Basah (gr/cm ³), γ	1.863	1.874	1.905
Berat isi Kering, γ_d (gr/cm ³)	1.375	1.874	1.905
Sudut Keruntuhan (derajat)	70	50	55

Mengetahui,

Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

0.5 kg/cm ²								
Waktu	Pemb. Dial Regangan	Pemb. Dial Beban	Pertambahan Panjang	Regangan	Koreksi Luas	Luas Terkoreksi	Beban	Deviator Stress
	(x 0.001)		ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	CF	A'	P	
menit	div	div	cm			cm ²	kg	kg/cm ²
0.000	0	0	0.000	0.000	1.000	10.747	0.000	0.000
0.433	40	14	0.040	0.005	1.000	10.747	11.984	1.115
0.867	80	22	0.080	0.011	1.000	10.748	18.832	1.752
1.300	120	28	0.120	0.016	1.000	10.748	23.968	2.230
1.733	160	37	0.160	0.021	1.000	10.749	31.672	2.947
2.167	200	46	0.200	0.027	1.000	10.750	39.376	3.663
2.600	240	54	0.240	0.032	1.000	10.750	46.224	4.300
3.033	280	61	0.280	0.037	1.000	10.751	52.216	4.857
3.466	320	66	0.320	0.043	1.000	10.751	56.496	5.255
3.900	360	69.8	0.360	0.048	1.000	10.752	59.749	5.557
4.333	400	69	0.400	0.053	0.999	10.752	59.064	5.493
4.766	440	69	0.440	0.059	0.999	10.753	59.064	5.493

Mengetahui,

Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

1 kg/cm ²								
Waktu	Pemb. Dial Regangan	Pemb. Dial Beban	Pertambahan Panjang	Regangan	Koreksi Luas	Luas Terkoreksi	Beban	Deviator Stress
	(x 0.001)		ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	CF	A'	P	
menit	div	div	cm			cm ²	kg	kg/cm ²
0.000	0	0	0.000	0.000	1.000	10.747	0.000	0.000
0.433	40	20	0.040	0.005	1.000	10.747	17.120	1.593
0.867	80	28	0.080	0.011	1.000	10.748	23.968	2.230
1.300	120	37	0.120	0.016	1.000	10.748	31.672	2.947
1.733	160	47	0.160	0.021	1.000	10.749	40.232	3.743
2.167	200	57	0.200	0.027	1.000	10.750	48.792	4.539
2.600	240	62	0.240	0.032	1.000	10.750	53.072	4.937
3.033	280	67	0.280	0.037	1.000	10.751	57.352	5.335
3.466	320	72	0.320	0.043	1.000	10.751	61.632	5.733
3.900	360	74	0.360	0.048	1.000	10.752	63.344	5.891
4.333	400	80	0.400	0.053	0.999	10.752	68.480	6.369
4.766	440	82	0.440	0.059	0.999	10.753	70.192	6.528
5.200	480	82	0.480	0.064	0.999	10.754	70.192	6.527
5.633	520	82	0.520	0.069	0.999	10.754	70.192	6.527
6.066	560							
6.500	600							

Mengetahui,

Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

2 kg/cm ²								
Waktu	Pemb. Dial Regangan	Pemb. Dial Beban	Pertambahan Panjang	Regangan	Koreksi Luas	Luas Terkoreksi	Beban	Deviator Stress
	(x 0.001)		ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	CF	A'	P	
menit	div	div	cm			cm ²	kg	kg/cm ²
0.000	0	0	0.000	0.000	1.000	10.747	0.000	0.000
0.433	40	26	0.040	0.005	1.000	10.747	22.256	2.071
0.867	80	34	0.080	0.011	1.000	10.748	29.104	2.708
1.300	120	42	0.120	0.016	1.000	10.748	35.952	3.345
1.733	160	53	0.160	0.021	1.000	10.749	45.368	4.221
2.167	200	63	0.200	0.027	1.000	10.750	53.928	5.017
2.600	240	72	0.240	0.032	1.000	10.750	61.632	5.733
3.033	280	83	0.280	0.037	1.000	10.751	71.048	6.609
3.466	320	88	0.320	0.043	1.000	10.751	75.328	7.006
3.900	360	92	0.360	0.048	1.000	10.752	78.752	7.325
4.333	400	100	0.400	0.053	0.999	10.752	85.600	7.961
4.766	440	104	0.440	0.059	0.999	10.753	89.024	8.279
5.200	480	115	0.480	0.064	0.999	10.754	98.440	9.154
5.633	520	115	0.520	0.069	0.999	10.754	98.440	9.154
6.066	560	115	0.560	0.075	0.999	10.755	98.440	9.153
6.500	600							

Mengetahui,

Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

Pembebanan	Simbol	Satuan	Sampel B		
			I	II	III
Tegangan Keliling	σ_3	kg/cm ²	0.5	1	2
Tegangan Deviator	$\Delta\sigma = P/A$	kg/cm ²	5.557	6.528	9.154
Tegangan Utama	$\sigma_1 = \Delta\sigma + \sigma_3$	kg/cm ²	6.057	7.528	11.154
$(\sigma_1 + \sigma_3)/2$	τ		3.279	4.264	6.577
$(\sigma_1 - \sigma_3)/2$	R		2.779	3.264	4.577

Tanah Asli Sampel B			
Uraian	Simbol	Satuan	Metode Grafis
Sudut Geser Dalam	ϕ	°	32.514
Kohesi	c	kg/cm ²	1.250

