

TUGAS AKHIR

**STABILISASI TANAH BERBUTIR HALUS
MENGUNAKAN KAPUR DAN S-BASE 07
TERHADAP KUAT GESER TANAH PADA UJI GESER
LANGSUNG
(*STABILIZATION OF FINE GRAIN SOIL USING S-
BASE 07 AND LIME ON SOIL STRENGTH IN DIRECT
SHEAR TESTS*)**

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



**Muhammad Yusuf Effendi
18511222**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

STABILISASI TANAH BERBUTIR HALUS MENGUNAKAN KAPUR DAN S-BASE 07 TERHADAP KUAT GESER TANAH PADA UJI GESER LANGSUNG (*STABILIZATION OF FINE GRAIN SOIL USING S- BASE 07 AND LIME ON SOIL STRENGTH IN DIRECT SHEAR TESTS*)

Disusun oleh

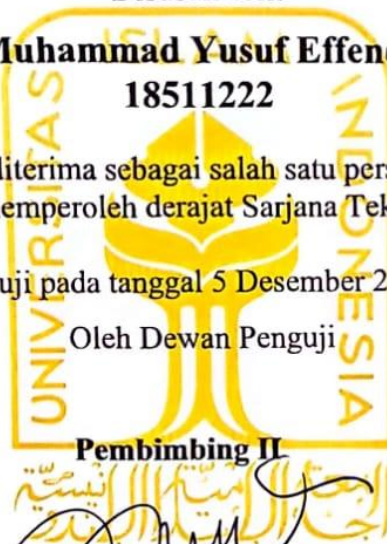
Muhammad Yusuf Effendi

18511222

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 5 Desember 2023

Oleh Dewan Penguji



Pembimbing I

M
N. Muhammad Rifqi A, S.T., M.Eng.
NIK : 135111101

Pembimbing II

Anisa Nur A, S.T., M.Eng.
NIK : 215111305

Penguji

Hanindya Kusuma A, S.T., M.T
NIK : 045110407

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Yunalia Muntafi, ST., MT., Ph.D.
NIK : 095110101

22/12/23

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya selaku penulis dengan ini menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang menjadi salah satu kriteria kelulusan Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Sementara itu, saya telah menyertakan karya-karya dari penulis lain yang saya sebutkan di beberapa tempat dalam laporan tugas akhir saya, namun sumbernya telah dituliskan sesuai dengan ketentuan penulisan Tugas Akhir.

D.I.Yogyakarta, 24 Januari 2023

Penulis,



Muhammad Yusuf Effendi

18511222

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah, Rabb semesta alam. Kepada-Nya kita memuji, memohon pertolongan, meminta petunjuk, dan mengharapakan ampunan. Kita juga berlindung kepada-Nya dari kejelekan jiwa kita dan keburukan amal kita. Barang siapa diberi petunjuk oleh Allah, maka tidak akan ada yang bisa menyesatkannya, dan barang siapa disesatkan oleh Allah, maka tidak ada seorangpun yang bisa membimbingnya. Shalawat dan salam semoga senantiasa terlimpah-ruah kepada Nabi kita, Muhammad *Shallallahu Alaihi Wasallam*, keluarga beliau, para sahabat, tabi'in, tabi'ut tabi'in serta siapapun yang mengikuti sunnah beliau hingga Hari Kiamat kelak. Penulis pada akhirnya dapat memenuhi salah satu persyaratan akademis dalam menyelesaikan studi Strata 1, yaitu Tugas Akhir dengan judul “Stabilisasi Tanah Berbutir Halus Menggunakan Kapur dan *S-Base 07* Terhadap Kuat Geser Tanah Pada Uji Geser Langsung”.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tentunya penulis mengalami banyak kendala, *alhamdulillah* berkat do'a, bimbingan, kritik dan saran dari banyak pihak, akhirnya Tugas Akhir ini dapat selesai. Semoga semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini mendapat balasan terbaik dari Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak S.T., M.Eng. dan Ibu Anisa Nur Amalina, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing Tugas Akhir,
2. Ibu Yunalia Muntafi, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak dan Ibu dosen selaku pengajar di Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu kepada saya, semoga dapat menjadi amal Jariah bagi bapak dan ibu. Tidak lupa juga, bapak, ibu civitas Akademik Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah membantu saya dalam mengurus segala hal terkait perkuliahan selama ini,

4. Keluarga penulis terutama ayah dan ibu yang selalu mendoakan dan memberi dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

D.I.Yogyakarta, 24 Januari 2023

Penulis,

Muhammad Yusuf Effendi

18511222

ABSTRAK

Salah satu daerah yang dilewati oleh trase Tol Ruas Solo – Yogyakarta – YIA yaitu Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sebagian tanah di daerah tersebut adalah tanah berbutir halus dan termasuk kategori lanau berlempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar yaitu sedang sampai buruk, hal ini menyebabkan perubahan volume seiring dengan perubahan kadar air. Sifat tersebut bisa mengakibatkan kegagalan konstruksi bangunan, sehingga ini menjadi sebab perlu dilakukannya perbaikan (stabilisasi) pada tanah dasar (*subgrade*). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh bahan stabilisasi Kapur dan *S-base 07* terhadap kuat geser tanah.

Penelitian ini bermaksud untuk melakukan stabilisasi pada tanah asli melalui 2 langkah pengujian, pertama yaitu pengujian sifat fisik tanah asli. Kedua yaitu dilakukan stabilisasi tanah dengan penambahan bahan tambah Kapur dan *S-base 07* pada tanah asli. Variasi penambahan Kapur sebesar 4% dan *S-base 07* sebesar 1,5%, 3%, dan 5% pada setiap sampel dengan pemeraman 1 hari dan 5 hari. Pada penelitian ini pengujian yang akan dilakukan yaitu uji geser langsung pada tanah asli dan tanah yang sudah dicampur dengan bahan tambah Kapur 4% dan *S-base 07*.

Hasil penelitian maka didapat peningkatan nilai kuat geser (τ). Nilai kuat geser (τ) pada tanah asli dengan variasi tegangan normal $\sigma = 1 \text{ kg/cm}^2$ yaitu sebesar $1,601 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kuat geser (τ) pada tanah asli + kapur 4% mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya masa pemeraman yaitu 68,71% pada sampel pemeraman 1 hari sebesar $2,701 \text{ kg/cm}^2$ dan 80,89% pada sampel pemeraman 5 hari sebesar $2,896 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kuat geser (τ) pada tanah asli + *S-Base 07* cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya bahan tambah dan masa pemeraman, peningkatan nilai kuat geser (τ) tertinggi 122,74% terjadi pada penambahan bahan stabilisasi *S-Base 07* 5% dengan masa pemeraman 5 hari yaitu sebesar $3,566 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kuat geser (τ) pada tanah asli + Kapur 4% + *S-Base 07* cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya bahan tambah dan masa pemeraman, peningkatan nilai kuat geser (τ) tertinggi 131,67% terjadi pada penambahan bahan stabilisasi Kapur 4% + *S-Base 07* 5% dengan masa pemeraman 5 hari yaitu sebesar $3,709 \text{ kg/cm}^2$.

Kata kunci : Tanah Berbutir Halus, *S-Base 07*, Kapur, Uji Geser Langsung, Kuat Geser Tanah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengaruh Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Berbutir Halus	5
2.2 Pengaruh Kapur Terhadap Nilai CBR Tanah Berbutir Halus	5
2.3 Pengaruh S-Base 07 Terhadap Nilai CBR Tanah Berbutir Halus	6
2.4 Pengaruh S-Base 07 dan Kapur Terhadap Nilai CBR Tanah Berbutir Halus	6
2.5 Perbedaan Hasil Penelitian	6
2.6 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Akan Dilakukan	8
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Tanah	9
3.1.1 Klasifikasi Tanah	10

3.1.2	Pengertian Tanah Lempung	14
3.2	Stabilisasi tanah	14
3.2.1	<i>S-Base 07</i>	15
3.2.2	Kapur	16
3.3	Pengujian Karakteristik Fisik Tanah	16
3.3.1	Pengujian Kadar Air	16
3.3.2	Berat Volume	17
3.3.3	Berat Jenis	17
3.3.4	Pengujian Analisis Granuler	18
3.3.5	Pengujian Batas-Batas Konsistensi (<i>Atterberg Limit</i>)	20
3.3.6	Pengujian Pemadatan Tanah (<i>Proctor Standard</i>)	24
3.4	Pengujian Kuat geser	25
3.4.1	Pengujian Geser Langsung	26
BAB IV METODE PENELITIAN		28
4.1	Jenis Penelitian	28
4.2	Bahan Penelitian	28
4.3	Benda Uji Penelitian	29
4.3.1	Metode Pembuatan Benda Uji	30
4.3.2	Penelitian Pengujian	31
4.4	Bagan Alir Penelitian	32
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		33
5.1	Hasil Penelitian	33
5.1.1	Pengujian Kadar Air	33
5.1.2	Pengujian Berat Volume	34
5.1.3	Pengujian Berat Jenis	34
5.1.4	Pengujian Analisis Granuler	35
5.1.5	Pengujian Batas-Batas Konsistensi	40
5.1.6	Pengujian Pemadatan Tanah (<i>Standard Proctor</i>)	45
5.1.7	Pengujian Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>)	49
5.2	Pembahasan	56
5.2.1	Tanah Asli	56

5.2.2 Tanah Asli dengan Penambahan Bahan Tambah <i>S-base 07</i> dan Kapur	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	72
6.1 Kesimpulan	72
6.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	7
Tabel 3. 1	Sistem Klasifikasi AASHTO	11
Tabel 3. 2	Sistem Klasifikasi USCS	13
Tabel 3. 3	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Berat Jenis Tanah (<i>specific gravity</i>)	18
Tabel 3. 4	Susunan Satu Unit Saringan dan Diameter (Standar Amerika)	20
Tabel 3. 5	Susunan Satu Unit Saringan dan Diameter (Standar Amerika)	23
Tabel 3. 6	Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan Linear Shrinkage	23
Tabel 4. 1	Jenis Pengujian dan Jumlah Sampel	29
Tabel 5. 1	Hasil Pengujian Kadar Air	33
Tabel 5. 2	Hasil Pengujian Berat Volume	34
Tabel 5. 3	Hasil Pengujian Berat Jenis	35
Tabel 5. 4	Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel 1	36
Tabel 5. 5	Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 1	36
Tabel 5. 6	Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel 2	37
Tabel 5. 7	Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 2	38
Tabel 5. 8	Rekapitulasi Hasil Persen Lolos Uji Analisa Saringan	39
Tabel 5. 9	Fraksi Butiran Tanah Asli	39
Tabel 5. 10	Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Sampel 1	40
Tabel 5. 11	Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Sampel 2	41
Tabel 5. 12	Rekapitulasi Hasil Pengujian Batas Cair	42
Tabel 5. 13	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah	43
Tabel 5. 14	Hasil Pengujian Kadar Air Batas Susut Tanah	44
Tabel 5. 15	Penambahan Air dan Berat Volume Sampel 1	45
Tabel 5. 16	Kadar Air Tanah Sampel 1	46
Tabel 5. 17	Penambahan Air dan Berat Volume Sampel 2	46
Tabel 5. 18	Kadar Air Tanah Sampel 2	47
Tabel 5. 19	Rekapitulasi Hasil Pengujian Proktor Standar	49

Tabel 5. 20 Tegangan Normal dan Tegangan Geser Maksimum Tanah Asli Sampel 1	50
Tabel 5. 21 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli	51
Tabel 5. 22 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 1 Hari	52
Tabel 5. 23 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah S-base 07 dan Waktu Pemeraman 1 Hari	52
Tabel 5. 24 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah S-base 07 + Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 1 Hari	53
Tabel 5. 25 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 5 Hari	53
Tabel 5. 26 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah S-base 07 dan Waktu Pemeraman 5 Hari	54
Tabel 5. 27 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah S-base 07 + Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 5 Hari	54
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Hasil Pengujian Geser Langsung	55
Tabel 5. 29 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Tanah	56
Tabel 5. 30 Tabel sistem klasifikasi <i>USCS</i>	58
Tabel 5. 31 Sistem klasifikasi tanah metode AASHTO	59
Tabel 5. 32 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli	60
Tabel 5. 33 Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi (c)	61
Tabel 5. 34 Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam ($^{\circ}$)	64
Tabel 5. 35 Nilai Kuat Geser Tanah (τ) dengan Variasi Tegangan Normal (σ)	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Batas-Batas Atterberg	21
Gambar 3. 2	Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering	25
Gambar 3. 3	Sketsa Alat Uji Geser Langsung	26
Gambar 3. 4	Skema Tanah Setelah Tergeser Pada Uji Geser Langsung	26
Gambar 4. 1	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	32
Gambar 4. 2	Bagan Alir Penelitian	32
Gambar 5. 1	Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer Sampel 1	37
Gambar 5. 2	Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer Sampel 2	38
Gambar 5. 3	Grafik Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 1	41
Gambar 5. 4	Grafik Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 2	42
Gambar 5. 5	Grafik Hasil Uji Proktor Standar Sampel 1	48
Gambar 5. 6	Grafik Hasil Uji Proktor Standar Sampel 2	48
Gambar 5. 7	Grafik Hubungan Antara Tegangan Geser dan Regangan Geser	50
Gambar 5. 8	Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser Tanah Asli Sampel 1	51
Gambar 5. 9	Grafik karakteristik tanah metode <i>USCS</i>	51
Gambar 5. 10	Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi (c) pada Sampel dengan Pemeraman 1 Hari	62
Gambar 5. 11	Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi (c) pada Sampel dengan Pemeraman 5 Hari	62
Gambar 5. 12	Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam ($^{\circ}$) pada Sampel dengan Pemeraman 1 Hari	65
Gambar 5. 13	Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam ($^{\circ}$) pada Sampel dengan Pemeraman 5 Hari	65
Gambar 5. 14	Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah (τ) pada Sampel dengan Pemeraman 1 Hari	68

Gambar 5. 15 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah (τ) pada Sampel dengan Pemeraman 5 Hari	68
Gambar 5. 16 Grafik Hubungan antara Nilai Kohesi (c) terhadap Masa Pemeraman	69
Gambar 5. 17 Grafik Hubungan antara Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) terhadap Masa Pemeraman	69
Gambar 5. 18 Grafik Hubungan antara Nilai Kuat Geser Tanah (τ) terhadap Masa Pemeraman	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli	77
Lampiran 2	Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli	78
Lampiran 3	Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli	79
Lampiran 4	Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Asli	80
Lampiran 5	Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli	84
Lampiran 6	Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli	85
Lampiran 7	Hasil Pengujian Analisa Saringan Tanah Asli	86
Lampiran 8	Hasil Pengujian <i>Proctor Standart</i> Tanah Asli	93
Lampiran 9	Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli	99
Lampiran 10	Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli + Bahan Stabilisasi dengan Waktu Pemeraman 1 Hari	109
Lampiran 11	Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli + Bahan Stabilisasi dengan Waktu Pemeraman 5 Hari	116
Lampiran 12	Rekapitulasi Hasil Pengujian Geser Langsung	123

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi:

C	= Kohesi (kg/cm^2)
ϕ	= Sudut Geser Dalam ($^\circ$)
τ	= Kuat Geser (kg/cm^2)
γ_d	= Berat Volume Tanah Kering (gr/cm^3)
γ	= Berat Volume Tanah (gr/cm^3)
$\gamma_d \text{ max}$	= Berat Volume Tanah Kering Maksimum (gr/cm^3)
W_{opt}	= Kadar Air Optimum (%)
W_w	= Berat Air (gr)
W_s	= Berat Tanah Kering (gr)
W	= Berat (gr)
V	= Volume (cm^3)
G_s	= Berat Jenis (gr/cm^3)
$t^\circ\text{C}$	= Suhu dalam Celcius ($^\circ\text{C}$)
Cu	= Koefisien Seragam (mm)
Cc	= Koefisien Gradasi (mm)
n	= Jumlah Pukulan
σ	= Tegangan Normal (kg/cm^2)
τ	= Tegangan Geser Maksimum (kg/cm^2)
N	= Gaya normal (kg)
A	= Luas penampang (cm^2)

Singkatan:

<i>USCS</i>	= <i>American Association Of State Highway and Transportation Officials</i>
<i>AASHTO</i>	= <i>Unified Soil Classification System</i>
<i>MDD</i>	= <i>Maximum Dry Density</i>
<i>OMC</i>	= <i>Optimum Moisture Content</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan komponen yang sangat menentukan dalam perencanaan suatu konstruksi bangunan, karena tanah menjadi penentu kestabilan konstruksi yang ada di atasnya. Setiap lokasi memiliki kekuatan tanah yang berbeda-beda, jadi hal ini mengharuskan seorang ahli geoteknik mengetahui sifat-sifat pada tanah. Untuk mengetahui kekuatan tanah yang akan dibangun di atasnya suatu konstruksi, tidak cukup dilakukan perhitungan tanpa ada pemeriksaan yang mendalam dan spesifik. Sehingga diperlukan penelitian atau pengujian yang dilakukan secara ilmiah melalui penelitian di laboratorium.

Untuk menunjang Pengembangan Ekonomi Nasional (PEN) dan khususnya pengembangan dan peningkatan kegiatan ekonomi di Pulau Jawa, maka Pemerintah Pusat menawarkan investasi pembangunan jalan tol kepada pihak swasta. Salah satunya adalah pembangunan Jalan Tol Ruas Solo – Yogyakarta – YIA Kulon Progo Seksi III Gamping – YIA Kulon Progo atau tepatnya sampai Kabupaten Purworejo sepanjang 30,77 KM. Ruas jalan tol ini merupakan bagian dari sistem jaringan jalan tol pulau jawa (*Trans Java Toll Road*). Seksi III ini direncanakan akan dibangun pada akhir tahun 2022 sampai dengan triwulan ketiga 2024. Salah satu daerah yang dilewati oleh trase Tol Ruas Solo – Yogyakarta – YIA yaitu Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa sebagian tanah di daerah tersebut adalah tanah berbutir halus dengan kemampuan mengembang dan menyusut yang sangat mudah (plastisitas tinggi), hal ini menyebabkan perubahan volume seiring dengan perubahan kadar air. Sifat tersebut bisa mengakibatkan kegagalan konstruksi bangunan, sehingga ini menjadi sebab perlu dilakukannya perbaikan (stabilisasi) pada tanah dasar (*subgrade*). Terdapat beberapa cara untuk menstabilkan tanah, diantaranya yaitu mencampur

tanah dengan tanah lain untuk mendapatkan gradasi yang diinginkan, atau cara lainnya yaitu mencampur tanah dengan bahan tambah (*additive*) buatan pabrik, sehingga karakteristik tanah menjadi lebih baik.

Pada penelitian ini akan digunakan bahan tambah (*additive*) buatan pabrik yaitu berupa *S-Base 07* dan 4% Kapur untuk bahan stabilisasi dan melihat pengaruhnya terhadap Kuat Geser Tanah pada Uji Geser Langsung. Penambahan *S-Base 07* dan Kapur pada tanah dilakukan dengan variasi tertentu. *S-Base 07* adalah cairan penstabil tanah yang terdiri dari bahan material koloid yang terikat bersama-sama selama proses penyatuan partikel-partikel tanah, sehingga menciptakan ukuran partikel yang lebih besar dan berkontribusi terhadap penurunan indeks plastisitas. Pada pengaplikasiannya *S-Base 07* sangat ramah dan aman bagi lingkungan. *S-Base 07* berbeda dengan bahan stabilisasi jalan seperti semen atau kapur, yang cukup berdebu dan berbahaya bagi mesin, tanaman, hewan, dan manusia. *S-Base 07* bebas dari bahan peledak, asam atau bahan korosif seperti sulfat sehingga tidak menyebabkan korosi pada peralatan. Kapur ditambahkan sebagai bahan khusus, sebagaimana Hardiyatmo (2010), menyatakan “tujuan utama penggunaan kapur untuk stabilisasi tanah yaitu untuk memodifikasi sifat-sifat tanah dan untuk stabilisasi tanah secara permanen“.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa permasalahan yang dihadapi adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana jenis klasifikasi tanah di Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta?
2. Bagaimana kuat geser pada tanah asli berdasarkan uji geser langsung?
3. Bagaimana kuat geser pada tanah asli yang distabilisasi dengan bahan tambah kapur 4% berdasarkan uji geser langsung?
4. Bagaimana kuat geser pada tanah asli yang distabilisasi dengan bahan tambah *S-base 07* 1,5%, 3%, dan 5% berdasarkan uji geser langsung?
5. Bagaimana kuat geser pada tanah asli yang distabilisasi dengan bahan tambah kapur 4% + *S-base 07* 1,5%, 3%, dan 5% berdasarkan uji geser langsung?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui jenis klasifikasi tanah di Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Mengetahui seberapa besar kuat geser pada tanah asli berdasarkan uji geser langsung.
3. Mengetahui seberapa besar pengaruh bahan tambah dan Kapur dalam peningkatan kuat geser tanah berdasarkan uji geser langsung.
4. Mengetahui seberapa besar pengaruh bahan tambah *S-base 07* 1,5%, 3%, dan 5% dalam peningkatan kuat geser tanah berdasarkan uji geser langsung.
5. Mengetahui seberapa besar pengaruh bahan tambah kapur 4% + *S-base 07* 1,5%, 3%, dan 5% dalam peningkatan kuat geser tanah berdasarkan uji geser langsung.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan dari penelitian ini akan mendapatkan gambaran adanya peningkatan kuat geser tanah dengan campuran bahan kapur 4% dan *S-base 07* pada perencanaan tanah dasar konstruksi Jalan Tol Solo – Yogyakarta – YIA khususnya konstruksi yang melintasi Daerah Kulon Progo
2. Dapat melengkapi kekurangan dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya yang juga dengan bahan tambah kapur 4% dan *S-base 07*.
3. Dapat menjadi alternatif memilih bahan tambah untuk perbaikan (stabilisasi) pada tanah dasar (*subgrade*).

1.5 Batasan Penelitian

Agar pelaksanaan penelitian ini fokus terhadap permasalahan yang ada maka perlu batasan masalah penelitian, adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut.

1. Tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2022.
2. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah kapur 4% dan *S-base 07*.
3. Variasi penambahan bahan stabilisasi yaitu kapur 4% dan *S-base 07* sebesar 1,5%, 3%, dan 5%.
4. Pada penelitian ini tidak menganalisis reaksi kimia yang terjadi pada tanah yang dicampur dengan bahan stabilisasi kapur 4% dan *S-base 07*.
5. Penelitian yang dilakukan meliputi beberapa pengujian sebagai berikut:
 - a. uji kadar air, uji berat volume, uji berat jenis, uji analisa saringan dan uji hidrometer,
 - b. uji batas-batas konsistensi (*atterberg limit*): uji batas cair (*liquid limit*), uji batas plastis (*plastic limit*) dan uji batas susut (*shrinkage limit*),
 - c. uji kepadatan tanah (*proctor standar*), dan
 - d. uji geser langsung pada tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi dengan bahan tambah kapur 4% dan *S-base 07*.
6. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengaruh Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Berbutir Halus

Panjaitan (2017) dalam penelitiannya menstabilisasi tanah berjenis lempung menggunakan kapur sebagai bahan tambah. Pada penelitian ini tanah lempung distabilisasi dengan menambahkan kapur sebesar 5% dengan masa pemeraman yaitu 10 hari. Dari penelitian yang dilakukan didapat nilai kohesi dan sudut geser asli masing-masing $1,28 \text{ kg/cm}^2$ dan $37,95^\circ$. Setelah distabilisasi dengan campuran, nilai kohesi meningkat sebesar $1,44 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser meningkat sebesar $63,77^\circ$.

Rahmaneta dkk (2020) dalam penelitiannya menstabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan bahan tambah kapur. Tanah dicampur kapur dengan variasi persentase yaitu 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% dari berat kering tanah kemudian diuji dengan pengujian geser langsung. Penelitian menunjukkan bahwa nilai sudut geser (ϕ) tertinggi dicapai pada campuran 12% kapur yaitu sebesar $32,7^\circ$. Nilai kohesi (c) tertinggi dicapai pada campuran kapur 3% yaitu sebesar $1,55 \text{ kg/cm}^2$, selanjutnya nilai kohesi mengalami penurunan. Kombinasi sudut geser (ϕ) dan nilai kohesi (c) menunjukkan bahwa kekuatan geser tanah meningkat sejalan dengan penambahan kapur sampai 3% dan selanjutnya mengalami penurunan.

2.2 Pengaruh Kapur Terhadap Nilai CBR Tanah Berbutir Halus

Riadi dkk (2021) dalam penelitiannya menstabilisasi tanah lempung dengan bahan tambah kapur untuk meningkatkan nilai CBR. Persentase kapur yang dipakai 2%, 4%, 6% dan 8%. Dari pengujian CBR diperoleh hasil pada tanah asli sebesar 2,65%, campuran kapur dengan kadar 2% sebesar 4,80%, kadar 4% sebesar 7,35%, kadar 6% sebesar 16,81% dan kadar 8% sebesar 21,92%. Nilai CBR meningkat sejalan dengan penambahan kapur.

Aryanto dkk (2021) dalam penelitiannya menstabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menambahkan bahan tambah kapur tohor. Variasi penambahan kapur yaitu 0%, 6%, 7%, dan 8% dengan lama pemeraman 0 hari, 3 hari, dan 24 hari. Dari hasil penelitian didapat nilai CBR (California Bearing Ratio) terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur tohor yaitu 8 % dengan lama waktu pemeraman 24 hari dengan nilai CBR sebesar 27,95%.

2.3 Pengaruh S-Base 07 Terhadap Nilai CBR Tanah Berbutir Halus

Abdulrahman dkk (2019) dalam penelitiannya menggunakan bahan tambah *s-base 07* untuk stabilisasi tanah lempung dengan tujuan mengetahui seberapa besar pengaruhnya dalam peningkatan kepadatan tanah. Dalam penelitian ini variasi persentase penambahan bahan tambah adalah 0%, 5%, 15% dan 25% dengan masa pemeraman yaitu 24 Jam. Untuk CBR tanpa perendaman (unsoaked) dengan penambahan *S-Base 07*, nilai CBR cenderung meningkat, dan mencapai titik puncak peningkatan pada penambahan sebesar 15%, tetapi pada penambahan 25% cenderung mengalami penurunan.

2.4 Pengaruh S-Base 07 dan Kapur Terhadap Nilai CBR Tanah Berbutir Halus

Hidayat (2021) dalam penelitiannya menstabilisasi tanah lempung dengan bahan tambah kapur dan *s-base 07* untuk meningkatkan nilai CBR. Variasi penambahan Kapur yaitu 4% dan *S-Base* yaitu 5%, 10%, 15% dengan masa pemeraman 1 hari dan 3 hari. Peningkatan terbesar dari pengaruh bahan tambah terhadap tanah asli pada nilai CBR terdapat pada penambahan tanah asli + 10% *S-base 07* + 4% Kapur kondisi tanpa perendaman dengan waktu pemeraman 3 hari mengalami peningkatan dari yang semula 5,41% menjadi 12,19%.

