TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN MATOS DAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH BERBUTIR HALUS DITINJAU DARI NILAI KUAT GESER DAN PERMEABILITAS

(THE EFFECT OF MATOS AND FLY ASH AS THE STABILIZATION OF FINE GRAINED SOIL REVIEWED BY SHEAR STRENGTH AND PERMEABILITY)

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

Fachrudin aditya
14511204

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2019

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENGGUNAAN MATOS DAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH BERBUTIR HALUS DITINJAU DARI NILAI KUAT GESER DAN PERMEABILITAS

(THE EFFECT OF MATOS AND FLY ASH AS THE STABILIZATION OF FINE GRAINED SOIL REVIEWED BY SHEAR STRENGTH AND PERMEABILITY)

Disusun Oleh

Fachrudin Aditya
14 511 204

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Muh Rifqi Abdurrozak, M.Eng	**Hanindya Kusuma A, S.T., M,T**	**Edy Purwanto, Dr. Ir.,DEA**
NIK: 13511101	**NIK: 045110407**	**NIK:855110101**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 4 april 2021
Yang membuat pernyataan,



Fachrudin Aditya
(14511204)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi rabilalamin puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, kasih, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Matos Dan *Fly Ash* Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ditinjau Dari Nilai Kuat Geser Dan Permeabilitas. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, doa, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Muhammad Rifqi Abdurozzak,S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan koreksi, arahan, saran dan dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Hanindya Kusuma Artati,S.T., M.T, Dr.Ir. Edy Purwanto CES.,DEA. Yang telah menguji, memberi saran, koreksi, dan masukan yang membangun.
3. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Orang tua dan seluruh keluarga penulis yang telah rela berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.
5. Pihak Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia yang telah membatu dalam proses penelitian yang dilalui penulis.
6. Kepada pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan oleh penulis satu persatu, terimakasih atas dukungan dan doanya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki banyak kesalahan dan jauh dari sempurna. Semoga di kemudian hari hasil penelitian ini dapat bermanfaat.

Yogyakarta, 4 juli 2021
Penulis,



Fachrudin aditya
14511204

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xii
ABSTRAK xiv
ABSTRACT xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Batasan Masalah 2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Tinjauan Umum 4
2.2 Penelitian Terdahulu 4
2.2.1 Stabilisasi Tanah Menggunakan Limbah *Fly Ash* 4
2.2.2 Stabilisasi Tanah Menggunakan kapur dan matos. 5
2.2.3 Stabilisasi Tanah Menggunakan kapur dan *Fly ash* 6
2.2.4 Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung 6
2.2.5 Pengaruh Pencampuran *FlyAsh* Dan *Gypsum* Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai Kuat Geser Dan Permeabilitas 7
Stabilisasi menggunakan kapur dan matos 8

Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung 8
Pengaruh Pencampuran *FlyAsh* Dan *Gypsum* Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai Kuat Geser Dan Permeabilitas 8
BAB III LANDASAN TEORI 10
3.1 Tanah 10
3.1.1 Defenisi Umum 10
3.1.2 Klasifikasi Tanah 11
3.1.3 Tanah Lempung 15
3.2 Stabilisasi Tanah 16
3.3 *Fly Ash* 16
3.4 Matos 17
3.5 Sifat Fisik Tanah 19
3.5.1 Kadar Air (w) 19
3.5.2 Berat Volume Basah (γb) 19
3.5.3 Berat Volume Kering (γd) 19
3.5.4 Berat Jenis atau Spesific Gravity (Gs) 20
3.5.5 Analisis Ukuran Butiran 21
3.5.6 Batas-Batas Atterberg 22
3.6 Uji Pemadatan (Proktor Standar) 25
3.7 Triaksial UU 26
3.8 Uji Permeabilitas 30
BAB IV METODE PENELITIAN 33
4.1 Tinjauan Umum 33
4.2 Benda Uji 33
4.3 Bahan Yang Digunakan 35
4.4 Peralatan Yang Digunakan 35
4.5 Lokasi Penelitian 35
4.6 Tahapan Penelitian 35
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 39
5.1 Hasil Penelitian 39
5.1.1 Pengujian Kadar Air 39
5.1.2 Pengujian Berat Volume 40

5.1.3 Pengujian Berat Jenis 40
5.1.4 Pengujian Batas-Batas *Atterberg* 41
5.1.5 Pengujian Analisis Ukuran Butiran 46
5.1.6 Pengujian Proktor Standar 51
5.1.7 Pengujian Triaksial UU 56
5.1.8 Pengujian Permeabilitas 61
5.2 Pembahasan 62
5.2.1 Tanah Asli 62
5.2.2 Tanah Asli Dengan Bahas Stabilisasi 67
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 76
6.1 Kesimpulan 76
6.2 Saran 77
DAFTAR PUSTAKA 78
LAMPIRAN 80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan
Tabel 3.1 Kelompok Tanah Berdasarkan USCS 11
Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah Menurut USCS 12
Tabel 3.3 Sistem Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO 14
Tabel 3.4 Persyaratan Kimia *Fly Ash* 17
Tabel 3.6 Macam-Macam Tanah Berdasarkan Berat Jenis (Gs) 20
Tabel 3.7 Susunan Saringan Menurut Standar Amerika 21
Tabel 4.1 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian 33
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli 39
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli 40
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli 40
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 1 41
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 2 42
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Pengujian Batas Cair Tanah Asli 43
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli 44
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli 45
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas Tanah Asli 45
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Analisis Saringan Sampel 1 46
Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Hidrometer Sampel 1 47
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Sampel 2 47
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Hidrometer Sampel 2 48
Tabel 5. 14 Persentase Butiran Tanah Asli 50
Tabel 5.15 Berat Volume Tanah Basah Sampel 1 51
Tabel 5.16 Berat Volume Tanah Basah Sampel 2 52
Tabel 5. 17 Berat Volume Tanah Kering Dan Kadar Air Sampel 1 53
Tabel 5. 18 Berat Volume Tanah Kering Dan Kadar Air Sampel 2 54
Tabel 5.19 Kepadatan Kering Maksimum Dan Kadar Air Optimum Tanah Asli 56

Tabel 5.20 Tegangan Utama dan Tegangan Geser Maksimal Pada Tanah Asli 57
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli 58
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli Yang Distabilisasi Pemeraman 1 Hari 59
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli Yang Distabilisasi Pemeraman 7 Hari 60
Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Pengujian Triaksial UU 61
Tabel 5.25 Hasil Rekapitulasi Pengujian Permeabilitas Falling-Head 62
Tabel 5.26 Divisi Utama Tanah Asli Berdaasarkan USCS 63
Tabel 5.27 Klasifikasi Kelompok Tanah Asli Berdasarkan USCS 64
Tabel 5.28 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan AASHTO 66
Tabel 5.29 Pengaruh Penambahan Fly Ash dan matos Terhadap Nilai Kohesi Tanah Asli 67
Tabel 5.30 Pengaruh Penambahan matos dan flyash Terhadap Nilai Sudut Geser Tanah Asli 70
Tabel 5.31 Pengaruh Penambahan matos dan Fly Ash Terhadap Tegangan Geser Pada Tegangan Keliling 1 kg/cm² 72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Variasi Volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susut 23

Gambar 3.2 Grafik Penentuan Batas Cair 24

Gambar 3.3 Grafik Hubungan Kadar Air Dan Berat Volume Kering Tanah 26

Gambar 3.5 Skema Pengujian Triaksial 27

Gambar 3.6 Prinsip Pengujian Permeabilitas *Falling-Head* 31

Gambar 5. 1 Grafik Batas Cair Sampel 1 43

Gambar 5.2Grafik Batas Cair Sampel 2 43

Gambar 5. 3 Grafik Analisa Distribusi Butiran Tanah Sampel 1 49

Gambar 5. 4 Grafik Analisa Distribusi Butiran Tanah Sampel 1 50

Gambar 5. 5 Grafik Uji Proktor Standar Sampel 1 55

Gambar 5. 6Grafik Uji Proktor Standar Sampel 2 55

Gambar 5. 7 Grafik Tegangan-Regangan Triaksial UU Tanah Asli 57

Gambar 5.8 Grafik Lingkaran Mohr Tanah Asli Sampel 1 58

Gambar 5.9 Grafik Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan USCS 64

Gambar 5.10 Pengaruh Penambahan Matos Terhadap Nilai Kohesi Tanah Dengan Kadar flyash Sebesar 10% 68

Gambar 5.11 Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Kohesi 69

Gambar 5.12 Pengaruh Penambahan matos Terhadap Nilai Sudut Geser Tanah Dengan Kadar flyash Sebesar 10% 70

Gambar 5. 13 Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Sudut Geser Tanah 71

Gambar 5.14 Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Tegangan Geser Geser Tanah Dengan Kadar matos Sebesar 3% 5%, dan 7% 73

Gambar 5.15 Pengaruh Penambahan Matos dan Fly Ash Terhadap Permeabilitas Tanah Asli Pemeraman 7 Hari 74

Gambar 5. 16Pengaruh Penambahan Matos dan Fly Ash Terhadap Permeabilitas Tanah Asli Pemeraman 7 hari 74

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AASHTO = *American Association of State Highway and Transportation Classification*

ASTM = *American Standard Testing And Machine*

C = Kohesi

GI = *Group Index*

Gs = *Spesific Gravity* (Berat Jenis)

K = Koefisien Permeabilitas

PLTU = Pembangkit Listrik Tenaga Uap

USCS = *Unified Soils Classification System*

UU = *Unconsolidated-Undrained*

W = Kadar Air

Ws = Berat Tanah

Ww = Berat Air

σ = Tegangan Normal Pada Bidang Runtuh

τ = Tegangan Geser

Ɣb = Berat Volume Tanah Basah

Ɣd = Berat Volume Tanah Kering

Gs = berat jenis

γs = berat tanah

γw = volume total tanah

D = diameter butiran

L = kedalaman hidrometer

K = fungsi dari Gs dan μ

μ = kekentalan air absolut

Gs = gravitasi khusus

m1 = berat tanah jenuh

m2 = berat tanah kering oven

v1 = volume tanah jenuh dalam cawan

v2 = volume tanah kering oven

γw	= berat volume air
PL	= indeks plastisitas
LL	= batas cair
PL	= batas plastis
τ	= tegangan geser (pada saat runtuh)
σ	= tegangan normal
c	= kohesi
φ	= sudut geser-internal
k	= koefisien permeabilitas (cm/s)
a	= luas pipa pengukur (cm^2)
h	= perbedaan tinggi pada sembarang waktu t (cm)
A	= luas potongan melintang benda uji (cm^2)
L	= panjang benda uji atau panjang pengaliran (cm)

ABSTRAK

Pada umumnya tanah pada suatu konstruksi berfungsi untuk menahan semua beban diatasnya. Di Dusun Jogotamu Desa Loano Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo, tanah lempung dapat ditemukan dimana saja. Berdasarkan karakteristiknya tanah lempung memiliki kembang susut yang tinggi dan daya dukung yang rendah sehingga menyebabkan tanah lempung menjadi tidak stabil untuk dijadikan sebagai tanah dasar sebuah konstruksi. Untuk memperbaiki sifat buruk tanah lempung tersebut dapat dilakukan stabilisasi menggunakan bahan kimia seperti *fly ash* dan matos. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan stabilisasi tanah juga merupakan upaya pemanfaatan limbah dari PLTU yang berdampak buruk terhadap lingkungan .

Pada penelitian ini sampel tanah lempung distabilisasi dengan *fly ash* sebesar 10% dan matos sebesar 3%, 5%, dan 7% dari berat kering tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* dan matos sebagai bahan stabilisasi terhadap parameter kuat geser dan permeabilitas tanah. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian propertis tanah, pengujian Triaksial *UU*, dan pengujian permeabilitas *Falling-Head*.

Hasil penelitian ini menunjukan tanah lempung dari Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo dikategorikan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi berdasarkan klasifikasi *USCS* dan tanah berlempung dengan sifat sedang sampai buruk berdasarkan klasifikasi *AASHTO*. Berdasarkan pengujian Triaksial *UU* didapatkan nilai kohesi tanah asli sebesar 2,09 kg/cm² dengan sudut geser dalam sebesar 44,891º. Nilai kohesi terbesar terdapat pada variasi penambahan 10% *fly ash* + 5% matos pemeraman 1 hari yaitu sebesar 5,5375 kg/cm² dengan nilai sudut geser dalam sebesar 39,383°. Berdasarkan pengujian permeabilitas *Falling-Head* didapatkan nilai koefisien permeabilitas tanah asli sebesar 6,362 x 10^{-8} cm/s. Nilai koefisien permeabilitas terkecil terdapat pada variasi penambahan 10% *fly ash* dan 7% matos yaitu sebesar 0,823 x 10^{-8} cm/s.

Kata kunci: Tanah Lempung, *Fly Ash*, Matos, Triaksial *UU*, *Falling-Head*.

ABSTRACT

Essentially, Soil in a construction holds all the loads on it. Located in Jagotamu, Loano, Loano, Purworejo, Central Java clay is available everywhere.Based on the characteristic, clay has high shirnkage and low bearing capacity that make it unable to be used as a basis constraction material. One of the ways to overcome this problem is to stabilize the clay by using chemicals, such as fly ash and matos . In addition, the use of fly ash as the stabilization material utilizes the waste material from PLTU which has a negative impact on the environment.

In this research, clay was stabilized by using fly ash on the variations of 10% and matos 3%, 5%, and 7 % of the dry weight of clay.. This research aimed to determine the effect of using gypsum and fly ash as the soil stabilization material towards strength shear and permeability of soil. The tests were carried out with soil properties test, Triaxial UU test, and Falling-Head permeability test.

The result showed that clay from Jagotamu Hamlet, Loano, Loano, Purworejo were classified as organic clay with moderate to high plasticity based on USCS classification and clay with moderate to bad properties based on AASHTO classification. Based on Trixial UU test showed that the cohesion of clay was 2,09 kg/cm2 with the inner shear angel was 44,891°. The highest cohesion value was obtained from the variation of 10% fly ash and 5% matos with 1 days of curing and the value was 5,375 kg/cm2 with the inner shear angel was 39,383°. Based on Falling-Head permeability test, the permeability coefficient of the original clay was 6,362 x 10^{-8}cm/s. The lowest permeability coefficient was obtained from the variation of 10% fly ash and 7% matos and the value was 0,823 x 10^{-8}cm/s.

***Keywords**: Clay, Fly Ash,Matos, Triaxsial UU, Falling-Head.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu pekerjaan konstruksi tidak terlepas dari material tanah. Menurut Hardiyatmo (2012), tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar. Tanah menjadi salah satu aspek penting dalam perencanaan konstruksi. Hal ini dikarenakan tanah akan menahan semua beban konstruksi yang berada di atasnya. Oleh sebab itu tanah di lokasi konstruksi harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan jenis konstruksi yang akan dibangun

Setiap jenis tanah memiliki sifat fisik dan mekanik yang berbeda-beda. Berdasarkan ukuran butiran, tanah dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu kerikil, pasir, lanau dan lempung. Pada umumnya di indonesia sering dijumpai tanah dengan jenis lempung. Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran butiran yang lebih kecil dari 0,002, memiliki sifat kohesif dan plastis serta sifat kembang susut yang tinggi. Pada musim hujan tanah lempung akan menyerap air yang menyebabkan volume tanah lempung bertambah dan mengembang sedangkan pada musim kemarau tanah lempung akan menyusut dan menyebabkan retak-retak. Sifat kembang susut tersebut menyebabkan tanah lempung tidak stabil dan kurang baik untuk dijadikan sebagai tanah dasar suatu konstruksi. Dari segi daya dukung tanah, tanah lempung juga masih dikategorikan rendah. Maka dari itu perlu dilakukan upaya perbaikan pada tanah lempung. Banyak cara untuk memperbaiki jenis tanah, salah satunya dengan cara stabilisasi.

Stabilisasi tanah lempung dapat dilakukan dengan cara fisis, mekanis maupun kimiawi.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti mencoba untuk melakukan penelitian tentang stabilisasi tanah lempung menggunakan *fly ash* dan *Matos*. Diharapkan

dengan penelitian ini dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik pada tanah lempung dan juga dapat dijadikan solusi untuk mengatasi limbah *fly ash*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana sifat fisik , mekanik dan klasifikasi tanah lempung yang akan distabilisasi ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* dan *matos* sebagai stabilisasi tanah lempung terhadap nilai kuat geser tanah lempung ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* dan *matos* sebagai stabilisasi tanah lempung terhadap nilai permeabilitas tanah lempung ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah lempung yang akan distabilisasi,
2. Mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* dan *matos* sebagai stabilisasi tanah lempung ditinjau dari nilai kuat geser.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* dan *matos*sebagai stabilisasi tanah lempung ditinjau dari nilai permeabilitas.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang digarapkan penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Dapat dijadikan sebagai salah satu metode untuk melakukan stabilisasi pada tanah lempung.
2. Menjadi referensi untuk peneliti selanjutnya tentang penggunaan limbah *fly ash* dan *matos* sebagai bahan stabilisasi tanah.
3. Menjadi inovasi dan solusi untuk mengurangi limbah *fly ash* yang masih menumpuk di *landfill* PLTU.

1.5 Batasan Masalah

Berikut beberapa batasan masalah pada penelitian ini agar penelitian ini teraarah dan tidak menyimpang dari tujuannya.

1. Tanah yang digunakan sebagai sampel penelitian adalah tanah lempung yang berasal dari Kulon Progo,

2. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Tanjung Jati B Unit 1 dan 2,
3. Variasi penggunaan *matos* ditetapkan sebesar 3%, 5%, 7%dari berat kering tanah asli ,
4. Variasi penggunaan *fly ash* di tetapkan konstan sebesar 10% dari berat kering tanah asli

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Stabilisasi tanah secara umum adalah salah satu cara perbaikan tanah buruk di karenakan sifatnya yang mudah lepas, permeabilitas yang tinggi, kembang susut yang tinggi, ataupun sifat-sifat yang di inginkan dengan persyaratan atau pekerjaan kontruksi . Stabilisasi dapat dilakukan dengan cara mekanis dan kimiawi. Stablisasi mekanis dilakukan dengan cara pemadatan tanah atau dengan mengganti tanah asli dengan tanah yang memiliki sifat yang masuk dalam persyaratan kontruksi ,sedangkan stabilisasi tanah kimiawi dilakukan dengan mencampur tanah dengan bahan kimia. Pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan stabilisasi tanah lempung dengan cara kimiawi menggunakan *matos* dan *fly ash* .

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai stabilisasi kimiawi tanah sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian tersebut sangat berguna untuk dijadikan referensi pana penelitian yang akan dilakukan. Berikut beberapa penelitian terdaulu yang telah dilakukan dan perbedaan dengan penelitian Tugas Akhir yang akan dilakukan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

2.2.1 Stabilisasi Tanah Menggunakan Limbah *Fly Ash*

Gunawan dan Fransisko (2011) melakukan penelitian tentang "Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Yang Ramah Lingkungan Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar". Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian laboratorium yang meliputi pengujian fisik stabilisasi tanah dengan abu terbang dan pengujian laboratorium kandungan kimia dan uji TLCP (*Toxicity Characteristic Leasch ate Procedure*) dari abu terbang. Pengujian fisik tanah yang dilakukan berupa uji plastisitas tanah, proktor standar, dan *California Bearing Ratio*. Variasi penambahan abu terbang yaitu sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%. Penambahan kapur sebesar 5% secara konstan untuk setiap variasi penambahan abu terbang.

Waktu pemeraman tanah selama 7 hari dan 28 hari. Hasil pada penelitian ini didapatkan peningkatan maksimum nilai CBR pada variasi penambahan 20% abu terbang dan 5% kapur. Penambahan abu terbang dapat menurunkan sifat plastisitas tanah dan kepadatan kering maksimum serta meningkatkan kadar air optimum tanah. Semakin tinggi penambahan abu terbang maka akan meningkatkan nilai CBR tanah. Dari hasil uji TLCP abu terbang untuk semua kandungan logam berat masih di bawah buku mutu standar Lingkungan Hidup Peraturan Pemerintah nomor 85 Tahun 1999.

2.2.2 Stabilisasi Tanah Menggunakan kapur dan matos.

Prabowo (2018) melakukan penelitian tentang Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur dan Matos Terhadap Kuat Geser dan Konsolidasi Tanah Gambut. Begitu luasnya lahan tanah gambut yang ada di tanah air, maka bangunan sipil yang ada di atas tanah gambut harus diatasi. Untuk mengurangi biaya pembuatan konstruksi sipil di atas tanah gambut. Mencoba menambahkan suatu bahan untuk menstabilkan kondisi tanah gambut tersebut. Tujuan dari penelitian ini mengetahui pengaruh bahan aditif kapur dan matos terhadap sifat – sifat fisik dan mekanis tanah gambut. Variasi campuran bahan aditif untuk kapur yang digunakan 10% terhadap berat kering tanah dengan variasi *stabiliziser* matos sebesar 4%, 6% dan 8% terhadap berat kapur dengan kadar air yang optimum.

Hasil pengujian geser langsung pada tanah asli adalah nilai kohesi sebesar 1,13555 kg/cm^2 dan sudut geser dalam sebesar 31,63348° sehingga didapat nilai kuat geser tanah asli sebesar 1,11885 kg/cm^2. Peningkatan nilai kuat geser terbesar terjadi pada stabilisasi tanah gambut 10% kapur dengan penambahan 4% matos yang diperam selama 30 hari sebesar 1,72704 kg/cm^2 atau sebesar 54,358% dengan nilai kohesi 0,53933 kg/cm^2 dan nilai sudut geser dalam sebesar 49,89193 °.

Hasil pengujian konsolidasi pada tanah asli adalah nilai indeks kompresi Cc rata-rata sebesar 0,9686 dan nilai Pc rata-rata sebesar 1,5775 kg/cm^2. Dari pengujian sampel dengan 10% kapur dari berat tanah kering dan 4%, 6%, 8% matos dari berat kapur yang sudah dilakukan didapat hasil nilai indeks kompresi

(Cc) minimal sebesar 0,51405 pada campuran dengan tambahan 10% kapur dan 6% matos, dan nilai P'c sebesar 2,4225.

2.2.3 Stabilisasi Tanah Menggunakan kapur dan *Fly ash*

Wiqoyah dkk (2014) melakukan penelitian tentang "Pemanfaatan Kapur dan *Fly Ash* Untuk Peningkatan Nilai Parameter Geser Tanah Lempung Dengan Variasi Lama Perawatan". Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan parameter geser tanah lempung Jono Tanon Sragen yang telah didapatkan dengan nilai kohesi (c) sebesar 19,97 kg/cm^2 dan sudut geser dalam (φ) sebesar 2,14^0. Pada penelitian ini dilakukan pengujian Geser Langsung menggunakan campuran kapur dan *fly ash* dengan lama perawatan 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Variasi penambahan kapur dan *fly ash* masing-masing sebesar 2%, 4% dan 6% terhadap berat kering tanah. Hasil penelitian menunjukan penambahan kapur dan *fly ash* dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanis tanah. Nilai indeks plastisitas mengalami penurunan maksimum pada kapur 2% dan fly ash 6% sebesar 32,24% dari tanah asli. Nilai kohesi dan sudut geser dalam pada variasi lama perawatab menunjukan bahwa semakin lama perawatan maka nilai kohesi dan sudut geser dalam semakin meningkat. Penambahan 4% kapur dan 4% *fly ash* dengan lama perawatan sebesar 0,2274 kg/cm^2 dan 38,2628^o meningkat menjadi 0,3065 kg/cm^2 dan 52,5938^o pada lama perawatan 28 hari.

2.2.4 Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung

Polii dkk (2018) dalam penelitian "Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu batu bara terhadap kuat geser tanah lempung dengan variasi campuran sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Hasil penelitian didapatkan bahwa nilai kohesi terbesar terdapat pada penambahan 20% abu batu bara yaitu sebesar 6,3526 t/m^2 sedangkan untuk sudut geser dalam terbesar pada penambahan 15% dan 25% abu batu bara yaitu sebesar 17^o. Tegangan geser terbesar didapatkan pada campuran 25% abu batu bata dengan nilai 12,4899 kN/m^2. Kemudian pada hasil analisis menggunakan program *SLIDE* didapatkan faktor

keamanan sebesar 1,414 pada campuran 0% menjadi 2,194 pada campuran 20% abu batu bara.

2.2.5 Pengaruh Pencampuran *FlyAsh* Dan *Gypsum* Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai Kuat Geser Dan Permeabilitas

Ruli (2018) dalampenelitian pengaruh limbah *Flyash* dan *Gypsum* sebagai bahan stabilisabi terhadap nilai kuat geser dan permeabilitas dengan variasi penambahan 5% *gypsum* dan variasi 8%, 10%, dan 15% *fly ash* terhadap parameter kuat geser tanah. Penambahan variasi 8%, 10%, dan 15% *fly ash* dapat meningkatkan kohesi dan sudut geser dalam tanah asli. Penambahan 5% *gypsum* pada tanah dengan persentase *fly ash* tertentu dapat meningkatkan nilai kohesi dan menurunkan sudut geser dalam tanah dibandingkan dengan variasi *fly ash* saja. Penambahan 5% *gypsum* dan variasi *fly ash* secara bersamaan dapat menaikan nilai kohesi tanah asli dan cenderung menurunkan nilai sudut geser dalam tanah asli seiring dengan lama pemeraman. Peningkatan nilai kohesi dan penurunan sudut geser dalam pada tanah asli dengan variasi 5% *gypsum* terjadi seiring dengan pertambahan persentase *fly ash* dan semakin lama waktu pemeraman namun optimum pada penambahan *fly ash* sebesar 10% kemudian turun pada penambahan 15% *fly ash*. Kohesi terbesar terdapat pada variasi penambahan 5% *gypsum* dan 10% *fly ash* lama pemeraman 7 hari yaitu sebesar 4,195 kg/cm^2 dengan sudut geser dalam sebesar 25,734^o.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

No	Parameter	Wiqoyah dkk (2014)	Parabowo (2018)	Polii dkk (2018)	Ruli (2018)
1	Parameter yang diuji	Pemanfaatan Kapur dan *Fly Ash* Untuk Peningkatan Nilai Parameter Geser Tanah Lempung Dengan Variasi Lama Perawatan	Stabilisasi menggunakan kapur dan matos	Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung	Pengaruh Pencampuran *FlyAsh* Dan *Gypsum* Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Terhadap Nilai Kuat Geser Dan Permeabilitas
2	Bahan Tambah	Variasi masing-masing 2%, 4%, 5%	Variasi penambahan kapur dan matos masing-masing 4%, 6%, 8%.	variasi campuran sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%.	variasi penambahan 5% *gypsum* dan variasi 8%, 10%, dan 15% *fly ash*
3	Pengujian Yang di lakukan	Geser Langsung menggunakan campuran kapur dan *fly ash* dengan lama perawatan 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari	Pengujian geser langsung pada umur 30 hari	Pengaruh penambahan abu batu bara terhadap kuat geser tanah lempung	Stabilisabi terhadap nilai kuat geser dan permeabilitas

4	Hasil Penelitian	Hasil penelitian nilai indeks plastisitas mengalami penurunan maksimum pada kapur 2% dan fly ash 6% sebesar 32,24% dari tanah asli. Nilai kohesi dan sudut geser dalam pada variasi lama perawatab menunjukan bahwa semakin lama perawatan maka nilai kohesi dan sudut geser dalam semakin meningkat. Penambahan 4% kapur dan 4% *fly ash* dengan lama perawatan sebesar 0,2274 kg/cm^2 dan 38,2628^o meningkat menjadi 0,3065 kg/cm^2 dan 52,5938^o pada lama perawatan 28 hari.	Hasil penelitian menunjukan nilai indeks plastisitas mengalami penurunan maksimum pada kapur 2% dan fly ash 6% sebesar 32,24% dari tanah asli. Nilai kohesi dan sudut geser dalam pada variasi lama perawatab menunjukan bahwa semakin lama perawatan maka nilai kohesi dan sudut geser dalam semakin meningkat. Penambahan 4% kapur dan 4% *fly ash* dengan lama perawatan sebesar 0,2274 kg/cm^2 dan 38,2628^o meningkat menjadi 0,3065 kg/cm^2 dan 52,5938^o pada lama perawatan 28 hari.	Hasil penelitian didapatkan bahwa nilai kohesi terbesar terdapat pada penambahan 20% abu batu bara yaitu sebesar 6,3526 t/m^2 sedangkan untuk sudut geser dalam terbesar pada penambahan 15% dan 25% abu batu bara yaitu sebesar 17^o. Tegangan geser terbesar didapatkan pada campuran 25% abu batu bata dengan nilai 12,4899 kN/m^2. Kemudian pada hasil analisis menggunakan program *SLIDE* didapatkan faktor keamanan sebesar 1,414 pada campuran 0% menjadi 2,194 pada campuran 20% abu batu bara.	Peningkatan nilai kohesi dan penurunan sudut geser dalam pada tanah asli dengan variasi 5% *gypsum* terjadi seiring dengan pertambahan persentase *fly ash* dan semakin lama waktu pemeraman namun optimum pada penambahan *fly ash* sebesar 10% kemudian turun pada penambahan 15% *fly ash*. Kohesi terbesar terdapat pada variasi penambahan 5% *gypsum* dan 10% *fly ash* lama pemeraman 7 hari yaitu sebesar 4,195 kg/cm^2 dengan sudut geser dalam sebesar 25,734^o.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

3.1.1 Defenisi Umum

Menurut Das (1988), tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan bahan organik. Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil pelapukan batuan. Pelapukan batuan tersebut disebabkan oleh pelapukan mekanis dan pelapukan kimia. Pada pelapukan mekanis dapat disebabkan oleh memuai dan menyusutnya batuan akibat perubahan panas dan dingin secara terus menerus (cuaca, matahari, dan lain-lain) yang menyebabkan hancurnya batuan. Pada pelapukan kimia, mineral batuan induk diubah menjadi mineral-mineral baru melalui reaksi kimia. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut dengan tanah *residual* sedangkan apabila hasil pelapukan berpindah, maka tanah tersebut disebut dengan tanah terangkut.