Mengetahui,

Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

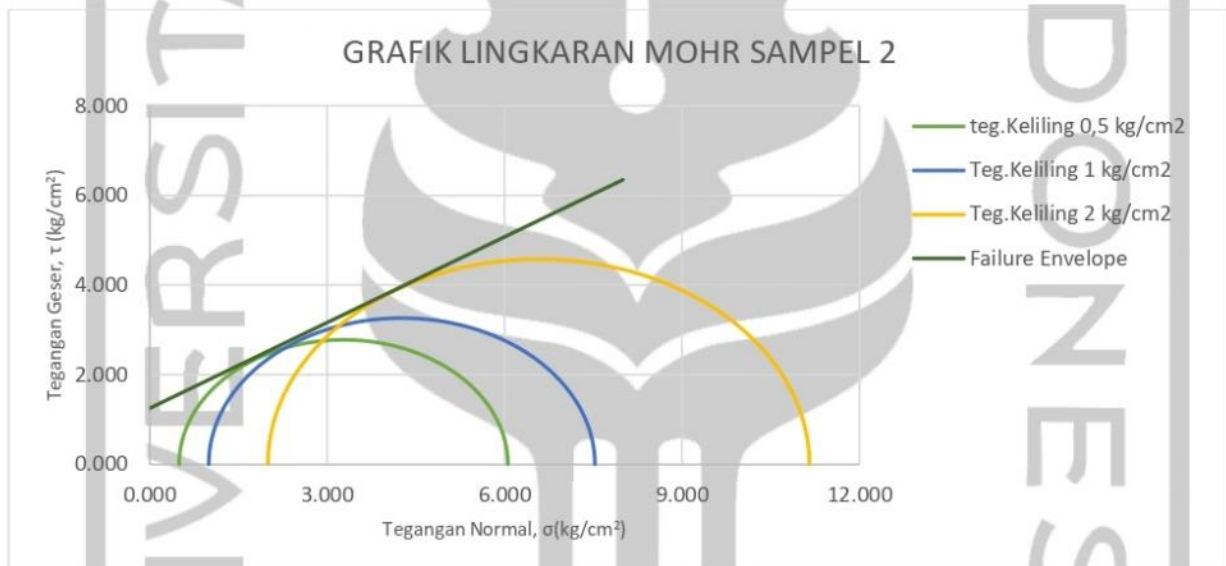


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2



Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022

Peneliti

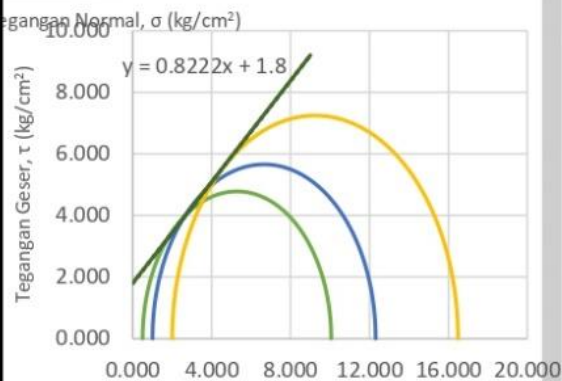
(Zakiatul Mufarrihah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584
PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 3% (1 Hari)

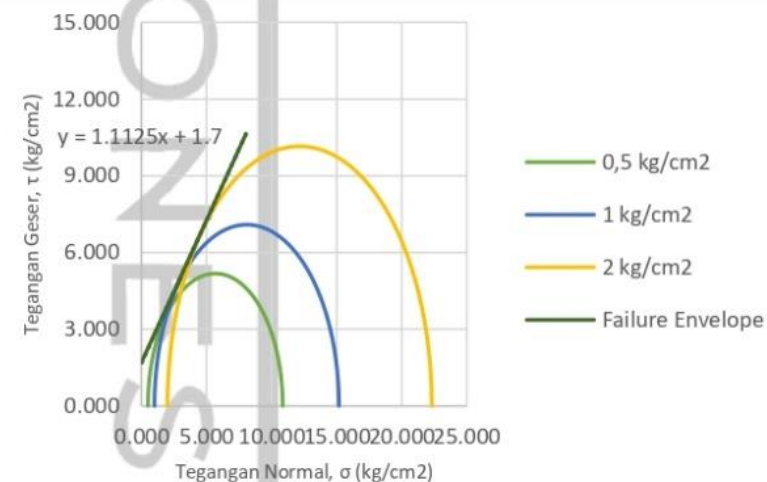


0,5 kg/cm²
 1 kg/cm²
 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)

Uraian	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam (ϕ) °	
Sampel 1	1.80	1.75	33.245	40.155
Sampel 2	1.70		47.065	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)



Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

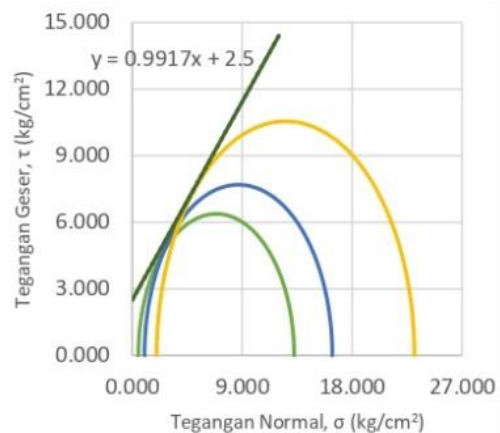


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

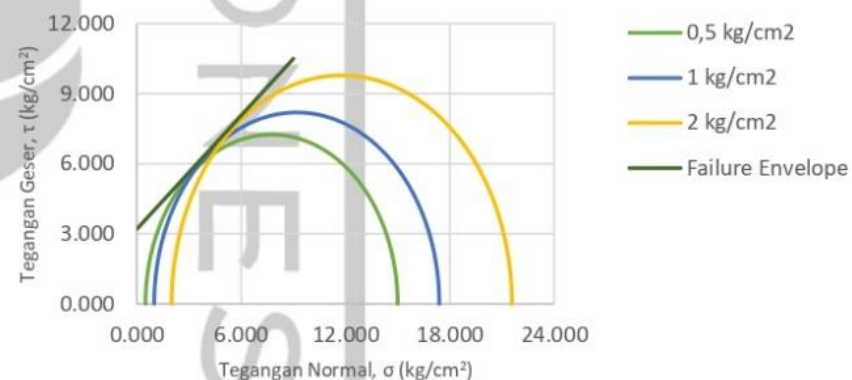
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 5% (1 Hari)



— 0,5 kg/cm²
 — 1 kg/cm²
 — 2 kg/cm²
 — Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



Uraian	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	2.5	2.85	44.757	41.899
Sampel 2	3.2		39.042	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

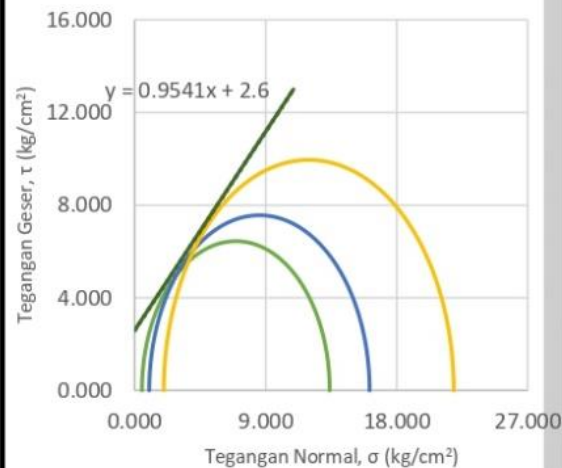


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

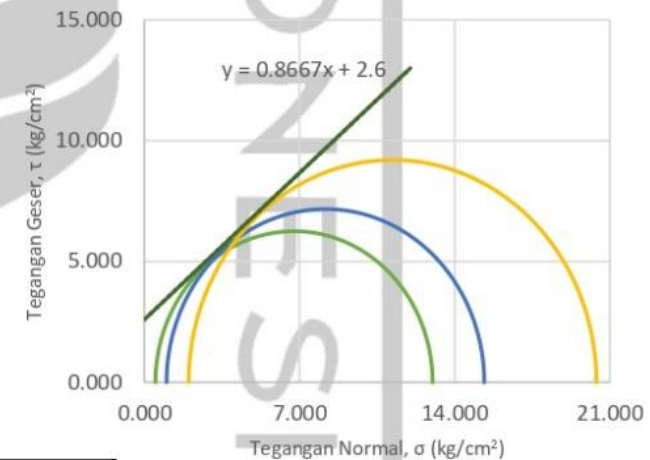
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 12% (1 Hari)



0,5 kg/cm²
 1 kg/cm²
 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



0,5 kg/cm²
 1 kg/cm²
 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)

Uraian	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	2.5	2.85	44.757	41.899
Sampel 2	3.2		39.042	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