2.5 Perbedaan Hasil Penelitian

Berdasarkan pemaparan di atas, terdapat perbedaan antara penelitian yang telah dilakukan dengan penelitian yang akan penulis lakukan, perbedaan penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Aspek	Penelitian Terdahulu						Penelitian Sekarang
	Panjaitan (2017)	Rahmaneta dkk (2020)	Riadi dkk (2021)	Aryanto dkk (2021)	Abdulrahman dkk (2019)	Hidayat (2021)	Effendi (2022)
Judul	“Pengaruh Kapur terhadap Kuat Geser Tanah”	“Pengaruh Stabilisasi Kapur terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif”	“Pengaruh Penambahan Kapur sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung dengan Pengujian CBR”	“Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kapur Tohor”	“Analisa Perhitungan Daya Dukung Tanah (CBR) Atas Campuran Tanah dan <i>S-Base-07 Liquid Soil Stabilizer</i> ”	“Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan <i>S-Base 07</i> dan Kapur terhadap Daya Dukung Tanah (CBR)”	“Stabilisasi Tanah Berbutir Halus Menggunakan Kapur dan <i>S-Base 07</i> terhadap Kuat Geser Tanah pada Uji Geser Langsung”
Klasifikasi Tanah	Lempung	Lempung Ekspansif	Lempung	Lempung Ekspansif	Lempung	Lempung	Berbutir Halus
Lokasi Pengambilan Tanah	Tarutung Sibolga Km.11, Desa Banuaji II, Kecamatan Adiankoting, Tapanuli Utara	Desa Meunasah Rayeuk, Kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat.	Proyek Jalan Akses Pelabuhan Teluk Tapang-Bunga Tanjung.	Quarry Bayung Lencir	Tanjung Raja, Kabupaten Ogan Ilir	Desa Kedungsari, Pengasih, Kulon Progo, D.I.Y.	Desa Sendangsari, Pengasih, Kulon Progo, D.I.Y.
Metode Pengujian	Geser Langsung	Geser Langsung	California Bearing Ratio (CBR)	California Bearing Ratio (CBR) <i>Soaked</i>	California Bearing Ratio (CBR) <i>Unsoaked</i>	California Bearing Ratio (CBR) <i>Unsoaked</i>	Geser Langsung
Bahan Tambah	Kapur 5%	Kapur 3%, 6%, 9%, dan 12%	Kapur 2%, 4%, 6% dan 8%	Kapur 6%, 7%, dan 8%	<i>S-Base 07</i> 5%, 15% dan 25%	<i>S-Base 07</i> 5%, 10%, dan 15% + Kapur 4%	kapur 4% + <i>S-Base 07</i> 1,5%, 3%, dan 5%
Hasil Penelitian	Dari pengujian tanah asli didapat nilai kohesi dan sudut geser masing-masing 1,28 kg/cm ² dan 37,95°. Setelah distabilisasi dengan kapur 5% dengan masa pemeraman 10 hari, nilai kohesi meningkat sebesar 1,44 kg/cm ² dan sudut geser meningkat sebesar 63,77°.	Pada tanah asli didapat nilai kohesi 1,28 kg/cm ² dan sudut geser 37,95°. Nilai kohesi (c) dan sudut geser (φ) tertinggi dicapai pada campuran kapur 3% yaitu sebesar 1,55 kg/cm ² dan kapur 12% yaitu sebesar 32,7°.	Pada tanah asli didapat nilai CBR sebesar 2,65%, campuran kapur 2% sebesar 4,80%, kapur 4% sebesar 7,35%, kapur 6% sebesar 16,81% dan kapur 8% sebesar 21,92% ..	Dari hasil penelitian didapat nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur tohor yaitu 8 % dengan lama waktu pemeraman 24 hari dengan nilai CBR sebesar 27,95%.	Dari hasil pengujian CBR tanpa perendaman dengan penambahan <i>S-Base 07</i> dengan pemeraman 24 jam, nilai CBR cenderung meningkat, dan puncak peningkatan pada penambahan sebesar 15%, tetapi pada penambahan 25% cenderung mengalami penurunan.	Dari pengujian CBR diperoleh hasil pada tanah asli sebesar 5,41%, Peningkatan terbesar terdapat pada penambahan tanah asli + 10% <i>S-base 07</i> + 4% Kapur kondisi tanpa perendaman dengan waktu pemeraman 3 hari mengalami peningkatan dari yang semula 5,41% menjadi 12,19%.	Dari hasil uji geser langsung Peningkatan Nilai kuat geser (τ) tertinggi (5,123 kg/cm ²) terjadi pada penambahan bahan stabilisasi <i>S-Base 07</i> 5% + Kapur 4% dengan masa pemeraman 5 hari yaitu sebesar 76,59% dari yang awalnya sebesar 2,901 kg/cm ²

2.6 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah disebutkan di atas, maka penelitian stabilisasi tanah berbutir halus menggunakan bahan tambah *S-base 07* dan Kapur untuk mengetahui kuat geser pada uji geser langsung tanah di Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan variasi penambahan kapur 4% dan *S-base 07* 1,5%, 3%, 5% pada setiap campurannya dengan masa pemeraman yaitu 1 dan 5 hari belum pernah dilakukan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Menurut Das (1988) “tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel tersebut”.

Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa “proses pelapukan batuan terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah, pembentukan dapat berupa proses fisik dan kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau akibat perubahan suhu atau cuaca. Sedangkan proses pembentukan tanah secara kimia dapat terjadi akibat adanya pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali). Tanah hasil pelapukan yang masih berada di tempat asalnya disebut tanah residual (*residual soil*) dan jika tanah hasil pelapukan telah berpindah dari tempatnya disebut tanah terangkut (*transported soil*)”.

Hardiyatmo (2002) menyatakan “istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis”.

Tanah merupakan suatu komponen yang sangat menentukan dalam perencanaan suatu konstruksi, karena tanah menentukan kestabilan konstruksi yang ada di atasnya, oleh karena itu tanah sebagai pendukung kestabilan konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai tanah dasar (*subgrade*).

3.1.1 Klasifikasi Tanah

Hardiyatmo (2002) menyatakan “klasifikasi tanah merupakan pemilihan tanah-tanah ke dalam kelompok maupun sub kelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama”. *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)* dan *USCS (Unified Soil Classification System)* adalah dua sistem yang sering digunakan untuk klasifikasi tanah.

1. Sistem Klasifikasi *AASHTO*

Sistem klasifikasi *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)* digunakan untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompoknya. Pengujian yang digunakan untuk memenuhi klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO* tersebut diperlukan pengujian analisa saringan dan batas-batas *atterberg*. Indeks kelompok (*group index*) (*GI*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut

$$GI = (F-35) [0,2+0,005(LL-40)] + 0,001 (F-15) (PI-10) \quad (3.1)$$

dengan :

GI = indeks kelompok (*group index*),

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

LL = batas cair, dan

PI = indeks plastisitas.

Terdapat beberapa aturan untuk menggunakan nilai GI , yaitu :

- bila $GI < 0$, maka dianggap $GI = 0$,
- nilai GI yang dihitung dari Persamaan (3.1), dibulatkan pada angka terdekat,
- nilai GI untuk kelompok tanah A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5, dan A-3 selalu nol,
- untuk kelompok tanah A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari persamaan indeks kelompok yang digunakan, $GI = 0,01 (F-15) (PI-10)$, dan
- tidak ada batas atas nilai GI , GI maksimum 20.

Sistem klasifikasi *AASHTO* dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Material granular ($< 35\%$ lolos saringan No.200)							Tanah-tanah lanau-lempung ($> 35\%$ lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisis saringan (% lolos)											0
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 saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	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	Pecahan batu, kerikil dan pasir		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 (2002)

Catatan :

Kelompok A-7 dibagi menjadi 2 yaitu A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (*PL*)

Untuk $PL > 30$, klasifikasinya yaitu A-7-5

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya yaitu A-7-6

Np = Non Plastis

2. Sistem Klasifikasi *USCS*

Menurut sistem ini, tanah diklasifikasikan sebagai berbutir kasar (kurang dari 50% lolos ayakan nomor 200), seperti kerikil dan pasir, atau berbutir halus (lebih dari 50% lolos ayakan nomor 200), seperti lanau dan lempung. Sistem klasifikasi *USCS* dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 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	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3			
			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	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3			
			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 Pasir berlanau, campuran pasir- lanau	Batas- batas atterberg dibawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas maka dipakai simbol		
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir- lempung	Batas- batas atterberg diatas garis A atau $PI > 7$			
		Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus kurang dari 5% lolos saringan no.200: GW, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200: GM, GC, SM, SC. 5%-12% lolos saringan no.200: batasan klasifikasi yang mempunyai simbol ganda						

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Berikut adalah simbol-simbol yang digunakan dalam tabel diatas.

G = Kerikil (*Gravel*)S = Sand (*Pasir*)C = Lempung (*Clay*)M = Lanau (*Silt*)

- O = Lanau atau lempung organik (*Organic silt or clay*)
- Pt = Tanah gambut dan tanah organik tinggi (*Peat and highly organic soil*)
- W = Gradasi baik (*Well-graded*)
- P = Gradasi buruk (*Poorly-graded*)
- H = Plastisitas tinggi (*High-plasticity*)
- L = Plastisitas rendah (*Low-plasticity*)

3.1.2 Pengertian Tanah Lempung

Menurut Bowles (1991) “partikel-partikel mineral dari lempung menjadi sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif. Menurut Das (1995) Tanah lempung merupakan tanah yang berukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan, tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak”.

Tanah lempung adalah tanah berbutir halus yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Tanah lempung mempunyai sifat plastis dalam kisaran kadar air tertentu, dan kekuatannya tinggi bila tanahnya pada kondisi kering udara (Hardiyatmo, 2014).

3.2 Stabilisasi tanah

Soekoto (1973) menyatakan “apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila ia mempunyai indeks plastisitas yang tidak sesuai, mempunyai permeabilitas yang terlalu tinggi, atau mempunyai sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai kondisinya untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasi”.

Stabilisasi secara umum adalah upaya untuk mengubah atau meningkatkan karakteristik teknis tanah untuk memenuhi kebutuhan teknis tertentu. Terdapat beberapa cara untuk menstabilkan tanah, diantaranya yaitu mencampur tanah dengan tanah lain untuk mendapatkan gradasi yang diinginkan, atau cara lainnya

yaitu mencampur tanah dengan bahan tambah (*additive*) buatan pabrik, sehingga karakteristik tanah menjadi lebih baik.

Pada umumnya, terdapat dua macam stabilisasi tanah, yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi dengan bahan tambah. Stabilisasi mekanis dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk tanah dengan tanah lain yang bergradasi berbeda untuk mendapatkan tanah yang memenuhi syarat kekuatan tertentu. Stabilisasi mekanis ini juga dapat dilakukan dengan membuang tanah buruk pada lokasi proyek dan mengganti dengan material dari tempat lain. Stabilisasi dengan bahan-tambah (*additive*) atau yang sering disebut juga dengan stabilisasi kimiawi bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, dengan cara mencampur tanah menggunakan bahan-tambah tertentu. Stabilisasi yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu stabilisasi kimiawi. Bahan tambah (*additive*) yang digunakan yaitu *S-base 07* dan Kapur.

3.2.1 *S-Base 07*

Deocon (2023) *S-base 07* yaitu bahan tambah (*additive*) berupa cairan yang memiliki kandungan konsentrat dan berfungsi untuk stabilisasi tanah. Diantara bahan yang ada pada *S-base 07* yaitu material koloid yang selama proses sementasi terikat secara bersama-sama, kemudian tercipta partikel yang berukuran besar untuk berkontribusi pada penurunan indek plastisitas. Dalam aplikasinya *S-base 07* sangat aman dan ramah bagi lingkungan. *S-base 07* berbeda dengan bahan stabilisasi seperti kapur dan semen yang cukup berbahaya bagi peralatan, tumbuhan atau hewan karena sangat berdebu. Diantara bahan kimia yang ada pada *S-base 07* adalah sebagai berikut.

1. *Polymer Active ingredient vinyl acrylic* : 46.0%
2. *Surfactant/Emulsifier* : 2.0%
3. *Other Special Additive* : 1.0%

3.2.2 Kapur

Kapur merupakan salah satu material untuk pembangunan yang telah banyak dipakai oleh manusia. Sejak lama campuran lempung kapur telah banyak dipakai sebagai bahan bangunan. Di Amerika sejak tahun 1920-an stabilisasi tanah dengan kapur telah dipakai untuk membangun jalan tanpa perkerasan, yaitu untuk mencegah terjadinya alur-alur dan disintegrasi permukaan jalan selama musim hujan dan musim salju.

Kalsium oksida (CaO) atau kapur, terbentuk dari batuan karbonat yang telah dimasak hingga suhu yang sangat tinggi. Biasanya, dolomit atau batu kapur digunakan untuk membuat kapur. Tekstur tanah dapat diubah dengan penambahan kapur. Tanah lempung berubah menjadi berkelakuan mendekati lanau atau pasir akibat penggumpalan partikel (Hardiyatmo, 2002).

3.3 Pengujian Karakteristik Fisik Tanah

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

3.3.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan tujuan untuk menentukan nilai kandungan air dalam tanah. Kadar air pada tanah adalah berat air (W_w) dibandingkan dengan berat kering tanah (W_s). Dengan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

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

dengan :

W = kadar air (%),

W_w = berat air (gr), dan

W_s = berat kering (gr).

3.3.2 Berat Volume

Pengujian berat volume yaitu pengujian yang bertujuan untuk menentukan berat volume pada tanah. Berat volume tanah (γ) adalah berat tanah total (W) dibandingkan dengan volume tanah total (V). Dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (3.3)$$

dengan :

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

W = berat tanah total (gr), dan

V = volume tanah (cm^3)

3.3.3 Berat Jenis

Pengujian berat jenis yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan nilai berat jenis suatu tanah dengan menggunakan alat piknometer. Dengan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.4)$$

$$G_s (27,5^{\circ}C) = \frac{G_s (t^{\circ}C) \times \gamma_w (t^{\circ}C)}{\gamma_w (27,5^{\circ}C)} \quad (3.5)$$

dengan :

G_s = berat jenis,

γ_s = berat volume butiran padat (gr/cm^3), dan

γ_w = berat volume air (gr/cm^3).

Klasifikasi tanah berdasarkan nilai berat jenis dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Berat Jenis Tanah (*specific gravity*)

Jenis Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

Sumber : Hardiyatmo (2002)

3.3.4 Pengujian Analisis Granuler

Pengujian untuk analisis granular dipisahkan menjadi dua kategori yaitu pengujian analisis hidrometer dan analisis saringan.

1. Analisa hidrometer

Pengujian analisa hidrometer adalah pengujian yang bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan nomor 200. Pengujian dilakukan dengan analisis sedimen menggunakan hidrometer. Dengan menggunakan Hukum Stokes, dimana butiran dimasukkan kedalam larutan yang telah dicampur reagen, butiran yang besar memiliki kecepatan pengendapannya lebih cepat dibanding dengan butiran yang halus . Pada pengujian ini juga didapatkan nilai koefisien keseragaman (C_u) serta koefisien gradasi (C_c). Kecepatan pengendapan butiran dapat diperoleh dari Persamaan 3.6, Persamaan 3.7, Persamaan 3.8 dan Persamaan 3.9.

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (3.6)$$

$$K = \sqrt{\frac{30\mu}{G_s - 1}} \quad (3.7)$$

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3.8)$$

$$C_C = \frac{D_{60}^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (3.9)$$

dengan:

- D = Diameter butiran (mm),
- L = Kedalaman hidrometer (cm),
- T = Waktu pengendapan (menit),
- K = Konstanta yang dipengaruhi oleh G_s dan μ ,
- μ = Kekentalan air absolut (g.det/cm²),
- G_s = Gravitasi khusus,
- C_U = Koefisien keseragaman,
- C_C = Koefisien gradasi,
- D_{10} = Diameter butir pada persentase 10%,
- D_{30} = Diameter butir pada persentase 30%, dan
- D_{60} = Diameter butir pada persentase 60%.

2. Analisa saringan

Dengan menggunakan saringan no. 200 (0,074 mm), pengujian yang dikenal sebagai "uji analisis saringan" dimaksudkan untuk mengidentifikasi gradasi ukuran butiran agregat kasar dan halus pada tanah benda uji. Tabel 3.4 di bawah ini menunjukkan bagaimana satu unit ayakan disusun menurut ukuran lubangnya.

Tabel 3. 4 Susunan Satu Unit Saringan dan Diameter (Standar Amerika)

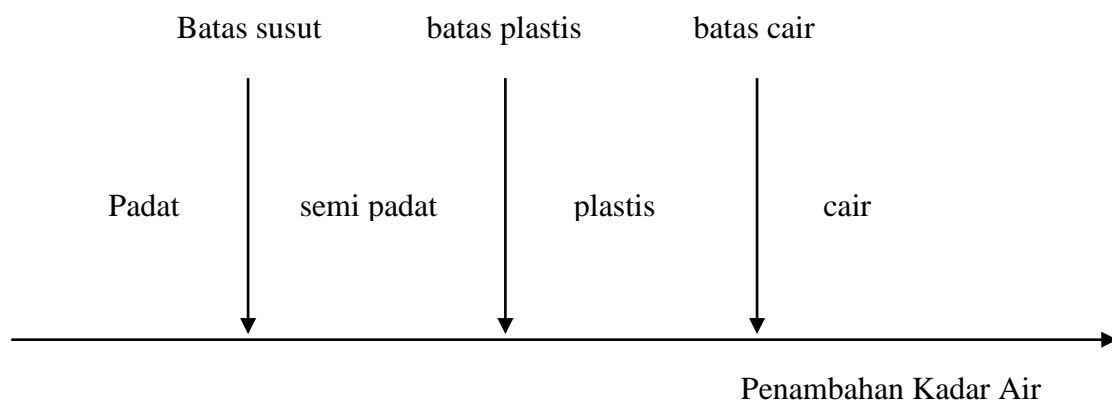
No. Saringan	Bukaan/Diameter Saringan (mm)
3	6,35
4	4,75
10	2
20	0,85
40	0,425
60	0,25
140	0,106
200	0,075
Pan	-

Sumber : Hardiyatmo (2002)

3.3.5 Pengujian Batas-Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Pada tanah berbutir halus terdapat partikel mineral lempung, sehingga tanah berbutir halus bersifat plastis. Istilah "plastisitas" menggambarkan kapasitas tanah untuk beradaptasi terhadap perubahan bentuk sambil mempertahankan volume yang konsisten tanpa pecah dan retak.

Atterberg (1911) dalam hardiyatmo (2002) menyatakan “memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), batas susut (*shrinkage limit*)”. Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Batas-Batas Atterberg

Sumber : Hardiyatmo (2002)

1. Batas cair (*liquid limit*)

Batas cair, pengujian yang dikenal sebagai pengujian batas cair berupaya untuk memastikan batas cair tanah. Keadaan tanah pada transisi cair dan plastis dikenal sebagai batas cair tanah. Batas cair pada pengujian adalah kadar air pada 25 kali pukulan yang diperlukan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm.

2. Batas plastis (*plastic limit*)

Batas plastis, untuk memastikan kadar air tanah dalam kondisi batas plastis, dilakukan pengujian yang dikenal sebagai pengujian batas plastis. "Batas plastis" adalah kadar air terendah dari sampel tanah dalam "kondisi plastis" (transisi kadar air dari "semi-padat ke "kondisi plastis"), di mana tanah masih dalam "kondisi plastis" atau di mana tanah dapat digulung hingga diameter 3,1 mm (1/8 inch).

3. Batas susut (*shrinkage limit*)

Batas susut, untuk menentukan kadar air pada batas susut yaitu dengan menggunakan pengujian batas susut (SL). Batas susut tanah adalah kadar air tanah terendah di mana tanah masih dalam kondisi semi-padat serta ambang batas antara kondisi semi-padat dan padat (ketika tanah diberi lebih banyak air, kadar airnya meningkat dan volumenya mulai berubah). Persamaan 3.10 berikut ini memberikan ekspresi untuk batas penyusutan.

$$SL = w - \left(\frac{V-V_0}{W_0} \right) \times 100\% \quad (3.10)$$

Dengan :

SL = batas susut tanah,

w = kadar air (%),

V = volume tanah basah (cm^3),

V_0 = Volume tanah kering oven (cm^3), dan

W_0 = berat tanah kering (gr).

4. Indeks plastisitas (*plasticity index*)

Indeks plastisitas (PI), yang mengukur jumlah tanah dalam keadaan plastis, dihitung sebagai selisih antara batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Nilai PI yang tinggi mengindikasikan bahwa tanah tersebut kaya akan butiran lempung. Sebaliknya, jika nilai PI rendah, penurunan kadar air yang sedikit saja dapat menyebabkan tanah menjadi kering. Secara umum, hal ini dapat dinyatakan sebagai Persamaan 3.11 di bawah ini.

$$PI = LL - PL \quad (3.11)$$

dengan :

PI = indeks plastisitas,

LL = batas cair, dan

PL = batas plastis.

Jenis dan karakteristik tanah dapat diidentifikasi dengan memeriksa batas-batas konsistensi. Berdasarkan informasi yang dikumpulkan melalui pengujian batas konsistensi, berikut ini disajikan kelompok jenis tanah dan karakteristiknya.

- a. Klasifikasi jenis tanah dengan menggunakan nilai-nilai dari indeks plastisitas. Berikut ini pengelompokan macam tanah berdasarkan nilai indeks plastisitas pada Tabel 3.5

Tabel 3. 5 Susunan Satu Unit Saringan dan Diameter (Standar Amerika)

<i>PI</i>	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Hardiyatmo (2002)

b. Kriteria tanah ekspansif berdasarkan *PI* dan *SI*

Berikut ini kriteria tanah ekspansif berdasarkan *PI* dan *SI* pada Tabel 3.6

Tabel 3. 6 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan Linear Shrinkage

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree of Expansion
<12	<15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 – 30	30 – 40	High
>30	>40	Very High

Sumber : Hardiyatmo (2002)

3.3.6 Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor Standard*)

Hardiyatmo (2002) menyatakan “pemadatan tanah adalah peristiwa bertambahnya berat volume kering tanah oleh beban dinamis. Oleh akibat beban dinamis, butir-butir tanah merapat satu sama lain sebagai akibat berkurangnya rongga udara”.

Menurut Hardiyatmo (2002), “maksud dari pemadatan tanah antara lain:

1. meningkatkan kuat geser tanah,
2. menurunkan sifat mudah mampat (kompresibilitas),
3. menurunkan permeabilitas,
4. menurunkan perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lain-lainnya”.

Proctor (1933) telah melakukan pengamatan bahwa antara kadar air dan berat volume kering tanah padat memiliki hubungan yang pasti. Kepadatan tanah dapat diukur dengan persamaan γ_d . γ_d dengan berat volume tanah basah (γ) dan kadar air (W) dinyatakan dalam Persamaan 3.12 berikut.

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+W} \quad (3.12)$$

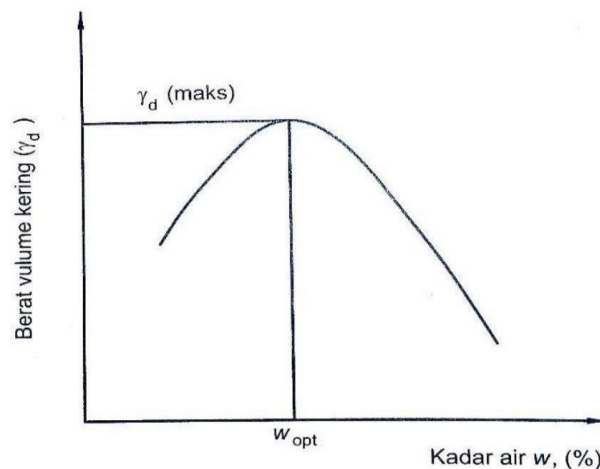
dengan :

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

γ = berat volume tanah basah (gr/cm^3), dan

W = kadar air (%).

Pengujian laboratorium dengan menggunakan uji *proctor standard* dapat dilakukan untuk memastikan tingkat kepadatan tanah. Uji *proctor standard* ini digunakan untuk memastikan bagaimana kadar air dan kepadatan tanah berhubungan satu sama lain. Gambar 3.3 di bawah ini menunjukkan hubungan antara kadar air (W) dengan berat volume tanah kering (γ_d).



Gambar 3. 2 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Kurva yang dihasilkan dari pengujian, yang dapat dilihat pada kurva di atas, menunjukkan nilai kadar air optimum (W_{opt}) untuk mencapai berat volume tanah kering maksimum ($\gamma_d maks$). Karena kekakuannya, tanah dengan kadar air yang rendah sulit untuk dipadatkan. Tanah akan menjadi lebih lunak dengan penambahan air seiring dengan meningkatnya nilai berat volume tanah kering. Berat tanah kering akan berkurang dengan meningkatnya kadar air.

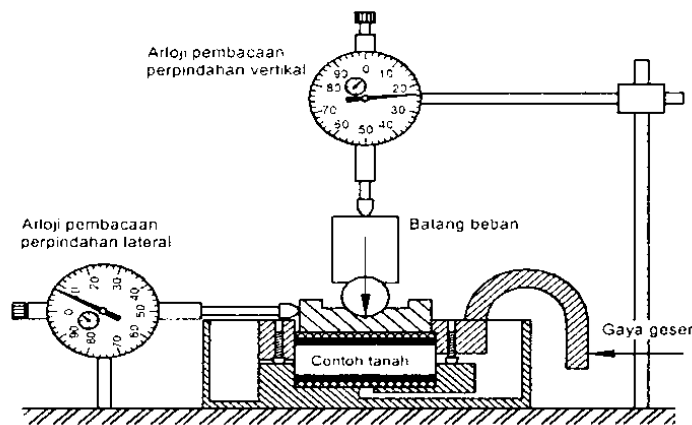
3.4 Pengujian Kuat geser

Kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah untuk melawan tegangan geser yang terjadi dalam tanah. Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen yaitu bagian yang bersifat kohesi yang bergantung kepada jenis tanah maupun kepadatan butirnya dan bagian yang mempunyai sifat gesekan yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja dalam bidang geser.

Nilai parameter kuat geser tanah bisa didapatkan melalui beberapa pengujian di laboratorium seperti pengujian geser langsung (*direct shear test*), pengujian triaksial (*triaxial test*), dan pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*). Pada penelitian yang akan dilakukan, peneliti akan mencari nilai parameter kuat geser tanah dengan melakukan pengujian geser langsung di laboratorium.

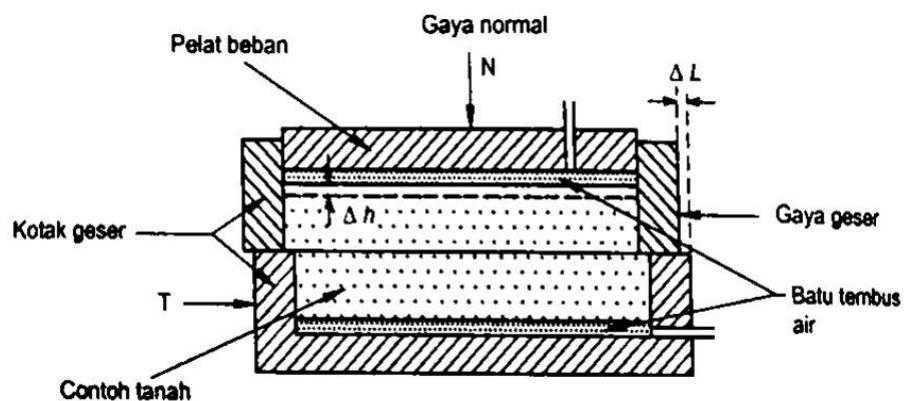
3.4.1 Pengujian Geser Langsung

Pengujian geser langsung dapat digunakan untuk menentukan parameter kuat geser tanah yaitu kohesi dan sudut geser dalam. Pada pengujian geser langsung, sampel tanah ditempatkan dalam kotak geser dimana kotak akan terbelah dengan setengah bagian yang bawah merupakan bagian yang tetap dan bagian atas mudah bertranslasi. Hardiyatmo (2010) menyatakan “tegangan normal pada benda uji diberikan dari atas kotak geser. Gaya geser diterapkan pada setengah bagian atau dari kotak geser, untuk memberikan geseran pada tengah-tengah benda uji”. Sketsa alat uji geser langsung dan skema tanah yang tergeser dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3. 3 Sketsa Alat Uji Geser Langsung

Sumber : Hardiyatmo (2002)



Gambar 3. 4 Skema Tanah Setelah Tergeser Pada Uji Geser Langsung

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Pada pengujian yang dilakukan benda uji diberi beban sebesar 1 kg, 2 kg, dan 3 kg. Pergeseran terus berlanjut hingga gaya geser menjadi stabil atau menurun, atau ketika panjang spesimen mencapai 10% dari diameternya. Dalam mencari tegangan normal dan tegangan geser dapat menggunakan Persamaan 3.13 dan 3.14 dibawah ini.

$$\text{Tegangan normal, } \sigma = \frac{N}{A} \quad (3.13)$$

$$\text{Tegangan geser, } \tau = \frac{T}{1+W} \quad (3.14)$$

dengan :

N = Gaya normal (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

T = Gaya geser maksimum (kg)

Grafik yang menunjukkan hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal dapat dibuat dari perhitungan tegangan normal dan tegangan geser. Pada umumnya, sampel tanah dengan tegangan normal yang bervariasi dilakukan beberapa uji geser langsung.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini sifatnya yaitu eksperimental. Hal ini dimaksudkan agar dapat diketahui bagaimana pengaruh campuran tanah berbutir halus dengan bahan tambah (*additive*) yaitu kapur 4% dan *S-base 07* terhadap kuat geser melalui percobaan geser langsung.

