

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP STABILISASI TANAH LEMPUNG

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun oleh:

Agustyan Sandy Wibowo

30.2017.00.011

Arriski Styawan

30.2017.00.029

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2021

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP STABILISASI TANAH LEMPUNG

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun oleh:

Agustyan Sandy Wibowo

30.2017.00.011

Arriski Styawan

30.2017.00.029

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2021

Usulan Penelitian Tugas Akhir

**PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP STABILISASI
TANAH LEMPUNG**

**(Studi Kasus : Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora,
Jawa Tengah)**

Yang diajukan oleh :

Agustyan Sandy Wibowo

30.2017.00.011

Arriski Styawan

30.2017.00.029

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama

Dr. Abdul Rochim, ST., MT

Tanggal :

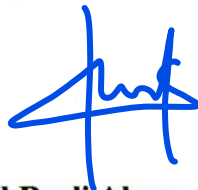
Pembimbing Pendamping

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng

Tanggal :

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP STABILISASI
TANAH LEMPUNG**

**(Studi Kasus : Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora,
Jawa Tengah)**

Oleh:



Agustyan Sandy Wibowo

30201700011



Arriski Styawan

30201700029

Disetujui dan disahkan di Semarang, 30 Juli 2021

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Dr, Abdul Rochim, ST., MT
2. Lisa Fitriyana, ST., M.Eng
3. Selvia Agustina, ST., M.Eng

.....
.....
.....

Universitas Islam Sultan Agung

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Ketua,

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No. .../.../.../// tanggal 22 Juli 2021

Pada hari ini tanggal 22 Juli 2021 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Lisa Fitriyana, ST., M.Eng
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi :

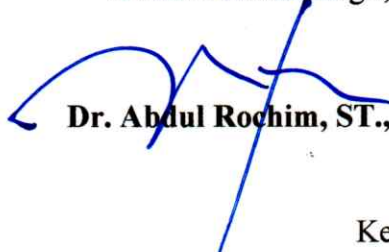
Nama : Agustyan Sandy Wibowo Nama : Arriski Styawan
NIM : 30201700011 NIM : 30201700029
Judul : Pengaruh Penambahan *Fly ash* terhadap Stabilisasi Tanah Lempung

Dengan tahapan sebagai berikut:

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	16 Maret 2021	
2	Proposal	26 Mei 2021	ACC
3	Pengumpulan Data	31 Mei – 15 Juni 2021	
4	Analisis Data	14 Juni – 4 Juli 2021	
5	Penyusunan Laporan	16 Maret – 18 Juli 2021	
6	Selesai Laporan	22 Juli 2021	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

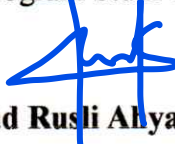
Dosen Pembimbing I,


Dr. Abdul Rochim, ST., MT

Dosen Pembimbing II,


Lisa Fitriyana, ST., M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Agustyan Sandy Wibowo
NIM : 30201700011
2. Nama : Arriski Styawan
NIM : 30201700029

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Fly Ash* terhadap Stabilisasi Tanah Lempung” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang,...../...../.....

Yang Membuat Pernyataan

Mahasiswa I

Mahasiswa II



Agustyan Sandy Wibowo

Arriski Styawan

30.2017.00.011

30.2017.00.029

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Agustyan Sandy Wibowo
NIM : 30201700011
2. Nama : Arriski Styawan
NIM : 30201700029

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan *Fly Ash* terhadap Stabilisasi Tanah Lempung

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak-benaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang,....../...../.....

Yang membuat pernyataan,

Mahasiswa I



Agustyan Sandy Wibowo

30.2017.00.011

Mahasiswa II



Arriski Styawan

30.2017.00.029

MOTTO

مُسْلِمٌ رَوَاهُ . الْجَنَّةُ إِلَى طَرِيقًا لَهُ اللهُ سَهْلٌ، عِلْمًا فِيهِ طَرِيقًا يَتَمَسُّ سَبْلَكَ مَنْ

“Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah hingga ia pulang.” (Hadist Riwayat Turmudzi)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha.” (B.J. Habibie)

Agustyan Sandy Wibowo

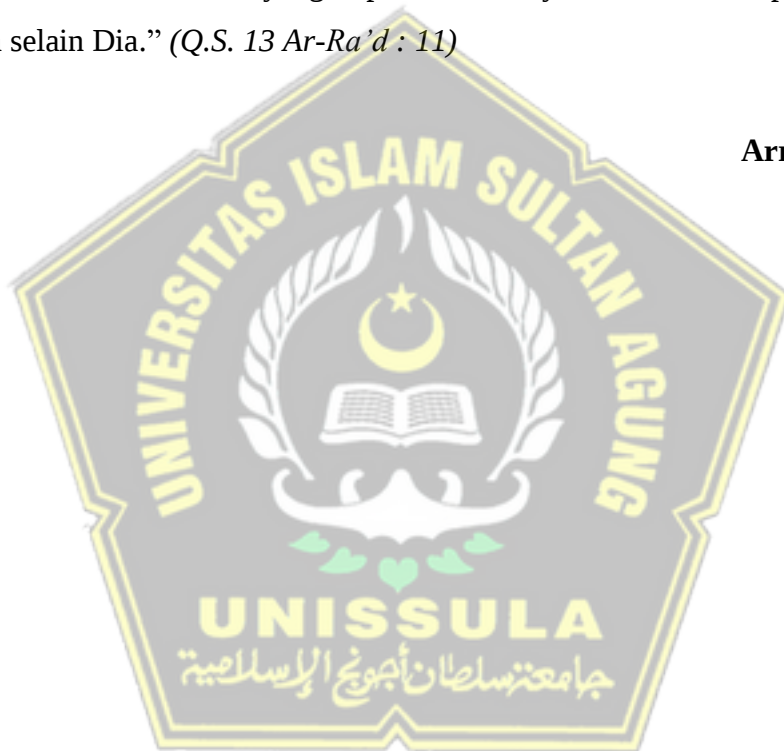


MOTTO

لَهُ مُعَقَّبَاتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ مِمَّنْ أَمَرَ اللَّهُ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنفُسِهِمْ ۖ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ ۚ وَمَا لَهُمْ مِّنْ دُونِهِ مِنْ وَالٍ - ١١

“Baginya (manusia) ada malaikat-malaikat yang selalu menjaganya bergiliran, dari depan dan belakangnya. Mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap suatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya dan tidak ada pelindung bagi mereka selain Dia.” (Q.S. 13 *Ar-Ra'd* : 11)

Arriski Styawan



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya yang diberikan kepada saya hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda tercinta, Almarhumah Ibu Supriyati yang telah melahirkan dan mendidik saya dengan penuh kasih sayang hingga tumbuh seperti saat ini.
2. Bapak tercinta, Bapak Suwarno yang selalu memberikan dukungan secara moril dan materil serta doa yang tak terhingga.
3. Kakak saya Budi Priyono dan Fitria Yulianti
4. Partner Tugas Arriski Styawan yang telah berjuang bersama saya serta telah sangat sabar menghadapi saya
5. Laboratorium Geoteknik dan jajarannya (Ibu Lisa Fitriyana, Bapak Ripto, dan Bapak Tardi) yang telah membantu kami selama masa penelitian dan mengolah data.
6. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Unissula yang telah memberikan ilmu, pengajaran, serta fasilitas selama berkuliah.
7. Sahabat-sahabat saya (Bunga, Bayu, Ega, Arie, Alma, Alvina, Aji, Vivi, Ackmal, Ashfa, Isye, Jihade, Affan, Fiko, Irwan) dan keluarga Nocturnal Reborn yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan kepada saya.
8. Teman-teman Teknik Sipil 2017 dan Seluruh KMFT Unissula yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Agustyan Sandy Wibowo

30201700011

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya yang diberikan kepada saya hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda tercinta, Ibu Puji Sri Lestari yang selalu memberikan dukungan kepada saya serta doa yang tak terhingga.
2. Bapak tercinta, Bapak Suratman yang selalu memberikan dukungan secara moril dan materil serta doa yang tak terhingga.
3. Adik Saya Salsabila.
4. Partner Tugas Agustyan Sandy Wibowo yang telah berjuang bersama saya serta telah sangat sabar menghadapi saya.
5. Laboratorium Geoteknologi dan jajarannya (Ibu Lisa Fitriyana, Bapak Ripto, dan Bapak Tardi) yang telah membantu kami selama masa penelitian dan mengolah data.
6. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Unissula yang telah memberikan ilmu, pengajaran, serta fasilitas selama berkuliah.
7. Sahabat-sahabat yang selalu support (Rafik, Khoir, Fiko, Irwan, Jihade, Isye, Affan, Vivi, Aji, Ackmal, Joko, Ashfa, Citra, Farah, Tegar, Alvina, Ridho, Rokhim, Addin) dan keluarga Nocturnal Reborn yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan kepada saya.
8. Teman-teman Teknik Sipil 2017 dan Seluruh KMFT Unissula yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Arriski Styawan

30201700029

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Pnyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Fly ash* terhadap Stabilisasi Tanah Lempung”.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing kami menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik dan saran, serta dorongan semangat.
4. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing kami menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik dan saran, serta dorongan semangat.
5. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng., selaku Kepala Laboratorium Geoteknik Universitas Islam Sultan Agung yang telah membantu dan mengizinkan kami melakukan penelitian guna menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ripto dan Bapak Tardi yang telah membantu kami selama melaksanakan penelitian di Laboratorium Geoteknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
8. Orangtua dan seluruh keluarga dari penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan.

9. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman yang dimiliki maka dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan untuk menjadikannya lebih baik.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi diri kami pada khususnya dan semua pihak yang memerlukannya. Amin.

Semarang, 18 Juli 2021



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI	xix
DAFTAR SINGKATAN	xxi
ABSTRAK	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Peta Lokasi	4
1.7. Keaslian Kajian	5
1.8. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Pengertian Tanah.....	7
2.2. Tanah Lempung.....	8

2.3.	Tanah Ekspansif	8
2.4.	Material Penyusun Tanah	9
2.5.	Klasifikasi Tanah	10
2.5.1.	Kalsifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS (Unified Soil Classification System)	10
2.5.2.	Klasifikasi Tanah AASHTO	14
2.6.	Sifat Fisik Tanah	16
2.6.1.	Kadar Air (w)	16
2.6.2.	Berat Jenis Tanah (Gs)	17
2.6.3.	Analisa Saringan	17
2.6.4.	Batas-batas Atterberg	19
2.6.5.	CBR (California Bearing Ratio)	20
2.7.	Sifat Mekanika Tanah	21
2.7.1.	Pemadatan Tanah	21
2.7.2.	Kuat Geser Tanah	23
2.8.	Stabilisasi Tanah Menggunakan <i>Fly ash</i>	24
2.9.	Penelitian Terdahulu	25
BAB III.		34
METODE PENELITIAN		34
3.1.	Pengertian Umum	34
3.2.	Studi Literatur	36
3.3.	Teknik Pengumpulan Data	36
3.4.	Bahan Penelitian	38
3.4.1.	Tanah	38
3.4.2.	Air	38
3.4.3.	<i>Fly ash</i>	38
3.5.	Lokasi Penelitian	38
3.6.	Prosedur Penelitian	38
3.6.1.	Kadar Air	38
3.6.2.	Berat Jenis Tanah (Gs)	38
3.6.3.	Analisa Saringan (Sieve Analysis)	40
3.6.4.	Atterberg limits (Batas-batas Konsistensi)	44

3.6.5. Direct Shear.....	46
3.6.6. Proctor Modified.....	48
3.6.7. California Bearing Ratio (CBR).....	50
3.7. Metode Analisis Data	51
BAB IV	52
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1. Hasil Penelitian.....	52
4.2. Klasifikasi Tanah.....	52
4.2.1. Klasifikasi Tanah berdasarkan Sistem USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>)	52
4.2.2. Klasifikasi Tanah AASHTO	53
4.3. Sifat Fisik dan Mekanis Tanah.....	54
4.3.1. Kadar Air.....	54
4.3.2. Berat Jenis Tanah (GS)	56
4.3.3. Analisa Saringan	57
4.3.4. <i>Atterberg Limits</i>	62
4.3.5. <i>Direct Shear</i>	68
4.3.6. <i>Proctor Modified</i>	76
4.3.7. <i>California Bearing Ratio</i> (CBR).....	84
4.4. Rangkuman Hasil Pengujian	95
BAB V.....	98
PENUTUP.....	98
5.1. Kesimpulan.....	98
5.2. Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA	xxiv
LAMPIRAN	xxvii

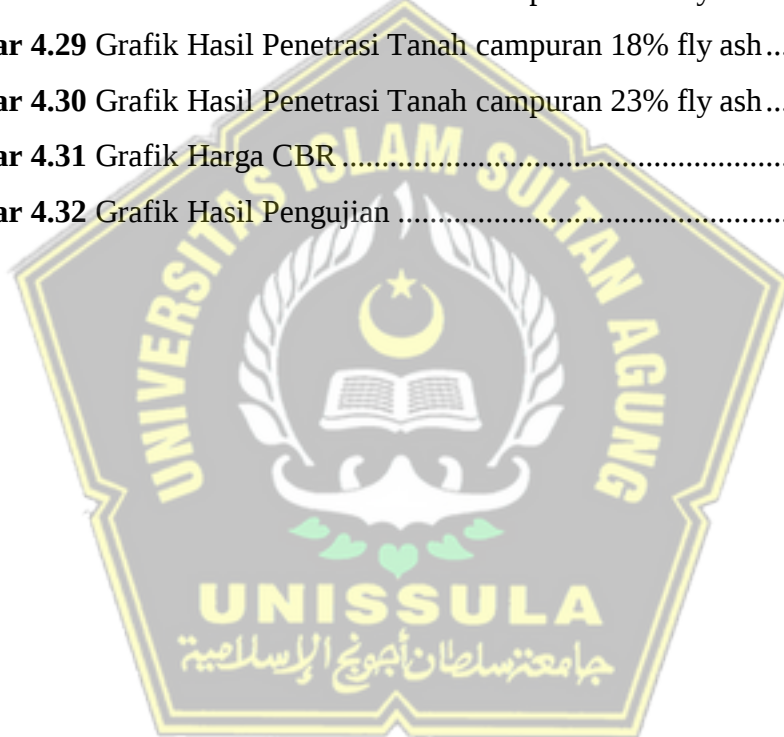
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Unified.....	13
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO.....	14
Tabel 2.3 Kelas subgrade (AASHTO).....	16
Tabel 2.4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah.....	21
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu.....	26
Tabel 3.1 Komposisi Campuran <i>Fly ash</i>	34
Tabel 3.2 Daftar Benda Uji Tanah Asli dan Campuran <i>Fly ash</i>	36
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air	55
Tabel 4.2 Data Pengujian Berat Jenis Tanah.....	56
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Berat Jenis Tanah.....	57
Tabel 4.4 Data Pengujian <i>Grain Size</i>	58
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan <i>Grain Size</i>	59
Tabel 4.6 Data Pengujian Hidrometer.....	59
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Hidrometer.....	61
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Batas Cair	62
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Batas Plastis	67
Tabel 4.10 Hasil Indeks Plastis	67
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Direct Shear	69
Tabel 4.12 Hasil Penggambaran <i>Direct Shear</i>	74
Tabel 4.13 Hasil Pengujian <i>Proctor Modified</i>	76
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan <i>Proctor modified</i> Tanah Asli	79
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan <i>Proctor modified</i> campuran fly ash	80
Tabel 4.16 Hasil Grafik <i>Proctor modified</i>	83
Tabel 4.17 Data Pengujian CBR	84
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan CBR <i>Unsoaked</i>	86
Tabel 4.19 Data Penetrasi Sampel Tanah Asli	87
Tabel 4.20 Data Penetrasi Sampel Tanah campuran fly ash	87
Tabel 4.21 Harga CBR (<i>Unsoaked</i>) Tanah Asli dan Campuran <i>fly ash</i>	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Sumber, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora	5
Gambar 2.1. Rentang dari batas cair (LL) dan Indeks plastisitas (PI).....	15
Gambar 2.2 Alat Uji Pemadatan Proktor Standar	22
Gambar 2.3 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering.....	23
Gambar 2.4 Skema Uji Geser Langsung Tanah	24
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian.....	36
Gambar 3.2 Piknometer.....	39
Gambar 3.3 Susunan Saringan dan Penggetar.....	42
Gambar 3.4 Gelas ukur dan Hidrometer.....	43
Gambar 3.5 Tes Cassagrande	44
Gambar 3.6 Perangkat Direct Shear Test	47
Gambar 3.7 Alat Proctor Modified.....	49
Gambar 4.1 Diagram Plastisitas Sistem USCS	53
Gambar 4.2 Diagram Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO	54
Gambar 4.3 Grafik Hasil Perhitungan Kadar Air	55
Gambar 4.4 Grafik Berat Jenis Tanah	57
Gambar 4.5 Grafik Analisa Saringan	61
Gambar 4.6 Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Tanah Asli	63
Gambar 4.7 Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Fly Ash 8%	64
Gambar 4.8 Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Fly Ash 13%	64
Gambar 4.9 Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Fly Ash 18%	65
Gambar 4.10 Grafik <i>Liquid Limit</i> Sampel Fly Ash 23%	65
Gambar 4.11 Grafik <i>Liquid Limit</i> Tanah Asli dan Campuran.....	66
Gambar 4.12 Grafik Indeks Plastis Tanah Asli dan Campuran.....	68
Gambar 4.13 Grafik <i>Direct Shear</i> Tanah Asli.....	70
Gambar 4.14 Grafik <i>Direct Shear</i> Campuran Fly Ash 8%.....	71
Gambar 4.15 Grafik <i>Direct Shear</i> Campuran Fly Ash 13%.....	72
Gambar 4.16 Grafik <i>Direct Shear</i> Campuran Fly Ash 18%.....	73
Gambar 4.17 Grafik <i>Direct Shear</i> Campuran Fly Ash 23%.....	74
Gambar 4.18 Grafik Nilai Kohesi Tanah Asli dan Campuran	75

Gambar 4.19 Grafik Sudut Geser Dalam Tanah Asli dan Campuran	75
Gambar 4.20 Grafik <i>Proctor Modified</i> Tanah Asli	81
Gambar 4.21 Grafik <i>Proctor Modified</i> campuran fly ash 8 %	81
Gambar 4.22 Grafik <i>Proctor Modified</i> campuran fly ash 13 %	82
Gambar 4.23 Grafik <i>Proctor Modified</i> campuran fly ash 18 %	82
Gambar 4.24 Grafik <i>Proctor Modified</i> campuran fly ash 23 %	83
Gambar 4.25 Grafik W_{opt} sampel tanah asli dan campuran <i>fly ash</i>	84
Gambar 4.26 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Asli	89
Gambar 4.27 Grafik Hasil Penetrasi Tanah campuran 8% fly ash	90
Gambar 4.28 Grafik Hasil Penetrasi Tanah campuran 13% fly ash	91
Gambar 4.29 Grafik Hasil Penetrasi Tanah campuran 18% fly ash	92
Gambar 4.30 Grafik Hasil Penetrasi Tanah campuran 23% fly ash	93
Gambar 4.31 Grafik Harga CBR	95
Gambar 4.32 Grafik Hasil Pengujian	96



DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI

SiO ₂	[-]	Silikat
Al ₂ O ₃	[-]	Aluminat
A	[m ²]	Luas
D	[m]	Diameter
c	[kg/cm ²]	Kohesi
C _v	[cm ² /s]	Koefisien
w	[%]	Kadar Air
G _s	[-]	Harga berat jenis butiran tanah
e	[-]	Angka pori
σ_n	[kg/cm ²]	Tegangan normal
σ_s	[kg/cm ²]	Tegangan geser
ϕ	[°]	Sudut geser
γ_k	[gr/cm ³]	Gamma kering
n	[%]	Kadar pori
γ_b	[gr/cm ³]	Gamma basah
γ_w	[gr/cm ³]	Gamma Air
HAP	[-]	Harga air piknometer
T	[°]	Suhu
KL	[%]	Kadar lumpur
t	[s]	Waktu
GI	[-]	Indeks grup
PL	[%]	Plastic limit
LL	[%]	Liquid limit
ZAV	[-]	Zeri air void
Ca	[-]	Kapur
P	[-]	Beban normal

F

[-]

Luas penampang



DAFTAR SINGKATAN

PLTU	:	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
USCS	:	Unified Soil Classification System
CBR	:	California Bearing Ratio
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
AASHTO	:	American Association of State Highway and Transportation
G	:	Gravel
S	:	Sand
F	:	Fines



PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP STABILISASI TANAH LEMPUNG

**(Studi Kasus : Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora,
Jawa Tengah)**

Oleh :

Agustyan Sandy Wibowo¹⁾, Arriski Styawan¹⁾, Abdul Rochim²⁾, Lisa
Fitriyana²⁾

Abstrak

Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora seringkali ditemukan kerusakan yang terindikasi tanah tersebut bermasalah sehingga bangunan di atasnya akan beresiko mengalami kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah asli dan pengaruh penambahan campuran *fly ash* pada tanah tersebut.

Studi penelitian ini untuk mencari nilai optimum tanah asli dan tanah menggunakan prosentase campuran *fly ash* masing-masing sebesar 8%, 13%, 18%, 23%. Pengujian yang dilakukan di laboratorium yaitu uji kadar air, berat jenis, analisa saringan, atterberg limit, direct shear, proktor modified, dan CBR.

Hasil yang diperoleh dari pengujian di laboratorium di dapat hasil kadar air, Berat Jenis (GS), Indeks Plastisitas (IP), dan kadar air optimum *proctor modified* diperoleh nilai yang menurun secara linier pada setiap sampel seiring dengan penambahan jumlah *fly ash*. Sedangkan pada hasil pengujian seperti sudut geser dalam dan CBR, diperoleh nilai yang cenderung naik pada setiap sampel dengan penambahan *fly ash*. Harga CBR tanah asli yaitu 11,37%, naik menjadi 12,50% pada campuran 8%, naik menjadi 14,09% pada campuran 13%, naik menjadi 15,07% pada campuran 18%, kemudian turun menjadi 13,73% pada campuran 23%. Dengan penambahan *fly ash* 18% hasilnya meningkat secara signifikan.

Kata kunci : Stabilisasi, *Fly Ash*, CBR

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA

²⁾ Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA

EFFECT OF ADDING FLY ASH ON CLAY SOIL STABILIZATION
(Case Study : Tamanrejo Village, Tunjungan District, Blora Regency,
Central Java)

By :

Agustyan Sandy Wibowo¹⁾, Arriski Styawan¹⁾, Abdul Rochim²⁾, Lisa
Fitriyana²⁾

Abstract

Blora-Purwodadi Provincial Road KM 4, Tamanrejo Village, Tunjungan District, Blora Regency is often found damage which indicates the land is problematic so that the building on it will be at risk of damage. This study aims to determine the type of native soil and the effect of adding fly ash mixture to the soil.

This research study is to find the optimum value of native soil and soil using the percentage of fly ash mixture of 8%, 13%, 18%, 23%, respectively. The tests carried out in the laboratory were water content, specific gravity, filter analysis, atterberg limit, direct shear, modified proctor, and CBR.

The results obtained from testing in the laboratory obtained the results of water content, Specific Gravity (GS), Plastic Index (IP), and optimum water content of proctor modified obtained values that decreased linearly in each sample along with the addition of the amount of fly ash. While the test results such as the internal shear angle and CBR, obtained values that tend to increase in each sample with the addition of fly ash. The CBR price of the original soil was 11.37%, increased to 12.50% in the 8% mixture, increased to 14.09% in the 13% mixture, increased to 15.07% in the 18% mixture, then decreased to 13.73% in the mixed 23%. With the addition of 18% fly ash the results increased significantly.

Keywords : Stabilization, Fly Ash, CBR

¹⁾ Student of Civil Engineering Faculty UNISSULA

²⁾ Lecture of Civil Engineering Faculty UNISSULA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan material yang mempunyai peranan penting dalam bidang ketekniksipilan. Hal tersebut dikarenakan tanah yang menjadi dasar dalam suatu konstruksi yang mana sebagai pendukung kekuatan dasar konstruksi tersebut. Tanah dalam sebuah konstruksi juga berfungsi sebagai media yang menahan dan meneruskan beban dari struktur yang ada di atasnya. Daya dukung tanah dasar yang baik akan berpengaruh pada intensitas waktu kekokohan suatu konstruksi. Karakter dan sifat tanah tidaklah sama pada setiap letak geografis suatu tempat. Bahkan terdapat dimana kondisi tanah yang memiliki nilai permeabilitas rendah, plastisitas yang tinggi, kembang susut relatif besar, dan kekuatan geser yang rendah. Daya dukung yang baik diperlukan untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi pada struktur di atasnya.

Tanah lempung dibagi menjadi dua yaitu tanah lempung ekspansif dan non-ekspansif. Tanah lempung ekspansif merupakan susunan dari mineral lempung yang mempunyai karakter kembang susut yang besar bila terjadi perubahan kadar air. Tanah akan mengembang apabila kadar air tinggi, sedangkan pada kadar air rendah akan menyebabkan tanah menyusut. Hal tersebut akan menimbulkan kerusakan pada bangunan struktur yang ada di atasnya. Tanah lempung diperkirakan akan memiliki perubahan volume yang besar (ekspansif) bila indeks plastisitasnya melebihi 20 (Bowless, 1986).

Stabilisasi tanah merupakan perlakuan khusus terhadap tanah untuk memperbaiki karakter dan sifat- sifat tanah agar meningkatkan kapasitas dan daya dukung tanah. Stabilisasi tanah merupakan salah satu metode perbaikan tanah dengan cara mencampur tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambah (*additive*) misalnya bahan pencampur kimiawi seperti abu batu (Hardiyatmo, 2010). Cara yang digunakan pada proses stabilisasi tanah

yaitu cara kimiawi, fisis, dan mekanis. Dalam penelitian ini, kami menggunakan cara stabilisasi kimiawi yaitu dengan penambahan bahan pencampur (*stabilizing agent*) pada tanah yang digunakan untuk penelitian. Pada umumnya campuran yang digunakan seperti : kapur, semen, abu sekam padi, abu gunung vulkanik, *gypsum*, dan bahan lainnya.

Tanah di daerah Kabupaten Blora rata-rata merupakan tanah yang berlempung, termasuk di Desa Tamanrejo Kecamatan Tunjungan. Seringkali ditemukan kerusakan pada jalan raya di daerah Blora. Kerusakan yang ada meliputi jalan retak hingga lubang yang begitu besar meskipun belum lama dilakukan perbaikan jalan. Tanah lempung mempunyai daya dukung tanah yang rendah ini perlu diberi perlakuan khusus untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah tersebut. Hal ini mendorong kami untuk melakukan penelitian serta menganalisis seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan oleh *fly ash* setelah dicampurkan dengan tanah dari Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.

Pada penelitian kali ini, kami akan menggunakan *fly ash* (abu terbang batu bara) sebagai bahan campuran (*stabilisator*) untuk memperbaiki karakter dan sifat-sifat tanah pada tanah lempung. *Fly ash* merupakan partikel halus yang berasal dari sisa pembakaran batu bara dengan gradasi yang uniform. *Fly ash* biasa digunakan sebagai bahan tambah (*additive*) dalam campuran beton yang mana menggantikan sebagian semen dan juga sebagai stabilisator dalam perbaikan tanah lunak. Hal tersebut dikarenakan kandungan bahan-bahan *pozzolan* pada *fly ash* antara lain Silika (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3), Kalsium Oksida (CaO), Magnesium Oksida (MgO), dan Sulfat (SO_4). Kandungan kalsium pada *fly ash* yang dicampur dengan tanah akan bereaksi dengan alumina dan silikat yang terkandung dalam tanah saat dicampurkan. Sehingga memperbanyak kandungan alumina dan silikat yang terdapat pada tanah tersebut dan juga menghasilkan gradasi tanah yang lebih baik. Berdasarkan penjelasan tersebut, kami akan melakukan penelitian tentang pengaruh *fly ash* pada stabilisasi tanah lempung.