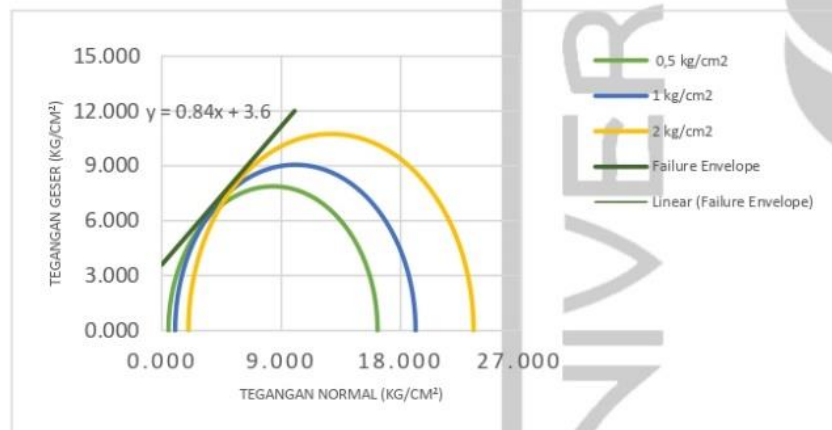
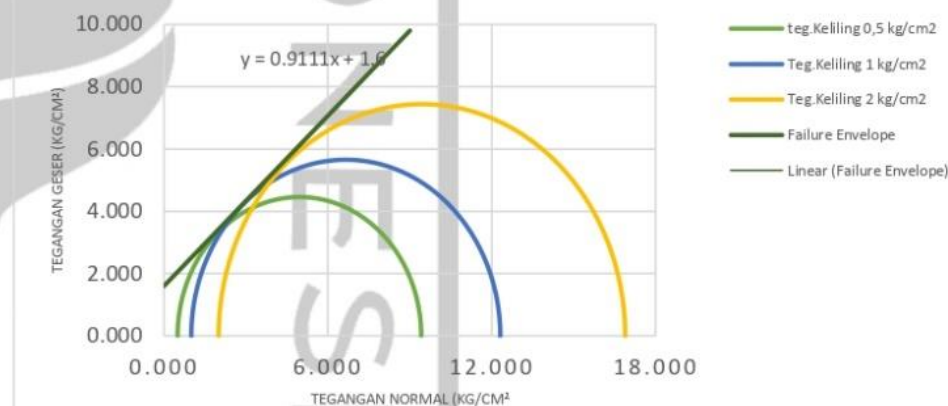


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 15% (1 Hari)



Uraian	Koheesi (c)		Sudut Geser Dalam(ϕ) °	
Sampel 1	3.600	2.600	40.026	41.179
Sampel 2	1.600		42.332	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

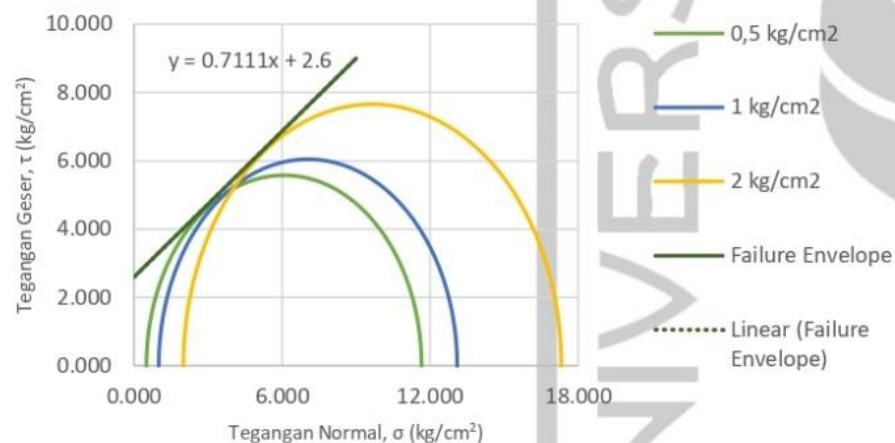
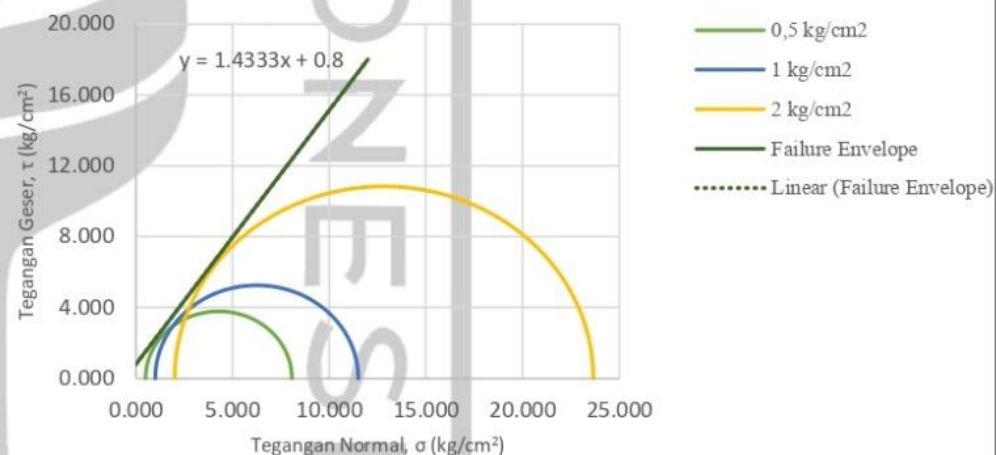


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 18% (1 Hari)



Uraian	Koheisi (c)		Sudut Geser Dalam(ϕ) °	
Sampel 1	2.600	1.700	35.413	45.252
Sampel 2	0.800		55.091	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

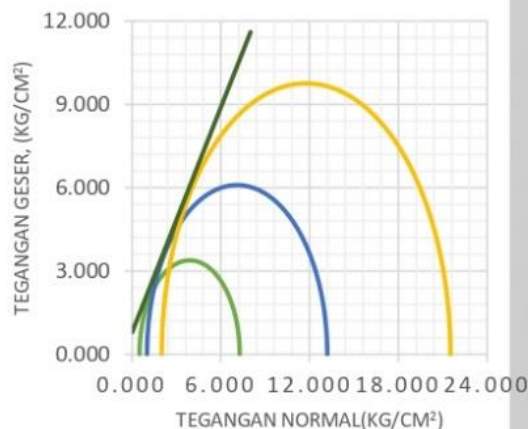
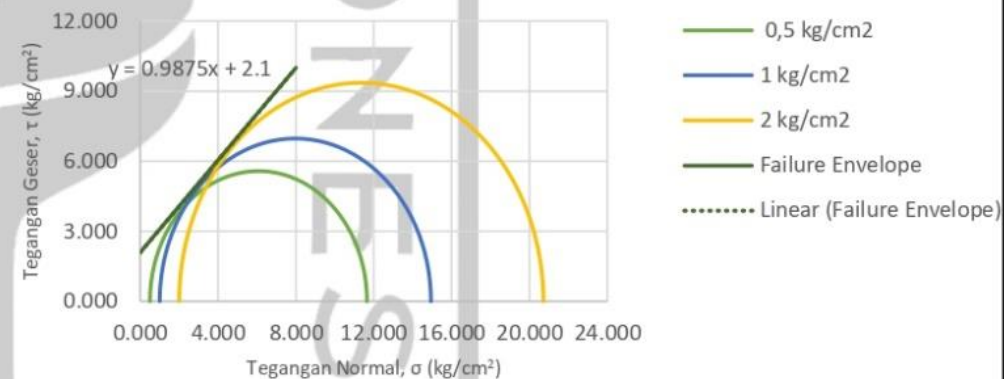