Penamaan kerikil, pasir, lanau, dan lempung didasarkan pada ukuran butiran tanah. Istilah-istilah tersebut juga menggambarkan sifat dan karakteristik dari tanah dengan sifat khusus. Bowles (1986) mengklarifikasikan tanah berdasarkan ukuran butiran menjadi beberapa jenis yaitu:

1. berangkal (*boulders*), yaitu batuan yang besar dengan ukuran 250 sampai 300 m. Untuk ukuran 150 sampai 250 mm dinamakan kerakal (*cobbles* atau *peables*),
2. kerikil (*gravel*), yaitu batuan dengan ukuran 5 mm sampai 150 mm,
3. pasir (*sand*), batuan dengan ukuran 0,0074 mm sampai 5 mm,
4. lanau (*silt*), yaitu batuan dengan ukuran 0,002 mm sampai 0,0074 mm,
5. lempung (*clay*), yaitu mineral dengan ukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Mineral ini merupakan sumber utama sifat kohesi dari tanah yang kohesif, dan

6. koloid (*colloid*), yaitu mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm,

3.1.2 **Klasifikasi Tanah**

Das (1998) mendefinisikan sistem klasifikasi tanah adalah suatu system pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda namun memiliki sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah menggunakan pengujian yang sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik yang didapatkan dari hasil pengujian digunakan sebagai parameter penentuan kelompok dan subkelompok klasifikasi tanah. Pada umumnya klasifikasi tanah didasarkan pada uji distibusi analisa dan plastisitas.

Ada 2 sistem klarifikasi tanah yang sering digunakan pada umumnya yaitu:

1. Sistem Klasifikasi *Unified Soils Classification System* (USCS)

   Sistem *Unified* mendefinisikan tanah menjadi 2:

   a. berbutir kasar jika lebih dari 50% tertahan pada saringan no.200 dan
   b. berbutir halus jika lebih dari 50% lolos pada saringan no.200.

   Selain itu, tanah juga diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok pada sistem *Unified* yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Kelompok Tanah Berdasarkan USCS

Jenis Tanah	Prefiks	Subkelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
Pasir	S	Gradasi Buruk	P
Lanau	M	Berlanau	M
Lempung	C	Berlempung	C
Organia	O	WL < 50%	L
Gambut	Pt	WL > 50%	H

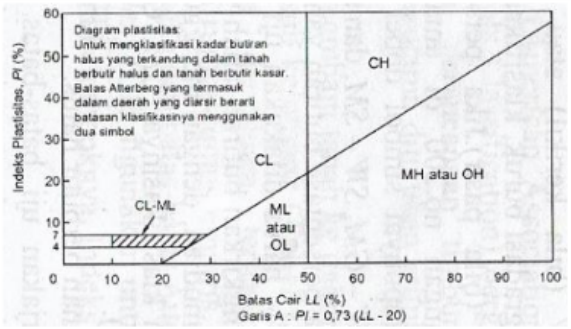
(Sumber: Das (1986))

Prefiks : Tanah Utama

Sufiks : Subdivisi dalam kelompok

Adapun pengelompokan sistem klasisfikasi tanah menurut USCS secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah Menurut USCS

<table>
<tr><th colspan="3">Divisi Utama</th><th>Simbol Kelompok</th><th>Nama Jenis</th><th rowspan="2"></th><th colspan="2">Kriteria laboratorium</th></tr>
<tr><td rowspan="8">Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)</td><td rowspan="4">Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)</td><td rowspan="2">Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)</td><td>GW</td><td>Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus</td><td rowspan="8">Klasifikasi berdasarkan prosentase 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 memenuhi simbol dobel</td><td colspan="2">$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} x D_{60}}$ antara 1 dan 3</td></tr>
<tr><td>GP</td><td>Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus</td><td colspan="2">Tidak memenuhi kriteria untuk GW</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kerikil banyak kandungan butiran halus</td><td>GM</td><td>Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir - lempung</td><td>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7</td><td rowspan="2">Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol</td></tr>
<tr><td>GC</td><td>Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir - lempung</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Pasir lebih dari 50 % fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)</td><td rowspan="2">Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)</td><td>SW</td><td>Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus</td><td colspan="2">$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} x D_{60}}$ antara 1 dan 3</td></tr>
<tr><td>SP</td><td>Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus</td><td colspan="2">Tidak memenuhi kriteria untuk SW</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kerikil banyak kandungan butiran halus</td><td>SM</td><td>Pasir berlanau, campuran pasir – lanau</td><td>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7</td><td rowspan="2">Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol</td></tr>
<tr><td>SC</td><td>Pasir berlempung, campuran pasir – lempung</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)</td><td colspan="2" rowspan="3">Lanau dan lempung batas cair 50 % atau kurang</td><td>ML</td><td>Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung</td><td rowspan="6" colspan="3">
</td></tr>
<tr><td>CL</td><td>Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (“lean clays”)</td></tr>
<tr><td>OL</td><td>Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Lanau dan lempung batas cair > 50 %</td><td>MH</td><td>Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis</td></tr>
<tr><td>CH</td><td>Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (“fat clays”)</td></tr>
<tr><td>OH</td><td>Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi</td></tr>
<tr><td colspan="3">Tanah dengan kadar organik tinggi</td><td>P_t</td><td>Gambut (“peat”) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi</td><td colspan="3">Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488</td></tr>
</table>

(Sumber: Hardiyatmo, 2012)

2. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Classification* (AASHTO)

Sistem Klasifikasi ASSHTO mengklasifikasikan tanah menjadi 7 kelompok mulai dari A-1 sampai A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dengan 35% atau kurang dari jumlah butiran lolos saringan no.200 sedangkan tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-4, A-5, A-6, dan A-7 adalah tanah berbutir dengan lebih 35% dari jumlah butiran tanah lolos saringan no.200. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap "Indeks Kelompok (*group index*)" dengan persamaan 3.1

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

GI = indeks kelompok (*group index*)

F = persen butiran lolos saringan no.200

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Adapun pengelompokan tanah berdasarkan klasifikasi ASSHTO dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Sistem Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO

Klasifikasi Umum	Bahan-Bahan (35% atau kurang melalui No.200)							Bahan-Bahan Lanau-Lempung (Lebih dari 35% melalui no.200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5, A-7-6
Analisis Saringan Persen Melalui											
No.10	50 maks										
No.40	30 maks	50 maks	51 maks								
No.200	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Karakteristik fraksi melalui No.40											
Batas Cair				40 maks	41 min	40 maks	41 maks				
Indeks Plastisitas	6 maks		N.P	10 maks	10 maks	11 min	10 maks				
Indeks Kelompok	0	0	0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batuan, kerikil dan pasir		Pasir Halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Tingkatan umum sebagian tanah dasar	Sangat baik sekali sampai baik							Sedang sampai buruk			

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

3.1.3 **Tanah Lempung**

Terzaghi & Ralph (1987) dalam buku "Mekanikal Tanah dan Praktek Rekayasa", menyatakan bahwa tanah liat atau lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Tanah liat atau lempung mempunyai sifat permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Lempung atau tanah liat adalah suatu silika hidraaluminium yang kompleks dengan rumus kimia $Al_2O_3nSi_2kH_2O$ dimana n dan k merupakan nilai numerik molekul yang terikat dan bervariasi untuk masa yang sama. Mineral lempung mempunyai daya tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya, ada atau tidaknya air (selama pengeringan) dapat menghasilkan perubahan volume dan kekuatan yang besar. Partikel – partikel lempung juga mempunyai tenaga tarik antar partikel yang sangat kuat yang untuk sebagian menyebabkan kekuatan yang sangat tinggi pada suatu bongkahan kering (batu lempung).

Tanah lempung merupakan partikel – partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm. partikel lempung dapat berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus sehingga tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Diantaranya terdiri dari kelompok : *Mintmorillonite, Illite* dan *Kaolinite*.

Montmorillonote, disebut juga dengan smectite adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembaran silika dan satu lembaran aluminium (gibbsite). Tanah yang mengandung montmorillonite sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air. *Illite* adalah bentuk mineral lempung yang terdiri dari mineral-mineral kelompok illite. Bentuk susanan dasarnya terdiri dari sebuah lembaran aluminium oktahedra yang terikat diantara dua lembaran silika tertrahedra. Susunan illite tidak mengembang oleh gerakan air diantara lembaran-lembarannya. *Kaolinite* merupakan mineral dari kelompok kaolin, teridiri dari sususan satu lembaran silika

tetrahedra dengan satu lembaran aluminium oktahedra. Mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengannya untuk menghasilkan pengembangan atau penyutusan pada sel satuannya.

3.2 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah tindakan yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik tanah agar memenuhi syarat tertentu. Tindakan tersebut dapat berupa menambah kepadatan tanah, menambahkan material tidak aktif agar nilai kohesi dan kuat geser tanah meningkat, menambah material untuk menyebabkan perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah, menurunkan muka air tanah dan mengganti tanah-tanah yang buruk. Menurut Bowles (1986), stabilisasi tanah merupakan salah satu atau kombinasi dari pekerjaan berikut:

1. stabilisasi Mekanis, yaitu pemadatan dengan berbagai jenis peralatan seperti mesin gilas (*roller*), benda-benda berat yang dijatuhkan, eksplosif, tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan, dan sebagainya, dan
2. stabilisasi Kimiawi menggunakan bahan pencampur, yaitu penambahan kerikil untuk tanah kohesif, lempung untuk tanah berbutir kasar, dan pencampur kimia seperti semen portland, gamping, abu batu bara, dan sebagainya.

3.3 *Fly Ash*

Fly ash adalah hasil residu pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Unsur silika dan alumina yang cukup tinggi memberikan sifat *pozzolan* pada *fly ash*. *Fly ash* dikelompokan menjadi 3 berasarkan persentase silika dan alumina yang terkandung di dalamnya. Menurut SNI 2460-2014 *fly ash* dikelompokan menjadi 3 yaitu:

1. kelas N, yaitu pozzolan alam mentah atau telah dikalnisasi memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas N, misalnya beberapa tanah *diatomae* (hasil lapukan), batu rijang opalan dan serpih, batu apung, tufa dan abu vulkanik dan berbagai bahan yang memerlukan kalnisasi,

2. kelas F, yaitu abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran antrasit atau batubara *bituminous* tetapi juga bisa dari batubara *subbitumnous* dan *lignite*, dan
3. kelas C, yaitu abu terdang dari hasil pembakaran batubara *subbitumnous* dan *lignite*, namun juga bisa dari pembakaran antrasit atau batubara *bituminous*. Abu terbang kelas C mengandung lebih dari 10 % kalsium oksida (CaO).

Adapun persyaratan kimia dari abu terbang berdasarkan kelas dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.4 Persyaratan Kimia *Fly Ash*

Uraian	Kelas		
	N	F	C
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$, min (%)	70	70	50
SO_3 maks (%)	4	5	5
Kadar air, maks (%)	3	3	3
Hilang pijar maks (%)	10	6	6

(Sumber: SNI 2460-2014)

3.4 Matos

Matos adalah bahan stabilisasi dan pemadatan (solidifikasi) tanah dan juga sebagai zat additive untuk mempertahankan fungsi terutama kesuburannya, produk ini berupa material serbuk halus atau tepung yang terdiri dari komposisi logam dan garam atau mineral anorganik dan lain-lain.

Fungsi Matos apabila tanah kita lihat secara mikroskopis, maka pada permukaan tanah tersebut terdapat lapisan air yang tipis, maka pada permukaan tanah tersebut terdapat lapisan air yang tipis, kira-kira ketebalannya 0,5 m. lapisan ini memiliki kekuatan yang luar biasa, diperkirakan sekitar 2.000 kg untuk setiap 1 cm2, untuk memindahkan lapisan air ini dibutuhkan energi yang besar. Sifat air yang melekat ini agak berbeda dengan air biasa yang kita ketahui. 1 cc = 1 gram pada suhu 40 °C untuk air normal, tetapi air ini adalah 1 cc = 1,4 gram. Air ini dapat bergerak dengan arah horizontal tetapi tidak dapat bergerak secara vertikal. Air inilah yang menghambat semen menjadi keras. Terbentuknya humus adalah dengan melarutnya tanaman-tanaman yang sudah mati kedalam air yang menempel pada

permukaan tanah dan humus (humic acid/RCOOH) ini menghambat terjadinya kontak antra kation kalsium (Ca^{2+}) pada semen dan anion (-) dari partikel-partikel tanah.

Pada saat penggunaan Matos, harus melarutkannya kedalam air pada tingkat kelarutan (molaritas) 10%. Beragamnya komponen Matos memperlemah fungsi negative dari humus dan akan menurunkan kadar humus itu sendiri. Kemudian, kation kalsium (Ca^{2+}) pada semen dapat menempel langsung dipermukaan tanah. Matos melarutkan asam humus (humus acid) yang terdapat di dalam tanah serta menghilangkan efek penghambatan ikatan ion, sehingga partikel tanah menjadi lebih mudah bermuatan ion negative (anion), sehingga kation Ca^{2+} dapat mengikat langsung dengan mudah pada partikel tanah.

Matos membantu menyuplai lebih banyak ion pengganti dan membentuk senyawa asam alumunium silica sehingga membentuk struktur sarang lebah 3 dimensi diantara partikel-partikel tanah. Kalau pencampuran semen yang mengadung sulfur (SO_3) dengan tanah tidak melibatkan Matos, maka ketika bercampur dengan air tanah atau terkena air hujan akan menghasilkan sulfuric acid yang menyebabkan terjadinya keretakan, dimana reaksi kimianya sebagai berikut : $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$. Hal ini akan berbeda jika Matos dilibatkan, dimana pada saat terjadi pengikatan semen pada partikel tanah dan mengering karena reaksi dehidrasi, akan terbentuk kristal-kristal yang muncul diantara campuran semen yang mengikat partikel tanah. Kristal-kristal tersebut menyerupai jarum-jarum, secara intensif akan bertambah banyak dan membesar yang nantinya membentuk rongga-rongga mikron yang bisa menyerap air (porositas), sehingga tidak akan terjadi keretakan.

3.5 Sifat Fisik Tanah

Suatu tanah memiliki sifat fisik yang berbeda-beda. Sifat fisik tersebut dapat dijadikan data awal dalam perencanaan konstruksi. Sifat fisik tanah tersebut dapat diperoleh dengan beberapa pengujian yaitu:

3.5.1 Kadar Air (w)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air (Ww) dengan berat butiran padat (Ws) yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar air dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2 di bawah ini.

$$w = \frac{W_w}{W_s}\ x\ 100\% \qquad (3.2)$$

keterangan,

w = kadar air (%)

w_w = berat air (gr)

w_s = berat tanah (gr)

3.5.2 Berat Volume Basah (γb)

Berat volume basah adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V). Nilai berat volume basah dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.3 di bawah ini.

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

keterangan,

γb = berat volume basah (gr/cm^3)

W = berat tanah basah (gr)

V = volume total tanah (cm^3)

3.5.3 **Berat Volume Kering (γd)**

Berat volume kering adalah perbandingan antara berat butiran tanah (Ws) dengan volume total tanah (V). Nilai berat volume kering dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.4 di bawah ini.

$$\gamma d = \frac{Ws}{V} \qquad (3.4)$$

keterangan,

γd = berat volume kering (gr/cm^3)

W = berat tanah (gr)

V = volume total tanah (cm^3)

3.5.4 Berat Jenis atau Spesific Gravity (Gs)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γs) dengan berat volume air (γw). Nilai berat volume kering dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 di bawah ini.

$$Gs = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \qquad (3.5)$$

keterangan,

Gs = berat jenis

γs = berat tanah (gr/cm^3)

γw = volume total tanah (gr/cm^3)

Macam-macam tanah berdasarkan berat jenis (Gs) dapat dilihat pada Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6 Macam-Macam Tanah Berdasarkan Berat Jenis (Gs)

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

(Sumber : Hardiyatmo 2012)

3.5.5 **Analisis Ukuran Butiran**

Analisa ukuran butiran adalah penentuan persentase berat butiran tanah yang tertahan pada satu unit saringan dengan ukuran diameter tertentu. Pengujian analisa ukuran butiran dilakukan untuk mengetahui besarnya ukuran butiran tanah. Ukuran butiran tanah ini menentukan sifat-sifat tanah tersebut. Besarnya ukuran butiran tanah juga dijadikan salah satu dasar menentukan nama dan klasifikasi tanah.

1. Tanah Berbutir Kasar

   Pengujian analisis butiran untuk tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaring menggunakan susunan satu unit saringan standar. Berat tanah tertahan pada masing-masing nomor saringan ditimbang, kemudian dihitung persentase terhadap berat kumulatif tanah. Adapun nomor-nomor saringan beserta ukurannya dapat dilihat pada Tabel 3.7 di bawah.

Tabel 3.7 Susunan Saringan Menurut Standar Amerika

No.Saringan	Diameter Lubang (mm)	No.Saringan	Diameter Lubang (mm)
3	6,35	40	0,42
4	4,75	50	0,30
6	3,35	60	0,25
8	2,46	70	0,21
10	2,00	100	0,15
16	1,18	140	0,106
20	0,85	200	0,075
30	0,60	270	0,053

(Sumber : Hardiyatmo 2012)

2. Tanah Berbutir Halus

   Distribusi butiran untuk tanah berbutir halus dilakukan dengan cara sedimentasi (pengendapan). Pengujian tersebut dinamakan dengan pengujian Hidrometer. Pengujian ini didasarkan pada hukum Stokes yang berkenaan dengan kecepatan pengendapan butiran pada larutan suspensi. Biasanya pengujian hidrometer dilakukan pada butiran tanah yang lolos saringan no.200. Tanah benda uji sebelumnya dibebaskan dari zat organik, kemudian tanah

dilarutkan kedalam destilasi yang dicampuri dengan bahan pendeflokulasi (*deflocculating agent*) yang dapat berupa *sodium hexanetaphospate*. Penambahan bahan deflokulasi dilakukan agar partikerl-partikel menjadi bagian yang terpisah satu sama lain. Kemudian larutan suspensi ditempatkan pada tabung hidrometer.

Kecepatan pengendapan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 dan 3.6 di bawah ini.

$$D(mm) = K\sqrt{\frac{L(cm)}{t(menit)}} \quad (3.5)$$

$$K = \sqrt{\frac{30\mu}{Gs-1}} \quad (3.6)$$

keterangan,

D = diameter butiran (mm)

L = kedalaman hidrometer (cm)

K = fungsi dari Gs dan μ

μ = kekentalan air absolut (g.det/cm^2)

Gs= gravitasi khusus

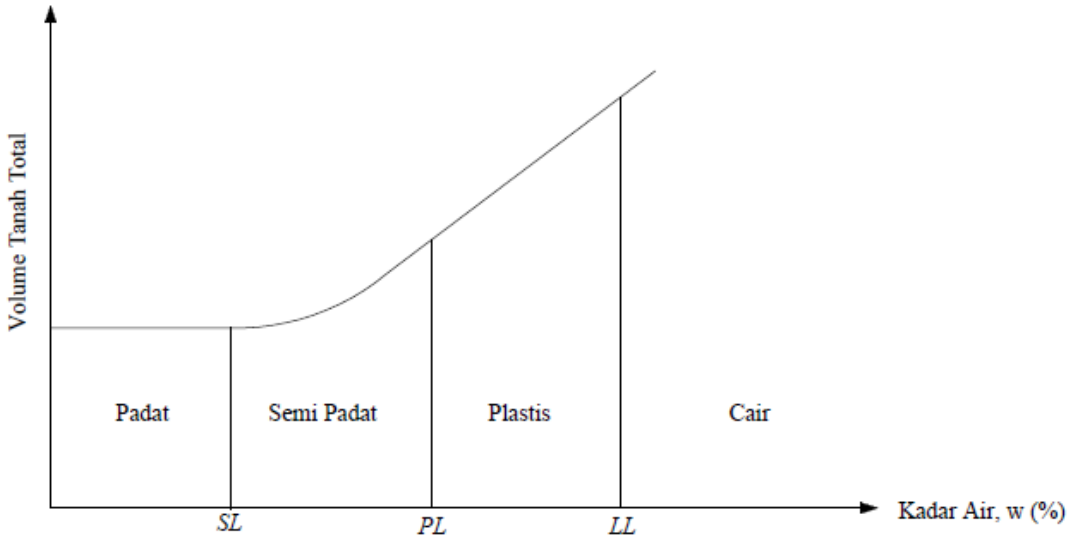
3.5.6 **Batas-Batas Atterberg**

Suatu tanah dengan kadar air tertentu dapat berbentuk cair, plastis, semi padat atau padat. Kondisi fisik tanah berbutir halus pada kadar air teretntu disebut dengan konsistensi (Hardiyatmo, 2012). Konsistensi pada tanah bergantung pada mineral lempung didalamnya.Mineral lempung inilah yang membuat sifat plastisitas pada tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah untuk berubah bentuk pada volume yang konstan tanpa adanya retak-retak.

Atterberg (1911) dalam Hardiyatmo (2012) mengenalkan cara untuk mendapatkan batas-batas konsistensi dari tanah dengan mempertimbangkan kadar

air tanah. Batas-batas tersebut terdiri dari batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*).

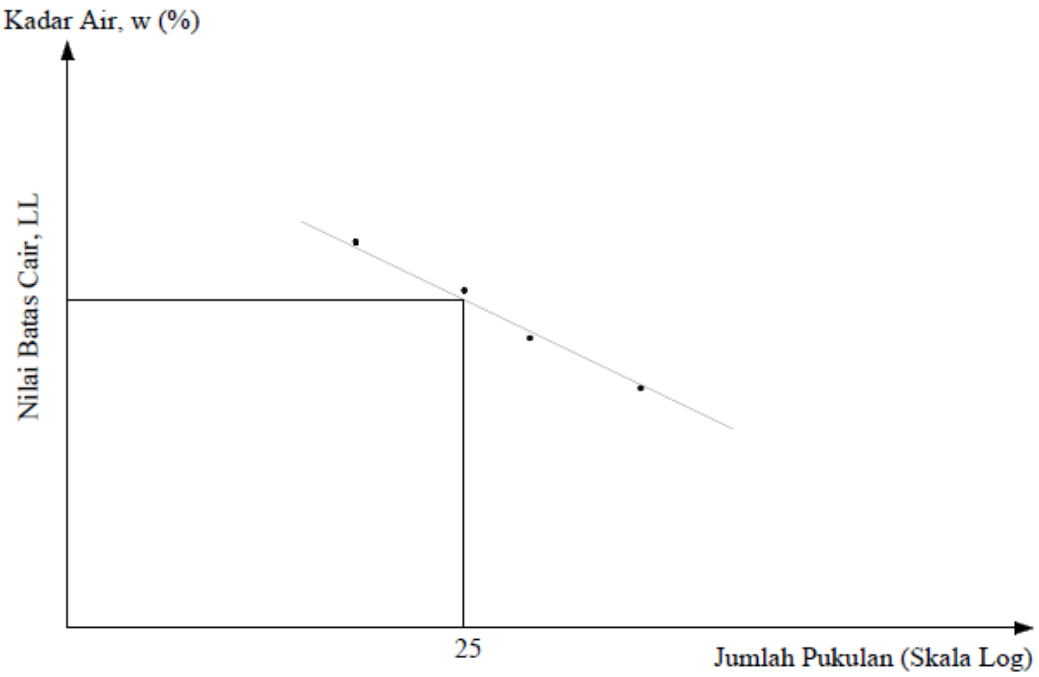
Variasi volume dan kadar air tanah pada kondisi batas cair, batas plastis, dan batas susut dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah .



Gambar 3.1 Variasi Volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susut
(Sumber : Hardiyatmo 2012)

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair adalah kadar air pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Nilai batas cair dapat dilakukan dengan uji menggunakan alat Casagrande.Nilai batas cair didapatkan pada kadar air dimana tanah menyatu sepanjang 12,7 cm dengan jumlah pukulan sebanyak 25 kali. Karena sulit untuk mendapatkan kondisi tersebut, maka percobaan dapat dilakukan dengan pukulan berkisar antara 15 sampai 35 pukulan. Kemudia hubungan kadar air dan jumlah pukulan digambarkan pada grafik semi logaritmik untuk mendapatkan kadar air pada pukulan ke 25. Berikut grafik penentuan batas cair yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Grafik Penentuan Batas Cair

(Sumber : Hardiyatmo 2012)

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat. Batas plastis didapatkan pada kadar air dimana tanah dengan diameter 3,2 mm mulai mengalami retak-retak ketika digulung.

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut adalah kadar air pada kondisi antara semi padat dan padat yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Pengujian batas susut tanah dilakukan dengan menggunakan cawan diameter 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm. Cawan terlebih dahulu diolesi pelumas dan diisi dengan tanah dengan kondisi jenih air sempurna. Kemudian cawan beserta tanah tersebut dikeringkan menggunakan oven. Volume tanah setelah kering oven dicari dengan mencelupkan tanah kering kedalam air raksa. Adapun nilai batas susut dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7 di bawah ini.

$$SL = \left\{\frac{(m1-m2)}{m2} - \frac{(v1-v2)\gamma w}{m2}\right\} x100\% \quad (3.7)$$

keterangan,

m1 = berat tanah jenuh (gr)

m2 = berat tanah kering oven (gr)

v1 = volume tanah jenuh dalam cawan (gr)

v2 = volume tanah kering oven (gr)

γw = berat volume air (gr/cm^3)

4. Indeks Plastisitas (*Plasticy Index*)

Indeks plastisitas adalah interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Indeks plastisitas menggambarkan kemampuan tanah untuk bersifat plastis pada batas kadar air tertentu. Suatu tanah dengan indeks plastisitas tinggi menunjukan bahwa tanah tersebut terdapat banyak mineral lempung. Nilai indeks plastisitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 di bawah ini.

$$PI = LL - PL \quad (3.8)$$

keterangan,

PL = indeks plastisitas

LL = batas cair

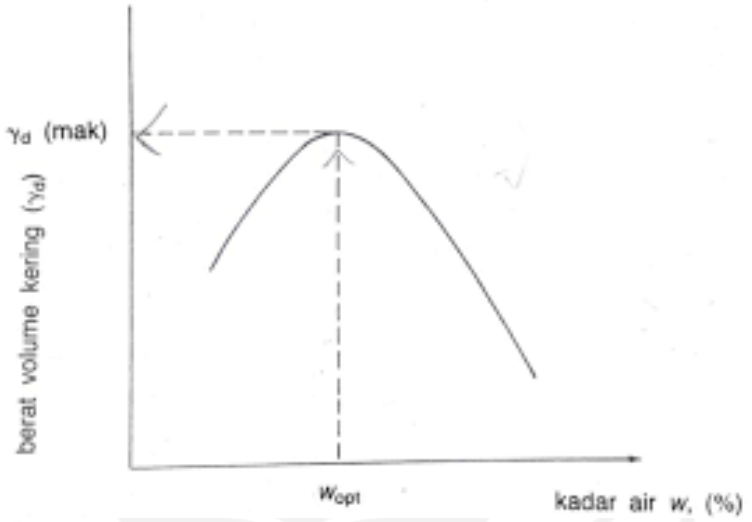
PL = batas plastis.