1.2. Rumusan Masalah

Beberapa uraian masalah yang akan menjadi pembahasan dalam penelitian ini berdasarkan latar belakang yang ada yaitu sebagai berikut :

1. Apakah sampel tanah yang diambil dari Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora termasuk kedalam jenis tanah lempung?
2. Bagaimana pengaruh yang ditimbulkan dari penambahan *fly ash* pada tanah lempung?
3. Berapa hasil pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) yang didapatkan pada tanah asli?
4. Berapa hasil pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) yang didapatkan pada tanah yang dicampur dengan *fly ash* beserta nilai maksimumnya?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui jenis tanah di Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora yang menjadi tanah sampel meliputi sifat fisis dan mekanisnya
2. Mengetahui pengaruh yang ditimbulkan akibat pencampuran *fly ash* pada sifat fisik dan mekanis tanah
3. Mendapatkan hasil dari uji CBR pada tanah asli
4. Mendapatkan hasil dari uji CBR pada tanah yang sudah dicampur dengan *fly ash* beserta nilai maksimumnya

1.4. Batasan Masalah

Mengingat terbatasnya waktu maupun kemampuan terhadap ruang lingkup permasalahan yang begitu luas, maka diperlukan pembatasan masalah agar lebih efektif dalam melakukan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dengan sampel tanah yang ada di Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora

2. *Fly ash* yang digunakan diambil dari PT Varia Usaha Beton (*Plant Sayung*)
3. Penelitian yang dilakukan di laboratorium meliputi kadar air, berat jenis tanah, analisa saringan, *atterberg limit*, *direct shear*, *Proctor Modified*, CBR (*California Bearing Ratio*)

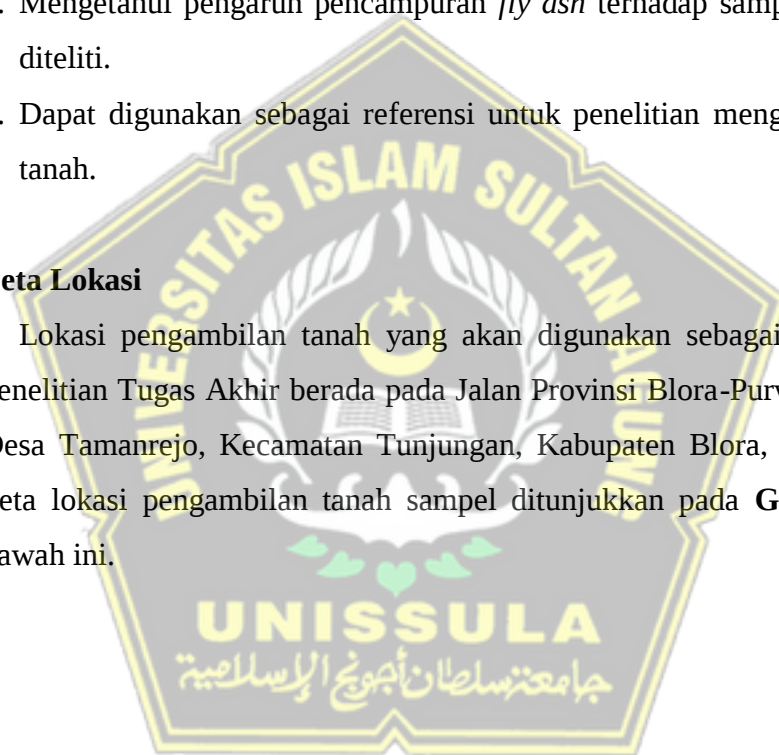
1.5. Manfaat Penelitian

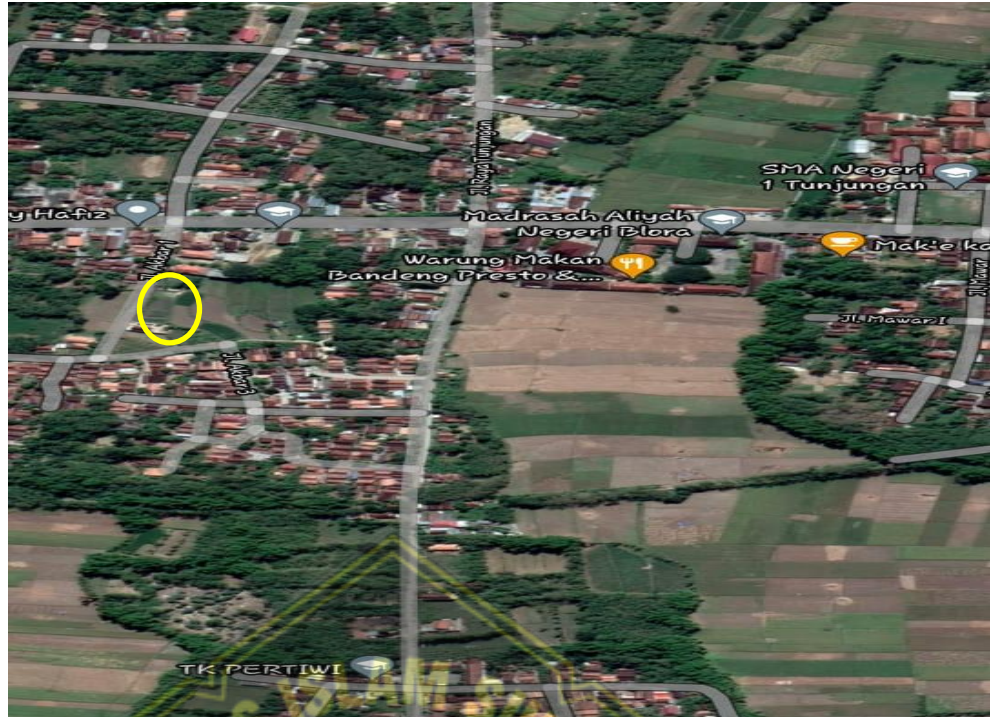
Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi mengenai karakter dan sifat tanah yang diteliti.
2. Mengetahui pengaruh pencampuran *fly ash* terhadap sampel tanah yang diteliti.
3. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian mengenai stabilitas tanah.

1.6. Peta Lokasi

Lokasi pengambilan tanah yang akan digunakan sebagai sampel pada penelitian Tugas Akhir berada pada Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Peta lokasi pengambilan tanah sampel ditunjukkan pada **Gambar 1.1** di bawah ini.





Gambar 1.1 Peta Lokasi Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora

Sumber : *Google Maps*, 2021

1.7. Keaslian Kajian

Tulisan yang tertulis dalam tugas akhir ini adalah asli karya dari penulis. Adapun bagian-bagian yang merupakan acuan dan disertakan sumbernya, yang tertera berupa teks karangan maupun daftar pustaka.

1.8. Sistematika Penulisan

Berikut ini sistematika dalam penulisan tugas akhir :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, peta lokasi pengambilan sampel tanah, keaslian kajian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang pengertian tanah, tanah lempung, tanah ekspansif, material penyusun tanah, klasifikasi tanah, sifat fisik tanah, sifat mekanis tanah, stabilisasi tanah menggunakan *fly ash* serta penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai bagan alur pengujian sampel tanah, bahan penelitian yang digunakan, tempat penelitian, persiapan alat dan pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang berhubungan dengan penelitian yang telah dilakukan.

Pada bagian akhir dari tugas akhir ini berisi daftar pustaka, data hasil penelitian dan lampiran-lampiran. Daftar pustaka yang dilampirkan meliputi daftar buku, jurnal dan referensi yang digunakan dalam penelitian. Lampiran berisi tentang kelengkapan-kelengkapan skripsi dan analisis data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral padat yang tidak disemen (terikat secara kimiawi) satu sama lain dari bahan organik yang membusuk (yang memiliki partikel padat) disertai dengan cairan dan gas yang mengisi ruang kosong diantara partikel padat ini (Das, 1993).

Tanah adalah bahan bangunan yang murah dan jumlah yang ditemukan di alam sangat banyak. Punimia (1981), mengartikan tanah sebagai material non agregat atau semen yang menyimpan mineral atau partikel organik dan lapisan tersendiri yang menutupi sebagian besar lapisan kerak bumi.

Tanah merupakan kumpulan mineral bahan organik dan endapan yang relatif gembur, yang terletak diatas di atas batuan dasar (Hardiyatmo, 1992).

Bowles, 1994 mendefinisikan, tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*), yaitu potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 – 300 mm, dan kerakal (*Cobbles/pebbles*) untuk ukuran 150 – 250 mm.
2. Kerikil (*gravel*), yaitu partikel batuan dengan diameter 5 sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), yaitu partikel batuan yang berukuran 0,074 – 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 – 5 mm sampai bahan halus yang berukuran < 1 mm.
4. Lanau (*silt*), yaitu partikel batuan yang berukuran dari 0,002 – 0,0074 mm.
5. Lempung (*clay*), yaitu sumber utama dari kohesi pada tanah kohesif yang merupakan partikel mineral berukuran lebih kecil dari 0,002 mm.
6. Koloid (*colloids*), yaitu partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Karena ciri-ciri fisik selalu ada dalam pembahasan dan pengiringan, maka dikembangkanlah butiran sejenis tanah, dan metode perbaikannya dikembangkan pada saat tanah dalam keadaan kering, tanah tersebut disebut *kohefif*. Bowles (1991), menyatakan bahwa butiran-butiran tanah terpisah-pisah seperti itu dikeringkan dan melekat hanya jika berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air, disebut tak *kohefif*. Tanah kohefif tidak plastis, plastis atau berupa cairan kental, berantung pada nilai kadar airnya. Tanah tak keohesif tidak ada garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air.

2.2. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tidak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987).

2.3. Tanah Ekspansif

Tanah lempung adalah tanah dengan ukuran mikronis hingga submikronis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Dalam keadaan kering, tanah lempung sangat keras. Permeabilitas lempung sangat rendah sehingga tanah lempung bersifat plastis.

Tanah ekspansif merupakan tanah yang mempunyai ciri-ciri kembang susut yang besar akibat peristiwa kapiler atau perubahan jumlah kadar air (Munthohar, 2014).

Hardiyanto, memaparkan pada tahun 2014 bahwa lempung ekspansif merupakan tanah dengan sifat pembengkakan dan penyusutan yang tinggi. Ada dua jenis gerakan pengembangan tanah bengkak, yaitu gerakan perkembangan lateral dan vertikal.

Umumnya 15 mineral diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Ini termasuk *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite* dan *polygorskite*. Dari kelompok mineral ini, tanah lempung ekspansif dapat dibagi menjadi lempung ekspansif dan lempung non ekspansif. Tanah lempung ekspansif tersusun dari mineral lempung yang mempunyai karakter kembang susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air seperti pada kelompok *montmorillonite*. Kelompok inilah yang membuat lempung tidak stabil jika berhubungan dengan air.

Jenis tanah yang memiliki karakteristik tersebut adalah lempung, karena lempung mengandung partikel-partikel mineral yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air. Sifat ekspansif ini disebabkan oleh proses pembasahan dan pengeringan yang silih berganti dan merupakan hasil perubahan dalam system tanah yang mengganggu keseimbangan tegangan-tegangan dalam (Manopo, 2013).

2.4. Material Penyusun Tanah

Material penyusun tanah yang bersifat heterogen dan non heterogen. Ada 3 (tiga) material utama penyusun tanah yaitu :

1. Fase padat, yaitu bahan organik dan mineral
2. Fase cair, yaitu berupa air tanah
3. Fase gas, yaitu berupa udara tanah

Tanah juga dapat dibedakan menjadi 2 kategori besar yang terdiri dari hasil pelapukan (*weathering*) secara fisis dan kimia serta berasal dari bahan-bahan organik. Tanah sisa (*residual*) ada apabila hasil dari pelapukan masih berada di tempat asalnya. Sedangkan, tanah angkutan (*transported soil*) terjadi apabila tanah telah berpindah dari tempat tersebut tanpa mempersoalkan pelaku angkutan tersebut.

Tanah *residual* juga ada di daerah dengan iklim sedang atau setengah kering. Tanah yang ada di daerah ini biasanya bersifat kaku dan stabil serta tidak meluas kebagian tanah yang lebih dalam. Akan tetapi, apabila terjadi di iklim lembab dan panas serta mendapat penyinaran matahari yang cukup lama, tanah *residual* dapat meluas sampai kedalaman beberapa meter. Tanah

residual dapat menjadi tanah yang stabil dan kuat, akan tetapi dapat pula mengandung bahan yang sangat kompresibel yang terdapat di sekitar bongkahan-bongkahan batuan yang belum terlalu lapuk. Sehingga, pada kondisi seperti ini tanah dapat menyebabkan sulitnya untuk melakukan pekerjaan pondasi maupun konstruksi-konstruksi lainnya.

2.5. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda tetapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das,1993). Hardiyatmo (1992) menjelaskan, bahwa keseluruhan klasifikasi tanah secara keseluruhan didasarkan pada ukuran partikel yang diperoleh dari analisa saringan dan plastisitas.

2.5.1. Kalsifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi ini dikembangkan oleh Casagrande selama perang dunia II untuk kesatuan Engineering Angkatan Darat Ameriks. Pada tahun 1969 sistem ini daiadopsi oleh American Society for Testing and Materials (ASTM) sebagai metoda standar klasifikasi tanah (ASTM D 2487).

Menurut sistem USCS ini, tanah dibagi menjadi tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Tanah berbutir kasar dibagi ke dalam kerikil, dinotasikan sebagai G (dari kata gravel), dan pasir (S = Sands). Setiap grup tanah ini dibagi lagi ke dalam empat golongan, yaitu:

1. Bergradasi baik dan cukup bersih artinya hanya sedikit kandungan material berbutir halus, dinotasikan W (well-graded)
2. Bergradasi buruk dan cukup bersih, dinotasikan P (poorly graded)
3. Bergradasi baik dengan lempung sebagai pengikat, dinotasikan C (clay)
4. Berbutir kasar dan mengandung tanah berbutir halus, dinotasikan M (silt)

Tanah berbutir halus dibagi kedalam :

1. Tanah lanau organik (tidak mengandung material organik) dan tanah yang mengandung pasir yang berbutir sangat halus, dinotasikan M (silt)
2. Tanah lempung anorganik, dinotasikan C (clay)
3. Tanah lanau dan lempung organik, dinotasikan O (organic)
5. Tanah dengan kadar air organik sangat tinggi, dinotasikan Pt (peat)

Ketiga golongan tanah berbutir halus itu dibagi lagi kedalam beberapa golongan berdasarkan batas cairnya, yaitu:

1. Batas cair $< 50\%$, digolongkan kedalam tanah berbutir halus dengan kompresibilitas rendah hingga sedang, dinotasikan L (low compressibility)
2. Batas cair $> 50\%$, digolongkan kedalam tanah berbutir halus dengan kompresibilitas tinggi, dinotasikan H (high compressibility)

Untuk penentuan golongan tanah berbutir halus ini Casagrande menggunakan diagram plastisitas seperti ditunjukan dalam gambar menunjukkan penggolongan sistem USCS ini.

Dalam klasifikasi USCS ini diagram plastisitas dibagi dalam dua golongan batas cair, yaitu : tinggi dan rendah (high and low) ; dalam standar inggris (British Standard) diagram plastisitas dibagi dalam lima golongan batas 11 cair, yaitu : extremely high (E), very high (V), high (H), intermediate (I), and low (L).

Simbol-simbol lain yang dapat dipergunakan untuk klasifikasi tanah adalah:

1. G = Kerikil (Gravel)
2. S = Pasir (Sand)
3. C = Lempung (Clay)
4. M = Lanau (Silt)
5. O = Lanau atau lempung organik (Organic silt or clay)
6. Pt = Tanah gambut dan tanah organik tinggi
7. W = Gradasi baik (Well-graded)

- 8. P = Gradasi buruk (Poorly-graded)
- 9. H = Plastisitas tinggi (High-plasticity) ($LL > 50$)
- 10. L = Plastisitas rendah (Low-plasticity) ($LL < 50$)

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan USCS dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dibawah ini.



2.5.2. Klasifikasi Tanah AASHTO

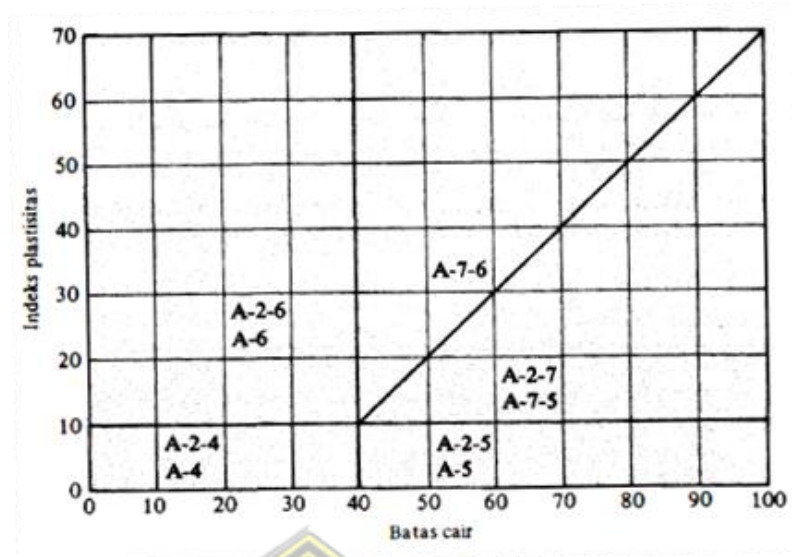
Sistem klasifikasi ini dibuat oleh *American Association of States Highway and Transportation Officials*, terutama dikembangkan untuk menganalisa material subgrade dalam pembangunan jalan raya. Tanah digolongkan kedalam tujuh golongan utama yang dinotasikan dari A-1 hingga A-7.

Dalam kondisi pembebanan normal, setiap golongan mempunyai daya dukung dan perilaku yang hampir sama, secara umum dapat dikatakan kualitas tanah untuk digunakan sebagai material subgrade semakin lemah dengan meningkatnya angka dibelakang huruf A. Tanah dalam golongan A-1 hingga A-3 dalam keadaan padat merupakan packing efektif (ikatan yang berupa gesekan antar butir) Antara butiran pasir dengan butiran-butiran yang lebih besar. Golongan A-4 hingga A-7 tidak mempunyai ikatan gesekan antar butir dan perilakunya terutama ditentukan oleh kadar air komponen lanau dan lempungnya. Empat kelompok dari A-2-7, angka terakhir menunjukkan jenis tanah yang lolos saringan nomor 200.

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1 A-1-a A-1-b		A-3	A-2 A-2-4 A-2-5		A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-4		A-5	A-6		A-7	
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36		Min 36	Min 36		Min 36	
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10	Maks 40 Maks 11		Min 41 Min 11	
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau			Tanah Berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

(Sumber: Das, 1995)



Gambar 2.1. Rentang dari batas cair (LL) dan Indeks plastisitas (PI)
(Craig, 1991)

Klasifikasi AASHTO ini didasarkan atas hasil analisa tapis saringan nomor 10, 40, dan 200 dengan pengujian batas-batas attberg tanah yang diambil dari contoh tanah yang lolos saringan nomor 40. Pembedaan kualitas tanah yang jatuh dalam satu kelompok tertentu dilakukan dengan perhitungan Indeks Grup, GI, sebagai berikut :

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan: F = persentase yang lolos saringan no. 200

LL = batas cair (dalam %)

PI = indeks plastisitas (dalam %)

Indeks group ini biasanya dinyatakan dalam kurung dibelakang symbol kelompok tanah, contoh : A-6(7). Berdasarkan nilai grup index ini tanah subgrade dikategorikan seperti ditunjukkan dalam **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Kelas subgrade (AASHTO)

Kelas Subgrade	Nilai Indeks Group
Sangat baik	Tanah A-1-a(0)
Baik	0 – 1
Sedang	2 – 4
Buruk	5 – 9
Sangat buruk	10 – 20

(Sumber : Buku Mekanika Tanah I, 2007)

2.6. Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah adalah suatu kondisi tanah dalam keadaan asli dimana bisa digunakan untuk menentukan jenis-jenis tanah.

2.6.1. Kadar Air (w)

Hakam (2010), menjelaskan nilai kadar air sangat berguna bagi praktisi dalam menentukan keputusan terhadap situasi yang ada. Nilai kadar air menjadi patokan dalam menentukan kekuatan dan perilaku tanah terutama tanah berbutir halus. Untuk menentukan kadar air, terdapat berbagai metode yang dapat dipergunakan salah satunya *Over Drying Method*. Metode ini adalah metode yang dapat dilaksanakan dilaboratorium yang paling akurat. Dengan mengambil beberapa sampel tanah yang diletakkan dalam cawan kemudian dioven dalam keadaan suhu 105°C - 110°C selama 24 jam supaya tanah menjadi kering sempurna. Suhu lebih dari 110°C mungkin dapat menghancurkan kristalisasi struktur partikel lempung ikatan kimia (IS: 2720 Part II-1969).

Kadar air (w) adalah perbandingan antara berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam bentuk persen. Kadar air (w) dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$w = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan: w = Kadar air yang dinyatakan dalam persen

w_1 = Berat cawan kosong

w_2 = Berat cawan + berat tanah basah

$$w_3 = \text{Berat cawan} + \text{berat tanah kering}$$

2.6.2. Berat Jenis Tanah (Gs)

Harga berat spesifik dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah (Braja M Das, 1995).

Berat jenis butiran adalah perbandingan antara berat butiran tanah dengan berat air sulimg paada volum yang sama dan suhu trtentu. Berat jenis butiran dapat dicari menggunakan rumus berikut:

$$G_s = \frac{c-a}{H_p-(d-c)t_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan: G_s = Berat spesifik butiran
 a = Berat picnometer
 c = Berat piknometer + sampel
 d = Berat picnometer + aquades + sampel
 HAP = Harga air picnometer
 t_2 = Temperatur setelah ± 24 jam

2.6.3. Analisa Saringan

Variasi ukuran partikel-partikel pada tanah dinyatakan dalam bentuk presentase dari berat kering total. Ukuran butiran pada tanah menentukan sifat-sifat tanah tersebut. Besar kecilnya butiran-butiran yang terkandung dalam tanah yang menjadi dasar pemberian nama dan klasifikasi pada tanah. Oleh karena itu, uji analisa butiran adalah pengujian yang paling sering dilakukan.

Analisa ukuran butiran tanah (*sieve analysis*) adalah penentuan presentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan yukuran diameter tertentu. Terdapat dua cara untuk mendistribusikan ukuran-ukuran partikel pada tanah, yaitu:

a. Analisa Ayakan (*Grain size*)

Uji analisa ayakan mempunyai fungsi untuk menentukan gradasi dari sampel tanah. Analisa ayakan digunakan untuk ukuran partikel-partikel tanah yang memiliki diameter lebih besar dari 0,075mm.

Untuk mendistribusikan ukuran-ukuran butir tanah yang beragam dilakukan dengan cara menyaring. Berat tanah yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang, kemudian presentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung. Langkah-langkah yang digunakan untuk perhitungan sebagai berikut:

1. Berat sampel semula = A gram
 Berat sampel sesudah dicuci = B gram
 Berat lumpur = berat sampel lolos saringan no.200
 = A - B
2. Jumlah berat tanah yang tertinggal dalam saringan Ø 4,76 mm sampai Ø 0,075 mm = C gram
 Jadi kehilangan berat = (B - C gram)
3. Kadar lumpur dengan α = berat tanah yang tertinggal dalam alas saringan
4. Presentase tanah yang tertinggal

$$= \frac{\text{berat tanah yang tertinggal}}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$
5. Kumulatif persen tanah yang tertinggal
 = jumlah + presentase tanah di atasnya
6. Present Finer = (100% - Kumulatif Persen)

b. Analisa Hidrometer

Uji analisa hidrometer berfungsi untuk menentukan ukuran partikel-partikel tanah yang berdiameter lebih dari 0,075 mm dengan menggunakan alat hydrometer.

Uji analisa hidrometer ditentukan dengan cara mengendapkan partikel tanah atau sedimentasi. Metode ini berdasarkan pada hukum Stokes mengenai kecepatan pengendapan butiran pada larutan suspense. Rumus yang dapat digunakan :

$$\text{Presentase butiran } N = \frac{\text{Setelah pembacaan}}{\text{Jumlah selisih pembacaan}} \times KL \dots \dots (2.5)$$

dengan : KL = Kadar lumpur (berat lumpur)

D = Diameter $(106.10^{-7} z/t)^{1/2}$

- t = Waktu dalam detik
 z = $24 - \alpha$ (0,2)
 α = Banyaknya strip setiap pembacaan

2.6.4. Batas-batas Atterberg

Plastisitas tanah adalah kemampuan tanah dalam penyesuaian perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa adanya retakan-retakan pada tanah. Plastisitas terjadi karena didalamnya terdapat kandungan partikel-partikel mineral lempung.

Atterberg (1911), membagi tingkat plastisitas tanah, menjadi 4 tingkatan berdasarkan nilai indeks plastisitasnya antara 0% sampai 17%. Batasan ini bisa dilihat dalam **Tabel 2.4** di bawah ini.

Tabel 2.4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Jenis Tanah
0	Non Plastis	Pasir
<7	Plastisitas Rendah	Lanau
7-17	Plastisitas Sedang	Lempung belanau
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung

(Sumber: Atterberg 1911, dalam Hardiyatno, 1999)

Atterberg (1911), menjelaskan cara untuk menggambarkan batas konsistensi dari jenis tanah berbutir halus dengan pertimbangan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut yaitu batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*).

a. Batas Cair (*Liquid Limit- LL*)

Kadar air dapat dinyatakan dalam bentuk persen (%) dari tanah yang dibutuhkan untuk menutup goresan dengan jarak 0,5 inc (12,7 mm) sepanjang dasar contoh di dalam mangkok. Setelah dilakukan 25 kali ketukan didefinisikan sebagai batas cair (*liquid limit*). Pada uji batas cair, diperlukan beberapa kali percobaan dengan kandungan air

yang berbeda-beda untuk mengatur kadar air dalam tanah dengan jumlah ketukan berkisar 15 - 35 kali.

b. Batas Plastis (*Plastic Limit - PL*)

Batas plastis adalah batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah. Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air dinyatakan dalam bentuk persen (%). Uji plastisitas dapat dilakukan dengan cara menggulung sampel tanah hingga mencapai ukuran dengan diameter 1/8 inc (3,2 mm) sampai timbul retakan.

c. Batas Susut (*Shrinkage Limit-SL*)

Kadar air, dinyatakan dalam persen (%) jika perubahan volume suatu massa tanah berhenti didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Uji batas susut dilakukan menggunakan suatu alat yang berbentuk mangkuk porselin dengan diameter 1,75 inc (44,4 mm) dan tinggi 0,5 inc (12,7 mm). volume dari sampel tanah yang telah dikeringkan ditentukan dengan menggunakan air raksa.

d. Indeks Plastis (*Plasticity Index - PI*)

Indeks plastisitas adalah perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah atau $PI = LL - PL$. Indeks plastisitas berfungsi untuk mengidentifikasi sifat plastis tanah. Tanah yang banyak mengandung butiran lempung adalah tanah yang memiliki PI tinggi. Sebaliknya, PI rendah dimiliki oleh tanah jenis lanau yang sedikit terjadi pengurangan kadar air sehingga menyebabkan tanah menjadi kering.

2.6.5. CBR (California Bearing Ratio)

Definisi CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (loading test) dengan beban standar (standard load) dan dinyatakan dalam prosentase. Dengan rumus : $CBR = \text{test load} / \text{standard load} \times 100\%$
Tujuan Percobaan ini adalah untuk menilai kekuatan tanah dasar yang dipadatkan di laboratorium yang akan digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan. Hasil percobaan dinyatakan sebagai nilai CBR (dalam

%) yang nantinya dipakai untuk menentukan tebal perkerasan. 5 Untuk menentukan tebal perkerasan secara umum biasanya kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam nilai CBR (California Bearing Ratio) dimana nilai CBR adalah perbandingan kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang dipakai untuk pembuatan perkerasan terhadap nilai CBR didapat dari percobaan baik, untuk contoh tanah asli (undisturbed sample) maupun contoh tanah yang dipadatkan (compacted sample). Percobaan CBR juga dapat dilakukan secara langsung di lapangan. Pada perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR tanah dasar yang dipadatkan. Nilai CBR yang dipergunakan untuk perencanaan disebut CBR desain (CBR design). Desain CBR didapat dari percobaan di laboratorium dengan memperhitungkan dua faktor, yaitu:

- a. Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
- b. Percobaan pada kadar air yang mungkin terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

Contoh tanah yang diuji mempunyai kadar air mendekati kadar air optimum (toleransi $\pm 5\%$).

2.7. Sifat Mekanika Tanah

Sifat mekanika tanah adalah sifat dimana tanah dalam keadaan terbebani dan sebagai parameter dalam perencanaan pondasi.

