

SKRIPSI

NILAI PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG YANG DISTABILITASI PASIR LAUT DAN *FLY ASH* TERHADAP SIFAT-SIFAT FISIK BERDASARKAN UJI LABORATORIUM



Disusun Oleh:

MUHAMMAD SUDURI

417110061

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2022**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

NILAI PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG YANG DISTABILITAS PASIR LAUT DAN *FLY ASH* TERHADAP SIFAT-SIFAT FISIK BERDASARKAN UJI LABORATORIUM

Disusun Oleh:

MUHAMMAD SUDURI

417110061

Mataram, Rabu 03 Agustus 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT

NIDN. 0828087201

Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng

NIDN. 0823029401

Mengetahui,

Universitas Muhammadiyah Mataram

Fakultas Teknik



Mawakili. Wakil Dekan I

Dr. Primadi Hirsan, ST., MT

NIDN. 0804118001

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT

NIDN. 0824017501

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI
NILAI PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG YANG
DISTABILISASI PASIR LAUT DAN FLY ASH TERHADAP SIFAT-SIFAT
FISIK BERDASARKAN UJI LABORATORIUM

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : MUHAMMAD SUDURI
NIM : 417110061

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada hari, Rabu 03 Agustus 2022
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.

2. Penguji II : Ari Ramadhan hidayat, ST.,M.Eng.

3. Penguji III : Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT

Mengetahui,

Universitas Muhammadiyah Mataram

Fakultas Teknik



Wakil Dekan

Fakultas Teknik

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT

NIDN. 0824017501

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

“Nilai Permeabilitas Tanah lempung Yang Distabilisasi Pasir Laut Dan *Fly ash* Terhadap Sifat-Sifat Fisik Berdasarkan Uji Laboratorium”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dari sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, 20 Agustus 2022

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Sudurii
417110061



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad suduri
NIM : 417110061
Tempat/Tgl Lahir : Kuripan, 03 Juni 1997
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 081 909 115 360
Email : Sudurist461@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

Nilai Permeabilitas Tanah Lempung Yang distabilisasi Pasir laut
Dan Fly ash Terhadap sifat-sifat Fisik Berdasarkan uji laboratorium

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. Utz

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 22 Agustus2022
Penulis



Muhammad suduri
NIM. 417110061

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos.,M.A.
NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Suduri
NIM : 917110061
Tempat/Tgl Lahir : Kuripan, 03 Juni 1997
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 081 909 115 360
Jenis Penelitian : ☒ Skripsi ☐ KTI ☐ Tesis ☐

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

Nilai Permeabilitas Tanah Lempung yang Distabilisasi Pasir laut
Dan Fly ash Terhadap sifat-sifat Fisik Berdasarkan uji laboratorium

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 22 Agustus2022
Penulis


Muhammad Suduri
NIM. 917110061

Mengetahui,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT


Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

MOTTO HIDUP

“Bantinglah otak untuk mencari ilmu sebanyak-banyaknya guna mencari rahasia besar yang terkandung di dalam benda besar bernama bumi ini, tetapi pasanglah pelita dalam hati sanubari, yaitu pelita kehidupan jiwa”

(Al-Gazali)

“Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu maka iya akan berada di jalan allah hingga iya kembali”

(HR. Tarmidzi)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dukungan dari beberapa pihak yang ikut serta dalam proses penyusunan skripsi. Peneliti secara khusus mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu baik dalam proses penelitian maupun penyusunan laporan. Atas izin Allah SWT pada kesempatan ini penulis mempersembahkan skripsi ini kepada:

1. Untuk orang tua saya tercinta bapak Sadih dan ibu Ayunah yang selama ini telah banyak memberikan dukungan dan doa yang tidak ada henti-hentinya untuk kelancaran dalam menyelesaikan skripsi.
2. Untuk kakak-kakak saya tercinta yang telah memberikan dukungan serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi.
3. Dr. Heni Puji Astusti, ST.,MT., selaku dosen pembimbing I.
4. Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing II.
5. Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
6. Agustini Ernawati, ST., M.Tech., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
7. Segenap dosen dan para staff akademik yang selalu membantu dalam fasilitas ilmu serta pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian skripsi.
8. Untuk Nova Fuji Rahayu, wanita yang telah sabar menemani dan memberikan motivasi.
9. Sahabat dan rekan seperjuangan Muh Iwan Sabri, ST., Hendra, ST., Hifzi, ST., Abi Rifqy, ST., L.M Kurnia Rizki., Feri Setiawan, ST., Muh Iskandar Zulkarnain, ST., Syahrul Haris Pratama, ST., Andriadi, ST., Karina Rahmawati. ST., Dedi Purwanto, dan semua rekan-rekan mahasiswa keluarga besar Teknik Sipil khususnya untuk angkatan 2017 dan 2018 dan untuk semua kawan-kawan yang telah memberi motivasi dengan semangat juang yang diberikan selama masa perkuliahan.

PRAKATA

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (skripsi) ini dengan waktu yang tepat dan tanpa hambatan yang berarti.

Penulisan tugas akhir (skripsi) diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Judul yang penulis ajukan adalah **“Nilai Permeabilitas Tanah Lempung Yang Distabilisasi Pasir Laut Dan Fly Ash Terhadap Sifat-Sifat Fisik Berdasarkan Uji Laboratorium”**

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr. H. Arsyad Abd. Gani, M.Pd. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST.,MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST.,MT. selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Ari Ramadhan Hidayat, ST.,M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Semua dosen-dosen dan pihak Sekretariat Fakultas Teknik UMMAT.

Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Akhirnya, hanya kepada Allah SWT penulis serahkan segalanya, mudah-mudahan dapat bermanfaat khususnya bagi penulis umumnya bagi kita semua.

Mataram, 03 Agustus 2022

Muhammad Suduri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	 5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.1.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Landasan Teori.....	9
2.2.1. Tanah Lempung.....	10
2.2.2. Pasir Laut.....	12
2.2.3. Abu Terbang (<i>fly ash</i>)	12
2.2.4. Stabilitas Tanah	13
2.2.5. Stabilitas Tanah Dengan Pasir Laut	13
2.2.6. Bahan Tambah Pasir Laut	14
2.2.7. Klasifikasi Tanah	14
2.2.7.1 Unified soil classification system (USCS)	14
2.2.7.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	17

2.2.8.	Distribusi ukuran butir tanah	20
2.2.9.	Kadar air	21
2.2.10.	Berat jenis.....	21
2.2.11.	Batas atterberg.....	22
2.2.12.	Pemadatan tanah.....	24
2.2.13.	Potensi penambahan tanah	25
2.2.14.	Permeabilitas	25
BAB III	METODE PENELITIAN	29
3.1.	Lokasi Penelitian	29
3.2.	Persiapan dan Tahapan Penelitian.....	30
3.2.1	Pengambilan Sampel Tanah	30
3.2.2	Pengambilan Sampel Pasir	31
3.2.3	Persiapan Abu <i>fly ash</i>	31
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian	32
3.3.1.	Alat-alat Penelitian.....	32
3.3.2.	Bahan-bahan Penelitian.....	38
3.4.	Uji fisik dan mekanis tanah	38
3.4.1.	Rancangan penelitian	38
3.5.	diagram Alir Penelitian	49
BAB IV	METODE PENELITIAN	50
4.1.	Pendahuluan	50
4.2.	Pengujian sifat fisik tanah	50
4.2.1	Sifat Fisik Tanah Yang Telah Dicampur Pasir Laut Dan <i>fly ash</i>	52
4.2.2	Sifat Fisik Tanah Asli Dengan 15% Pasir Laut Dan 5% <i>fly ash</i>	53
4.2.3	Sifat Fisik Tanah Asli Dengan 15% Pasir Laut Dan 10% <i>fly ash</i>	55
4.2.4	Sifat Fisik Tanah Asli Dengan 15% Pasir Laut Dan 15% <i>fly ash</i>	57

4.2.5 Sifat Fisik Tanah Asli Dengan 15% Pasir Laut Dan 20% <i>fly ash</i>	59
4.3. Hubungan Batas Atterberg Dengan Variasi 15% Pasir Laut Dan <i>fly ash</i> (%)	61
4.4. Pengujian Sifat Mekanis Tanah	62
4.4.1 Uji Pemadatan (<i>Proctor Standart</i>)	62
4.4.2 Uji permeabilitas	63
4.4.3 Uji Permeabilitas (<i>Falling Head</i>)	63
4.4.4 Uji permeabilitas (<i>consttant head</i>)	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Jumikis, 1962).....	11
Tabel 2.2	Jenis tanah berdasarkan nilai <i>PI</i> (Chen, 1975).....	.12
Tabel 2.3	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah.....	.24
Tabel 2.4	Hubungan indeks plastisitas dan potensi pengembangan (Chen, 1975).....	.26
Tabel 2.5	klasifikasi tanah terhadap nilai permeabilitas (Mc.Carthym dkk, 2017).....	.29
Tabel 3.1	Kadar Air.....	.40
Tabel 4.1.	Nilai hasil uji sifat fisik tanah asli	.51
Tabel 4.2.	Jenis tanah berdasarkan nilai <i>IP</i> (Chen, 1975)	.53
Tabel 4.3.	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Jumikis, 1962).....	.53
Tabel 4.4.	Nilai hasil uji sifat fisik tanah dengan 15% pasir laut dan 5% <i>fly ash</i>	.54
Tabel 4.5.	Jenis tanah berdasarkan nilai <i>IP</i> (Chen, 1975)	.55
Tabel 4.6.	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Jumikis, 1962).....	.55
Tabel 4.7.	Nilai hasil uji sifat fisik tanah dengan 15% pasir laut dan 10% <i>fly ash</i>	.56
Tabel 4.8.	Jenis tanah berdasarkan nilai <i>IP</i> (Chen, 1975)	.57
Tabel 4.9.	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Jumikis, 1962).....	.57
Tabel 4.10.	Nilai hasil uji sifat fisik tanah dengan 15%pasir laut dan 15% <i>fly ash</i>	.58
Tabel 4.11.	Jenis tanah berdasarkan nilai <i>IP</i> (Chen, 1975)	.59
Tabel 4.12.	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Jumikis, 1962)	.59
Tabel 4.13.	Nilai hasil uji sifat fisik tanah dengan 15%pasir laut dan 20% <i>fly ash</i>	.60
Tabel 4.14.	Jenis tanah berdasarkan nilai <i>IP</i> (Chen, 1975)	.61
Tabel 4.15.	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Jumikis, 1962)	.61
Tabel 4.16.	Hubungan batas Atterberg dengan campuran pasir laut dan <i>fly ash</i>	.62