3.6 Uji Pemadatan (Proktor Standar)

Pengujian proktor standar bertujuan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum tanah (*Maximum Dry Density*) dan kadar air optimum (*Optimum Mouisture Content*) suatu tanah dengan cara pemadatan. Pengujian proktor standar dilakukan menggunakan alat pemadat. Tanah di dalam cetakan silinder dipadatkan dalam 3 lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Percobaan dilakukan sebanyak minimal 5 kali dengan variasi kadar air yang berbeda-beda. Kemudian dibuat grafik antara kadar air dan berat volume kering tanah. Grafik yang

dihasilkan akan menunjukan kadar air optimum dan berat volume kering maksimum.

Berikut hubungan kadar air dan berat volume kering tanah yang dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini.

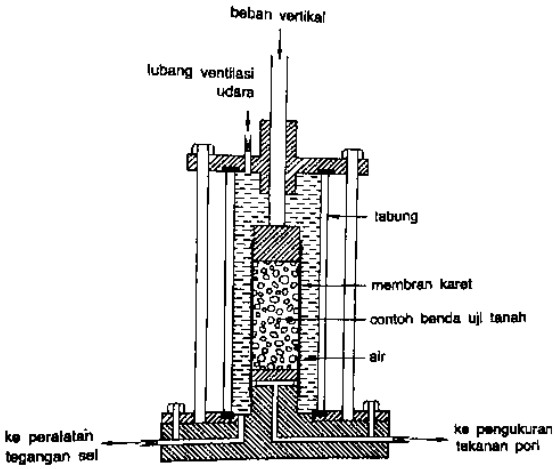


Gambar 3.3 Grafik Hubungan Kadar Air Dan Berat Volume Kering Tanah

(Sumber : Hardiyatmo (2012))

3.7 Triaksial UU

Pengujian triaksial merupakan pengujian kuat geser tanah yang paling sering digunakan dan cocok untuk semua jenis tanah. Pengujian triaksial dilakukan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) tanah. Pada umumnya pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter kurang lebih sebesar 3,81 cm dan tinggi 7,62 cm. Benda uji tersebut ditutup dengan membran karet yang tipiis dan diletakan dalam sebuah bejana silinder yang kemudian bejana tersebut diisi dengan air. Air dapat digunakan sebagai media untuk memberikan tekanan sel pada benda uji. Skema pengujian triaksial dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Skema Pengujian Triaksial UU

(Sumber: Hardiaytmo, 2012)

Pada penelitian ini dilakukan pengujian triaksial *UU* (*Unconsolidated-Undrained*). Pada uji triaksial *UU* benda uji yang umumnya berupa lempung mula-mula dibebani dengan tekanan sel (tekanan kekang), kemudian dibebani dengan tegangan normal melalui tegangan deviator ($\Delta\sigma$) sampai benda uji runtuh. Pemberian tegangan defiator selama penggeseran dilakukan, air tidak diizinkan keluar dari benda uji. Jadi, selama pengujian katup drainase ditutup. Karena air tidak boleh keluar, maka beban normal tidak ditransfer ke butiran tanahnya. Keadaan tanpa drainase ini menyebabkan adanya kelebihan tekanan pori (*excess pore preasure*) dengan tidak ada tahanan geser hasil perlawanan dari butira tanah (Hardiyatmo, 2012).

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Untuk menganalisis masalah stabilitas tanah seperti daya dukung, stabilitas talud (lereng) dan tekanan tanah ke samping pada turap maupun tembok penahan tanah, mula-mula kita harus mengetahui sifat-sifat ketahanan penggeserannya tanah tersebut.

1. Kriteria Keruntuhan Menurut Mohr-Coulomb

Mohr (1980) menyuguhkan sebuh teori tentang keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk berikut (Gambar 3.1a). Sedangkan untuk garis keruntuhan dapat dilihat dalam Persamaan 3.8

$$\tau = f(\sigma) \tag{3.8}$$

Keterangan : τ = tegangan geser (pada saat runtuh)

σ = tegangan normal

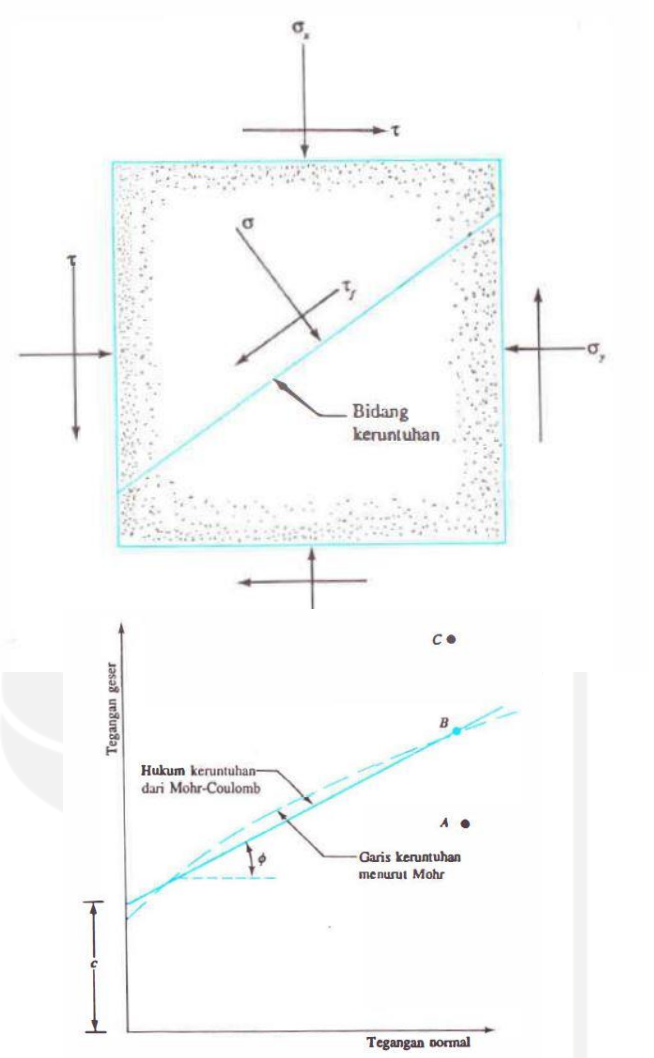
Garis keruntuhan (failure envelope) yang dinyatakan oleh Persamaan 3.8 diatas sebenarnya berbentuk garis lengkung seperti terlihat pula pada gambar Gambar 3.3b. untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukan hubungan linear antara tegangan normal dan geser (Coulomb, 1776). Persamaan 3.9 itu dapat kita tulis sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \text{ tg } \varphi \tag{3.9}$$

Keterangan : c = kohesi

φ = sudut geser-internal

Hubungan diatas disebut juga sebagai *kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb*.



(b)

Gambar 3.3 Garis Keruntuhan menurut Mohr dan Hukum Keruntuhan Dari Mohr-Coulmb

(Sumber : Das, 1995)

2. Kemiringan Bidang Keruntuhan Akibat Geser

Keruntuhan geser (keruntuhan akibat geser) akan terjadi bila tegangan geser pada suatu bidang mencapai syarat batas yang dirumuskan oleh Persamaan 3.2. untuk menentukan kemiringan bidang keruntuhan dengan bidang utama besar (major principal plane), terletak pada Gambar 3.2. bila bidang keruntuhan tersebut

membentuk sudut θ dengan bidang utama besar, menurut ilmu mekanika dapat mencari harga tegangan normal dan geser yang bekerja pada bidang tersebut dan dirumuskan oleh Persamaan 3.10 dan 3.11

$$\sigma = \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\cos 2\theta \quad (3.10)$$

dan

$$\tau_f = \frac{\sigma_1-\sigma_2}{2}\cos 2\theta \quad (3.11)$$

Dengan mensubstitusikan kedua Persamaan-persamaan tersebut akan menghasilkan Persamaan 3.12 dan 3.13

$$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{3}\cos 2\theta = c + \left[\left(\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\cos 2\theta\right)\right]\tan\phi \quad (3.12)$$

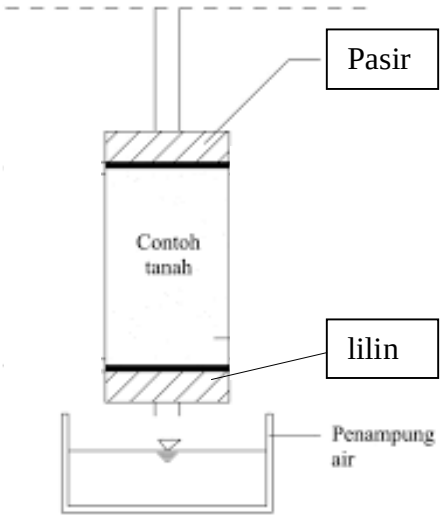
Atau

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \frac{\sigma_3 \tan\phi + c}{\frac{1}{2}\sin 2\theta - cos^2\theta \tan\phi} \quad (3.13)$$

3.8 Uji Permeabilitas

Permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir melewati rongga (Hardiyatmo, 2012). Pori-pori yang ada dalam tanah saling berhubungan sehingga menyebabkan air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Tahanan terhadap aliran bergantung pada jenis tanah, ukuran butiran, bentuk butiran, rapat masa serta bentuk geometri dari rongga pori. Temperatur juga berpengaruh pada tahanan aliran (kekentalan dan tegangan permukaan). Walaupun secara teoritis setiap tanah mempunyai rongga, namun dalam prakteknya istilah mudah meloloskan air (*permeable*) dimaksudkan untuk tanah yang benar-benar mempunya sifat meloloskan air sedangkan tanah yang disebut kedap air (*impermeable*) dimaksudkan untuk tanah yang memiliki sifat meloloskan air yang sangat kecil.

Permeabilitas pada tanah lempung dapat diukur dengan uji permeabilitas dengan Tinggi Energi Turun (*Falling-head*). Uji permeabilitas *Falling-head* memang lebih ccok untuk tanah berbutir halus. Tanah benda uji dimasukan ke dalam sebuah tabung. Pipa pengukur didirikan di atas benda uji. Air dituangka lewat pipa pengukur dan dibiarkan mengalir melewati benda uji. Adapun prinsip pengujian permeabilitas *Falling-head* dapat dilihat pada Gambar 3.6 .



Gambar 3.6 Prinsip Pengujian Permeabilitas *Falling-Head*
(Sumber:Agus Susanto 2014)

Koefisien permeabilitas dengan uji permeabilitas *Falling-Head* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11.

$$k = 2{,}303 \left(\frac{aL}{At}\right) \log\left(\frac{h1}{h2}\right) \qquad (3.11)$$

Keterangan,

k = koefisien permeabilitas (cm/s)

a = luas pipa pengukur (cm^2)

h = perbedaan tinggi pada sembarang waktu t (cm)

A = luas potongan melintang benda uji (cm^2)

L = panjang benda uji atau panjang pengaliran (cm)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah suatu rangkaian cara yang dilakukan untuk menjawab permasalahan yang telah dijelaskan melalui tahapan yang sistemastis. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium melalui satu variable atau lebih sehingga didapatkan pengaruh dari setiap variabelnya.

4.2 Benda Uji

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan variasi benda uji sebagai berikut:

1. tanah asli,
2. tanah asli + *fly ash* 10%,
3. tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 3%,
4. tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 5%, dan
5. tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 7%.

Jumlah sampel yang tanah yang akan digunakan dalam setiap pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian

No	Pengujian	Jumlah	Satuan
1	Pengujian kadar air	2	Buah
2	Pengujian berat jenis	2	Buah
3	Pengujian berat volume	2	Buah
4	Pengujian analisis saringan	2	Buah
5	Pengujian analisis hidrometer	2	Buah

Lanjutan Tabel 4.1 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian

No	Pengujian	Jumlah	Satuan
6	Pengujian batas plastis	2	Buah
7	Pengujian batas cair	2	Buah
8	Pengujian batas susut	2	Buah
9	Pengujian *proctor standard*	2	Buah
10	Pengujian *Triaksial UU*	2	Buah
	a. Tanah asli	2	Buah
	b. Pemeraman 1 hari		
	1) tanah asli + *fly ash* 10%	2	Buah
	2) tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 3%,	2	Buah
	3) tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 5%,	2	Buah
	4) tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 7%.	2	Buah
	c. Pemeraman 7 hari		
		2	
	1) tanah asli + *fly ash* 10 %,	2	Buah
	2) tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 3%,	2	Buah
	3) tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 5%,	2	Buah
	4) tanah asli + *fly ash* 10% + *matos* 7%.	2	Buah
11	Pengujian Permeabilitas *Falling-Head*		
	a. Tanah Asli	2	Buah
	b. Pemeraman 7 hari		
	5) tanah asli + *fly ash* 10%,	2	Buah
	6) tanah asli + *fly ash* 10% + matos 3%,	2	Buah
	7) tanah asli + *fly ash* 10% + matos 5%,	2	Buah
	8) tanah asli + *fly ash* 10% + matos 7%,	2	Buah
12	Jumlah Pengujian	40	Buah

4.3 Bahan Yang Digunakan

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

1. Tanah Lempung

   Lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo.

2. *Fly ash*

   Fly ash yang digunakan merupakan limbah pembakaran batu bara di PLTU Tanjung Jati Jepara B Unit 1

3. Matos

   Pada pengujian ini, digunakan juga Matos yaitu bahan aditif untuk mempertahankan fungsi tanah. Produk ini terdiri dari komposisi logam dan garam/mineral anorganik dan lain-lain.

4. Air

   Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.4 Peralatan Yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan selama penelitian dilakukan yaitu satu set peralatan untuk pengujian sifat fisik tanah, uji Triaksial UU dan uji permeabilitas di dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.6 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini:

1. Persiapan

   Pada tahapan persiapan dilakukan persiapan segala aspek yang berhubungan dengan penelitian seperti studi literatur, persiapan alat dan bahan yang

digunakan serta mengurus perizinan pemakaian Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

2. Pengujian

   Pada tahapan ini terdapat dua pengujian yaitu pengujian persiapan dan pengujian utama. Pengujian persiapan terdiri dari pengujian kadar air, pengujian berat volume, pengujian berat jenis, pengujian batas-batas konsistensi, pengujian analisa saringan, pengujian hidrometer,, dan pengujian proctor standar. Pengujian utama terdiri dari pengujian Triaksial *UU* dan permeabilitas.

3. Pengumpulan data

   Pengumpulan data diambil dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada sampel tanah uji.

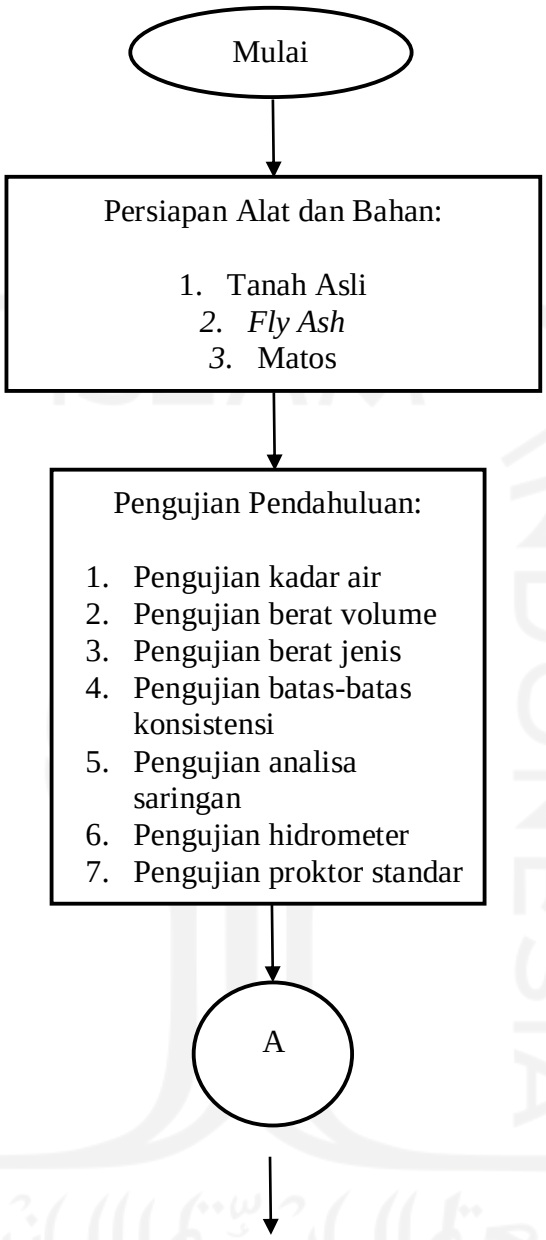
4. Analisis dan pengolahan data

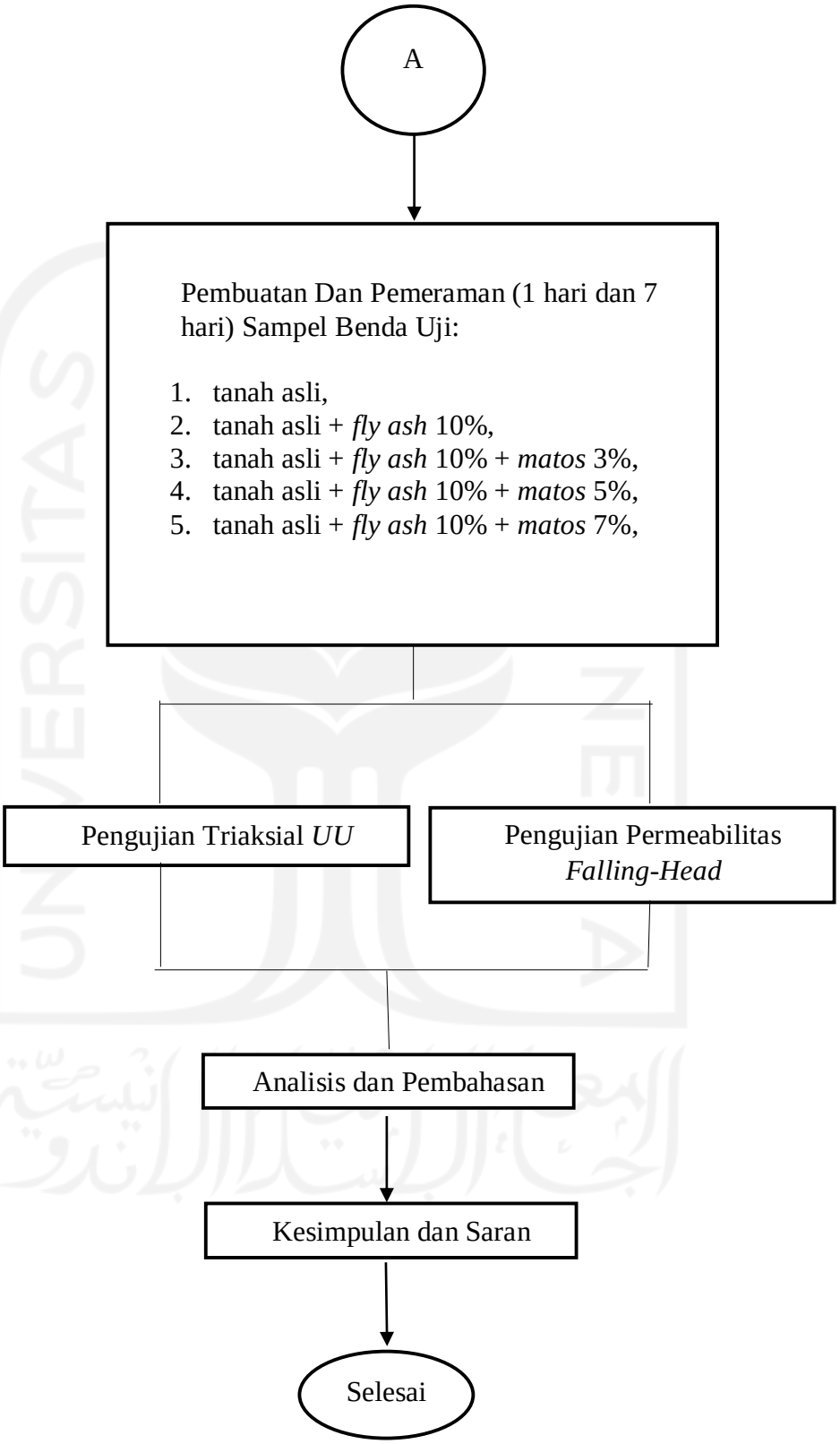
   Pada tahapan ini dilakukan analisis dari data-data yang telah diperoleh dan disesuaikan dengan teori dan standar yang berlaku.

5. Penulisan dan kesimpulan

   Penulisan laporan penelitian berdasarkan buku pedoman Tugas Akhir yang diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Kemudian dari hasil pengolahan data didapat kesimpulan terhadap analisis dan pembahasan dari setiap pengujian yang dilakukan. Kesimpulan dapat dikaitkan dengan tujian penelitian yang telah dibuat sebelumnya. Selain itu juga dibuat saran-saran untuk peneliti selanjutnya kedepan.

   Secara keseluruhan tahapan penelitian pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada bagan alir di bawah.


Mulai
Persiapan Alat dan Bahan:
1. Tanah Asli
2. Fly Ash
3. Matos
Pengujian Pendahuluan:
1. Pengujian kadar air
2. Pengujian berat volume
3. Pengujian berat jenis
4. Pengujian batas-batas konsistensi
5. Pengujian analisa saringan
6. Pengujian hidrometer
7. Pengujian proktor standar
A



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia disajikan pada bab ini. Penelitian yang telah dilakukan meliputi pemeriksaan sifat fisik dan mekanik pada tanah asli serta pengaruh penambahan matos dan *fly ash* terhadap parameter kuat geser tanah dan permeabilitasnya.

5.1.1 Pengujian Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat yang dinyatakan dalam persen. Berikut hasil pengujian kadar air tanah asli pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli

Uraian	Simbol	Hasil	
		Sampel 1	Sampel 2
Berat Cawan (W1)	gr	9,09	9,07
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	gr	25,89	27,59
Berat Cawan + Tanah Kering (W3)	gr	22,129	23,349
Berat Air	gr	3,761	4,241
Berat Tanah Kering	gr	13,039	14,279
Kadar Air	%	28,844	29,701
Kadar Air Rata-rata	%	29,273	

Berdasarkan hasil pengujian kadar air tanah asli pada Tabel 5.1 didapatkan nilai kadar air rata-rata tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 29,273%.

5.1.2 Pengujian Berat Volume

Berat volume basah adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara dengan volume total tanah. Hasil pengujian berat volume tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli

No	Uraian	Satuan	Hasil	
			1	2
1	Diameter ring (d)	cm	5	5,9
2	Tinggi ring (t)	cm	2	1,9
3	Volume ring (V)	cm^3	39,270	51,945
4	Berat ring (W1)	gr	42,93	43,06
5	Berat ring + Tanah Basah (W2)	gr	117,48	139,09
6	Berat Tanah Basah	gr	74,55	96,03
7	Berat Volume Tanah	gr/cm^3	1,898	1,849
8	Berat Volume Rata-Rata	gr/cm^3	1,874	

Berdasarkan hasil pengujian kadar air tanah asli pada Tabel 5.2 didapatkan nilai berat volume rata-rata tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 1,874 gr/cm^3.

5.1.3 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat volume butiran padat tanah (γs) dengan berat volume air (γw) dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Berikut adalah hasil dari pengujian berat jenis tanah lempung asli yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

1	No Pengujian	Satuan	1	2
2	Berat piknometer, (W1)	gr	40,84	42,05
3	Berat piknometer + Tanah kering, (W2)	gr	60,37	63,1
4	Berat piknometer + Tanah + Air (penuh), (W3)	gr	154,72	154,18
5	Berat piknometer + Air (penuh), (W4)	gr	141,92	143,1

Tabel 5.3 Lanjutan Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

6	Suhu air (t°c)	°c	27	27
7	ϒw pada suhu (t°c)	gr/cm³	0,9965	0,9965
8	ϒw pada suhu (27,5°c)	gr/cm³	0,9964	0,9964
9	Berat tanah kering (Ws) = (W3-W1)	gr	19,53	21,05
10	A = Ws + W4	gr	161,45	164,15
11	I = A - W3	gr	6,73	9,97
12	Berat Jenis Tanah pada suhu (t°c), Gs (t°c) = Ws / I	-	2,902	2,111
13	Berat Jenis Tanah pada suhu (27,5°c) = Gs (t°c) x (ϒw (t°c)/ϒw (27,5°c))	-	2,902	
14	Berat Jenis rata-rata pada suhu (27,5°c)	-	2,507	

Berdasarkan tabel di atas didapatkan nilai berat jenis (Gs) rata-rata tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 2.507 sehingga tanah lempung tersebut mendekati kategori Lempung Organik berdasarkan Tabel 3.6

5.1.4 Pengujian Batas-Batas *Atterberg*

1. Pengujian Batas Cair

Pengujian batas cair bertujuan untuk mencari nilai batas cair, yaitu kadar air suatu tanah pada batas keadaan cair dan keadaan plastis. Pengujian batas cair dilakukan menggunakan alat *Cassagrande*. Nilai batas cair didapatkan pada kadar air dimana tanah menyatu sepanjang 12,7 cm dengan jumlah pukulan sebanyak 25 kali. Adapun hasil pengujian batas cair dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 1

Uraian	I		II		III		IV	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan, W1 (gr)	9,11	9,08	9,03	8,85	8,9	9,02	8,95	8,98
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	18,43	16,07	18,1	14,59	18,13	13,35	15,05	16,95
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	14,07	12,81	14,12	12,06	14,15	11,49	12,37	13,41
Berat Tanah Basah, W = W2-W1 (gr)	9,32	6,99	9,07	5,74	9,23	4,33	13,88	7,97
Berat Tanah Kering, Ws = W3-W1 (gr)	4,96	3,73	5,09	3,21	5,25	2,47	3,42	4,43

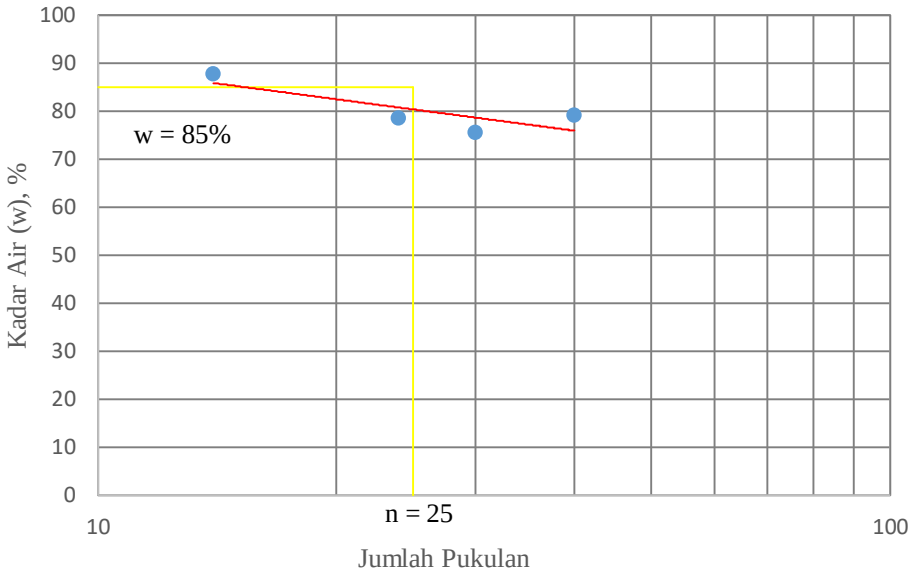
Tabel 5.4 Lanjutan Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 1

Berat Air, Ww = W2-W3 (gr)	4,36	3,26	3,98	2,53	3,98	1,86	2,68	3,54
Kadar Air (%)	87,90	87,40	78,19	78,82	75,81	75,30	78,36	79,91
Kadari Air Rata-Rata,w (%)	87,65		78,50		75,56		79,14	
Jumlah Pukulan, N	14		24		30		40	

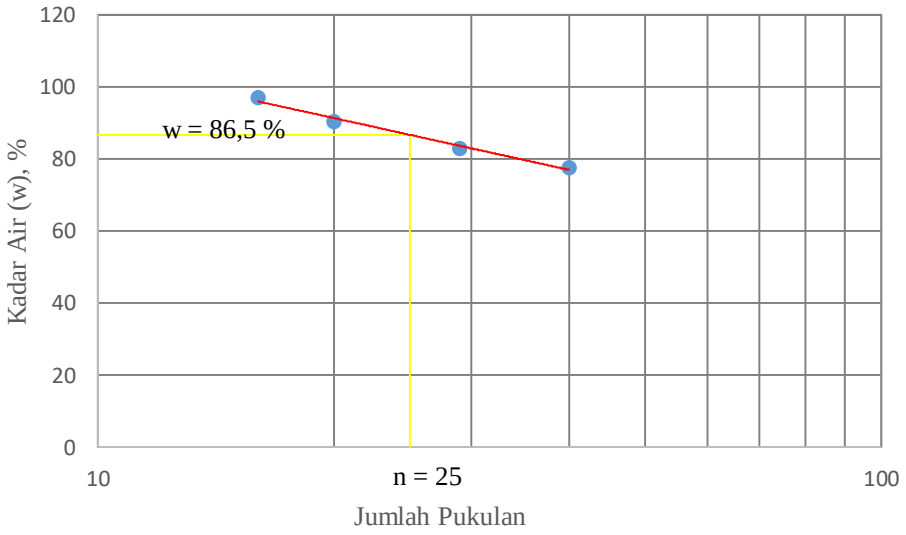
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 2

Uraian	I		II		III		IV	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan, W1 (gr)	9,22	9,29	9,19	8,91	9,06	9,12	9,1	8,85
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	18,59	19,2	18,6	20,15	19,47	18,57	14,31	18,66
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	13,98	14,32	14,15	14,8	14,75	14,29	12,02	14,4
Berat Tanah Basah, W = W2-W1 (gr)	9,37	9,91	9,41	11,24	10,41	9,45	13,88	9,81
Berat Tanah Kering, Ws = W3-W1 (gr)	4,76	5,03	4,96	5,89	5,69	5,17	2,92	5,55
Berat Air, Ww = W2-W3 (gr)	4,61	4,88	4,45	5,35	4,72	4,28	2,29	4,26
Kadar Air (%)	96,85	97,02	89,72	90,83	82,95	82,79	78,42	76,76
Kadari Air Rata-Rata,w (%)	96,93		90,27		82,87		77,59	
Jumlah Pukulan, N	16		20		29		40	

Berdasarkan hasil pengujian batas cair pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 dapat digambarkan grafik hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.