2.7.1. Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah adalah proses menjejal tanah menggunakan energy mekanik agar partikel tanah lebih rapat dan menjadi padat sehingga berat jenis tanah pasti akan naik. Tingkat kepadatan tanah dapat diukur dari berat volume kering yang telah dipadatkan. Partikel-partikel tanah dapat dibasahi atau dilumasi dengan cara penambahan air pada tanah yang sedang dipadatkan. Hal ini menyebabkan partikel-partikel tanah menjadi lebih mudah bergerak sehingga membentuk kedudukan yang lebih rapat.

Menurut Hardiyatmo, 2002 terdapat 4 tujuan dari pemadatan tanah, yaitu:

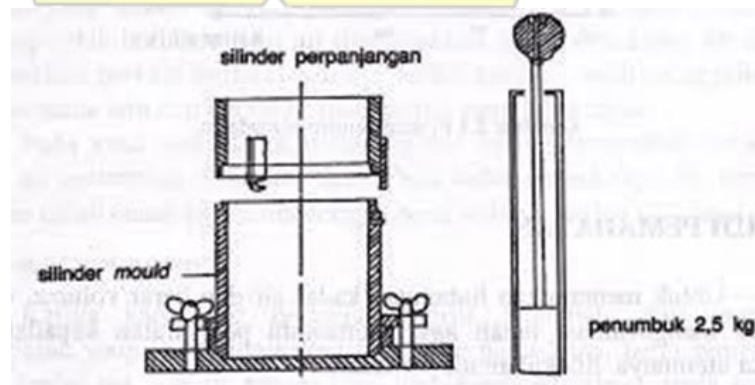
- a. Mempertinggi kuat geser tanah
- b. Mengurangi sifat mudah mampat
- c. Mengurangi permeabilitas
- d. Mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air, dll.

Didalam pemadatan tanah ada empat factor yang berpengaruh terhadap kontrol pemadatan, yaitu (Hardiyatmo, 2002):

- 1. Energi pemadatan
- 2. Tipe tanah dan gradasi
- 3. Kadar air
- 4. Unit berat kering

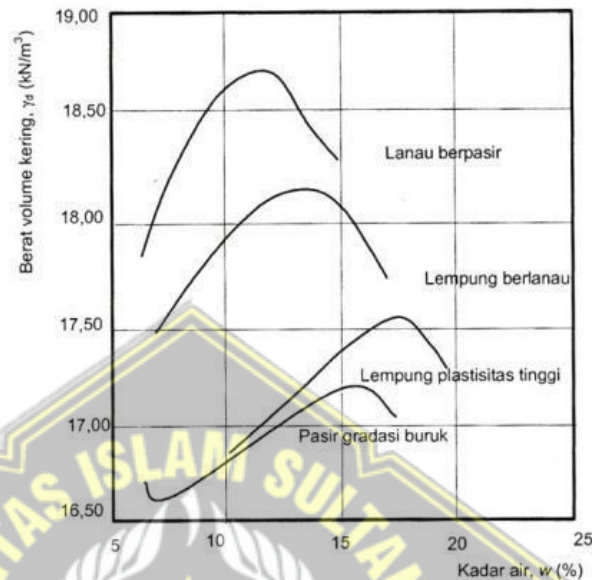
Kepadatan tanah dapat diperoleh dari pengujian standar laboratorium yaitu dengan uji *proctor*. Uji *proctor* dibagi menjadi 2 macam yaitu *standard proctor* dan *modified proctor*.

Alat yang digunakan berupa silinder *mould*. Pada uji *standard proctor*, sampel tanah yang telah dimasukkan ke dalam *mould* dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dan tinggi jatuh 30,5 cm. Sampel tanah yang akan dipadatkan dibagi menjadi 3 lapisan. Tiap-tiap lapisan tanah ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Sedangkan pada uji *modified proctor*, *mould* yang digunakan masih sama hanya berat penumbuknya diganti sebesar 4,54 kg dan tinggi jatuh penumbuk 45,72 cm. Pada pengujian ini, tanah terbagi menjadi 5 lapisan dengan masing-masing lapisan 25 kali pukulan. Alat yang digunakan dalam uji *proctor* dapat dilihat pada **Gambar 2.2** dibawah ini.



Gambar 2.2 Alat Uji Pemadatan Proktor Standar (Hardiyatmo, 2002)

Dalam uji pemadatan tanah, percobaan diulang sedikitnya 5 kali dengan kadar air di setiap percobaan yang bervariasi. Kemudian, angka yang diperoleh digambarkan pada sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volum kering. Grafik tersebut bisa dilihat pada **Gambar 2.3** dibawah ini.



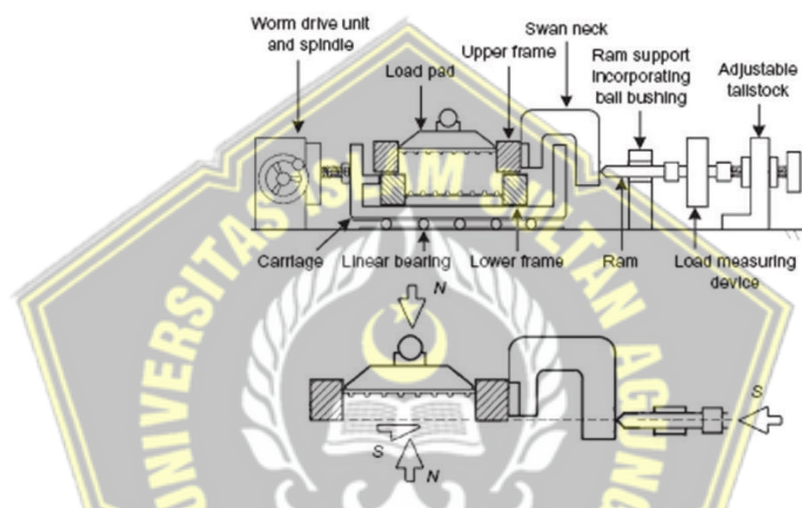
Gambar 2.3 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering
(Hardiyatmo, 2002)

2.7.2. Kuat Geser Tanah

Uji kuat geser tanah adalah pengujian untuk mencari besarnya kekuatan geser tanah secara langsung. Sampel tanah yang dapat digunakan untuk pengujian ini yaitu menggunakan tanah yang tidak terlalu padat, jadi berupa sample tanah yang lembek dan mengandung lempung. Diperlukan ketelitian dan perhatian yang besar terhadap proses pengambilan contoh, penyimpanan contoh, dan perawatan contoh sebelum pengujian, terutama untuk contoh tidak terganggu (*undisturbed*), dimana struktur tanah di lapangan dan kadar airnya harus dipertahankan (Craig, 1991).

Salah satu uji kuat geser tanah yang umum dilakukan adalah uji geser langsung (*direct shear*). Uji *direct shear* dilakukan dengan menempatkan sampel tanah pada sebuah kotak yang terbuat dari logam dengan penampang persegi atau lingkaran. Kotak tersebut terbagi menjadi dua

bagian tepat ditengah-tengah tinggi kotak. Di atas dan di bawah sampel tanah diletakkan sebuah piringan logam. Kemudian, diberi beban dengan gaya vertical (N) melalui pelat beban secara bertahap. Hal ini akan menimbulkan tegangan geser dengan membuat pergeseran diantara kedua bagian kotak. Gaya geser (T) diukur bersamaan dengan perpindahan geser (ΔI). Dalam uji *direct shear* digunakan beberapa sampel tanah dan pembebanan yang berbeda-beda. Pengujian tanah menggunakan *direct shear* dapat dilihat pada **Gambar 2.4** di bawah ini.



Gambar 2.4 Skema Uji Geser Langsung Tanah (Munirwan, 2015)

2.8. Stabilisasi Tanah Menggunakan Fly Ash

Proses pembakaran batu bara pada PLTU menghasilkan limbah berupa limbah cair dan limbah padat. *Fly ash* dan Bottom ash merupakan limbah padat sisa pembakaran batu bara. Limbah cair antara lain (oily drain, aux drain, boiler cleaning, ash disposal area, coal pile storage area, boiler blowdown, FGD blow down) Menurut ASTM C618 *fly ash* dibagi menjadi 2 kelas yaitu *fly ash* kelas F dan *fly ash* kelas C. Perbedaan utama dari kedua *fly ash* tersebut adalah banyaknya unsur kalsium, silika, aluminium, dan kadar besi dalam ash. a. *Fly ash* kelas F merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batu bara antrachite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan quick lime, hydrated lime, atau semen. *Fly ash* kelas F

memiliki kadar kapur yang rendah ($\text{CaO} < 10\%$). b. *Fly ash* kelas C merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batu bara lignite atau subbituminous yang mempunyai sifat pozolanik serta self cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah kekuatan apabila bereaksi dengan air tanpa penambahan kapur). *Fly ash* kelas C biasanya memiliki kadar kapur (CaO) $> 10\%$. Keuntungan menggunakan *fly ash* pada aplikasi Geotechnical Engineering, seperti soil improvement untuk konstruksi jalan adalah dari segi ekonomi, lingkungan, dan mengurangi shrinkage-cracking problem pada penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi. Salah satu penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah *fly ash* untuk keperluan bahan bangunan teknik sipil. Namun pemanfaatan limbah *fly ash* masih belum maksimal dilakukan.

2.9. Penelitian Terdahulu

Salah satu data pendukung yang perlu dijadikan bagian tersendiri dalam menyusun laporan tugas akhir ini adalah penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang sedang dibahas dalam penelitian ini. Oleh karena itu, kami melakukan kajian terhadap beberapa hasil penelitian berupa tesis dan jurnal-jurnal ilmiah melalui internet.

Penelitian tentang perbaikan tanah lempung sebenarnya telah banyak dilakukan dengan berbagai macam metode yang sudah ada dengan variasi campuran secara kimiawi maupun metode baru. Begitu juga dengan metode pencampuran tanah lempung dengan *fly ash* sebagai bahan untuk stabilisasi.

Untuk lebih memudahkan melihat penelitian terdahulu, dapat dilihat pada **Tabel 2.4** di bawah ini.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian		
1	Kajian Stabilisasi Tanah Lempung Akibat Penambahan Semen Portland 3% dan Fly ash Dengan Pengujian CBR Test dan Kuat Tekan Bebas		
	Peneliti	1	Gultom, 2019
	Masalah Penelitian	Apabila tanah dasar yang ada berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung dan kuat geser yang rendah, maka konstruksi di atasnya bisa mengalami kerusakan. Salah satu upaya perbaikan tanah yang bisa dilakukan adalah dengan menambah bahan kimiawi pada tanah tersebut. Bahan kimia yang biasa digunakan antara lain; kapur, semen, abu gunung vulkanik, bubuk batu merah, abu ampas tebu, abu sekam padi, dan bahan lainnya. Penelitian ini menggunakan abu batu bara (fly ash) dan semen portland sebagai stabilization agent.	
	Kesimpulan Penelitian	1	Berdasarkan klasifikasi USCS, sampel tanah tersebut termasuk dalam jenis CL (Clay – Low Plasticity)
		2	Berdasarkan klasifikasi AASHTO, sampel tanah penelitian ini termasuk dalam jenis A-7-6 (17). Campuran 3%PC+14%FA termasuk dalam jenis A-6 (9) dengan masa pemeraman 14 hari,
		3	Hasil uji Water Content didapat bahwa nilai kadar air tanah asli sebesar 11,67%.
		4	Hasil uji Specific Gravity didapat bahwa nilai berat spesifik tanah yaitu sebesar 2,63.

		5	Dari uji Atterberg pada tanah asli diperoleh nilai Batas Cair atau Liquid Limit (LL) sebesar 43,93% dan Indeks Plastisitas (IP) sebesar 30,81%. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan didapat bahwa nilai Indeks Plastisitas menurun dengan bertambahnya persentasi penambahan nilai menurun dengan bertambahnya persentasi penambahan nilai <i>fly ash</i> dimana penambahan 3%PC+14%FA memiliki Indeks Plastisitas (IP) yang paling rendah yaitu 12,98% dengan nilai Liquid Limit (LL) sebesar 29,14%.
		6	Dari hasil uji Proctor Standard menghasilkan nilai kadar air optimum tanah asli sebesar 19,74% dan berat isi kering maksimum sebesar 1,32 gr/cm ³ , sedangkan dari hasil percobaan didapat nilai kadar air optimum 17,25% dan berat isi maksimum yaitu sebesar 1,71 gr/cm ³ pada penambahan bahan stabilisasi 3%PC+14%FA dengan waktu pemeraman selama 14 hari.
		7	Dari uji Unconfined Compression Test yang dilakukan pada tanah asli diperoleh nilai kuat tekan tanah (q_u) sebesar 1,36 kg/cm ² sedangkan pada tanah remoulded diperoleh nilai kuat tekan tanah (q_u) sebesar 0,49 kg/cm ² .
		8	Dari hasil penelitian Unconfined Compression Test yang dilakukan pada

			penambahan 3%PC+14%FA memiliki nilai kuat tekan tanah (q_u) yang paling besar yaitu 2,014 kg/cm ²
	9		Dari hasil penelitian CBR pada tanah asli diperoleh nilai CBR sebesar 6,67% sedangkan pada penambahan 2%PC+14%FA memiliki nilai CBR yang paling besar yaitu 17,69%.
	10		Nilai kuat tekan dan CBR semakin bertambah hingga kadar <i>fly ash</i> mencapai nilai maksimum karena adanya kandungan silika yang bersifat pozzolan yang merupakan unsur utama pembuatan semen, sehingga mengakibatkan partikel-partikel lempung menggumpal dan mengakibatkan konsistensi tanah menjadi lebih baik.
	11		Dari hasil pengujian Unconfined Compression Test didapat nilai kuat tekan pada penambahan 3%PC+8%AGV naik sebesar 105,71% dari tanah asli sedangkan pada penambahan 3%PC+14%FA terjadi kenaikan sebesar 47,79% dari tanah asli.
	12		Dari hasil pengujian CBR didapat nilai CBR pada penambahan 3%PC+8%AGV naik sebesar 131,34% dari tanah asli sedangkan pada penambahan 3%PC+14%FA terjadi kenaikan sebesar 165,22% dari tanah asli.
	Penerbit	Program studi teknik sipil, fakultas teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.	

2	Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Semen dan Fly Ash		
	Peneliti	1	Husnah, 2019
		2	Darfia, 2019
		3	Prayino, 2019
	Masalah Penelitian	Perbaikan tanah sudah umum dilakukan dalam pekerjaan konstruksi dengan tujuan meningkatkan daya dukung tanah agar dapat menahan beban konstruksi di atasnya. Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan semen dan <i>fly ash</i> sebagai bahan tambah stabilisasi tanah lempung.	
	Kesimpulan Penelitian	Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan tersebut, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Berdasarkan ASTM 4318, tanah lempung yang digunakan adalah tanah lempung berplastisitas tinggi dengan batas cair (liquid limit) 51,80 %, batas plastis (plastis limit) 20,88 %, dan indeks plastisitas (plasticity index) sebesar 30,93 %. Penambahan semen dan <i>fly ash</i> dapat menurunkan nilai batas cair dan indeks plastisitas serta meningkatkan nilai batas plastis. Persentase nilai CBR tertinggi terjadi pada Clay 65%% + Semen 20%, <i>Fly ash</i> 15%, dengan nilai CBR sebesar 52,32%	
Penerbit	Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abdurrab, Pekanbaru		
3	Pemanfaatan <i>Fly ash</i> Untuk Peningkatan Nilai CBR Tanah Dasar		
	Peneliti	1	Apriyanti, 2014
		2	Hambali, 2014
	Masalah Penelitian	Tanah dasar yang mempunyai kekuatan yang rendahakan mengakibatkan perkerasan mudah	

		mengalami deformasi dan retak. Sebagian tanah di daerah Pulau Bangka jenis tanahnya adalah tanah lempung. Salah satu parameter untuk mengetahui tanah dasar tersebut baik atau tidak dapat dilihat dari daya dukung tanah (kekuatan tanah) yaitu dengan pengujian CBR. Tanah dasar yang kurang baik daya dukung tanahnya memiliki nilai CBR yang rendah. Salah satu cara untuk memperbaikinya adalah dengan stabilisasi kimiawi menggunakan bahan <i>fly ash</i> yang didapat dari hasil pembakaran batu bara oleh perusahaan smelter yang tersedia cukup banyak di Pulau Bangka.
Kesimpulan Penelitian	1	Tanah lempung (kelas A-7-6) yang distabilisasi dengan <i>fly ash</i> (hasil pembakaran batu bara) dengan prosentase <i>fly ash</i> yang digunakan sebesar 10%, 13% dan 16% dapat diketahui bahwa nilai CBR semakin meningkat dengan bertambahnya prosentase <i>fly ash</i>. Nilai CBR maksimum didapat dari prosentase <i>fly ash</i> 16% .
	2	Tanah lempung (kelas A-7-6) yang distabilisasi dengan <i>fly ash</i>, nilai CBR semakin meningkat dengan bertambahnya umur pemeraman. Nilai CBR maksimum didapat dari pemeraman umur 28 hari.
	3	Nilai CBR maksimum didapat sebesar 15,1 % dengan prosentase <i>fly ash</i> 16% dan umur pemeraman 28 hari sehingga prosentase peningkatan nilai CBR didapat sebesar 202 % dibandingkan dari nilai CBR tanah A-7-6 tanpa campuran yang

			nilai CBR nya sebesar 5%.
	Penerbit	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung	
4	Penggunaan Abu Batu Bara PLTU Mpanau Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung		
	Peneliti	1	Arifin, 2009
	Masalah Penelitian	Penelitian ini bertujuan memeriksa pengaruh stabilisasi tanah lempung menggunakan bahan stabilisasi Abu batu bara dan semen. Abu batu bara yang digunakan adalah abu bara hasil pembakaran dari PLTU Mpanau Kecamatan Tawaeli Kota Palu yang lolos saringan No.200, tanah lempung yang diuji memiliki indeks plastisitas lebih besar dari 20. Sifat yang diperiksa adalah: perubahan batas cair, kepadatan maksimum dan nilai CBR.	
	Kesimpulan Penelitian	Dari Penambahan abu batubara dan semen pada tanah lempung dapat menurunkan nilai Indeks Plastisitas (IP). Penurunan tersebut seiring dengan bertambahnya persentase abu batubara dan semen. Penambahan abu batubara dan semen dapat meningkatkan nilai berat isi kering maksimum dan menurunkan nilai kadar air optimum. Peningkatan nilai berat isi kering maksimum terbesar pada persentase 10% abu batubara dan 8% semen sebesar 2.223 gr/cm ³ . Peningkatan nilai CBR baik untuk kondisi terendam maupun tak terendam seiring dengan meningkatnya nilai berat isi kering maksimum tanah. Peningkatan nilai CBR terbesar pada persentase 10% abu batubara dan 8% semen untuk kondisi CBR tak terendam sebesar	

		17.31%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu batubara dan semen sebagai bahan stabilisasi dapat digunakan untuk meningkatkan nilai CBR tanah.						
	Penerbit	Jurnal SMARTek, Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.						
5	Stabilisasi Tanah Dengan Menggunakan <i>Fly ash</i> Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas							
	Peneliti	<table><tr><td>1</td><td>Kusuma, 2016</td></tr><tr><td>2</td><td>Mina, 2016</td></tr><tr><td>3</td><td>Rahman, 2016</td></tr></table>	1	Kusuma, 2016	2	Mina, 2016	3	Rahman, 2016
1	Kusuma, 2016							
2	Mina, 2016							
3	Rahman, 2016							
	Masalah Penelitian	Terdapat beberapa masalah yang harus dihadapi oleh seorang insinyur sipil di lapangan, dimana sering dihadapkan pada kenyataan bahwa lokasi memiliki karakteristik tanah yang kurang baik, sehingga untuk menambah kekuatan dan memperbaiki daya dukungnya perlu dilakukan upaya stabilisasi pada tanah di lokasi tersebut. Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah menstabilkan tanah dengan meningkatkan daya dukung tanah asli dan mengurangi kembang susutnya. Penambahan <i>fly ash</i> merupakan salah satu cara stabilisasi tanah ekspansif yang efektif, karena <i>fly ash</i> bersifat pozzolan sehingga dapat mengikat mineral tanah menjadi padat, sehingga mengurangi kembang susut tanah dan menambahkan nilai kekuatan tanah.						
	Kesimpulan Penelitian	<table><tr><td>1</td><td>Hasil pengujian fisik tanah menunjukkan bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah campuran lanau organik</td></tr></table>	1	Hasil pengujian fisik tanah menunjukkan bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah campuran lanau organik				
1	Hasil pengujian fisik tanah menunjukkan bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah campuran lanau organik							

			dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau atau berlempung dengan sedikit plastisitas (ML).
		2	Hasil pengujian UCT sebagai berikut : Nilai q_u tertinggi didapat dari tanah dengan kadar <i>fly ash</i> sebesar 20% ddengan lama pemeraman selama 21 hari yang menghasilkan nilai q_u sebesar 2,55kg/cm ² , meningkat sebesar 202,38% dari nilai terendah yaitu 1,26 kg/cm ² .
		3	Hasil pengujian sifat fisis tanah a. Penambahan <i>fly ash</i> menaikkan nilai batas plastis, semakin banyak kadar <i>fly ash</i> maka nilai batas plastis semakin besar. b. Penambahan <i>fly ash</i> menaikkan nilai batas cair, semakin banyak kadar <i>fly ash</i> maka nilai batas cair semakin besar. c. Penambahan <i>fly ash</i> menurunkan nilai berat jenis, semakin banyak kadar <i>fly ash</i> maka nilai berat jenis semakin kecil.
	Penerbit	Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Kota Cilegon – Banten Indonesia	

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pengertian Umum

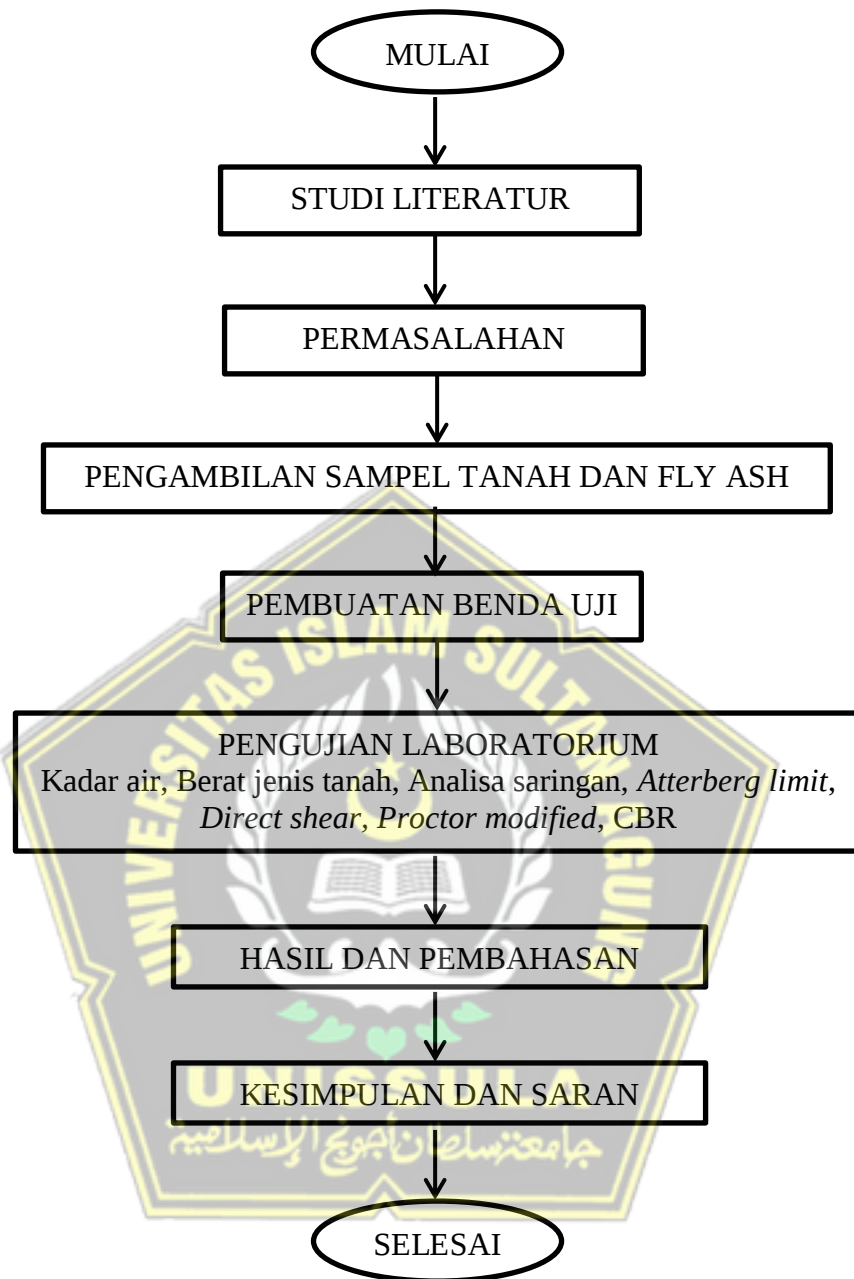
Metodelogi yaitu langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti dalam pengumpulan data dan informasi guna menunjang suatu penelitian yang akan dilakukan. Metode penelitian berfungsi untuk memberikan gambaran tentang penelitian yang mana seperti prosedur, langkah-langkah yang harus dilakukan, sumber data yang dibutuhkan yang kemudian dianalisis untuk mendapatkan hasil yang efektif dan efisien.

Tugas akhir ini akan melaksanakan penelitian tentang pengaruh yang ditimbulkan dari penambahan *fly ash* pada tanah lempung yang berada pada Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora. Hal ini dilakukan untuk mengetahui stabilisasi tanah lempung dengan pencampuran *fly ash* yang berfungsi sebagai stabilisator. Komposisi *fly ash* yang akan dicampurkan pada tanah lunak seperti pada **Tabel 3.1** sebagai berikut :

Tabel 3.1 Komposisi Campuran *Fly ash*

SAMPEL	PERSENTASE TANAH ASLI (%)	PERSENTASE <i>FLY</i> ASH (%)
Tanah Asli	100%	0 %
Campuran 8%	92%	8 %
Campuran 13%	87%	13 %
Campuran 18%	82%	18 %
Campuran 23%	77%	23 %

Komposisi campuran *fly ash* yang ditampilkan pada **Tabel 3.1** mengacu pada penelitian terdahulu dengan mengubah persentase campuran agar didapat nilai CBR maksimum yang lebih detail. Alur metodelogi dari awal hingga selesai pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1** sebagai berikut :



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

3.2. Studi Literatur

Studi Literatur didapatkan dari beberapa jurnal, buku panduan, diktat kuliah, pedoman peraturan, maupun bacaan lain yang dapat dijadikan sumber referensi untuk memperoleh dasar teori dan parameter dalam menganalisa permasalahan pada suatu kasus dan mengetahui perilaku tanah terhadap suatu konstruksi yang akan dibangun diatasnya.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dibagi menjadi 2 macam, yaitu data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan, pengujian di laboratorium, dan wawancara dengan pihak-pihak yang terkait. Data primer yang digunakan tercantum dalam **Tabel 3.2**. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari berbagai literature dengan mencari informasi ilmiah mengenai stabilisasi tanah lempung dengan campuran *fly ash*.

Tabel 3.2 Daftar Benda Uji Tanah Asli dan Campuran *Fly Ash*

JENIS DATA	SUMBER DATA	TIPE ANALISIS	KEGUNAAN
Data Primer	Pengujian di Laboratorium	Kadar Air	Mencari kadar air awal untuk tanah asli dan tanah campuran <i>fly ash</i> masing-masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
		Berat Jenis	Menentukan berat jenis tanah untuk tanah asli dan tanah campuran <i>fly ash</i> masing-masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
		Analisa Saringan	Menganalisis gradasi butiran tanah untuk tanah asli
		<i>Atterberg Limit</i>	Menentukan konsistensi

			tanah berdasarkan kadar air untuk tanah asli dan tanah campuran <i>fly ash</i> masing-masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
		<i>Direct Shear</i>	Mencari kekuatan geser tanah untuk tanah asli; tanah campuran <i>fly ash</i> masing-masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
		<i>Proctor modified</i>	Menentukan kadar air optimum yang diperlukan untuk memadatkan tanah (W_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_{dry}), dan prosentase pori (<i>porosity</i>) untuk tanah asli dan tanah campuran <i>fly ash</i> masing-masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
		CBR	Mengetahui daya dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan lentur untuk tanah asli dan tanah campuran <i>fly ash</i> masing-masing 8%, 13%, 18%, dan 23%

3.4. Bahan Penelitian

3.4.1. Tanah

Tanah yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu tanah lempung yang diambil dari sekitar Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah.