4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini yaitu tanah , Kapur dan *S-base 07*.

1. Tanah Berbutir Halus

Sampel tanah berbutir halus berasal dari Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, D.I.Yogyakarta. Pengambilan tanah dilakukan pada kondisi terganggu (*disturbed*).



Gambar 4. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

2. *S-base 07*

Pada penelitian ini, digunakan cairan *S-base 07* yang diperoleh dari PT. Deocon Indonesia. Metode penelitiannya yaitu dengan mencampurkan tanah asli dalam keadaan kadar air optimum dengan larutan *S-base 07*.

3. Kapur

Penelitian ini menggunakan kapur yang tersedia di Daerah Istimewa Yogyakarta.

4.3 Benda Uji Penelitian

Benda uji pada penelitian yang akan dilakukan terdapat beberapa variasi campuran sebagai berikut.

1. Tanah asli (disturbed)
2. Tanah Asli + Kapur 4%
3. Tanah Asli + *S-base 07* 1,5%
4. Tanah Asli + *S-base 07* 3%
5. Tanah Asli + *S-base 07* 5%
6. Tanah Asli + Kapur 4% + *S-base 07* 1,5%
7. Tanah Asli + Kapur 4% + *S-base 07* 3%
8. Tanah Asli + Kapur 4% + *S-base 07* 5%

Pada penelitian yang akan dilakukan terdapat pengujian karakteristik fisik tanah dan pengujian geser langsung

Tabel 4. 1 Jenis Pengujian dan Jumlah Sampel

No	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Satuan
1	Pengujian Karakteristik Fisik Tanah		
	a. Pengujian kadar air	2	Buah
	b. Pengujian berat volume	2	Buah
	c. Pengujian berat jenis	2	Buah
	d. Pengujian analisa hidrometer	2	Buah
	e. Pengujian analisa saringan	2	Buah
	f. Pengujian batas cair	2	Buah
	g. Pengujian batas plastis	2	Buah
	h. Pengujian batas susut	2	Buah
	i. Indeks Plastisitas	2	Buah
2	Pengujian Proktor Standar	2	Buah
3	Pengujian Geser Langsung		
	a. Tanah asli	2	Buah

	b. Pemeraman 1 hari		
	1) Tanah + Kapur 4%	2	Buah
	2) Tanah + <i>S-base 07</i> 1,5%	2	Buah
	3) Tanah + <i>S-base 07</i> 3%	2	Buah
	4) Tanah + <i>S-base 07</i> 5%	2	Buah
	5) Tanah + Kapur 4% + <i>S-base 07</i> 1,5%	2	Buah
	6) Tanah + Kapur 4% + <i>S-base 07</i> 3%	2	Buah
	7) Tanah + Kapur 4% + <i>S-base 07</i> 5%	2	Buah
	c. Pemeraman 5 hari		
	1) Tanah + Kapur 4%	2	Buah
	2) Tanah + <i>S-base 07</i> 1,5%	2	Buah
	3) Tanah + <i>S-base 07</i> 3%	2	Buah
	4) Tanah + <i>S-base 07</i> 5%	2	Buah
	5) Tanah + Kapur 4% + <i>S-base 07</i> 1,5%	2	Buah
	6) Tanah + Kapur 4% + <i>S-base 07</i> 3%	2	Buah
	7) Tanah + Kapur 4% + <i>S-base 07</i> 5%	2	Buah

4.3.1 Metode Pembuatan Benda Uji

Metode pembuatan benda uji untuk pengujian geser langsung.

1. Penambahan bahan stabilisasi *S-base 07* dan Kapur pada tanah asli dilakukan dengan persamaan berikut.
 - a. Kapur 4% = $4\% \times W_s$
 - b. *S-base 07* 1,5% = $1,5\% \times W_s$
 - c. *S-base 07* 3% = $3\% \times W_s$
 - d. *S-base 07* 5% = $5\% \times W_s$
 - e. *S-base 07* 1,5% + Kapur 4% = $(1,5\% \times W_s) + (4\% \times W_s)$
 - f. *S-base 07* 3% + Kapur 4% = $(3\% \times W_s) + (4\% \times W_s)$
 - g. *S-base 07* 5% + Kapur 4% = $(5\% \times W_s) + (4\% \times W_s)$

2. Proses Pemeraman

Pada *S-base 07* terdapat polymer yg secara kimia nya akan curing/ kering dengan terjadinya reaksi crosslink, yaitu semakin kering airnya maka

konsentrasi bahan crosslikernya naik dan akan bereaksi, maka pemeraman yang terbaik yaitu yang dapat mempercepat proses penurunan kadar air. Pada pekerjaan di lapangan pemeraman dilakukan dengan panas terik matahari, adapun pada penelitian ini pemeraman dibawah terik matahari cukup sulit untuk mendapat pemeraman yang seragam antara benda uji satu dengan yang lainnya. Pemeraman yang dilakukan pada penelitian ini dengan campuran *S-Base 07* + Kapur 4% adalah diangin-anginkan di dalam ruangan.

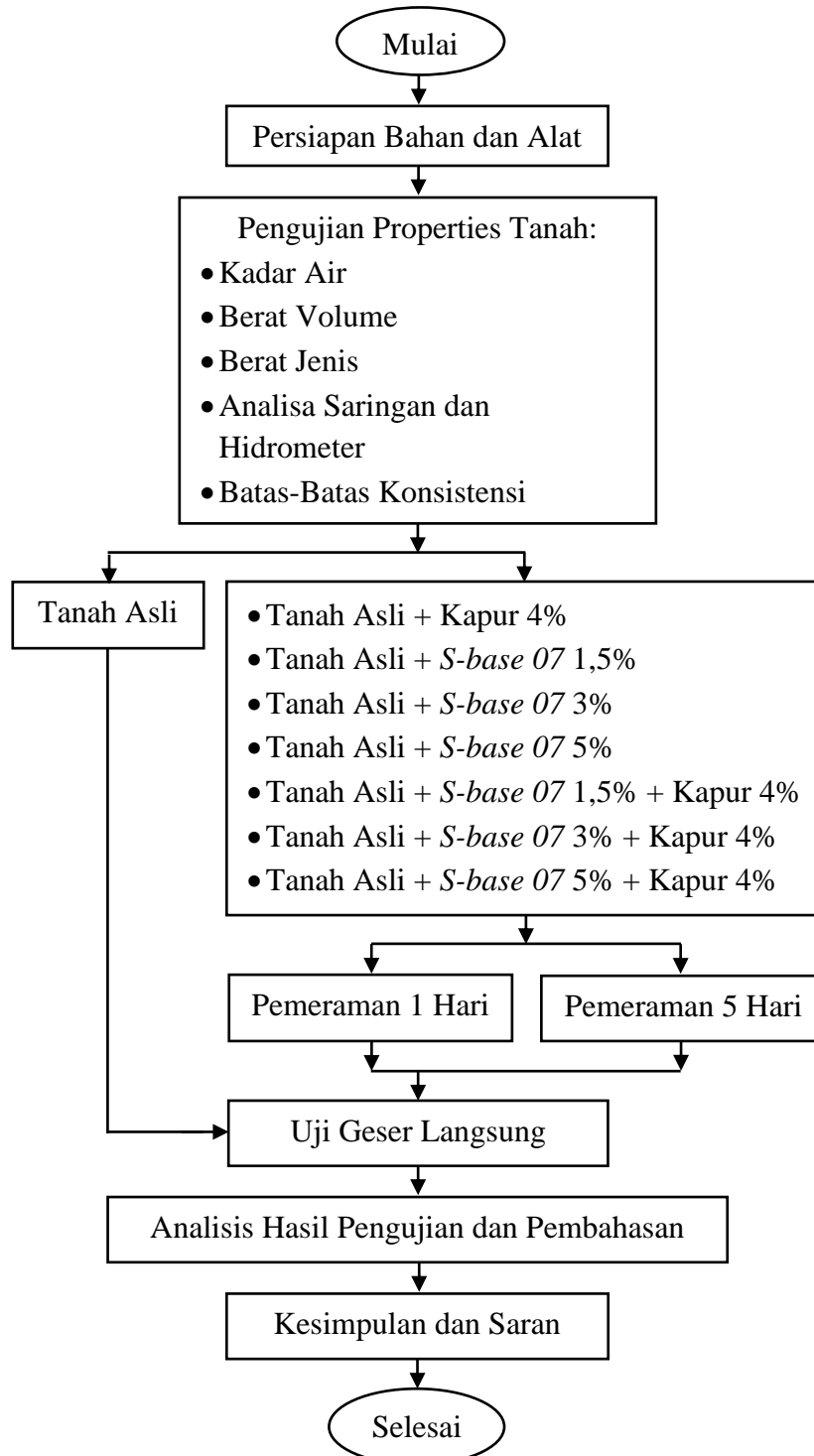
4.3.2 Penelitian Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian geser langsung pada tanah, terlebih dahulu dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah. Pengujian-pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengujian kadar air tanah
2. Pengujian berat volume tanah
3. Pengujian berat jenis tanah (ASTM D 854-72)
4. Pengujian analisa saringan dan hidrometer (ASTM D 421-72)
5. Pengujian batas cair (ASTM D 423-66)
6. Pengujian batas plastis (ASTM D 424-74)
7. Pengujian batas susut (ASTM D 427-74)
8. Pengujian pemadatan tanah (proctor standart - ASTM D 698-70)
9. Pengujian geser langsung tanah terkonsolidasi tanpa terdrainase

4.4 Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir Penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 Berikut.



Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian adalah hasil yang diperoleh berupa data dari pengujian yang telah dilakukan di laboratorium. Terdapat 2 (dua) jenis pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu karakteristik fisik tanah dan mekanik yaitu pengujian geser langsung.

5.1.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian Kadar air pada tanah dilakukan untuk mendapatkan nilai perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat kering tanah (W_s). Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Kadar Air

Keterangan	Satuan	Sampel	
		1	2
Berat Cawan	gram	5,79	5,94
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	78,49	69,27
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	67,17	56,48
Berat Air (W_w)	gram	11,32	12,79
Berat Tanah Kering (W_s)	gram	61,38	50,54
Kadar Air	%	18,44	25,31
Kadar Air Rata-Rata	%	21,87	

Dari pengujian kadar air yang telah dilakukan pada sampel tanah Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, D.I.Yogyakarta, maka didapatkan nilai kadar air rata-rata sebesar 21.87%.

5.1.2 Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume (γ) dilakukan untuk mendapatkan nilai perbandingan antara berat tanah (W) dengan volume tanah (V). Hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Berat Volume

Keterangan	Simbol	Satuan	Sampel	
			1	2
Diameter Ring	D	cm	5,12	5,94
Tinggi Ring	T	cm	1,96	69,27
Volume Ring	V	cm ³	40,35	56,48
Berat Ring	W ₁	gram	39,64	12,79
Berat Ring + Tanah Basah	W ₂	gram	109,85	50,54
Berat Tanah Basah	W ₃	gram	70,21	25,31
Berat Volume Tanah	γ	gram/cm ³	1,740	25,31
Berat Volume Tanah Rata-rata	γ rata-rata	gram/cm ³	1,699	

Dari pengujian berat volume yang telah dilakukan pada sampel tanah Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, D.I.Yogyakarta, maka didapatkan nilai berat volume rata-rata sebesar 1,669 gram/cm³.

5.1.3 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis (Gs) dilakukan untuk mendapatkan nilai perbandingan antara berat butiran tanah (γ_s) dengan berat air (γ_w) pada suhu 27,5°C dengan volume yang sama. Hasil pengujian berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis

Keterangan	Simbol	Satuan	Sampel	
			1	2
Berat Pikhnometer	W_1	gram	37,67	36,92
Berat Pikhnometer + Tanah Kering	W_2	gram	67,27	67
Berat Pikhnometer + Tanah + Air Penuh	W_3	gram	156,54	155,53
Berat Pikhnometer + Air Penuh	W_4	gram	137,78	136,81
Suhu Air	t	°C	27	27
γ_w (t°C)		gram/cm ³	0,9965	0,9965
γ_w (27,5°C)		gram/cm ³	0,9964	0,9964
Berat Tanah Kering	$W_s = W_2 + W_1$	gram	29,6	30,08
A	$W_s + W_4$	gram	167,38	166,89
I	$A + W_3$	gram	10,84	11,36
Berat Jenis Tanah pada Suhu (t°C)	$G_s = W_s/I$	gram/cm ³	2,73	2,65
Berat Jenis Tanah pada Suhu (27,5°C)	G_s	gram/cm ³	2,72	2,64
Berat Jenis Rata-rata (27,5°C)	G_s rata-rata	gram/cm ³	2,68	

Dari pengujian berat jenis yang telah dilakukan pada sampel tanah Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, D.I.Yogyakarta, maka didapatkan nilai berat jenis rata-rata sebesar 2,68 gram/cm³.

5.1.4 Pengujian Analisis Granuler

Pengujian analisis granuler terbagi menjadi dua yaitu pengujian analisa saringan dan pengujian analisa hidrometer. Pengujian analisa saringan dilakukan untuk mengidentifikasi gradasi ukuran butiran agregat kasar dan halus pada tanah benda uji yang tertahan pada saringan no. 200 (0,074 mm). Pengujian analisa hidrometer dilakukan untuk memastikan distribusi ukuran butiran tanah yang tidak terkandung dalam butiran tanah yang tertahan oleh ayakan no. 200.

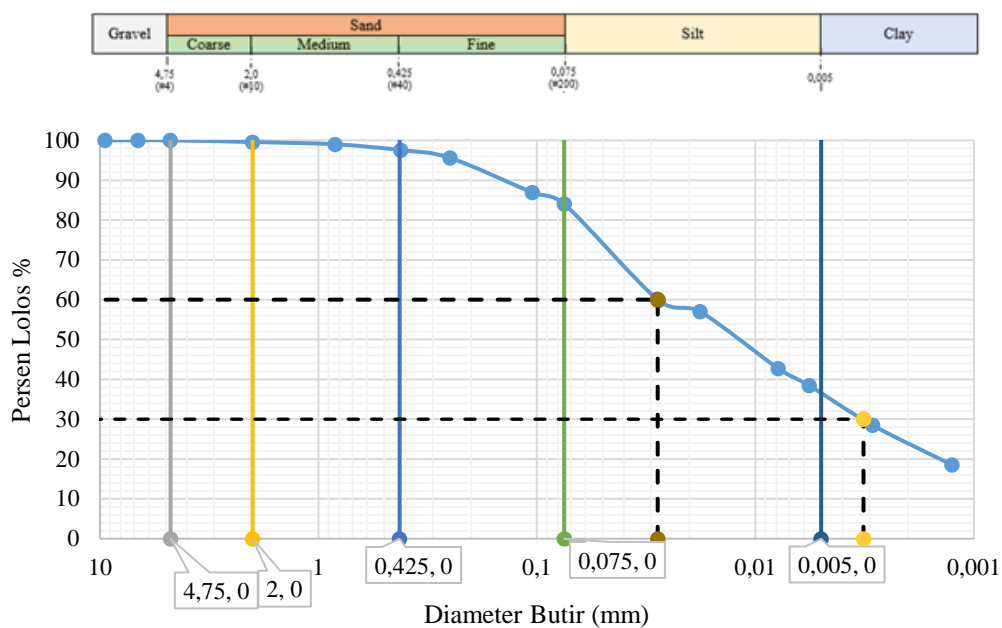
Hasil pengujian analisa granuler dapat dilihat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, Tabel 5.6, Tabel 5.7, serta Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 berikut ini.

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel 1

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	% Tertahan	% lolos
4	4,75	0	1000	0	100
10	2	4,34	995.66	0,434	99,566
20	0,85	5,61	990.05	0,561	99,005
40	0,42	14,66	975.39	1,466	97,539
60	0,25	19,47	955.92	1,947	95,592
140	0,106	86,84	869.08	8,684	86,908
200	0,075	29,15	839.93	2,915	83,993
Pan		839,93	0	83,993	0
Total		1000		100	
Berat tanah mula-mula				1000	
Persentase lolos saringan 200				83,933%	

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 1

Time (t)	Suhu (T)	Ra	Rc	% Lolos	R	L (cm)	L/t	k	Diameter (mm)
0	26	52	54	76.95	55	7.8	0.000	0.01261	0.00000
2	26	40	42	59.85	43	9.7	4.850	0.01261	0.02776
5	26	38	40	57.00	41	10.1	2.020	0.01261	0.01792
30	26	28	30	42.75	31	11.7	0.390	0.01261	0.00787
60	26	25	27	38.48	28	12.2	0.203	0.01261	0.00568
250	26	18	20	28.50	21	13.3	0.053	0.01261	0.00291
1440	26	11	13	18.53	14	14.5	0.010	0.01261	0.00126



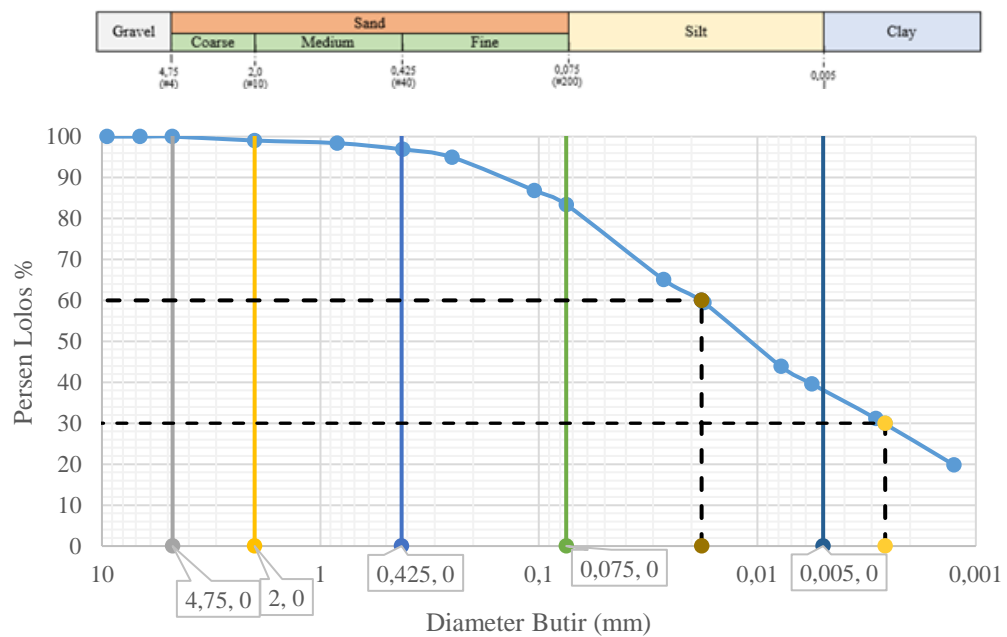
Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer Sampel 1

Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel 2

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	% Tertahan	% lolos
4	4,75	0	1000	0	100
10	2	9,62	990,38	0,962	99,038
20	0,85	6,35	984,03	0,635	98,403
40	0,42	15,37	968,66	1,537	96,866
60	0,25	19,28	949,38	1,928	94,938
140	0,106	80,91	868,47	8,091	86,847
200	0,075	34,61	833,86	3,461	83,386
Pan		833,86	0	83,386	0
Total		1000		100	
Berat tanah mula-mula				1000	
Persentase lolos saringan 200				83,386%	

Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 2

Time (t)	Suhu (T)	Ra	Rc	% Lolos	R	L (cm)	L/t	k	Diameter (mm)
0	26	53	55	77,81	56	7,6	0	0,01261	0,00000
2	26	44	46	65,08	47	9,1	4,550	0,01261	0,02689
5	26	40	42	59,42	43	9,7	1,940	0,01261	0,01756
30	26	29	31	43,86	32	11,5	0,383	0,01261	0,00780
60	26	26	28	39,61	29	12	0,200	0,01261	0,00564
250	26	20	22	31,13	23	13	0,052	0,01261	0,00287
1440	26	12	14	19,81	15	14,3	0,010	0,01261	0,00126



Gambar 5. 2 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer Sampel 2

Rekapitulasi persen lolos dari sampel 1 dan sampel 2 serta pembacaan fraksi butiran tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Hasil Persen Lolos Uji Analisa Saringan

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
4	4,75	100	100	100
10	2	99,566	99,038	99,302
20	0,85	99,005	98,403	98,704
40	0,42	97,539	96,866	97,203
60	0,25	95,592	94,938	95,265
140	0,106	86,908	86,847	86,878
200	0,075	83,993	83,386	83,690

Tabel 5. 9 Fraksi Butiran Tanah Asli

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Lolos #200	83,993%	83,386%	83,690%
Gravel	0,000%	0,000%	0,000%
Sand	16,007%	16,614%	16,311%
Silt	47,293%	45,286%	46,290%
Clay	36,700%	38,100%	37,400%
D10 (mm)	0	0	0
D30 (mm)	0,0032	0,0026	0,0029
D60 (mm)	0,0280	0,0180	0,0230
Cu = D60/D30	-	-	-
Cc = $D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	-	-	-

Berdasarkan tabel hasil pengujian analisa saringan dan analisa hidrometer di atas, maka disimpulkan dengan persentase pasir sebesar 16,311%, lanau 46,290%, dan lempung 37,400%, sampel tanah dari Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dapat diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus.

5.1.5 Pengujian Batas-Batas Konsistensi

1. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

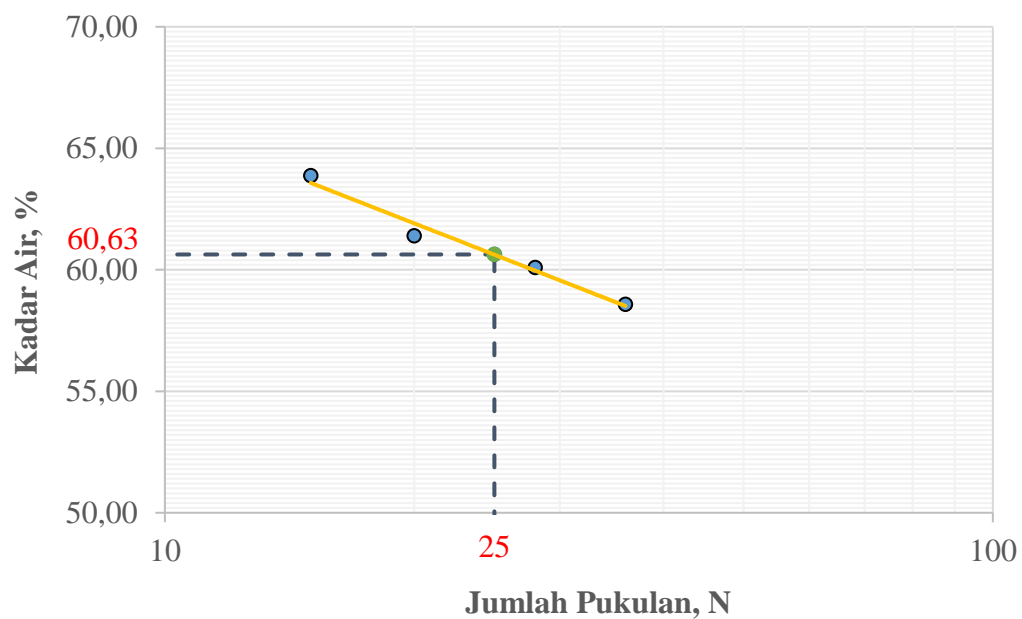
Pengujian batas cair adalah pengujian yang bertujuan untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar tanah pada kondisi tanah dalam keadaan batas antara cair dan plastis. Hasil pengujian batas cair dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 berikut.

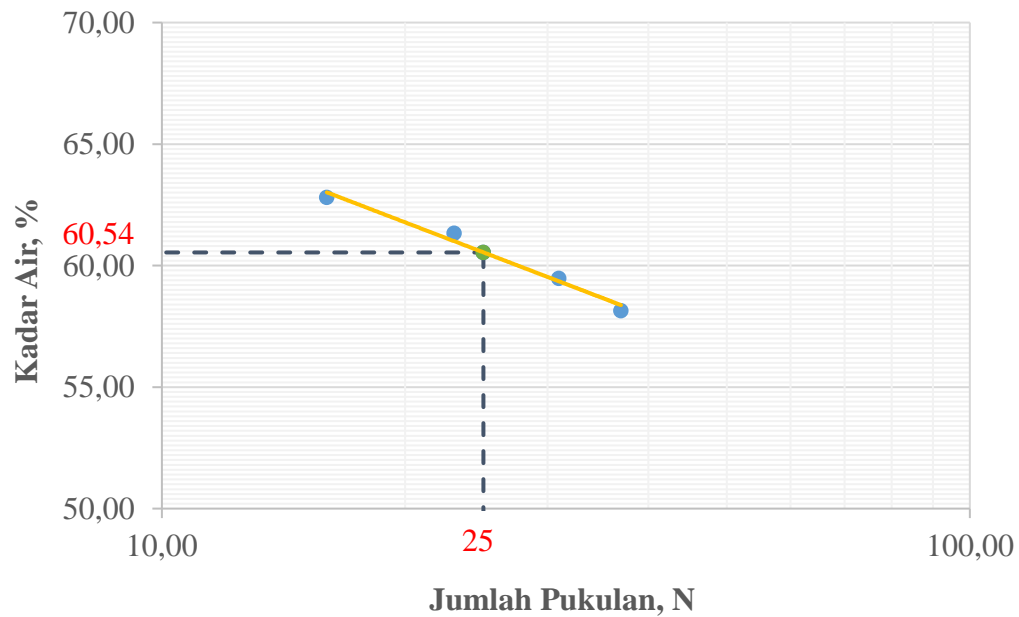
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Sampel 1

Uraian	Satuan	I		II		III		IV	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gr	7,13	5,62	5,76	7,47	5,44	5,74	5,57	5,91
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	44,50	49,77	51,70	51,64	45,82	48,63	43,86	44,54
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	30,15	32,66	34,00	35,08	30,70	32,70	29,85	30,27
Berat Air	gr	14,35	17,11	17,70	16,56	15,12	15,93	14,01	14,27
Berat Tanah Kering	gr	23,02	27,04	28,24	27,61	25,26	26,96	24,28	24,36
Kadar Air	%	62,34	63,28	62,68	59,98	59,86	59,09	57,70	58,58
Kadar Air Rata-rata	%	62,81		61,33		59,47		58,14	
Jumlah Pukulan, N		16		23		31		37	

Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Sampel 2

Uraian	Satuan	I		II		III		IV	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gr	6,88	6,63	5,54	5,70	5,68	5,65	6,70	7,25
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	38,21	42,18	41,64	48,87	46,93	43,39	43,49	44,26
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	26,00	28,32	27,93	32,50	31,46	29,21	30,08	30,41
Berat Air	gr	12,21	13,86	13,82	16,37	15,47	14,18	13,41	13,85
Berat Tanah Kering	gr	19,12	21,69	22,39	26,80	25,78	23,56	23,38	23,16
Kadar Air	%	63,86	63,90	61,72	61,08	60,01	60,19	57,36	59,80
Kadar Air Rata-rata	%	63,88		61,40		60,10		58,58	
Jumlah Pukulan, N		15		20		28		36	

**Gambar 5. 3 Grafik Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 1**



Gambar 5. 4 Grafik Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 2

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Batas Cair

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Batas Cair Sampel (LL) (%)	60,63%	60,54%	60,58%

Berdasarkan tabel dan grafik hasil pengujian diatas, didapat nilai batas cair (LL) pada sampel 1 dan 2 berturut-turut sebesar 60,63% dan 60,54%. Dari kedua sampel tanah yang telah diuji batas cair, maka didapat nilai batas cair rata-rata sebesar 60,58%.

2. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pengujian batas plastis dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kandungan air tanah pada kondisi batas plastis. Hasil pengujian batas plastis dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah

Uraian	Satuan	Sampel		Sampel	
		1	2	1	2
Berat Cawan	gram	5,74	5,70	5,80	5,92
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	14,81	13,77	14,85	15,14
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	12,65	11,75	12,72	12,95
Berat Air (W_w)	gram	2,16	2,02	2,13	2,19
Berat Tanah Kering (W_s)	gram	6,91	6,05	6,92	7,03
Kadar Air	%	32,32		30,97	
Kadar Air Rata-Rata	%	31,65			

Berdasarkan tabel hasil pengujian di atas, didapat nilai batas plastis untuk sampel 1 dan 2 berturut-turut sebesar 32,32% dan 30,97%. Dari kedua nilai sampel tanah tersebut maka didapat rata-rata untuk nilai batas plastis sebesar 31,65%.

3. Pengujian Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Pengujian batas susut (*shrinkage limit/SL*) dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kandungan air saat kondisi batas susut. Hasil pengujian batas susut dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5. 14 Hasil Pengujian Kadar Air Batas Susut Tanah

Uraian	Satuan	Sampel		Sampel	
		1	2	1	2
Berat Cawan Susut	gram	42,06	37,84	44,12	30,95
Berat Cawan Susut + Tanah Basah	gram	72,46	67,13	73,53	63,12
Berat Cawan Susut + Tanah Kering	gram	63,58	58,61	64,96	53,68
Berat Tanah Kering	gram	21,52	20,77	20,84	22,73
Kadar Air	gram	41,26	41,02	41,12	41,53
Diameter Ring	cm	4,14	4,15	4,10	4,11
Tinggi Ring	cm	1,35	1,35	1,35	1,36
Volume Ring	cm ³	18,17	18,26	17,82	18,04
Berat Air Raksa Yang Terdesak Tanah Kering + Gelas Ukur	gram	265,67	260,81	260,06	259,60
Berat Gelas Ukur	gram	60,47	60,47	60,47	60,47
Berat Air Raksa	gram	205,20	200,34	199,59	199,13
Berat Tanah Kering	gram	21,52	20,77	20,84	22,73
Volume Tanah Kering	gr/cm ³	15,09	14,73	14,68	14,64
Batas Susut Tanah	%	41,12	40,85	40,97	41,38
Batas Susut Rata-Rata Per Sampel	%	40,99		41,18	
Berat Susut Rata-Rata	%	41,08			

Berdasarkan tabel hasil pengujian diatas, didapat nilai batas susut pada sampel 1 sebesar 40,99% dan sampel 2 sebesar 41,18%. Dari kedua sampel tanah yang telah diuji batas susut, maka didapat nilai batas susut rata-rata sebesar 41,08%. Setelah mendapatkan nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL), maka didapat juga nilai indeks plastisitas (PI) dengan menggunakan rumus $PI = LL - PL$, yaitu sebesar 28,93%.

5.1.6 Pengujian Pemadatan Tanah (*Standard Proctor*)

Pengujian pemadatan tanah dilakukan untuk menentukan berat volume kering maksimum dan juga kadar air optimum dari tanah dengan dilakukan pemadatan tanah. Hasil pengujian proktor standar dapat dilihat pada Tabel 5.15, Tabel 5.16, Tabel 5.17 dan Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5. 15 Penambahan Air dan Berat Volume Sampel 1

Uraian	Ket.	Sampel				
		1	2	3	4	5
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Volume Mold	cm ³	939,05	939,05	939,05	939,05	939,05
Berat Mold	gr	1837	1837	1837	1837	1837
Berat Cetakan + Tanah Basah	gr	3254	3365	3441	3520	3464
Berat Tanah Basah	gr	1417	1528	1604	1683	1627
Berat Volume Tanah Basah	gr/cm ³	1,509	1,627	1,708	1,792	1,733

Tabel 5. 16 Kadar Air Tanah Sampel 1

Uraian	Ket	I		II		III		IV		V	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gr	5,83	5,74	5,83	5,83	5,74	5,83	5,44	5,46	5,63	5,69
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	36,83	37,01	38,23	36,83	37,01	38,23	42,34	44,79	41,76	42,77
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	32,45	32,56	32,45	32,45	32,56	32,45	33,18	35,09	31,55	32,27
Berat Air	gr	4,32	4,51	5,78	4,32	4,51	5,78	9,16	9,70	10,16	10,55
Berat Tanah Kering	gr	26,68	26,76	26,62	26,68	26,76	26,62	27,74	29,63	25,97	26,53
Kadar Air	%	16,19	16,85	21,71	16,19	16,85	21,71	33,02	32,74	39,12	39,77
Kadar Air Rata-rata	%	16,52		21,59		27,51		32,88		39,44	
Berat Volume Tanah Kering	Gr /cm ³	1,295		1,338		1,340		1,349		1,243	

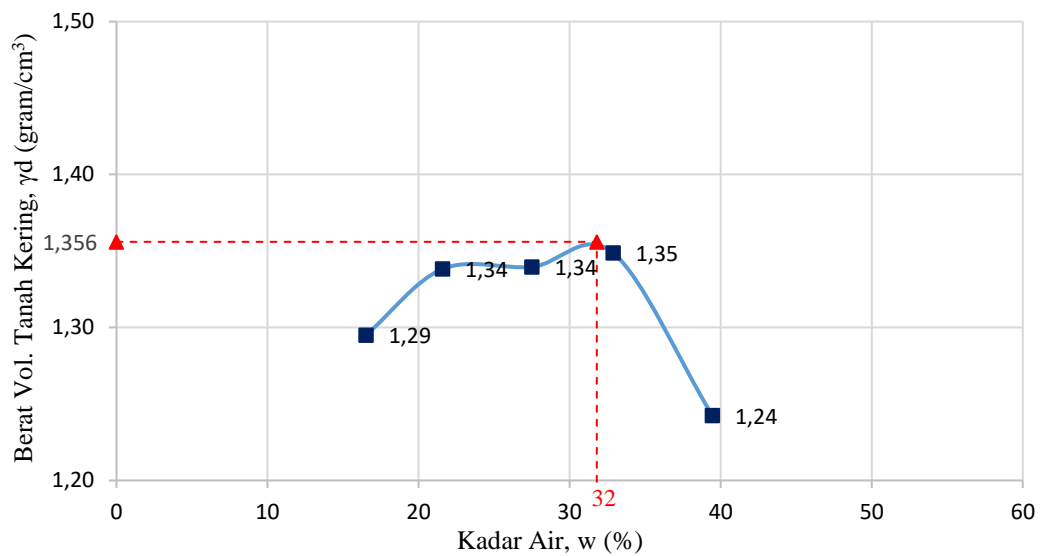
Tabel 5. 17 Penambahan Air dan Berat Volume Sampel 2

Uraian	Ket.	Sampel				
		1	2	3	4	5
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Volume Mold	cm ³	939,05	939,05	939,05	939,05	939,05
Berat Mold	gr	1837	1837	1837	1837	1837
Berat Cetakan + Tanah Basah	gr	3252	3364	3436	3522	3465
Berat Tanah Basah	gr	1415	1527	1599	1685	1628
Berat Volume Tanah Basah	gr/cm ³	1,507	1,626	1,703	1,794	1,734

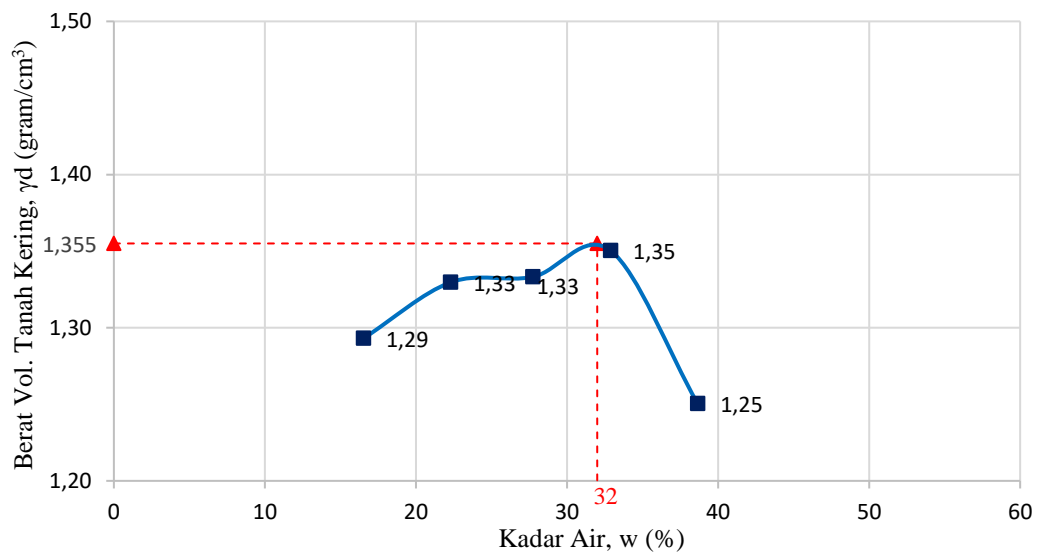
Tabel 5. 18 Kadar Air Tanah Sampel 2

Uraian	Ket	I		II		III		IV		V	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan	gr	5,83	5,74	5,71	5,70	7,16	6,91	6,49	6,64	6,89	6,70
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	36,83	37,01	36,56	36,88	38,15	37,83	45,77	43,27	50,56	56,58
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	32,51	32,50	30,93	31,20	31,44	31,10	36,09	34,17	38,42	42,64
Berat Air	gr	4,32	4,51	5,63	5,68	6,71	6,73	9,68	9,10	12,14	13,94
Berat Tanah Kering	gr	26,68	26,76	25,22	25,50	24,28	24,19	29,60	27,53	31,53	35,94
Kadar Air	%	16,19	16,85	22,32	22,27	27,64	27,82	32,70	33,05	38,50	38,79
Kadar Air Rata-rata	%	16.52		22.30		27.73		32.88		38.64	
Berat Volume Tanah Kering	Gr /cm ³	1.293		1.330		1.333		1.350		1.250	

Gambar 5.5 dan 5.6 di bawah ini memberikan grafik yang mengilustrasikan hubungan antara berat volume tanah kering maksimum dan kadar air ideal berdasarkan hasil uji proctor standar.



Gambar 5. 5 Grafik Hasil Uji Proktor Standar Sampel 1



Gambar 5. 6 Grafik Hasil Uji Proktor Standar Sampel 2

Dari grafik pengujian proktor standar sampel 1 dan 2, maka didapat nilai kepadatan tanah kering maksimum dan kadar air optimum. Rekapitulasi hasil pengujian bisa dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian Proktor Standar

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kepadatan Kering Maks	gr/cm ³	1,356	1,355	1,356
Kadar Air Optimum	%	31,8	32,0	31,9

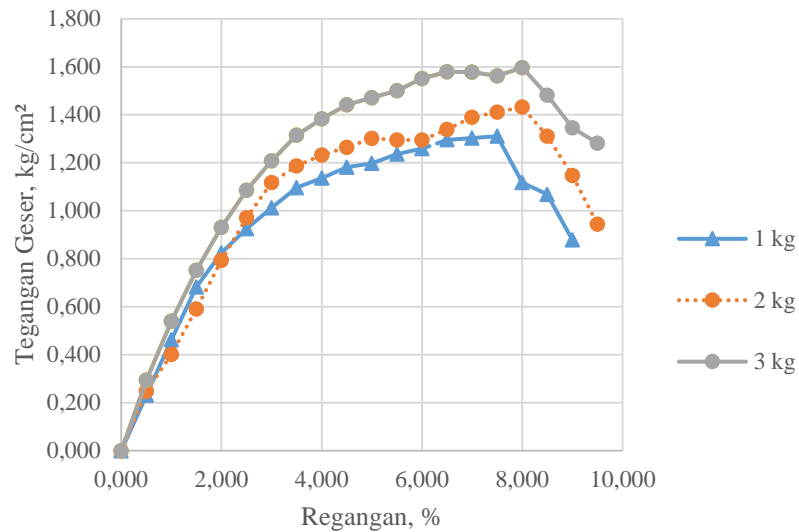
Dari tabel diatas, diperoleh nilai kepadatan maksimum pada sampel 1 dan 2 berturut-turut sebesar 1,356 gr/cm³ dan 1,355 gr/cm³ serta nilai kadar air optimum pada sampel 1 dan 2 berturut-turut sebesar 31,8% dan 32,0%. Maka dari kedua sampel yang telah diuji didapat nilai kepadatan maksimum dan nilai kadar air optimum rata-rata berturut-turut sebesar 1,356 gr/cm³ dan 31,9%.

5.1.7 Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*)

Pengujian geser langsung dilakukan dengan tujuan untuk menentukan kohesi dan sudut geser dalam pada tanah dimana keduanya merupakan parameter kuat geser tanah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tanah asli dan tanah yang dicampur dengan bahan tambah *S-base 07* dengan persentase 1,5%, 3%, 5% dan kapur dengan persentase 4%. Sampel pengujian diperam dengan variasi waktu pemeraman 1 hari dan 5 hari. Pengujian ini dilakukan dengan tanah dalam kondisi kadar air optimum dan kepadatan maksimum berdasarkan hasil dari pengujian kepadatan tanah. Pengujian dilakukan dengan masing-masing variasi yaitu 2 sampel, dan setiap sampel terdiri dari 3 benda uji yang diberi beban masing-masing 1 kg, 2 kg, dan 3 kg.

1. Pengujian Geser Langsung pada Tanah Asli

Dari hasil pengujian geser langsung yang telah dilakukan pada tanah asli dalam kondisi kadar air optimum dan kepadatan maksimum berdasarkan hasil dari pengujian kepadatan tanah, maka didapatkan grafik hubungan antara tegangan geser dan regangan geser yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



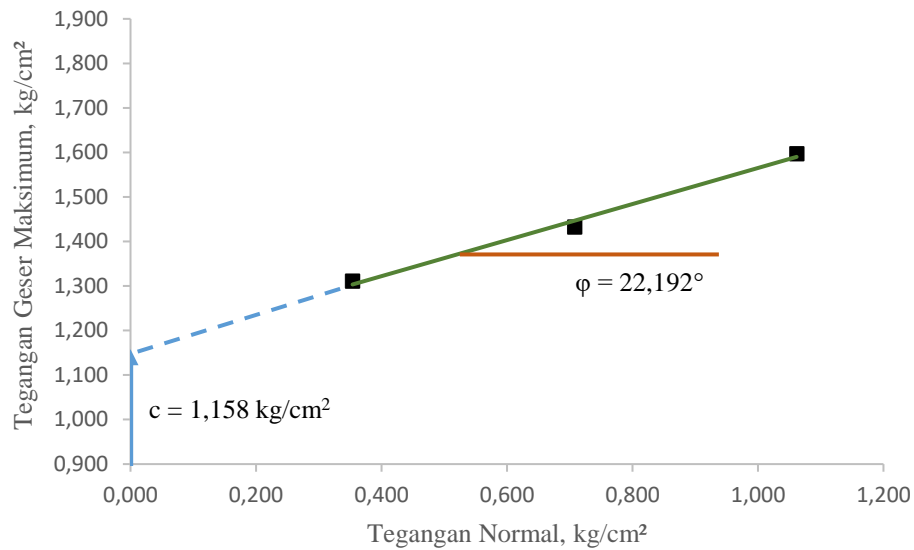
Gambar 5. 7 Grafik Hubungan Antara Tegangan Geser dan Regangan Geser

Grafik di atas yang menunjukkan hubungan antara tegangan geser dan regangan geser tanah asli memberikan nilai tegangan normal dan tegangan geser maksimum untuk setiap pembebanan. Nilai tegangan normal dan tegangan geser maksimum sampel tanah asli 1 dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5. 20 Tegangan Normal dan Tegangan Geser Maksimum Tanah Asli Sampel 1

Uraian	Simbol	Satuan	Benda Uji		
			I	II	III
Beban		Kg	1	2	3
Tegangan Normal	σ	kg/cm ²	0,354	0,708	1,062
Tegangan Geser Maksimum	τ	kg/cm ²	1,311	1,432	1,597

Dari hasil tabel di atas, maka didapatkan grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser maksimum tanah asli yang kemudian digunakan untuk menentukan besaran nilai kohesi (c) dan juga sudut geser dalam (ϕ). Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser tanah asli sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5. 8 Grafik Hubungan Antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser Tanah Asli Sampel 1

Kohesi dan sudut geser dalam tanah asli masing-masing adalah 1.158 kg/cm² dan 22.192°, menurut grafik sebelumnya yang mengilustrasikan hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser maksimum. Hasil pengujian geser langsung pada tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5. 21 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c), kg/cm ²	Sudut Geser Dalam (φ), °
Tanah Asli Sampel 1	1,158	22,192
Tanah Asli Sampel 2	1,178	24,646
Rata-rata	1,168	23,419

2. Pengujian Geser Langsung dengan Bahan Tambah Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 1 Hari

Dari hasil pengujian geser langsung pada tanah dengan bahan tambah kapur 4% dan waktu pemeraman 1 hari maka diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam pada tanah. Hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5. 22 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 1 Hari

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c), kg/cm ²	Sudut Geser Dalam (ϕ), °
Tanah Asli + Kapur 4%	2,316	21,051

3. Pengujian Geser Langsung dengan Bahan Tambah *S-base 07* dan Waktu Pemeraman 1 Hari

Dari hasil pengujian geser langsung pada tanah dengan bahan tambah *S-base 07* dan waktu pemeraman 1 hari maka diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam pada tanah. Hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5. 23 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah *S-base 07* dan Waktu Pemeraman 1 Hari

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c), kg/cm ²	Sudut Geser Dalam (ϕ), °
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5%	15,913	15,813
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3%	20,168	19,040
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5%	23,835	17,461

4. Pengujian Geser Langsung dengan Bahan Tambah *S-base 07* + Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 1 Hari

Dari hasil pengujian geser langsung pada tanah dengan bahan tambah *S-base 07* + Kapur 4% dan waktu pemeraman 1 hari maka diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam pada tanah. Hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5. 24 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah S-base 07 + Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 1 Hari

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c), kg/cm ²	Sudut Geser Dalam (ϕ), °
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5% + Kapur 4%	2,627	22,252
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3% + Kapur 4%	2,074	21,051
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5% + Kapur 4%	2,365	21,292

5. Pengujian Geser Langsung dengan Bahan Tambah Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 5 Hari

Dari hasil pengujian geser langsung pada tanah dengan bahan tambah kapur 4% dan waktu pemeraman 5 hari maka diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam pada tanah. Hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5. 25 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 5 Hari

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c), kg/cm ²	Sudut Geser Dalam (ϕ), °
Tanah Asli + Kapur 4%	2,504	21,387

6. Pengujian Geser Langsung dengan Bahan Tambah *S-base 07* dan Waktu Pemeraman 5 Hari

Dari hasil pengujian geser langsung pada tanah dengan bahan tambah *S-base 07* dan waktu pemeraman 5 hari maka didapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam pada tanah. Hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5. 26 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah S-base 07 dan Waktu Pemeraman 5 Hari

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c), kg/cm ²	Sudut Geser Dalam (ϕ), °
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5%	22,886	23,838
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3%	24,083	24,051
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5%	24,598	24,629

7. Pengujian Geser Langsung dengan Bahan Tambah *S-base 07* + Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 5 Hari

Dari hasil pengujian geser langsung pada tanah dengan bahan tambah *S-base 07* + Kapur 4% dan waktu pemeraman 5 hari maka diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam pada tanah. Hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5. 27 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah S-base 07 + Kapur 4% dan Waktu Pemeraman 5 Hari

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c), kg/cm ²	Sudut Geser Dalam (ϕ), °
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5% + Kapur 4%	2,785	23,379
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3% + Kapur 4%	3,066	24,242
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5% + Kapur 4%	3,2 38	25,236

8. Rekapitulasi Hasil Pengujian Geser Langsung

Hasil rekapitulasi pengujian geser langsung pada tanah asli dan tanah yang ditambah dengan bahan tambah Kapur 4%, *S-base 07* dan *S-base 07* + Kapur 4% dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5. 28 Rekapitulasi Hasil Pengujian Geser Langsung

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah							
	Kohesi (c), kg/cm ²				Sudut Geser Dalam (ϕ), °			
	Penambahan Kapur							
	Kapur 0%		Kapur 4%		Kapur 0%		Kapur 4%	
	Pemeraman (Hari)							
	1	5	1	5	1	5	1	5
Tanah Asli	1,168		2,316	2,504	23,419		21,051	21,387
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5%	1,768	2,899	2,627	2,785	15,813	23,044	22,252	23,379
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3%	1,791	2,997	2,074	3,066	19,040	24,065	21,071	24,242
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5%	1,625	3,110	2,417	3,238	18,043	24,514	19,926	25,236

5.2 Pembahasan

Pada bagian pembahasan ini akan menjelaskan mengenai data hasil pengujian karakteristik fisik tanah dan mekanik baik pada tanah asli dan tanah yang sudah distabilisasi dengan bahan tambah *S-base 07 + 4% Kapur*.

5.2.1 Tanah Asli

1. Sifat Fisik pada Tanah

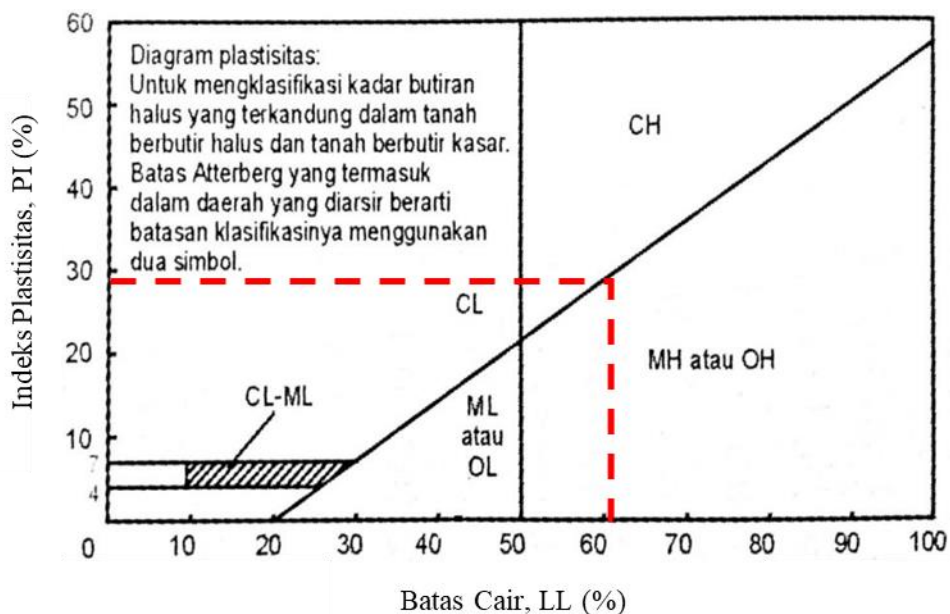
Rekapitulasi hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5. 29 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Tanah

Pengujian	Simbol	Satuan	Hasil	
Persentase Tanah Lolos Saringan No.200		%	83,69	
Pengujian Kadar Air	<i>w</i>	%	21,87	
Pengujian Berat Volume	γ	gram/cm ³	1,699	
Pengujian Berat Jenis	<i>G_s</i>	gram/cm ³	2,68	
Analisa Granuler	<i>Gravel</i>	%	0,000	
	<i>Sand</i>	%	16,311	
	<i>Silt</i>	%	46,290	
	<i>Clay</i>	%	37,400	
<i>Atterberg Limit</i>	Batas Cair	<i>LL</i>	%	60,58
	Batas Plastis	<i>PL</i>	%	31,65
	Batas Susut	<i>SL</i>	%	41,08
	Indeks Plastisitas	<i>PI</i>	%	28,93
<i>Standard Proctor</i>	MDD	γ_d max	gram/cm ³	1,356
	OMC	<i>w_{opt}</i>	gram/cm ³	31,9

2. Klasifikasi tanah dengan sistem *USCS* (*Unified Soil Classification System*)

- a. Diketahui bahwa sampel tanah asli diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus dengan 50% atau lebih tanah lolos saringan No. 200 (0,075 mm) dan lanau bercampur lempung dengan batas cair lebih dari 50% berdasarkan hasil analisis saringan dan batasan konsistensi. Berdasarkan hasil uji lolos saringan No. 200 (0,075 mm), yaitu 83,690% dan batas cair 60,58%. Hasil penentuan klasifikasi ini menggunakan sistem *USCS*. Tabel sistem klasifikasi *USCS* dapat dilihat pada Tabel 5.30.
- b. Berdasarkan hasil dari batas cair dan indeks plastisitas, maka dapat ditentukan kelompok tanah dengan menggunakan grafik karakteristik tanah metode *USCS*. Dari pengujian sebelumnya didapatkan nilai batas cair sebesar 60,58% dan indeks plastisitas sebesar 28,93% maka sampel tanah yang berasal dari Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk dalam kelompok MH, yaitu berjenis lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis. Grafik karakteristik tanah metode *USCS* dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5. 9 Grafik karakteristik tanah metode *USCS*

Tabel 5. 30 Tabel sistem klasifikasi USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis
Tanah berbutir halus 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	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>"lean clays"</i>)
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
	Lanau dan lempung batas cair > 50 %	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, 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		P _t	Gambut (<i>"peat"</i>) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

3. Klasifikasi tanah dengan sistem *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

- a. Berdasarkan hasil dari pengujian lolos saringan No.200 (0,075 mm) sebesar 83,690% dan telah memenuhi syarat klasifikasi kelompok sebesar > 35% maka sampel tanah terklasifikasi sebagai tanah lanau-lempung.
- b. Sampel tanah diklasifikasikan sebagai tanah lanau-lempung kelompok A-7 dengan persyaratan nilai batas cair minimum 41% dan nilai indeks plastisitas minimum 11% berdasarkan hasil uji batas-batas konsistensi. Nilai batas cair dan indeks plastisitas diperoleh masing-masing sebesar 60,58% dan 28,93%.
- c. Nilai group index (GI) dapat diketahui dari nilai hasil uji lolos saringan no. 200 (83,690%), batas cair (60,58%), indeks plastisitas (28,93%). Perhitungan nilai group index pada sampel tanah asli dijabarkan pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 GI &= (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,001 (F - 15) (PI - 10) \\
 &= (83,690-35) [0,2+0,005 (60,58-40)] + 0,001 (83,690-15) (28,93-10) \\
 &= 16,23
 \end{aligned}$$

- d. Berdasarkan pengujian batas-batas konsistensi diperoleh nilai batas plastis sebesar 31,65%, dari nilai yang didapat maka sampel tanah masuk pada kelompok A-7-5.
- e. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, tanah asli dari Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk tanah berlempung dengan penilaian secara umum sedang sampai buruk. Tabel sistem klasifikasi tanah metode AASHTO dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5. 31 Sistem klasifikasi tanah metode AASHTO

Klasifikasi umum	Material granular (< 35% lolos saringan No.200)							Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisis saringan (% lolos)											0
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 saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	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	Pecahan batu, kerikil dan pasir		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 (2002)

Catatan :

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (*PL*)

Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6

4. Sifat Mekanik Tanah

Sifat mekanik tanah asli yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu parameter kuat geser tanah dengan metode pengujian geser langsung (*direct shear*). Dari pengujian yang dilakukan maka didapat nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Rekapitulasi hasil dari pengujian kuat geser tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5. 32 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli

Uraian	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c), kg/cm ²	Sudut Geser Dalam (ϕ), °
Tanah Asli Sampel 1	1,158	22,192
Tanah Asli Sampel 2	1,178	24,646
Rata-rata	1,168	23,419

Berdasarkan tabel hasil pengujian geser langsung pada tanah asli di atas, maka disimpulkan sampel tanah dari Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki nilai kohesi (c) sebesar 1,168 kg/cm² dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 23,419°.