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 3% + Marmer 15% (1 Hari)



Uraian	Koheesi (c)		Sudut Geser Dalam(ϕ) °	
Sampel 1	0.800	1.450	53.466	49.050
Sampel 2	2.100		44.635	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah


 (Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti


 (Zakiatul Mufarrihah)

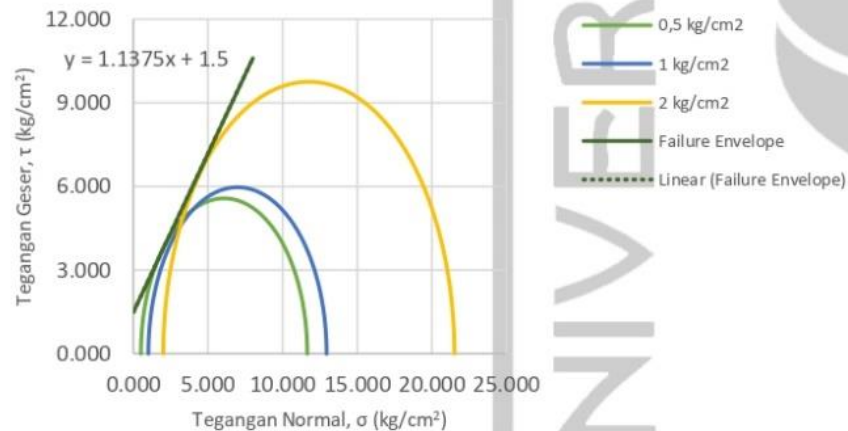
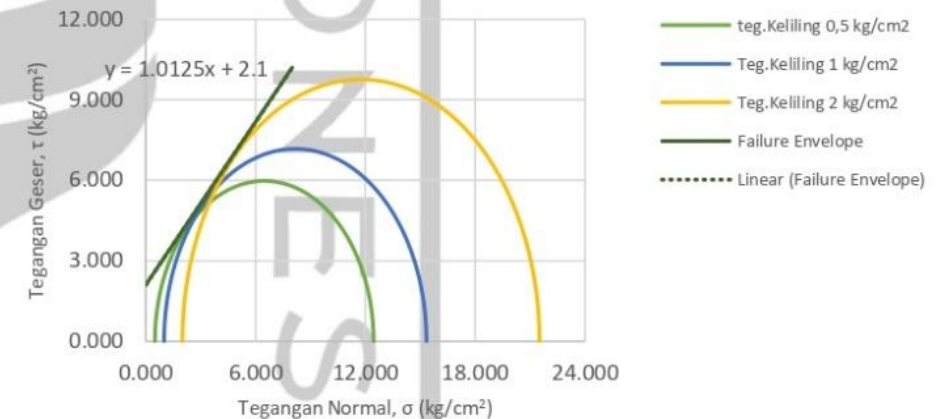


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14.5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 5% + Marmer 15% (1 Hari)



Uraian	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	1.500	1.800	48.676	47.014
Sampel 2	2.100		45.351	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

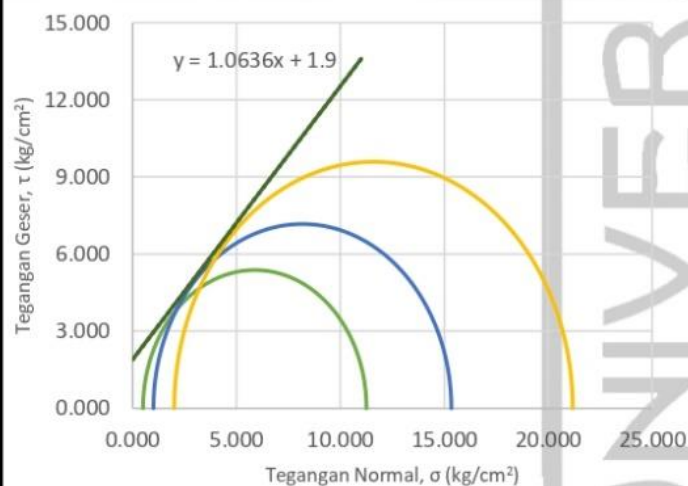


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

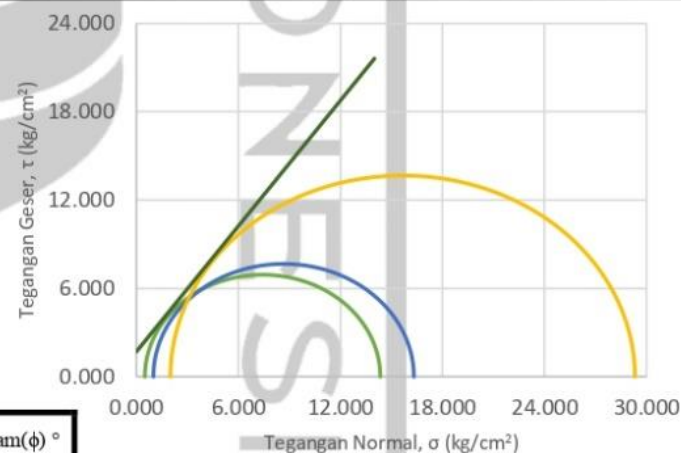
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 3% (3 Hari)



— teg. Keliling 0,5 kg/cm²
 — Teg. Keliling 1 kg/cm²
 — Teg. Keliling 2 kg/cm²
 — Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



— Teg. Keliling 0,5 kg/cm²
 — Teg. Keliling 1 kg/cm²
 — Teg. Keliling 2 kg/cm²
 — Failure Envelope

Uraian	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (φ) °
Sampel 1	1.90	46.761
Sampel 2	1.70	54.867

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

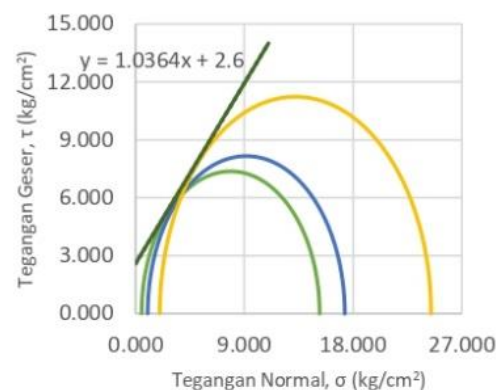


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

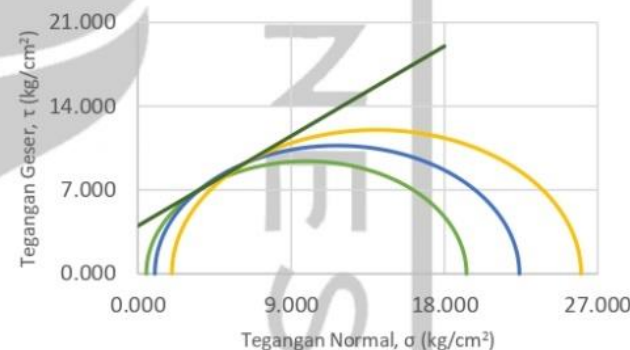
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 5% (3 Hari)



— teg.Keliling 0,5 kg/cm²
 — Teg.Keliling 1 kg/cm²
 — Teg.Keliling 2 kg/cm²
 — Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