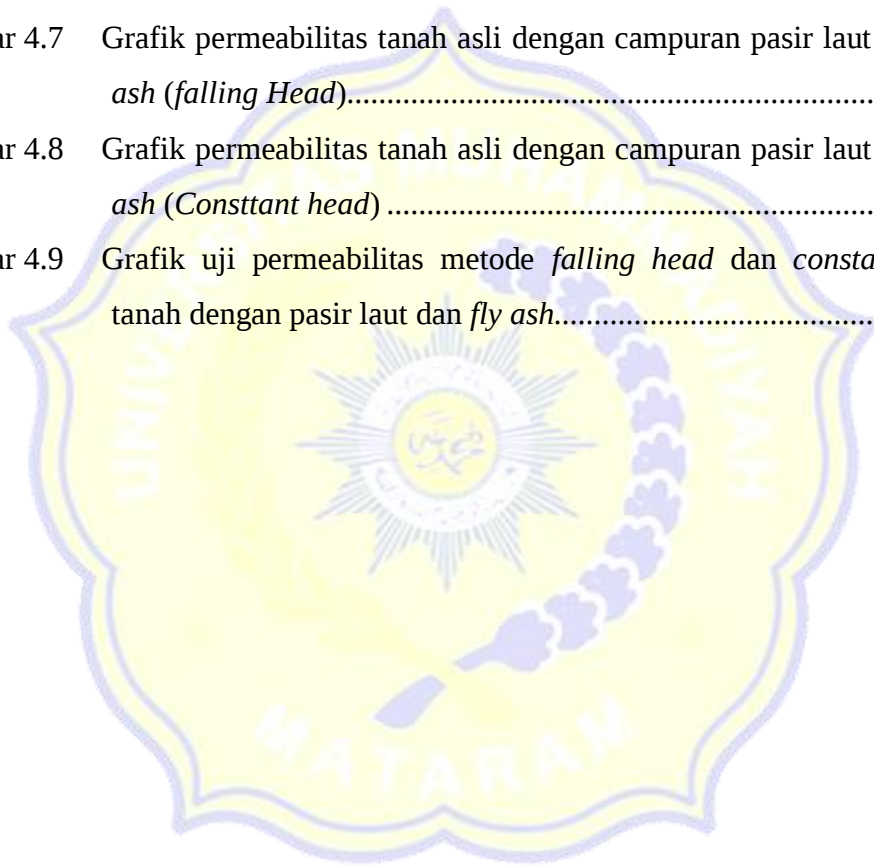
Tabel 4.17.	Nilai berat kering dan kadar air optimum Proctor	.63
Tabel 4.18.	klasifikasi tanah terhadap nilai permeabilitas (Mc.Carthym, 2017)	.66
Tabel 4.19.	klasifikasi tanah terhadap nilai permeabilitas (Mc.Carthym, 2017)	.67
Tabel 4.20.	asil uji permeabilitas metode <i>falling head</i> dan <i>constant head</i> tanah dengan campuran pasir laut dan <i>fly ash</i>	.68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi tanah sistem USCS	15
Gambar 2.2	Klasifikasi tanah sistem USCS (kriteria laboratorium)	16
Gambar 2.3	Klasifikasi tanah sistem AASHTO (tanah berbutir kasar)	19
Gambar 2.4	Klasifikasi tanah sistem AASHTO (tanah berbutir halus)	23
Gambar 2.5	Skema pengujian falling head	26
Gambar 2.6	Skema pengujian constant head	27
Gambar 3.1	Peta lokasi pengambilan sampel dan penelitian	28
Gambar 3.2	Pengambilan sampel tanah	29
Gambar 3.3	Pengambilan sampel pasir laut	30
Gambar 3.4	Limbah batu bara (<i>fly ash</i>)	30
Gambar 3.5	Alat uji permeabilitas	31
Gambar 3.6	Penumbuk	31
Gambar 3.7	Alat cetak uji pemadatan standar proctor	32
Gambar 3.8	Saringan	32
Gambar 3.9	Cawan	33
Gambar 3.10	Jangka sorong	33
Gambar 3.11	Hidrometer	33
Gambar 3.12	Tabung ukur 1000 C	34
Gambar 3.13	Air raksa	34
Gambar 3.14	Timbangan dengan ketelitian 0,1	35
Gambar 3.15	Timbangan dengan ketelitian 0,01	35
Gambar 3.16	Kompas listrik	35
Gambar 3.17	Oven pengering	36
Gambar 3.18	Alat Casagrande	36
Gambar 3.19	Alat Pycnometer	36
Gambar 3.20	Diagram alir penelitian	48
Gambar 4.1	Distribusi ukuran butir tanah asli	51
Gambar 4.2	Distribusi ukuran butir tanah dengan 15% pasir laut dan 5% <i>fly ash</i>	54

Gambar 4.3	Distribusi ukuran butir tanah dengan 15%pasir laut dan 10% <i>fly ash</i>	46
Gambar 4.4	Distribusi ukuran butir tanah dengan 15%pasir laut dan 15% <i>fly ash</i>	58
Gambar 4.5	Distribusi ukuran butir tanah dengan 15%pasir laut dan 20% <i>fly ash</i>	60
Gambar 4.6	Grafik hubungan batas Atterberg tanah dengan pasir laut dan <i>fly ash</i>	61
Gambar 4.7	Grafik permeabilitas tanah asli dengan campuran pasir laut dan <i>fly ash (falling Head)</i>	64
Gambar 4.8	Grafik permeabilitas tanah asli dengan campuran pasir laut dan <i>fly ash (Constant head)</i>	65
Gambar 4.9	Grafik uji permeabilitas metode <i>falling head</i> dan <i>constan head</i> tanah dengan pasir laut dan <i>fly ash</i>	67



DAFTAR NOTASI



V	= Volume tanah total (cm^3)
V_a	= Volume udara (cm^3)
V_w	= Volume air (cm^3)
V_s	= Volume butir (cm^3)
V_v	= Volume pori (cm^3)
W	= Berat tanah (gr)
W_a	= Berat udara (gr)
W_w	= Berat air (gr)
W_s	= Berat butir (gr)
W_1	= Berat cawan kosong (gr)
W_2	= Berat cawan + tanah basah (gr)
W_3	= Berat cawan + tanah kering (gr)
IP	= Indeks plastisitas (%)
LL	= Batas cair (%)
PL	= Batas plastis (%)
SL	= Batas susut (%)
A	= Luas rata-rata pada setiap saat (cm^2)
k	= Faktor kalibrasi proving ring
N	= Pembacaan <i>proving ring</i> (div)
P	= Beban (kg)
ω	= Kadar air (%)
n	= Porositas
e	= Angka pori
γ_d	= Berat volum kering (gr/cm^3)
γ_b	= Berat volume basah (gr/cm^3)
γ_s	= Berat volume butiran padat (gr/cm^3)
G_s	= Berat jenis tanah



S_r	= Derajat kejenuhan (%)
C_u	= Kohesi (kg/cm^2)
$\emptyset$	= Sudut geser tanah ($^\circ$)
St	= Sensitivitas
L	= Panjang efektif atau jarak yang ditempuh butiran
t	= Waktu pengamatan
K	= Koreksi terhadap temperatur dan berat jenis
$\mathcal{E}$	= Regangan axial (%)
ΔL	= Perubahan panjang (cm)
L_o	= Panjang mula-mula (cm)
A_o	= Luas mula-mula (cm^2)
σ	= Tegangan (kg/cm^2)
G	= Kerikil (<i>gravel</i>)
S	= Pasir (<i>sand</i>)
C	= Lempung (<i>clay</i>)
M	= Lanau (<i>slit</i>)
O	= Lanau atau lempung organik (<i>organic slit or clay</i>)
Pt	= Tanah gambut dan tanah organik tinggi (<i>peat and highly organic soil</i>)
W	= Gradasi baik (<i>well-graded</i>)
P	= Gradasi buruk (<i>poorly-graded</i>)
H	= Plastisitas tinggi (<i>high-plasticity</i>)
L	= Plastisitas rendah (<i>low-plasticity</i>)
K	= Nilai koefisien permeabilitas (cm/dtk)
S	= Pengembangan tanah (%)
δ	= Deformasi benda uji (mm)
H	= Tinggi benda uji awal (mm)
F	= Persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)

ABSTRAK

Tanah merupakan material yang memiliki peranan sangat penting dalam suatu konstruksi di atasnya. Kebutuhan nilai permeabilitas untuk suatu konstruksi berbeda-beda. Perbedaan tersebut mempengaruhi kekuatan dari suatu konstruksi yang akan dibangun. Kondisi tanah di desa tanak awu kecamatan pujut kabupaten lombok tengah yang terlihat pada saat musim hujan tanah bersifat lembek dan daya dukung tanah menjadi rendah. Stabilitas tanah lempung dengan 15% pasir laut dan *fly ash* terhadap nilai CBR yang telah dilakukan oleh hendra (2022). Oleh karena itu, perlu adanya usaha dalam mengetahui nilai permeabilitas pada tanah lempung yang distabilisasi 15% pasir laut dan *fly ash*.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram dengan melakukan penelitian permeabilitas tanah lempung dicampur dengan variasi pasir laut 15% serta variasi *fly ash* 5%, 10%, 15%, dan 20%. Selanjutnya dilakukan pengujian Kadar air, batas cair, batas plastis, batas susut, berat jenis, analisa saringan, dan uji hidrometer dengan bahan campur pasir laut dan *fly ash*.