3.4.2. Air

Air yang digunakan untuk penelitian Tugas Akhir ini diambil dari Laboratorium Geoteknik Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.4.3. Fly ash

Fly ash yang digunakan sebagai stabilisator dalam penelitian Tugas Akhir ini diambil dari PT. Varia Usaha Beton di Jalan Raya Semarang-Demak, KM 10, Sayung, Sayung Lor, Sidogemah, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

3.5. Lokasi Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Geoteknik Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.6. Prosedur Penelitian

3.6.1. Kadar Air

Pengujian ini prosentase berat air suatu tanah terhadap berat tanah keringnya dinyatakan dalam persen.

Alat yang digunakan:

1. Cawan.
2. Neraca dan anak timbangan
3. Oven dengan suhu 105° - 110° C

Proses pelaksanaan pengujian kadar air adalah sebagai berikut.

1. Cawan aluminium kosong ditimbang beratnya

2. Ambil sampel secukupnya, letakkan dalam cawan kemudian ditimbang beratnya. Berat cawan + sampel tanah basah = b gram.
3. Masukkan kedalam oven selama 24 jam
4. Dimasukkan ke dalam exicator
5. Setelah suhu dingin atau konstan kemudian sampel ditimbang, misal = c gram.
6. Maka kadar air dihitung dengan persamaan (2.2).

3.6.2. Berat Jenis Tanah (Gs)

Pengujian berat jenis tanah atau *specific gravity* (Gs) adalah perbandingan antara berat tanah tertentu dengan berat air pada suhu tertentu dan volume yang sama.

Alat yang dipergunakan:

1. Piknometer (Alat piknometer dapat dilihat dalam **Gambar 3.2**)
2. Neraca dan anak timbangan
3. Thermometer
4. Oven
5. Aquadest



Gambar 3.2 Piknometer

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian berat jenis tanah adalah sebagai berikut.

a. Mencari harga pikno:

1. Pikno kosong ditimbang, misalkan = a gram.

2. Pikno diisi aquades hingga penuh kemudian ditimbang lagi, misalkan = b gram.
3. Piknometer diukur suhunya dengan thermometer, misalkan: T_1 °C. Harga air piknometer = $(b - c) t_1$; dimana t_1 = koreksi T_1

b. Mencari *specific gravity* (G_s):

1. Sampel kering secukupnya diambil, kemudian dimasukkan kedalam pikno diatas yang telah bersih dan kering lalu ditimbang, misalkan = c gram (berat sampel = 20-25 gram).
2. Picnometer dan sample tersebut diisi aquades hingga dibawah leher picnometer kemudian diktuk-ketuk hingga gelembung udara tidak ada, lalu diamkan selama 24 jam.
3. Setelah 24 jam, picnometer tersebut ditambahkan aquades lagi hingga penuh dan ditimbang lagi, misalkan = d gram.
4. Selanjutnya diukur temperaturnya dengan termometer, misalkan = T_2 °C. Koreksi temperaturnya bisa dilihat dalam tabel, misalkan = t_2 .

Maka *specific gravity* (G_s) dapat dicari dengan persamaan (2.3).

3.6.3. Analisa Saringan (Sieve Analysis)

a. *Grain size*

Pengujian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tanah atau untuk menentukan ukuran butir-butir tanahnya.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Saringan (Ø 4,76 mm - Ø 0,074 mm)
2. Penggetar
3. Neraca analitis dan anak timbangannya
4. Cawan
5. Oven

Proses perlaksanaan pengujian *grain size* adalah sebagai berikut.

1. Ambil sampel kring secukupnya lalu ditimbang, misalkan = a gram
2. Sapel diletakkan pada cawan besar, diisi air lalu direndam selama 24 jam.

3. Selanjutnya cuci dalam saringan diameter 0.074 mm (no. 200) dan lumpurnya ditempatkan pada wadah yang terpisah.
4. Sampel yang sudah bersih tadi dioven kemudian ditimbang, misalkan = b gram.
5. Siapkan beberapa saringan tadi pada alat penggetar dengan diameter saringan semakin bawah urut semakin kecil seperti yang dapat dilihat dalam **Gambar 3.3**.
6. Sample yang telah selesai ditimbang diletakkan pada saringan teratas kemudian digetarkan selama ± 5 menit.
7. Masing-masing sampel yang tertinggal pada saringan ditaruh dalam cawan alumunium lalu ditimbang.

Cara penggambaran dan perhitungan.

1. Berat sample mula-mula = a gram.
 Berat sampel yang telah dicuci = b gram.
 Berat lumpur = berat sample yang lolos dari saringan no. 200
 = a – b gram.
2. Total berat tanah yang tertinggal di saringan Ø 4,76 mm s.d. Ø 0,074 mm = c gram.
 Kehilangan berat = (b – c) gram
3. Kadar lumpur = $\frac{(a - b) + \alpha}{a} \times 100 \%$ (3.1)
 Dengan α = berat tanah yang tertinggal dalam alas saringan.
4. Presentase tanah yang tertinggal Dihitung berdasarkan persamaan (2.4)
5. Perhitungan persen tanah tertinggal = Jumlah – prosentase tanah diatasnya.
6. *Present finer* = (100% – kumulatif persen).
7. Grafik bisa digambarkan dalam tabel, dengan diameter saringan sebagai absis dan percent finer sebagai ordinat.



Gambar 3.3 Susunan Saringan dan Penggetar

Sumber : Dokumen Pribadi

b. *Hydrometer Analysis:*

Pengujian bertujuan menentukan butiran tanah dengan saringan diameter 0,074 mm (no.200) dengan menggunakan alat hydrometer.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Hydrometer seperti pada **Gambar 3.4**
2. Gelas ukur
3. Cawan dan penumbuk
4. Stopwatch
5. Oven



Gambar 3.4 Gelas ukur dan Hidrometer

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian hidrometer adalah sebagai berikut.

1. Sampel tanah yang lolos 0,074 mm (no.200) dioven selama ± 24 jam kemudian ditimbang
2. Sampel direndam dalam botol selama 24 jam.
3. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam gelas ukur dan ditambah air hingga 1000cc.
4. Gelas ukur dikocok-kocok hingga sampel dan air bercampur homogen.
5. Masukkan hidrometer ke dalam gelas, *stopwatch* dihidupkan. Pembacaan 0 detik dilakukan pada waktu hydrometer mulai stabil.
6. Pembacaan dilakukan pada detik ke 0, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, 1, 2, 5 menit dan seterusnya.

Keterangan:

Alat hydrometer semakin lama akan turun, hal ini menunjukkan jika lumpur semakin mengendap. Pada pembacaan strip-strip hydrometer terkadang terdapat pelengkungan air pada hydrometer sehingga akan mengaburkan pembacaan. Bila hal ini terjadi, maka 15 detik sebelum pembacaan gelas ukur diketok-ketok perlahan agar pelengkungan air

di sekitar hydrometer turun dan dapat dibaca. Apabila masih terjadi pelengkungan air, maka kita ambil pembacaannya pada tengah antar puncak air datar.

Prosentase butiran dihitung berdasarkan persamaan (2.5).

3.6.4. *Atterberg limits* (Batas-batas Konsistensi)

a. *Liquid Limit* (Batas Cair)

Pada uji ini bertujuan untuk menentukan kadar air pada batas antara keadaan cair dan dalam keadaan plastis.

Alat-alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Cassagrande dengan coletnya seperti pada **Gambar 3.5**.
2. Saringan no. 40 (mm)
3. Cawan
4. Mangkok/Cawan besar
5. Neraca analitis
6. Oven
7. Exicator (alat pendingin)



Gambar 3.5 Tes *Cassagrande*

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian *liquid limit* ini adalah sebagai berikut.

1. Ambil sampel tanah secukupnya, lalu dioven selama ± 24 jam. Setelah itu sampel tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan no. 40 ($\varnothing 0,425$ mm).

2. Ambil sebagian sampel, lalu dicampurkan dengan aquadest di dalam mangkok.
3. Aduk-aduk dengan colet hingga campuran rata.
4. Setelah tercampur rata masukan sampel ke cassagrande yang sudah disetel dengan tinggi jatuh ± 1 cm.
5. Sampel yang sudah diletakkan di cassagrande diratakan, lalu bagian tengahnya digaris dengan colet hingga terbelah menjadi dua bagian.
6. Engkol pemutar diputar dengan perkiraan kecepatan dua putaran tiap detik.
7. Pemutaran berhenti ketika tanah menutup sepanjang kira-kira 2 cm.
8. Percobaan dilaksanakan sebanyak 4 kali dengan kadar aquadest yang berbeda-beda dan diperkirakan sampel tanah akan menutup sepanjang 2 cm dibawah 25 kali ketukan (sebanyak 2 sampel) dan diatas 25 kali (sebanyak 2 sampel).
Pada tiap percobaan, diambil sampel tanah secukupnya untuk menentukan kadar airnya.

Cara menggambar grafik pada percobaan liquid limit adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil tadi dibuat grafik-grafik dengan sumbu absisnya adalah jumlah ketukan dan sumbu ordinatnya adalah prosentase kadar air.
2. Keempat titik percobaan dihubungkan menggunakan garis lurus hingga memotong sumbu tegak pada ketukan ke-25.
3. Titik potong pukulan ke-25 dan garis lurus ditarik mendatar dan menemukan prosentase kadar air.
4. Titik kadar air itu adalah batas cair tanah tersebut.

b. *Plastic Limit* (Batas Plastis)

Pengujian ini bertujuan menentukan batas plastis. Yaitu kadar air minim dari suatu sampel tanah, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis. Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Saringan no. 40 (mm)
2. Mangkok
3. Cawan
4. Lempeng kaca
5. Neraca analisis
6. Oven
7. Pendingin

Proses pelaksanaan pengujian batas plastis ini adalah sebagai berikut:

1. Ambil sampel tanah secukupnya, lalu dioven selama ± 24 jam. Setelah itu sampel tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan no. 40 ($\varnothing 0,425$ mm).
2. Sampel tanah diambil sebagian dan diletakkan ke dalam mangkok dan diberi aquadest, lalu dicampur hingga rata.
3. Setelah tercampur rata sampel tersebut dipilin di atas lempeng kaca hingga berbentuk bulatan panjang sampai akan putus dengan diameter ± 3 mm.
4. Jika batas tersebut telah dicapai, maka sampel tanah diambil dan terus ditimbang antara 5 – 10 gram untuk kadar airnya.

3.6.5. *Direct Shear*

Uji *direct shear* bertujuan untuk mengetahui kekuatan geser secara langsung.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Perangkat *direct shear test* seperti pada **Gambar 3.6.**
2. Timbangan dan anak timbangan
3. Pisau atau alat pemotong dan ring pencetak



Gambar 3.6. Perangkat *Direct Shear Test*

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian direct shear adalah sebagai berikut.

1. Alat disiapkan, stopwatch, dan dial diatur hingga menunjukkan angka nol.
2. Sampel dicetak dan ditempatkan kedalam tempatnya.
3. Beban vertikal (normal) dipasang guna mendapatkan tegangan normal (σ_n)
4. Alat pemutar diputar dan bersama itu stopwatch ditekan (mulai). Putaran dilakukan secara teratur dan dalam kecepatan yang sama atau konstan yaitu sekali putaran ± 2 detik. untuk mendapatkan tegangan geser (σ_s).
5. Pada waktu kadaan sudah menggeser, jarum dictat pada kedudukan jarum tertinggi. Demikian juga waktunya.
6. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pada masing-masing sampel tanah dengan beban 8 kg, 16 kg, dan 24 kg. Ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan yang berbeda, sehingga hasilnya dapat dibuat grafik.

Cara perhitungan Tegangan Normal (σ_n) dan Tegangan Geser (σ_s) adalah sebagai berikut.

1. Tegangan Normal (σ_n)

Tegangan normal adalah perbandingan antara beban normal (P) dengan

$$\text{luas penampang sampel (F) - } \sigma_n = \frac{P}{F} \dots \dots \dots (3.2)$$

2. Tegangan Geser (σ_s)

Tegangan geser didapatkan dari perbandingan antara angka penunjukan dial dikalikan dengan angka kalibrasi dibagi luas permukaan sample (F) - $\sigma_s = \frac{\text{Gaya Geser}}{F}$(3.3)

Cara perhitungan dan penggambaran untuk mendaoat c (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam tanah) adalah sebagai berikut.

1. Angka-angka yang didapat dari percobaan tersebut digambarkan pada daerah koordinat. Sebagai abiss adalah tegangan normal (σ_n) dan sebagai ordinat adalah tengan geser (σ_s).
2. Unruk mencari kohesi (c) diukur jarak untuk titik potong tiap garis lurus atau grafik terhadap sumbu ordinat ke titik pusat. Dalam pengukuran ini, hasilnya dikalikan dengan skala yang digunakan.
3. Untuk mencari sudut geser dalam tanah (ϕ) adalah dengan mengukur sudut potong dari garis horizontal terhadap garis grafik.

3.6.6. *Proctor Modified*

Pengujian ini bertujuan menentukan kadar air yang digunakan sebagai pemadatan tanah (W_{opt}), berat volume basah maksimum (γ_{basah}), berat volume kering maksimum (γ_{kering}), dan presentase pori atau *porosity*.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Perangkat proktor beserta penumbuknya seperti pada **Gambar 3.7**
2. Jangka sorong
3. Pisau perata
4. Timbangan berat
5. Neraca analitis dan anak timbangan
6. Cawan
7. Oven
8. Gelas ukur
9. Saringan no. 4 (ϕ 4,76 mm)



Gambar 3.7 Alat *Proctor Modified*

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian proktor standar adalah sebagai berikut.

1. Tanah yang akan diuji dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan uji proktor.
2. Alat proctor dilepas dan masing-masing ditimbang, diukur diameter, dan tingginya. Begitu juga dengan penumbuknya diukur tinggi dan beratnya.
3. Ambil sampel tanah kering dan diayak menggunakan saringan no. 4 ($\varnothing$ 4,76 mm), lalu membagikan tanah menjadi 5 bagian masing-masing 2 kg.
4. Ambil sampel sebagian, lalu campurkan dengan air hingga tercampur rata kemudian dibagi menjadi 5 bagian yang sama.
5. Tiap-tiap bagian dimasukkan ke dalam alat proctor dan ditumbuk sebanyak 25 kali. Berturut-turut pada bagian 2 dan 3.
6. Cincin proctor atau bagian atas dilepas perlahan dan tanah dalam tabung diratakan dengan pisau perata, lalu tanah beserta alat proctor ditimbang.
7. Ambil sebagian kecil tanah dalam tabung (pada bagian atas dan bawah tabung) untuk dicari kadar airnya.

8. Percobaan untuk sampel tanah yang berikutnya dengan cara yang sama dan dengan jumlah penambahan air yang berbeda sampai batas maksimum (akan menghasilkan berat maksimum).
9. G_s didapatkan dari percobaan Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*).
10. Menghitung kadar air (w), berat volume basah (γ_b), berat volume kering (γ_k), n , e , dan ZAV .
11. Grafik digambar dengan absis kadar air (w) dan ordinatnya (γ_b , γ_k , ZAV).

3.6.7. *California Bearing Ratio (CBR)*

Uji ini bertujuan untuk kuat daya dukung tanah dalam kepadatan maksimum.

Proses pelaksanaan pengujian konsolidasi ini adalah sebagai berikut:

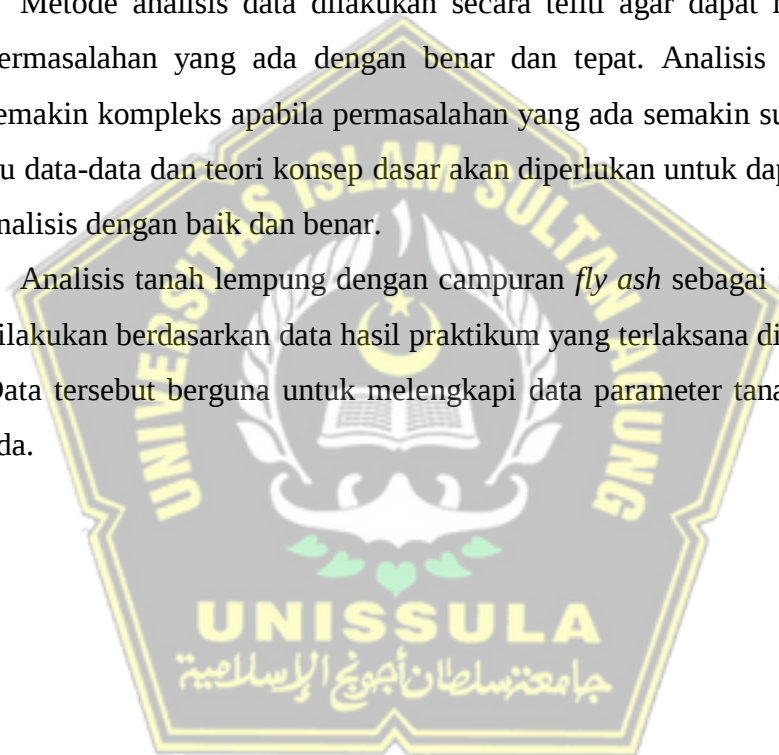
1. Menimbang dan mengukur tinggi serta diameter pada ring sampel.
2. Menimbang berat bagian bawah dan landasan silinder.
3. Tuang sampel tanah yang sudah ditentukan masing-masing dengan campurannya.
4. Tambahkan air sesuaidengan kadar pada uji *proctor standar* sebelumnya, campur sampai homogen. Bagi menjadi 5 bagian sama rata
5. Masukkan masing-masing bagian dalam ring dan tumbuk 56 kali secara merata di setiap bagian.
6. Cincin bagian atas dilepas dan ratakan, setelah itu ditimbang.
7. Letakkan landasan diatas permukaan benda uji, kemudian atur torak penetrasi pada permukaan benda uji. Pembebanan permulaan ini untuk menjamin barang sentuh yang akurat antara torak dan permukaan benda uji.
8. Atur torak penetrasi hingga arloji penunjuk penetrasi menunjukkan angka nol.
9. Pembebanan dilakukan dengan memutar engkol secara konsisten dengan kecepatan 1,27 mm/menit, sehingga torak turun secara konsisten.

10. Pembacaan arloji pembebanan dilakukan pada bacaan dial 32, 62, 125, 187, 258, 375, 500, 750, dan 1000.
11. Percobaan tersebut adalah percobaan unsoaked, untuk percobaan soaked rendam tanah selama 4 hari lalu lakukan percobaan seperti yang dijelaskan diatas.
12. Setelah pembacaan selesai, ambil sebagian tanah untuk melakukan pemeriksaan kadar air.

3.7. Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan secara teliti agar dapat menyelesaikan permasalahan yang ada dengan benar dan tepat. Analisis akan menjadi semakin kompleks apabila permasalahan yang ada semakin sulit. Maka dari itu data-data dan teori konsep dasar akan diperlukan untuk dapat melakukan analisis dengan baik dan benar.

Analisis tanah lempung dengan campuran *fly ash* sebagai stabilisatornya dilakukan berdasarkan data hasil praktikum yang terlaksana di laboratorium. Data tersebut berguna untuk melengkapi data parameter tanah yang sudah ada.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

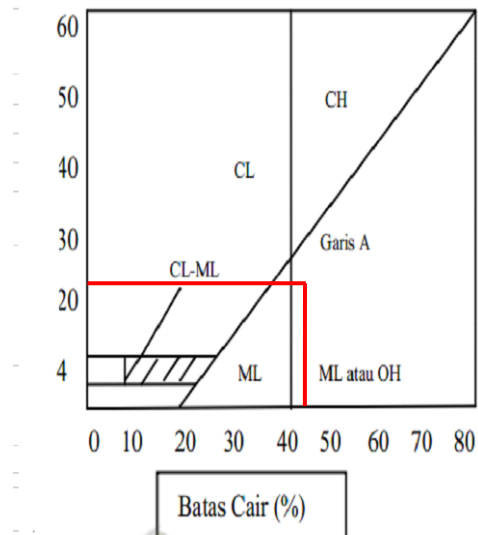
4.1. Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini yaitu pengaruh penambahan *fly ash* pada stabilisasi tanah ekspansif. Tanah yang dijadikan sampel berasal dari Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Metode penelitian yang digunakan Tugas Akhir ini berdasarkan data yang diperoleh dari uji di Laboratorium Geoteknik Fakultas Teknik UNISSULA. Dari data tersebut dapat diketahui sifat-sifat tanah yang kami jadikan sampel pada penelitian ini beserta pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan *fly ash*. Kemudian data tersebut digunakan untuk menganalisa kepadatan tanah optimum dari tanah asli yang kami gunakan dan juga stabilisasi tanah asli yang dicampur dengan *fly ash*. Adapun persentase campuran *fly ash* yang kami gunakan antara lain 8%, 13%, 18%, dan 23%.

4.2. Klasifikasi Tanah

4.2.1. Klasifikasi Tanah berdasarkan Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*)

Dari hasil pengujian *atterberg limits* diperoleh nilai *Liquid Limit* (LL) tanah asli sebesar 42,50% yang mana termasuk kedalam golongan ML, OH, dan CH. Sedangkan nilai Indeks Plastisitas (IP) yang diperoleh sebesar 21,69%. Nilai *Liquid Limit* dan Indeks Plastisitas tersebut digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah pada diagram plastisitas sistem USCS seperti **Gambar 4.1** di bawah ini.



Gambar 4.1 Diagram Plastisitas Sistem USCS

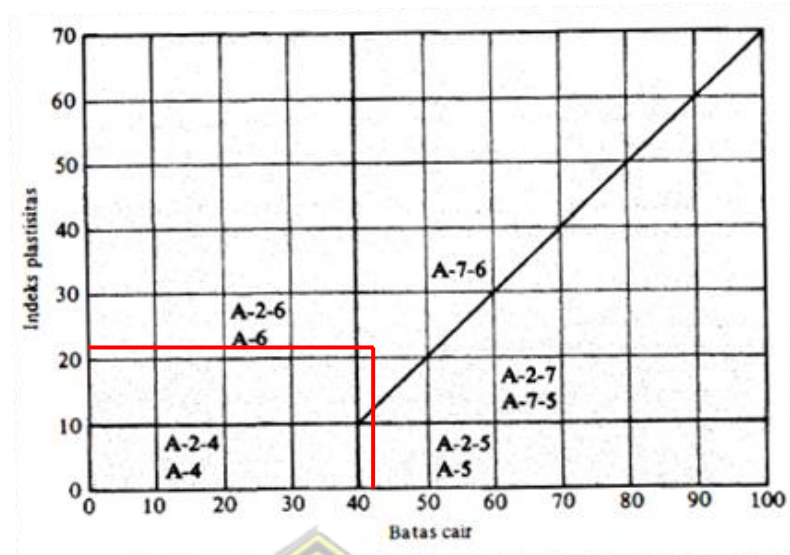
Berdasarkan diagram tersebut dapat dilihat bahwa garis yang menghubungkan antara LL dan IP bertemu pada bagian OH. Sehingga jenis tanah pada Desa Tamanrejo, Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora adalah lempung organik dengan plastisitas rendah sampai tinggi.

4.2.2. Klasifikasi Tanah AASHTO

Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh data-data yang digunakan dalam menentukan klasifikasi tanah menurut AASHTO seperti berikut ini :

1. $F = 84,92\%$, termasuk kedalam jenis tanah lanau atau tanah lempung karena nilai yang lolos saringan nomor 200 lebih dari 35%.
2. $LL = 42,5\%$, termasuk kedalam klasifikasi kelompok A-7 yang mempunyai batas minimum LL sebesar 41%.
3. $IP = 21,69\%$, termasuk kedalam klasifikasi kelompok A-7 dengan batas minimum IP sebesar 11%.

Nilai *Liquid Limit* (LL) dan Indeks Plastisitas (IP) pada data tersebut dapat digunakan untuk membuat diagram klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO seperti **Gambar 4.2** berikut.



Gambar 4.2 Diagram Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO

Berdasarkan diagram tersebut dapat dilihat bahwa garis yang menghubungkan LL dan IP bertemu pada bagian A-7-6 yang berarti termasuk tanah berlempung. Nilai Indeks Kelompok dapat dihitung menggunakan persamaan seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 GI &= (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \\
 &= (84,92 - 35) [0,2 + 0,005 (42,5 - 40)] + 0,01 (84,92 - 15) \\
 &\quad (21,69 - 10) \\
 &= 18,789 \approx 19
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka tanah tersebut termasuk dalam kelas subgrade sangat buruk. Jadi dapat diketahui bahwa klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASHTO di Desa Tamanrejo, Kelurahan Tunjungan, Kabupaten Blora termasuk kedalam kelompok A-7-6 (19).

4.3. Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

4.3.1. Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai kadar air yang terkandung pada tanah asli dan pengaruh *fly ash* yang dicampurkan ke tanah tersebut. Hasil yang didapat dari uji laboratorium dianalisa dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \frac{b - c}{c - a} \times 100\%$$

Dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

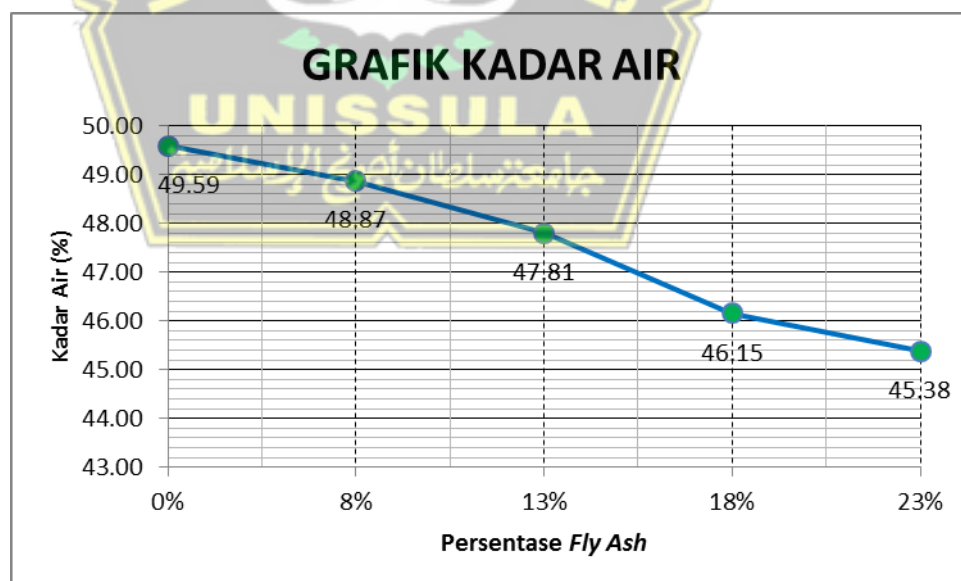
$$w = \frac{29,63-21,15}{21,15-4,07} \times 100\% = 49,59\%$$

Hasil dari pengujian kadar air secara keseluruhan baik tanah asli maupun tanah campuran dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air

Sampel	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	Kadar Air (%)
0%	1	4.07	29.62	21.15	49.59
8%	2	4.16	52.17	36.41	48.87
13%	3	4.09	43.82	30.97	47.81
18%	4	4.16	39.47	28.32	46.15
23%	5	4.32	47.86	34.27	45.38

Sedangkan grafik yang dihasilkan dari perhitungan kadar air tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Perhitungan Kadar Air

Berdasarkan grafik tersebut, diketahui bahwa kadar air semakin rendah yang berarti tanah semakin baik karena kadar airnya sedikit.