— Teg.Keliling 0,5 kg/cm²
 — Teg.Keliling 1 kg/cm²
 — Teg.Keliling 2 kg/cm²
 — Failure Envelope

Uraian	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	2.600	3.300	46.019	42.910
Sampel 2	4.000		39.800	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurazak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

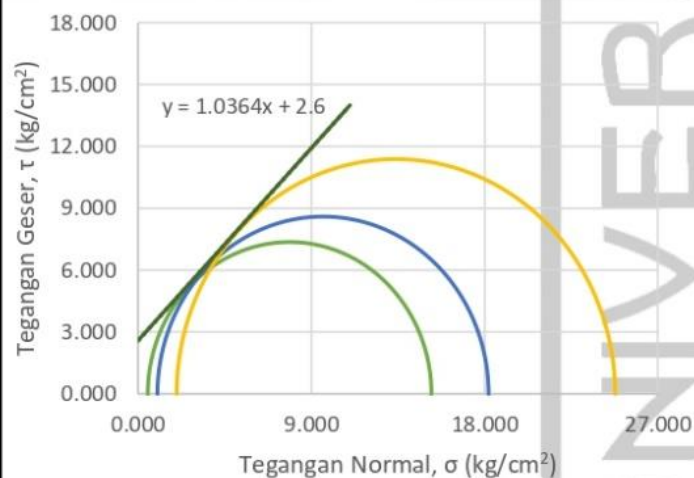


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

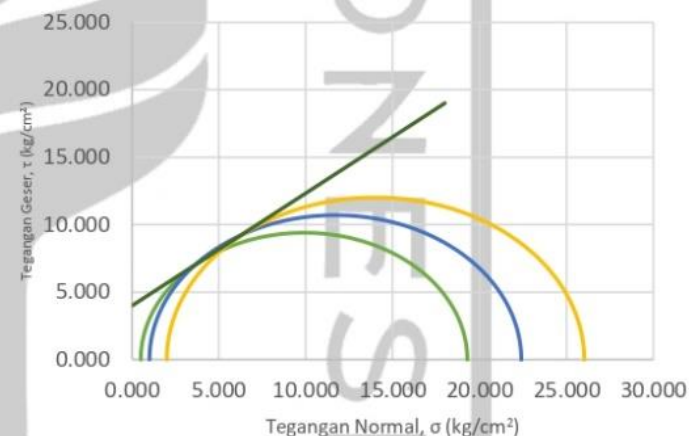
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 12% (3 Hari)



— teg.Keliling 0,5 kg/cm²
 — Teg.Keliling 1 kg/cm²
 — Teg.Keliling 2 kg/cm²
 — Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



— Teg.Keliling 0,5 kg/cm²
 — Teg.Keliling 1 kg/cm²
 — Teg.Keliling 2 kg/cm²
 — Failure Envelope

Uraian	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	2.600	3.300	46.019	42.910
Sampel 2	4.000		39.800	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

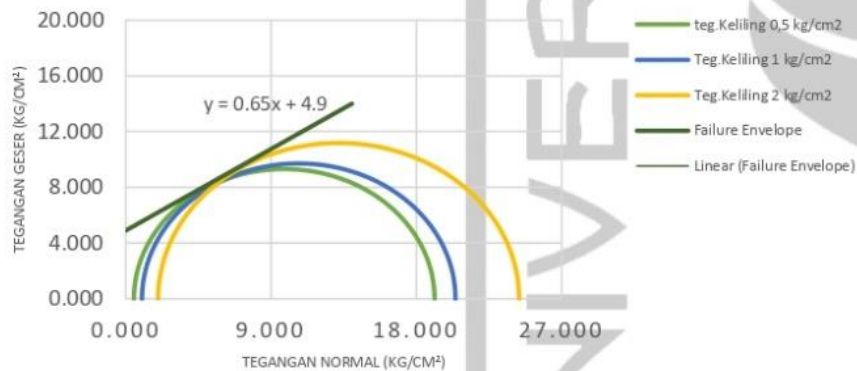
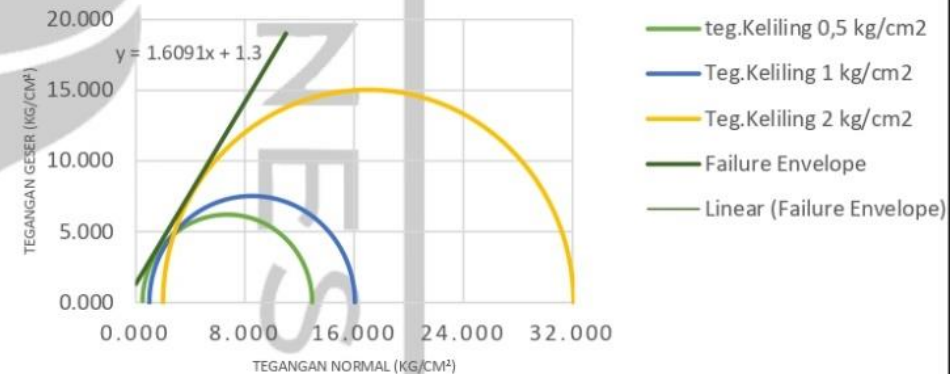


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 15% (3 Hari)



Uraian	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam(ϕ) °	
Sampel 1	4.900	3.100	33.021	45.578
Sampel 2	1.300		58.135	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

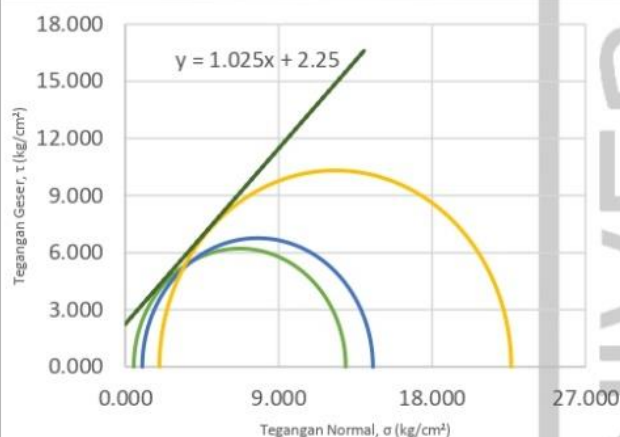


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

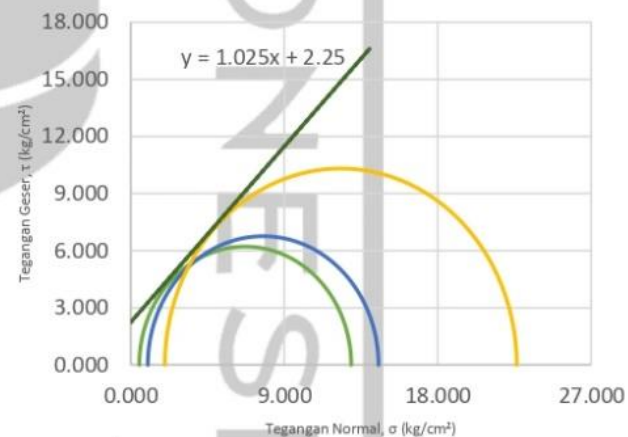
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 18% (3 Hari)



teg. Keliling 0,5 kg/cm²
 Teg. Keliling 1 kg/cm²
 Teg. Keliling 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



teg. Keliling 0,5 kg/cm²
 Teg. Keliling 1 kg/cm²
 Teg. Keliling 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)