Gambar 5. 1 Grafik Batas Cair Sampel 1



Gambar 5.2Grafik Batas Cair Sampel 2

Berdasarkan Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 didapatkan nilai batas cair tanah asli yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Pengujian Batas Cair Tanah Asli

Uraian	Satuan	Nilai
Batas Cair Sampel 1	%	85
Batas Cair Sampel 2	%	86,5
Batas Cair Rata-Rata	%	85,75

Berdasarkan hasil pengujian batas cair tanah asli pada Tabel 5.6 didapatkan nilai batas cair rata-rata tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 85,75%.

2. Pengujian Batas Plastis

Batas plastis adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat. Adapun hasil pengujian batas plastis tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah Asli

	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
Berat Cawan, W1 (gr)	9,24	13,15	9,16	8,95
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	10,22	14,72	12,59	11,88
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	9,9	14,2	11,41	10,86
Berat Tanah Basah, W = W2-W1 (gr)	0,98	1,57	3,43	2,93
Berat Tanah Kering, Ws = W3-W1 (gr)	0,66	1,05	2,25	1,91
Berat Air, Ww = W2-W3 (gr)	0,32	0,52	1,18	1,02
Kadar Air (%)	48,48	49,52	52,44	53,40
Kadar Air Rata-Rata per Sampel,w (%)	49,00		52,92	
Kadar Air Rata-Rata, w (%)	50,96			

Berdasarkan hasil pengujian batas plastis pada Tabel 5.7 didapatkan nilai batas plastis rata-rata tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 50.96%.

3. Pengujian Batas Susut

Batas susut adalah kadar air pada kondisi antara semi padat dan padat yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Berikut merupakan hasil pengujian batas susut tanah asli yang dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli

Uraian	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
Berat Cawan, W1 (gr)	34,56	41,01	36,69	42,61
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	65,46	61,82	60,38	66,11
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	53,75	49,89	49,39	55,55
Berat Tanah Basah, W = W2-W1 (gr)	30,90	20,81	23,69	23,50
Berat Tanah Kering, Ws = W3-W1 (gr)	19,19	11,51	12,70	11,51
Berat Air, Ww = W2-W3 (gr)	11,71	11,93	10,99	10,56
Kadar Air (%)	61,02	103,65	86,54	91,75
Diameter Ring, D (cm)	4,12	4,12	4,10	4,11
Tinggi Ring, t (cm)	1,18	1,13	1,20	1,16
Volume Ring, V (cm^3)	15,73	15,06	15,75	15,34
Berat Air Raksa yang Terdesak + Gelas Ukur, W4 (gr)	160,75	159,39	165,24	163,61
Berat Gelas Ukur, W5 (gr)	60,48	60,48	60,48	60,48
Berat Air Raksa, W6=W4-W5 (gr)	100,27	98,91	104,76	103,13
Volume Tanah Kering, V_0 (cm^3)	7,37	7,27	7,70	7,58
Batas Susut Tanah, SL (%)	17,46	35,95	23,20	24,38
Batas Susut Rata-Rata per Sampel (%)	26,708		23,792	
Berat Susut Rata-Rata (%)	25,250			

Berdasarkan hasil pengujian batas susut pada Tabel 5.8 didapatkan batas susut rata-rata tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo sebesar 25,250%.

4. Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas adalah interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Indeks plastisitas menggambarkan kemampuan tanah untuk bersifat plastis pada batas kadar air tertentu. Hasil perhitungan indeks plastisitas dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas Tanah Asli

Uraian	Satuan	Nilai	
		Sampel 1	Sampel 2
Batas Cair	%	85	86,5
Batas Plastis	%	49,00	52,92
Indeks Plastisitas	%	36,00	33,58
Indeks Plastisitas Rata-rata	%	34,79	

Berdasarkan hasil perhitungan indeks plastisitas pada Tabel 5.9 didapatkan nilai indeks plastisitas rata-rata tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 34,79%.

5.1.5 Pengujian Analisis Ukuran Butiran

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah. Ukuran butiran tanah digunakan untuk mengklarifikasi jenis tanah yang diuji. Pengujian analisis ukuran butiran dilakukan dengan du acara yaitu pengujian analisis saringan dan pengujian hidrometer. Berikut hasil dari pengujian analisis saringan dan pengujian hidrometer yang dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13 dan Tabel 5.14.

Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Analisis Saringan Sampel 1

Analisa Saringan Sampel 1					
No Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos
	mm	gr	gr	%	%
1	25,4	0	300	0,00	100,00
1/2	13,2	0	300	0,00	100,00
3/8	9,5	0	300	0,00	100,00
1/4	6,7	0	300	0,00	100,00
4	4,75	0	300	0,00	100,00
10	2	0,79	299,21	0,26	99,74
20	0,85	0,95	298,26	0,32	99,42
40	0,425	1,02	297,24	0,34	99,08
60	0,25	2,08	295,16	0,69	98,39
140	0,106	15,62	279,54	5,21	93,18
200	0,075	5,67	273,87	1,89	91,29
pan		273,87	0	91,29	0,00
Jumlah		300		100,00	

Tabel 5. 11 Hasil Pengujian Hidrometer Sampel 1

Waktu	Suhu	Pembacaan Hidrometer. Ra	Pembacaan Hidrometer	Hyd Terkoreksi miniscus, R	Kedalaman Efektif, L	L/t	K	Diameter, D	% Lolos
menit	°c				cm			mm	
0	27	50	52	53	8,1	0,00	0,01293	0,0000	89,91
2	27	39	41	42	9,9	4,95	0,01293	0,0288	70,89
5	27	33	35	36	10,9	2,18	0,01293	0,0191	60,52
30	27	24	26	27	12,4	0,41	0,01293	0,0083	44,95
60	27	20	22	23	13	0,22	0,01293	0,0060	38,04
250	27	17	19	20	13,5	0,05	0,01293	0,0030	32,85
1440	27	10	12	13	14,7	0,01	0,01293	0,0013	20,75

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Sampel 2

Analisa Saringan Sampel 2					
No Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos
	mm	gr	gr	%	%
1	25,4	0	300	0,00	100,00
1/2	13,2	0	300	0,00	100,00
3/8	9,5	0	300	0,00	100,00
1/4	6,7	0	300	0,00	100,00
4	4,75	0	300	0,00	100,00
10	2	0,32	299,68	0,11	99,89
20	0,85	0,65	299,03	0,22	99,68
40	0,425	0,87	298,16	0,29	99,39

Lanjutan Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Sampel 2

60	0,25	1,41	296,75	0,47	98,92
140	0,106	12,84	283,91	4,28	94,64
200	0,075	5,05	278,86	1,68	92,95
pan		278,86	0	92,95	0,00
Jumlah		300		100,00	

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Hidrometer Sampel 2

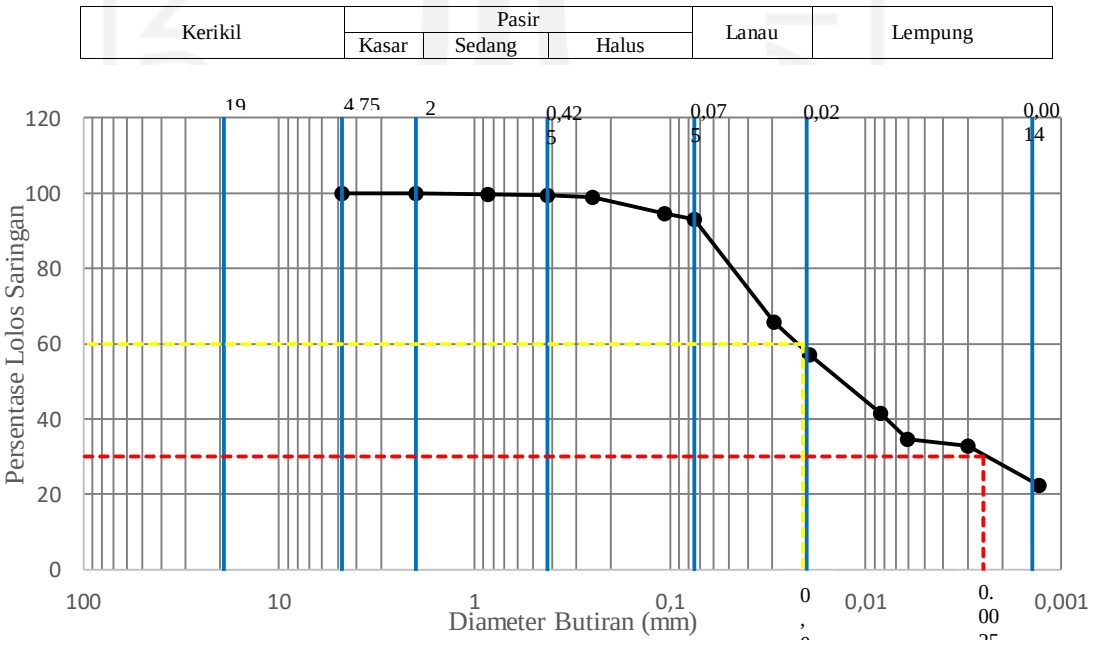
Waktu	Suhu	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer	Hyd Terkoreksi	Kedalaman Efektif, L	L/t	K	Diameter, D	% Lolos
menit	°c				cm			mm	
0	27	45	47	48	8,9	0,00	0,01293	0,0000	81,26
2	27	36	38	39	10,4	5,20	0,01293	0,0295	65,70
5	27	31	33	34	11,2	2,24	0,01293	0,0194	57,06
30	27	22	24	25	12,7	0,42	0,01293	0,0084	41,50
60	27	18	20	21	13,3	0,22	0,01293	0,0061	34,58
250	27	17	19	20	13,5	0,05	0,01293	0,0030	32,85
1440	27	11	13	14	14,5	0,01	0,01293	0,0013	22,48

Tabel 5.14 Rekapitulasi Pengujian Analisis Saringan Dan Hidrometer

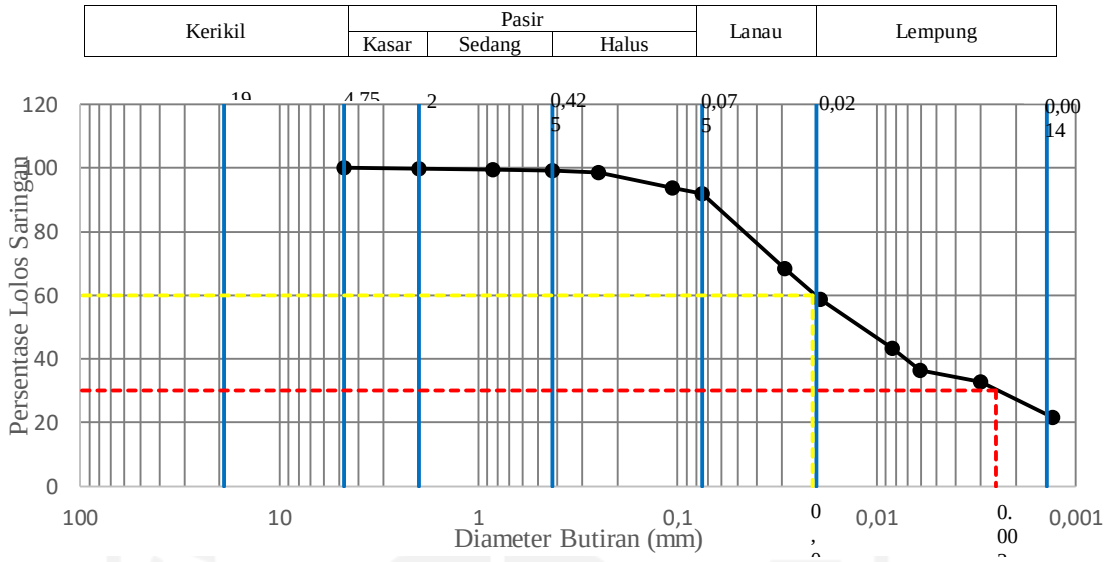
Diameter Butiran Sampel 1	Persen Lolos Sampel 1	Diameter Butiran Sampel 2	Persen Lolos Sampel 2
mm	%	mm	%
25,4	100,00	25,4	100,00
13,2	100,00	13,2	100,00
9,5	100,00	9,5	100,00
6,7	100,00	6,7	100,00

4,75	100,00	4,75	100,00
2	99,74	2	99,89
0,85	99,42	0,85	99,68
0,425	99,08	0,425	99,39
0,25	98,39	0,25	98,92
0,106	93,18	0,106	94,64
0,075	91,29	0,075	92,95
0,0288	70,89	0,0295	65,70
0,0191	60,52	0,0194	57,06
0,0083	44,95	0,0084	41,50
0,0060	38,04	0,0061	34,58
0,0030	32,85	0,0030	32,85
0,0013	20,75	0,0013	22,48

Berdasarkan hasil rekapitulasi pengujian analisis saringan dan hidrometer pada Tabel 5.14 di atas, dapat digambarkan grafik distribusi ukuran butiran tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 di bawah ini.



Gambar 5. 3 Grafik Analisa Distribusi Butiran Tanah Sampel 1



Gambar 5. 4 Grafik Analisa Distribusi Butiran Tanah Sampel 1

Berdasarkan Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 di atas didapatkan persentase butiran tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.15 di bawah ini.

Tabel 5. 15 Persentase Butiran Tanah Asli

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
% Lolos #200	%	91,29	92,95	92,12
Kerikil	%	0,00	0,00	0,00
Pasir	%	8,71	7,05	7,88
Lanau	%	29,80	35,34	32,57
Lempung	%	61,49	57,61	59,55
D60	mm	0,025	0,021	0,02
D30	mm	0,003	0,0025	0,00
D10	mm	0	0	0,00
Cu	-	-	-	-
CC	-	-	-	-

Dilihat dari Tabel 5.15 didapatkan distribusi butiran rata-rata tanah asli yang telah diuji yaitu kerikil sebesar 0%, pasir sebesar 7.88%, lanau sebesar 32.57%, dan lempung sebesar 59.55%.

5.1.6 Pengujian Proktor Standar

Pengujian proktor standar bertujuan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum tanah (*Maximum Dry Density*) dan kadar air optimum (*Optimum Mouisture Content*) suatu tanah dengan cara pemadatan. Hasil pengujian proktor standar dapat dilihat pada Tabel 5.16, Tabel 5.17, Tabel 5.18, dan Tabel 5.19.

Tabel 5.16 Berat Volume Tanah Basah Sampel 1

Penambahan Air Sampel 1										
1	No sampel		1	2	3	4	5	6	7	8
2	Berat sampel	gr	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
3	Kadar air mula-mula	%	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17
4	Penambahan air	%	0	5	10	15	20	25	30	35
5	Penambahan air	ml	0	100	200	300	400	500	600	700
6	Berat cetakan + Tanah basah	gr	2860	2935	2995	3025	3180	3300	3245	3170
7	Berat tanah basah	gr	1108	1183	1243	1273	1428	1548	1493	1418
8	Berat volume tanah basah, Υ	gr/cm³	1,111	1,186	1,246	1,276	1,432	1,552	1,497	1,422

Tabel 5.17 Berat Volume Tanah Basah Sampel 2

Penambahan Air Sampel 2										
1	No sampel		1	2	3	4	5	6	7	8
2	Berat sampel	gr	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
3	Kadar air mula-mula	%	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17
4	Penambahan air	%	0	5	10	15	20	25	30	35
5	Penambahan air	ml	0	100	200	300	400	500	600	700
6	Berat cetakan + Tanah basah	gr	2935	2975	3033	3075	3190	3315	3310	3365
7	Berat tanah basah	gr	1183	1223	1281	1323	1438	1563	1558	1613
8	Berat volume tanah basah, Υ	gr/cm^3	1,186	1,226	1,284	1,327	1,442	1,567	1,562	1,617

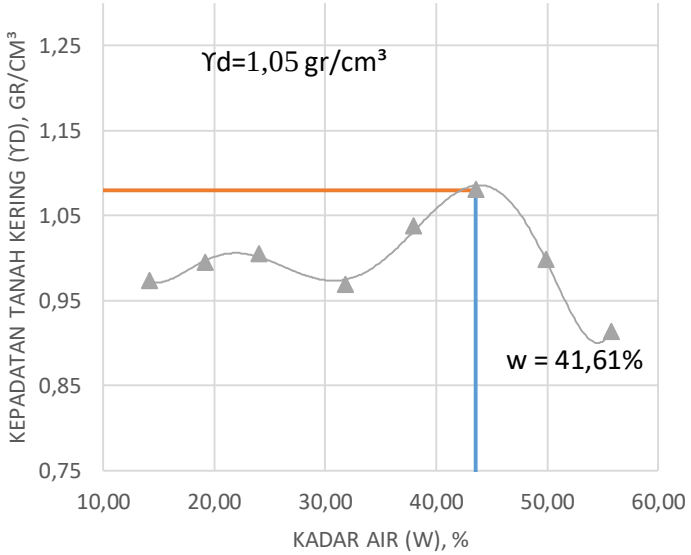
Tabel 5. 18 Berat Volume Tanah Kering Dan Kadar Air Sampel 1

	Uji Proktor Sampel 1																	
1	No Pengujian	Satuan	1		2		3		4		5		6		7		8	
2	No Cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan	gr	9,02	8,91	9,01	8,66	8,96	8,55	9,14	13,04	9,17	9,22	8,9	9,15	8,9	8,92	8,71	8,98
4	Berat cawan + Tanah basah	gr	17,59	15,36	23,17	25,86	19,62	21,06	23,02	52,72	27,2	34,33	32,69	23,11	34,53	27,6	35,98	34,48
5	Berat cawan + Tanah kering	gr	16,46	14,61	20,85	23,14	17,56	18,64	19,65	43,23	22,2	27,48	25,56	18,82	26,02	21,37	26,23	25,35
6	Berat air	gr	1,13	0,75	2,32	2,72	2,06	2,42	3,37	9,49	5	6,85	7,13	4,29	8,51	6,23	9,75	9,13
7	Berat kering tanah	gr	7,44	5,7	11,84	14,48	8,6	10,09	10,51	30,19	13,03	18,26	16,66	9,67	17,12	12,45	17,52	16,37
8	Kadar air	%	15,19	13,16	19,59	18,78	23,95	23,98	32,06	31,43	38,37	37,51	42,80	44,36	49,71	50,04	55,65	55,77
9	Kadar air rata-rata	%	14,17		19,19		23,97		31,75		37,94		43,58		49,87		55,71	
10	Berat volume kering	gr/cm³	0,97		1,00		1,01		0,97		1,04		1,08		1,00		0,91	

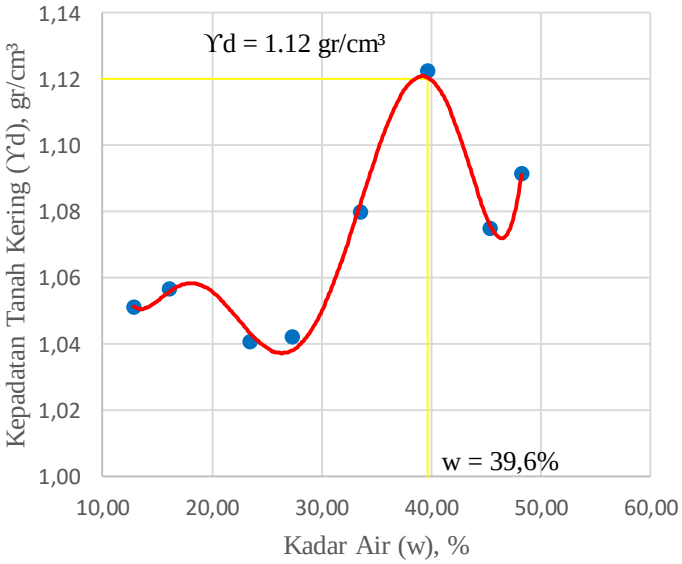
Tabel 5. 19 Berat Volume Tanah Kering Dan Kadar Air Sampel 2

Uji Proktor Sampel 2																		
1	No Pengujian	Satuan	1		2		3		4		5		6		7		8	
2	No Cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan	gr	5,54	5,76	8,95	12,77	7,77	12,82	8,58	9,14	9,59	9,15	8,9	8,87	6,66	9,2	5,86	8,93
4	Berat cawan + Tanah basah	gr	35,64	32,68	19,59	26,48	30,44	32,09	30,41	22,66	33,98	28,78	21,86	18,93	30,29	37,47	19,32	22,16
5	Berat cawan + Tanah kering	gr	32,2	29,62	18,14	24,55	26,14	28,43	25,71	19,77	27,84	23,86	18,2	16,06	22,92	28,65	14,95	17,85
6	Berat air	gr	3,44	3,06	1,45	1,93	4,3	3,66	4,7	2,89	6,14	4,92	3,66	2,87	7,37	8,82	4,37	4,31
7	Berat kering tanah	gr	26,66	23,86	9,19	11,78	18,37	15,61	17,13	10,63	18,25	14,71	9,3	7,19	16,26	19,45	9,09	8,92
8	Kadar air	%	12,90	12,82	15,78	16,38	23,41	23,45	27,44	27,19	33,64	33,45	39,35	39,92	45,33	45,35	48,07	48,32
9	Kadar air rata-rata	%	12,86		16,08		23,43		27,31		33,55		39,64		45,34		48,20	
10	Berat volume kering	gr/cm³	1,05		1,06		1,04		1,04		1,08		1,12		1,07		1,09	

Berdasarkan Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 dapat digambarkan grafik hubungan antara kepadatan tanah kering dengan kadar air yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 di bawah ini.



Gambar 5. 5 Grafik Uji Proktor Standar Sampel 1



Gambar 5. 6 Grafik Uji Proktor Standar Sampel 2

Berdasarkan Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 di atas didapatkan nilai kepadatan tanah kering maksimum dan kadar air optimum tanah asli yang dapat dilihat pada Tabel 5.20 di bawah.

Tabel 5.20 Kepadatan Kering Maksimum Dan Kadar Air Optimum Tanah Asli

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kepadatan Kering Maks (ϒd)	gr/cm³	1,08	1,12	1,10
Kadar Air Optimum (w)	%	43,58	39,64	41,61

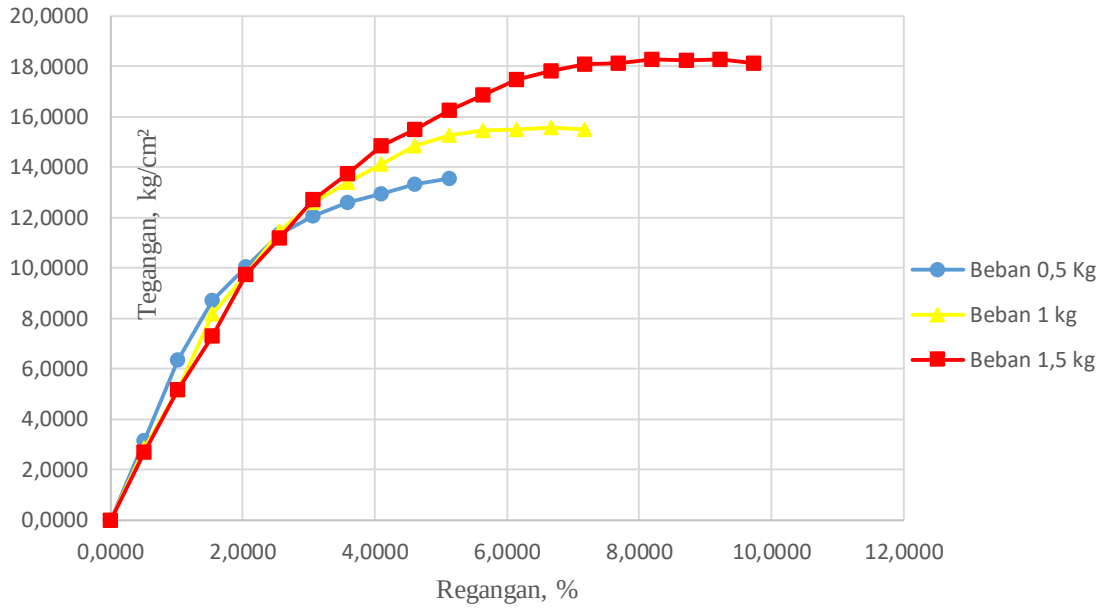
Berdasarkan hasil pengujian proktor standar pada Tabel 5.20 didapatkan nilai kepadatan tanah kering maksimal tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 1,10 gr/cm³ dan kadar air optimum tanah asli sebesar 41,61%. Kadar air optimum dan kepadatan kering maksimal yang telah didapatkan akan digunakan sebagai parameter dalam pembuatan benda uji Triaksial *UU* dan permeabilitas *Falling-Head*.

5.1.7 Pengujian Triaksial UU

Pengujian triaksial dilakukan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) tanah. Pada penelitian ini dilakukan pengujian triaksial UU pada tanah asli dan pengujian triaksial UU pada tanah asli yang distabilisasi dengan bahan tambah berupa *fly ash* dan *matos* . Variasi penambahan *matos* sebesar 3%, 5%, dan 7% dari berat kering tanah sedangkan penambahan *fly ash* konstan sebesar 10% dari berat kering tanah. Adapun lama pemeraman pada tanah asli yang distabilisasi yaitu selama 1 hari dan 7 hari.

1. Pengujian Triaksial UU Pada Tanah Asli

Berdasarkan hasil pengujian triaksial UU tanah asli dapat digambarkan grafik tegangan-regangan yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 di bawah.