4.3.2. Berat Jenis Tanah (GS)

Pengujian berat jenis tanah dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai parameter indeks tanah yang berhubungan fungsional meliputi fase udara, air, dan juga butiran dalam tanah. Pengujian dilakukan terhadap tanah asli dan tanah dengan campuran *fly ash* yang didapatkan data seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Pengujian Berat Jenis Tanah

No	Sampel	Piknometer				Suhu		Koreksi	
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest	T1 (C°)	T2 (C°)	t1	t2
1	0%	33.63	83.11	53.7	95.31	29°	31°	1.004	1.00456
2	8%	33.65	83.12	53.65	95.1	29°	30°	1.004	1.00428
3	13%	34.17	83.28	54.43	95.35	30°	31°	1.00428	1.00456
4	18%	32.18	82.62	52.18	94.45	29°	30°	1.004	1.00428
5	23%	26.6	77.07	46.6	88.87	29°	30°	1.004	1.00428

Dari data tersebut, dapat dianalisa untuk mendapatkan nilai berat jenis tanah seperti contoh sebagai berikut :

- a. Menghitung Harga Air Piknometer

$$\begin{aligned}
 HAP &= (b - a) t_1 \\
 &= (83,11 - 33,63) 1,00400 \\
 &= 49,68
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung Berat Jenis Tanah

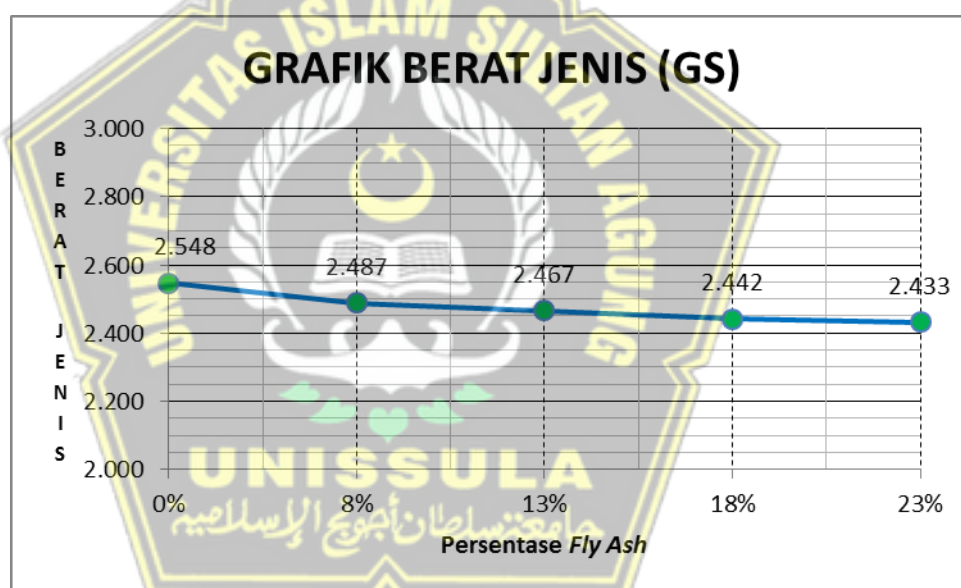
$$\begin{aligned}
 GS &= \frac{c - a}{HAP - (d - c) t_2} \\
 &= \frac{53,7 - 33,63}{49,68 - (94,85 - 53,7) 1,00456} \\
 &= 2,548
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan data dari seluruh sampel pada pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Berat Jenis Tanah

No	Sampel	Piknometer				HAP	Gs
		Berat Pikno	Berat Pikno + Aquadest	Berat Pikno + Sampel	Berat Pikno + Sampel + Aquadest		
1	0%	33.63	83.11	53.7	95.31	49.68	2.548
2	8%	33.65	83.12	53.65	95.1	49.67	2.487
3	13%	34.17	83.28	54.43	95.35	49.32	2.467
4	18%	32.18	82.62	52.18	94.45	50.64	2.442
5	23%	26.6	77.07	46.6	88.87	50.67	2.433

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan grafik seperti pada **Gambar 4.4**.

**Gambar 4.4** Grafik Berat Jenis Tanah

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai berat jenis yang terkandung dalam tanah semakin menurun seiring dengan bertambahnya jumlah *fly ash* yang dicampurkan.

4.3.3. Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai gradasi butiran tanah dari sampel tanah asli yang berasal dari Jalan Provinsi Blora-Purwodadi KM 4, Desa Tamanrejo, Kecamatan

Tunjungan, Kabupaten Blora. Data yang diperoleh dari pengujian analisa saringan antara lain :

a. *Grain Size*

Data yang diperoleh dari pengujian *Grain Size* dengan berat semula 200 gr mendapatkan sisa saringan dengan berat 30,17 gram. Data secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Data Pengujian *Grain Size*

Diameter Saringan	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Sampel	Berat Sampel
4.750	1	4.07	5.57	1.50
2.000	2	4.17	6.25	2.08
0.850	3	4.21	8.48	4.27
0.425	4	4.16	11.34	7.18
0.250	5	4.16	9.06	4.90
0.180	6	4.17	7.75	3.58
0.150	7	4.18	6.36	2.18
0.075	8	4.16	7.13	2.97
0.000	9	4.01	5.52	1.51
Jumlah				30.17

Analisa hasil pengujian *Grain Size* sebagai berikut :

- Berat sampel semula (A) = 200 gram
 Berat sampel tercuci (B) = 30,17 gram
 Berat lumpur (A – B) = 169,83 gram
- Jumlah tanah yang tertinggal dalam saringan (C) = 30 gr
- Kehilangan berat (B-C) = 30,17 – 30
 = 0,17 gr
- Kadar lumpur

$$= \frac{(200-30,17)+0,17}{200} \times 100\% = 85\%$$
- Presentase tanah tertinggal

$$= \frac{1,5}{200} \times 100\% = 0,75\%$$
- Kumulatif persen tanah

$$= 0,75\% + 0\% = 0,75\%$$

7. Present Finner

$$= (100\% - 0\%) = 100\%$$

Hasil perhitungan dari pengujian *Grain Size* dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Grain Size*

Diameter Saringan	Berat Sampel yang tertinggal dalam Saringan (gr)	Persentase Tertinggal (%)	Kumulatif Persen (%)	Precent Finner (%)
4.750	1.50	0.75	0.75	100.00
2.000	2.08	1.04	1.79	98.21
0.850	4.27	2.14	3.93	96.08
0.425	7.18	3.59	7.52	92.49
0.250	4.90	2.45	9.97	90.04
0.180	3.58	1.79	11.76	88.25
0.150	2.18	1.09	12.85	87.16
0.075	2.97	1.49	14.33	85.67
0.000	1.51	0.76	15.09	84.92
Jumlah	30.17	15.09		

b. Hidrometer

Data pengujian Hidrometer pada sampel tanah asli yang diperoleh dari uji laboratorium terdapat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Data Pengujian Hidrometer

Waktu (Menit)	Pembacaan Strip
0	60
¼	47
½	38
1	31
2	19
5	6
10	4
45	1
75	0
90	0
120	0

Analisa perhitungan dari data pengujian yang diperoleh yaitu sebagai berikut :

1. Selisih Pembacaan

$$\begin{aligned}
 &= (\text{strip pertama} - \text{strip kedua}) \times 0,2 \\
 &= (60 - 47) \times 0,2 \\
 &= 2,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad Z &= 24 - \alpha (0,2) \\
 &= 24 - 0 (0,2) \\
 &= 24
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad D &= (106.10^{-7} \cdot z/t)^{1/2} \\
 &= (106.10^{-7} \cdot 24/0)^{1/2} \\
 &= 0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \quad N &= \frac{\text{Selisih pembacaan}}{\text{Jumlah selisih pembacaan}} \times \text{Kadar Lumpur} \\
 &= \frac{0}{60} \times 85\% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \quad \text{Persentase komulatif} &= 0\% + 0\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

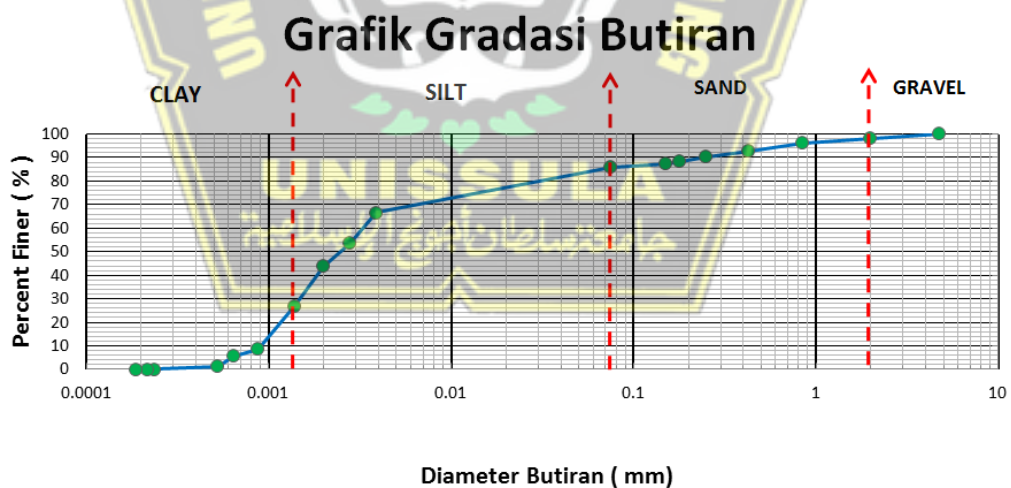
$$\begin{aligned}
 6. \quad \text{Persentase Finner} &= 84,92\% - 0\% \\
 &= 84,92\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dari pengujian Hidrometer secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Hidrometer

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter mul Tanah (m)	Prosentase Butiran (%)	Prosentase Komulatif (%)	Percent Finer (%)
0	60	0	24	0.00000	0.0	0.00	84.92
1/4	47	13	21.4	0.00389	18.4	18.40	66.52
1/2	38	9	22.2	0.00280	12.7	31.14	53.78
1	31	7	22.6	0.00200	9.9	41.04	43.87
2	19	12	21.6	0.00138	17.0	58.03	26.89
5	6	13	21.4	0.00087	18.4	76.42	8.49
10	4	2	23.6	0.00065	2.8	79.25	5.66
45	1	3	23.4	0.00052	4.2	83.50	1.42
75	0	1	23.8	0.00024	1.4	84.92	0.00
90	0	0	24	0.00022	0.0	84.92	0.00
120	0	0	24	0.00019	0.0	84.92	0.00
Jumlah		60					

Dari analisa perhitungan *Grain Size* dan Hidrometer pada sampel tanah asli, maka didapatkan Grafik seperti pada **Gambar 4.5**.

**Gambar 4.5** Grafik Analisa Saringan

Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh nilai dari masing-masing pengelompokan tanah seperti berikut ini :

- Clay = 26,89%
- Silt = 58,78%

- Sand = 12,54%
- Gravel = 1,79%

4.3.4. Atterberg Limits

Pengujian Atterberg Limits dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai kadar air dalam tanah yang merupakan batas antara keadaan cair dan plastis untuk mendapatkan nilai indeks plastisitasnya.

a. Batas cair

Batas cair tanah merupakan kadar air minimum pada perubahan sifat tanah dari keadaan cair menjadi plastis. Data yang didapat dari uji laboratorium tersebut, kemudian dianalisa dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{b - c}{c - a} \times 100\% \\
 &= \frac{41,20 - 32,38}{32,38 - 10,23} \times 100\% \\
 &= 40,45 \%
 \end{aligned}$$

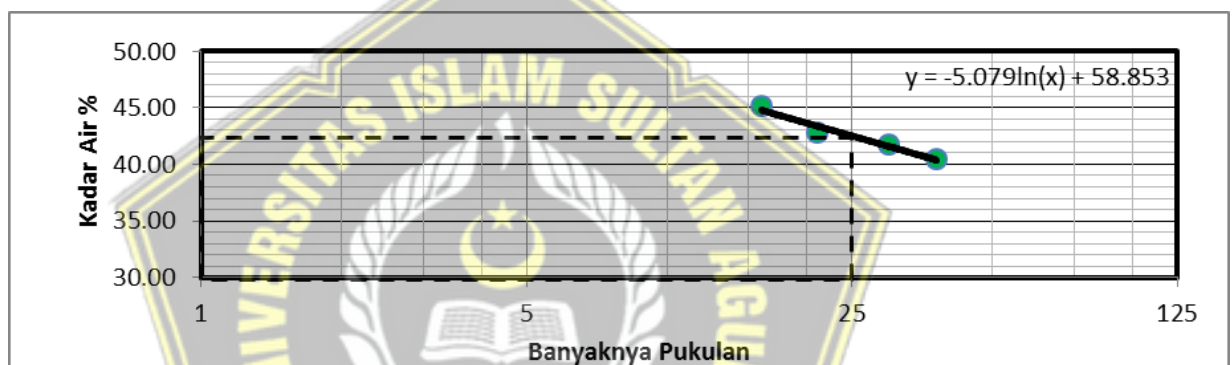
Hasil perhitungan batas cair dari data uji laboratorium tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Batas Cair

Sampel	Jumlah Ketukan	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	w (%)	LL (%)
0%	4	38	10.23	41.20	32.28	40.45	42.53
	3	30	4.07	29.45	21.98	41.71	
	2	21	4.21	34.58	25.47	42.85	
	1	16	6.32	31.67	23.79	45.11	
8%	4	60	4.19	32.14	24.58	37.08	41.60
	3	30	4.11	23.06	17.69	39.54	
	2	14	4.11	25.50	18.99	43.75	
	1	5	4.14	20.32	15.22	46.03	
13%	4	53	4.03	22.25	17.96	30.80	33.99
	3	29	4.09	20.79	16.67	32.75	
	2	12	4.15	28.33	21.96	35.77	

	1	7	3.92	21.22	16.58	36.65	
18%	4	34	4.15	22.00	17.75	31.25	33.76
	3	30	4.25	23.25	18.59	32.50	
	2	16	4.18	28.48	22.26	34.40	
	1	13	4.19	29.95	23.01	36.88	
23%	4	41	4.12	20.87	17.13	28.75	32.00
	3	35	6.28	18.16	15.34	31.13	
	2	24	4.09	17.86	14.42	33.30	
	1	17	4.27	24.60	19.35	34.81	

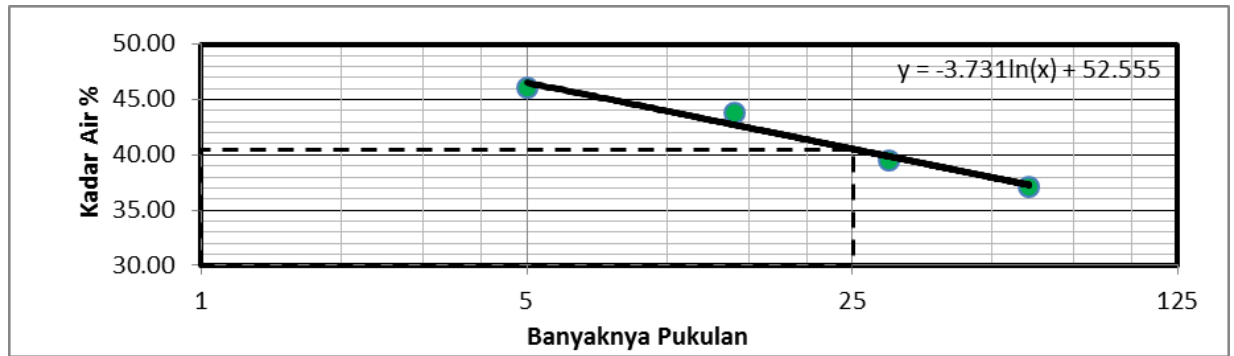
Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel tersebut, maka dapat diperoleh grafik *liquid limit* tanah asli seperti pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Grafik *Liquid Limit* Sampel Tanah Asli

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa besar kadar air pada pukulan ke-25 yaitu sebesar 42,5 %.

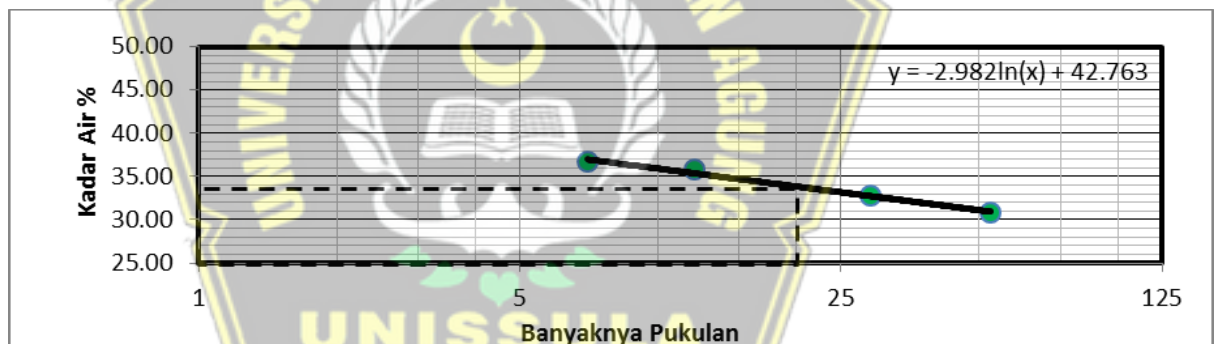
Berdasarkan hasil perhitungan *liquid limit* pada **Tabel 4.8** diperoleh grafik *liquid limit* pada sampel tanah dengan campuran *fly ash* 8% yang dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Grafik *Liquid Limit* Sampel *Fly ash* 8%

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa besar kadar air pada pukulan ke-25 yaitu sebesar 40,55 %.

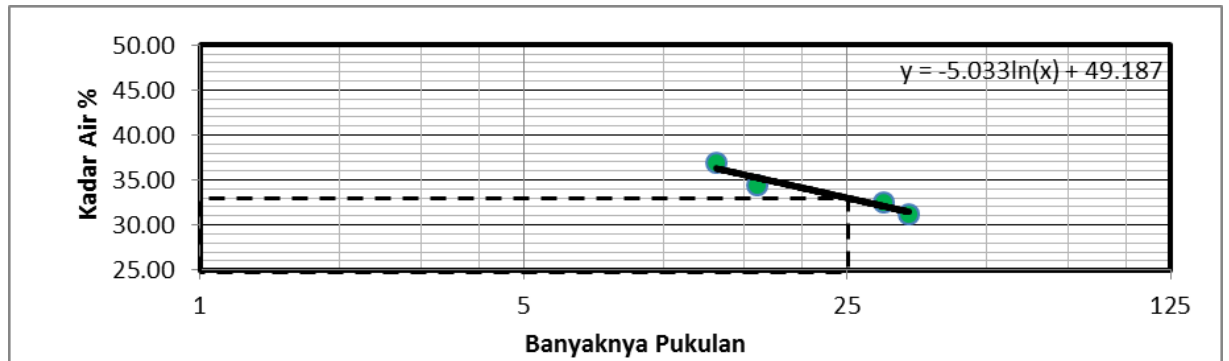
Berdasarkan hasil perhitungan *liquid limit* pada **Tabel 4.8** diperoleh grafik *liquid limit* pada sampel tanah dengan campuran *fly ash* 13% yang dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Grafik *Liquid Limit* Sampel *Fly ash* 13%

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa besar kadar air pada pukulan ke-25 yaitu sebesar 33,16 %.

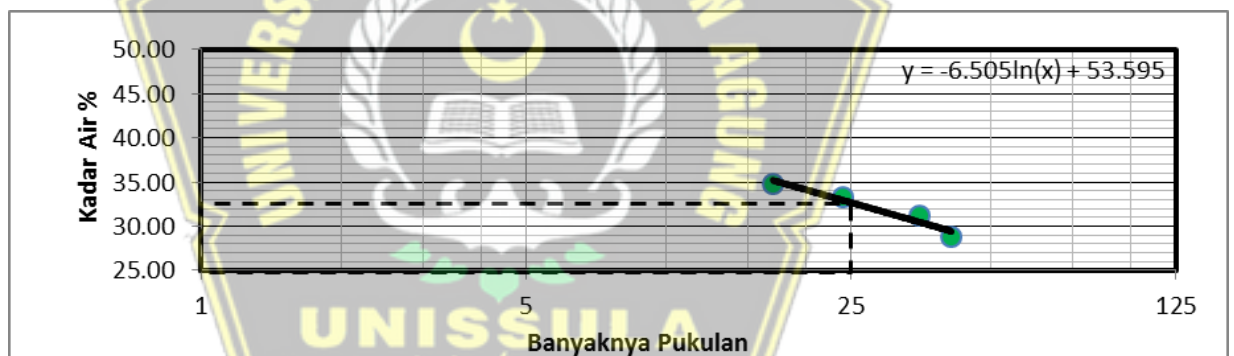
Berdasarkan hasil perhitungan *liquid limit* pada **Tabel 4.8** diperoleh grafik *liquid limit* pada sampel tanah dengan campuran *fly ash* 18% yang dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Grafik *Liquid Limit* Sampel *Fly ash* 18%

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa besar kadar air pada pukulan ke-25 yaitu sebesar 32,99 %.

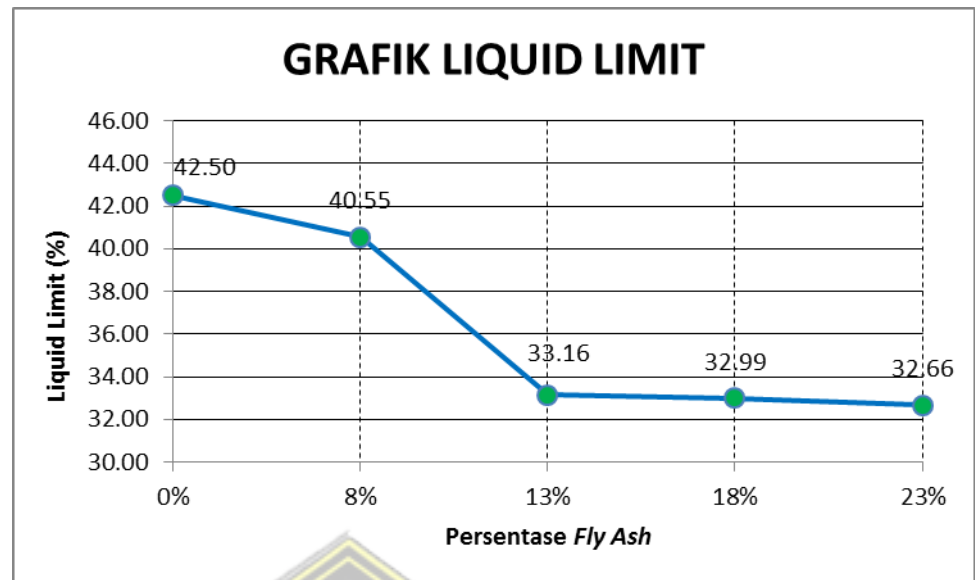
Berdasarkan hasil perhitungan *liquid limit* pada **Tabel 4.8** diperoleh grafik *liquid limit* pada sampel tanah dengan campuran *fly ash* 23% yang dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4.10 Grafik *Liquid Limit* Sampel *Fly ash* 23%

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa besar kadar air pada pukulan ke-25 yaitu sebesar 32,66 %.

Berdasarkan grafik-grafik yang telah dilampirkan, maka diketahui nilai kadar air optimum dari tiap sampel. Sehingga diperoleh grafik seperti pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4.11 Grafik *Liquid Limit* Tanah Asli dan Campuran

Berdasarkan grafik tersebut maka dapat dilihat bahwa kadar air optimum yang diperoleh akan menjadi semakin menurun seiring dengan bertambahnya *fly ash* yang dicampurkan pada tanah.

b. Batas Plastis

Batas plastis tanah merupakan kadar air tanah pada perubahan sifat tanah dari keadaan plastis menjadi semi solid. Data hasil uji laboratorium kemudian dianalisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{b - c}{c - a} \times 100\% \\
 &= \frac{9,07 - 8,56}{8,58 - 6,11} \times 100\% \\
 &= 20,82 \%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Batas Plastis

Sampel	No. Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	W (%)	PL (%)
0%	5	6.11	9.07	8.56	20.82	20.82
8%	5	4.07	7.14	6.63	19.92	19.92
13%	5	4.07	13.03	11.68	17.74	17.74
18%	5	6.18	8.5	8.14	18.37	18.37
23%	5	4.10	7.2	6.62	23.02	23.02

Setelah diketahui batas cair dan batas plastisnya, maka bias didapatkan nilai indeks plastisitasnya seperti perhitungan seperti berikut :

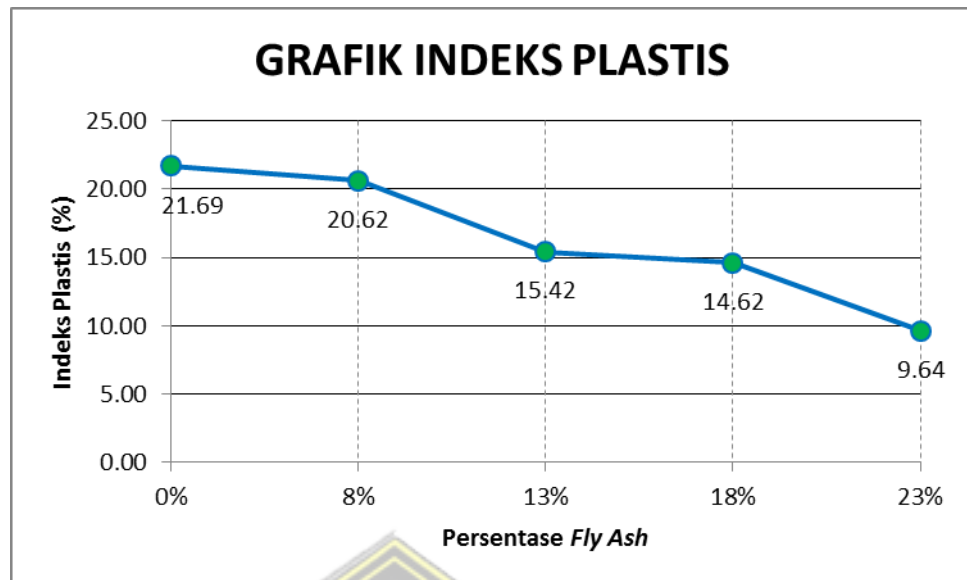
$$\begin{aligned}
 IP &= LL - PL \\
 &= 42,50 - 20,82 \\
 &= 21,69
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Hasil Indeks Plastis

Sampel	LL %	PL %	IP%
0%	42.50	20.82	21.69
8%	40.55	19.92	20.62
13%	33.16	17.74	15.42
18%	32.99	18.37	14.62
23%	32.66	23.02	9.64

Dari tabel tersebut dapat diperoleh grafik indeks plastisitasnya seperti pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4.12 Grafik Indeks Plastis Tanah Asli dan Campuran

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.12** dapat dilihat bahwa nilai optimum diperoleh dari sampel tanah dengan campuran *fly ash* sebesar 23%. Pada sampel tersebut mengandung jumlah partikel lempung yang paling sedikit yang berarti sifat tanah semakin baik (daya dukung tanah meningkat).