Uraian	Koheksi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	2.250	1.725	54.102	49.832
Sampel 2	1.200		45.563	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurrozaq, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

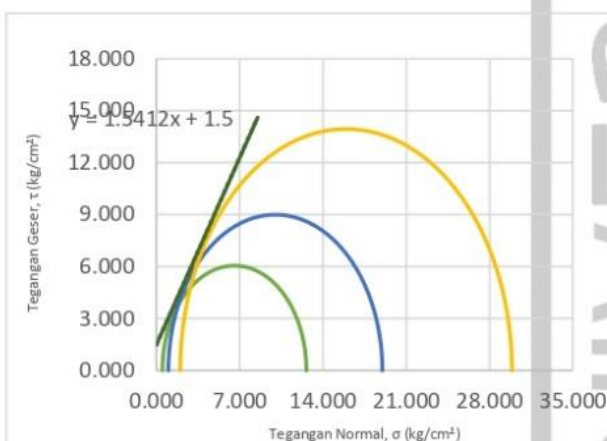
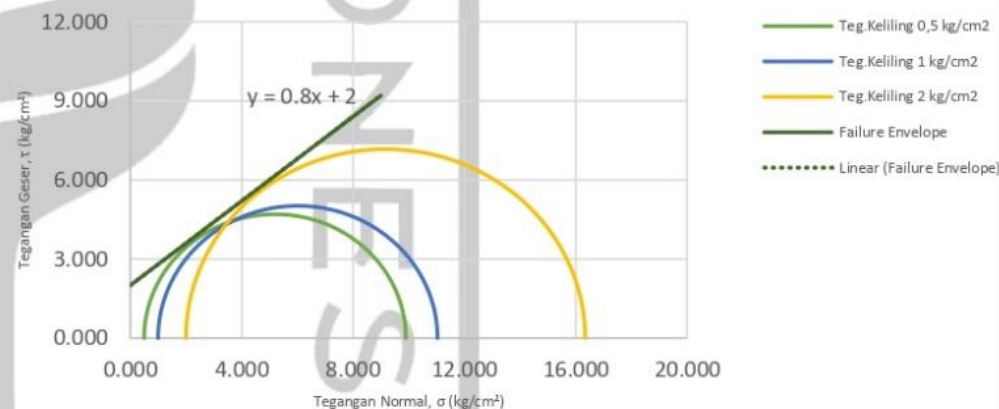


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 3% + Marmer 15% (3 Hari)



Uraian	Koheesi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	1.500	1.750	57.017	47.836
Sampel 2	2.000		38.656	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah


 (Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti


 (Zakiatul Mufarrihah)

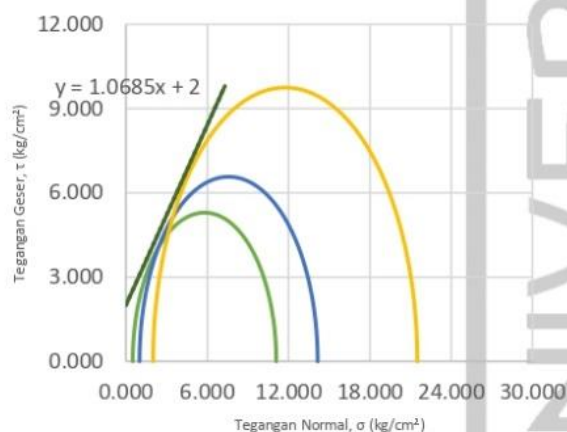
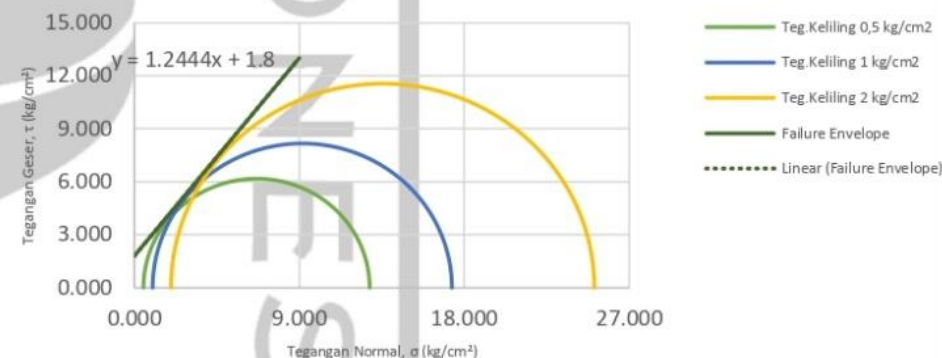


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 5% + Marmer 15%(3 Hari)



Uraian	Koheesi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	2.000	1.900	46.892	49.051
Sampel 2	1.800		51.209	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

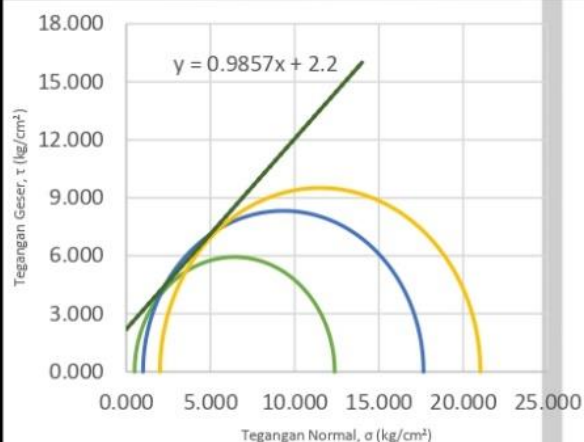


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

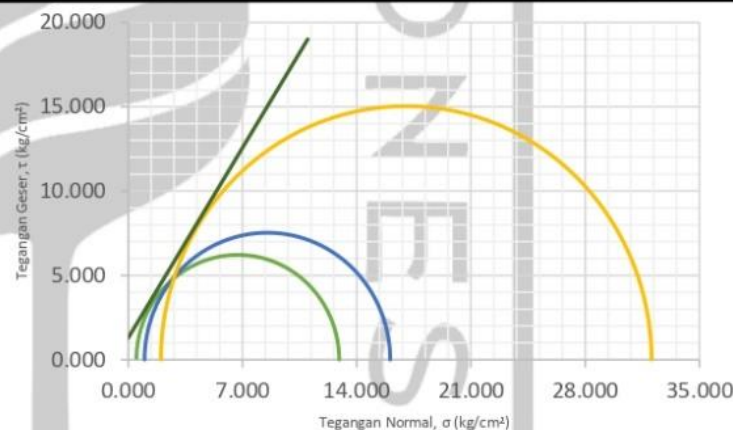
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 3% (7 Hari)



— teg.Keliling 0,5 kg/cm²
 — Teg.Keliling 1 kg/cm²
 — Teg.Keliling 2 kg/cm²
 — Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



— teg.Keliling 0,5 kg/cm²
 — Teg.Keliling 1 kg/cm²
 — Teg.Keliling 2 kg/cm²
 — Failure Envelope

Uraian	Koheesi (c)		Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	2.2	1.75	44.635	51.385
Sampel 2	1.3		58.135	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah


 (Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti


 (Zakiatul Mufarrihah)