Hasil dari pengujian sifat fisik tanah diperoleh nilai indeks plastisitas tanah asli sebesar 45,03%, setelah dilakukan penambahan campuran pasir laut dan *fly ash* nilai indeks plastisitas mengalami penurunan dikarenakan pasir laut dan *fly ash* kurang menyerap air. Nilai permeabilitas dengan metode *falling head* dan *constant head* pada tanah asli sebesar $11,678 \times 10^{-2}$ dan $11,00 \times 10^{-2}$, dengan campuran 15% pasir laut dan 5% *fly ash* mendapatkan nilai permeabilitas sebesar $9,990 \times 10^{-4}$ dan $8,80 \times 10^{-3}$, campuran 15% pasir laut dan 10% *fly ash* mendapatkan nilai permeabilitas sebesar $9,188 \times 10^{-4}$ dan $5,50 \times 10^{-3}$, campuran 15% pasir laut dan 15% *fly ash* mendapatkan nilai permeabilitas sebesar $7,020 \times 10^{-4}$ dan $4,40 \times 10^{-3}$, dan campuran 15% pasir laut dan 20% *fly ash* mendapatkan nilai permeabilitas sebesar $5,020 \times 10^{-4}$ dan $2,50 \times 10^{-3}$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak bahan tambah pasir laut dan *fly ash* dapat menurunkan nilai permeabilitas pada tanah.

KATA KUNCI: Tanah Lempung, Pasir Laut, *Fly Ash*, Permeabilitas

ABSTRACT

A varied set of permeability values are required for construction. These variations have an impact on a construction's strength. In the village of Tanak Awu, Pujut sub-district, Central Lombok district, the soil is soft and has a low bearing capacity, which is seen during the wet season. Hendra's work on the stability of clay with 15% sea sand and fly ash to the CBR value (2022). As a result, an attempt must be made to ascertain the permeability value of clay stabilized by fly ash and 15% sea sand. This research was conducted at the Soil Mechanics Laboratory, Civil Engineering Study Program, University of Muhammadiyah Mataram by researching the permeability of clay soil mixed with 15% sea sand variations and 5%, 10%, 15%, and 20% fly ash variations. In addition, a mixture of sea sand and fly ash was used to conduct the water content test, liquid limit, plastic limit, shrinkage limit, specific gravity, filter analysis, and hydrometer test. The original soil plasticity index value, which was 45.03%, was determined by testing the physical characteristics of the soil. Because sea sand and fly ash did not absorb water, the plasticity index value fell after adding the combination. The permeability values using the falling head and constant head methods on the original soil are $11,678 \times 10^{-2}$ and 11.00×10^{-2} with a mixture of 15% sea sand and 5% fly ash. The permeability values are $9,990 \times 10^{-4}$, and $8,80 \times 10^{-3}$, a mixture of 15% sea sand and 10% fly ash got a permeability value of 9.188×10^{-4} , and 5.50×10^{-3} , a mixture of 15% sea sand and 15% fly ash got a permeability value of 7.020×10^{-4} and 4.40×10^{-3} , and a mixture of 15% sea sand and 20% fly ash obtained the permeability values of 5.020×10^{-4} and 2.50×10^{-3} . This result shows that more materials added to sea sand and fly ash can reduce the permeability value of the soil.

KEYWORDS: Clay, Sea Sand, F



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lantai merupakan salah satu material yang berperan penting dalam menunjang bangunan, sehingga harus memiliki struktur yang kokoh. Tanah yang mengandung lebih banyak air daripada berat partikel padat tidak terlalu baik. Pemeriksaan aliran air melalui pori-pori tanah sangat diperlukan dan sangat berguna untuk memperkirakan jumlah air yang menembus tanah. Uji permeabilitas dilakukan untuk menentukan konduktivitas hidrolik. Hal ini memungkinkan sifat fisik tanah dan aktivitas tanah berkorelasi dengan nilai konduktivitas hidrolik. (Andriani et al., 2012).

Karena besarnya aliran air dalam tanah dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang struktur teknik, maka perlu diketahui nilai koefisien infiltrasi tanah. Air yang meresap dengan cepat ke dalam tanah dapat mempengaruhi stabilitas tanah sebagai tapak bangunan. Air tanah berkecepatan tinggi mengurangi stabilitas tanah dan sebaliknya.

Tanah adalah bahan bangunan yang komposisi agregatnya bisa sangat kompleks, heterogen dan ambigu. Kekuatannya dapat dinilai dari beberapa faktor, antara lain: B. Jenis Tanah, Kepadatan Tanah, Kondisi Cuaca, dan Cara Uji Kekuatan Tanah. Jenis tanah juga dapat ditentukan dengan gradasi, konsistensi, dan beberapa parameter lainnya. Dalam konstruksi bangunan, tanah dasar adalah lapisan tanah yang menerima beban dari lapisan perkerasan di atasnya dan juga merupakan bagian akhir yang dapat menerima distribusi beban dari struktur permukaan. Tanah lapisan bawah juga mempengaruhi tingkat tidak ekonomisnya konstruksi bangunan, karena daya dukung tanah lapisan bawah dapat menentukan tebal dan tebalnya lapisan perkerasan pada pondasi. (Cheala, 2011).

Secara umum sebagian besar dari wilayah Indonesia terdapat tanah lempung yang bersifat kembang susut yang cukup tinggi, volumenya dapat berubah dan mengembang apabila kadar airnya bertambah. Volume tanah bisa membesar dalam keadaan basah lalu akan menyusut apabila tanah berada dalam keadaan kering. Sifat tanah inilah yang bisa mengakibatkan kerusakan pada konstruksi, khususnya bagian pondasi yang merupakan salah satu konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan bangunan langsung pada tanah. Pondasi inilah yang akan berfungsi menyalurkan beban konstruksi langsung ke tanah. Kerusakan ini bisa disebabkan karena meningkatnya volume tanah yang menyebabkan meningkatnya volume air pada tanah yang biasanya terjadi hanya disuatu tempat pada bagian pondasi. (Andriani dkk, 2012)

Berdasarkan pada perkembangan zaman perlu adanya pertimbangan yang matang mengenai lingkungan sekitar kita. Baik di tinjau dari segi ekonomi, perindustrian, pertanian, sosial, budaya dan pertahanan keamanan guna lebih meratakan hasil pembangunan yang akan di capai. Faktor penunjang bidang-bidang tersebut adalah tersedianya jalan yang memadai guna dengan cara pencampuran tanah tersebut dengan *fly ash* dan pasir laut. Oleh karena itu timbul satu pemikiran akan perlunya perbaikan terhadap tanah lempung dengan penambahan *fly ash* dan pasir laut untuk meningkatkan terhadap sifat mekanis tanah lempung daya dukung tanah akan menjadi stabil.

Kajian menggunakan bahan lokal berupa pasir laut sebagai bahan penstabil yang digunakan dalam penelitian, yaitu pasir laut atau pasir laut yang dipengaruhi oleh kondisi laut (air pasang surut). Pasir laut yang dipengaruhi oleh pasang surut memiliki salinitas yang tinggi. Garam dapat mengisi stomata saat kering dan memiliki sifat pozzolonik saat basah. (Eden Mina et al., 2017)

Pasir laut yang digunakan sebagai penstabil mengandung garam. Dapat memfasilitasi reaksi pozzolan pada tanah lempung berupa larutan garam yang dapat menghasilkan ion-ion yang berperan sebagai katalis. Garam kering berbentuk kristal dan dapat mengisi pori-pori antar partikel tanah. Garam digunakan untuk menambah nilai tanah liat dan berfungsi baik sebagai larutan maupun dalam bentuk

kristal. Pasir dapat memadatkan gradasi tanah liat, menahan sifat susut tanah, dan meningkatkan kepadatannya. (Kusuma et al., 2017)

Berdasarkan uraian penjelasan diatas perlu dilakukan penulis terkait penambahan pasir laut dan *fly ash* sebagai salah satu upaya umum mengenai besarnya nilai permeabilitas yang di campur dengan pasir laut dan *fly ash*. Oleh penulis mengenai judul nilai permeabilitas tanah lempung yang distabilitas pasir laut dan *fly ash* terhadap sifat-sifat yang berdasarkan uji laboratorium. Kajian ini bertujuan untuk melakukan penyesuaian pengaruh pasir laut dan *fly ash* sebagai bahan tambahan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimanakah dampak penambahan pasir laut dan *fly ash* terhadap upaya permeabilitas tanah lempung ?
2. Berapa variasi campuran *fly ash*, pasir laut untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas yang dapat dihasilkan untuk dapat digunakan sebagai stabilisasi tanah lempung?
3. Apa manfaat dan tujuan Permeabilitas tanah lempung dengan pasir laut menggunakan *fly ash* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Mengetahui besarnya Koeifisien Rembesan penambahan pasir laut dan *fly ash* terhadap tanah lempung;
2. Mengetahui proporsi campuran pasir laut dan *fly ash* untuk mencapai nilai Koefisien Rembesan yang dapat dihasilkan untuk digunakan sebagai stabilisasi tanah lempung;
3. Stabilisasi tanah lempung menggunakan pasir laut dan *fly ash* agar bisa mengetahui besaran rembesan yg terjadi pada tanah.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menambah pilihan bahan campuran pada struktur bangunan sipil;
2. Memperoleh ilmu pengetahuan tentang koefisien permeabilitas campuran pasir laut dan *fly ash*;
3. Mampu mengatasi salah satu masalah dalam pembangunan sipil dengan mengetahui koefisien permeabilitas tanah lempung;
4. Dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat untuk perencanaan struktur konstruksi sipil dengan memperhatikan nilai permeabilitas tanah di Desa Tanak Awu Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah;
5. Sebagai pengembangan ilmu teknik sipil khususnya dalam bidang Geoteknik.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Mataram. Batasan masalah ini digunakan untuk membatasi masalah yang terlalu luas mengingat masalahnya terlalu luas, serta batasan waktu dan biaya yang dibatasi sebagai berikut::

1. Tanah yang digunakan sebagai bahan penelitian merupakan sampel tanah yang diambil di Desa Tanak Awu Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah;
2. Bahan tambah yang digunakan sebagai bahan stabilisasi menggunakan pasir laut dan *fly ash*;
3. Tidak melakukan pengujian kandungan mineral pada tanah;
4. Tidak menguji kandungan kimia yang terdapat pada pasir laut;
5. Metode yang dilakukan pada penelitian yang akan dilakukan yaitu uji tanah di laboratorium seperti pengujian kadar air, batas cair, batas plastis, batas susut, berat jenis tanah, dan hidrometer.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Surendro (2015) berpendapat bahwa tanah adalah kumpulan batuan lapuk yang menempati sebagian besar daratan bumi tempat tumbuhan dapat tumbuh dan merupakan tempat hidup organisme lain. Tanah memiliki sifat peka terhadap iklim dan organisme yang berinteraksi dengan bahan matriks selama periode waktu tertentu.