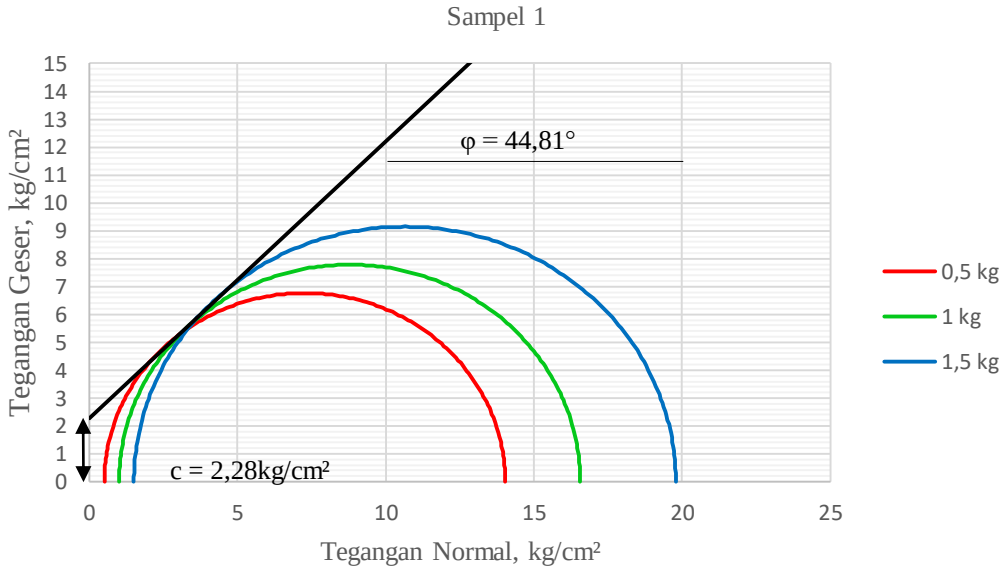
Gambar 5. 7 Grafik Tegangan-Regangan Triaksial UU Tanah Asli

Berdasarkan Gambar 5.7 di atas, didapatkan nilai tegangan utama dan tegangan geser maksimal. Nilai tegangan utama dan tegangan geser maksimal tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Tegangan Utama dan Tegangan Geser Maksimal Pada Tanah Asli

Pembebanan	Satuan	Sampel		
		I	II	III
Tegangan Keliling, σ_3	kg/cm²	0,5	1	1,5
Tegangan Geser Maks, $\Delta\sigma$	kg/cm²	13,5337	15,5685	18,2922
Tegangan Utama, σ_1	kg/cm²	14,0337	16,5685	19,7922

Dari nilai-nilai tegangan utama dan tegangan geser maksimal pada Tabel 5.21 dapat digambarkan sebuah grafik berupa lingkaran Mohr yang dapat menentukan nilai kohesi dan sudut geser tanah yang diuji. Grafik lingkaran Mohr berdasarkan nilai tegangan utama dan tegangan geser maksimal pada Tabel 5.14 dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Grafik Lingkaran Mohr Tanah Asli Sampel 1

Berdasarkan Gambar 5.8 didapatkan nilai kohesi sebesar 2,2 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 44,85° pada sampel 1 tanah asli . Perhitungan nilai kohesi dan sudut geser pada sampel 2 menggunakan metode yang sama dengan sampel 1 didapatkan nilai kohesi sebesar 1,9 kg/cm dan nilai sudut geser sebesar 44.966. Hasil pengujian Triaksial *UU* pada tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli

Uraian	Parameter Kuat Geser	
	Kohesi (kg/cm²)	Sudut Geser (°)
Sampel 1	2,28	44,816
Sampel 2	1,9	44,966
Rata-rata	2,09	44,891

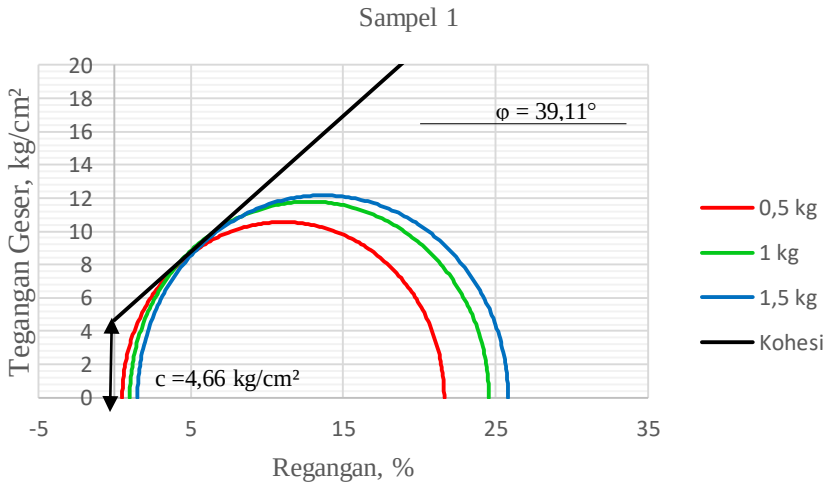
Hasil pengujian triaksial UU menunjukan bahwa nilai kohesi dan sudut geser rata-rata pada tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo secara berturut-turut sebesar 2,09 kg/cm² dan 44,891².

2. Pengujian Triaksial UU Tanah Asli yang Distabilisasi Pemeraman 1 hari.

Hasil pengujian Triaksial UU tanah asli yang distabilisasi dengan lama pemeraman 1 hari dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli Yang Distabilisasi Pemeraman 1 Hari

Pemeraman	Uraian	Kohesi (kg/cm²)	Sudut Geser (°)
-	Tanah Asli	2,09	44,891
1 hari	Flyash 10%	2,315	46,484
	Flyash 10% + Matos 3%	3,6317	43,099
	Flyash 10% + Matos 5%	5,5375	40,961
	Flyash 10% + Matos 7%	4,2	44,551



Gambar 5.9 Grafik Lingkaran Mohr Tanah Asli Sampel 1

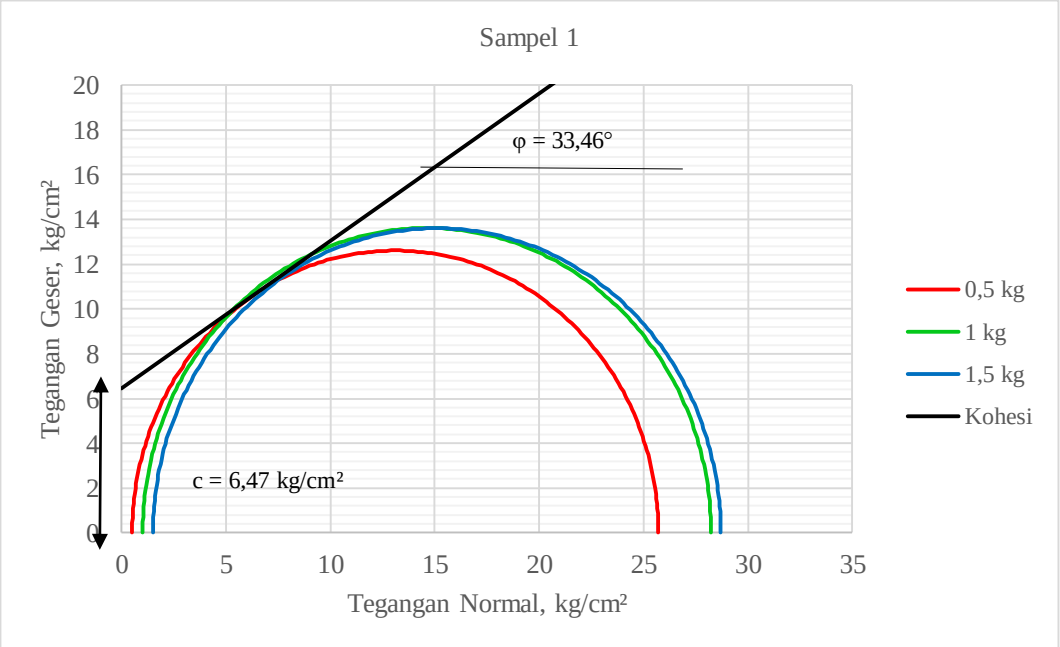
Diketahui gambar 5.9 untuk pengujian tanah smple 1 dengan terstabilisasi dengan bahan tambah flyash 10% dan matos 5% pemeraman 1 hari di dapatkan besar kosehi sebesar 4,66 kg/cm² dan tegangan geser sebesar 46,484². Sedangkan untuk sample 2 Dengan pengujian yang sama dan perhitungan yang sama di dapatkan besar kohesi sebesar 6,4 kg/cm² dan tegangan geser sebesar 32,416².dan di dapatkan Hasil pengujian triaksial UU menunjukan bahwa nilai kohesi dan sudut geser rata-rata tertinggi pada tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo rata-rata sebesar 5,5375 kg/cm² pada campuran flyash 10% dan matos 5% untuk nilai kohesi dan 46,484² pada campuran flyash 10% untuk nilai sudut gesernya.

3. Pengujian Triaksial UU Tanah Asli yang Distabilisasi Pemeraman 7 hari.

Hasil pengujian Triaksial UU tanah asli yang distabilisasi dengan lama pemeraman 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli Yang Distabilisasi Pemeraman 7 Hari

Pemeraman	Uraian	Kohesi (kg/cm²)	Sudut Geser (°)
7 hari	Tanah asli	2,09	44,891
	Flyash 10%	2,755	48,749
	Flyash 10 % + Matos 3%	3,715	48,412
	Flyash 10% + Matos 5%	5,435	39,383
	Flyash 10% + Matos 7%	5,2	42,383



Gambar 5.10 Grafik Lingkaran Mohr Tanah Asli Sampel 1

Diketahui gambar 5.10 untuk pengujian tanah smple 1 dengan terstabilisasi dengan bahan tambah flyash 10% dan matos 5% pemeraman 7 hari di dapatkan besar kosehi sebesar 6,47 kg/cm² dan tegangan geser sebesar 33,46². Sedangkan untuk sample 2 Dengan pengujian yang sama dan perhitungan yang sama di

dapatkan besar kohesi sebesar 4,4 kg/cm² dan tegangan geser sebesar 48,42².dan di dapatkan Hasil pengujian triaksial UU menunjukan bahwa nilai kohesi dan sudut geser rata-rata tertinggi pada tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo rata-rata sebesar 5,4355 kg/cm² pada campuran flyash 10% dan matos 5% untuk nilai kohesi dan 39,383² pada campuran flyash 10% untuk nilai sudut gesernya.

4. Rekapitulasi Pengujian Triaksial UU

Hasil rekapitulasi pengujian Triaksial UU dapat dilihat pada Tabel 5.25 di bawah ini.

Tabel 5.25 Hasil Rekapitulasi Pengujian Triaksial UU

Pemeraman	Uraian	Kohesi (kg/cm²)	Sudut Geser (°)
-	Tanah Asli	2,09	44,891
1 hari	Flyash 10%	2,315	46,484
	Flyash 10% + Matos 3%	3,6317	43,099
	Flyash 10% + Matos 5%	5,5375	40,961
	Flyash 10% + Matos 7%	4,2	44,551
7 hari	Tanah asli	2,09	44,891
	Flyash 10%	2,755	48,749
	Flyash 10 % + Matos 3%	3,715	48,412
	Flyash 10% + Matos 5%	5,435	39,383
	Flyash 10% + Matos 7%	5,2	42,383

Hasil pengujian triaksial UU menunjukan bahwa nilai kohesi dan sudut geser rata-rata tertinggi pada tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 5,435 kg/cm² pada campuran flyash 10% dan matos 5% untuk nilai kohesi dan 48,749² pada campuran flyash 10% untuk nilai sudut gesernya keduanya pada pemeraman 7 hari. Untuk detail gambar lingkaran mohr dan grafik triaksial uu dapat di lihat di lampiran.

5.1.8 Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas digunakan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam meloloskan air (p*ermeable*). Pada pengujian permeabilitas ini menggunakan

metode Tinggi Energi Turun (*Falling-Head*). Pada penelitian ini dilakukan pengujian permeabilitas *Falling-Head* pada tanah asli dan pengujian permeabilitas *Falling-Head* pada tanah asli yang distabilisasi dengan bahan tambah berupa *fly ash* dan Matos . Variasi penambahan Matos sebesar 3%, 5%, dan 7% dari berat kering tanah sedangkan penambahan *Flyash* konstan sebesar 10% dari berat kering tanah. Adapun lama pemeraman pada tanah asli yang distabilisasi yaitu selama 7 hari.

Hasil pengujian permeabilitas *Falling-Head* dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Hasil Rekapitulasi Pengujian Permeabilitas Falling-Head

Uraian	Permeabilitas, k $x10^{-8}$		Permeabilitas,k $x10^{-8}$
Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Permeabilitas,k $x10^{-8}$ (cm/s)
Tanah Asli	6,047	6,676	6,362
Flyash 10%	3,733	3,644	3,689
Flyash 10% + matos 3%	2,504	2,902	2,703
Flyash 10% + matos 5%	1,838	1,612	1,725
Flyash 10% + matos 7%	0,978	0,668	0,823

Hasil pengujian permeabilitas menunjukan bahwa nilai koefisien rata-rata tertinggi pada tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo sebesar 6,362 cm/s pada tanah asli dan semakin menurun setelah di stabilisasi dengan bahan tambah flyash 10% dan variasi matos 3%, 5% dan 10%.

5.2 Pembahasan

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai sifat dan karakteristik sampel tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi menggunakan *fly ash* dan matos. Pembahasan penelitian ini dibuat berdasarkan hasil beberapa pengujian yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya.

5.2.1 Tanah Asli

1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified Soils Classification System* (*USCS*)

   Klasifikasi tanah berdasarkan *USCS* dapat menggunakan Tabel 3.2 dengan menggunakan beberapa parameter seperti persentase tanah lolos saringan no.200, batas cair, dan indeks plastisitas yang telah didapatkan sebelumnya.

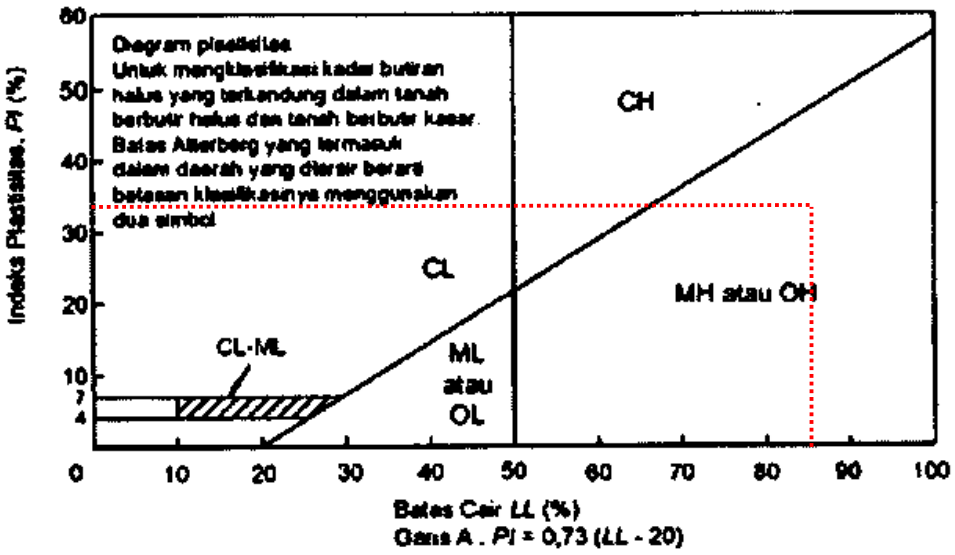
Adapun klasifikasi tanah berdasarkan *USCS* dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

a. Pada pengujian analisis butiran tanah didapatkan persentase tanah lolos saringan no.200 sebesar 92,12% dan pengujian batas *atterberg* didapatkan nilai batas cair sebesar 85,75%. Berdasarkan kedua parameter tersebut maka tanah asli termasuk kedalam divisi utama tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan 200 (0,075mm) dan lanau dan lempung batas cair > 50%. Hasil penentuan klasifikasi divisi utama sampel tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut

Tabel 5.27 Divisi Utama Tanah Asli Berdaasarkan 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 ("*lean clays*")
		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 ("*fat clays*")
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Tanah dengan kadar organik tinggi		Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

b. Pada pengujian batas *atterberg* didapatkan nilai batas cair sebesar 85,75%, batas plastis sebesar 50,96% dan indeks plastisitas sebesar 34,79%. Berdasarkan beberapa parameter tersebut maka dapat diplotkan nilai batas cair dan indeks plastisitas pada grafik *USCS* untuk menentukan klasifikasi tanah. Setelah dilakukan *ploting* maka tanah asli dikategorikan masuk ke dalam kelompok OH. Berikut grafik klasifikasi tanah berdasarkan *USCS* yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Tabel 5.28.



Gambar 5.9 Grafik Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan USCS

Tabel 5.28 Klasifikasi Kelompok Tanah Asli Berdasarkan USCS

Jenis	Simbol	Nama Kelompok	Kriteria
Lanau dan lempung batas cair 50 % atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	PI < 4 atau berada dibawah garis-A dalam Grafik Plastis (Gambar 1)
	CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("*lean clays*")	PI > 7 dan berada pada atau dibawah garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1)
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	PI berada dalam daerah OL dalam Gambar 1 dan $\frac{LL\ (oven\ dried)}{\text{LL (not dried)}} < 0{,}75$
Lanau dan lempung batas cair > 50 %	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis	PI berada dibawah garis-A dalam Grafik Plastis (Gambar 1)
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("*fat clays*")	PI berada dibawah garis-A dalam Grafik Plastis (Gambar 1)
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	PI berada dalam daerah OH dalam Gambar 1 dan $\frac{LL\ (oven\ dried)}{\text{LL (not dried)}} < 0{,}75$
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Berdasarkan hasil klasifikasi tanah asli metode *USCS* maka disimpulkan bahwa tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten

Purworejo masuk ke dalam kelompok OH yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi.

2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *American Association of State Highway and Transportation Classification* (AASHTO)

   Klasifikasi tanah berdasarkan *USCS* dapat menggunakan Tabel 3.3 dengan menggunakan beberapa parameter seperti persentase tanah lolos saringan no.200, batas cair, dan indeks plastisitas yang telah didapatkan sebelumnya. Adapun klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO* dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

   a. Pada pengujian analisis butiran tanah didapatkan persentase tanah lolos saringan no.200 sebesar 92,12%. Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan tersebut maka tanah asli masuk kedalam klasifikasi umum tanah-tanah lanau-lempung(>35% lolos saringan no.200) dan klasifikasi kelompok A-7 berdasarkan klasifikasi AASHTO. Adapun syarat klasifikasi kelompok A-7 yaitu tanah lolos saringan no.200 minimal sebesar 36%. Maka dari hasil pengujian analisis saringan butiran memenuhi syarat kedalam klasifikasi umum tanah-tanah lanau lempung dan klasifikasi kelompok A-7.

   b. Pada pengujian batas *atterberg* didapatkan nilai batas cair sebesar 85,75%, batas plastis sebesar 50,96% dan indeks plastisitas sebesar 34,79%. Berdasarkan hasil tersebut sampel tanah memenuhi syarat dalam klasifikasi kelompok A-7 yaitu minimal 41% untuk batas cair dan minimal 11% untuk indeks plastisitas.

   c. Nilai indeks group (*GI*) dapat ditentukan berdasarakan Persamaan 3.1. Nilai indeks group dapat ditentukan dengan beberapa parameter diantaranya adalah perentase lolos saringan nomor 200 (92,12%), batas cair (85,75%), indeks plastisitas (34,79%). Nilai indeks group sampel tanah asli adalah sebagai berikut.

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

      $GI = (92,12 - 35)[0,2 + 0,005(85,75 - 40)] + 0,01\ (92,12 - 15)(34,79 - 10)$

      $GI = 43,608\%$

d. Pada pengujian batas-batas *Atterberg* didapatkan nilai batas plastis sebesar 50,96%. Berdasarkan nilai batas plastis tersebut maka tanah masuk kedalam klasifikasi kelompok A-7-5 yang memiliki syarat batas plastis lebih besar dari 30%.

e. Berdasarkan hasil tersebut maka sampel tanah asli mempunyai tipe material pokok tanah lempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar adalah sedang sampai buruk.

Hasil klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO* dapat dilihat pada Tabel 5.09 berikut.

Tabel 5.14 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan No.200)							Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 /A-7-6
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos 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			

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

Np = Non plastis

Berdasarkan hasil klasifikasi metode *AASHTO* maka dapat dinyatakan bahwa sampel tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo masuk dalam kelompok A-7 dan masuk dalam subkelompok A-7-5.

3. Sifat Mekanik Tanah Asli

Sifat mekanik tanah yang ditinjau pada Tugas Akhir ini adalah parameter kuat geser tanah dan permeabilitas tanah. Parameter kuat geser tanah asli didapatkan dengan pengujian Triaksial *UU* untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah asli. Berdasarkan hasil pengujian Triaksial *UU* didapatkan nilai kohesi tanah sebesar 2,175 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 46,565°. Nilai koefisien permeabilitas tanah didapatkan dengan pengujian permeabilitas *Falling-Head*. Berdasarkan hasil pengujian permeabilitas *Falling-Head* didapatkan koefisien permeabilitas tanah asli sebesar 8,233 x 10^{-8} cm/s.

5.2.2 Tanah Asli Dengan Bahas Stabilisasi

Pada pembahasan sub bab ini akan dibahas pengaruh penambahan bahan stabilisasi berupa *fly ash* dan matos terhadap parameter kuat geser tanah dan permeabilitas tanah.

1. Kohesi (C)

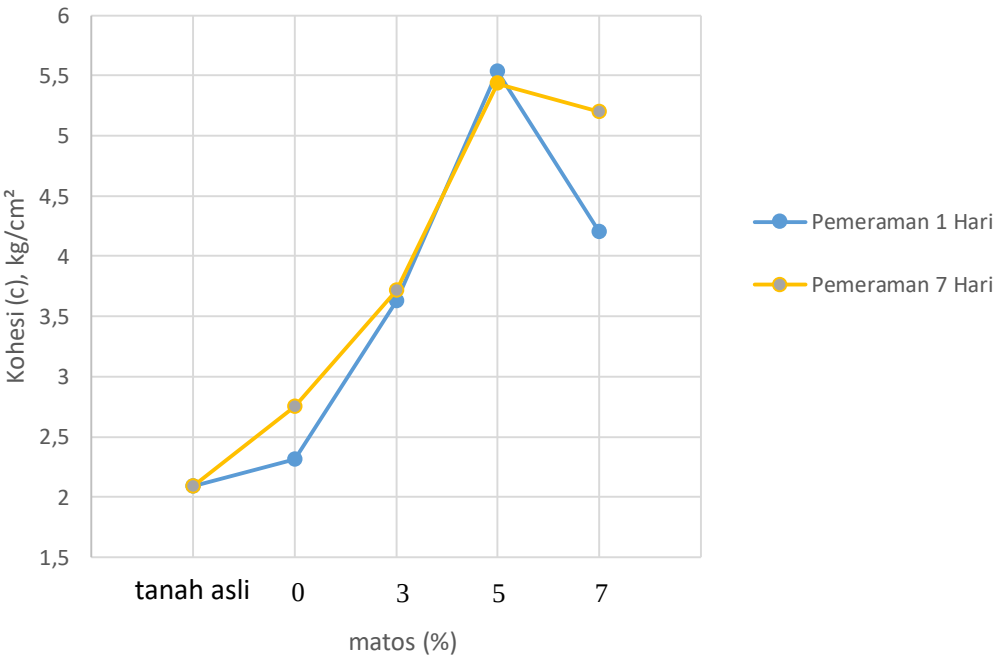
Pengaruh penambahan bahan stabilisasi berupa *fly ash* dan matos terhadap parameter nilai kohesi dapat dilihat pada Tabel 5.30, Gambar 5.10, Gambar 5.11 dan Gambar 5.11 berikut.

Tabel 5.30 Pengaruh Penambahan Fly Ash dan matos Terhadap Nilai Kohesi Tanah Asli

Pemeraman	Uraian	Kohesi (kg/cm²)
-	Tanah Asli	2,09
1 hari	Flyash 10%	2,315
	Flyash 10% + Matos 3%	3,6317
	Flyash 10% + Matos 5%	5,5375
	Flyash 10% + Matos 7%	4,2

Lanjutan Tabel 5.30 Pengaruh Penambahan *Fly Ash* dan matos Terhadap Nilai Kohesi Tanah Asli

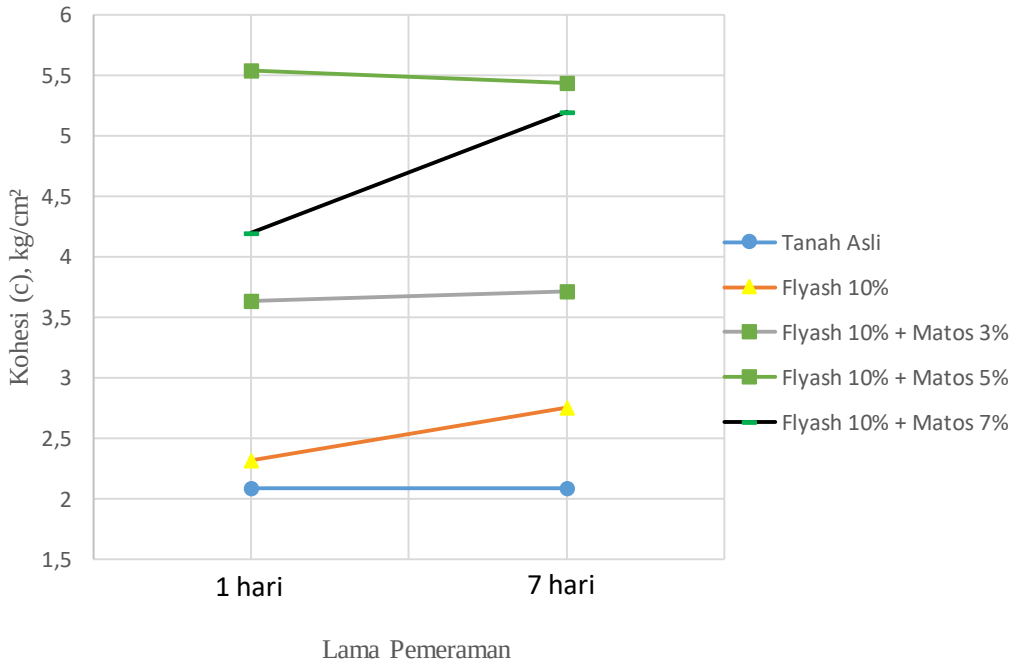
Pemeraman	Uraian	Kohesi (kg/cm²)
7 hari	Tanah asli	2,09
	Flyash 10%	2,755
	Flyash 10 % + Matos 3%	3,715
	Flyash 10% + Matos 5%	5,435
	Flyash 10% + Matos 7%	5,2



Gambar 5.10 Pengaruh Penambahan Matos Terhadap Nilai Kohesi Tanah Dengan Kadar matos Sebesar 3%, 5%, 10%

Berdasarkan Gambar 5.10 dapat diketahui bahwa penambahan 10% *flyash* dan variasi matos dengan persentase tertentu secara bersamaan dapat meningkatkan nilai kohesi tanah asli. Peningkatan terbesar terdapat pada variasi penambahan 10% *flyash* dan matos 5% dengan lama pemeraman 1 hari yaitu meningkat sebesar 164,95% dari nilai kohesi tanah asli yang mulanya sebesar 2,05 kg/cm² menjadi

5,5375 kg/cm². Penambahan persentase matos cenderung meningkatkan nilai kohesi tanah asli yang terdapat *flyash* sebesar 10%. Peningkatan nilai kohesi dimulai dari penambahan persentase matos sebesar 3% dan 5% kemudian mengalami penurunan pada penambahan matos sebesar 7 %. Hal ini menunjukan bahwa penambahan matos sebesar 5 % merupakan titik optimal untuk menambahkan matos pada tanah yang terdapat *flyash* dengan persentase 10%. Adapun persentase peningkatan kohesi pada titik optimal penambahan 5% matos pada tanah yang mengandung 10% *flyash* dengan lama pemeraman 1 hari yaitu sebesar 164,95%.



Gambar 5.11 Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Kohesi

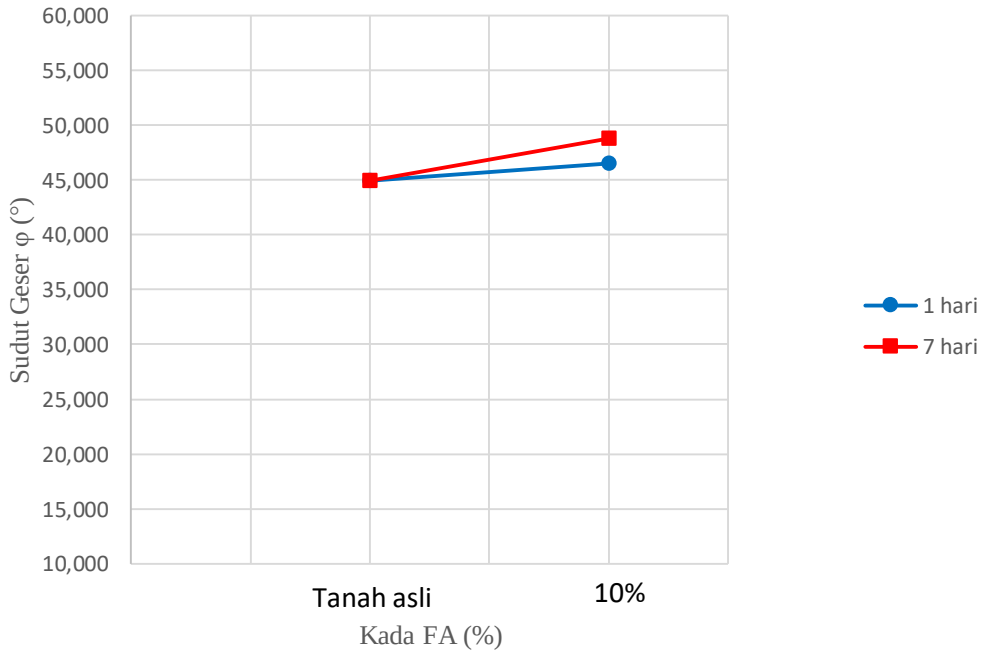
Gambar 5.11 di atas menunjukan bahwa lama pemeraman mempengaruhi nilai kohesi tanah. Semakin lama pemeraman makan nilai kohesi akan semakin tinggi. Peningkatan kohesi terbesar terjadi pada lama pemeraman 7 hari untuk semua variasi sampel yang mengandung 10 % *flyash*.