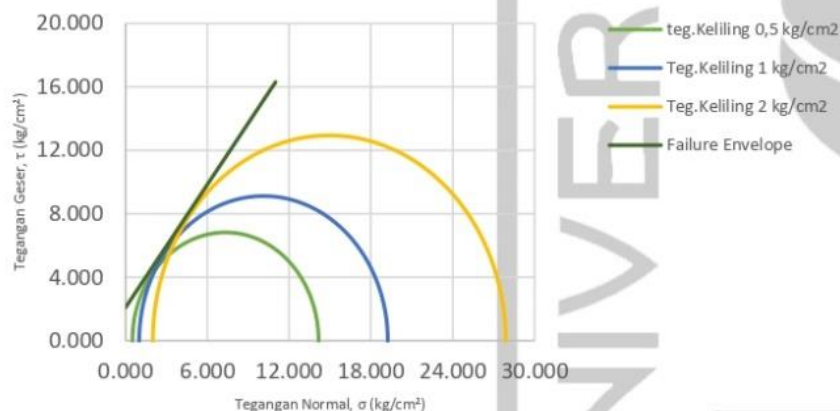
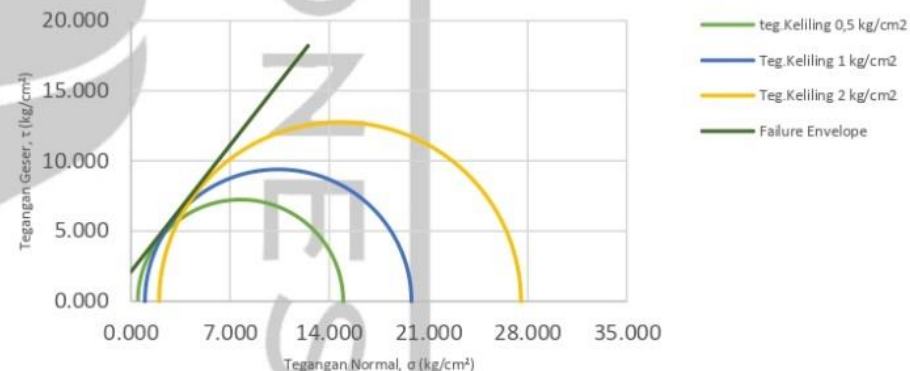


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn. Setran Ds. Sumberarum Kec. Moyudan Kab. Sleman Prov. DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 5% (7 Hari)



Uraian	Kohesi (c)		Sudut Geser Dalam(ϕ) °	
Sampel 1	2.100	2.1	52.2315	52.200
Sampel 2	2.100		52.1691	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Mekanika Tanah


 (Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti


 (Zakiatul Mufarrihah)

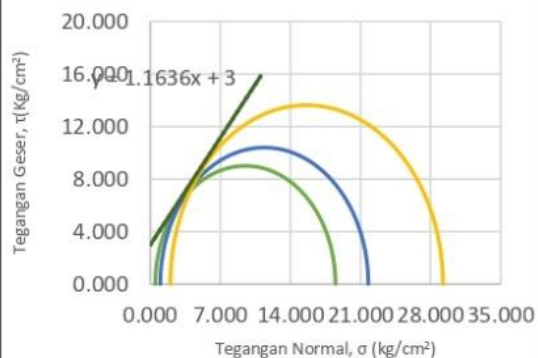


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

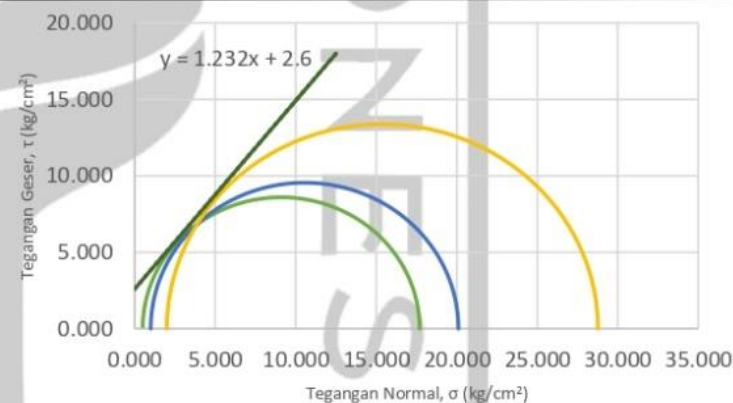
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 12% (7 Hari)



teg. Keliling 0,5 kg/cm²
 Teg. Keliling 1 kg/cm²
 Teg. Keliling 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



teg. Keliling 0,5 kg/cm²
 Teg. Keliling 1 kg/cm²
 Teg. Keliling 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)

Uraian	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	3.000	49.3192	50.124
Sampel 2	2.600	50.929	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

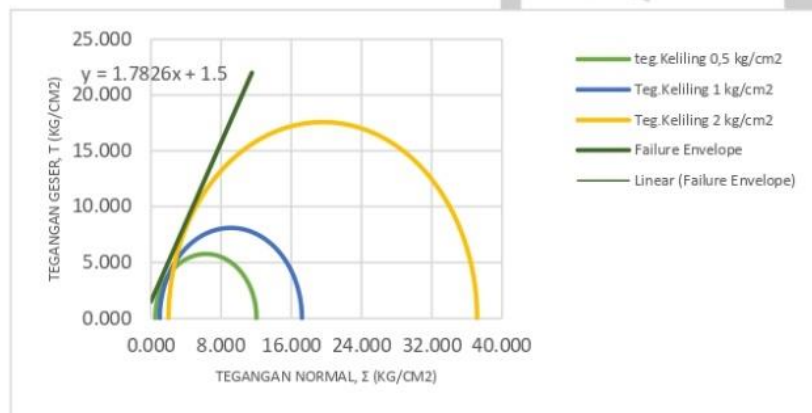
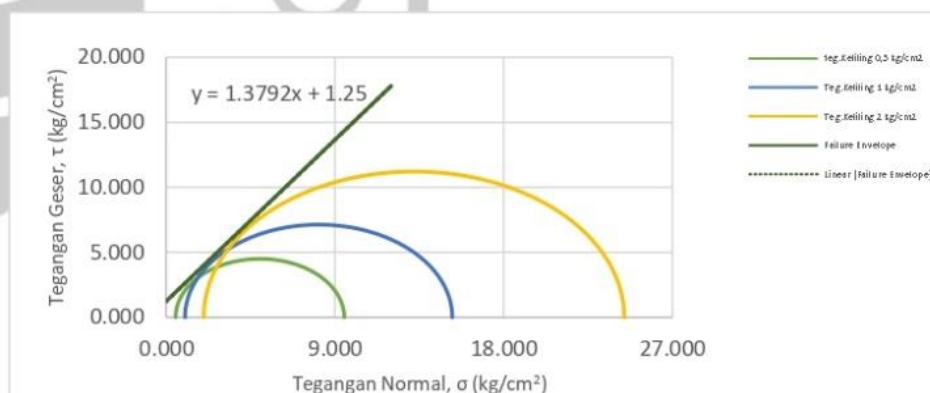


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 15% (7 Hari)



Uraian	Koheesi (c)		Sudut Geser Dalam(ϕ) °	
Sampel 1	1,5	1,4	59,845	57,151
Sampel 2	1,3		54,4568	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah


 (Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti


 (Zakiatul Mufarrihah)