Tanah dapat dibagi menjadi tiga jenis atau kategori: tanah non-kohefif, tanah kohefif dan tanah organik. Tanah non-kohefif memiliki partikel lepas (tidak mengikat), tanah non-kohefif meliputi kerikil, pasir, dan lumpur, tergantung lokasinya. Segala macam bangunan, seperti gedung, jalan raya, rel kereta api, jembatan, bendungan, dll, harus dibangun di atas tanah, sehingga tanah tersebut harus memenuhi persyaratan tertentu untuk menahan beban yang dilemparkan oleh bangunan di atasnya. (Hatmoko dan Suryadharma, 2020)

Teknologi amandemen tanah memiliki prinsip dasar bahwa tanah yang buruk dapat diperbaiki (dalam banyak cara) melalui sifat-sifat tanah. Jika diinginkan peningkatan daya dukung tanah dan kuat geser tanah, beberapa parameter tanah harus diperbaiki, seperti: B. Berat volume tanah (γ), kohesi tanah (c), sudut geser tanah (ϕ), dan tekanan pori dalam tanah (u). Demikian pula, jika kita ingin mendapatkan lapisan tanah yang kedap air, ini dapat dicapai dengan mengurangi koefisien infiltrasi tanah (k). Di sisi lain, jika lapisan tanah dengan permeabilitas tinggi diperlukan, konduktivitas hidrolik tanah (k) harus ditingkatkan. (Darwis, 2017)

Aditif (stabilisasi) atau kimia amandemen tanah dilakukan dengan menambahkan bahan kimia buatan pabrik seperti Geosta dan bahan kimia turunan limbah seperti fly ash, abu sekam padi, dan abu ampas tebu. atau bahan kimia lain yang dapat bereaksi dengan tanah. Pencampuran bahan tambah dengan tanah dapat dilakukan dengan cara diblender (pencampuran) atau dituang. Ketika bahan tambahan disuntikkan di bawah tekanan tertentu dari lubang bor ke dalam rongga bawah tanah atau antara tanah dan struktur, prosesnya disebut grouting. (Hatomoko dan Suryadharma, 2020)

Secara umum pasir laut dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pasang surut dan non pasang surut. Pasir laut pasang surut berada dalam jarak 50 meter dan sering terendam. Pasir laut yang tidak terpengaruh pasang surut adalah pasir yang berjarak lebih dari 50 meter dan tidak terendam air laut. (Iduwin, 2017)

Fly ash (abu terbang) adalah limbah yang dikumpulkan dari pembangkit listrik tenaga uap atau pabrik baja yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Koleksi FA ini terutama dirancang untuk mencegah polusi udara. Ketersediaan BS yang melimpah memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan bangunan seperti yang telah digunakan di masa lalu, yaitu sebagai aditif dalam campuran semen dan beton fly ash. Serupa dengan penggunaan FA sebagai bahan tambahan dalam campuran beton, FA juga dapat digunakan sebagai penstabil tanah. Hal ini dimungkinkan karena bahan tersebut tergolong psoran karena kandungan unsur silikat dan aluminatnya yang tinggi (McCarthy et al., 2017)

Laju penetrasi tanah secara horizontal melalui pori-pori dan secara vertikal. Tanah adalah kumpulan partikel padat dengan rongga-rongga yang saling berhubungan. Rongga ini memungkinkan air dalam partikel mengalir melalui rongga dari titik tinggi ke titik rendah. Sifat tanah untuk memungkinkan air melewatinya pada laju aliran spesifik yang berbeda disebut permeabilitas tanah. Sifat ini disebabkan oleh ukuran butir tanah, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain (seperti ikatan air dalam lempung). Dengan demikian, tanah yang berbeda memiliki permeabilitas yang berbeda. (Sholeh, 2016)

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Ariana (2021) melakukan penelitian dimana permeabilitas atau permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk melewatkan air. Air yang dapat melewati dasar hampir selalu linier. Besarnya infiltrasi sangat dipengaruhi oleh permeabilitas air (permeabilitas) tanah bendungan. Untuk itu ditambahkan zat aditif yang diharapkan dapat meningkatkan tingkat kepadatan dan kekuatan tanah dengan cara membatasi laju permeasi melalui tanah, sehingga nilai permeansi sesuai dengan standar. Nilai dari pekerjaan teknik sipil yang akan dibangun. Pasir laut dan fly ash digunakan sebagai penstabil tanah karena berbutir kasar dan dapat mengisi pori-pori tanah serta berperan sebagai pengikat yang kuat sehingga mengurangi penyerapan air. Dari sampel tanah pertama hingga sampel keempat, dilakukan pengujian konduktivitas hidrolis secara berurutan dan hasilnya adalah $1,171 \times 10^{-6} \text{ cm/s}^2$, $1147 \times 10^{-6} \text{ cm/s}^2$, $1140 \times 10^{-6} \text{ cm/s}^2$, dan $1085 \times 10^{-6} \text{ cm/s}^2$, dan nilai aktivitas untuk sampel tanah pertama hingga keempat adalah 0,6788, 0,2976, 0,2396, dan 0,2341, menunjukkan bahwa hubungan antara nilai aktivitas tanah menurun dengan penurunan koefisien permeabilitas meningkat.

Ruli (2018) menggunakan limbah fly ash sebagai bahan penstabil dan meneliti pengaruh penambahan 5% fly ash terhadap nilai permeabilitas yang bervariasi. Menambahkan 8%, 10% dan 15% fly ash dapat meningkatkan kohesi di tanah asli. Penambahan 5% fly ash pada tanah yang mengandung kadar fly ash yang konstan meningkatkan nilai kohesi tanah dan menurunkan sudut geser dibandingkan dengan variasi fly ash saja. Penambahan fly ash 5% secara bersamaan meningkatkan kekuatan kohesif tanah asli dan cenderung menurunkan nilai sudut geser tanah asli dengan waktu pengerasan. Peningkatan nilai kohesi tanah asli dan penurunan sudut geser internal terjadi dengan peningkatan proporsi fly ash, dengan deviasi 5% fly ash. Namun semakin lama waktu curing maka nilai optimal penambahan fly ash 10% turun menjadi penambahan fly ash 15%. Penambahan 5% fly ash dan 10% fly ash memberikan kohesi maksimum pada waktu pemeraman 7 hari, 4195 kg/cm² pada sudut geser internal 25,734°. Indera dkk (2017) melakukan penelitian Stabilisasi tanah lempung dengan bahan editif *fly ash* sebagai susunan pondasi pada bangunan sipil di desa gasing, tanjung api-

api, Palembang. Bahan tambah campuran dengan tujuan untuk memperbaiki karakteristik tanah serta meningkatkan kekuatan daya dukung tanah dasar perkerasan jalan. Variasi persentase bahan tambah *fly ash* dengan campuran sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5%. Hasil penelitian mengatakan bahwa sifat fisik tanah termasuk tanah lempung tinggi dengan indeks plastisitasnya 17,32% dan pada campuran 7,5% *fly ash*, tanah lempung ini bisa dijadikan sebagai (Ibrahim, 2014). Stabilisasi tanah lempung lunak menggunakan *fly ash* untuk melihat pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan bebas di desa Sudimanik Kec. Cibaliung Kab. Pandeglang juga dilakukan oleh (Indera dkk., 2017) dengan variasi, campuran *fly ash* adalah 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat tanah kering. Hasil penelitian mengatakan bahwa tanahnya termasuk tanah lempung gemuk dan pada persentase 15% bahan tambah *fly ash* adalah kondisi optimum dari kuat tekan bebas tanah tersebut dengan waktu pemeraman 15 hari.

Muriono dkk. (2019) Moh Muntah, Vol. 8, No. 1, Feb. 2010, Menggunakan alat 'kolom perkolasi' untuk menghitung koefisien permeabilitas (kw) tanah tak jenuh, aliran air ke dalam tanah. Penetrasi. Pengaruh perubahan kadar air terhadap koefisien permeabilitas (kw) tanah tak jenuh. Alat "Kolom Perkolasi" dibuat untuk menghitung koefisien permeabilitas tanah tak jenuh (kW). Hasil penelitian. Resistivitas tanah (ρ) menurun dengan meningkatnya tingkat kejenuhan/kandungan tanah. Juga sebaliknya. Konduktivitas hidrolik (kw) tanah tak jenuh pada kadar air 12% adalah $1,35 \times 10^{-9}$ m/s, dihitung menggunakan persamaan Campbell (2), dan konduktivitas hidrolik tanah tak jenuh didefinisikan sebagai "kolom" permeabilitas (kW) adalah $1,338 \times 10^7$ m/s.

2.2 Landasan Teori

Surendro (2015) berpendapat bahwa tanah adalah suatu benda yang dapat dikatakan terdiri dari dua bagian yaitu partikel (padatan) dan rongga. Padatan adalah bagian tanah yang tersusun dari partikel tanah, dan rongga adalah bagian tanah yang dapat diisi air dan/atau udara. Ketika rongga diisi dengan udara, tanah dikatakan kering. Ketika rongga diisi dengan udara dan air, tanah dikatakan lembab. Jika tanah jenuh dengan air,

rongga hanya terdiri dari air, dan dalam situasi ini volume rongga sama dengan volume air..