4.3.5. *Direct Shear*

Pengujian *Direct Shear* dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai kohesi dan sudut geser tanah pada sampel yang digunakan. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh data sebagai berikut :

Diameter ring = 6,29 cm

Berat ring = 0,0274 kg

Koreksi Beban:

8 kg = 7,945 kg

16 kg = 16,140 kg

24 kg = 24,085 kg

Kemudian dianalisa menggunakan perhitungan seperti berikut :

a. Tegangan Normal (σ_n)

$$\sigma_n = \frac{P}{F} \rightarrow$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 6,29^2 \\ &= 31,058 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_n &= \frac{\text{Berat Beban}}{\text{Luas Penampang}} \\
 &= \frac{7,945}{31,058} \\
 &= 0,258 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

b. Tegangan Geser (σ_s)

$$\begin{aligned}
 \sigma_s &= \frac{\text{Gaya Geser}}{F} \\
 &= \frac{39 \times 0,375}{31,058} \\
 &= 0,4709 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

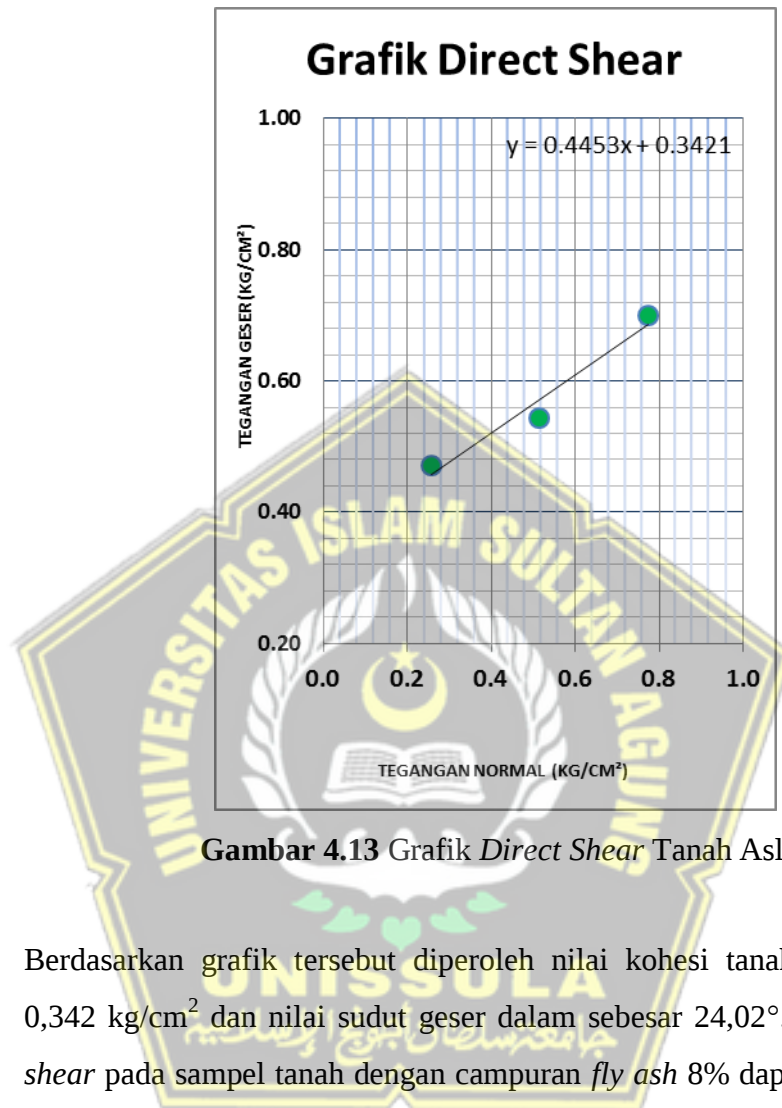
Hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Direct Shear

Sampel	Percobaan	Beban	Koreksi Beban	Pembacaan Dial	Tegangan Normal	Tegangan Geser
0%	1	8	7,945	39	0.258	0.471
	2	16	16,140	45	0.515	0.543
	3	24	24,085	58	0.773	0.700
8%	1	8	7,945	47	0.258	0.567
	2	16	16,140	52	0.515	0.628
	3	24	24,085	68	0.773	0.821
13%	1	8	7,945	53	0.258	0.640
	2	16	16,140	60	0.515	0.724
	3	24	24,085	75	0.773	0.906
18%	1	8	7,945	42	0.258	0.507
	2	16	16,140	58	0.515	0.700
	3	24	24,085	65	0.773	0.785
23%	1	8	7,945	38	0.258	0.459
	2	16	16,140	55	0.515	0.664
	3	24	24,085	63	0.773	0.761

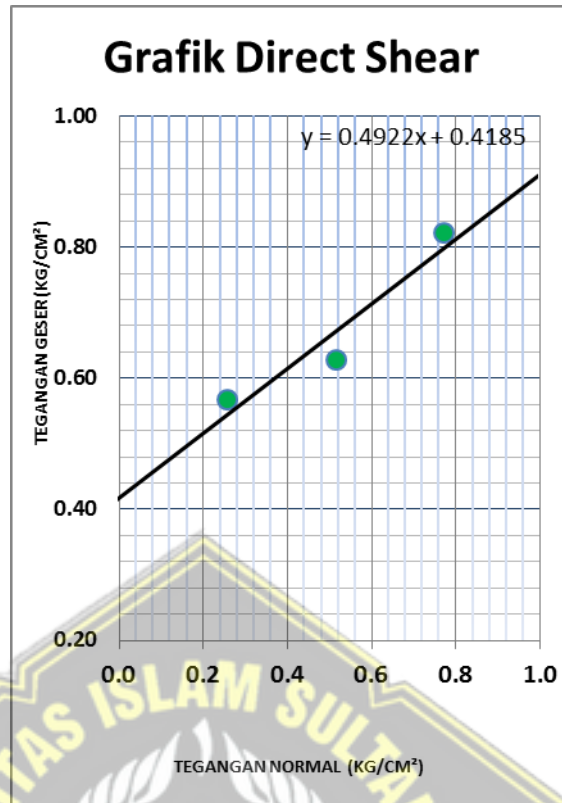
Dari perhitungan *direct shear* tersebut dapat digunakan untuk membuat grafik perbandingan antara tegangan normal dan tegangan geser. Terdapat garis yang bersinggungan dengan ketiga titik pada grafik tersebut, sehingga diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam sesuai

dengan kondisi tanah yang diuji. Grafik *direct shear* pada sampel tanah asli dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13 Grafik *Direct Shear* Tanah Asli

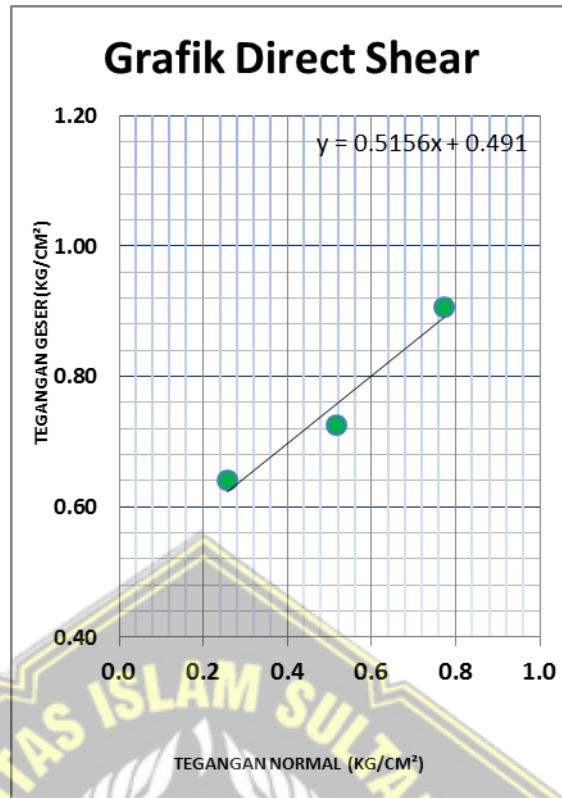
Berdasarkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah asli sebesar 0,342 kg/cm² dan nilai sudut geser dalam sebesar 24,02°. Grafik *direct shear* pada sampel tanah dengan campuran *fly ash* 8% dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.



Gambar 4.14 Grafik *Direct Shear* Campuran *Fly ash* 8%

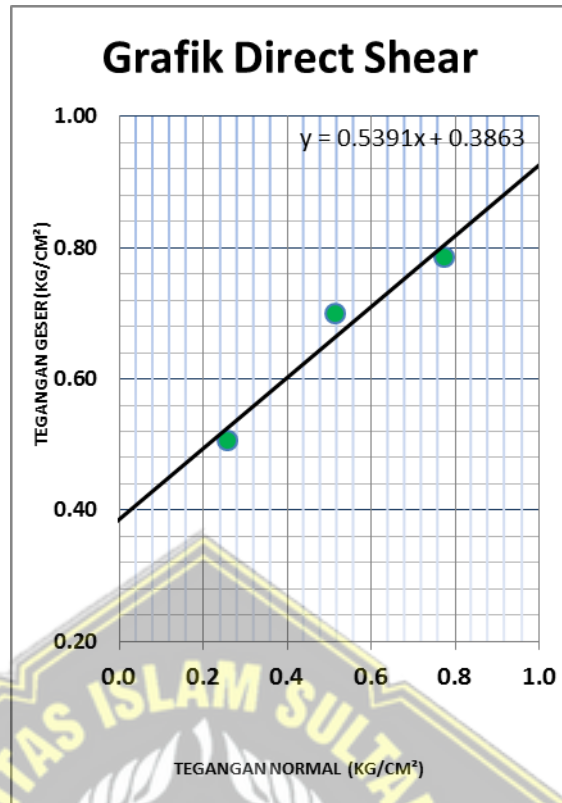
Berdasarkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah asli sebesar 0, 42 kg/cm² dan nilai sudut geser dalam sebesar 26,22°. Grafik *direct shear* pada sampel tanah dengan campuran *fly ash* 13% dapat dilihat pada

Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik *Direct Shear* Campuran *Fly ash* 13%

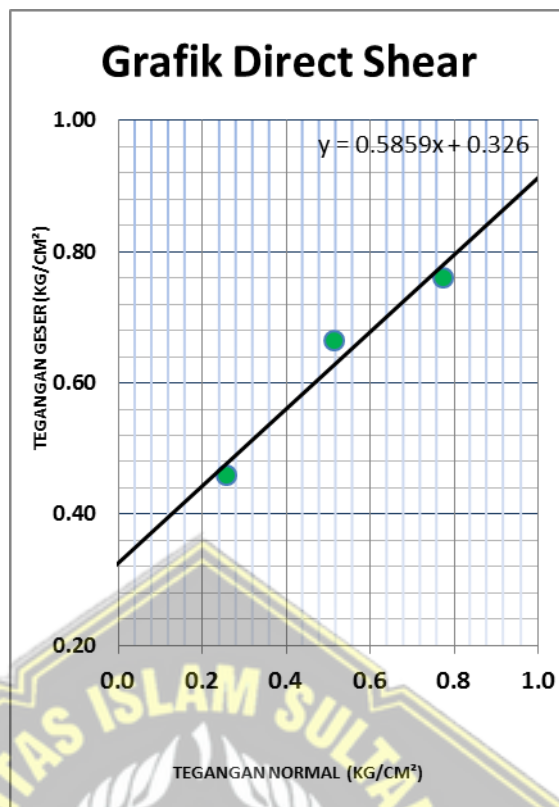
Berdasarkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah asli sebesar 0,49 kg/cm² dan nilai sudut geser dalam sebesar 27,29°. Grafik *direct shear* pada sampel tanah dengan campuran *fly ash* 18% dapat dilihat pada **Gambar 4.16**.



Gambar 4.16 Grafik *Direct Shear* Campuran *Fly ash* 18%

Berdasarkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah asli sebesar 0,386 kg/cm² dan nilai sudut geser dalam sebesar 28,34°. Grafik *direct shear* pada sampel tanah dengan campuran *fly ash* 23% dapat dilihat pada

Gambar 4.17.



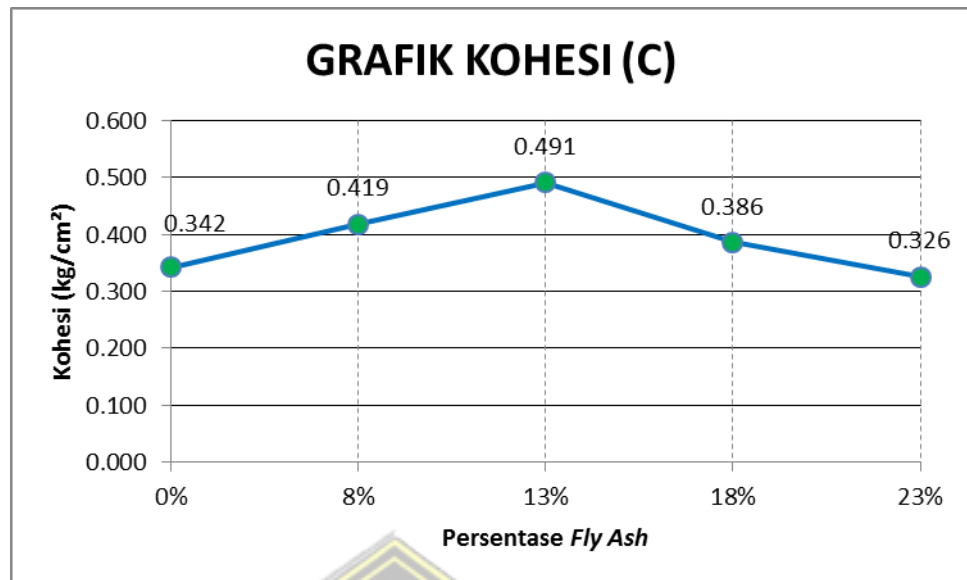
Gambar 4.17 Grafik *Direct Shear* Campuran *Fly ash* 23%

Berdasarkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi tanah asli sebesar 0,326 kg/cm² dan nilai sudut geser dalam sebesar 30,38°. Hasil dari penggambaran grafik *Direct Shear* secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12 Hasil Penggambaran *Direct Shear*

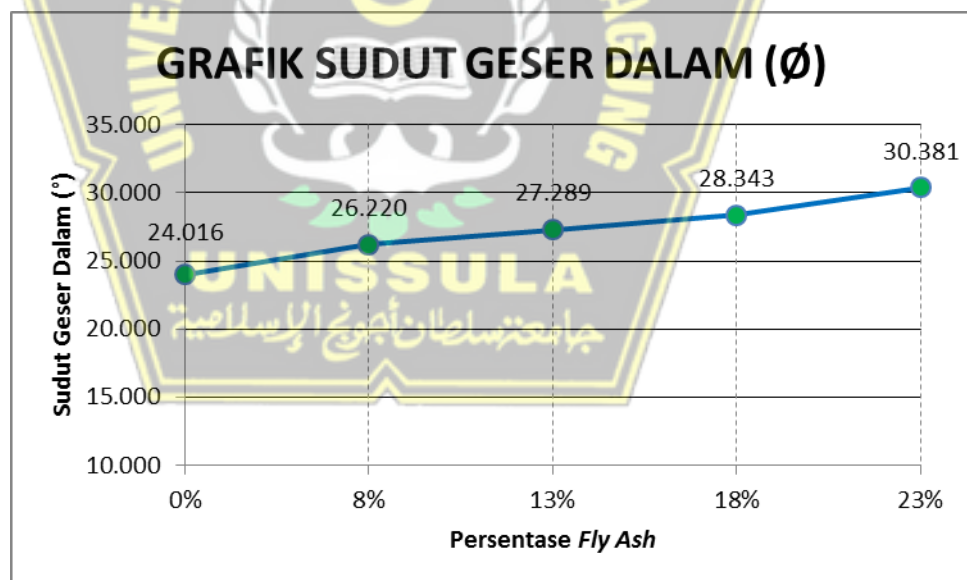
No	Sampel	Kohesi	Sudut Geser Dalam
1	0%	0.342	24.016
2	8%	0.419	26.220
3	13%	0.491	27.289
4	18%	0.386	28.343
5	23%	0.326	30.381

Dari tabel tersebut diperoleh grafik nilai kohesi dari tiap sampel seperti pada **Gambar 4.18**.



Gambar 4.18 Grafik Nilai Kohesi Tanah Asli dan Campuran

Dari **Tabel 4.12** juga diperoleh grafik nilai sudut geser dalam seperti pada **Gambar 4.19**.



Gambar 4.19 Grafik Sudut Geser Dalam Tanah Asli dan Campuran

Berdasarkan grafik nilai kohesi pada **Gambar 4.18** diperoleh nilai kohesi tanah dan nilai sudut geser dalam optimum sebesar 0,491 kg/cm² dan 30,381°. Hal tersebut sesuai dengan sifat tanah yang mana semakin tinggi sudut geser dalam tanahnya maka tanah tersebut semakin baik.

4.3.6. Proctor Modified

Pengujian *Proctor Modified* dilakukan dengan tujuan mengetahui kadar air optimum tanah (w_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_b), berat volume kering tanah optimum (γ_k), dan prosentase pori / *porosity* pada tanah sampel. Pada percobaan ini kadar air yang digunakan pada tiap sampel berbeda-beda. Data yang didapat dari hasil uji laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian *Proctor Modified*

Sampel	Nomor Percobaan	Volume Air (cc)	Berat Alat + Tanah (gr)	Nomer Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	Berat cawan + tanah Kering (gr)
0%	I	150	7416	1a	5,54	37,52	32,63
				1b	4,28	35,48	30,23
	II	230	7594	2a	3,88	36,14	30,57
				2b	4,06	33,78	28,30
	III	310	7725	3a	4,12	50,32	41,14
				3b	4,18	36,46	30,62
	IV	390	7618	4a	4,26	41,87	34,26
				4b	4,37	49,13	39,46
	V	470	7467	5a	4,16	34,23	27,65
				5b	4,06	43,12	34,31
8%	I	150	7430	1a	5,98	33,11	28,84
				1b	4,06	49,20	42,37
	II	200	7587	2a	4,16	30,57	26,22
				2b	4,24	25,81	22,12
	III	250	7710	3a	4,26	35,85	30,24
				3b	4,11	46,09	38,18
	IV	280	7610	4a	4,31	55,42	45,36
				4b	4,17	37,53	30,66
	V	320	7480	5a	4,25	30,84	24,98
				5b	4,28	41,21	33,47
13%	I	150	7477	1a	4,35	40,32	34,87
				1b	4,12	48,65	42,34
	II	200	7652	2a	4,09	41,19	35,52
				2b	4,18	33,71	28,65

	III	260	7715	3a	4,20	31,77	27,12
				3b	4,16	57,14	47,36
	IV	280	7643	4a	4,18	44,36	36,57
				4b	4,11	44,87	37,29
	V	320	7585	5a	4,21	31,38	25,78
				5b	4,32	45,63	37,47
18%	I	150	7510	1a	4,32	31,62	27,78
				1b	4,07	48,71	42,14
	II	200	7686	2a	4,16	48,12	41,10
				2b	4,24	38,52	33,10
	III	270	7735	3a	4,17	34,64	29,57
				3b	4,12	30,48	25,83
	IV	320	7673	4a	4,51	39,47	33,24
				4b	4,05	45,82	37,98
	V	470	7560	5a	4,03	30,34	24,98
				5b	4,14	41,17	34,23
23%	I	150	7495	1a	4,32	32,91	28,74
				1b	4,06	48,51	42,34
	II	220	7644	2a	4,16	52,45	45,23
				2b	4,25	49,22	42,34
	III	280	7705	3a	4,20	34,81	29,64
				3b	4,15	50,13	42,48
	IV	350	7651	4a	4,16	42,41	35,67
				4b	4,74	51,28	42,62
	V	470	7550	5a	4,22	30,16	25,28
				5b	4,32	42,37	34,71

Data alat :

Berat alat = 5835 gram

Tinggi alat = 12,5 gram

Diameter alat = 10 cm

Analisa data tersebut kemudian dihitung seperti berikut :

Digunakan contoh perhitungan dengan sampel tanah asli

a) Volume Alat

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (10)^2 \cdot 12,5$$

$$= 918,25 \text{ cm}^3$$

b) Berat Tanah basah

$$\begin{aligned}
 &= (\text{berat tanah} + \text{cetakan}) - \text{berat alat} \\
 &= 7416 - 5835 \\
 &= 1581 \text{ gram.}
 \end{aligned}$$

c) Berat Volume Tanah Basah (γ_b)

$$\begin{aligned}
 &\frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume cetakan}} \\
 &= \frac{1581}{918,25} \\
 &= 1,61 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

d) Kadar Air (w) = $\frac{b - c}{c - a} \times 100\%$

Dimana: a = Berat cawan (gram)
 b = Berat cawan + tanah basah (gram)
 c = Berat cawan + tanah kering (gram)

Contoh pada penambahan air 150 cc:

$$W_1 \text{ atas} = \frac{37,52 - 32,63}{32,63 - 5,54} \times 100\% = 18,05\%$$

$$W_2 \text{ atas} = \frac{35,48 - 30,23}{30,23 - 4,28} \times 100\% = 20,23\%$$

$$W \text{ rata-rata} = \frac{37,52 - 32,63}{32,63 - 5,54} = 19,14\%$$

e) Berat Jenis Tanah Kering (γ_k)

$$\begin{aligned}
 \gamma_{k1} &= \frac{\gamma_b}{1 + W} \\
 &= \frac{1,61}{1 + 19,14} \\
 &= 1,35 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

f) Kadar Pori / Porosity (n)

$$n = \left[1 - \left(\frac{\gamma_{k1}}{G_s} \right) \right] \times 100\%$$

dimana G_s tanah asli = $2,548 \text{ gr/cm}^3$

$$= 46,92 \text{ \%}.$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{n}{1-n} \\ &= \frac{0,469}{1-0,469} \\ &= 0,88 \end{aligned}$$
$$Z_{AV} = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + (G_s \times w)},$$

dimana: $\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$
 $G_s = 2,548 \text{ gr/cm}^3$

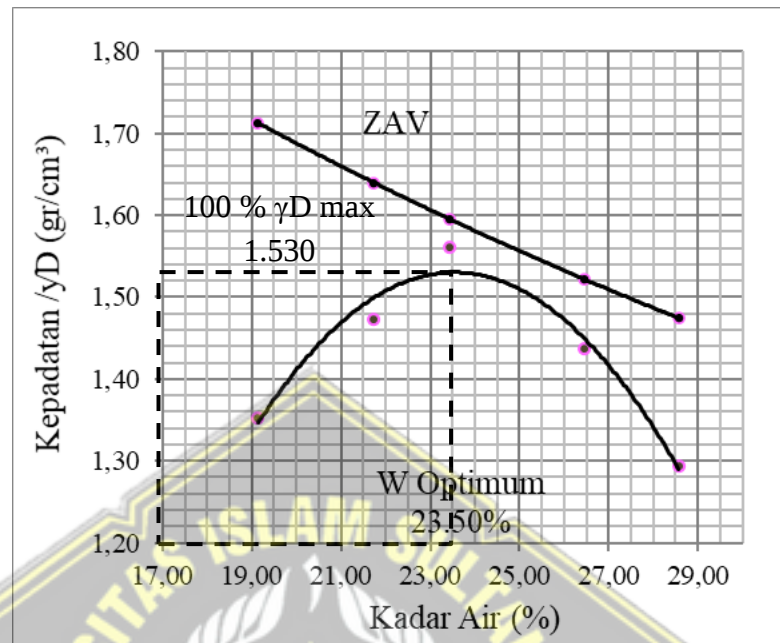
$$Z_{AV} = \frac{2,548}{1 + (2,548 \times 0,19)}$$

$$= 1,71$$

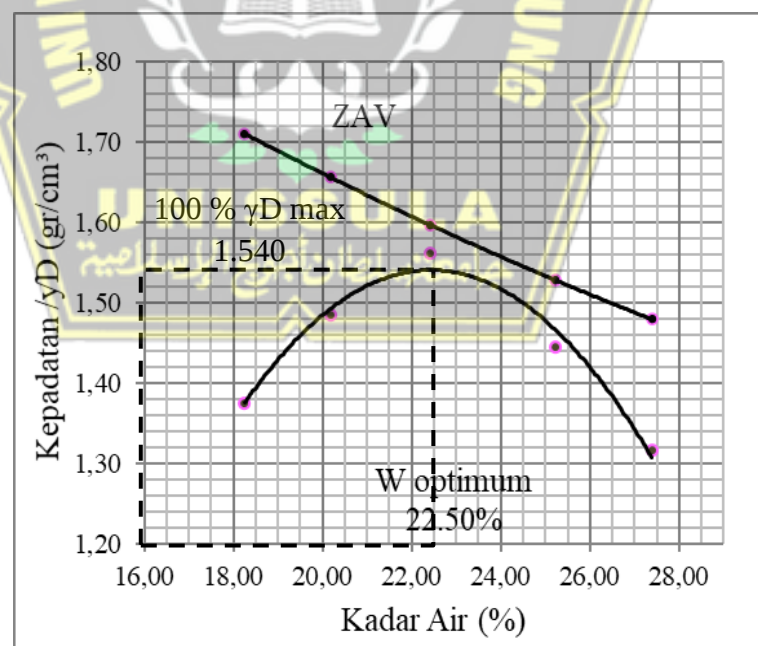
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan *Proctor modified* Tanah Asli

Sampel	No. Percobaan	w (%)	w rata-rata (%)	y b (gr/cm ³)	y k (gr/cm ³)	n (%)	e	ZAV
0%	I	18,05	19,14	1,61	1,35	46,92	0,88	1,71
		20,23						
	II	20,87	21,74	1,79	1,47	42,21	0,73	1,64
		22,61						
	III	24,80	23,44	1,93	1,56	38,76	0,63	1,60
		22,09						
	IV	25,37	26,46	1,82	1,44	43,61	0,77	1,52
		27,56						
	V	28,01	28,57	1,66	1,29	49,23	0,97	1,47
		29,12						

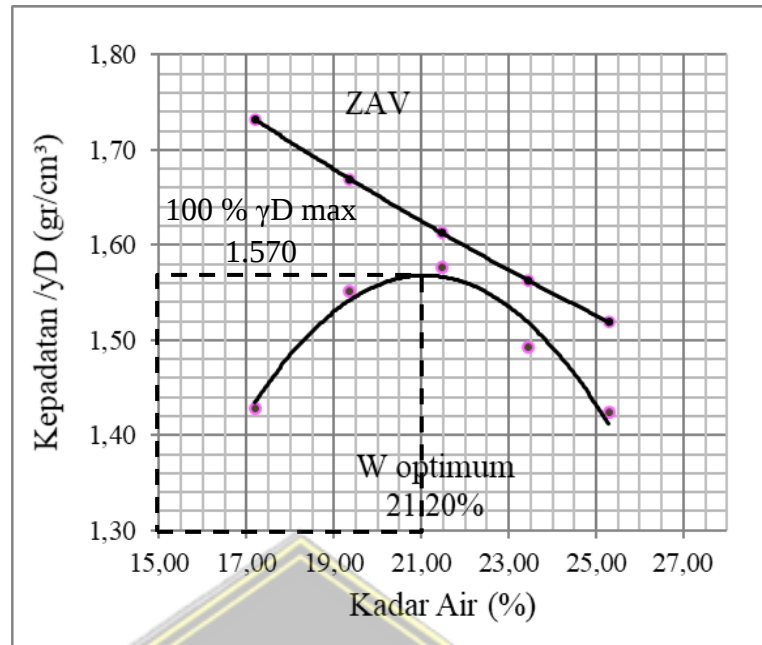
Dari hasil perhitungan pada **Tabel 4.14** dan **Tabel 4.15** dapat diperoleh grafik seperti berikut.