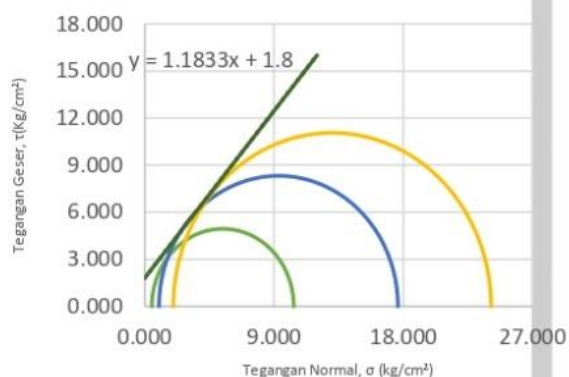
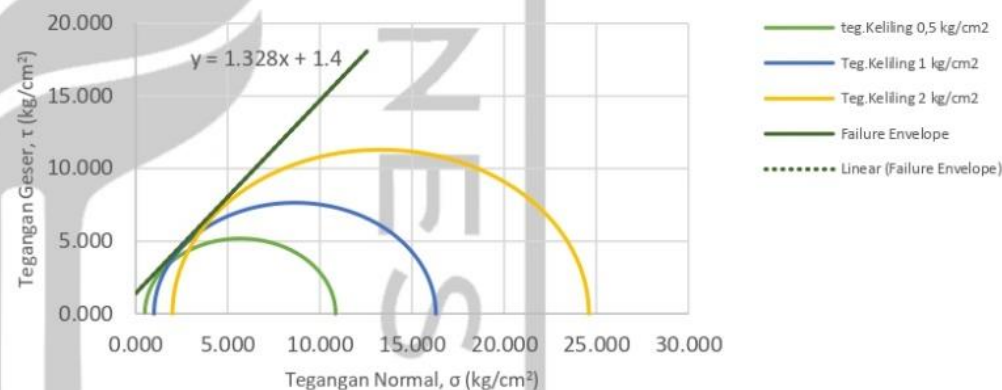


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Marmer 18% (7 Hari)



Uraian	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	1.800	52.8103	52.912
Sampel 2	1.400	53.0145	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

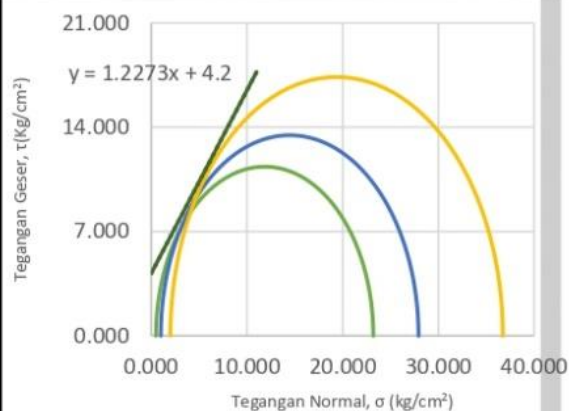


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

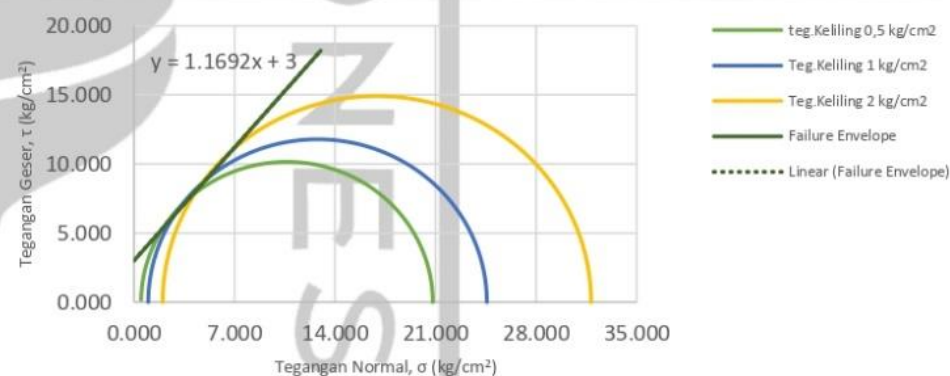
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 3% + Marmer 15% (7 Hari)



teg. Keliling 0,5 kg/cm²
 Teg. Keliling 1 kg/cm²
 Teg. Keliling 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)



teg. Keliling 0,5 kg/cm²
 Teg. Keliling 1 kg/cm²
 Teg. Keliling 2 kg/cm²
 Failure Envelope
 Linear (Failure Envelope)

Uraian	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam(φ) °	
Sampel 1	4.200	50.8218	49.470
Sampel 2	3.000	48.1177	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)

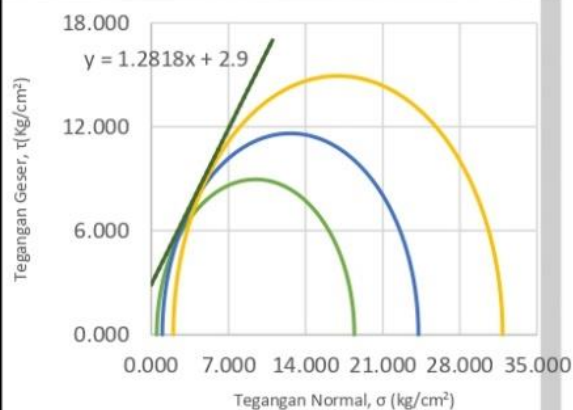
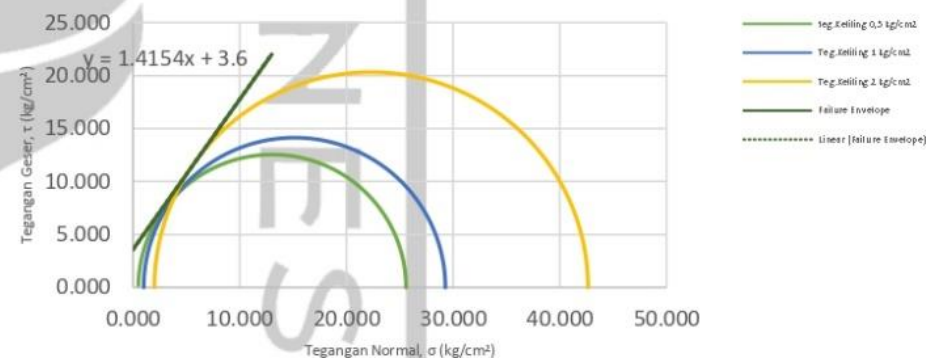


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL UU (TRIAXIAL UNCONSOLIDATED UNDRAINED)
ASTM D 2850

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Dsn.Setran Ds.Sumberarum Kec.Moyudan Kab.Sleman Prov.DIY
 Dikerjakan : Zakiatul Mufarrihah
 Tanggal : Agustus 2022
 Sample : Tanah Asli + Matos 5% + Marmer 15% (7 Hari)



Uraian	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam(ϕ) °	
Sampel 1	2.900	52.0351	53.394
Sampel 2	3.600	54.7527	

Mengetahui,
 Kepala Lab.Mekanika Tanah

(Muhammad Rifqi Abdurrozaq, S.T.,M.Eng)

Yogyakarta, 19 Agustus 2022
 Peneliti

(Zakiatul Mufarrihah)