Keterangan notasi-notasi yang biasanya terdapat pada hubungan antara berat dan volume tanah:

V	=	Volume tanah total = $V_a + V_w + V_s$	W_a	=	Berat udara = 0
V_a	=	Volume udara	W_w	=	Berat air = $V_w \cdot T$
V_w	=	Volume air	W_s	=	Berat butir = $V_s \cdot T_s$
V_s	=	Volume butir = $V - V_v$	W_s	=	Berat butir
V_v	=	Volume voids/pori/rongga = $V - V_s$	W_a	=	Berat udara
W	=	Berat tanah total = $W_a + W_w + W_s$	W_w	=	Berat air

Terdapat juga beberapa istilah-istilah penting yang ada dalam ilmu mekanika tanah sebagai berikut:

- Berat volume tanah kering (γ_d) adalah perbandingan antara berat butir (W_s) dengan volume tanah total (V) atau dapat ditulis, $\gamma_d = (W_s / V)$;
- Berat volume *solid* (γ_s) adalah perbandingan antara berat butir (W_s) dengan volume butir (V_s) atau dapat ditulis, $\gamma_s = (W_s / V_s)$;
- Berat volume air (γ_w) adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan volume air (V_w) atau dapat ditulis, $\gamma_w = (W_w / V_s)$;
- Kadar air (w) adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butir (W_s) atau dapat ditulis, $w = (W_w / W_s)$;
- Angka pori (e) adalah perbandingan antara volume pori (V_v) dengan volume butir (V_s) atau dapat ditulis, $e = (V_v / V_s)$;
- Kadar pori (n) adalah perbandingan antara volume pori (V_v) dengan volume tanah total (V) atau dapat ditulis, $n = (V_v / V)$;
- Berat jenis tanah (G) adalah perbandingan antara berat volume butir (V_s) dengan berat volume air (V_w) atau dapat ditulis, $G = (\gamma_s / \gamma_w)$;

- h. Derajat kejenuhan air atau derajat kekenyangan air (S) adalah Perbandingan antara volume air (V_w) dengan volume pori (V_v) atau dapat ditulis, $S = (V_w / V_v)$.

2.2.1 Tanah Lempung

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

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

Menurut Hardiyatmo (2002) tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (loose), yang terletak diatas batuan dasar (bedrock).

Tanah dikatakan lempung karena memiliki indeks plastisitas yang menggambarkan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Oleh karena itu, plastisitas tanah dapat dilihat dari indeks plastisitas. Jika indeks plastisitas tanah (PI) tinggi, maka tanah tersebut banyak mengandung partikel lempung. Namun, jika indeks plastisitas (PI) rendah seperti pada B. lanau, sedikit penurunan kadar air dapat menyebabkan tanah mengering. Nilai Indeks Plastisitas untuk tanah ini adalah 29,6%. Batas indeks plastisitas, sifat, jenis tanah dan kekuatan kohesif yang dilaporkan oleh uji Atterberg dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2 di bawah ini..

Tabel 2.1 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Jumikis, 1962)

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Tabel 2.2 Jenis tanah berdasarkan nilai *PI* (Chen, 1975)

Potensi Pengembangan	Indeks Plastisitas (<i>IP</i>)
Rendah	0 - 15
Sedang	10 – 35
Tinggi	20 – 55
Sangat tinggi	> 35

2.2.2 Pasir Laut

Pasir laut yang digunakan sebagai penstabil mengandung garam. Dapat memfasilitasi reaksi pozzolan pada tanah lempung berupa larutan garam yang dapat menghasilkan ion-ion yang berperan sebagai katalis. Garam kering berbentuk kristal dan dapat mengisi pori-pori antar partikel tanah. Garam digunakan untuk menambah nilai tanah liat dan berfungsi baik sebagai larutan maupun dalam bentuk kristal. Pasir dapat memadatkan gradasi tanah liat, menahan sifat susut tanah, dan meningkatkan kepadatannya. (Kusuma et al, 2017)

Pasir laut secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua jenis: pasir laut yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan pasir laut yang tidak terpengaruh oleh pasang surut air laut. Pasir laut pasang surut berada dalam jarak 50 meter dan sering terendam. Pasir laut yang tidak terpengaruh pasang surut adalah pasir yang berjarak lebih dari 50 meter dan tidak terendam air laut. (Idwin, 2017)

2.2.3 Abu terbang (*fly ash*)

Fly ash adalah senyawa limbah berbahaya yang dibuang sebagai akibat dari pembakaran batubara. Limbah fly ash diproduksi di Indonesia dalam jumlah yang sangat besar dan menimbulkan masalah lingkungan yang memerlukan pembuangan yang serius. Untuk mengurangi timbulan limbah tersebut, fly ash merupakan pozzolan yang mengandung silika dan alumina kadar tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif bahan campuran dalam stabilisasi lapisan tanah (Pinasang et al., 2016). Kemampuan fly ash untuk memungkinkan pengerasan, pengikatan, dan peningkatan kuat tekan saat bereaksi dengan air, disebut sebagai sifat self-cementing (Polii et al., 2018). Senyawa yang terkandung dalam fly ash itu sendiri antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3), dan kalsium oksida (CaO). (Ibrahim, 2014)

2.2.4 Stabilisasi Tanah

Fly ash adalah senyawa limbah berbahaya yang dibuang sebagai akibat dari pembakaran batubara. Limbah fly ash diproduksi di Indonesia dalam jumlah yang sangat besar dan menimbulkan masalah lingkungan yang memerlukan pembuangan yang serius.

Untuk mengurangi timbulan limbah tersebut, fly ash merupakan pozzolan yang mengandung silika dan alumina kadar tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif bahan campuran dalam stabilisasi lapisan tanah (Pinasang et al., 2016). Kemampuan fly ash untuk memungkinkan pengerasan, pengikatan, dan peningkatan kuat tekan saat bereaksi dengan air, disebut sebagai sifat self-cementing (Polii et al., 2018). Senyawa yang terkandung dalam fly ash itu sendiri antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3), dan kalsium oksida (CaO). (Ibrahim, 2014).

2.2.5 Stabilisasi tanah dengan pasir laut

Pasir laut yang digunakan sebagai penstabil tanah memiliki kandungan garam yang tinggi pada pasirnya. Zat pembentuk garam terlarut, yang kandungannya diukur dalam hal salinitas, dibagi menjadi empat kelompok: Komponen: Cl, Na, SO₄, dan Mg Unsur: I, Fe, Mn, Pb dan Hg Sedangkan garam dalam larutan membentuk ion yang bertindak sebagai katalis untuk memfasilitasi reaksi pozzolan dari tanah liat. Dalam bentuk kering, garam dalam bentuk kristal mengisi ruang pori di antara partikel lempung. Artinya pasir laut, baik dalam larutan maupun sebagai kristal (kering), berfungsi untuk meningkatkan daya dukung lempung. (Mina et al., 2017)

2.2.6 Bahan tambah pasir laut

Pasir laut yang digunakan sebagai penstabil mengandung garam. Dapat memfasilitasi reaksi pozzolan pada tanah lempung berupa larutan garam yang dapat menghasilkan ion-ion yang berperan sebagai katalis. Garam kering berbentuk kristal dan dapat mengisi pori-pori antar partikel tanah. Garam digunakan untuk menambah nilai tanah liat dan berfungsi baik sebagai larutan maupun dalam bentuk kristal. Pasir dapat memadatkan gradasi tanah liat, menahan sifat susut tanah, dan meningkatkan kepadatannya. (Kusuma et al., 2017)

Pasir laut secara umum terbagi menjadi dua jenis yaitu pasir laut yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan pasir laut yang tidak terpengaruh oleh pasang surut air laut. Pasir laut pasang surut berada dalam jarak 50 meter dan sering terendam. Pasir laut yang tidak terpengaruh pasang surut adalah pasir yang berjarak lebih dari 50 meter dan tidak terendam air laut. (Idwin, 2017)

2.2.7 Klasifikasi Tanah

2.2.7.1 *Unified Soil Classification System (USCS)*

Sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan di laboratorium yang paling banyak adalah sistem unified (USCS). Standar Indonesia, SNI 03-6371-2000: Tata Cara Pengklasifikasian Tanah Dengan Cara Unifikasi Tanah, yaitu menguraikan prosedur untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan *Unified Soil*

Classification System (USCS). Sistem klasifikasi ini dikembangkan oleh Casagrande selama perang dunia kedua untuk Kesatuan *Engineering* Angkatan Darat Amerika. Pada tahun 1969 sistem ini diadopsi oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM) sebagai metode klasifikasi tanah (ASTM D 2487). Pengklasifikasian tanah ini dilakukan berdasarkan hasil pengujian laboratorium, yaitu: Analisa distribusi partikel dan batas-batas Atterberg.

Di bawah Sistem Terpadu (USCS), tanah kasar (pasir dan kerikil) diklasifikasikan jika mengandung kurang dari 50% ($F_{200} < 50$) saringan #200, dan tanah halus (lempung/lanau) jika mengandung lebih dari 50% akan Melalui saringan 200 ($F_{200} \geq 50$). Simbol yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah menggunakan sistem klasifikasi USCS adalah::

G = Kerikil

S = Pasir

C = Lempung

M = Alluvium (celah)

O = Retak atau lempung organik

Pt = Gambut dan tanah sangat organik (gambut dan tanah sangat organik)

W = Rata

P = Bertahap kemiskinan

H = Daktilitas tinggi

L = Daktilitas rendah

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah sistem USCS

Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir - lempung
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir - lempung
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir - lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan Lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (*lean clays*)	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi			P1	Gambut (*peat*) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

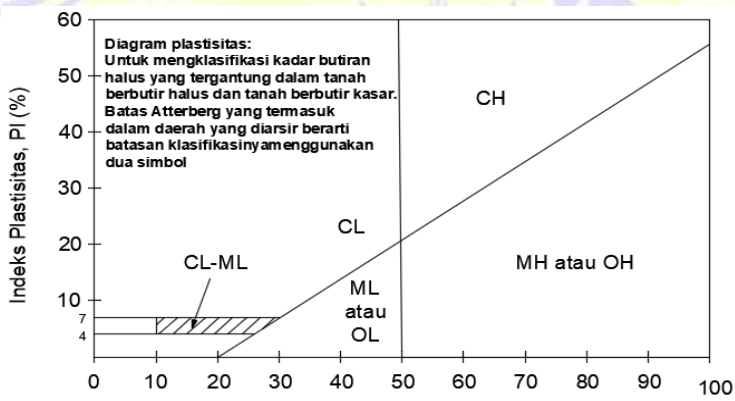
Sumber: ASTM, (1982)

Tanah berbutir halus diklasifikasikan menurut batas Atterberg, yaitu lanau dan liat, jika lebih dari 50% diayak melalui saringan 200 atau 75 mm dan mengandung bahan organik dalam jumlah yang signifikan. Diagram Casagrande digunakan untuk membedakan tanah dengan nilai LL di bawah atau di atas 50 (simbol L dan H) dari tanah anorganik di atas atau di bawah A-line..