5.2.2 Tanah Asli dengan Penambahan Bahan Tambah *S-base 07* dan Kapur

Penelitian ini dilakukan guna mengamati pengaruh penambahan *S-base 07* dan Kapur terhadap parameter kuat geser tanah dan nilai kuat geser dengan pengujian di laboratorium yaitu uji geser langsung.

1. Ditinjau dari Parameter Kuat Geser Tanah

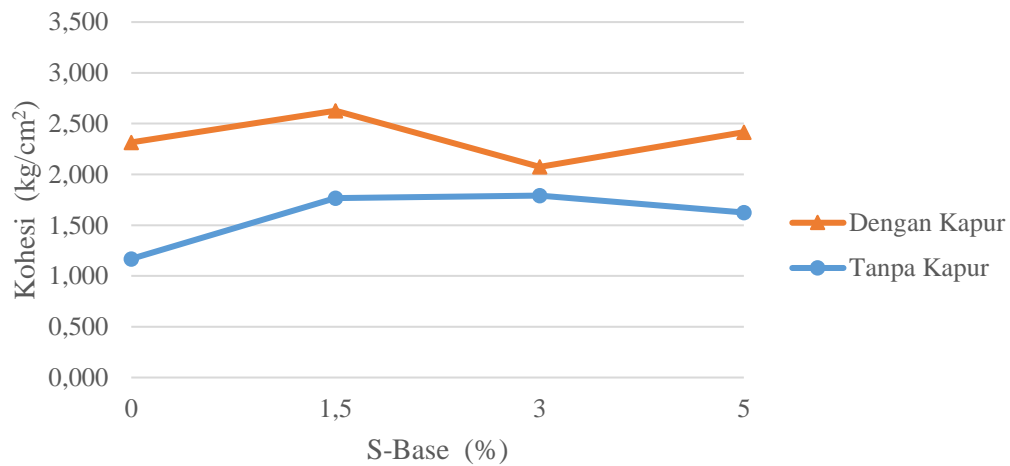
a. Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi (c)

Pengaruh penambahan bahan stabilisasi *S-base 07* dan kapur pada uji geser langsung terhadap nilai kohesi (c) dapat dilihat pada Tabel 5.33 berikut.

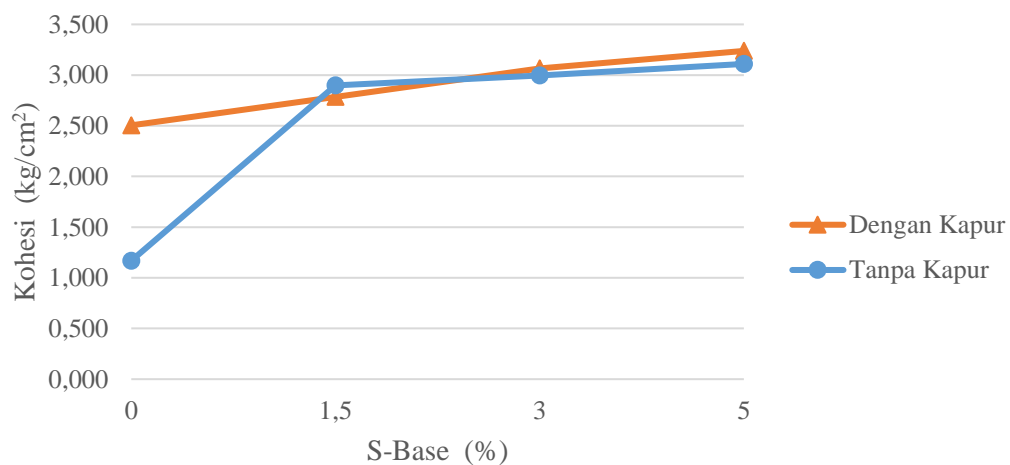
Tabel 5. 33 Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi (c)

Uraian	Kohesi (c), kg/cm ²	
	Masa Pemeraman	
	1	5
Tanah Asli	1,168	
Tanah Asli + Kapur 4%	2,316	2,504
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5%	1,768	2,899
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3%	1,791	2,997
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5%	1,625	3,110
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5% + Kapur 4%	2,627	2,785
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3% + Kapur 4%	2,074	3,066
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5% + Kapur 4%	2,417	3,238

Dari data pada Tabel 5.33 diatas maka dapat dibuat grafik perbandingan antara penambahan bahan stabilisasi *S-base 07* dan Kapur dengan nilai kohesi (c). Grafik pengaruh penambahan bahan stabilisasi dengan nilai kohesi (c) dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5. 10 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi (c) pada Sampel dengan Pemeraman 1 Hari



Gambar 5. 11 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi (c) pada Sampel dengan Pemeraman 5 Hari

Berdasarkan Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 maka dapat diketahui bahwa penambahan *S-Base 07* dan kapur 4% pada tanah asli dapat meningkatkan nilai kohesi tanah. Pada sampel dengan masa pemeraman 1 hari, nilai kohesi (c) tertinggi didapat pada sampel dengan variasi penambahan 1,5% *S-Base 07* + 4% Kapur yaitu sebesar 2,627 kg/cm² dan nilai kohesi (c) terendah

didapat pada sampel dengan variasi penambahan 1,5% *S-Base 07* yaitu sebesar 1,768 kg/cm². Jika ditinjau dengan nilai kohesi (c) tanah asli yaitu sebesar 1,168 kg/cm², maka pada masa pemeraman sampel 1 hari didapatkan hasil bahwa penambahan 1,5% *S-Base 07*, 1,5% *S-Base 07* + 4% Kapur dan 4% Kapur mampu meningkatkan nilai kohesi (c), sedangkan pada penambahan *S-Base 07* 3% dan 5% cenderung nilai kohesi yang didapat mengalami penurunan. Sedangkan pada sampel dengan masa pemeraman 5 hari, nilai kohesi (c) tertinggi didapat pada sampel dengan variasi penambahan 5% *S-Base 07* + 4% Kapur yaitu sebesar 3,238 kg/cm² dan nilai kohesi (c) terendah didapat pada sampel dengan variasi penambahan 4% Kapur yaitu sebesar 2,504 kg/cm². Pada masa pemeraman 5 hari nilai kohesi (c) cenderung meningkat bersamaan dengan penambahan *S-Base 07*. Pada penambahan bahan *S-Base 07* nilai kohesi tanah mengalami peningkatan yang cukup tinggi pada sampel dengan pemeraman 5 hari. Pada pemeraman 1 hari semakin banyak penambahan bahan *S-Base 07* nilai kohesi cenderung mengalami penurunan, hal ini terjadi karena semakin banyak kadar cairan *S-Base 07* maka reaksi *crosslink* pada campuran membutuhkan waktu yang lebih lama. Penambahan kapur pada campuran juga menyebabkan peningkatan nilai kohesi (c), dalam tanah berbutir halus timbul pertukaran kation dengan cepat dan reaksi pengumpulan-penggumpalan. Pengumpulan dan penggumpalan menghasilkan perubahan tekstur yaitu partikel-partikel tanah berbutir halus menggumpal secara bersama-sama, sehingga terbentuklah partikel-partikel tanah dengan ukuran yang lebih besar. Pertukaran kation dan flokulasi menyebabkan perbaikan pada plastisitas tanah, kemudahan dikerjakan (*workability*), dan kekuatan. Pada pemeraman 5 hari sampel dengan penambahan 1,5% *S-Base 07* dengan Kapur 4% didapatkan nilai kohesi lebih rendah dari sampel dengan penambahan 1,5% *S-Base 07* tanpa kapur, hal ini terjadi karena adanya kesalahan pada pembuatan sampel benda uji yaitu pemukulan yang tidak seragam.

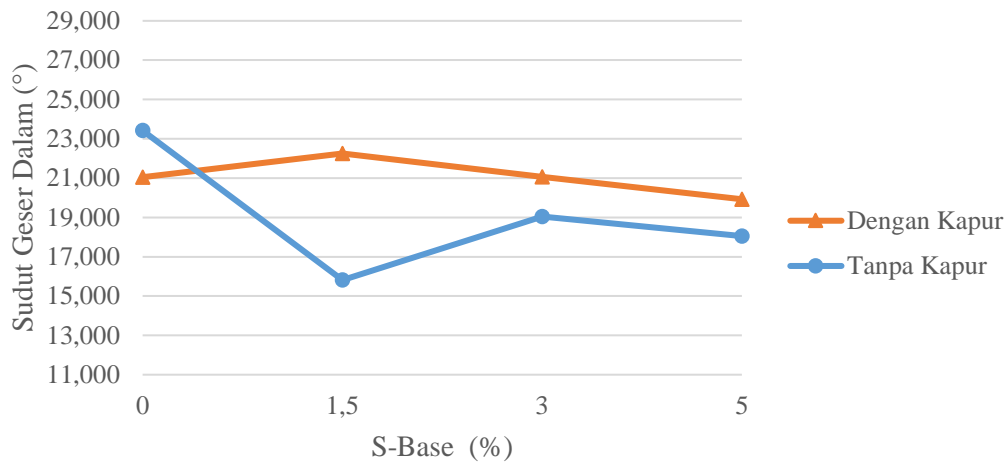
b. Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ)

Pengaruh penambahan bahan stabilisasi *S-base 07* dan kapur pada uji geser langsung terhadap nilai sudut geser dalam (ϕ) dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

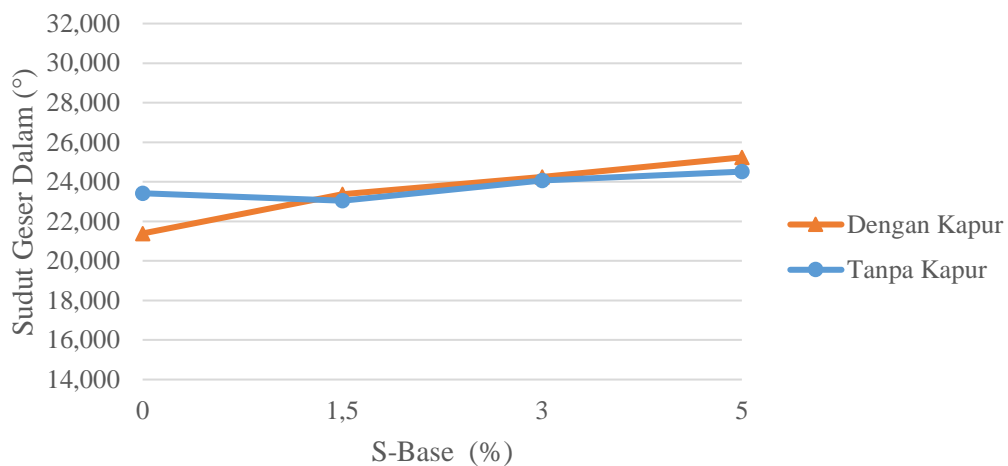
Tabel 5. 34 Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam ($^{\circ}$)

Uraian	Sudut Geser Dalam (ϕ), $^{\circ}$	
	Masa Pemeraman	
	1	5
Tanah Asli	23,419	
Tanah Asli + Kapur 4%	21,051	21,387
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5%	15,813	23,044
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3%	19,040	24,065
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5%	18,043	24,514
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5% + Kapur 4%	22,252	23,379
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3% + Kapur 4%	21,071	24,242
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5% + Kapur 4%	19,926	25,236

Dari data pada Tabel 5.34 diatas maka dapat dibuat grafik pengaruh penambahan bahan stabilisasi *S-base 07* dengan nilai sudut geser dalam (ϕ). Grafik pengaruh penambahan bahan stabilisasi *S-base 07* dengan nilai sudut geser dalam (ϕ) dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5. 12 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam ($^{\circ}$) pada Sampel dengan Pemeraman 1 Hari



Gambar 5. 13 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam ($^{\circ}$) pada Sampel dengan Pemeraman 5 Hari

Berdasarkan Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 maka dapat diketahui bahwa penambahan *S-Base 07* dan kapur 4% pada tanah asli dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam (ϕ). Pada sampel dengan masa pemeraman 1 hari, nilai sudut geser dalam (ϕ) tertinggi didapat pada sampel dengan variasi penambahan 1,5% *S-Base 07* + 4% Kapur yaitu sebesar $22,252^{\circ}$ dan nilai sudut geser dalam (ϕ) terendah didapat pada sampel dengan variasi

penambahan 1,5% *S-Base 07* yaitu sebesar $15,813^\circ$. Jika ditinjau dengan nilai sudut geser dalam (ϕ) tanah asli yaitu sebesar $23,419^\circ$, maka pada masa pemeraman sampel 1 hari didapatkan hasil bahwa penambahan *S-Base 07* dan Kapur 4% tidak mampu meningkatkan nilai nilai sudut geser dalam (ϕ). Sedangkan pada sampel dengan masa pemeraman 5 hari, nilai sudut geser dalam (ϕ) tertinggi didapat pada sampel dengan variasi penambahan 5% *S-Base 07* + 4% Kapur yaitu sebesar $25,236^\circ$ dan nilai sudut geser dalam (ϕ) terendah didapat pada sampel dengan variasi penambahan 1,5% *S-Base 07* + 4% Kapur yaitu sebesar $23,044^\circ$. Pada masa pemeraman 5 hari nilai sudut geser dalam (ϕ) cenderung meningkat bersamaan dengan penambahan *S-Base 0.7* + 4% Kapur.

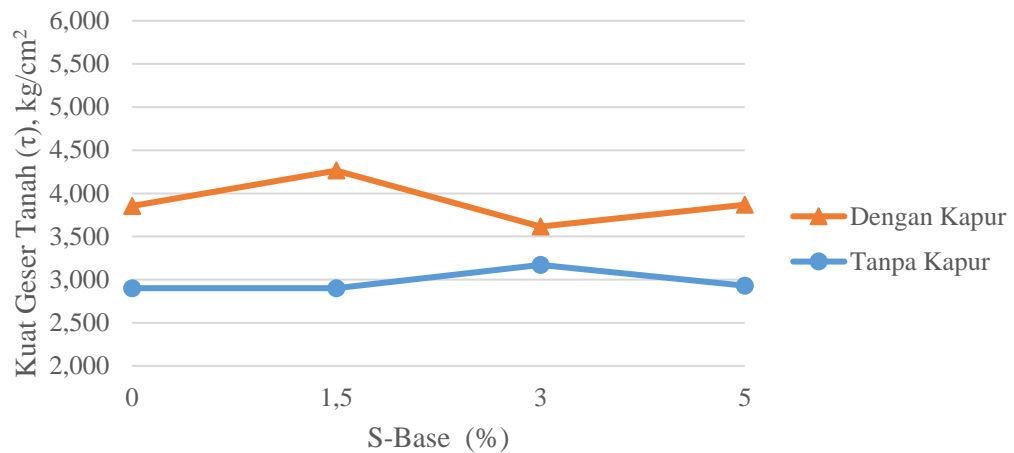
2. Ditinjau dari Nilai Kuat Geser Tanah

Dari tabel hasil nilai kohesi (c) dan Nilai Sudut Geser Dalam ($^\circ$) yang disajikan sebelumnya, pengujian geser langsung pada tanah dengan penambahan bahan stabilisasi *S-Base 07* dan Kapur dapat meningkatkan parameter kuat geser tanah seiring bertambahnya bahan tambah dan waktu pemeraman. Pada pemeraman 5 hari reaksi *crosslink* pada campuran tanah dengan *S-Base 07* dan Kapur 4% sudah lebih sempurna sebagaimana hasil dari parameter kuat geser yang lebih tinggi. Berdasarkan persamaan Mohr Coulomb, maka nilai kuat geser dapat dihitung dengan variasi tegangan normal $\sigma = 1 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma = 2 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma = 3 \text{ kg/cm}^2$, dan $\sigma = 4 \text{ kg/cm}^2$. Selanjutnya peningkatan nilai kuat geser dapat dibandingkan seiring dengan penambahan bahan tambah *S-Base 07*. Nilai kuat geser tanah dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

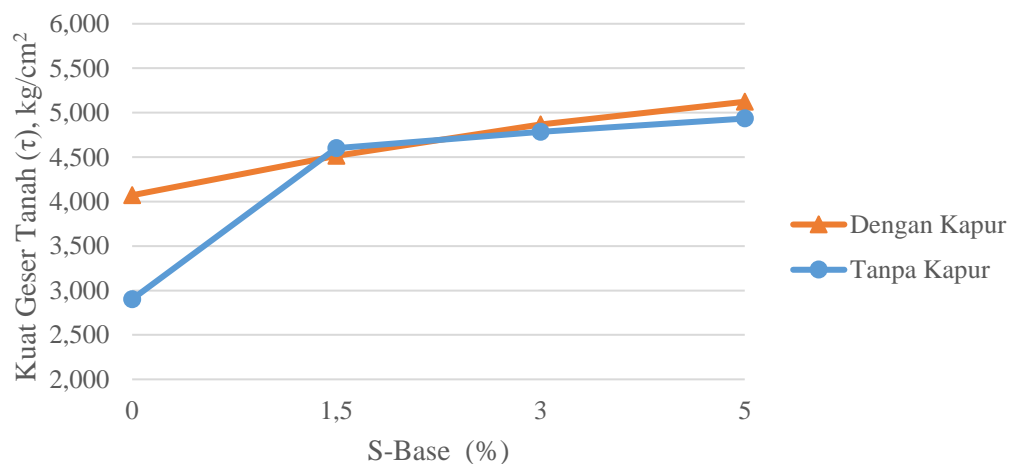
Tabel 5. 35 Nilai Kuat Geser Tanah (τ) dengan Variasi Tegangan Normal (σ)

Uraian	Kuat Geser Tanah (τ), kg/cm ²			
	$\sigma = 1$ kg/cm ²	$\sigma = 2$ kg/cm ²	$\sigma = 3$ kg/cm ²	$\sigma = 4$ kg/cm ²
Tanah Asli	1,601	2,034	2,467	2,901
Tanah Asli + Kapur 4%	2,896	3,287	3,679	4,071
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5%	3,324	3,750	4,175	4,600
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3%	3,443	3,890	4,337	4,783
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5%	3,566	4,022	4,478	4,934
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5% + Kapur 4%	3,217	3,650	4,082	4,514
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3% + Kapur 4%	3,516	3,966	4,417	4,867
Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 5% + Kapur 4%	3,709	4,181	4,652	5,123

Nilai kuat geser pada sampel tanah dengan pemeraman 5 hari mengalami peningkatan seiring bertambahnya nilai tegangan normal. Nilai kuat geser mengalami peningkatan tertinggi pada penambahan bahan stabilisasi 5% *S-Base 07* + 4% Kapur dengan variasi tegangan normal 4 kg/cm². Grafik pengaruh penambahan bahan stabilisasi *S-base 07* dan Kapur 4% terhadap nilai Kuat Geser Tanah (τ) dengan variasi tegangan normal 4 kg/cm² dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut dan Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5. 14 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah (τ) pada Sampel dengan Pemeraman 1 Hari



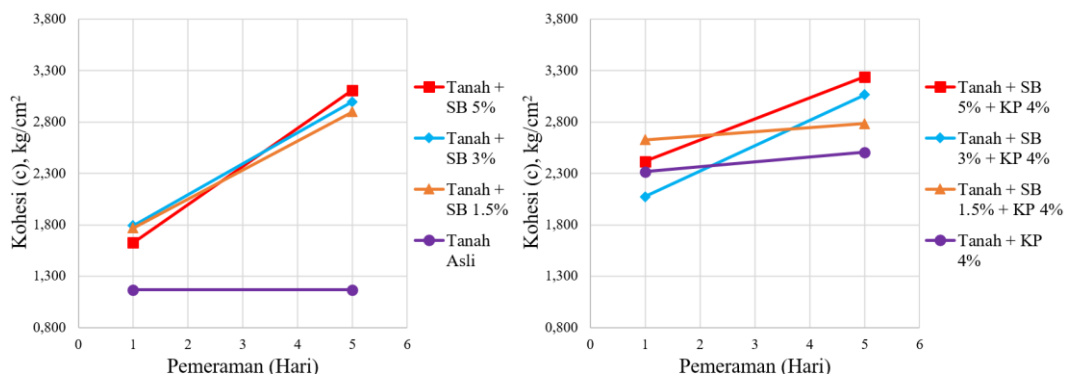
Gambar 5. 15 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah (τ) pada Sampel dengan Pemeraman 5 Hari

Berdasarkan Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 maka Nilai Kuat Geser Tanah (τ) mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya bahan tambah *S-Base 07* baik dengan kapur ataupun tanpa kapur. Nilai kuat geser (τ) tanah asli dengan variasi tegangan normal $\sigma = 1 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $1,601 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma = 2 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $2,034 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma = 3 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $2,467$, dan $\sigma = 4 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $2,901$. Peningkatan Nilai kuat geser (τ) tertinggi ($5,123 \text{ kg/cm}^2$) terjadi pada

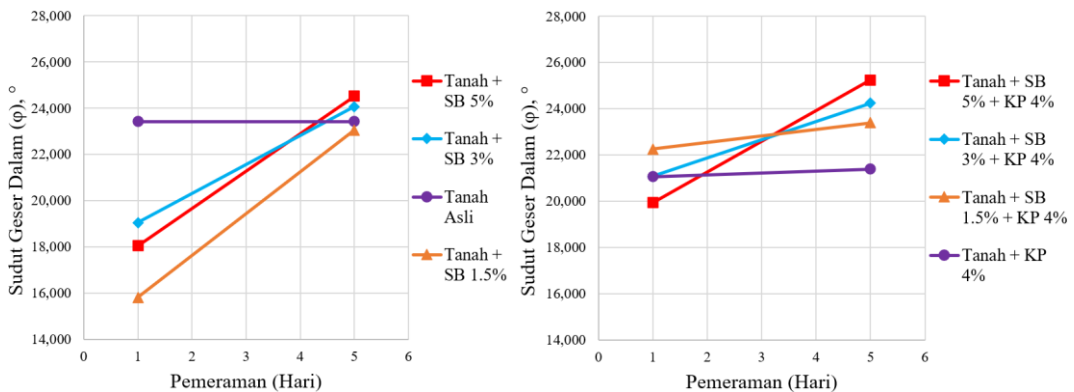
penambahan bahan stabilisasi *S-Base* 07 5% + Kapur 4% dengan masa pemeraman 5 hari yaitu sebesar 76,59%.

3. Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah

Pengaruh proses pemeraman terhadap parameter kuat geser tanah. Grafik hubungan antara Nilai Kohesi (c) dan Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) terhadap masa pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.16, dan Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5. 16 Grafik Hubungan antara Nilai Kohesi (c) terhadap Masa Pemeraman

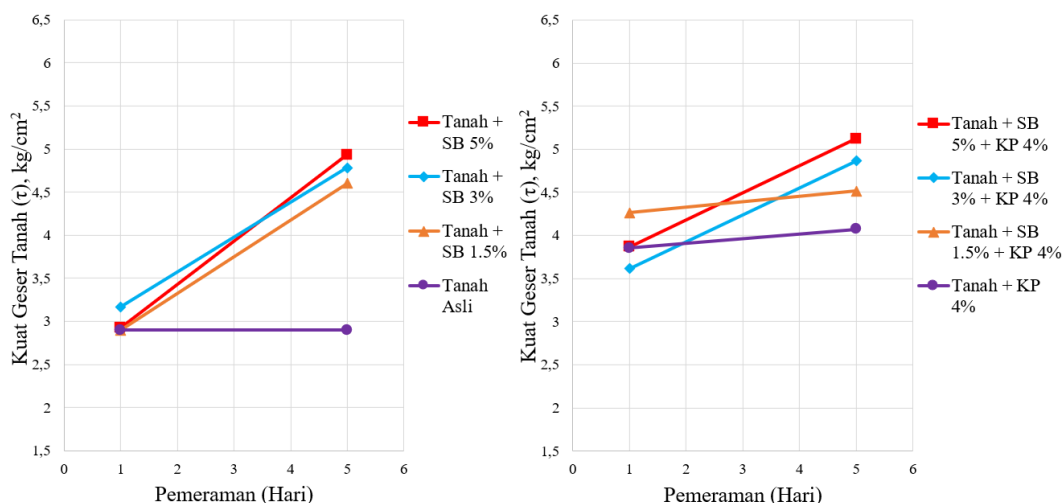


Gambar 5. 17 Grafik Hubungan antara Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) terhadap Masa Pemeraman

Berdasarkan Gambar 5.16 dan Gambar 5.17 diatas dapat diketahui bahwa masa pemeraman sangat mempengaruhi peningkatan nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser dalam (ϕ). Bahan tambah *S-base 07* dapat bereaksi sempurna dengan tanah setelah terjadi reaksi *crosslink*, yaitu kondisi dimana air pada tanah semakin mengering. Adapun kapur juga membutuhkan waktu pemeraman yang cenderung lama untuk kenaikan kekuatan, berbeda dengan semen yang dapat menaikkan kekuatan dengan cepat dan terjadi pada waktu pemeraman pendek. Dari proses pemeraman yang cukup lama tersebut menjadikan stabilisasi tanah menggunakan bahan *S-base 07* dan kapur bisa menjadi pilihan di lapangan, karena waktu ikatan lebih lama, sehingga menguntungkan karena bila terjadi penundaan pekerjaan yang agak lama setelah pencampuran, tidak ada resiko berkurangnya kekuatan campuran oleh akibat pematatan.

4. Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah (τ)

Pengaruh proses pemeraman terhadap nilai kuat geser tanah (τ). Grafik hubungan antara nilai kuat geser tanah (τ) terhadap masa pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.16, dan Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5. 18 Grafik Hubungan antara Nilai Kuat Geser Tanah (τ) terhadap Masa Pemeraman

Berdasarkan Gambar 5.18 diatas dapat diketahui bahwa masa pemeraman sangat mempengaruhi peningkatan nilai kuat geser tanah (τ). Nilai kuat geser tanah mengalami peningkatan bersamaan dengan bertambahnya masa pemeraman.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dianalisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Sampel tanah dari Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dikategorikan sebagai tanah berbutir halus berdasarkan hasil uji analisa saringan dan hidrometer. Sampel tanah diklasifikasikan sebagai jenis lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis menurut sistem klasifikasi USCS dan diberi simbol kategori MH. Sampel tanah termasuk dalam kelompok A-7-5 dengan jenis tanah lempung sedang sampai buruk menurut sistem klasifikasi AASHTO. Dari sistem klasifikasi USCS dan AASHTO maka didapatkan bahwa sampel tanah termasuk kategori lanau berlempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar yaitu sedang sampai buruk.
2. Nilai kuat geser (τ) tanah asli dengan variasi tegangan normal $\sigma = 1 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $1,601 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma = 2 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $2,034 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma = 3 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $2,467 \text{ kg/cm}^2$, dan $\sigma = 4 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $2,901 \text{ kg/cm}^2$.
3. Nilai kuat geser (τ) pada tanah asli yang distabilisasi dengan bahan tambah kapur 4% mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya masa pemeraman. Peningkatan Nilai kuat geser (τ) 68,71% terjadi pada sampel dengan masa pemeraman 1 hari yaitu sebesar $2,701 \text{ kg/cm}^2$ dan 80,89% pada sampel dengan masa pemeraman 5 hari yaitu sebesar $2,896 \text{ kg/cm}^2$.
4. Nilai kuat geser (τ) pada tanah asli yang distabilisasi dengan bahan tambah *S-Base 07* cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya bahan tambah dan masa pemeraman. Peningkatan Nilai kuat geser (τ) tertinggi 122,74% terjadi pada penambahan bahan stabilisasi *S-Base 07* 5% dengan masa pemeraman 5 hari yaitu sebesar $3,566 \text{ kg/cm}^2$.