2. Sudut Geser Dalam (φ)

Pengaruh penambahan bahan stabilisasi berupa *fly ash* dan matos terhadap parameter nilai sudut geser dapat dilihat pada Tabel 5.32, Gambar 5.13, Gambar 5.14 dan Gambar 5.14 berikut.

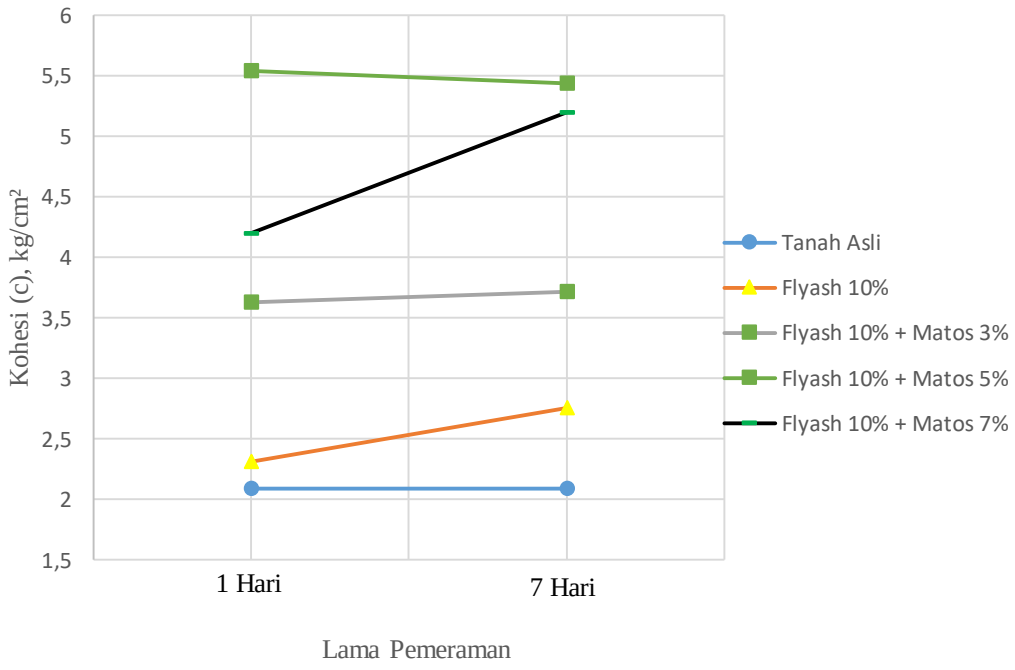
Tabel 5.15 Pengaruh Penambahan matos dan flyash Terhadap Nilai Sudut Geser Tanah Asli

Pemeraman	Uraian	Kohesi (kg/cm²)	Sudut Geser (°)
-	Tanah Asli	2,09	44,891
1 hari	Flyash 10%	2,315	46,484
	Flyash 10% + Matos 3%	3,6317	43,099
	Flyash 10% + Matos 5%	5,5375	40,961
	Flyash 10% + Matos 7%	4,2	44,551
7 hari	Tanah asli	2,09	44,891
	Flyash 10%	2,755	48,749
	Flyash 10 % + Matos 3%	3,715	48,412
	Flyash 10% + Matos 5%	5,435	39,383
	Flyash 10% + Matos 7%	5,2	42,383



Gambar 5.12 Pengaruh Penambahan matos Terhadap Nilai Sudut Geser Tanah Dengan Kadar flyash Sebesar 10%

Berdasarkan Gambar 5.10 penambahan 10% *flyash* dan variasi matos dengan persentase tertentu secara bersamaan pada tanah asli cenderung menurunkan sudut geser dalam tanah asli. Penurunan terbesar terdapat pada variasi penambahan 10% *flyash* + 7% matos dengan lama pemeraman 7 hari yaitu sebesar 8,59% dari nilai sudut geser dalam tanah asli sebesar 44,891° menjadi 39,383°. Pada variasi penambahan 10% *flyash* dengan lama pemeraman 1 hari terjadi peningkatan nilai sudut geser dalam sebesar 3,55% dari nilai sudut geser dalam tanah asli sebesar 44,891° menjadi 46,484°. Penambahan 3%,5%, dan 7% matos dan 10% *flyash* dengan lama pemeraman 1 hari menurunkan nilai sudut geser dalam sebesar 3,99%, 8,75%, dan 0,76%. Penambahan 3%, 5% dan 7% matos dan 10% *fly* ash dengan lama pemeraman 7 menurunkan nilai sudut geser dalam sebesar 7,8%, 12,27%, dan 5,59% dan mengalami peningkatan di penambahan f*ly ash* 10% sebesar 8,91%.



Gambar 5. 13 Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Sudut Geser Tanah

Gambar 5.13 di atas menunjukan bahwa lama pemeraman cenderung menurunkan nilai sudut geser tanah. Semakin lama waktu pemeraman maka sudut geser dalam cenderung menjadi lebih kecil pada hampir semua variasi. Namun pada

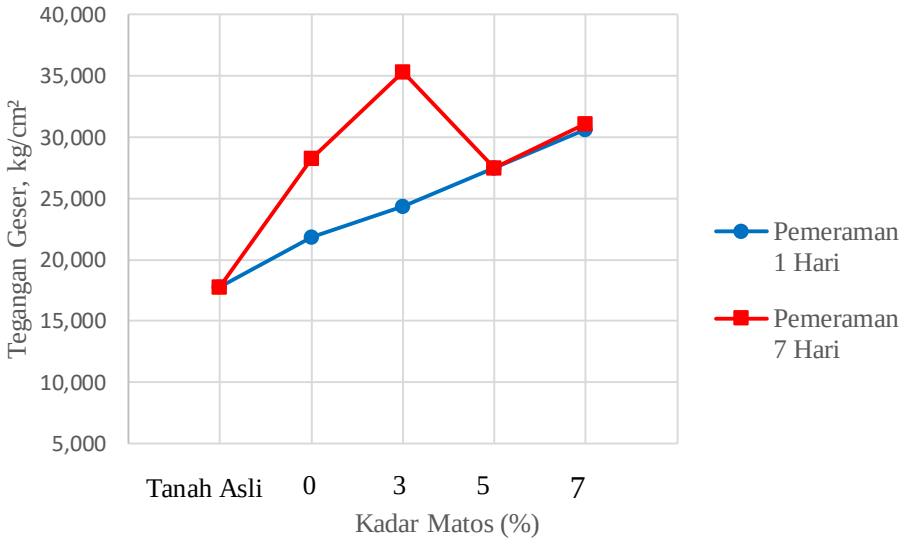
variasi penambahan 10% *flyash*, sudut geser dalam mengalami peningkatan dari pemeraman 1 hari ke pemeraman 7 hari.

3. Tegangan Geser (σ)

Pengaruh penambahan bahan stabilisasi berupa *fly ash* dan matos terhadap nilai tegangan geser dapat dilihat pada Tabel 5.31, Gambar 5.16 dan Gambar 5.17 berikut.

Tabel 5.16 Pengaruh Penambahan matos dan Fly Ash Terhadap Tegangan Geser Pada Tegangan Keliling 1 kg/cm²

Pemeraman	Uraian	Tegangan Utama	Tegangan Geser (kg/cm²)
	Tanah Asli	15,734	17,764
1 hari	Flyash 10%	18,535	21,836
	Flyash 10% + Matos 3%	22,114	24,325
	Flyash 10% + Matos 5%	25,277	27,480
	Flyash 10% + Matos 7%	26,811	30,594
7 hari	Tanah Asli	15,734	17,764
	Flyash 10%	22,403	28,300
	Flyash 10 % + Matos 3%	28,044	35,314
	Flyash 10% + Matos 5%	26,860	27,485
	Flyash 10% + Matos 8%	28,390	31,109



Gambar 5.14 Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Tegangan Geser Geser Tanah Dengan Kadar matos Sebesar 3% 5%, dan 7%

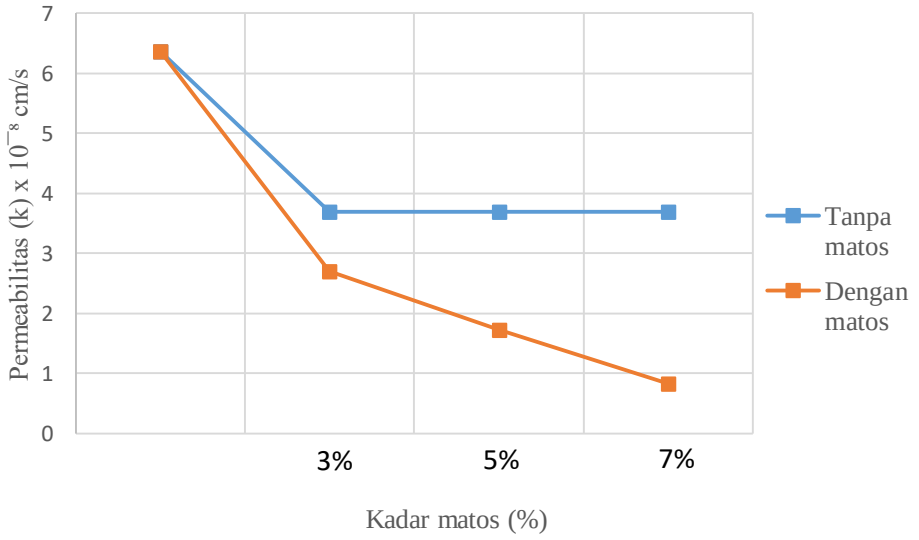
Berdasarkan Gambar 5.14 penambahan 10% *flyash* dan variasi matos secara bersamaan pada tanah asli juga cenderung meningkatkan tegangan geser. Peningkatan terbesar terdapat pada variasi penambahan 10% *flyash* dan matos 7% dengan lama pemeraman 7 hari sebesar 75,12% dari nilai tegangan geser tanah asli sebesar 17,764 kg/cm² menjadi 31,109 kg/cm² kemudian penambahan 10% *flyash* dan 7% matos pemeraman 1 hari meningkatkan sebesar 72,22% dari nilai tegangan geser tanah asli sebesar 17,764 kg/cm menjadi 30,594 kg/cm. Pada variasi penambahan 10% *flyash* dengan lama pemeraman 1 hari dan 7 hari terjadi peningkatan nilai tegangan geser sebesar 22,92% dan 59,31% dari nilai tegangan geser tanah asli sebesar 17,764 kg/cm² menjadi 21,836 dan 28,3 kg/cm². Diikuti dengan penambahan flyash sebesar 10% dengan variasi 3% dan 5% matos dengan lama pemeraman 1 hari dan 7 hari terjadi meningkatan sebesar 36,93% dan 54,69% dari nilai tengan geser tanah asli sebesar 17,764 kg/cm menjadi 24,325 dan 27,48 kg/cm untuk pemeraman 1 hari, dan peningkatan sebesar 98,8% dan 54,72% dari nilai tegangan geser tanah asli sebesar 17,764 kg/cm menjadi 35,314 dan 27,485 untuk pemeraman 7 hari,

4. Permeabilitas

Pengaruh penambahan bahan stabilisasi berupa *fly ash* dan *gypsum* terhadap nilai permeabilitas dengan umur pemeraman 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.32 dan Gambar 5.18 berikut.

Tabel 5.32 Pengaruh Penambahan Matos dan Fly Ash Terhadap Permeabilitas Tanah Asli Pemeraman 7 Hari

Uraian	Permeabilitas,k x10^{-8}		Permeabilitas,k x10^{-8}
Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Permeabilitas,k x10^{-8} (cm/s)
Tanah Asli	6,047	6,676	6,362
Flyash 10%	3,733	3,644	3,689
Flyash 10% + matos 3%	2,504	2,902	2,703
Flyash 10% + matos 5%	1,838	1,612	1,725
Flyash 10% + matos 7%	0,978	0,668	0,823



Gambar 5. 15 Pengaruh Penambahan Matos dan Fly Ash Terhadap Permeabilitas Tanah Asli Pemeraman 7 hari

Berdasarkan Gambar 5.16 diketahui bahwa penambahan masing-masing variasi Matos dan *fly ash* dapat menurunkan koefisien permeabilitas pada tanah asli. Penurunan nilai koefisien permeabilitas terbesar terdapat pada penambahan 10% *fly ash* dan 7% matos yaitu sebesar 87,07% dari nilai koefisien permeabilitas tanah asli sebesar 6,362 x 10^{-8} cm/s menjadi 0,823 x 10^{-8} cm/s. Penambahan 10% *fly ash*

menjadikan nilai koefisien permeabilitas turun sebesar 42,03% dari tanah asli, nilai koefisien permeabilitas tanah asli sebesar 6,362 x 10^{-8} menjadi 3,638 x 10^{-8}. Penambahan 10% *fly ash* + 3% matos dan 10% *fly ash* dan 5% matos menurunkan nilai koefisien permeabilitas sebesar 57,51% dan 72,88% dari tanah asli, Penambahan variasi matos pada tanah yang terdapat *fly ash* dengan persentase tertentu mampu menurunkan nilai koefisien permeabilitas dibandingkan dengan tanah yang terdapat *fly ash* saja.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian laboratorium, hasil analisa data dan pembahasan pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo didapatkan kadar air tanah sebesar 29,273% , berat volume tanah 1,874 gr/cm², berat jenis tanah sebesar 2,507, batas cair tanah sebesar 85,75%, batas plastis tanah sebesar 50,96%, batas susut tanah sebesar 25,25%, indeks plastisitas tanah sebesar 34,79%, persentase butiran kerikil sebesar 0%, persentase butiran pasir sebesar, 7,88%, persentase butiran lanau sebesar 32,57%, persentase butiran lempung 59,55%, kadar air optimum tanah sebesar 40,5%, dan kepadatan kering maksimal tanah sebesar 1,17 gr/cm³. Berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik pada pengujian Triaksial *UU* didapatkan nilai kohesi tanah sebesar 2,09 kg/cm² dan sudut geser dalam tanah sebesar 44,891° dan pada pengujian permeabilias *Falling-Head* didapatkan nilai permeabilitas tanah sebesar 6,362 x 10^{-8} cm/s. Berdasarkan klasifikasi tanah metode *USCS* sampel tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Loano,Kecamatan Loano Kabupaten Purworejo termasuk ke dalam kelompok OH yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Berdasarkan klasifikasi tanah metode *AASHTO* masuk dalam kelompok A-7 dan sub kelompok A-7-5 yaitu tanah berlempung dengan penilaian sebagai tanah subgrade sedang sampai buruk.
2. Berdasarkan pengujian Triaksial *UU* didapati pengaruh penambahan 10% *fly ash* dan variasi matos 3%, 5%, 7% terhadap kuat geser tanah. Penambahan variasi 3%, 5%, dan 7% matos dapat meningkatkan kohesi tetapi menurunkan sudut geser dalam tanah asli dan semakin menurun seiring berjalannya lama waktu pemeraman. Sedangkan untuk penambahan *fly ash* saja meningkatkan nilai kohesi walupun tidak sebesar variasi penambahan matos 3%, 5%, 7% dan

10% *fly ash* tetapi meningkatkan nilai sudut geser dan terus bertambah seiring berjalannya waktu pemeraman. Kohesi terbesar terdapat pada variasi penambahan 10% *fly ash dan matos 5%* yaitu untuk lama pemeraman 1 hari yaitu sebesar 5,5375 kg/cm² dengan sudut geser dalam sebesar 40,961º dan untuk lama pemeraman 7 yaitu sebesar 5,435 kg/cm² dengan sudut geser dalam sebesar 39,383º.

3. Berdasarkan pengujian permeabilitas *Falling-Head* dapat diketahui pengaruh penambahan 10% matos dan variasi 3%, 5%, dan 7% *fly ash* terhadap koefisien permeabilitas tanah. Penambahan *fly ash* dan variasi matos pada pemeraman 7 hari dapat menurunkan nilai koefisien permeabilitas tanah asli. Penambahan variasi matos pada tanah dengan persentase *fly ash* tertentu mampu menurunkan nilai koefisien permeabilitas lebih besar dibandingkan penambahan *fly ash* saja. Nilai koefisien permeabilitas terendah terdapat pada variasi penambahan 10% *flyash* dan 7% matos yaitu sebesar 0,823 x 10^{-8} cm/s menurun sebesar 87,07% dari nilai koefisien permeabilitas tanah asli,

6.2 Saran

Saran yang didapat dari hasil penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Peneliti selanjutnya dapat menambahkan variasi *fly ash* dengan matos yg konstan.
2. Peneliti selanjutnya dapat mengurangi persentase matos dikarenakan standart untuk uji triaksial sendiri jika ingin menambahkan persentase matos yg lebih dapat di lakukan pengujian uji tekan bebas.
3. Peneliti selanjutnya dapat menambah waktu pemeraman.
4. Peneliti selanjutnya dapat melakukan peneletian dengan pengujian yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Al Firdaus. 2014. Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan *Magnesium Carbonate* dan Semen Terhadap Nilai CBR dan Potensi Pengembangan. *Tugas Akhi*r.

Badan Standarisasi Nasional. 2014. *SNI 2460:2014: Spesifikasi Abu Terbang Batubara Dan Pozzolan Alam Mentah Atau Yang Telah Dikalnisasi Untuk Digunakan Dalam Beton*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 1744-201s2: *Metode Uji CBR Laboratorium*. BSN. Jakarta

Bowles, E. J. 1986. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Erlangga. Jakarta

Das, M. B. 1998. *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga. Surabaya.

Das, M. B. 1994. *Mekanika Tanah Jilid 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga. Surabaya.

Das, B. M, 1995. *Mekanika Tanah Jilid II*, Erlangga, Jakarta

Gunawan, G., dan Fransisko, S. 2011. . Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Yang Ramah Lingkungan Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar (*Waste Utilization of Enviroment-Friendly Fly Ash As Soil Subgrade Stabilizer*). *Jurnal Jalan-Jembatan Volume 28,* pp. 76-85. Bandung.

Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Gramedia, Jakarta

Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta

Hardiyatmo, H. C. 2012. Mekan*ika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Hendriyanto. 1996. Penggunaan *Portland Cemen*t dan *Clean Set* Cement Pada Stabilisasi Tanah Dasar Untuk Sub Grade Jalan Raya Terhadap Nilai CBR dan UCS. *Tugas Akhir*.

Indera, R. K., Mina, E.,dan Fakhri, N. 2018. Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Limbah Gypsum dan Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (Studi Kasus Jalan Simpang Kertajaya Kec.Sumur Kab.Pandeglang Koordinat -6.672997, 105.595341). *Jurnal Fondasi, Volume 7 no 1 ,* pp. 22-31. Banten.

Nugroho, U. 2008. Stabilisasi Tanah Gambut Rawapening Menggunakan Campuran *Portland Cement* dan *Gypsum* Sintesis ($CaSO_4.2H_2O$) Ditinjau Dari Nilai *California Bearing Ratio* (CBR). *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, Nomor 2 Volume 10 hal:161-170* Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Polii, S. N., Sompie, O. B. A.,dan Manaroinsong, L. D. K. 2018. Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung. *Jurnal Tekno vol 16 no 69*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.

Prabowo. 2018. Pengaruh Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur dan Matos terhadap Kuat Geser Tanah dan Kosolidasi Tabah Gambut. *Tugas Akhir*.

Riyadi. dan Siswanto. 2004. Pengaruh Penambahan Pasir dan Kapur Untuk Stabilisasi Tanah Lempung Sebagai Subgrade Jalan Raya. *Tugas Akhir*.

Rully. dan Youshef. 2002. Pengaruh Stabilisasi Tanah Dengan Kalsit Terhadap Nilai CBR dan Uji Geser Langsung. *Tugas Akhir*.

Badan Standarisasi nasional *SNI* 2014

Terzaghi, K dan dan Ralph B. Peck. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Erlangga, Jakarta

Watukali Capita, PT. 2011. *Matos Book*. Yogyakarta

Wesley, L.D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

Wibawa, A., Hisyam, E. S. 2015. Pengaruh Penambahan Limbah *Gypsum* Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung. *Jurnal Fropil Vol 3 Nomor 2*. Universitas Bangka Belitung. Kepulauan Bangka Belitung.

Wibowo, H. 2018. Strategi Kebijakan Pengelolaan Limbah B3 Fly Ash dan Bottom Ash Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Yang Berkelanjutan. Bogor. 2018.

Wiqoyah, Q., Renaningsih.,dan Indrawan, B. A. 2014. Pemanfaatan Kapur Dan *Fly Ash* Untuk Peningkatan Nilai Parameter Geser Tanah Lempung Dengan Variasi Lama Perawatan. *Simposium Nasional RAPI XIII – 2014 FT UMS*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian Kadar Air Tanah Asli

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN KADAR AIR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli

Uraian	Simbol	Hasil	
		Sampel 1	Sampel 2
Berat Cawan (W1)	gr	9,09	9,07
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	gr	25,89	27,59
Berat Cawan + Tanah Kering (W3)	gr	22,129	23,349
Berat Air	gr	3,761	4,241
Berat Tanah Kering	gr	13,039	14,279
Kadar Air	%	28,844	29,701
Kadar Air Rata-rata	%	29,273	

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

Lampiran 2 Pengujian Berat Volume Tanah Asli

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT VOLUME

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli

No	Uraian	Satuan	Hasil	
			1	2
1	Diameter ring (d)	cm	5	5,9
2	Tinggi ring (t)	cm	2	1,9
3	Volume ring (V)	cm^3	39,270	51,945
4	Berat ring (W1)	gr	42,93	43,06
5	Berat ring + Tanah Basah (W2)	gr	117,48	139,09
6	Berat Tanah Basah	gr	74,55	96,03
7	Berat Volume Tanah	gr/cm^3	1,898	1,849
8	Berat Volume Rata-Rata	gr/cm^3	1,874	

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

Lampiran 3 Pengujian Berat Jenis Air Tanah Asli

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BERAT JENIS

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli

1	No Pengujian	Satuan	1	2
2	Berat piknometer, (W1)	gr	40,84	42,05
3	Berat piknometer + Tanah kering, (W2)	gr	60,37	63,1
4	Berat piknometer + Tanah + Air (penuh), (W3)	gr	154,72	154,18
5	Berat piknometer + Air (penuh), (W4)	gr	141,92	143,1
6	Suhu air (t°c)	°c	27	27
7	ϒw pada suhu (t°c)	gr/cm³	0,9965	0,9965
8	ϒw pada suhu (27,5°c)	gr/cm³	0,9964	0,9964
9	Berat tanah kering (Ws) = (W3-W1)	gr	19,53	21,05

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

Lampiran 4 Pengujian Batas Cair Tanah Asli

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Uraian	I		II		III		IV	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan, W1 (gr)	9,05	9,15	9,02	12,74	9,27	7,81	6,71	12,96
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	20,21	15,18	21,34	24,02	18,68	22,9	20,6	31,25
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	14,62	12,17	15,6	18,76	14,47	16,13	14,77	23,5
Berat Tanah Basah, W = W2-W1 (gr)	11,16	6,03	12,32	11,28	9,41	15,09	13,88	18,29
Berat Tanah Kering, Ws = W3-W1 (gr)	5,57	3,02	6,58	6,02	5,2	8,32	8,06	10,54
Berat Air, Ww = W2-W3 (gr)	5,59	3,01	5,74	5,26	4,21	6,77	5,83	7,75
Kadar Air (%)	100,36	99,67	87,23	87,38	80,96	81,37	72,33	73,53
Kadari Air Rata-Rata,w (%)	100,01		87,30		81,17		72,93	
Jumlah Pukulan, N	14		24		30		40	

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

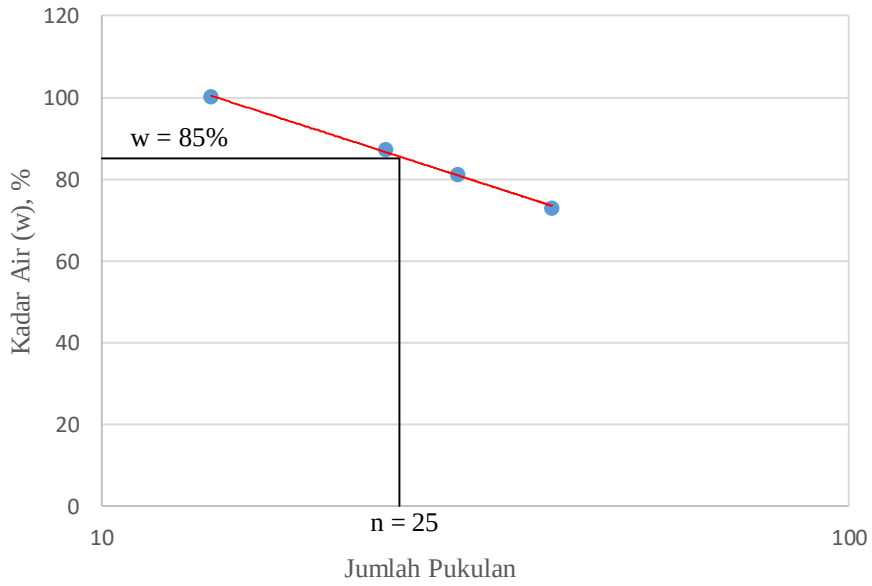
Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS CAIR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2019
Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Oktober 2019
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

Lampiran 5 Pengujian Batas Plastis Tanah Asli

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN BATAS PLASTIS

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli

	Sampel 1		Sampel 2	
	1	2	1	2
Berat Cawan, W1 (gr)	9,24	13,15	9,16	8,95
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	10,22	14,72	12,59	11,88
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	9,9	14,2	11,41	10,86
Berat Tanah Basah, W = W2-W1 (gr)	0,98	1,57	3,43	2,93
Berat Tanah Kering, Ws = W3-W1 (gr)	0,66	1,05	2,25	1,91
Berat Air, Ww = W2-W3 (gr)	0,32	0,52	1,18	1,02
Kadar Air (%)	48,48	49,52	52,44	53,40
Kadar Air Rata-Rata per Sampel,w (%)	49,00		52,92	
Kadar Air Rata-Rata, w (%)	50,96			

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

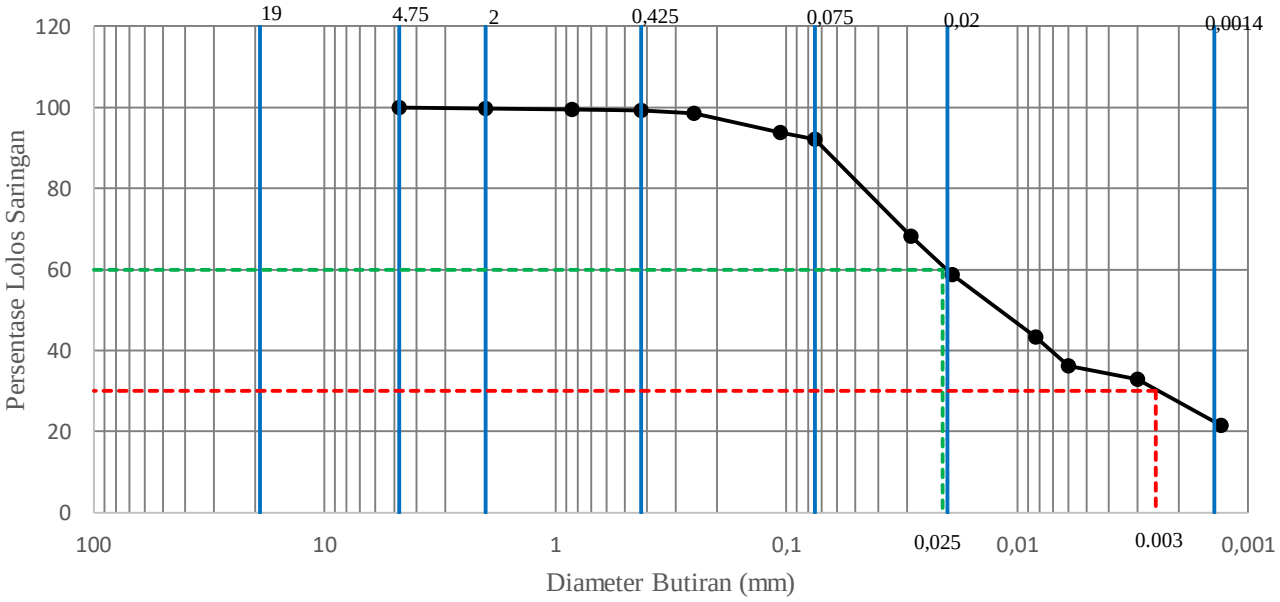
Yogyakarta, Oktober 2019
Peneliti

(Fachrudin aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

GRAFIK ANALISA BUTIRAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

FRAKSI BUTIRAN

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
% Lolos #200	%	91,29	92,95	92,12
Kerikil	%	0,00	0,00	0,00
Pasir	%	8,71	7,05	7,88
Lanau	%	29,80	35,34	32,57
Lempung	%	61,49	57,61	59,55
D60	mm	0,025	0,021	0,02
D30	mm	0,003	0,0025	0,00
D10	mm	0	0	0,00
Cu	-	-	-	-
CC	-	-	-	-