Tabel 2.2 Klasifikasi tanah sistem USCS (kriteria laboratorium)

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200 : GW, GP, SW, SP, lebih dari 12% lolos saringan no. 200 : GM, GC, SC, 5% - 12% lolos saringan no. 200 : batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel	Kriteria Laboratorium	
	$C_u = D_{40}/D_{10} > 4$, $C_c = ((D_{30})^2)/(D_{10})$	
	Tidak memenuhi kriteria untuk GW	
	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	
	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$, $C_c = ((D_{30})^2)/(D_{10})$	
	Tidak memenuhi kriteria untuk SW	
	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Batas - batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	

Diagram plastisitas:
Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang tergantung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol



Indeks Plastisitas, PI (%)

Batas Cair LL (%)
Garis A : $PI = 0,73 (LL - 20)$

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber: ASTM, (1982)

2.2.7.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai Sistem Klasifikasi Manajemen Jalan Raya. Sistem klasifikasi AASHTO (Association of American State Highway and Transportation Officials) membantu menentukan kualitas tanah saat merancang tanah dasar berdasarkan timbunan jalan, lapisan dasar, dan gradasi tanah .

Prosedur pengelompokkan dengan sistem ini memerlukan data-data antara lain: data analisis ukuran partikel, batas cair (LL) dan indek plastisitas (IP) dan proses pengerjaannya dari kiri ke kanan sampai didapat kelompok tanah yang tepat. Tanah dikelompokkan ke dalam tujuh kelompok besar , yaitu A-1 sampai dengan A-7. Pengelompokkan dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Tanah yang berbutir (*granular soils*) merupakan tanah yang 35% atau kurang lolos ayakan no. 200 sehingga dikelompokkan menjadi A-1, A-2 dan A-3;
2. Tanah lanau-lempung (*silt-clay minerals*) merupakan tanah yang lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no. 200 dikelompokkan sebagai A-4, A-5, A-6 dan A-7.

Beberapa kriteria penting yang harus diperhatikan pada metode ASSHTO adalah:

1. Ukuran butiran;
 - a. Krikil (*gravel*) adalah bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan tertahan pada ayakan no. 20 (2 mm).
 - b. Pasir (*sand*) adalah fraksi tanah yang lolos ayakan no. 10 (2 mm) dan yang tertahan ayakan no. 200 (0,075 mm).
 - c. Lanau dan lempung (*silt dan clay*) adalah bagian yang lolos saringan no. 200.
2. Plastisitas atau berlanau (*silty*) digunakan pada fraksi halus dari tanah tersebut memiliki nilai *plasticity index* (IP) sebesar 10 atau kurang, sedangkan nama lempungan (*clayey*) dipakai bila bagian yang halus dari tanah memiliki indeks plastisitas 11 atau lebih;
3. Apabila terdapat batuan yang ukurannya lebih besar dari 75 mm ditemukan di dalam contoh tanah maka batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu dan persentase batuan tersebut harus dicatat.

Pengklasifikasian tanah dilakukan dengan cara memproses dari kiri ke kanan pada bagan AASHTO, sampai menemukan kelompok pertama yang data pengujian bagi tanah tersebut yang terpenuhi. Khusus untuk tanah-tanah yang mengandung bahan butir halus diidentifikasi lebih lanjut dengan indeks kelompoknya.

Selain kelompok dan subkelompok tanah yang relevan, angka yang disebut Indeks Kelompok (GI) juga diperlukan untuk mengoreksi kualitas (kualitas) tanah substrat jalan. Harga GI ini berada dalam tanda kurung setelah nama grup dan subgrup properti yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

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

dengan,

GI = Indeks kelompok (*group index*)

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

LL = Batas cair

PI = Indeks plastisitas

Kelompok pertama dari persamaan 2.7, yaitu $(F - 35)[0,2 + 0,005 (LL - 40)]$, adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL). Kelompok yang kedua yaitu $0,01(F - 15)(PI - 10)$, adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (PI). Berikut adalah aturan untuk menentukan harga indeks grup:

1. Apabila persamaan (2.7) menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol (0)
2. Indeks grup yang dihitung dengan menggunakan persamaan (2.7) dibulatkan ke angka yang paling dekat (sebagai contoh: $GI = 3,4$ dibulatkan menjadi 3,0; $GI = 3,5$ dibulatkan menjadi 4,0)
3. Tidak ada batasan untuk indeks grup
4. Indeks group untuk tanah yang masuk ke dalam kelompok A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5, dan A-3 selalu sama dengan nol (0)
5. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk nilai PI saja yang digunakan, yaitu:

$$GI = 0,01(F - 15)(PI - 10).....(2.2)$$

dengan,

GI = Indeks kelompok (*group index*)

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

PI = Indeks plastisitas

Pada umumnya, kualitas tanah yang digunakan untuk bahan tanah dasar dapat dinyatakan sebagai kebalikan dari indeks grup.

Untuk jenis tanah yang berbutir kasar dibagi menjadi tujuh golongan, seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi tanah sistem AASHTO (tanah berbutir kasar)

No	Klasifikasi umum	Tanah berbutir kasar (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no. 200)						
		A - 1		A-3	A-2			
1	Klasifikasi ayakan	A-1-a	A-1-b		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6
2	Analisa Ayakan (% lolos)							
	No. 10	Maks 50						
	No.40	Maks 30	Maks 50	Maks 51				
	No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
3	Sifat fraksi yang lolos No. 40							
	Batas Cair (LL)	-	-		Maks 40	Maks 41	Maks 40	Maks 41
	Indeks plastisitas (IP)	Maks 6	Maks 7		Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
4	Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil, pasir	Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau				
5	Penilaian Sebagai bahan tanah dasar	Baik Sekali sampai Baik						

Sumber: Das, (1998)

Tabel 2.4 Klasifikasi tanah sistem AASHTO (tanah berbutir halus)

No	Klasifikasi Umum	Tanah Lanau - Lempung (lebih dari 35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
		A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A-7-5/A-7-6
1	Klasifikasi Ayakan				
2	Analisa Ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	- - Min 36	- - Min 36	- - Min 36	- - Min 36
3	Sifat fraksi yang lolos Ayakan No. 40 batas Cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Min 40 Min 11	Min 41 Min 11
4	Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah Berlempung	
5	penilaian sebagai bahan tanah dasar	Sedang Sampai Buruk			

2.2.8 Distribusi Ukuran Butir Tanah

Tujuan dari uji distribusi ukuran partikel tanah ini adalah untuk mengetahui distribusi ukuran partikel (kemiringan) tanah. Ukuran partikel lebih besar dari 0,075 mm digunakan untuk analisis saringan dan ukuran partikel tanah kurang dari 0,075 mm digunakan untuk analisis hidrometer. Analisis saringan dilakukan dengan menggunakan saringan dengan berbagai ukuran. Analisis hidrometri didasarkan pada prinsip sedimentasi atau pengendapan partikel tanah dalam air,

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan,

L = Panjang efektif atau jarak yang ditempuh butiran

t = Waktu pengamatan

K = Koreksi terhadap temperature dan berat jenis

2.2.9 Kadar air

Kadar air adalah persentase air yang terkandung dalam bahan atau tanah yang dijadikan sampel penelitian, dalam satuan berat, berdasarkan berat basah atau kering..

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

W_1 = Berat ember kosong

W_2 = Berat ember tanah basah

W_3 = Berat ember tanah kering

$W_2 - W_3$ = Berat air (W_w)

$W_3 - W_1$ = Berat tanah kering (W_s)

2.2.10 Berat Jenis

Berat jenis partikel tanah adalah perbandingan antara massa kandungan partikel tanah dengan massa kandungan air (Standar Nasional Indonesia SNI 1964-2008). Berat jenis suatu bahan didefinisikan sebagai perbandingan berat suatu bahan dengan kandungan yang sama dan jumlah air yang konstan untuk menentukan berat jenis bahan dari partikel tanah. Setiap uji tanah diperiksa atau diuji di laboratorium untuk secara akurat menentukan nilai berat jenis butir, atau umumnya G_s .

$$G = \left(\frac{\text{Berat butir}}{\text{Berat air dan volume yang sama}} \right) = \frac{W}{W_w}$$

$$G = \left(\frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \right) = \left(\frac{(W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan,

- G = Berat jenis tanah
- W_1 = Berat cawan kosong (g)
- W_2 = Berat cawan + tanah basah (g)
- W_3 = Berat cawan + tanah kering (g)
- W_4 = Berat cawan + air penuh (g)

2.2.11 Batas Atterberg

Batas Atterberg (batas konsistensi tanah) adalah ukuran yang menjadi titik acuan (parameter) terpenting dalam menentukan sifat-sifat tanah lempung. Batas Atterberg juga merupakan nilai kadar air yang dinyatakan sebagai batas plastis, eksponen plastis, titik luluh, dan perilaku tanah yang berbeda dari hasil penelitian sehingga dapat dihubungkan dengan kurva tegangan-regangannya masing-masing. (Ray et al., 2019)

1. Batas cair (*liquid limit*).

Batas Cair (LL) adalah pengujian yang menentukan kadar air tanah pada batas antara kondisi tanah cair dan kondisi plastisitas, yang menunjukkan kadar air minimum yang dapat mengalir di bawah beratnya. Batas cair biasanya dihitung dari uji Casagrad (1948).

2. Batas plastis (*Plastic Limit*).

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi pada yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Indeks plastisitas (*Plasticity indeks*),

Indeks Plastisitas (PI) adalah perbedaan antara titik luluh dan batas plastisitas. Indeks plastisitas dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan

2.3

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan,

- IP = Indeks Plastisitas

LL = Batas Cair
 PL = Batas Plastis

Indeks plastisitas adalah selang kadar air dimana tanah masih plastis. Oleh karena itu, indeks plastisitas menunjukkan plastisitas tanah. Jika PI tanah tinggi, tanah mengandung banyak partikel lempung. B. Lumpur jika PI rendah seperti di bawah ini. Sedikit penurunan kadar air mengeringkan tanah. Batas indeks plastisitas ditunjukkan pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

No	PI	Sifat	Macam Tanah	Koheisi
1	0	Non plastis	Pasir	Non koheisif
2	< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohoesif sebagian
3	7 – 7	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Koheisi
4	> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Koheisi

Sumber : Hardiyatmo , 2012.