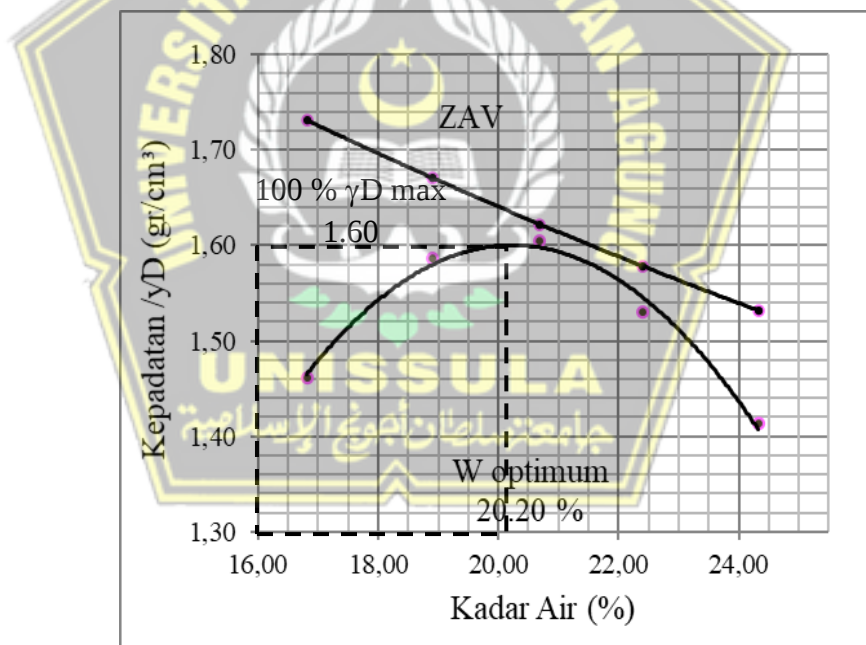
Gambar 4.20 Grafik *Proctor Modified* Tanah Asli



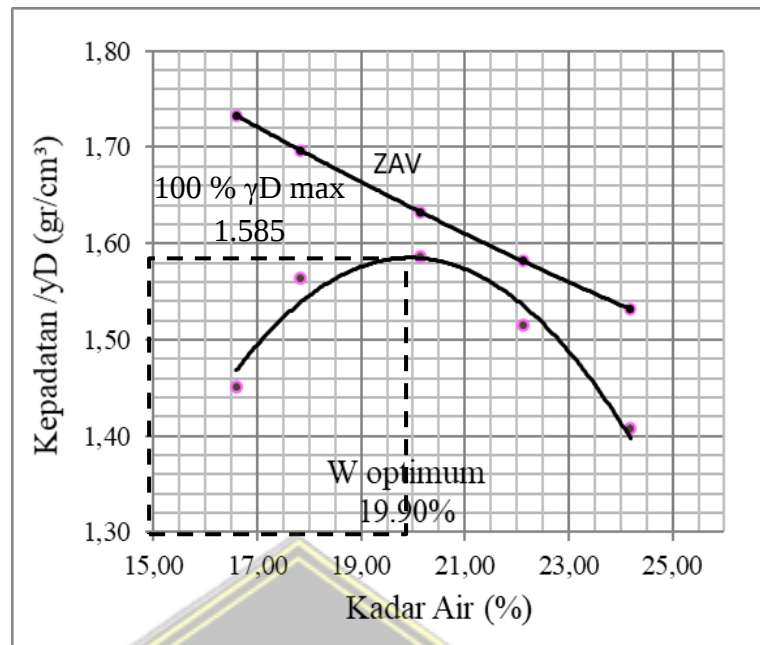
Gambar 4.21 Grafik *Proctor Modified* campuran *fly ash* 8 %



Gambar 4.22 Grafik *Proctor Modified* campuran *fly ash* 13 %



Gambar 4.23 Grafik *Proctor Modified* campuran *fly ash* 18 %



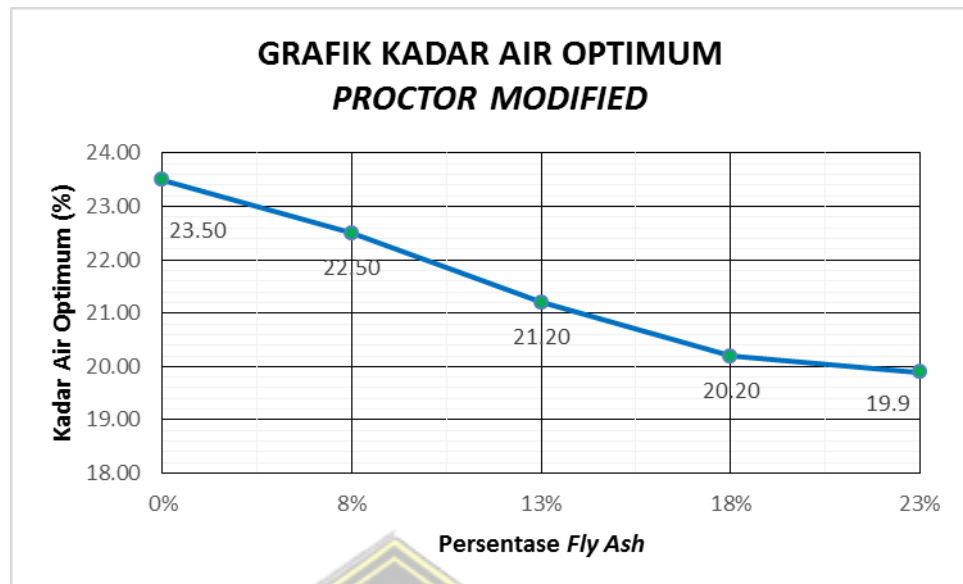
Gambar 4.24 Grafik *Proctor Modified* campuran *fly ash* 23 %

Berdasarkan grafik-grafik tersebut, maka dihasilkan kadar air optimum (w_{opt}) dan volume berat kering maksimum (γ_k) yang dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

Tabel 4.16 Hasil Grafik *Proctor modified*

No	Sampel	w_{opt} (%)	γ_k (gr/cm ³)
1	0%	23,50	1,53
2	8%	22,50	1,54
3	13%	21,20	1,57
4	18%	20,20	1,6
5	23%	19,9	1,585

Dari tabel tersebut dapat diperoleh grafik kadar air optimum (w_{opt}) seperti pada **Gambar 4.25**.



Gambar 4.25 Grafik W_{opt} sampel tanah asli dan campuran *fly ash*

Dari grafik tersebut diketahui pada nilai optimumnya sebesar 19,9% yang mana semakin rendah nilainya maka kepadatan tanah semakin baik.

4.3.7. *California Bearing Ratio (CBR)*

Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai daya dukung tanah dalam kepadatan maksimum. Dalam pengujian ini digunakan kadar air optimum yang didapat dari uji *Proctor Modified*. Data hasil pengujian CBR dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.

Tabel 4.17 Data Pengujian CBR

Sampel	No	Volume Air (cc)	Berat Alat + Tanah (gr)	No. Cawan	Berat Cawan	Berat Cawan + Tanah Basah	Berat Cawan + Tanah Kering
0%	1	620	10575	1	4,21	21,44	18,13
8%	2	500	10431	2	4,18	40,51	33,83
13%	3	520	8967	3	4,13	37,11	31,23
18%	4	540	9173	4	4,16	32,26	27,42
23%	5	580	10459	5	4,14	40,88	34,74

Data alat :

Berat tabung = 6390 gram

Tinggi tabung = 12,5 cm

Diameter tabung = 15 cm

Tinggi ganjal = 5,6 cm

Analisa data tersebut dihitung dengan cara seperti berikut :

Digunakan contoh perhitungan dengan sampel tanah asli tumbukan 56 kali.

a) Volume alat

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (15)^2 \cdot 12,5 \\
 &= 2207,8 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b) Berat tanah basah

$$\begin{aligned}
 &= (\text{berat proktor} + \text{tanah}) - \text{berat proktor (Alas + I)} \\
 &= 10575 - 6390 \\
 &= 4185 \text{ gram.}
 \end{aligned}$$

c) Berat volume tanah basah (γ_b)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume alat}} \\
 &= \frac{4185}{2207,8}
 \end{aligned}$$

$$= 1,895 \text{ gr/cm}^3$$

d) Kadar air (w)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{b - c}{c - a} \times 100\%
 \end{aligned}$$

Dimana : a = Berat cawan (gram)

b = Berat cawan + tanah basah (gram)

c = Berat cawan + tanah kering (gram)

$$W = \frac{21,44 - 18,13}{18,13 - 4,21}$$

$$= 23,78 \%$$

e) Berat jenis tanah kering (γ_k)

$$\begin{aligned}\gamma_{k1} &= \frac{\gamma_b}{1 + W} \\ &= \frac{1,895}{1 + 0,237} \\ &= 1,533 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pad **Tabel 4.18**.

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan CBR *Unsoaked*

Sampel	No	Berat Alat + Tanah (gr)	Berat Alat (gr)	Kadar Air (gr)	Berat Tanah Basah (gr)	γ basah (gr/cm ³)	γ kering (gr/cm ³)
0%	1	10575	6390	23,78	4185	1,895	1,533
8%	2	10431	6525	22,53	3906	1,890	1,540
13%	3	8967	5015	21,70	3952	1,912	1,600
18%	4	9173	5175	20,81	3998	1,934	1,600
23%	5	10459	6525	20,07	3934	1,903	1,585

Dari pengujian CBR di laboratorium, juga di peroleh data penetrasi dari setiap sampel, seperti pada **Tabel 4.19**.

Menghitung koreksi beban :

$$\begin{aligned}\text{Koreksi beban} &= \text{Kalibrasi alat} \times \text{pembacaan arloji CBR} \\ &= 9,2591 \times 6 \\ &= 55,55 \text{ lbs}\end{aligned}$$

Tabel 4.19 Data Penetrasi Sampel Tanah Asli

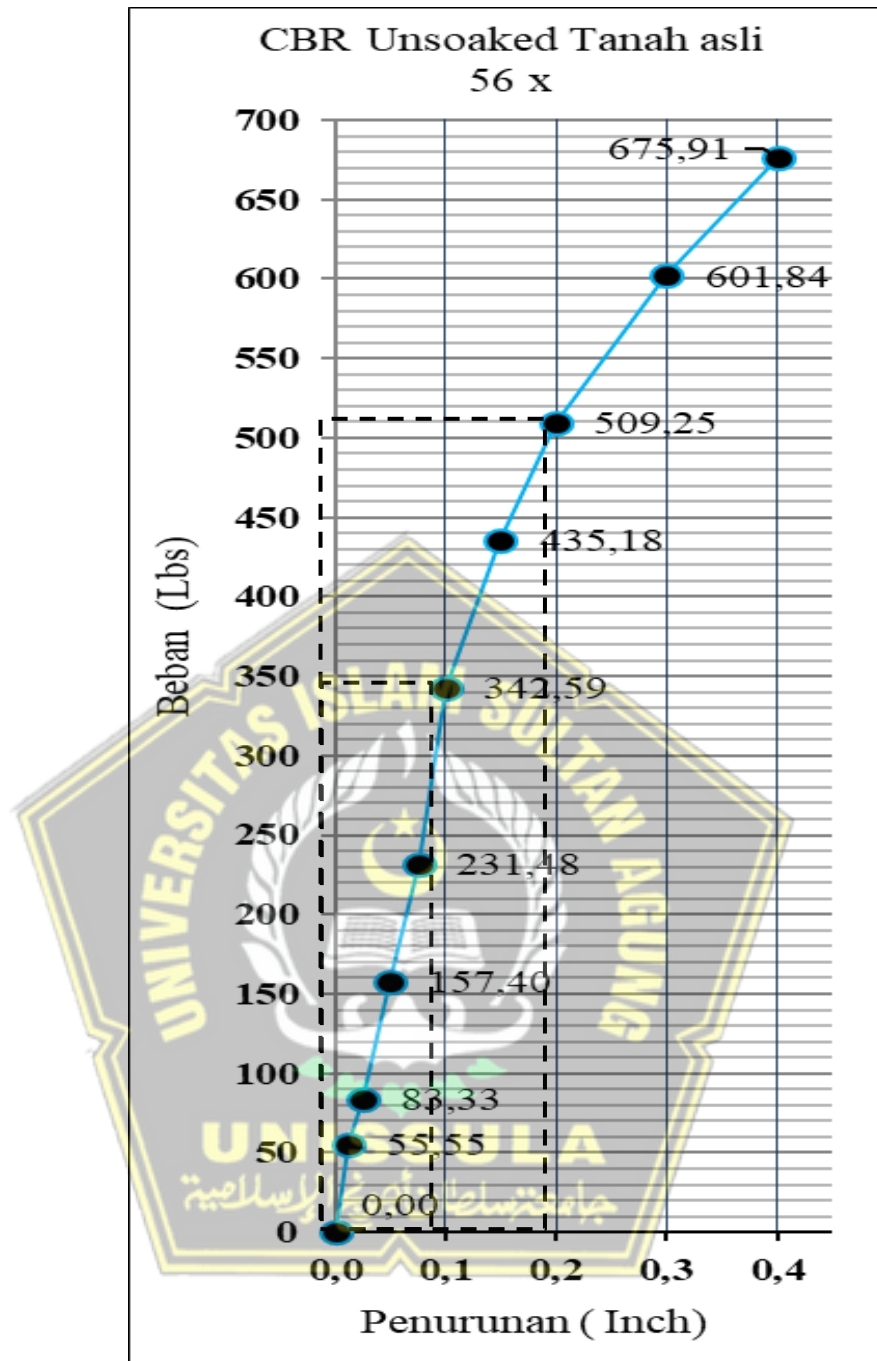
T (Menit)	Penurunan		Jumlah tumbukan	
	(Inch)	(Mm)	0%	
			Arloji Atas	Koreksi
¼	0,0125	0,32	6	55,55
½	0,0250	0,64	9	83,33
1	0,0500	1,27	17	157,40
1,5	0,0750	1,91	25	231,48
2	0,1000	2,54	37	342,59
3	0,1500	3,81	47	435,18
4	0,2000	5,08	55	509,25
6	0,3000	7,62	65	601,84
8	0,4000	10,16	73	675,91

Tabel 4.20 Data Penetrasi Sampel Tanah campuran *fly ash*

T (Menit)	Penurunan		Jumlah tumbukan			
	(Inch)	(Mm)	8%		13%	
			Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi
1/4	0,0125	0,32	5	46,30	8	74,07
1/2	0,0250	0,64	9	83,33	15	138,89
1	0,0500	1,27	20	185,18	29	268,51
1,5	0,0750	1,91	32	296,29	38	351,85
2	0,1000	2,54	41	379,62	46	425,92
3	0,1500	3,81	53	490,73	60	555,55
4	0,2000	5,08	60	555,55	68	629,62
6	0,3000	7,62	71	657,40	76	703,69
8	0,4000	10,16	80	740,73	84	777,76
T (Menit)	Penurunan		Jumlah tumbukan			
	(Inch)	(Mm)	18%		23%	
			Arloji Atas	Koreksi	Arloji Atas	Koreksi
1/4	0,0125	0,32	11	101,85	7	64,81
1/2	0,0250	0,64	21	194,44	13	120,37
1	0,0500	1,27	33	305,55	27	250,00
1,5	0,0750	1,91	41	379,62	38	351,85

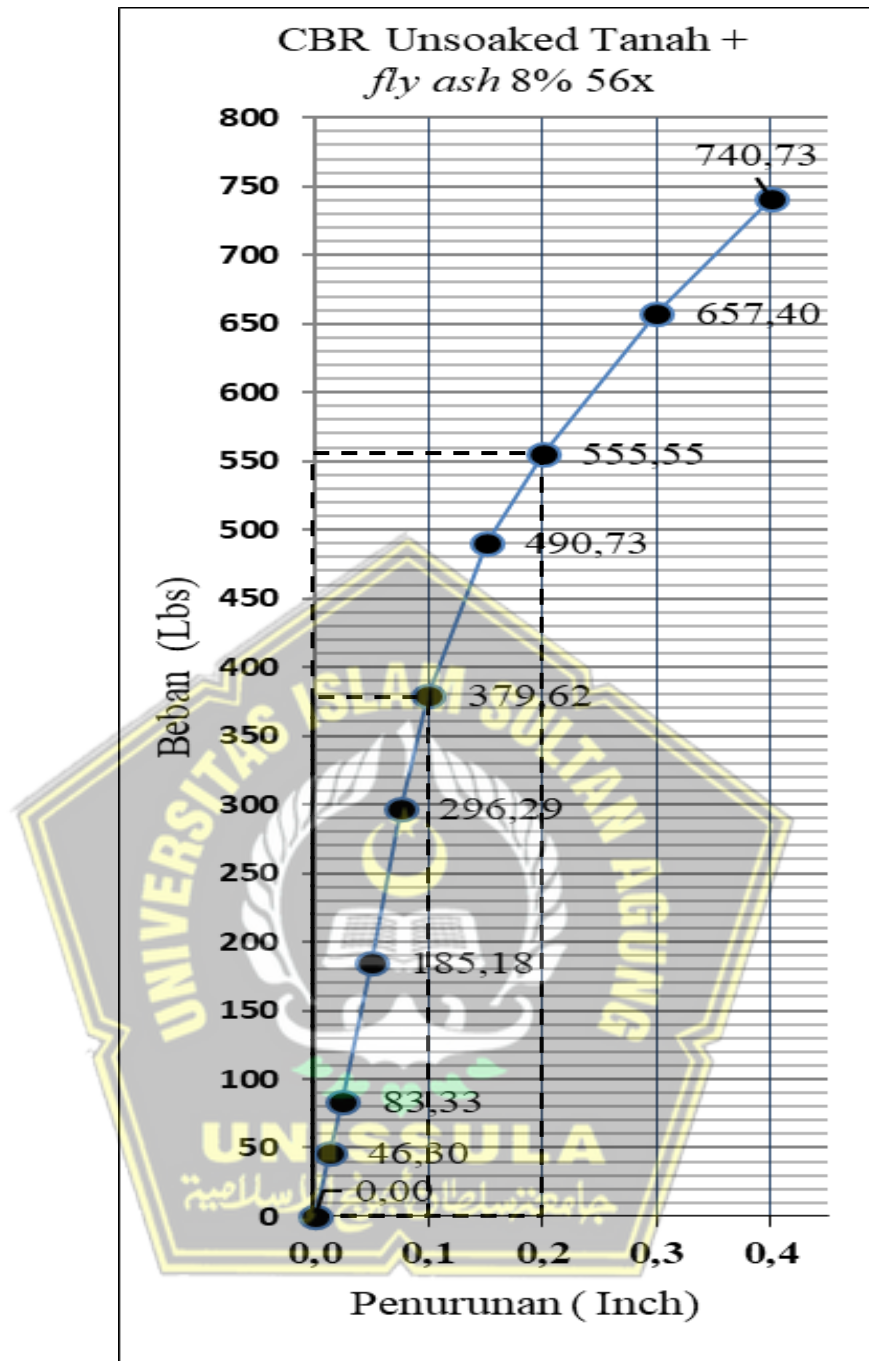
2	0,1000	2,54	49	453,70	45	416,66
3	0,1500	3,81	62	574,06	58	537,03
4	0,2000	5,08	73	675,91	66	611,10
6	0,3000	7,62	90	833,32	76	703,69
8	0,4000	10,16	101	935,17	82	759,25





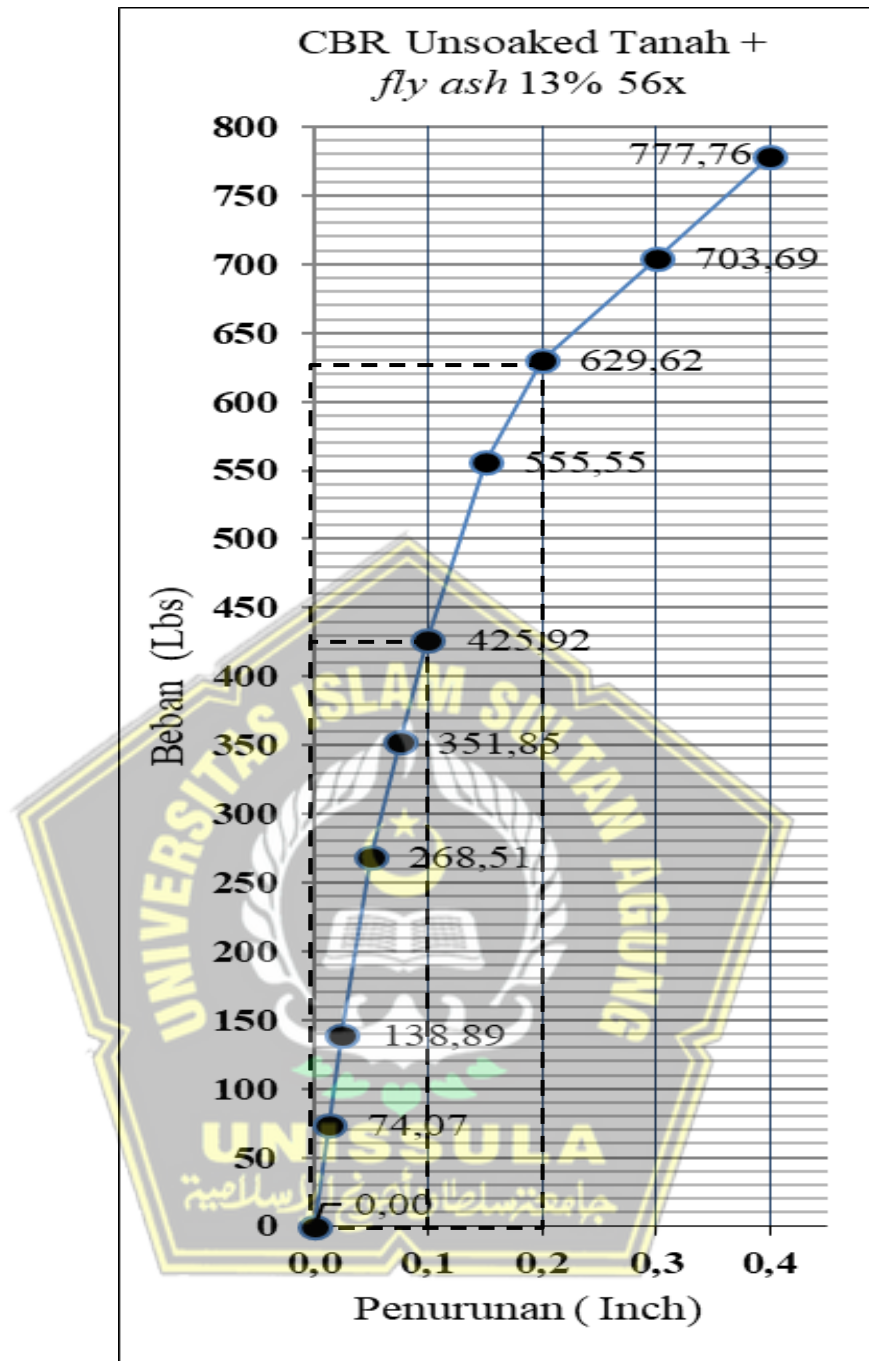
Gambar 4.26 Grafik Hasil Penetrasi Tanah Asli

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 342,59 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 509,25 lbs.



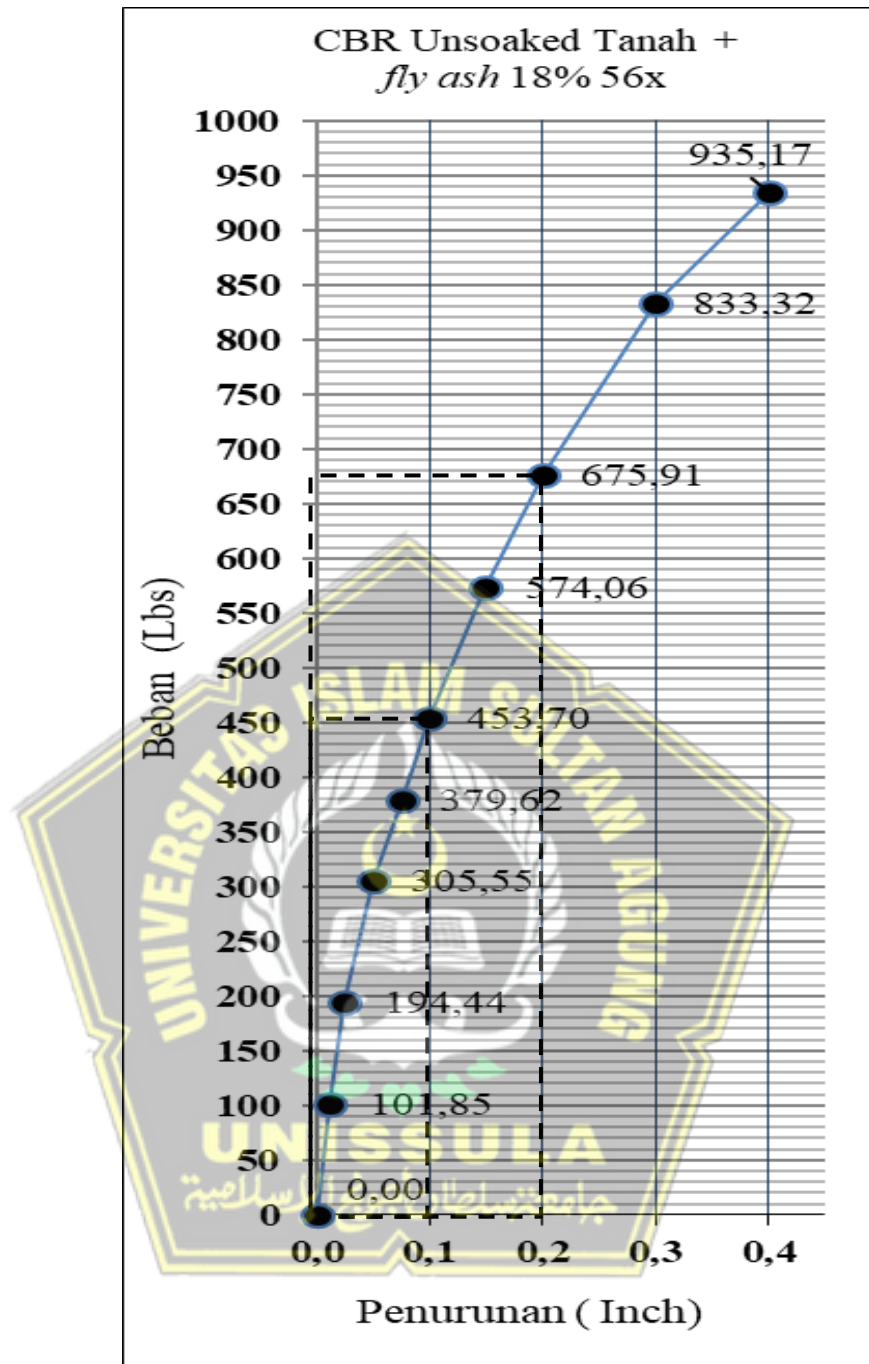
Gambar 4.27 Grafik Hasil Penetrasi Tanah campuran 8% fly ash

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 379,62 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 555,55 lbs



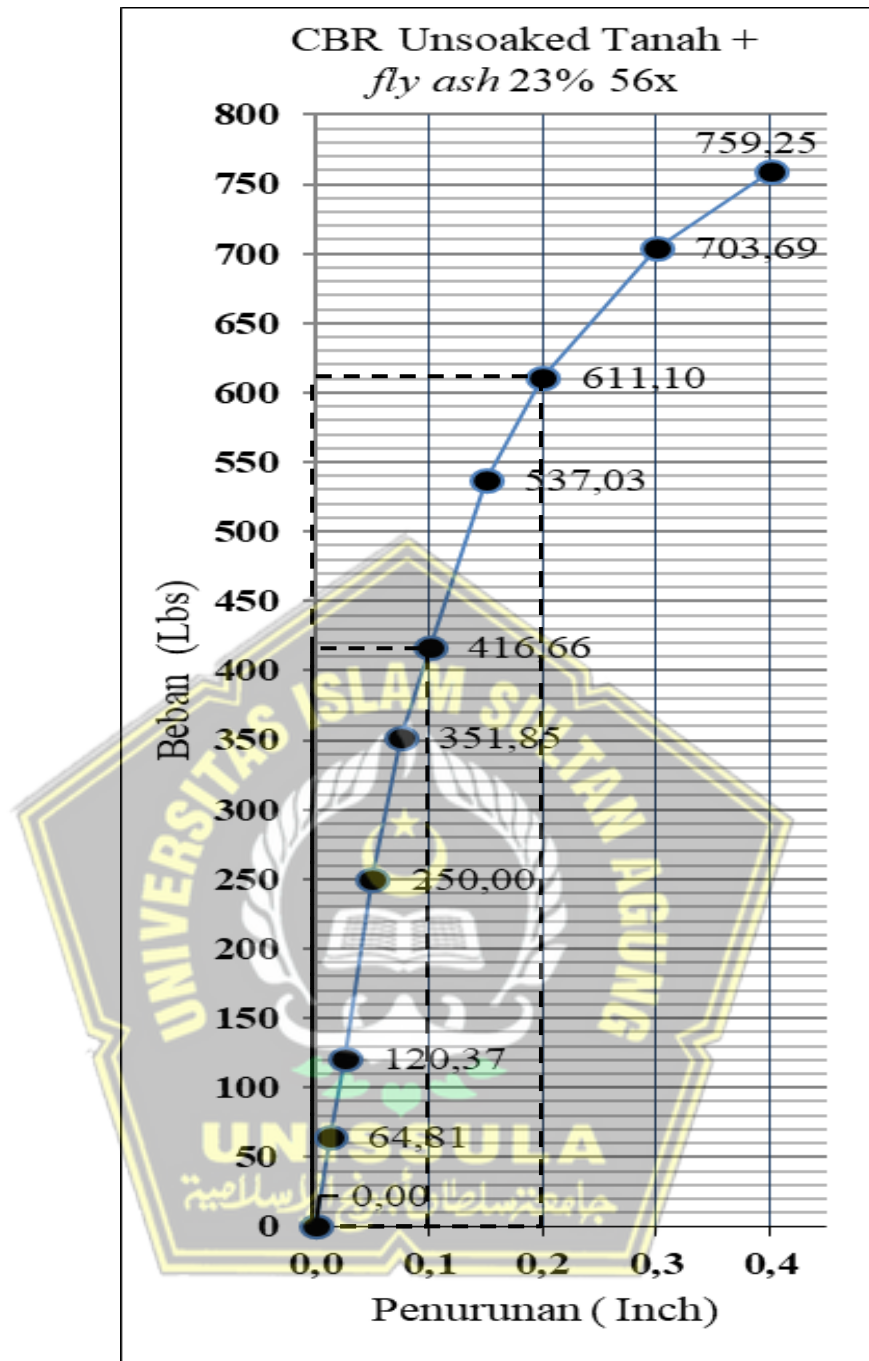
Gambar 4.28 Grafik Hasil Penetrasi Tanah campuran 13% fly ash

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 425,92 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 629,62 lbs



Gambar 4.29 Grafik Hasil Penetrasi Tanah campuran 18% fly ash

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 453,70 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 675,91 lbs



Gambar 4.30 Grafik Hasil Penetrasi Tanah campuran 23% fly ash

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hasil dari pembacaan dial 0,1 (inchi) sebesar 416,66 lbs dan 0,2 (inchi) sebesar 611,10 lbs

Berdasarkan hasil data penetrasi tanah asli dan tanah campuran *fly ash* 8%, 13%, 18%, 23%, maka dapat diketahui harga CBR dari setiap sampel melalui perhitungan.