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditye)

Lampiran 9 Pengujian Proktor Standar Tanah Asli

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PROKTOR STANDAR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Mold			
1	Diameter (D)	Cm	10,1
2	Tinggi (H)	Cm	11,74
3	Volume (V)	cm^3	940,59
4	Berat	Gr	1752

Hammer			
1	Berat	kg	2,5
2	Lapis	buah	3
3	Jumlah Tumbukan	kali	75
4	Tinggi jatuh	cm	30,5

Penambahan Air Sampel 1										
1	No sampel		1	2	3	4	5	6	7	8
2	Berat sampel	gr	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
3	Kadar air mula-mula	%	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17
4	Penambahan air	%	0	5	10	15	20	25	30	35
5	Penambahan air	ml	0	100	200	300	400	500	600	700

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

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

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PROKTOR STANDAR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

	Uji Proktor Sampel 1																	
1	No Pengujian	Satuan	1		2		3		4		5		6		7		8	
2	No Cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan	gr	9,02	8,91	9,01	8,66	8,96	8,55	9,14	13,04	9,17	9,22	8,9	9,15	8,9	8,92	8,71	8,98
4	Berat cawan + Tanah basah	gr	17,59	15,36	23,17	25,86	19,62	21,06	23,02	52,72	27,2	34,33	32,69	23,11	34,53	27,6	35,98	34,48
5	Berat cawan + Tanah kering	gr	16,46	14,61	20,85	23,14	17,56	18,64	19,65	43,23	22,2	27,48	25,56	18,82	26,02	21,37	26,23	25,35
6	Berat air	gr	1,13	0,75	2,32	2,72	2,06	2,42	3,37	9,49	5	6,85	7,13	4,29	8,51	6,23	9,75	9,13
7	Berat kering tanah	gr	7,44	5,7	11,84	14,48	8,6	10,09	10,51	30,19	13,03	18,26	16,66	9,67	17,12	12,45	17,52	16,37
8	Kadar air	%	15,19	13,16	19,59	18,78	23,95	23,98	32,06	31,43	38,37	37,51	42,80	44,36	49,71	50,04	55,65	55,77
9	Kadar air rata-rata	%	14,17		19,19		23,97		31,75		37,94		43,58		49,87		55,71	
10	Berat volume kering	gr/cm³	0,97		1,00		1,01		0,97		1,04		1,08		1,00		0,91	

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

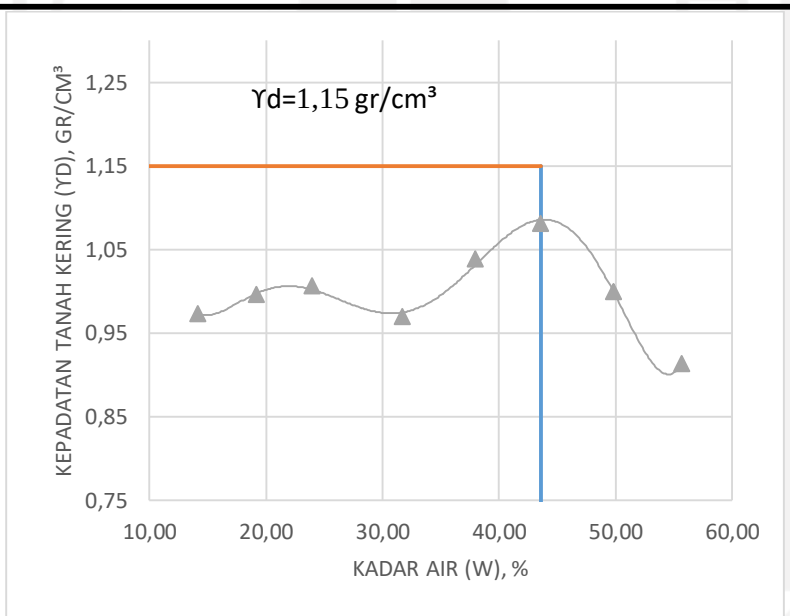
Yogyakarta, april 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PROKTOR STANDAR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Uraian	Satuan	Hasil
Kepadatan Kering Maks (Yd)	gr/cm³	1,15
Kadar Air Optimum (w)	%	41

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PROKTOR STANDAR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Mold			
1	Diameter (D)	Cm	10,1
2	Tinggi (H)	Cm	11,74
3	Volume (V)	cm^3	940,59
4	Berat	Gr	1750

Hammer			
1	Berat	kg	2,5
2	Lapis	buah	3
3	Jumlah Tumbukan	kali	75
4	Tinggi jatuh	cm	30,5

Penambahan Air Sampel 2										
1	No sampel		1	2	3	4	5	6	7	8
2	Berat sampel	gr	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
3	Kadar air mula-mula	%	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17
4	Penambahan air	%	0	5	10	15	20	25	30	35
5	Penambahan air	ml	0	100	200	300	400	500	600	700
6	Berat cetakan + Tanah basah	gr	2935	2975	3033	3075	3190	3315	3310	3365
7	Berat tanah basah	gr	1183	1223	1281	1323	1438	1563	1558	1613
8	Berat volume tanah basah, Υ	gr/cm^3	1,186	1,226	1,284	1,327	1,442	1,567	1,562	1,617

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

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

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PROKTOR STANDAR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Uji Proktor Sampel 2																		
1	No Pengujian	Satuan	1		2		3		4		5		6		7		8	
2	No Cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat cawan	gr	5,54	5,76	8,95	12,77	7,77	12,82	8,58	9,14	9,59	9,15	8,9	8,87	6,66	9,2	5,86	8,93
4	Berat cawan + Tanah basah	gr	35,64	32,68	19,59	26,48	30,44	32,09	30,41	22,66	33,98	28,78	21,86	18,93	30,29	37,47	19,32	22,16
5	Berat cawan + Tanah kering	gr	32,2	29,62	18,14	24,55	26,14	28,43	25,71	19,77	27,84	23,86	18,2	16,06	22,92	28,65	14,95	17,85
6	Berat air	gr	3,44	3,06	1,45	1,93	4,3	3,66	4,7	2,89	6,14	4,92	3,66	2,87	7,37	8,82	4,37	4,31
7	Berat kering tanah	gr	26,66	23,86	9,19	11,78	18,37	15,61	17,13	10,63	18,25	14,71	9,3	7,19	16,26	19,45	9,09	8,92
8	Kadar air	%	12,90	12,82	15,78	16,38	23,41	23,45	27,44	27,19	33,64	33,45	39,35	39,92	45,33	45,35	48,07	48,32
9	Kadar air rata-rata	%	12,86		16,08		23,43		27,31		33,55		39,64		45,34		48,20	
10	Berat volume kering	gr/cm³	1,05		1,06		1,04		1,04		1,08		1,12		1,07		1,09	

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

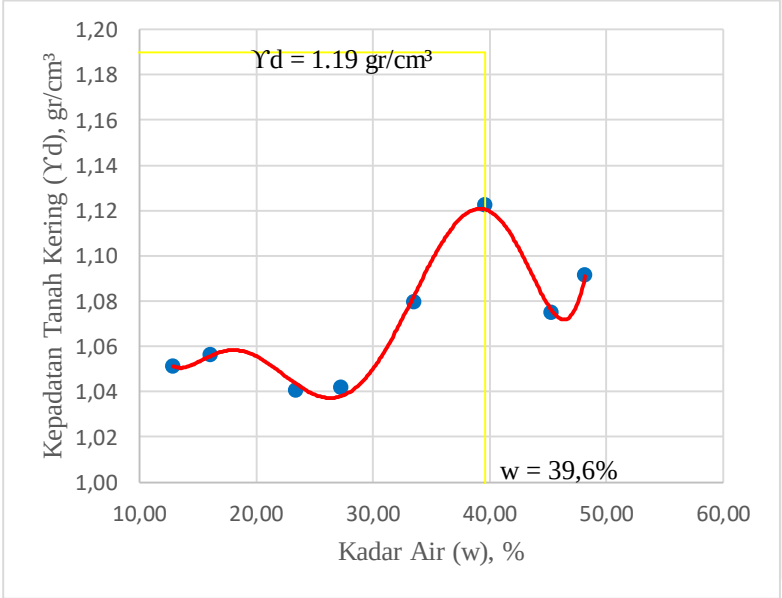
Yogyakarta, Oktober 2019
Peneliti

(Ruli Maisenta)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PROKTOR STANDAR

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1



Uraian	Satuan	Hasil
Kepadatan Kering Maks (Ɣd)	gr/cm³	1,19
Kadar Air Optimum (w)	%	39,6

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

Lampiran 10 Pengujian Triaksial *UU*

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Silinder	I (0,5 Kg)	II (1 Kg)	III (1,5 Kg)
Tinggi Silinder,Lo (cm)	7,8	7,8	7,8
Diameter Silinder,D (cm)	3,8	3,8	3,8
Berat Silinder (gr)	210,35	210,35	210,35
Luas Penampang Silinder,A (cm^2)	11,341	11,341	11,341
Volume Silinder,V (cm^3)	88,461	88,461	88,461
Berat Silinder + Tanah Basah (gr)	347,98	347,56	348,08
Berat Tanah Basah (gr)	137,63	137,21	137,73
Berat Isi Tanah Basah, ϒ (gr/cm^3)	1,556	1,551	1,557
Berat Isi Tanah Kering, ϒd (gr/cm^3)	1,120	1,101	1,105

Uraian	Top	Mid	Bottom	Top	Mid	Bottom	Top	Mid	Bottom
Berat Cawan, W1 (gr)	4,97	4,93	3,92	9,77	9,93	9,89	12,1	11,54	11,94
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	20,97	17,17	12,47	33,73	36,31	38,48	30,46	28,97	27,34
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	16,34	13,67	10,21	26,78	28,54	30,3	25,12	23,92	22,87
Berat Tanah Basah, W = W2-W1 (gr)	16	12,24	8,55	23,96	26,38	28,59	18,36	17,43	15,4
Berat Tanah Kering, Ws = W3-W1 (gr)	11,37	8,74	6,29	17,01	18,61	20,41	13,02	12,38	10,93
Berat Air, Ww = W2-W3 (gr)	4,63	3,5	2,26	6,95	7,77	8,18	5,34	5,05	4,47
Kadar Air (%)	40,72%	40,05%	35,93%	40,86%	41,75%	40,08%	41,01%	40,79%	40,90%
Kadari Air Rata-Rata,w (%)	38,90%			40,90%			40,90%		

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Beban 0,5 kg								
Waktu	Vertical dial x 0,001	Load dial reading	DL	e	Area, CF	Corection Area, A'	Beban, P	Deviator Stress
menit	div	div	cm		cm²	cm²	kg	kg/cm²
	0	0	0	0,0000	1,0000	11,3411	0,0000	0,0000
	40	42	0,04	0,5128	0,9949	11,3996	35,9520	3,1538
	80	85	0,08	1,0256	0,9897	11,4587	72,7600	6,3498
	120	117	0,12	1,5385	0,9846	11,5184	100,1520	8,6950
	160	136	0,16	2,0513	0,9795	11,5787	116,4160	10,0544
	200	154	0,2	2,5641	0,9744	11,6396	131,8240	11,3255
	240	165	0,24	3,0769	0,9692	11,7012	141,2400	12,0706
	280	173	0,28	3,5897	0,9641	11,7634	148,0880	12,5888
	320	179	0,32	4,1026	0,9590	11,8263	153,2240	12,9562
	360	185	0,36	4,6154	0,9538	11,8899	158,3600	13,3189
	400	189	0,4	5,1282	0,9487	11,9542	161,7840	13,5337

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Beban 1 kg								
Waktu	Vertical dial x 0,001	Load dial reading	DL	e	Area, CF	Corection Area, A'	Beban, P	Deviator Stress
menit	div	div	cm		cm²	cm²	kg	kg/cm²
	0	0	0	0,0000	1,0000	11,3411	0,0000	0,0000
	40	38	0,04	0,5128	0,9949	11,3996	32,5280	2,8534
	80	69	0,08	1,0256	0,9897	11,4587	59,0640	5,1545
	120	110	0,12	1,5385	0,9846	11,5184	94,1600	8,1748
	160	132	0,16	2,0513	0,9795	11,5787	112,9920	9,7586
	200	156	0,2	2,5641	0,9744	11,6396	133,5360	11,4726
	240	172	0,24	3,0769	0,9692	11,7012	147,2320	12,5827
	280	184	0,28	3,5897	0,9641	11,7634	157,5040	13,3893
	320	195	0,32	4,1026	0,9590	11,8263	166,9200	14,1143
	360	206	0,36	4,6154	0,9538	11,8899	176,3360	14,8307
	400	213	0,4	5,1282	0,9487	11,9542	182,3280	15,2522
	440	217	0,44	5,6410	0,9436	12,0192	185,7520	15,4547
	480	219	0,48	6,1538	0,9385	12,0848	187,4640	15,5123
	520	221	0,52	6,6667	0,9333	12,1512	189,1760	15,5685
	560	221	0,56	7,1795	0,9282	12,2184	189,1760	15,4829

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

(Fachrudin aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Beban 1,5 kg								
Waktu	Vertical dial x 0,001	Load dial reading	DL	e	Area, CF	Corection Area, A'	Beban, P	Deviator Stress
menit	div	div	cm		cm²	cm²	kg	kg/cm²
	0	0	0	0,0000	1,0000	11,3411	0,0000	0,0000
	40	36	0,04	0,5128	0,9949	11,3996	30,8160	2,7033
	80	69	0,08	1,0256	0,9897	11,4587	59,0640	5,1545
	120	98	0,12	1,5385	0,9846	11,5184	83,8880	7,2830
	160	132	0,16	2,0513	0,9795	11,5787	112,9920	9,7586
	200	152	0,2	2,5641	0,9744	11,6396	130,1120	11,1784
	240	174	0,24	3,0769	0,9692	11,7012	148,9440	12,7290
	280	189	0,28	3,5897	0,9641	11,7634	161,7840	13,7531
	320	205	0,32	4,1026	0,9590	11,8263	175,4800	14,8381
	360	215	0,36	4,6154	0,9538	11,8899	184,0400	15,4787
	400	227	0,4	5,1282	0,9487	11,9542	194,3120	16,2547
	440	237	0,44	5,6410	0,9436	12,0192	202,8720	16,8791
	480	247	0,48	6,1538	0,9385	12,0848	211,4320	17,4957
	520	253	0,52	6,6667	0,9333	12,1512	216,5680	17,8227
	560	258	0,56	7,1795	0,9282	12,2184	220,8480	18,0751
	600	260	0,6	7,6923	0,9231	12,2862	222,5600	18,1146
	640	264	0,64	8,2051	0,9179	12,3549	225,9840	18,2911
	680	265	0,68	8,7179	0,9128	12,4243	226,8400	18,2578
	720	267	0,72	9,2308	0,9077	12,4945	228,5520	18,2922
	760	266	0,76	9,7436	0,9026	12,5655	227,6960	18,1208

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

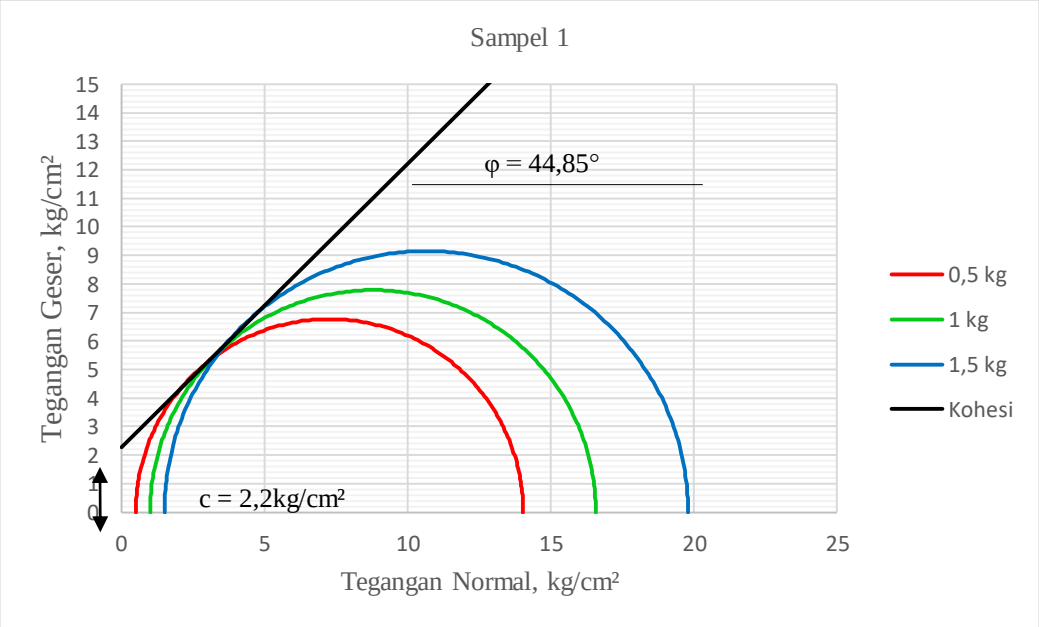
(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 1

Pembebanan	Satuan	Sampel		
		I	II	III
Tegangan Keliling, σ_3	kg/cm²	0,5	1	1,5
Tegangan Geser Maks, $\Delta\sigma$	kg/cm²	13,5337	15,5685	18,2922
Tegangan Utama, σ_1	kg/cm²	14,0337	16,5685	19,7922



Uraian	Nilai
Kohesi (kg/cm²)	2,2
Sudut Geser (°)	44,85

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

(Ruli Maisenta)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Data Parameter Tanah Sampel 2

Silinder	I (0,5 Kg)	II (1 Kg)	III (1,5 Kg)
Tinggi Silinder,Lo (cm)	7,5	7,5	7,5
Diameter Silinder,D (cm)	4	4	4
Berat Silinder (gr)	134,48	134,48	134,48
Luas Penampang Silinder,A (cm^2)	12,566	12,566	12,566
Volume Silinder,V (cm^3)	94,248	94,248	94,248
Berat Silinder + Tanah Basah (gr)	268,06	261,78	282,91
Berat Tanah Basah (gr)	133,58	127,3	148,43
Berat Isi Tanah Basah, ϒ (gr/cm^3)	1,417	1,351	1,575
Berat Isi Tanah Kering, ϒd (gr/cm^3)	1,008	0,959	1,123

Uraian	Top	Mid	Bottom	Top	Mid	Bottom	Top	Mid	Bottom
Berat Cawan, W1 (gr)	9,1	9,12	9	6,3	6,66	6,25	12,78	13,18	13,1
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	24,13	20,49	26,92	22,15	17,6	18,87	31,27	22,73	27,72
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	19,74	17,24	21,75	17,59	14,39	15,23	25,97	19,99	23,51
Berat Tanah Basah, W = W2-W1 (gr)	15,03	11,37	17,92	15,85	10,94	12,62	18,49	9,55	14,62
Berat Tanah Kering, Ws = W3-W1 (gr)	10,64	8,12	12,75	11,29	7,73	8,98	13,19	6,81	10,41
Berat Air, Ww = W2-W3 (gr)	4,39	3,25	5,17	4,56	3,21	3,64	5,3	2,74	4,21
Kadar Air (%)	41,26 %	40,02 %	40,55 %	40,39 %	41,53 %	40,53 %	40,18 %	40,23 %	40,44 %
Kadari Air Rata-Rata,w (%)	40,61%			40,82%			40,29%		

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, April 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudi Aditya
Tanggal : 202021
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Beban 0,5 kg								
Waktu	Vertical dial x 0,001	Load dial reading	DL	e	Area, CF	Corection Area, A'	Beban, P	Deviator Stress
menit	div	div	cm		cm²	cm²	kg	kg/cm²
	0	0	0	0,0000	1,0000	12,5664	0,0000	0,0000
	40	41	0,04	0,5333	0,9947	12,6338	35,0960	2,7780
	80	88	0,08	1,0667	0,9893	12,7019	75,3280	5,9305
	120	110	0,12	1,6000	0,9840	12,7707	94,1600	7,3731
	160	137	0,16	2,1333	0,9787	12,8403	117,2720	9,1331
	200	148	0,2	2,6667	0,9733	12,9107	126,6880	9,8127
	240	165	0,24	3,2000	0,9680	12,9818	141,2400	10,8799
	280	177	0,28	3,7333	0,9627	13,0537	151,5120	11,6068
	320	181	0,32	4,2667	0,9573	13,1264	154,9360	11,8034
	360	182	0,36	4,8000	0,9520	13,2000	155,7920	11,8025
	400	183	0,4	5,3333	0,9467	13,2743	156,6480	11,8008
	440	180	0,44	5,8667	0,9413	13,3495	154,0800	11,5420

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Oktober 2019
Peneliti

(Ruli Maisenta)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Beban 0,5 kg								
Waktu	Vertical dial x 0,001	Load dial reading	DL	e	Area, CF	Corection Area, A'	Beban, P	Deviator Stress
menit	div	div	cm		cm²	cm²	kg	kg/cm²
	0	0	0	0,0000	1,0000	12,5664	0,0000	0,0000
	40	35	0,04	0,5333	0,9947	12,6338	29,9600	2,3714
	80	79	0,08	1,0667	0,9893	12,7019	67,6240	5,3239
	120	110	0,12	1,6000	0,9840	12,7707	94,1600	7,3731
	160	135	0,16	2,1333	0,9787	12,8403	115,5600	8,9998
	200	151	0,2	2,6667	0,9733	12,9107	129,2560	10,0116
	240	169	0,24	3,2000	0,9680	12,9818	144,6640	11,1436
	280	183	0,28	3,7333	0,9627	13,0537	156,6480	12,0003
	320	194	0,32	4,2667	0,9573	13,1264	166,0640	12,6511
	360	205	0,36	4,8000	0,9520	13,2000	175,4800	13,2940
	400	209	0,4	5,3333	0,9467	13,2743	178,9040	13,4774
	440	216	0,44	5,8667	0,9413	13,3495	184,8960	13,8504
	480	218	0,48	6,4000	0,9360	13,4256	186,6080	13,8994
	520	218	0,52	6,9333	0,9307	13,5025	186,6080	13,8202

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Beban 0,5 kg								
Waktu	Vertical dial x 0,001	Load dial reading	DL	e	Area, CF	Corection Area, A'	Beban, P	Deviator Stress
menit	div	div	cm		cm²	cm²	kg	kg/cm²
	0	0	0	0,0000	1,0000	12,5664	0,0000	0,0000
	40	33	0,04	0,5333	0,9947	12,6338	28,2480	2,2359
	80	68	0,08	1,0667	0,9893	12,7019	58,2080	4,5826
	120	99	0,12	1,6000	0,9840	12,7707	84,7440	6,6358
	160	127	0,16	2,1333	0,9787	12,8403	108,7120	8,4665
	200	156	0,2	2,6667	0,9733	12,9107	133,5360	10,3431
	240	179	0,24	3,2000	0,9680	12,9818	153,2240	11,8030
	280	196	0,28	3,7333	0,9627	13,0537	167,7760	12,8527
	320	218	0,32	4,2667	0,9573	13,1264	186,6080	14,2162
	360	235	0,36	4,8000	0,9520	13,2000	201,1600	15,2394
	400	244	0,4	5,3333	0,9467	13,2743	208,8640	15,7344
	440	249	0,44	5,8667	0,9413	13,3495	213,1440	15,9664
	480	255	0,48	6,4000	0,9360	13,4256	218,2800	16,2585
	520	260	0,52	6,9333	0,9307	13,5025	222,5600	16,4828
	560	263	0,56	7,4667	0,9253	13,5804	225,1280	16,5775
	600	265	0,6	8,0000	0,9200	13,6591	226,8400	16,6072
	640	265	0,64	8,5333	0,9147	13,7387	226,8400	16,5110

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

Yogyakarta, Oktober 2019
Peneliti

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

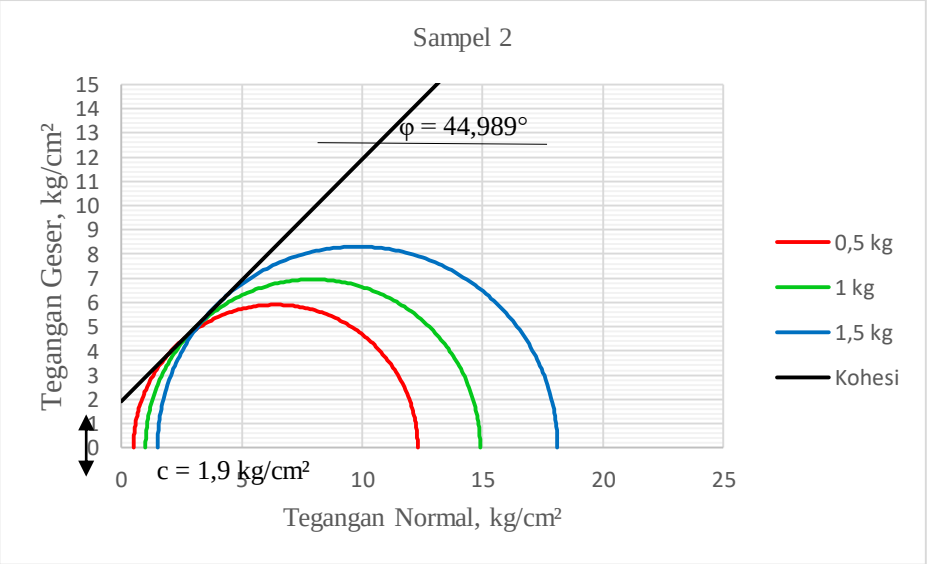
(Ruli Maisenta)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli Sampel 2

Pembebanan	Satuan	Speciment		
		I	II	III
Tegangan Keliling, σ_3	kg/cm²	0,5	1	1,5
Tegangan Geser Maks, $\Delta\sigma$	kg/cm²	11,80336	13,89941	16,60725
Tegangan Utama, σ_1	kg/cm²	12,30336	14,89941	18,10725



Uraian	Nilai
Kohesi (kg/cm²)	1,9
Sudut Geser (°)	44,989

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

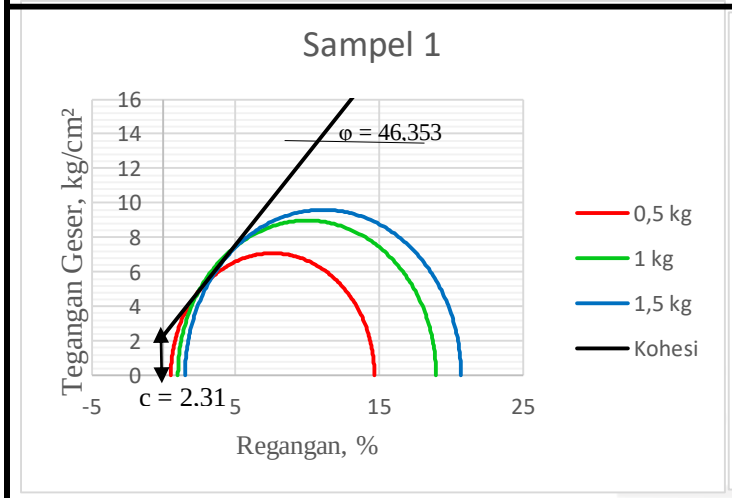
Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