5. Nilai kuat geser (τ) pada tanah asli yang distabilisasi dengan bahan tambah Kapur 4% dan *S-Base 07* cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya bahan tambah dan masa pemeraman. Peningkatan Nilai kuat geser (τ) tertinggi 131,67% terjadi pada penambahan bahan stabilisasi Kapur 4% + *S-Base 07* 5% dengan masa pemeraman 5 hari yaitu sebesar 3,709 kg/cm².

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk mengembangkan penelitian tanah di Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta diantaranya sebagai berikut.

1. Bagi peneliti yang akan melakukan penelitian serupa dapat meneliti pada parameter daya dukung lain seperti uji triaksial dan uji tekan bebas.
2. Bagi peneliti yang akan melakukan penelitian dengan bahan tambah yang sama dan pengujian yang sama, maka dapat menambah beban yang digunakan dalam pengujian geser langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrahman, A., Purwanto, S., Ismail. 2019. Analisa Perhitungan Daya Dukung Tanah (CBR) Atas Campuran Tanah Dan *S-Base 07 Liquid Soil Stabilizer*. Jurnal Teknik Sipil. Vol.9 No.2. Universitas Palembang.
- American Society for Testing Materials (ASTM D 854-72). Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. United States: ASTM International.*
- American Society for Testing Materials (ASTM D 421-72). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants. United States: ASTM International.*
- American Society for Testing Materials (ASTM D 423-66). Method of Test for Liquid Limit of Soils. United States: ASTM International.*
- American Society for Testing Materials (ASTM D 424-74). Standard Test Method for Plastic Limit and Plasticity Index of Soils. United States: ASTM International.*
- American Society for Testing Materials (ASTM D 427-74). Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method. United States: ASTM International.*
- American Society for Testing Materials (ASTM D 698-70). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. United States: ASTM International*
- Aryanto, M., Suhendra, S., Amalia, K.R. 2021. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kapur Tohor. *Journal Of The Civil Engineering*. Vol.4 No.1. Universitas Batanghari.
- Bowles, J. E.. 1984. Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Das, B.M.. 1988. *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Deocon Indonesia. 2023. *S-Base 07 Soil Stabilizer*. (<https://deoconindonesia.co.id/s-base-07-soil-stabilizer/>. Diakses 15 Agustus 2023).
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah 1. Edisi kelima. Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada University Press.

Hidayat, M.F. 2021. Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan *S-Base 07* Dan Kapur Terhadap Daya Dukung Tanah (CBR). Tugas Akhir. Islam Indonesia.

Panjaitan, N. 2017. *Pengaruh Kapur terhadap Kuat Geser Tanah. Jurnal Education Building*. Vol.3 No.2. Universitas Negeri Medan.

Rahmaneta, S., Munirwansyah., Chairullah, B. 2020. *Pengaruh Stabilisasi Kapur terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif. Journal Of The Civil Engineering*. Vol.2 No.1. Universitas Syiah Kuala.

Riadi, I., Farni, I., Mulyani, R. 2021. *Pengaruh Penambahan Kapur sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pengujian CBR. Journal Of The Civil Engineering*. Universitas Bung Hatta.

Soekoto I. 1972. Mempersiapkan Lapis Dasar Konstruksi. Badan Penerbit PU.

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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 1 November 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Hasil		Satuan
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Cawan	5,79	8,50	gr
Berat Cawan + Tanah Basah	78,49	61,55	gr
Berat Cawan + Tanah Kering	67,17	46,41	gr
Berat air (ww)	11,32	15,14	gr
Berat tanah kering (ws)	61,38	37,91	gr
Kadar air	18,44	39,94	%
Kadar air rata-rata (w)	21,87		%

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 2 November 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Hasil		Satuan
	Sampel 1	Sampel 2	
Diameter ring (d)	5,12	5,12	cm
Tinggi ring (t)	1,96	2,05	cm
Volume ring (v)	40,35	42,207	cm ³
Berat ring (W1)	39,64	42,21	gr
Berat ring + tanah basah (W2)	109,85	116,51	gr
Berat tanah basah (W3)	70,21	74,300	gr
Berat volume tanah (γ_b)	1,740	1,760	gr/cm ³
Berat volume rata-rata	1,699		

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 3 November 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Satuan	Hasil	
		Sampel 1	Sampel 2
Berat piknometer (W1)	gr	37,67	36,92
Berat piknometer + tanah kering (W2)	gr	67,27	67
Berat piknometer + tanah + air penuh (W3)	gr	156,54	155,53
Berat piknometer + air penuh (W4)	gr	137,78	136,81
Suhu air (t)	gr	27	27
Berat volume tanah pada suhu T (γ_w)	gr/cm ³	0,9965	0,9965
Berat volume tanah pada suhu 27,5 C (γ_w)	gr/cm ³	0,9964	0,9964
Berat tanah kering (Wt)	gr	29,6	30,08
A = Ws + W4	gr	167,38	166,89
I = A - W3	gr	10,84	11,36
Berat jenis tanah pada suhu T, $G_s = W_s/I$	gr/cm ³	2,73	2,65
Berat jenis tanah pada suhu 27,5 C	gr/cm ³	2,72	2,64
Berat jenis rata-rata pada suhu 27,5 C	gr/cm ³	2,68	

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 4 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

Uraian	Satuan	I		II		III		IV	
		1	2	1	2	1	2	1	2
No Cawan	gr								
Berat Cawan	gr	7,13	5,62	5,76	7,47	5,44	5,74	5,57	5,91
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	44,50	49,77	51,70	51,64	45,82	48,63	43,86	44,54
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	30,15	32,66	34,00	35,08	30,70	32,70	29,85	30,27
Berat Air (3) - (4)	gr	14,35	17,11	17,70	16,56	15,12	15,93	14,01	14,27
Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	23,02	27,04	28,24	27,61	25,26	26,96	24,28	24,36
Kadar Air = (5)/(6) x 100%	%	62,34	63,28	62,68	59,98	59,86	59,09	57,70	58,58
Kadar Air rata - rata	%	62,81		61,33		59,47		58,14	
Jumlah Pukulan (N)		16		23		31		37	

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 4 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1



Batas Cair Tanah Asli Sampel I = 60,63%

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



**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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 4 November 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 2

Uraian	Satuan	I		II		III		IV	
		1	2	1	2	1	2	1	2
No Cawan	gr								
Berat Cawan	gr	6,88	6,63	5,54	5,70	5,68	5,65	6,70	7,25
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	38,21	42,18	41,64	48,87	46,93	43,39	43,49	44,26
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	26,00	28,32	27,93	32,50	31,46	29,21	30,08	30,41
Berat Air (3) - (4)	gr	12,21	13,86	13,82	16,37	15,47	14,18	13,41	13,85
Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	19,12	21,69	22,39	26,80	25,78	23,56	23,38	23,16
Kadar Air = (5)/(6) x 100%	%	63,86	63,90	61,72	61,08	60,01	60,19	57,36	59,80
Kadar Air rata - rata	%	63,88		61,40		60,10		58,58	
Jumlah Pukulan (N)		13		15		20		28	

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

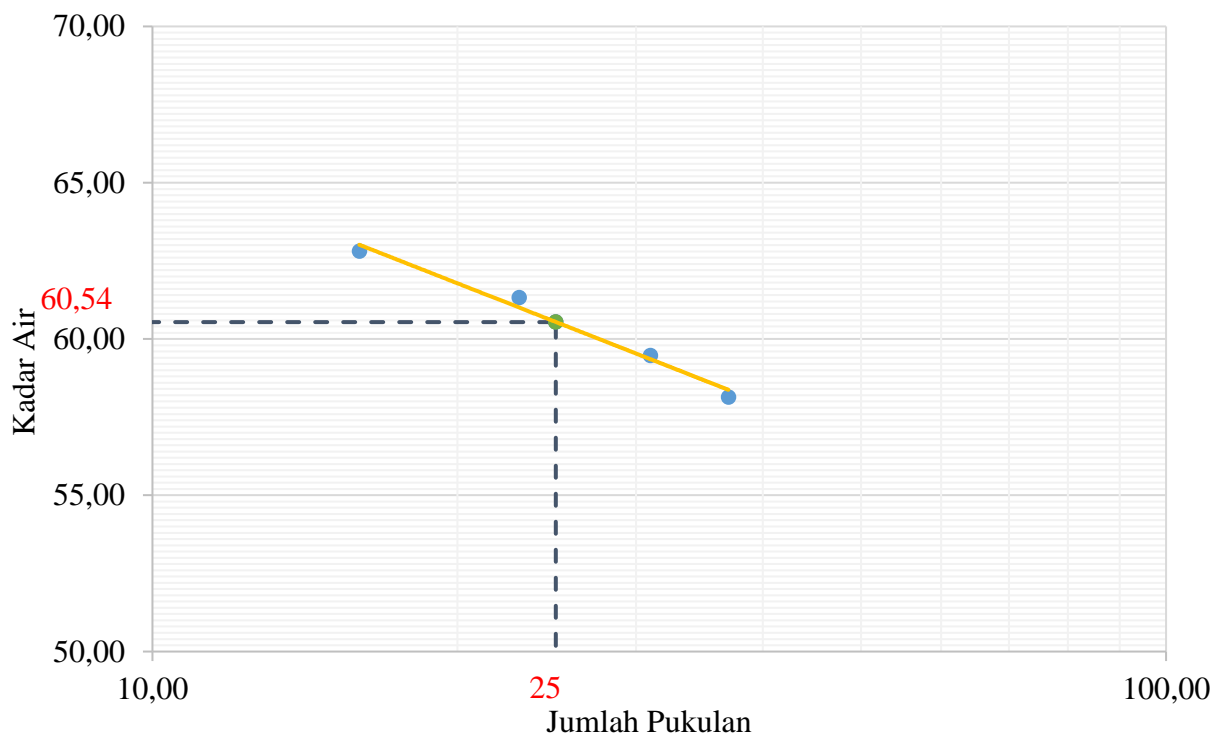
(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 4 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2



Batas Cair Tanah Asli Sampel I = 60,64%

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



**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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 7 November 2022
Sample : Tanah Asli

Uraian	Satuan	Sampel 1		Sampel 2	
		1	2	1	2
Berat Cawan	gr	5,74	5,70	5,80	5,92
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	14,81	13,77	14,85	15,14
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	12,65	11,75	12,72	12,95
Berat Air (3) - (4)	gr	2,16	2,02	2,13	2,19
Berat Tanah Kering (4) - (2)	gr	6,91	6,05	6,92	7,03
Kadar Air = (5)/(6) x 100%	%	32,32		30,97	
Kadar Air Rata-rata	%	31,65			

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 7 November 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Satuan	Sampel I		Sampel II	
		1	2	1	2
Berat cawan susut	gr	42,06	37,84	44,12	30,95
Berat cawan susut + tanah basah	gr	72,46	67,13	73,53	63,12
Berat cawan susut + tanah kering	gr	63,58	58,61	64,96	53,68
Berat tanah kering	gr	21,52	20,77	20,84	22,73
Kadar air		41,26	41,02	41,12	41,53
Diameter ring	cm	4,14	4,15	4,10	4,11
Tinggi ring	cm	1,35	1,35	1,35	1,36
Volume ring	cm ³	18,17	18,26	17,82	18,04
Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur	gr	265,67	260,81	260,06	259,60
Berat gelas ukur	gr	60,47	60,47	60,47	60,47
Berat air raksa	gr	205,20	200,34	199,59	199,13
Berat tanah kering	gr	21,52	20,77	20,84	22,73
Volume tanah kering		15,09	14,73	14,68	14,64
Batas susut tanah	%	41,12	40,85	40,97	41,38
Batas susut	%	40,99		41,18	
Batas susut tanah rata-rata	%	41,08			

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



**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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 10 November 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 1

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	% Tertahan	% lolos
4	4,75	0	1000	0	100
10	2	4,34	995,66	0,434	99,566
20	0,85	5,61	990,05	0,561	99,005
40	0,42	14,66	975,39	1,466	97,539
60	0,25	19,47	955,92	1,947	95,592
140	0,106	86,84	869,08	8,684	86,908
200	0,075	29,15	839,93	2,915	83,993
Pan		839,93	0	83,993	0
Total		1000		100	
Berat tanah mula-mula				1000	
Persentase lolos saringan 200				83,933%	

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



**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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 11 November 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 1

Time (t)	Suhu (T)	Ra	Rc	% Lolos	R	L (cm)	L/t	k	Diameter (mm)
0	26	52	54	76,95	55	7,8	0,000	0,01261	0,00000
2	26	40	42	59,85	43	9,7	4,850	0,01261	0,02776
5	26	38	40	57,00	41	10,1	2,020	0,01261	0,01792
30	26	28	30	42,75	31	11,7	0,390	0,01261	0,00787
60	26	25	27	38,48	28	12,2	0,203	0,01261	0,00568
250	26	18	20	28,50	21	13,3	0,053	0,01261	0,00291
1440	26	11	13	18,53	14	14,5	0,010	0,01261	0,00126

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

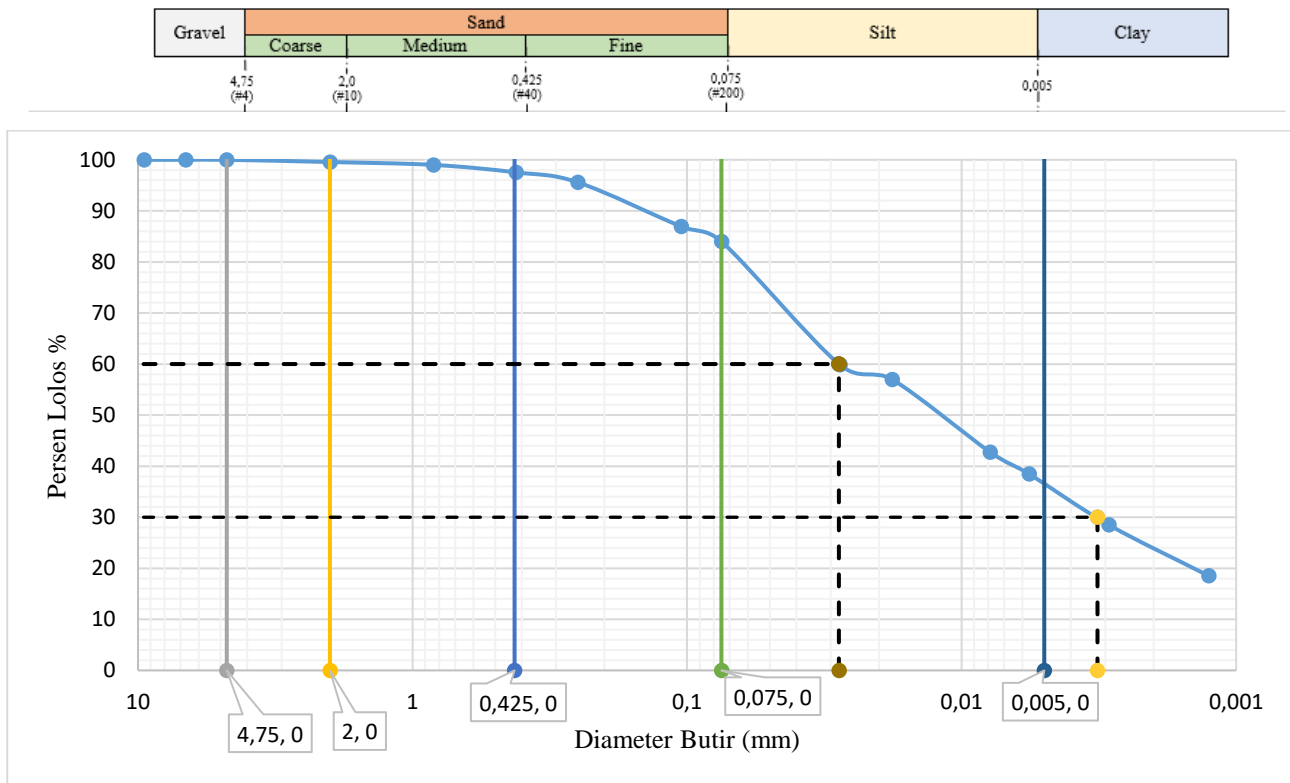


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

**GRAFIK DISTRIBUSI BUTIRAN
TANAH ASLI**

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 11 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1



Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



**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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 10 November 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 2

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	% Tertahan	% lolos
4	4,75	0	1000	0	100
10	2	9,62	990,38	0,962	99,038
20	0,85	6,35	984,03	0,635	98,403
40	0,42	15,37	968,66	1,537	96,866
60	0,25	19,28	949,38	1,928	94,938
140	0,106	80,91	868,47	8,091	86,847
200	0,075	34,61	833,86	3,461	83,386
Pan		833,86	0	83,386	0
Total		1000		100	
Berat tanah mula-mula				1000	
Persentase lolos saringan 200				83,386%	

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



**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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 11 November 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 2

Time (t)	Suhu (T)	Ra	Rc	% Lolos	R	L (cm)	L/t	k	Diameter (mm)
0	26	53	55	77,81	56	7,6	0	0,01261	0,00000
2	26	44	46	65,08	47	9,1	4,550	0,01261	0,02689
5	26	40	42	59,42	43	9,7	1,940	0,01261	0,01756
30	26	29	31	43,86	32	11,5	0,383	0,01261	0,00780
60	26	26	28	39,61	29	12	0,200	0,01261	0,00564
250	26	20	22	31,13	23	13	0,052	0,01261	0,00287
1440	26	12	14	19,81	15	14,3	0,010	0,01261	0,00126

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

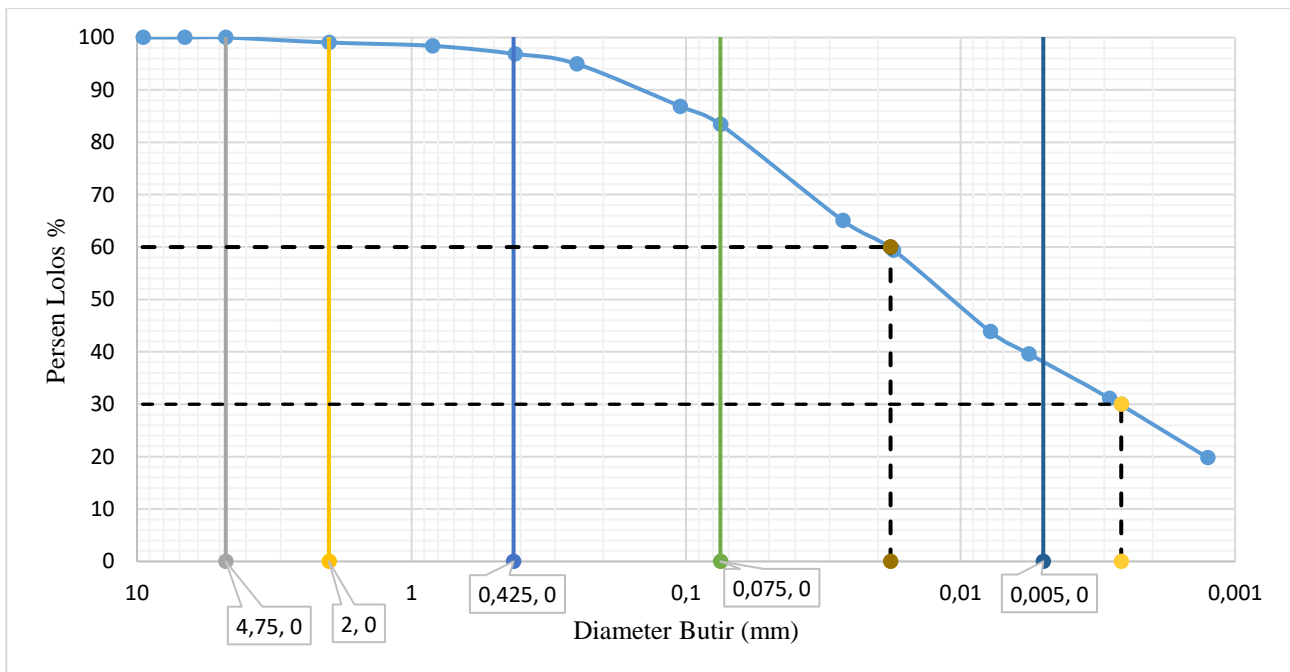
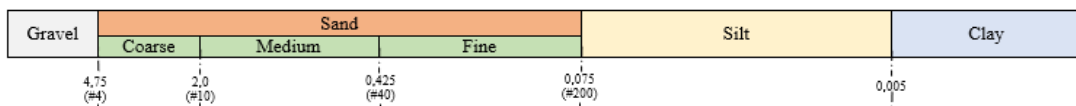
(Muhammad Yusuf Effendi)



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 DISTRIBUSI BUTIRAN
 TANAH ASLI**

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 11 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2



Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 12 November 2022
 Sample : Tanah Asli

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Lolos #200	83,993%	83,386%	83,690%
Gravel	0,000%	0,000%	0,000%
Sand	16,007%	16,614%	16,311%
Silt	47,293%	45,286%	46,290%
Clay	36,700%	38,100%	37,400%
D10 (mm)	0	0	0
D30 (mm)	0,0032	0,0026	0,0029
D60 (mm)	0,0280	0,0180	0,0230
$Cu = D60/D30$	-	-	-
$Cu = D30^2 / (D10 \times D60)$	-	-	-

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 15 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

Uraian	Ket.	Sampel				
		1	2	3	4	5
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Volume Mold	cm ³	939,05	939,05	939,05	939,05	939,05
Berat Mold	gr	1837	1837	1837	1837	1837
Berat Cetakan + Tanah Basah	gr	3254	3365	3441	3520	3464
Berat Tanah Basah	gr	1417	1528	1604	1683	1627
Berat Volume Tanah Basah	gr/cm ³	1,509	1,627	1,708	1,792	1,733

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 15 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

Uraian	Kadar air tanah									
	1		2		3		4		5	
No Pengujian	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
No Cawan										
Berat cawan	5,83	5,74	5,83	5,74	5,52	5,63	5,44	5,46	5,63	5,69
Berat cawan + tanah basah	36,83	37,01	36,56	36,88	38,15	37,83	45,77	43,27	50,56	56,58
Berat cawan + tanah kering	32,51	32,50	30,93	31,20	31,44	31,10	36,09	34,17	38,42	42,64
Berat air	4,32	4,51	5,63	5,68	6,71	6,73	9,68	9,10	12,14	13,94
Berat tanah kering	26,68	26,76	25,22	25,50	24,28	24,19	29,60	27,53	31,53	35,94
Kadar air	16,19	16,85	22,32	22,27	27,64	27,82	32,70	33,05	38,50	38,79
Kadar air rata-rata	16,52		21,59		27,51		32,88		39,44	
Berat Volume Tanah Kering	1,295		1,338		1,340		1,349		1,243	

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

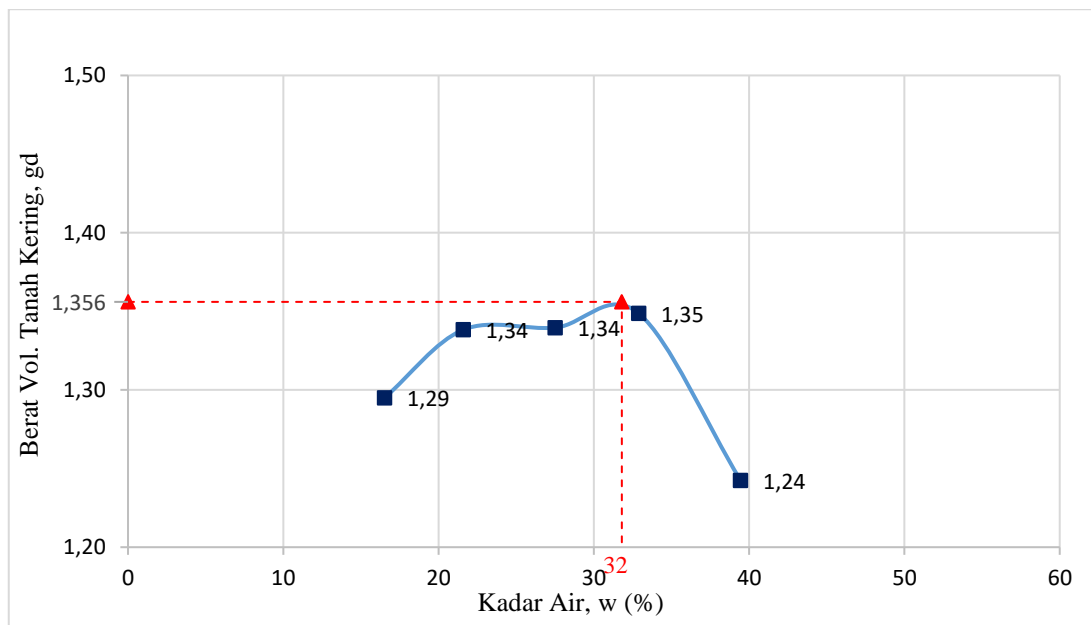
(Muhammad Yusuf Effendi)



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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 15 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1



Uraian	Satuan	Sampel 1
Kepadatan Kering Maks(γ_d)	gr/cm ³	1,356
Kadar Air Optimum (w)	%	31,8

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



**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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 15 November 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 2

Uraian	Ket.	Sampel				
		1	2	3	4	5
Penambahan Air	%	5	10	15	20	25
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Volume Mold	cm ³	939,05	939,05	939,05	939,05	939,05
Berat Mold	gr	1837	1837	1837	1837	1837
Berat Cetakan + Tanah Basah	gr	3252	3364	3436	3522	3465
Berat Tanah Basah	gr	1415	1527	1599	1685	1628
Berat Volume Tanah Basah	gr/cm ³	1,507	1,626	1,703	1,794	1,734

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



**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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 15 November 2022
Sample : Tanah Asli Sampel 2

Uraian	Kadar air tanah									
	1		2		3		4		5	
No Pengujian	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
No Cawan										
Berat cawan	5,83	5,74	5,71	5,70	7,16	6,91	6,49	6,64	6,89	6,70
Berat cawan + tanah basah	36,83	37,01	36,56	36,88	38,15	37,83	45,77	43,27	50,56	56,58
Berat cawan + tanah kering	32,51	32,50	30,93	31,20	31,44	31,10	36,09	34,17	38,42	42,64
Berat air	4,32	4,51	5,63	5,68	6,71	6,73	9,68	9,10	12,14	13,94
Berat tanah kering	26,68	26,76	25,22	25,50	24,28	24,19	29,60	27,53	31,53	35,94
Kadar air	16,19	16,85	22,32	22,27	27,64	27,82	32,70	33,05	38,50	38,79
Kadar air rata-rata	16.52		22.30		27.73		32.88		38.64	
Berat Volume Tanah Kering	1.293		1.330		1.333		1.350		1.250	