Berikut akan dijelaskan contoh perhitungan sampel tanah asli.

1. Menghitung penetrasi 0,1" (0,254 mm)

$$\begin{aligned} \text{CBR (\%)} &= \frac{P1}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{342,59}{3 \times 1000} \times 100\% \\ &= 11,42\% \end{aligned}$$

2. Menghitung penetrasi 0,2" (0,508 mm)

$$\begin{aligned} \text{CBR (\%)} &= \frac{P2}{3 \times 1500} \times 100\% \\ &= \frac{509,25}{3 \times 1500} \times 100\% \\ &= 11,32\% \end{aligned}$$

Keterangan :

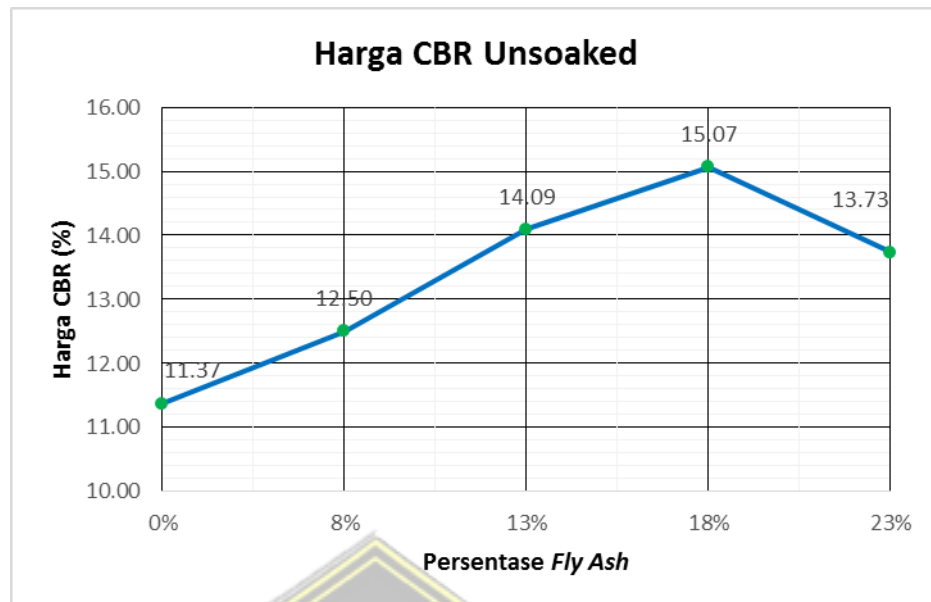
P1 = tekanan uji pada penetrasi 0,1" (g/cm^3)

P2 = tekanan uji pada penetrasi 0,2" (g/cm^3)

Setelah semua data diolah seperti contoh diatas, maka diperoleh hasil perhitungan seperti pada **Tabel 4.21**.

Tabel 4.21 Harga CBR (*Unsoaked*) Tanah Asli dan Campuran *fly ash*

Sampel	Beban Atas Koreksi		Harga CBR		
	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	(%)
0%	342,59	509,25	11,42	11,32	11,37
8%	379,62	555,55	12,65	12,35	12,50
13%	425,92	629,62	14,20	13,99	14,09
18%	453,70	675,91	15,12	15,02	15,07
23%	416,66	611,10	13,89	13,58	13,73

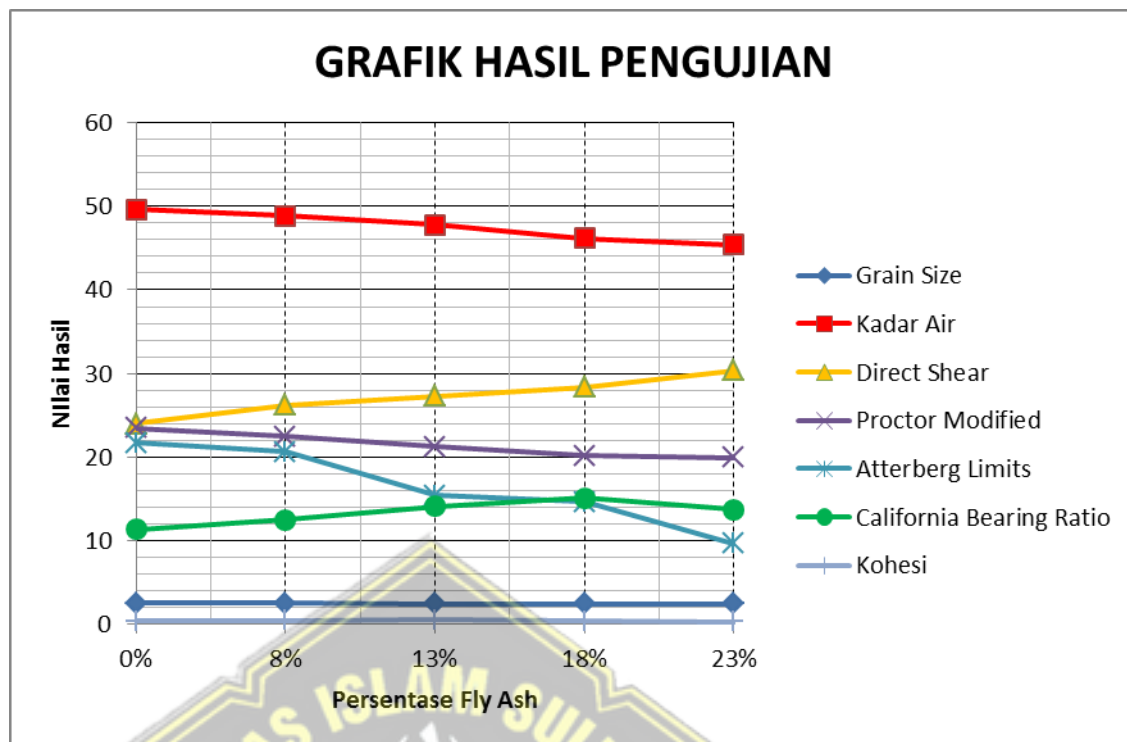


Gambar 4.31 Grafik Harga CBR

Berdasarkan grafik tersebut diketahui bahwa campuran *fly ash* dapat meningkatkan harga CBR optimum di campuran 18% yaitu 15,07%. Hal tersebut berarti meningkatkan kekuatan tanah sehingga daya dukung tanahnya semakin baik.

4.4. Rangkuman Hasil Pengujian

Pengujian yang sudah dilakukan pada tanah daerah Desa Tamanrejo , Kecamatan Tunjungan, Kabupaten Blora, Jawa Tengah diperoleh hasil-hasil uji laboratorium seperti pada **Gambar 4.32** berikut.



Gambar 4.32 Grafik Hasil Pengujian

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa tiap pengujian mengalami kenaikan dan penurunan sesuai dengan karakteristik masing-masing. Hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Kadar Air

Pada sampel tanah asli diperoleh nilai kadar air sebesar 49,59%. Nilai kadar air tersebut turun pada sampel campuran *fly ash* 8% menjadi 48,87. Kemudian pada sampel selanjutnya nilainya terus mengalami penurunan akibat penambahan *fly ash* yang mempunyai kadar air rendah.

b. Berat Jenis (GS)

Dapat dilihat pada grafik tersebut nilai berat jenis pada tanah semakin menurun. Nilai berat jenis pada sampel tanah asli sebesar 2,548. Kemudian nilainya terus menurun hingga pada campuran *fly ash* 23% nilainya sebesar 2,433. Jadi, nilai berat jenisnya akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya campuran *fly ash*.

c. *Atterberg Limits*

Pada pengujian kali ini diperoleh nilai indeks plastisitas optimum pada campuran *fly ash* 23% sebesar 9,64%. Hal tersebut dikarenakan pada sampel tersebut mengandung partikel lempung yang paling sedikit dibandingkan dengan sampel lainnya. Terlihat pada grafik bahwa penambahan *fly ash* mengakibatkan nilai indeks plastisitasnya menurun.

d. *Direct Shear*

Berdasarkan grafik tersebut diperoleh nilai kohesi optimumnya pada persentase 13% sebesar 0,491 kg/cm². Sedangkan nilai sudut geser dalam optimumnya sebesar 30,381° pada campuran *fly ash* 23%.

e. *Proctor Modified*

Diketahui bahwa nilai kadar air optimum *proctor modified* paling tinggi pada sampel tanah asli sebesar 23,50%. Penurunan pada grafik tersebut disebabkan penambahan *fly ash* yang membuat nilai kadar optimum *proctor modified* semakin rendah.

f. *California Bearing Ratio (CBR)*

Dapat ditinjau pada grafik tersebut bahwa harga CBR *Unsoaked* paling tinggi diperoleh pada sampel campuran *fly ash* 18% dengan nilai 15,07%.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari data hasil pengujian laboratorium dan analisa yang dilakukan pada sampel tanah dalam Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan seperti berikut ini :

1. Diperoleh nilai Batas Cair (LL) sebesar 42,50% dan nilai Indeks Plastisitas (IP) sebesar 21,69%. Pada klasifikasi tanah menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) termasuk dalam OH (lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi). Sedangkan klasifikasi tanah menurut AASTHO (*American Association of States Highway and Transportation Official*) termasuk kelompok A-7-6 (tanah berlempung) dalam kelas subgrade yang sangat buruk karena mempunyai nilai Grup Indeks (GI) sebesar 19%. Perhitungan analisa saringan pada tanah asli didapatkan grafik gradasi butiran dengan nilai *clay* sebesar 26,89%, *silt* sebesar 58,78%, *sand* sebesar 12,54%, dan *gravel* sebesar 1,79%.
2. Dari pengujian tersebut dapat diketahui pengaruh yang ditimbulkan dari tiap persentase *fly ash* yang dicampurkan sebesar 8%, 13%, 18%, dan 23% terhadap sifat fisik dan mekanis tanah. Pada beberapa hasil pengujian seperti kadar air, Berat Jenis (GS), Indeks Plastisitas (IP), dan kadar air optimum *proctor modified* diperoleh nilai yang menurun secara linier pada setiap sampel seiring dengan penambahan jumlah *fly ash*. Sedangkan pada hasil pengujian seperti sudut geser dalam dan CBR, diperoleh nilai yang cenderung naik pada setiap sampel dengan penambahan *fly ash*.
3. Dari pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) *unsoaked* yang dilakukan pada sampel tanah asli diperoleh harga CBR sebesar 11,37%.
4. Dari pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) *unsoaked* yang dilakukan pada sampel tanah yang ditambahkan *fly ash* dengan persentase 8%, 13%, 18%, dan 23% diperoleh harga CBR sebesar 12,5%, 14,09%, 15,07%, dan 13,73%. Dapat diketahui bahwa nilai

optimum Harga CBR Unsoaked yang diperoleh sebesar 15,07% pada persentase campuran *fly ash* 18%.

5.2. Saran

1. Perbanyak jumlah sampel penelitian dengan persentase campuran *fly ash* yang selisih tiap sampelnya sedikit untuk mengetahui perbandingan perubahan hasil yang terjadi dan titik yang lebih optimum.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan bahan stabilisator lain sehingga didapatkan hasil yang lebih baik lagi.
3. Perlu ketelitian dan berhati-hati dalam melakukan uji laboratorium terutama penggunaan alat yang harus sesuai prosedur agar diperoleh hasil yang lebih valid dan maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

Auliah, Armi, 2009, Lempung Aktif Sebagai Adsorben Ion Fosfat Dalam Air, Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia.

Apriyanti, Yayuk dan Roby Hambali, 2014, Pemanfaatan Fly Ash untuk Peningkatan Nilai CBR Tanah Dasar, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.

Arifin, B., 2019, Penggunaan Abu Batu Bara PLTU Mpanau Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.

Bowles J., 1984, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Bowles, E. J. & Henlim, J. K., 1991, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Penerbit Erlangga, Jakarta.

Chen, F. H., 1975, 1988, Foundation of Expansive Soils, American Elsevier Science Publication, New York.

Craig, B. M., 1991, Mekanika Tanah, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Das, B.M., 1995, The Principle of Geotechnical Engineering (Mekanika Tanah), Penerbit Erlanga, Jakarta.

Gustin, Kwani Eka, Machfud Ridwan, 2017, Pengaruh Penambahan Limbah Bata Ringan Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR), Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Hapsari, Nurul Aini Dwi dan Mitha Hadi Amelyna, 2019, Pengaruh Penambahan Kapur dan Abu Sekam Padi untuk Stabilisasi Tanah Ekspansif, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Hardiyatmo, G. C., 2002, Mekanika Tanah Jilid 1. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Hizkia, Gultom, 2019, Kajian Stabilisasi Tanah lempung Akibat Penambahan Semen Portland 3% dan Fly Ash dengan Pengujian CBR Test dan Kuat Tekan Bebas, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

Husnah, Novreta Ersy Darfia, Septian Eka Prayino, 2019, Stabilisasi Tanah Lempung dengan campuran Semen dan Fly Ash, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Abdurrah.

Ingles, O. G. dan Metclaf, J. B., 1972, Soil Stabilization, Butterworths, Sydney.

Irwansah, Rio, Aprianto, Abubakar Alwi, 2020, Pengaruh Penambahan Material Berbutir Sebagai Bahan Stabilisasi Timbunan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.

Kusuma, Rama Indera, Enden Mina, dan Taufik Rahman, 2016, Stabilisasi Tanah dengan Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ageng Tirtayasa.

Manoppo, Fabian, 2013, Perilaku Tanah Expansif Terhadap Daya Dukung, Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Muntohar, A. S., 2014, Perbaikan Tanah, LP3M UMY, Yogyakarta.

Punmia, D. B. C., 1981, Soil Mechanics and Foundation, Standard Book House, Delhi.

Prakoso, Akbar Wahyu dan Agung Rizaldi Awi Putra, 2020, Stabilisasi Tanah Lempung dengan Penambahan Fly Ash, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pratikso, 2014, Topik Khusus Geoteknik, Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.

Subiyantoro. S., 2001, Mengenal Lebih Jauh Tentang Garam, BPP Banyuwangi, Jawa Timur.

Sudjianto, Agus Tugas, 2016, Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Daya Dukung Tanah Bekas Timbunan Sampah (Landfill), Program Studi Teknik Sipil Universitas Widyagama Malang.

Sutanto, Rachman, 2005, Dasar-dasar Ilmu Tanah Konsep dan Kenyataan, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Terzaghi, K., 1991, Mekanika Tanah, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Verhoef, PNW., 1994, Geologi Untuk Teknik Sipil, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Wiqoyah, Qunik, 2006, Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan dan Perendaman Terhadap kuat Dukung Tanah Lempung, Publikasi Ilmiah UMS, Surakarta.



LAMPIRAN





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 25 / A.2 / SA - T / III / 2021

Lampiran : - -

Perihal : Bimbingan Tugas Akhir

Kepada : Yth. :

1 Dr. Abdul Rochim,ST,MT

(Dosen Pembimbing I Tugas Akhir)

2 Lisa Fitriyana,ST,M.Eng

(Dosen Pembimbing II Tugas Akhir)

Dosen Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil UNISSULA

Assalamu'alaikum Wr Wb.

Bersama Surat ini kami menghadapkan mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memenuhi syarat untuk mengerjakan Tugas Akhir (TA) :

No	Nama	NIM
1	Agustyan Sandy Wibowo	30201700011
2	Arriski Styawan	30201700029

Maka dengan ini kami mohon kepada Bapak / Ibu untuk memberikan Bimbingan Tugas Akhir (TA) kepada mahasiswa tersebut diatas.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 29 Maret 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

NIK: 210216089

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS AKHIR



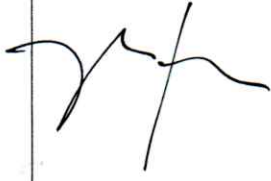
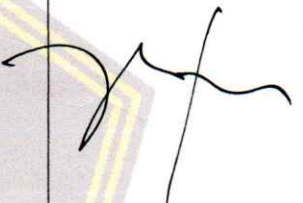
Nama : Agustyan Sandy Wibowo

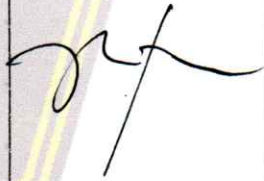
Arriski Styawan

NIM : 30201700011

30201700029

Dosen : Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	26 - 5 - 2021	• Perbaiki penulisan referensi, istilah, dan lain - lain • Penambahan pada bagian tujuan • Pemberian narasi pada lokasi • Perbaiki pada flowchart	
	23 - 6 - 2021	• Penulisan tanah ekspansi diganti dengan tanah lunak • Pemberian tahun pada sumber Google Maps • Benarkan penulisan sumber • Penambahan kolom pada tabel komposisi campuran • Dirapikan lagi	
	16 - 7 - 2021	• Penambahan kolom persentase tanah asli • Penulisan dirapikan • Tambahkan rangkuman pembahasan • Lanjutkan bab V beserta kelengkapan	

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	18 - 7 - 2021	• Pasingkat kalimat pada bagian kesimpulan • Lengkapi kelengkapannya	
	20 - 7 - 2021	• Sesuaikan lembar - lembar sebelum bab dengan format TA yang saya berikan • Dirapikan lagi semuanya	
	22 - 7 - 2021	Bisa maju seminar TA	

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS AKHIR



Nama : Agustyan Sandy Wibowo (30201700011)

Arriski Styawan (30201700029)

Dosen : Lisa Fitriyana, ST., M.Eng

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	28-5-2021	• Penjelasan tanah lunak diubah lebih menjelaskan tanah ekspansif • Revisi urutan penjelasan pada pendahuluan • Penyebutan tanah lunak diganti tanah ekspansif pada rumusan masalah • Data sekunder diambil dari penelitian terdahulu • Dirapikan penulisannya	
2	29-6-2021	• Penekanan rumusan masalah • Ditambahkan satuan • Perbaikan penulisan sumber	
3	14-7-2021	• Perbaiki penulisan rumus • Perbaiki penulisan sumber • Dirapikan lagi penulisannya • Lanjut bab V	
4	19-7-2021	• Kalimat pada kesimpulan lebih diper- singkat • Pada kesimpulan poin 2 dibuat tabel hasil pada poin utama dari setiap pengujian	
5	21-7-2021	ACC seminar hasil	



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR**

Hari
Tanggal
Jam

Rabu
28 Juli 2021
11.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan Fly Ash Dalam Stabilisasi Tanah Lempung

1	Agustyan Sandy W	30201700011	1	
2	Arriski Styawan	30201700029	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Abdul Rochim,ST,MT	1
2	Lisa Fitriyana,ST,M.Eng	2
3	Selvia Agustina,ST,M.Eng	3

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS**

Hari
Tanggal
Jam

Rabu
28 Juli 2021
11.00 WIB

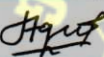
Judul Tugas Akhir

Pengaruh Penambahan Fly Ash Dalam Stabilisasi Tanah Lempung

0

0

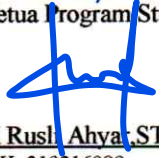
JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

1	Agustyan Sandy W	30201700011	1 
2	Arriski Styawan	30201700029	2 

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Abdul Rochim,ST,MT	
2	Lisa Fitriyana,ST,M.Eng	

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil


M Rusli Ahya,ST,M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 41 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Rabu Tanggal 28 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Agustyan Sandy W	30201700011
2 Nama	Arriski Styawan	30201700029

Judul TA Pengaruh Penambahan Fly Ash Dalam Stabilisasi Tanah Lempung

0

0

Dengan Hasil

*Baik dengan catatan beberapa
perlu direvisi*

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan digunakan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembanding

Dr. Abdul Rochim, ST, MT

Lisa Priyana, ST, M.Eng

Selvia Agustina, ST, M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar, ST, M.Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

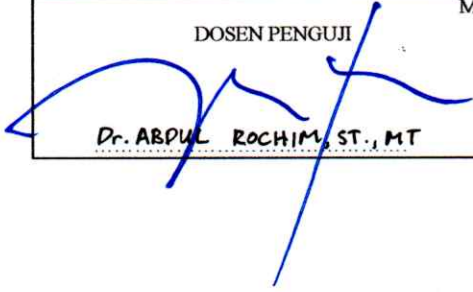
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR
MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Hari : Rabu
Tanggal : 28 Juli 2021
Tempat : Zoom Meet

NO	NAMA	NIM	TANDA TANGAN
1	Alma Mia		1
2	Alvina		2
3	Ashpa Taqiya		3
4	Dera		4
5	Farah Nurul		5
6	Annisa		6
7	Ropik		7
8			8
9			9
10			10
11			11
12			12
13			13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20
MENGETAHUI			
DOSEN PENGUJI		DOSEN PENGUJI	
 Dr. ABDUL ROCHIM, ST., MT		 LISA FITRIYANA, ST., M.Eng	



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax:(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Agustyan S.W dan Annisfei S / 30201700011 dan 30201700029
Hari / Tanggal : Rabu / 28 Juli 2021
Judul TA : Pengaruh Penambahan Ely Ash dalam Stabilisasi Tanah Lempung

NO	
1	Beri satuan pada grafik hasil pengujian
2	Pada presentasi diberi grafik secara keseluruhan
3	Tambahkan 1 slide untuk menjelaskan fly ash
4	
5	

DOSEN PENGUJI

Dr. ABDUL ROCHIM, ST., MT



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax: (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Agustyan S.W dan Annishti S / 30201700011 dan 30201700029
Hari / Tanggal : Rabu / 28 Juli 2021
Judul TA : Pengaruh Penambahan Ely Ash dalam Stabilisasi Tanah Lempung

NO	
1	Lebih banyak dijelaskan dengan grafik dan waktunya dipersingkat
2	Ganti judul menjadi "Pengaruh Penambahan Ely Ash terhadap Stabilisasi Tanah Lempung"
3	Abstrak lebih dipersingkat menjadi 1 halaman dan lebih lagi isi tiap paragrafnya
4	Pembahasan klasifikasi tanah dipindah pada awal pembahasan
5	Kesimpulan lebih dipersingkat tanpa menggunakan tabel dan grafik

DOSEN PENGUJI


LISA FITRIYANA, ST., M.Eng



SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Agustyan S.W dan Arisfa S / 30201700011 dan 30201700029
Hari / Tanggal : Rabu / 28 Juli 2021
Judul TA : Pengaruh Penambahan Ely Ash dalam
Stabilisasi Tanah Lempung

NO	
1	Penjelasan saat presentasi bisa lebih detail dengan disertai hasil berupa grafik.
2	Pemberian pada bagan alur metode penelitian pada bagian Pengambilan → Pembuatan benda uji → Pengujian. Tabel penelitian terdahulu lebih diperjelas.
3	Pemberian halaman abstract pada daftar isi. Penambahan kata ply ash pada kata kunci.
4	Cek kembali keterkaitan rumusan masalah dan tujuan. Kesimpulan jangan berupa tabel dan hasil analisa saringan masuk poin 1.
5	Daftar pustaka diurutkan sesuai abjad
Acc 1/8/2021	
DOSEN PENGUJI	
SELVIA AGUSTINA, ST, M.Eng	

PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH TERHADAP STABILISASI TANAH LEMPUNG

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	download.garuda.ristekdikti.go.id	1 %
	Internet Source	
2	dspace.uii.ac.id	1 %
	Internet Source	
3	repository.its.ac.id	1 %
	Internet Source	
4	Submitted to Sriwijaya University	1 %
	Student Paper	
5	journal.eng.unila.ac.id	1 %
	Internet Source	
6	repository.ar-raniry.ac.id	1 %
	Internet Source	
7	jurnal.untad.ac.id	<1 %
	Internet Source	
8	media.neliti.com	<1 %
	Internet Source	
9	eprints.ums.ac.id	<1 %
	Internet Source	

10	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
11	sipil.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	<1 %
12	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1 %
13	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1 %
14	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
15	edoc.pub Internet Source	<1 %
16	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
17	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
18	mahasiswatekniksipilsari29.blogspot.com Internet Source	<1 %
19	repository.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
20	doku.pub Internet Source	<1 %
21	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %

22	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
23	Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper	<1 %
24	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
25	core.ac.uk Internet Source	<1 %
26	jurnal.untirta.ac.id Internet Source	<1 %
27	repositori.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.ubb.ac.id Internet Source	<1 %
29	sir.stikom.edu Internet Source	<1 %
30	adoc.pub Internet Source	<1 %
31	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
32	journals.itb.ac.id Internet Source	<1 %
33	docplayer.info Internet Source	<1 %

34	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
35	catatan-it21.blogspot.com Internet Source	<1 %
36	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
37	repository.unib.ac.id Internet Source	<1 %
38	www.readbag.com Internet Source	<1 %
39	lib.ui.ac.id Internet Source	<1 %
40	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
41	luqmantamtam.blogspot.com Internet Source	<1 %
42	www.savana-cendana.id Internet Source	<1 %
43	Submitted to Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %
44	idoc.pub Internet Source	<1 %
45	repository.unud.ac.id	

<1 %

46

repository.usu.ac.id

Internet Source

<1 %

47

www.variabeton.com

Internet Source

<1 %

48

Submitted to Universitas Andalas

Student Paper

<1 %

49

imamzuhri.blogspot.com

Internet Source

<1 %

50

repo.stikesperintis.ac.id

Internet Source

<1 %

51

repository.ummat.ac.id

Internet Source

<1 %

52

waikato.researchgateway.ac.nz

Internet Source

<1 %

53

zh.scribd.com

Internet Source

<1 %

54

Submitted to UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Student Paper

<1 %

55

Submitted to Universitas International Batam

Student Paper

<1 %

56

repository.umsu.ac.id

Internet Source

<1 %

57	digilib.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
58	garuda.ristekbrin.go.id Internet Source	<1 %
59	- Firmansyah, R.M. Rustamaji, Eka Priadi, Abubakar Alwi. "PENINGKATAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG DENGAN PERLAKUAN GEJALA ELEKTROKINETIK", Jurnal Teknik Sipil, 2020 Publication	<1 %
60	eprints.uty.ac.id Internet Source	<1 %
61	mafiadoc.com Internet Source	<1 %
62	repositori.unsil.ac.id Internet Source	<1 %
63	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %
64	repository.unej.ac.id Internet Source	<1 %
65	bungblog7.blogspot.com Internet Source	<1 %
66	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %

67

eprints.uny.ac.id

Internet Source

<1 %

68

journal.ubb.ac.id

Internet Source

<1 %

69

jurnal.usu.ac.id

Internet Source

<1 %

70

mochfauzyrachman.wordpress.com

Internet Source

<1 %

71

repository.uki.ac.id

Internet Source

<1 %

72

repository.unair.ac.id

Internet Source

<1 %

73

repository.unj.ac.id

Internet Source

<1 %

74

www.coursehero.com

Internet Source

<1 %

75

R I Kusuma, E Mina, W Fathonah, I Muhtady. " Clay stabilization using flyash and carbide waste and its effect on the value of unconfined compression test ", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019

Publication

<1 %

76

Sri Widaningsih, Yuli Yuliani. "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Jurusan

<1 %

dengan Metode Simple Additive Weighting (SAW) untuk Meningkatkan Keakuratan Dalam Menentukan Jurusan Siswa Di Ma Tanwiriyyah", Media Jurnal Informatika, 2020

Publication

77

Zainal Wahyu, Syarifah Melly Maulina, Muji Listyo Widodo. "ANALISIS KUALITAS AIR DAERAH IRIGASI LUBUK ANTUK KECAMATAN HULU GURUNG KABUPATEN KAPUAS HULU", Jurnal Teknik Sipil, 2020

Publication

<1 %

78

conference.unsri.ac.id

Internet Source

<1 %

79

digilib.uinsgd.ac.id

Internet Source

<1 %

80

e-journal.polnes.ac.id

Internet Source

<1 %

81

ejournal.uika-bogor.ac.id

Internet Source

<1 %

82

eprints.undip.ac.id

Internet Source

<1 %

83

journals.ums.ac.id

Internet Source

<1 %

84

jurnal.unsyiah.ac.id

Internet Source

<1 %

jurnalmahasiswa.unesa.ac.id

85

Internet Source

<1 %

86

publikasiilmiah.ums.ac.id:8080

Internet Source

<1 %

87

repository.usd.ac.id

Internet Source

<1 %

88

supriyanto11.blogspot.com

Internet Source

<1 %

89

jurnal.untan.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off

Exclude matches

Off