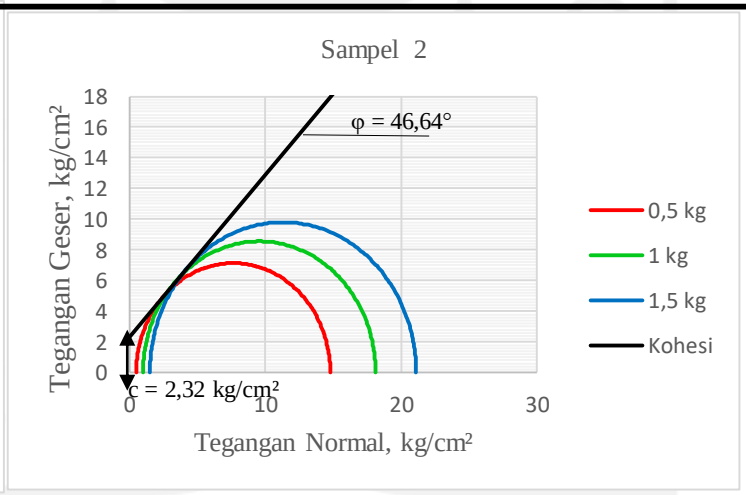
(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *fly ash* 1 hari





Uraian	Kohesi	Sudut Geser Dalam
	kg/cm²	°
Sampel 1	2,31	46,35
Sampel 2	2,32	46,61
Rata-Rata	2,315	46,48

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

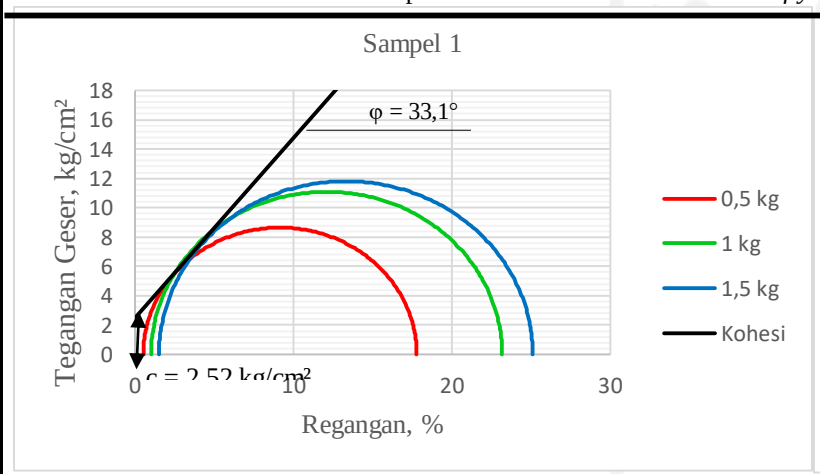
Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

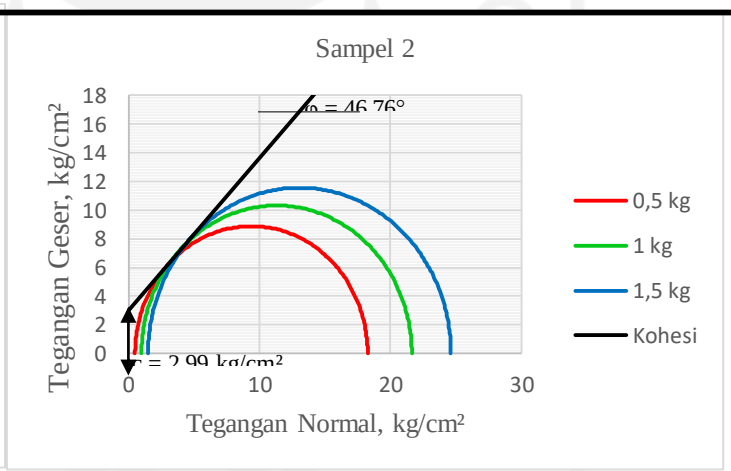
(fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *fly ash* 7 hari





Uraian	Kohesi	Sudut Geser Dalam
	kg/cm²	°
Sampel 1	2,52	50,73
Sampel 2	2,99	46,77
Rata-Rata	2,755	48,75

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

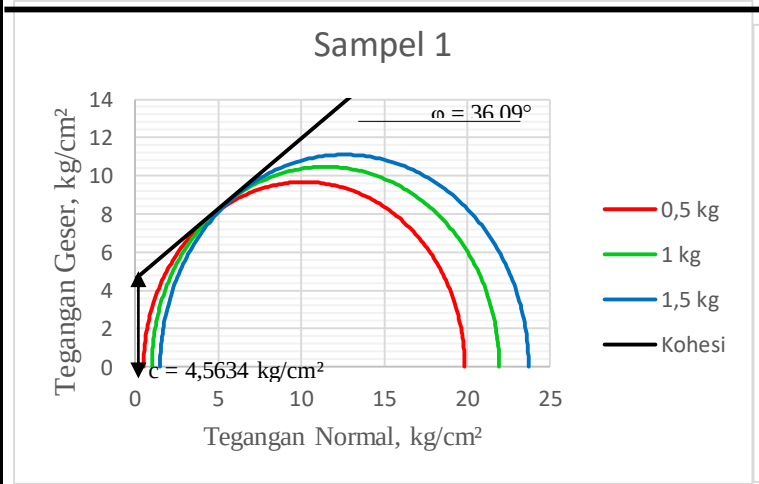
Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

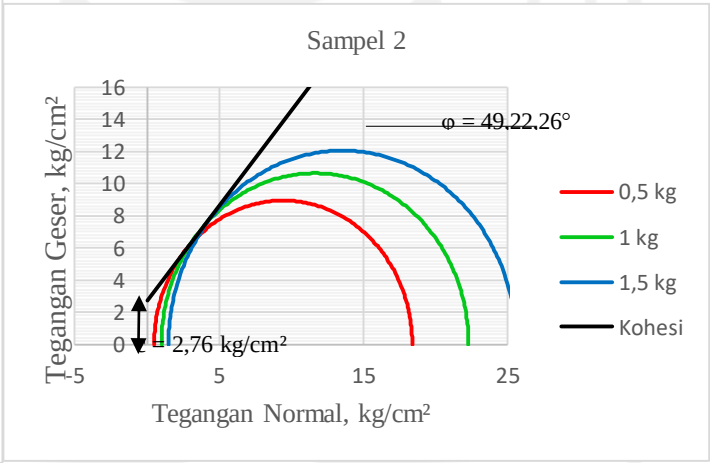
(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Ruli Maisenta
Tanggal : 2019
Sampel : Tanah Asli + 10% *fly ash* + 3% matos 1 Hari





Uraian	Kohesi	Sudut Geser Dalam
	kg/cm²	°
Sampel 1	4,5634	36,36
Sampel 2	2,7	49,83
Rata-Rata	3,6317	43,10

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

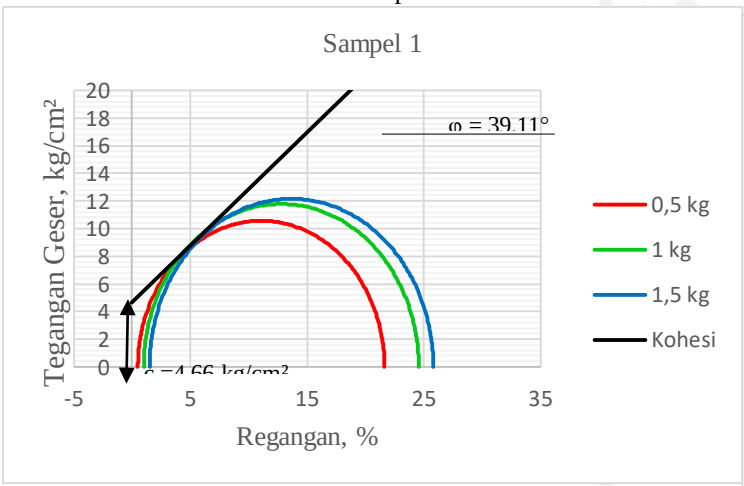
Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

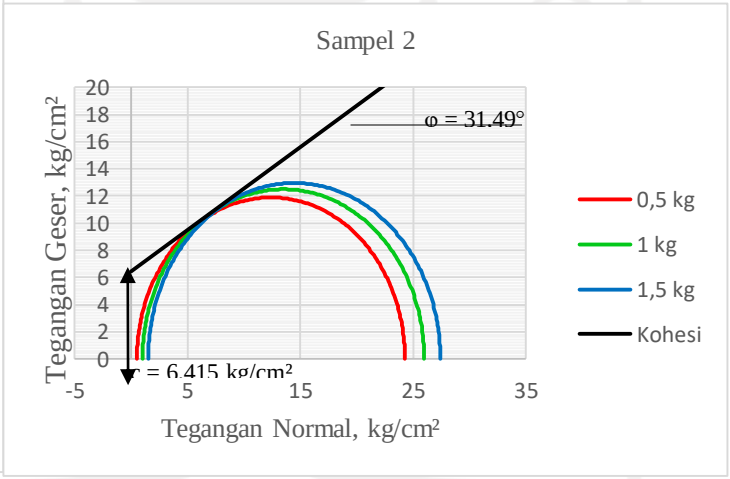
(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Ruli Maisenta
Tanggal : 2019
Sampel : Tanah Asli + 10% *fly ash* + 5% matos 1 Hari





Uraian	Kohesi	Sudut Geser Dalam
	kg/cm²	°
Sampel 1	4,66	39,28
Sampel 2	6,415	31,49
Rata-Rata	5,5375	35,39

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

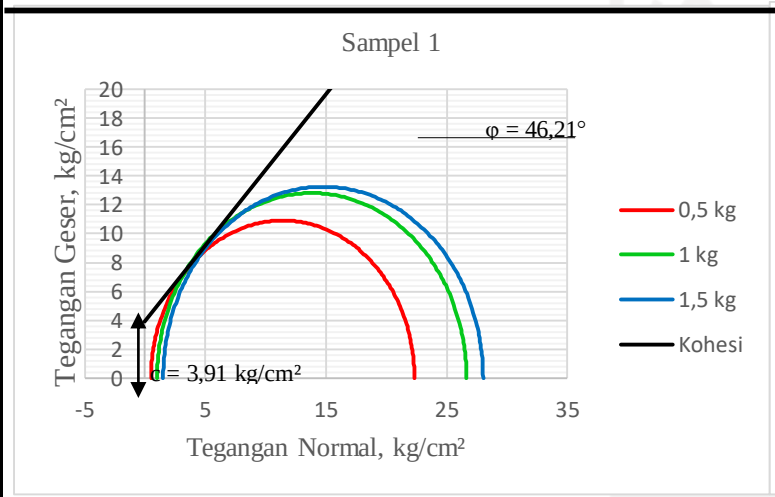
Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

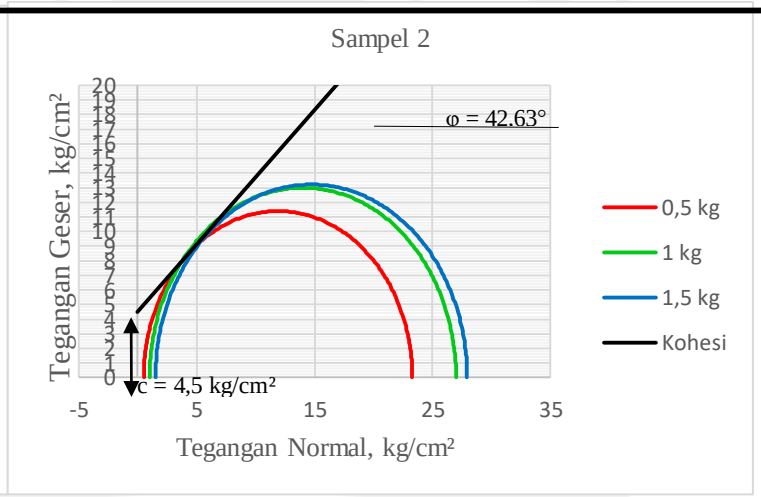
(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *fly ash* +7% matos 1 Hari





Uraian	Kohesi	Sudut Geser Dalam
	kg/cm²	°
Sampel 1	3,9	46,46
Sampel 2	4,5	42,64
Rata-Rata	4,2	44,55

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

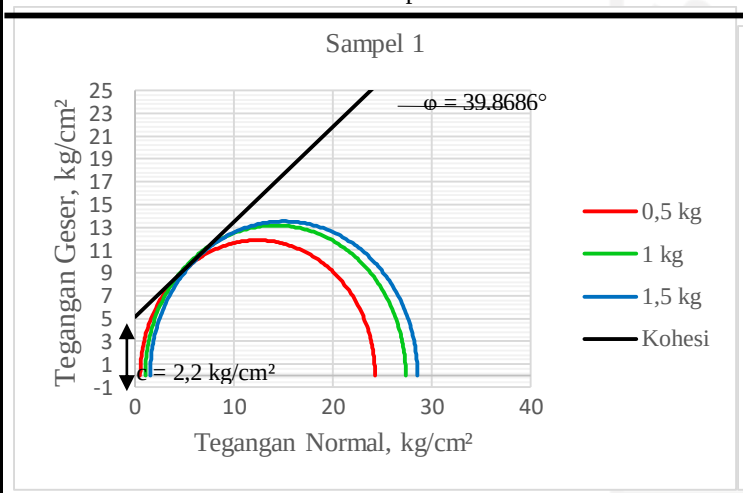
Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

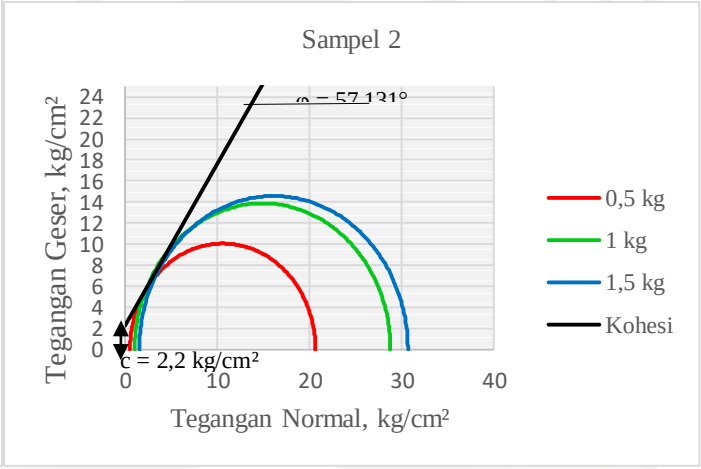
(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *fly ash* + 3% Matos 7 Hari





Uraian	Kohesi	Sudut Geser Dalam
	kg/cm²	°
Sampel 1	5,16	39,87
Sampel 2	2,27	56,95
Rata-Rata	3,715	48,41

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

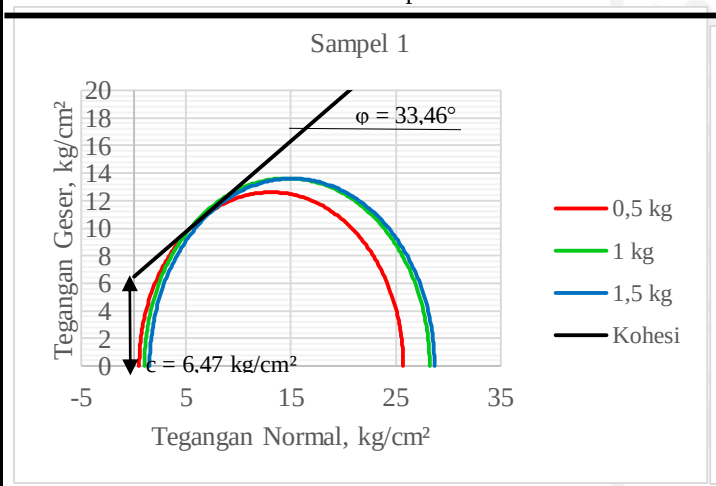
Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

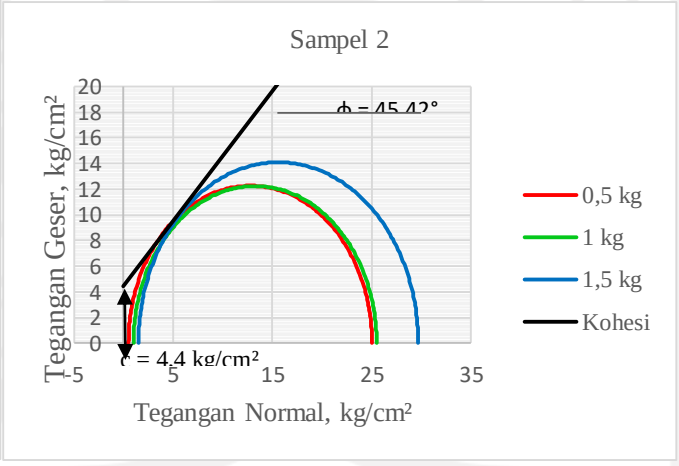
(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *fly ash* + 5% Matos 7 Hari





Uraian	Kohesi	Sudut Geser Dalam
	kg/cm²	°
Sampel 1	6,47	33,34
Sampel 2	4,4	45,42
Rata-Rata	5,435	39,38

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

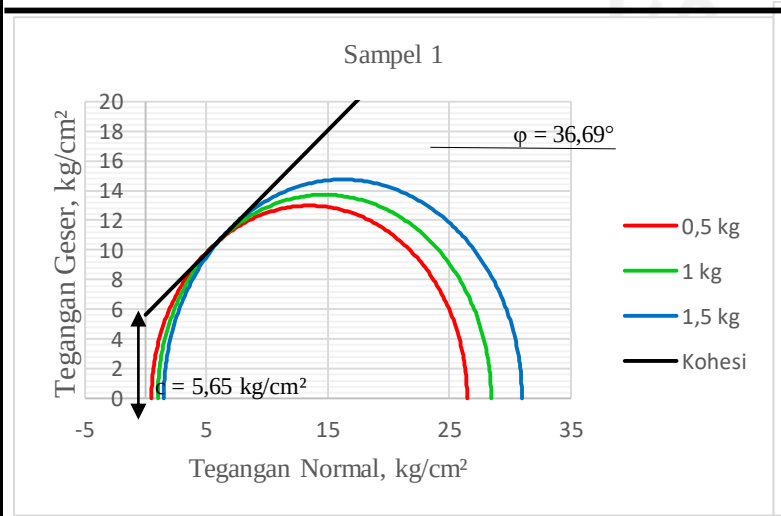
Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

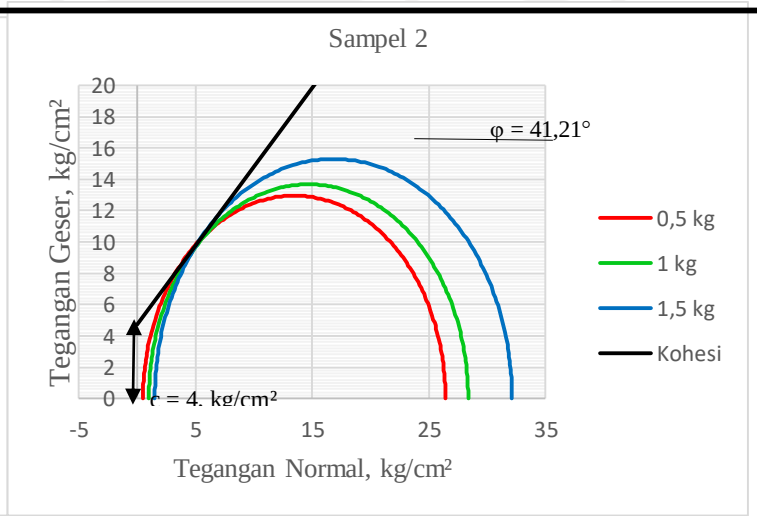
(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN TRIAKSIAL *UU*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *fly ash* + 7% Matos 7 Hari





Uraian	Kohesi	Sudut Geser Dalam
	kg/cm²	°
Sampel 1	5,65	39,58
Sampel 2	4,75	45,18
Rata-Rata	5,2	42,38

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Mei 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

Lampiran 11 Pengujian Permeabilitas *Falling-Head*

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS *FALLING-HEAD*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli

Uraian	Simbol	Sampel 1	Sampel 2
Diameter Pipa	d (cm)	0,540	0,540
Diameter Contoh Tanah	D (cm)	2,810	2,870
Tinggi Contoh Tanah	h (cm)	3,900	4,100
Volume Contoh Tanah	V (cm³)	24,186	26,524
Berat Contoh Tanah	W (gr)	45,300	45,270
Berat Volume Tanah	ϒ (gr/cm³)	1,873	1,707
Kadar Air	w (%)	40,701	40,886
Berat Volume Tanah Kering	ϒd (gr/cm³)	1,331	1,211
Berat Jenis Tanah	Gs	2,507	2,507
Angka Pori	e	0,883	1,069
Suhu Air	t, (°)	26,000	26,000

Uraian		Sampel 1				Sampel 2			
Waktu Pengamatan	No	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
	Tanggal								
	Jam	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
	Waktu (s)	0	86400	172800	259200	0	86400	172800	259200
Tinggi Muka Air (cm)		H0	H1	H2	H3	H0	H1	H2	H3
		26	25	23,9	22,8	26,5	25,5	24	22,8
Koefisien Permeabilitas, k (cm/s) ($x10^{-8}$)		0	6,539	7,021	7,299	0,000	6,413	8,261	8,358
Koefisien Permeabilitas rata-rata, k (cm/s) ($x10^{-8}$)		6,953				7,677			
Koefisien Permeabilitas pada Suhu 20°, k ($x10^{-8}$)		6,047				6,676			
Vt= Viskositas air pada saat pengujian (t°)		0,00874				0,00874			
Vt= Viskositas air pada T		0,01005				0,01005			

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Juni 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS *FALLING-HEAD*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *Fly Ash* 7 Hari

Uraian	Simbol	Sampel 1	Sampel 2
Diameter Pipa	d (cm)	0,540	0,540
Diameter Contoh Tanah	D (cm)	2,810	2,890
Tinggi Contoh Tanah	h (cm)	4,000	3,900
Volume Contoh Tanah	V (cm^3)	24,806	25,583
Berat Contoh Tanah	W (gr)	44,770	44,130
Berat Volume Tanah	ϒ (gr/cm^3)	1,805	1,725
Kadar Air	w (%)	39,780	39,900
Berat Volume Tanah Kering	ϒd (gr/cm^3)	1,291	1,233
Berat Jenis Tanah	Gs	2,507	2,507
Angka Pori	e	0,942	1,033
Suhu Air	t, (°)	26,000	26,000

	Uraian		Sampel 1				Sampel 2			
1	Waktu Pengamatan	No	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
		Tanggal								
		Jam	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00
		Waktu (s)	0	86400	172800	259200	0	86400	172800	259200
2	Tinggi Muka Air (cm)		H0	H1	H2	H3	H0	H1	H2	H3
			29	28,2	27,6	27,1	28,5	27,7	27	26,5
3	Koefisien Permeabilitas, k (cm/s)		0	4,7836	4,2306	3,8625	0	4,488	4,2611	3,8229
4	Koefisien Permeabilitas rata-rata, k (cm/s)		4,292203432				4,190599354			
5	Koefisien Permeabilitas pada Suhu 20°, k		3,732722189				3,644362025			
6	Vt= Viskositas air pada saat pengujian (t°)		0,00874				0,00874			
7	Vt= Viskositas air pada T		0,01005				0,01005			

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Juni 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS *FALLING-HEAD*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *Fly Ash* + 3% Matos 7 Hari

Uraian	Simbol	Sampel 1	Sampel 2
Diameter Pipa	d (cm)	0,540	0,540
Diameter Contoh Tanah	D (cm)	2,800	2,800
Tinggi Contoh Tanah	h (cm)	4,280	4,100
Volume Contoh Tanah	V (cm³)	26,354	25,246
Berat Contoh Tanah	W (gr)	43,680	43,500
Berat Volume Tanah	ϒ (gr/cm³)	1,657	1,723
Kadar Air	w (%)	39,710	39,650
Berat Volume Tanah Kering	ϒd (gr/cm³)	1,186	1,234
Berat Jenis Tanah	Gs	2,507	2,507
Angka Pori	e	1,113	1,032
Suhu Air	t, (°)	26,000	26,000

	Uraian		Sampel 1				Sampel 2			
1	Waktu Pengamatan	No	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
		Tanggal								
		Jam	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
		Waktu (s)	0	86400	172800	259200	0	86400	172800	259200
2	Tinggi Muka Air (cm)		H0	H1	H2	H3	H0	H1	H2	H3
			26	25,6	25,2	24,8	26	25,4	25,1	24,8
3	Koefisien Permeabilitas, k (cm/s)		0	2,8571	2,8796	2,9026	0	4,1215	3,1095	2,7805
4	Koefisien Permeabilitas rata-rata, k (cm/s)		2,879779493				3,33717262			
5	Koefisien Permeabilitas pada Suhu 20°, k		2,504405251				2,90217798			
6	Vt= Viskositas air pada saat pengujian (t°)		0,00874				0,00874			
7	Vt= Viskositas air pada T		0,01005				0,01005			

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Juni 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS *FALLING-HEAD*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *Fly Ash* + 5% Matos 7 Hari

Uraian	Simbol	Sampel 1	Sampel 2
Diameter Pipa	d (cm)	0,540	0,540
Diameter Contoh Tanah	D (cm)	2,800	2,800
Tinggi Contoh Tanah	h (cm)	4,100	4,090
Volume Contoh Tanah	V (cm³)	25,246	25,184
Berat Contoh Tanah	W (gr)	45,192	44,450
Berat Volume Tanah	ϒ (gr/cm³)	1,790	1,765
Kadar Air	w (%)	39,738	40,070
Berat Volume Tanah Kering	ϒd (gr/cm³)	1,281	1,260
Berat Jenis Tanah	Gs	2,507	2,507
Angka Pori	e	0,957	0,989
Suhu Air	t, (°)	26,000	26,000

	Uraian		Sampel 1				Sampel 2			
1	Waktu Pengamatan	No	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
		Tanggal								
		Jam	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
		Waktu (s)	0	86400	2E+05	3E+05	0	86400	2E+05	3E+05
2	Tinggi Muka Air (cm)		H0	H1	H2	H3	H0	H1	H2	H3
			30,5	30,1	29,8	29,5	28,8	28,5	28,2	27,9
3	Koefisien Permeabilitas, k (cm/s)		0	2,33	2,049	1,962	0	1,844	1,854	1,864
4	Koefisien Permeabilitas rata-rata, k (cm/s)		2,113823442				1,8537987			
5	Koefisien Permeabilitas pada Suhu 20°, k		1,838290237				1,612159267			
6	Vt= Viskositas air pada saat pengujian (t°)		0,00874				0,00874			
7	Vt= Viskositas air pada T		0,01005				0,01005			

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Juni 2021
Peneliti

(fachrudin Aditya)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp (0274) 895042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN PERMEABILITAS *FALLING-HEAD*

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Dusun Jogotamu, Desa Loano, Kecamatan Loano, Kabupaten Purworejo
Dikerjakan : Fachrudin Aditya
Tanggal : 2021
Sampel : Tanah Asli + 10% *Fly Ash* + Matos 7 Hari

Uraian	Simbol	Sampel 1	Sampel 2
Diameter Pipa	d (cm)	0,540	0,540
Diameter Contoh Tanah	D (cm)	2,800	2,800
Tinggi Contoh Tanah	h (cm)	4,000	3,960
Volume Contoh Tanah	V (cm³)	24,630	24,384
Berat Contoh Tanah	W (gr)	44,380	44,190
Berat Volume Tanah	ϒ (gr/cm³)	1,802	1,812
Kadar Air	w (%)	40,589	40,344
Berat Volume Tanah Kering	ϒd (gr/cm³)	1,282	1,291
Berat Jenis Tanah	Gs	2,507	2,507
Angka Pori	e	0,956	0,941
Suhu Air	t, (°)	26,000	26,000

	Uraian		Sampel 1				Sampel 2			
1	Waktu Pengamatan	No	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
		Tanggal								
		Jam	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
		Waktu (s)	0	86400	172800	259200	0	86400	172800	259200
2	Tinggi Muka Air (cm)		H0	H1	H2	H3	H0	H1	H2	H3
			31,25	31	30,9	30,7	31	30,9	30,7	30,5
3	Koefisien Permeabilitas, k (cm/s)		0	1,3833	0,9699	1,0194	0	0,5509	0,829	0,9242
4	Koefisien Permeabilitas rata-rata, k (cm/s)		1,124208119				0,768027463			
5	Koefisien Permeabilitas pada Suhu 20°, k		0,977669548				0,66791642			
6	Vt= Viskositas air pada saat pengujian (t°)		0,00874				0,00874			
7	Vt= Viskositas air pada T		0,01005				0,01005			

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

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

Yogyakarta, Juni 2021
Peneliti

(Fachrudin Aditya)