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

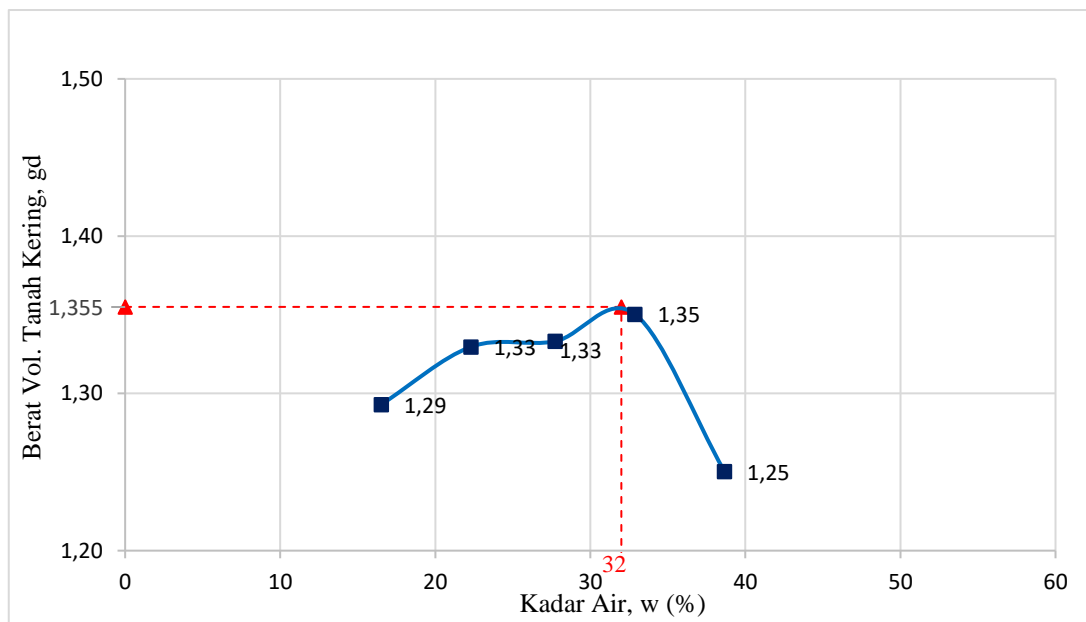


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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 : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 15 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2



Uraian	Satuan	Sampel 2
Kepadatan Kering Maks(γ_d)	gr/cm ³	1,355
Kadar Air Optimum (w)	%	32,0

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

Kadar Air					
Uraian	Rumus	Satuan	Sampel 1		
			1 kg	2 kg	3 kg
Berat Cawan	W_1	gram	5,55	6,92	7,44
Berat Cawan + Tanah Basah	W_2	gram	27,83	25,73	27,43
Berat Cawan + Tanah Kering	W_3	gram	22,35	21,05	22,33
Berat Air	$W_w = W_2 - W_3$	gram	16,80	14,13	14,89
Berat Tanah Kering	$W_s = W_3 - W_1$	gram	5,48	4,68	5,10
Kadar Air	$w = (W_w / W_s) \times 100\%$	%	32,62	33,12	34,25

Pengukuran Awal					
Uraian	Simbol	Satuan	Sampel 1		
			1 kg	2 kg	3 kg
Diameter	D	cm	6	6	6
Tinggi	H	cm	2	2	2
Berat Tanah	W	gram	105,21	104,9	104,7
Luas	A	cm ²	28,26	28,26	28,26
Volume	V	cm ³	56,52	56,52	56,52
Berat Isi Basah	γ	gram/cm ³	1,861	1,856	1,852
Berat Isi Kering	γ_d	gram/cm ²	1,396	1,392	1,389
Kalibrasi Alat	k	kg/div	0,44	0,44	0,44
Kecepatan		mm/menit	0,624	0,624	0,624

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

1 kg									
Waktu	Peralihan Horizontal	Peralihan Horizontal	Regangan	Pemb. Dial Beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Teg. Geser	Pergerakan Vertikal	
								Pemb. Dial	Pergerakan Vertikal
a	b	b	$c = (b / D) \times 100$	d	$e = d \times k$	f	$g = e / f$	h	i
menit	div	cm	%	div	kg	cm ²	kg/cm ²	div	mm
0	0	0,000	0,0	0,000	28,260	798,628	0,000	0,000	0,000
0,5	30	0,500	15,0	6,600	28,402	802,641	0,232	-7,500	-0,075
1,0	60	1,000	30,0	13,200	28,545	806,695	0,462	-9,000	-0,090
1,5	90	1,500	44,5	19,580	28,690	810,789	0,682	-10,000	-0,100
2,0	120	2,000	54,0	23,760	28,837	814,926	0,824	-10,500	-0,105
2,5	150	2,500	61,0	26,840	28,985	819,105	0,926	-10,800	-0,108
3,0	180	3,000	67,0	29,480	29,134	823,327	1,012	-10,800	-0,108
3,5	210	3,500	73,0	32,120	29,285	827,593	1,097	-9,500	-0,095
4,0	240	4,000	76,0	33,440	29,438	831,904	1,136	-8,500	-0,085
4,5	270	4,500	79,5	34,980	29,592	836,259	1,182	-6,500	-0,065
5,0	300	5,000	81,0	35,640	29,747	840,661	1,198	-4,000	-0,040
5,5	330	5,500	84,0	36,960	29,905	845,109	1,236	-2,500	-0,025
6,0	360	6,000	86,0	37,840	30,064	849,604	1,259	-1,000	-0,010
6,5	390	6,500	89,0	39,160	30,225	854,147	1,296	1,000	0,010
7,0	420	7,000	90,0	39,600	30,387	858,739	1,303	2,000	0,020
7,5	450	7,500	91,0	40,040	30,551	863,381	1,311	3,000	0,030
8,0	480	8,000	78,0	34,320	30,717	868,073	1,117	12,400	0,124
8,5	510	8,500	75,0	33,000	30,885	872,817	1,068	16,000	0,160
9,0	540	9,000	62,0	27,280	31,055	877,613	0,878	18,000	0,180

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

2 kg									
Waktu	Peralihan Horizontal	Peralihan Horizontal	Regangan	Pemb. Dial Beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Teg. Geser	Pergerakan Vertikal	
								Pemb. Dial	Pergerakan Vertikal
a	b	b	$c = (b / D) \times 100$	d	$e = d \times k$	f	$g = e / f$	h	i
menit	div	cm	%	div	kg	cm ²	kg/cm ²	div	mm
0	0	0,000	0,0	0,000	28,260	798,628	0,000	0,000	0,000
0,5	30	0,500	16,0	7,040	28,402	802,641	0,248	-51,000	0,510
1,0	60	1,000	26,0	11,440	28,545	806,695	0,401	-55,000	0,550
1,5	90	1,500	38,5	16,940	28,690	810,789	0,590	-58,000	0,580
2,0	120	2,000	52,0	22,880	28,837	814,926	0,793	-61,000	0,610
2,5	150	2,500	64,0	28,160	28,985	819,105	0,972	-63,500	0,635
3,0	180	3,000	74,0	32,560	29,134	823,327	1,118	-66,000	0,660
3,5	210	3,500	79,0	34,760	29,285	827,593	1,187	-66,000	0,660
4,0	240	4,000	82,5	36,300	29,438	831,904	1,233	-66,000	0,660
4,5	270	4,500	85,0	37,400	29,592	836,259	1,264	-66,000	0,660
5,0	300	5,000	88,0	38,720	29,747	840,661	1,302	-65,500	0,655
5,5	330	5,500	88,0	38,720	29,905	845,109	1,295	-65,000	0,650
6,0	360	6,000	88,5	38,940	30,064	849,604	1,295	-64,000	0,640
6,5	390	6,500	92,0	40,480	30,225	854,147	1,339	-64,000	0,640
7,0	420	7,000	96,0	42,240	30,387	858,739	1,390	-62,500	0,625
7,5	450	7,500	98,0	43,120	30,551	863,381	1,411	-61,500	0,615
8,0	480	8,000	100,0	44,000	30,717	868,073	1,432	-62,500	0,625
8,5	510	8,500	92,0	40,480	30,885	872,817	1,311	-60,000	0,600
9,0	540	9,000	81,0	35,640	31,055	877,613	1,148	-58,500	0,585
9,5	570	9,500	67,0	29,480	31,227	882,461	0,944	-55,000	0,550

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

3 kg									
Waktu	Peralihan Horizontal	Peralihan Horizontal	Regangan	Pemb. Dial Beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Teg. Geser	Pergerakan Vertikal	
								Pemb. Dial	Pergerakan Vertikal
a	b	b	$c = (b / D) \times 100$	d	$e = d \times k$	f	$g = e / f$	h	i
menit	div	cm	%	div	kg	cm ²	kg/cm ²	div	mm
0	0	0,000	0,0	0,000	28,260	798,628	0,000	0,000	0,000
0,5	30	0,500	19,0	8,360	28,402	802,641	0,294	-98,000	0,980
1,0	60	1,000	35,0	15,400	28,545	806,695	0,539	-102,000	1,020
1,5	90	1,500	49,0	21,560	28,690	810,789	0,751	-104,000	1,040
2,0	120	2,000	61,0	26,840	28,837	814,926	0,931	-105,500	1,055
2,5	150	2,500	71,5	31,460	28,985	819,105	1,085	-107,500	1,075
3,0	180	3,000	80,0	35,200	29,134	823,327	1,208	-109,000	1,090
3,5	210	3,500	87,5	38,500	29,285	827,593	1,315	-110,000	1,100
4,0	240	4,000	92,5	40,700	29,438	831,904	1,383	-111,500	1,115
4,5	270	4,500	97,0	42,680	29,592	836,259	1,442	-111,800	1,118
5,0	300	5,000	99,5	43,780	29,747	840,661	1,472	-112,000	1,120
5,5	330	5,500	102,0	44,880	29,905	845,109	1,501	-112,500	1,125
6,0	360	6,000	106,0	46,640	30,064	849,604	1,551	-112,500	1,125
6,5	390	6,500	108,5	47,740	30,225	854,147	1,580	-112,300	1,123
7,0	420	7,000	109,0	47,960	30,387	858,739	1,578	-112,300	1,123
7,5	450	7,500	108,5	47,740	30,551	863,381	1,563	-112,000	1,120
8,0	480	8,000	111,5	49,060	30,717	868,073	1,597	-111,000	1,110
8,5	510	8,500	104,0	45,760	30,885	872,817	1,482	-108,000	1,080
9,0	540	9,000	95,0	41,800	31,055	877,613	1,346	-108,000	1,080
9,5	570	9,500	91,0	40,040	31,227	882,461	1,282	-107,000	1,070

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



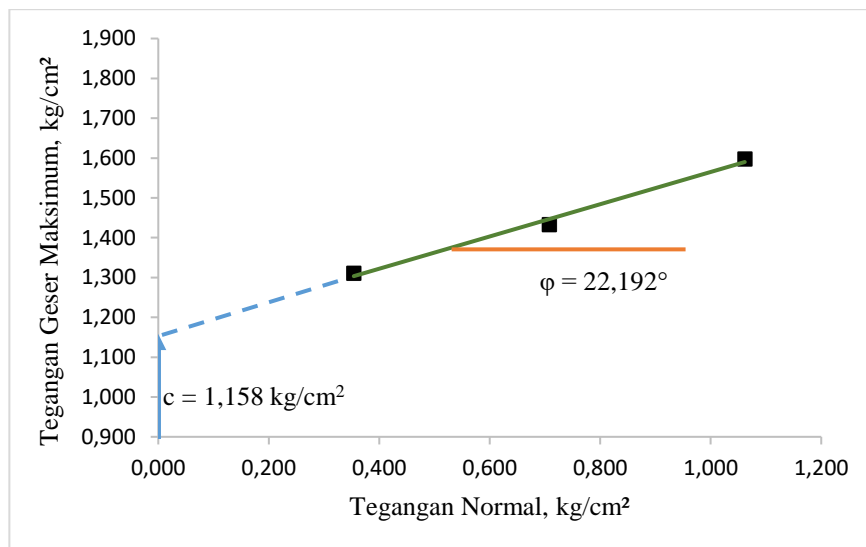
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 1

Penggesean	Simbol	Satuan	Sampel 1		
			I	II	III
Beban Normal		kg	1	2	3
Tegangan Normal	σ	kg/cm ²	0,354	0,708	1,062
Tegangan Geser Maksimum	τ	kg/cm ²	1,311	1,432	1,597



Tanah Asli Sampel 1		
Uraian	Satuan	Hasil
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	22,192
Kohesi (c)	kg/cm ²	1,158

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

Kadar Air					
Uraian	Rumus	Satuan	Sampel 2		
			1 kg	1 kg	1 kg
Berat Cawan	W_1	gram	13	13	13
Berat Cawan + Tanah Basah	W_2	gram	37,38	37,38	37,38
Berat Cawan + Tanah Kering	W_3	gram	31,42	31,42	31,42
Berat Air	$W_w = W_2 - W_3$	gram	18,42	18,42	18,42
Berat Tanah Kering	$W_s = W_3 - W_1$	gram	5,96	5,96	5,96
Kadar Air	$w = (W_w / W_s) \times 100\%$	%	32,36	32,36	32,36

Pengukuran Awal					
Uraian	Simbol	Satuan	Sampel 2		
			1 kg	1 kg	1 kg
Diameter	D	cm	6	6	6
Tinggi	H	cm	2	2	2
Berat Tanah	W	gram	104,9	104,9	104,9
Luas	A	cm ²	28,26	28,26	28,26
Volume	V	cm ³	56,52	56,52	56,52
Berat Isi Basah	γ	gram/cm ³	1,856	1,856	1,856
Berat Isi Kering	γ_d	gram/cm ²	1,415	1,415	1,415
Kalibrasi Alat	k	kg/div	0,44	0,44	0,44
Kecepatan		mm/menit	0,624	0,624	0,624

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

1 kg									
Waktu	Peralihan Horizontal	Peralihan Horizontal	Regangan	Pemb. Dial Beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Teg. Geser	Pergerakan Vertikal	
								Pemb. Dial	Pergerakan Vertikal
a	b	b	$c = (b / D) \times 100$	d	$e = d \times k$	f	$g = e / f$	h	i
menit	div	cm	%	div	kg	cm ²	kg/cm ²	div	mm
0	0	0,000	0,0	0,000	28,260	798,628	0,000	0,000	0,000
0,5	30	0,500	15,0	6,600	28,402	802,641	0,232	-2,000	0,020
1,0	60	1,000	30,0	13,200	28,545	806,695	0,462	-2,000	0,020
1,5	90	1,500	44,5	19,580	28,690	810,789	0,682	-3,000	0,030
2,0	120	2,000	54,0	23,760	28,837	814,926	0,824	-4,500	0,045
2,5	150	2,500	61,0	26,840	28,985	819,105	0,926	-7,000	0,070
3,0	180	3,000	67,0	29,480	29,134	823,327	1,012	-7,500	0,075
3,5	210	3,500	73,0	32,120	29,285	827,593	1,097	-7,500	0,075
4,0	240	4,000	76,0	33,440	29,438	831,904	1,136	-6,500	0,065
4,5	270	4,500	79,5	34,980	29,592	836,259	1,182	-5,500	0,055
5,0	300	5,000	81,0	35,640	29,747	840,661	1,198	-2,000	0,020
5,5	330	5,500	84,0	36,960	29,905	845,109	1,236	2,000	0,020
6,0	360	6,000	86,0	37,840	30,064	849,604	1,259	6,000	0,060
6,5	390	6,500	89,0	39,160	30,225	854,147	1,296	13,000	0,130
7,0	420	7,000	90,0	39,600	30,387	858,739	1,303	15,500	0,155
7,5	450	7,500	94,0	41,360	30,551	863,381	1,354	17,500	0,175
8,0	480	8,000	88,0	38,720	30,717	868,073	1,261	19,000	0,190
8,5	510	8,500	85,0	37,400	30,885	872,817	1,211	21,000	0,210
9,0	540	9,000	82,0	36,080	31,055	877,613	1,162	23,000	0,230

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

2 kg									
Waktu	Peralihan Horizontal	Peralihan Horizontal	Regangan	Pemb. Dial Beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Teg. Geser	Pergerakan Vertikal	
								Pemb. Dial	Pergerakan Vertikal
a	b	b	$c = (b / D) \times 100$	d	$e = d \times k$	f	$g = e / f$	h	i
menit	div	cm	%	div	kg	cm ²	kg/cm ²	div	mm
0	0	0,000	0,0	0,000	28,260	798,628	0,000	0,000	0,000
0,5	30	0,500	16,0	7,040	28,402	802,641	0,248	-51,000	0,510
1,0	60	1,000	26,0	11,440	28,545	806,695	0,401	-55,000	0,550
1,5	90	1,500	38,5	16,940	28,690	810,789	0,590	-58,000	0,580
2,0	120	2,000	52,0	22,880	28,837	814,926	0,793	-61,000	0,610
2,5	150	2,500	64,0	28,160	28,985	819,105	0,972	-63,500	0,635
3,0	180	3,000	74,0	32,560	29,134	823,327	1,118	-66,000	0,660
3,5	210	3,500	79,0	34,760	29,285	827,593	1,187	-66,000	0,660
4,0	240	4,000	82,5	36,300	29,438	831,904	1,233	-66,000	0,660
4,5	270	4,500	85,0	37,400	29,592	836,259	1,264	-66,000	0,660
5,0	300	5,000	88,0	38,720	29,747	840,661	1,302	-65,500	0,655
5,5	330	5,500	88,0	38,720	29,905	845,109	1,295	-65,000	0,650
6,0	360	6,000	88,5	38,940	30,064	849,604	1,295	-64,000	0,640
6,5	390	6,500	92,0	40,480	30,225	854,147	1,339	-66,000	0,660
7,0	420	7,000	96,0	42,240	30,387	858,739	1,390	-67,500	0,675
7,5	450	7,500	98,0	43,120	30,551	863,381	1,411	-70,000	0,700
8,0	480	8,000	101,0	44,440	30,717	868,073	1,447	-72,000	0,720
8,5	510	8,500	104,0	45,760	30,885	872,817	1,482	-74,000	0,740
9,0	540	9,000	94,0	41,360	31,055	877,613	1,332	-71,000	0,710
9,5	570	9,500	89,0	39,160	31,227	882,461	1,254	-70,000	0,700
10,0	600	10,000	84,0	36,960	31,400	887,364	1,177	-68,000	0,680

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

3 kg									
Waktu	Peralihan Horizontal	Peralihan Horizontal	Regangan	Pemb. Dial Beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Teg. Geser	Pergerakan Vertikal	
								Pemb. Dial	Pergerakan Vertikal
a	b	b	$c = (b / D) \times 100$	d	$e = d \times k$	f	$g = e / f$	h	i
menit	div	cm	%	div	kg	cm ²	kg/cm ²	div	mm
0	0	0,000	0,0	0,000	28,260	798,628	0,000	-99,000	-0,990
0,5	30	0,500	22,0	9,680	28,402	802,641	0,341	-105,500	1,055
1,0	60	1,000	38,0	16,720	28,545	806,695	0,586	-107,500	1,075
1,5	90	1,500	51,5	22,660	28,690	810,789	0,790	-109,000	1,090
2,0	120	2,000	64,0	28,160	28,837	814,926	0,977	-110,000	1,100
2,5	150	2,500	75,0	33,000	28,985	819,105	1,139	-111,500	1,115
3,0	180	3,000	86,0	37,840	29,134	823,327	1,299	-111,800	1,118
3,5	210	3,500	94,0	41,360	29,285	827,593	1,412	-112,000	1,120
4,0	240	4,000	100,0	44,000	29,438	831,904	1,495	-112,500	1,125
4,5	270	4,500	103,5	45,540	29,592	836,259	1,539	-112,500	1,125
5,0	300	5,000	107,0	47,080	29,747	840,661	1,583	-112,300	1,123
5,5	330	5,500	110,0	48,400	29,905	845,109	1,618	-112,300	1,123
6,0	360	6,000	113,0	49,720	30,064	849,604	1,654	-112,000	1,120
6,5	390	6,500	115,0	50,600	30,225	854,147	1,674	-111,000	1,110
7,0	420	7,000	115,5	50,820	30,387	858,739	1,672	-112,000	1,120
7,5	450	7,500	115,5	50,820	30,551	863,381	1,663	-108,000	1,080
8,0	480	8,000	115,5	50,820	30,717	868,073	1,654	-107,000	1,070

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



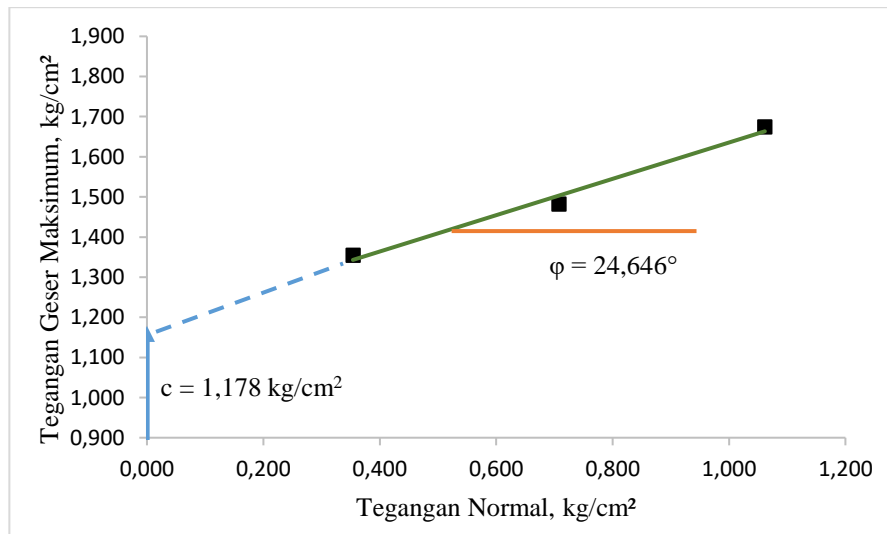
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 22 November 2022
 Sample : Tanah Asli Sampel 2

Peggeseran	Simbol	Satuan	Sampel 2		
			I	II	III
Beban Normal		kg	1	2	3
Tegangan Normal	σ	kg/cm ²	0,354	0,708	1,062
Tegangan Geser Maksimum	τ	kg/cm ²	1,354	1,482	1,674



Tanah Asli Sampel 2		
Uraian	Satuan	Hasil
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	24,646
Kohesi (c)	kg/cm ²	1,178

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

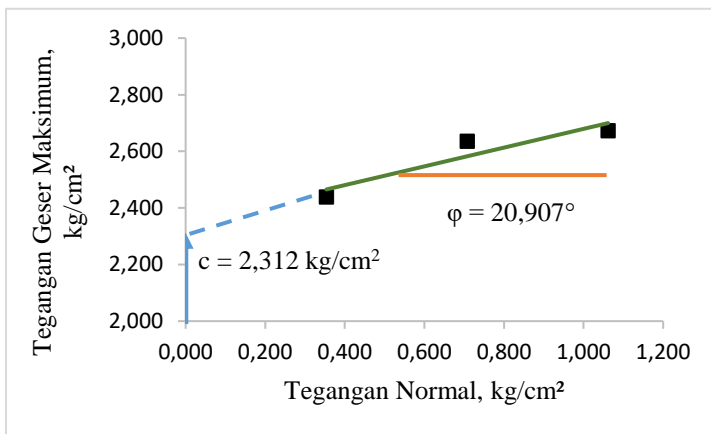


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

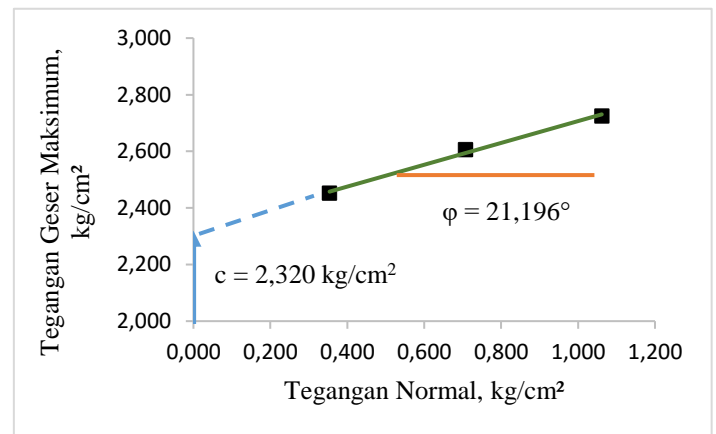
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
Tanggal : 29 November 2022
Sample : Tanah Asli + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	$^{\circ}$	20,907	21,196	21,051
Kohesi (c)	kg/cm ²	2,312	2,320	2,316

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

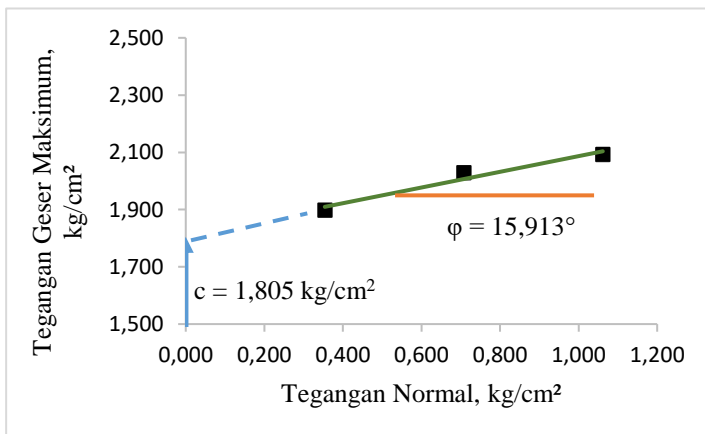


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

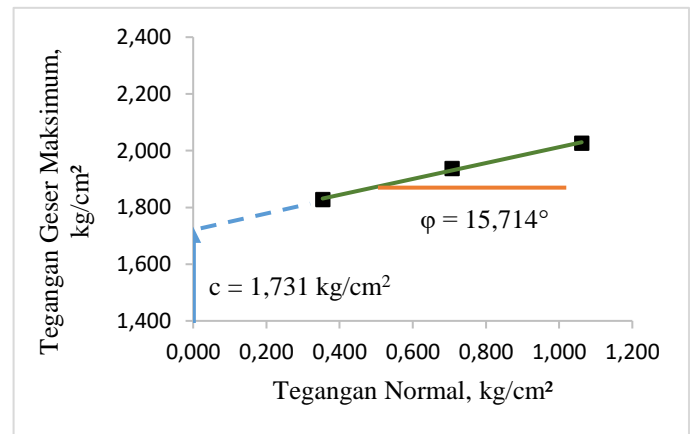
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 26 November 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 1,5% Pemeraman 1 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 1,5% Pemeraman 1 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	$^{\circ}$	15,913	15,714	15,813
Kohesi (c)	kg/cm ²	1,805	1,731	1,768