4. Batas susut (*shrinkage limit*).

Batas susut (SL) dilakukan untuk menentukan kadar air. Atau batas di mana tanah jenuh air mengering dan tidak dapat menyusut lagi dengan pengeringan terus menerus, atau batas di mana ia menyusut lagi setelah kehilangan kadar air. Volume kotoran tidak lagi menyusut. Batas susut ini dimaksudkan untuk menentukan batas susut tanah yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.4

$$SL = \left(\frac{(m_2 - m_2)}{m_2} - \frac{(V_1 - V_2)\gamma_w}{m_2} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan:

SL

= Batas penyusutan (%)

m_1 = berat tanah basah dalam gelas uji (g)

m_2 = berat tanah kering oven (g)

V_1 = volume tanah basah dalam cawan (g)

V_2 = volume tanah kering oven (g)

w = berat volume air (g)

2.2.12 Pemadatan tanah

Pemampatan ini adalah proses mekanis yang dilakukan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum bahan uji melalui kompresi yang tepat dan kuat tekan yang ditentukan. Pemadatan juga mengurangi rongga dalam tanah dan membantu mencegah penyusutan dan penurunan tanah (Dwiretnani, 2018). Pemadatan rolling itu sendiri sangat berguna untuk diterapkan di lapangan untuk hasil yang tepat dalam pekerjaan pemeliharaan jalan. Kadar air adalah berat jenis basah tanah dan berat jenis kering tanah. Di sini kadar air dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1, sedangkan berat volumetrik basah tanah dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 (sumber: Hardiyatmo, 2012) di bawah ini..

$$\gamma_b = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \text{ gr/cm}^3 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan,

γ_b = Berat volume basah tanah (g)

W_1 = Berat silinder kosong (g)

W_2 = Berat silinder isi tanah basah (g)

V = Volume silinder (cm³)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \text{ gram/cm}^3 \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan,

γ_d = Berat volume kering tanah (g)

γ_b = Berat volume basah tanah (g)

w = Kadar air (%)

2.2.13 Potensi pengembangan tanah

Pengembangan tanah adalah suatu metode untuk mengidentifikasi derajat perkembangan tanah dari hubungannya dengan sifat fisik tanah, berdasarkan peraturan yang berlaku. Penentuan potensi pengembangan dapat dilakukan dengan menentukan nilai tingkat aktivitas tanah dan nilai batas Atterberg tanah dapat dicari berdasarkan Tabel 2.4 di bawah ini untuk menentukan potensi pengembangan tanah..

Tabel 2.4 Hubungan indeks plastisitas dan potensi pengembangan (Chen, 1975)

Potensi pengembangan	Indeks plastisitas
Rendah	0 – 15
Sedang	10 – 35
Tinggi	20 – 55
Sangat tinggi	> 35

(Sumber : Chen , 1975)

2.2.14 Permeabilitas

Transparansi pertama kali diperkenalkan oleh

Darcy 100 tahun yang lalu. Permeabilitas atau konduktivitas hidrolik adalah data tanah (soil property) yang menunjukkan seberapa banyak air yang dapat mengalir melalui tanah. Permeabilitas mempengaruhi semua masalah tanah yang mempengaruhi aliran air melalui lapisan tanah. B. Intrusi air di bawah bendungan, drainase tanah akibat beban, drainase tanah, bendungan dan timbunan kembali.

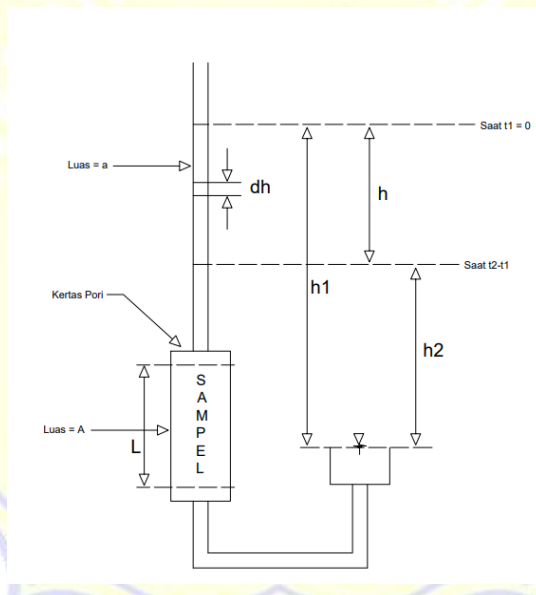
Tekanan gas dapat diterapkan ke permukaan suplai air untuk meningkatkan aliran gravitasi dan uji tekanan konstan di tanah permeabilitas rendah. (Disarankan untuk menutupi permukaan air dengan film saat memberi tekanan untuk mencegah gas keluar ke udara). Nilai h diubah menjadi satuan h dan kemudian diubah menjadi h ditambah nilai tekanan yang ditentukan.

1. Nilai koefisien permeabilitas dengan metode falling head dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$k = 2,303 + \frac{a \times l}{a \times t} \log \frac{h_1}{h_2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan,

- k = koefisien rembesan cm/dtk
- a = Luas penampang standpipe/silinder
- L = Panjang sampel tanah dalam parameter
- t = Waktu aliran
- h₁ = sisa air yang mengalir
- h₂ = jumlah air yang mengalir



Gambarr 2.5 Skema Pengujian *Falling Head*
(Sumber : Mc.Carthym, 2017)

Nilai koefisien permeabilitas dengan metode constant head dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$k = \frac{Q \times L}{A \times h \times t} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan.

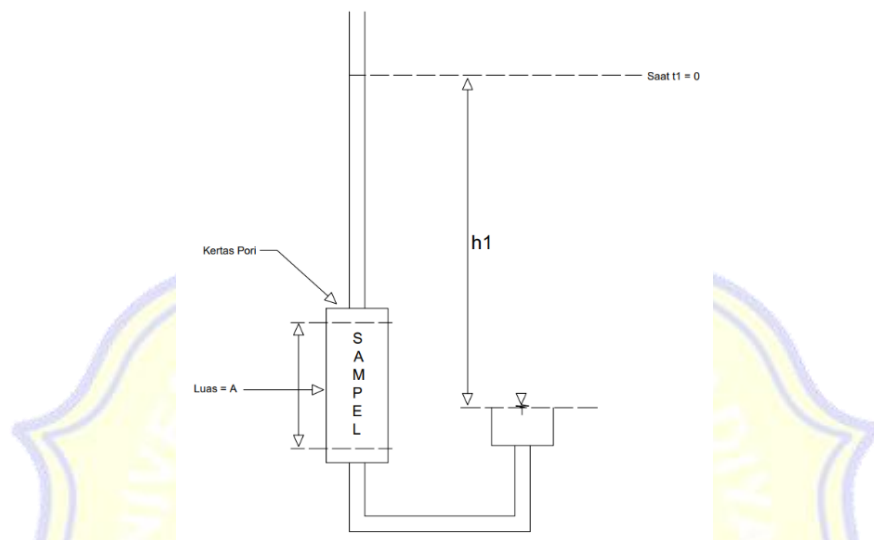
- K = koefisien rembesan cm/dtk
- Q = volume rembesan

L = Panjang sampel tanah dalam parameter

A = luas penampang standpipe/silinder

h = jarak permukaan air didalam corong dengan air yg keluar melalui sel
constant head

t = waktu aliran



Gambarr 2.6 Skema Pengujian *constttant Head*
(Sumber : Mc.Carthym 2017)

klasifikasi nilai koefisien rembesan dari beberapa jenis tanah ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 2.5 klasifikasi tanah terhadap nilai permeabilitas (Mc.Carthym dkk, 2017)

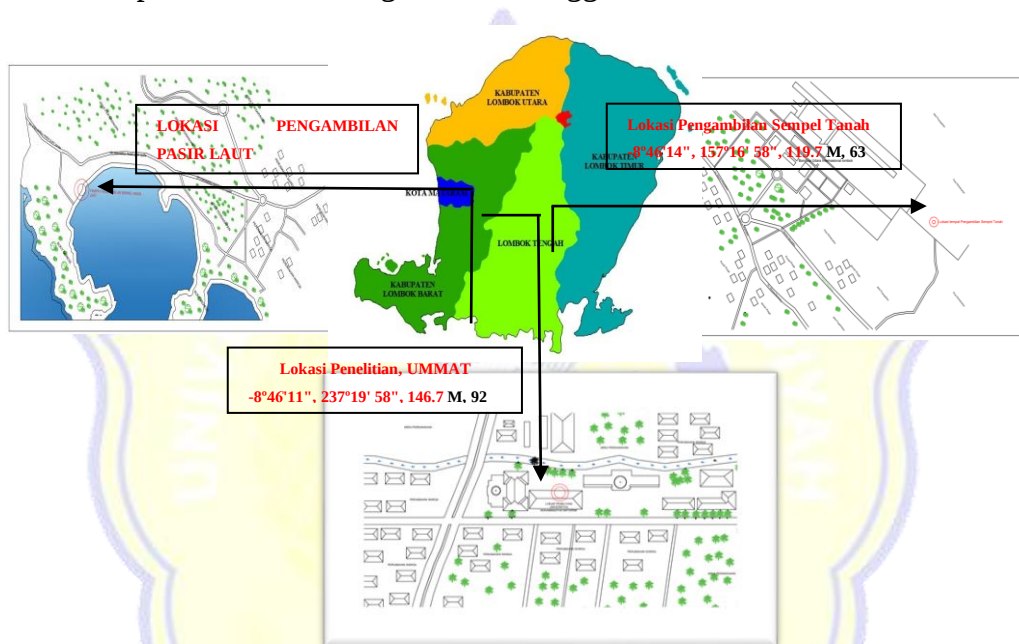
Tingkat Permeabilitas	K dalam cm/dtk
Tinggi	$\geq 10^{-1}$
Sedang	10^{-1} sampai 10^{-3}
rendah	10^{-3} sampai 10^{-5}
Sangat Rendah	10^{-5} sampai 10^{-7}
Hampir tidak permeabel	$\leq 10^{-7}$

BAB 111

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian Dan Pengambilan Sempel

Menghadapi nilai koefisien sampling dan lokasi penelitian untuk mengetahui permeabilitas tanah lempung menggunakan pasir laut dan fly ash, permeabilitas ini terdapat di Desa Tanak Au Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat..