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

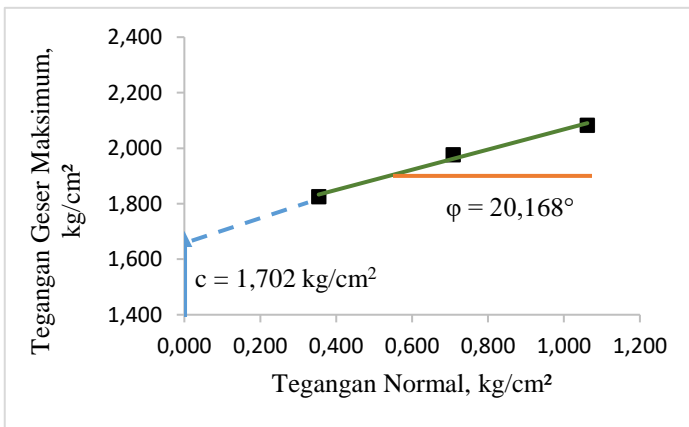


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

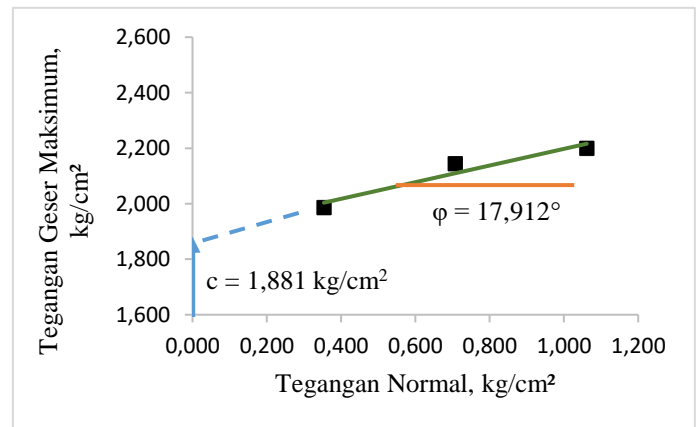
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 26 November 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 3% Pemeraman 1 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 3% Pemeraman 1 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	$^{\circ}$	20,168	17,912	19,040
Kohesi (c)	kg/cm ²	1,702	1,881	1,791

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

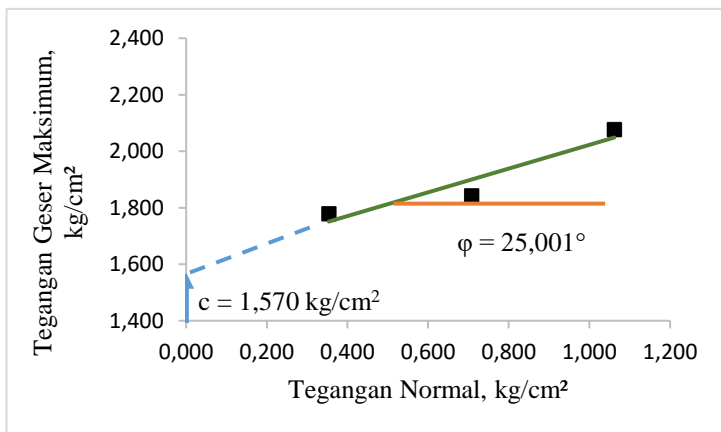


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

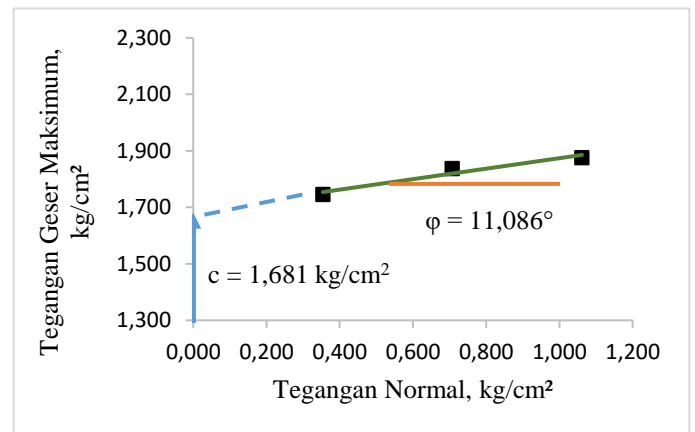
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 26 November 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 5% Pemeraman 1 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 5% Pemeraman 1 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	25,001	11,086	18,043
Kohesi (c)	kg/cm ²	1,570	1,681	1,625

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

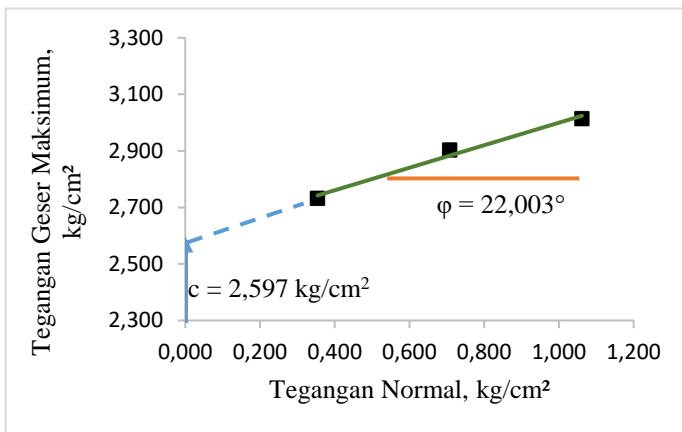


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

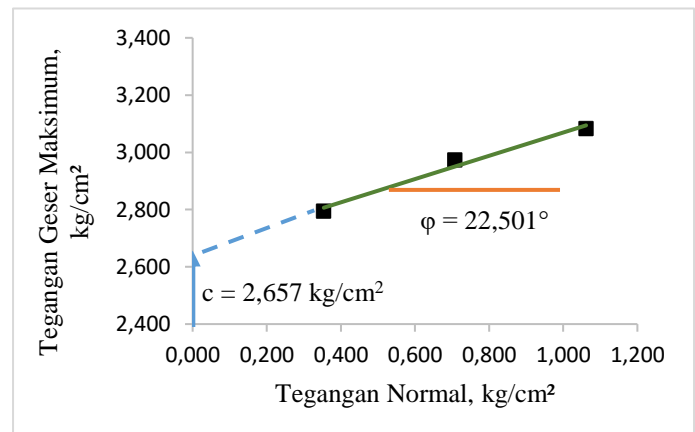
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 1 Desember 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base 07* 1,5% + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 1,5% + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	22,003	22,501	22,252
Kohesi (c)	kg/cm ²	2,597	2,657	2,627

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

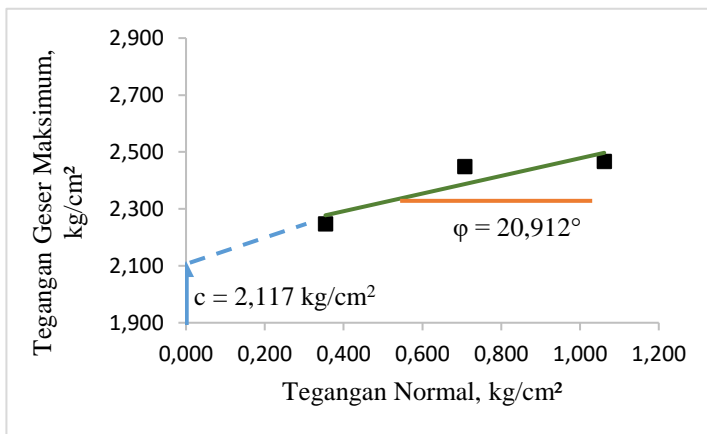


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

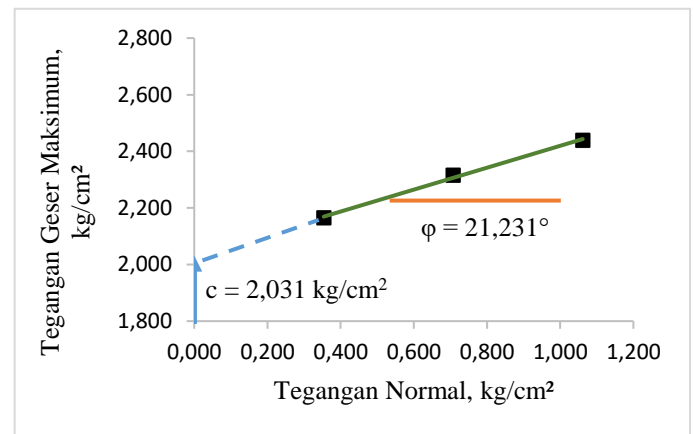
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 1 Desember 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 3% + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 3% + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	20,912	21,231	21,071
Kohesi (c)	kg/cm ²	2,117	2,031	2,074

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

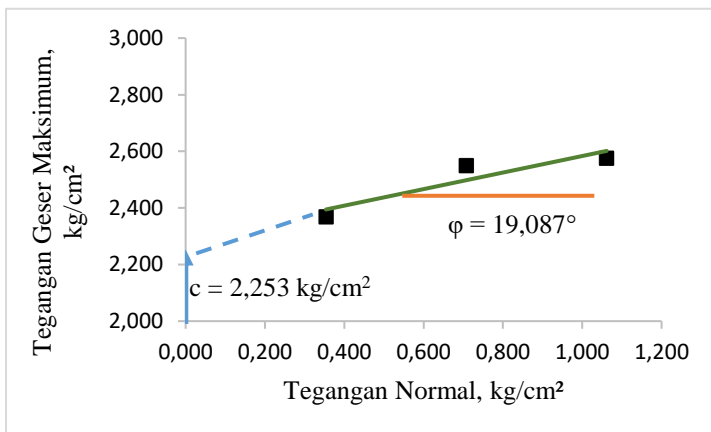


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

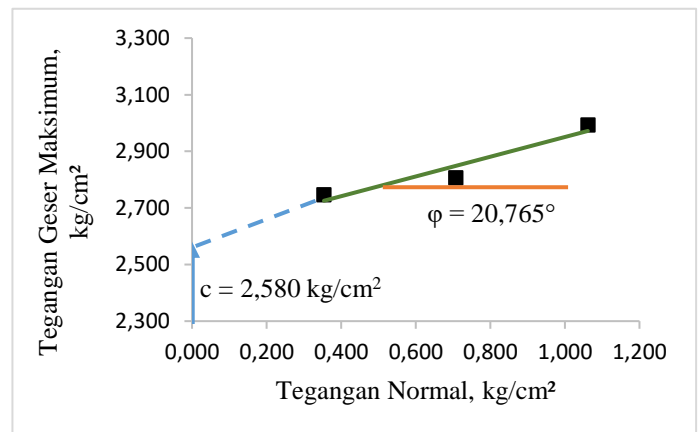
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 1 Desember 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 5% + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 5% + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	19,087	20,765	19,926
Kohesi (c)	kg/cm ²	2,253	2,580	2,417

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

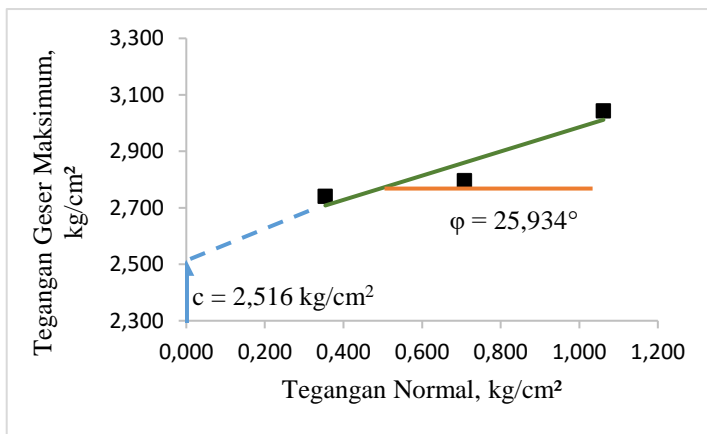


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

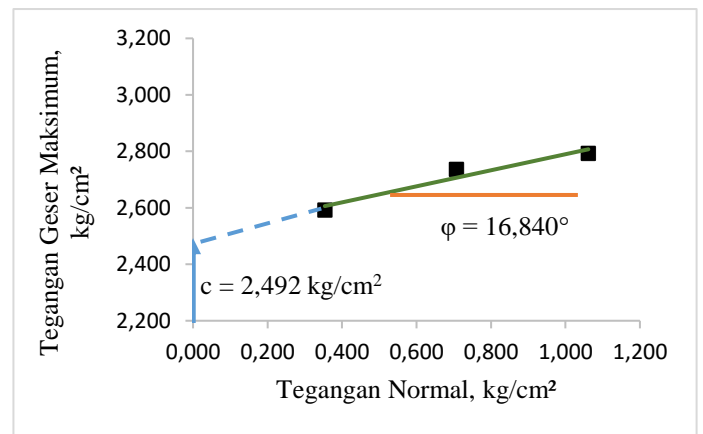
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080**

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 28 November 2022
 Sample : Tanah Asli + Kapur 4% Pemeraman 5 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + Kapur 4% Pemeraman 5 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	$^{\circ}$	25,934	16,840	21,387
Kohesi (c)	kg/cm ²	2,516	2,492	2,504

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

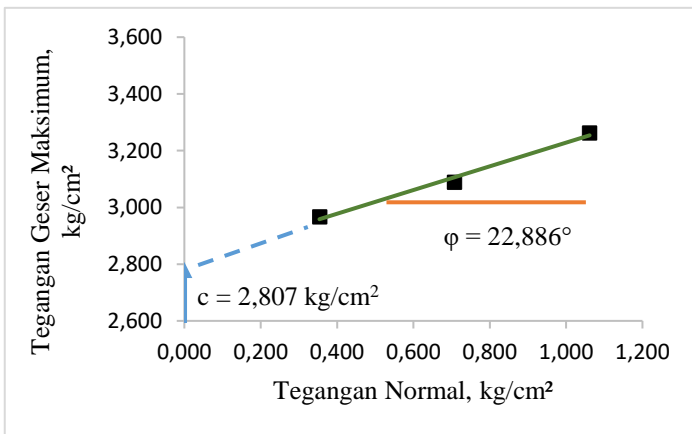


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

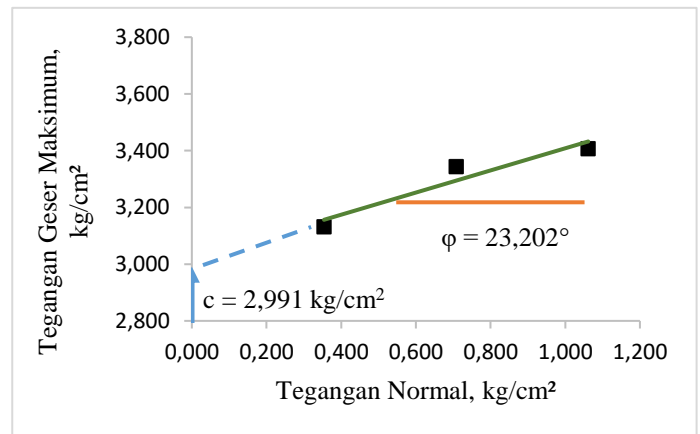
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 29 November 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 1,5% Pemeraman 5 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 1,5% Pemeraman 5 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	22,886	23,202	23,044
Kohesi (c)	kg/cm ²	2,807	2,991	2,899

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

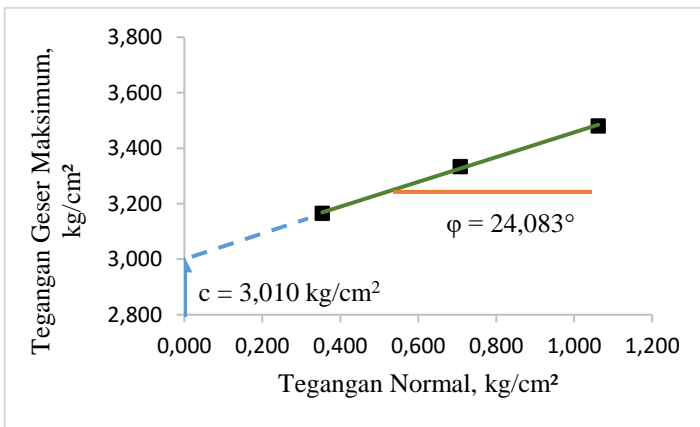


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

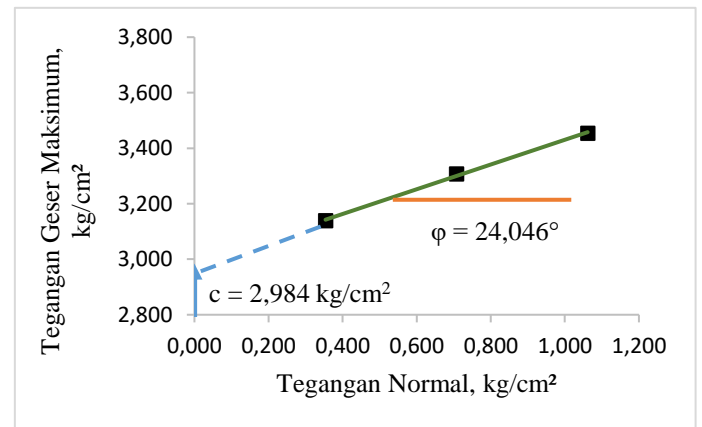
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 29 November 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 3% Pemeraman 5 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 3% Pemeraman 5 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	24,083	24,046	24,065
Kohesi (c)	kg/cm ²	3,010	2,984	2,997

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

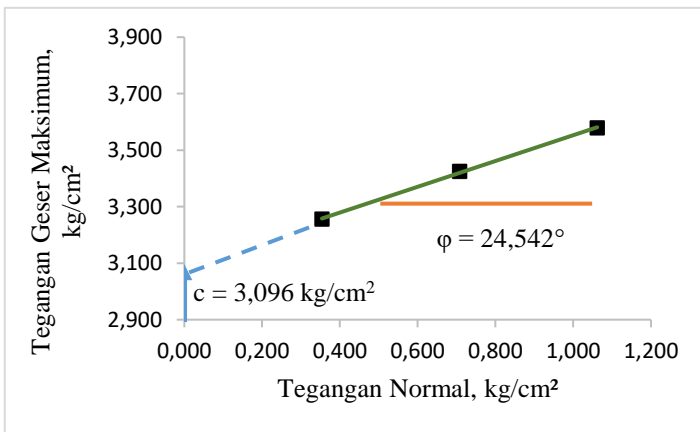


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

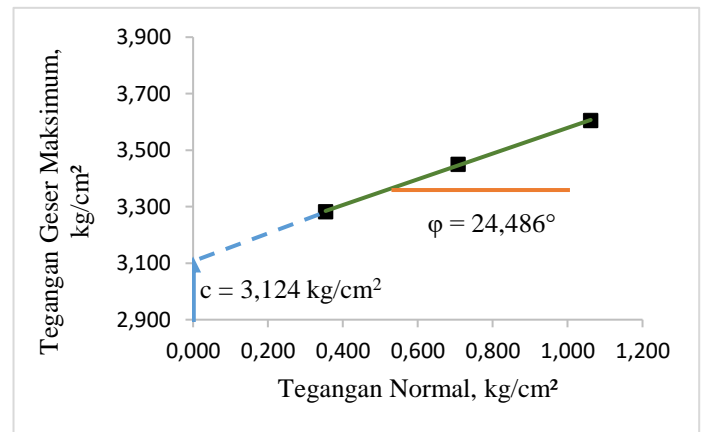
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 29 November 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 5% Pemeraman 5 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 5% Pemeraman 5 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	24,542	24,486	24,514
Kohesi (c)	kg/cm ²	3,096	3,124	3,110

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

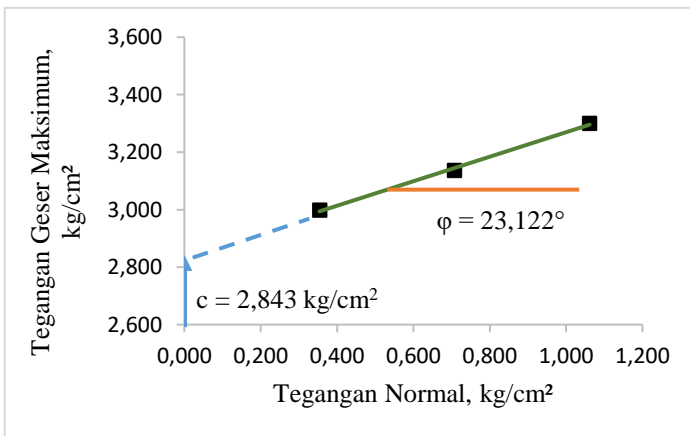


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

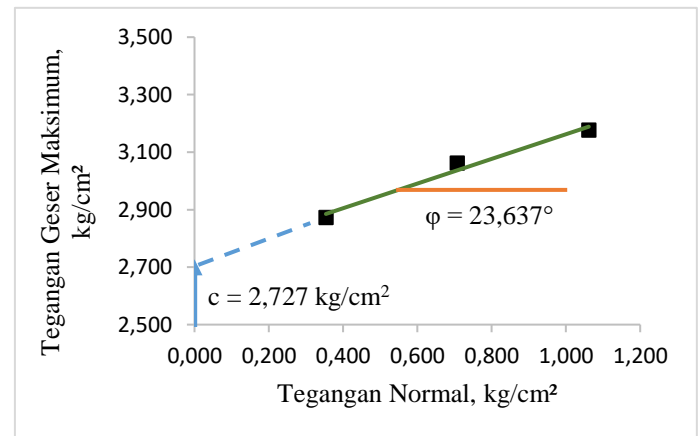
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 8 Desember 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 1,5% + Kapur 4% Pemeraman 5 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 1,5% + Kapur 4% Pemeraman 5 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	23,122	23,637	23,379
Kohesi (c)	kg/cm ²	2,843	2,727	2,785

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

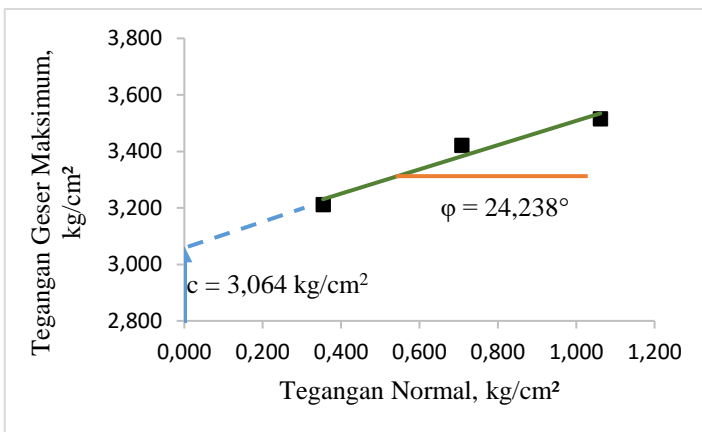


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

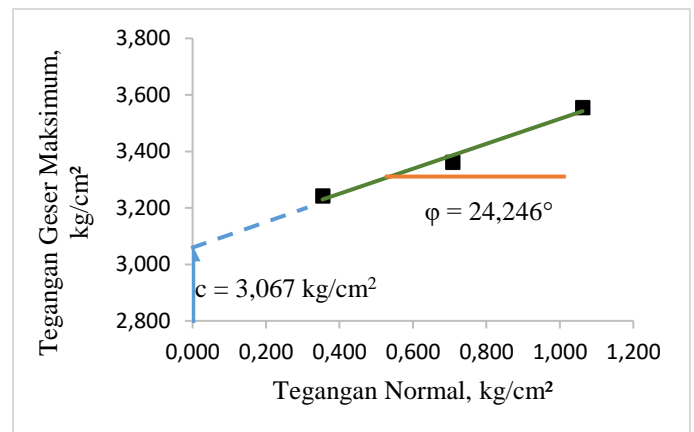
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 8 Desember 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base 07* 3% + Kapur 4% Pemeraman 5 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base 07</i> 3% + Kapur 4% Pemeraman 5 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	°	24,238	24,246	24,242
Kohesi (c)	kg/cm ²	3,064	3,067	3,066

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

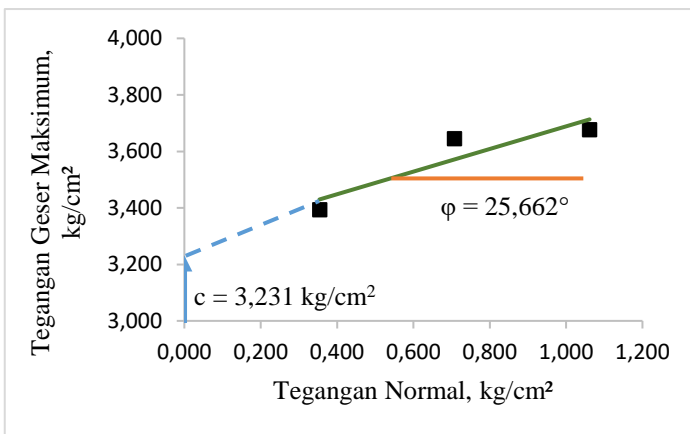


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

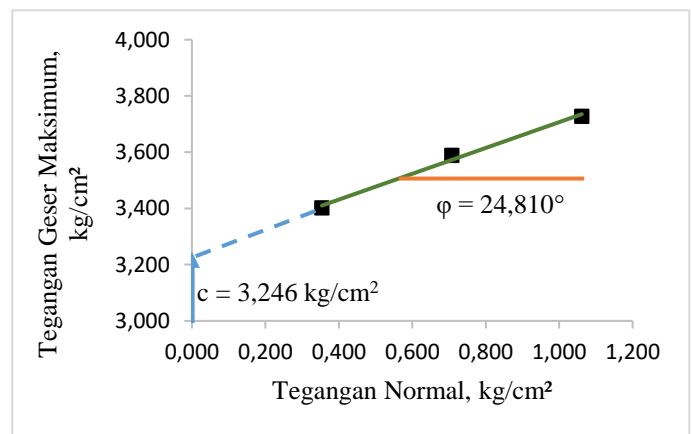
Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : 8 Desember 2022
 Sample : Tanah Asli + *S-base* 07 5% + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari



Sampel 1



Sampel 2

Tanah Asli + <i>S-base</i> 07 5% + Kapur 4% Pemeraman 1 Hari				
Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Sudut Geser Dalam (ϕ)	$^{\circ}$	25,662	24,810	25,236
Kohesi (c)	kg/cm ²	3,231	3,246	3,238

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I. Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)



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 GESER LANGSUNG (*DIRECT SHEAR TEST*)
ASTM D 3080

Proyek : Tugas Akhir
 Lokasi : Desa Sendangsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, DIY.
 Dikerjakan : Muhammad Yusuf Effendi
 Tanggal : Desember 2022
 Sample : Tanah Asli dan Tanah Asli + Bahan Stabilisasi

Pemeraman	Variasi	Koheisi			Sudut Geser Dalam		
		kg/cm ²			°		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
	Tanah Asli	1,158	1,178	1,168	22,192	24,646	23,419
1 Hari	Tanah + Kapur 4%	2,312	2,320	2,316	20,907	21,196	21,051
	Tanah + <i>S-base</i> 07 1.5%	1,805	1,731	1,768	15,913	15,714	15,813
	Tanah + <i>S-base</i> 07 3%	1,702	1,881	1,791	20,168	17,912	19,040
	Tanah + <i>S-base</i> 07 5%	1,570	1,681	1,625	25,001	11,086	18,043
	Tanah + <i>S-base</i> 07 1.5% + Kapur 4%	2,597	2,657	2,627	22,003	22,501	22,252
	Tanah + <i>S-base</i> 07 3% + Kapur 4%	2,117	2,031	2,074	20,912	21,231	21,071
	Tanah + <i>S-base</i> 07 5% + Kapur 4%	2,253	2,580	2,417	19,087	20,765	19,926
5 Hari	Tanah + Kapur 4%	2,516	2,492	2,504	25,934	16,840	21,387
	Tanah + <i>S-base</i> 07 1.5%	2,807	2,991	2,899	22,886	23,202	23,044
	Tanah + <i>S-base</i> 07 3%	3,010	2,984	2,997	24,083	24,046	24,065
	Tanah + <i>S-base</i> 07 5%	3,096	3,124	3,110	24,542	24,486	24,514
	Tanah + <i>S-base</i> 07 1.5% + Kapur 4%	2,843	2,727	2,785	23,122	23,637	23,379
	Tanah + <i>S-base</i> 07 3% + Kapur 4%	3,064	3,067	3,066	24,238	24,246	24,242
	Tanah + <i>S-base</i> 07 5% + Kapur 4%	3,231	3,246	3,238	25,662	24,810	25,236

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Mekanika Tanah

D.I.Yogyakarta, 25 Januari 2023
 Peneliti

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

(Muhammad Yusuf Effendi)