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel dan Penelitian
(Sumber: Google eart, 2020)

Pada penelitian ini juga ditambahkan material berupa tanah liat yang distabilkan, campuran pasir laut dan fly ash. Pasir laut itu sendiri dipanen dari Pantai Seger di Kecamatan Puju Kabupaten Lombok Tengah. Pasir laut Pantai Seger begitu jauh dari pemukiman penduduk sehingga tidak berguna bagi masyarakat sekitar dan akses pantai masih tersedia. Kami membuat pasir laut, yang merupakan bahan tambahan yang digunakan untuk menstabilkan tanah liat dan meningkatkan kegunaannya bagi masyarakat sekitarnya.

3.2 Persiapan dan Tahapan Penelitian

3.2.1 Pengambilan Sampel Tanah

Ada dua kriteria pengambilan sampel tanah, yaitu tanah terganggu dan tanah tidak terganggu. Tanah terganggu memiliki kelas kedalaman 0-10, 10-20 dan 20-30 cm. Pada kedalaman ini tanah digunakan untuk pengujian tekstur, berat jenis, struktur dan bahan organik. Contoh tanah tidak terganggu ditentukan berdasarkan kelas kedalaman yang digunakan, yaitu 0-20 cm (untuk lapisan atas) dan >30 cm (untuk lapisan bawah). Kedalaman ini digunakan untuk berat volume, permeabilitas, konduktivitas, dan analisis hidrolik.

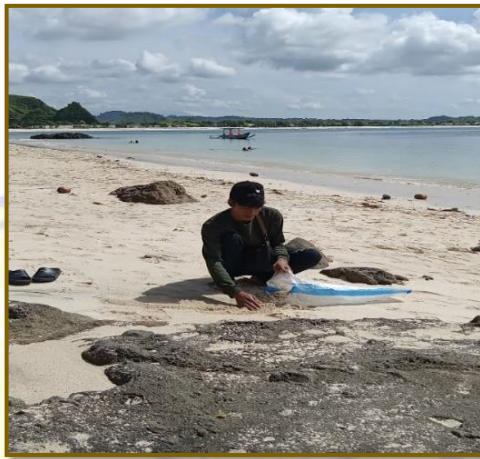
Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel ini adalah beliung, sekop, meteran, dan karung. Pengambilan sampel tanah untuk pengujian ini termasuk dalam spesifikasi Tanah Terganggu, yang digunakan sebagai sampel untuk analisis tekstur, kerapatan struktur, dan bahan organik. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman minimum 10 cm untuk menghindari tanah yang berhubungan dengan cuaca dan sampah sekitar. Rekaman foto pembebasan lahan ditunjukkan pada Gambar 3.2 di bawah ini.:



Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Tanah

3.2.2 Pengambilan Sampel Pasir

Pengambilan sampel pasir laut dilakukan di Pantai Seger, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah. Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel ini antara lain pick, gauge dan bag. Pengambilan sampel pasir dilakukan pada kedalaman minimal 10 cm untuk menghindari pengaruh cuaca dan lingkungan. Rekaman foto pengambilan sampel pasir ditunjukkan pada Gambar 3.3 di bawah ini.:



Gambar 3.3 Pengambilan Sampel Pasir Laut

3.2.3 Persiapan *Fly Ash*

Sebagai penstabil tanah tambahan, fly ash diekstraksi, pada gilirannya, dari sisa pembakaran batubara di Institut Teknik Sipil dan Mekanika Tanah, Universitas Muhammadiyah, Mataram, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 di bawah ini.·



Gambar 3.4 Limbah Batu Bara (*fly ash*)

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat-alat Penelitian

Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Mataram memiliki berbagai macam alat yang digunakan untuk mempelajari stabilisasi lempung menggunakan pasir laut dan abu curah terhadap permeabilitas osmotik.:

1. Alat Uji permeabilitas.

Digunakan Untuk Sebagai Alat uji besaran rembesan pada pengujian permeabilitas.



Gambar 3.5 Alat Uji Permeabilitas

2. Penumbuk.

Cap digunakan sebagai alat untuk menguji sifat mekanik tanah, termasuk uji tekan standar Proctor..



Gambar 3.6 Penumbuk

3. Cetakan.

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang digunakan untuk menguji sifat mekanik tanah yaitu cetakan uji tekan dan uji probe..



Gambar 3.7 Alat Cetakan Uji Pemadatan Standar Proctor

4. Saringan.

Saringan digunakan sebagai alat untuk mengencangkan tanah atau bahan lain, saringan digunakan untuk pengujian sifat fisik tanah dan untuk pengujian mekanis.



Gambar 3.8 Saringan

5. Cawan.

Alat ini digunakan untuk menguji kadar air dan digunakan untuk menguji batas Atterberg dan sifat mekanik tanah..



Gambar 3.9 Cawan

6. Jangka Sorong.

Jangka sorong digunakan sebagai alat ukur berbentuk silinder dalam menguji parameter fisik dan mekanik tanah.



Gambar 3.10 Jangka Sorong

7. Hidrometer.

Digunakan sebagai alat untuk mengetahui distribusi jumlah dan ukuran partikel tanah sebagai fungsi sedimentasi tanah.



Gambar 3.11 Hidrometer

8. Tabung Ukur 1000 CC.

Digunakan sebagai alat untuk mengetahui distribusi jumlah dan ukuran partikel tanah sebagai fungsi sedimentasi tanah..



Gambar 3.12 Tabung ukur 1000 CC

9. Air Raksa.

Sebagai bahan pengujian batas susut.



Gambar 3.13 Air raksa

10. Timbangan.

Timbangan adalah alat yang digunakan dalam pengujian laboratorium yang bertujuan untuk menimbang sampel dan alat-alatnya. Ada dua jenis neraca di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram yaitu dengan ketelitian 0,1 dan neraca dengan ketelitian 0,01. Timbangan 0,1 biasanya digunakan untuk menimbang sampel dan alat untuk memeriksa sifat mekanik seperti uji pemadatan standar untuk uji permeabilitas laboratorium,

sedangkan penimbangan dengan ketelitian 0,01 digunakan untuk penimbangan dalam pengujian sifat fisik tanah..



Gambar 3.14 Timbangan Dengan Ketelitian 0,1



Gambar 3.15 Timbangan Dengan Ketelitian 0,01

11. Kompor listrik.



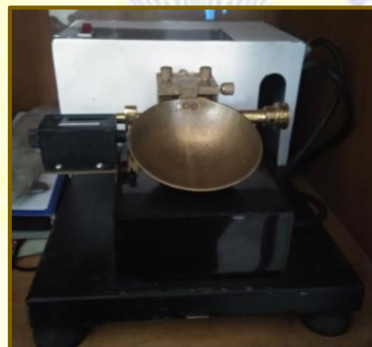
Gambar 3.16 Kompor listrik

12. Oven Pengering.



Gambar 3.17 Oven Pengering

13. Alat Cassagrande.



Gambar 3.18 Alat Cassagrande

14. Piknometer.



Gambar 3.19 Alat Piknometer

3.3.2. Bahan-bahan Penelitian

Bahan sampel dalam penelitian ini adalah tanah liat, sampel pasir laut dan diuji sesuai dengan prosedur sebagai berikut:

1. Tanah ini adalah tanah liat, tanah liat adalah tanah dengan ekspansi tinggi, susut dan tanah liat ini adalah bahan dasar jalan yang dipelajari di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Pasir laut dan fly ash digunakan sebagai aditif penstabil tanah untuk menentukan koefisien permeabilitas, liat pasir laut dan fly ash serta pengaruhnya terhadap nilai permeabilitas tanah.

3.4 Uji Fisik dan Mekanis Tanah

3.4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan akan lebih difokuskan untuk mengkaji sifat-sifat fisik tanah yaitu kadar air, batas leleh, batas plastis, batas susut, berat jenis, analisis filter, hidrometer dan kerapatan tanah menurut AASHTO (American Association of Highways and Transportation) klasifikasi tanah dan sifat mekanik, yaitu pengujian pemadatan dan permeabilitas tanah.

1. Uji Kadar Air

Pengujian ini merupakan pengujian awal untuk mengetahui keadaan air atau kadar air awal yang terkandung dalam tanah untuk dijadikan sebagai benda uji untuk setiap benda uji. Untuk penentuan massa minimum zat basah dalam uji kelembaban tanah, itu tergantung pada ukuran partikel tanah dan harus sesuai dengan spesifikasi yang disepakati dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kadar Air

NO	Ukuran Partikel Maksimum (100% Lolos)	Ukuran saringan Standar	Berat minimum benda uji basah yang di rekomendasikan untuk kadar air	
			$\pm 0,1 \%$	$\pm 1\%$
1	$\leq 2,0 \text{ mm}$	No.10	20 gram	20 gram
2	4,75 mm	No.4	100 gram	20 gram
3	9,5 mm	3/8 in	500 gram	50 gram
4	19,0 mm	3/4 in	2,5 gram	250 gram
5	37,5 mm	1 1/2 in	10 kg	1 kg
6	75,0 mm	3 in	50 kg	5 kg

(Sumber: SNI 1965 – 2008)

Pelaksanaan :

- satu. Bersihkan dan keringkan cawan kosong, kemudian cawan kosong sama dengan berat cawan kosong (W1). Pada tahun
- SM. Siapkan contoh tanah untuk diperiksa kadar airnya, kemudian masukkan contoh tanah (basah) ke dalam gelas kimia yang sebelumnya kosong untuk ditimbang seberat cawan tanah basah (W2). Pada tahun
- SM. Kemudian, sampel uji tanah (basah) dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105oC - 115oC selama 16-2 jam dengan menggunakan cawan terbuka. Tutup cangkir ditempelkan di bagian bawah cangkir dengan kertas yang ditandai dengan kode yang berbeda untuk setiap jenis cangkir.
- d. Mangkuk tanah kering dikeluarkan dari oven. Kemudian dinginkan dalam desikator, setelah tanah tidak panas lagi. Kemudian samakan berat secangkir tanah kering (W3).

2. Uji Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui berat jenis suatu sampel tanah yang digunakan sebagai benda uji. Berat jenis tanah adalah perbandingan berat biji-bijian dengan berat air suling dalam volume udara yang sama pada suhu tertentu. Biasanya diukur pada suhu $27,5^{\circ}\text{C}$. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji berat jenis tanah.:

- a. Bersihkan piknometer dan keringkan bagian dalam dan luarnya. Selanjutnya timbang piknometer kosong (W_1).
- b. SM Sampel tanah digiling dengan alu dalam mangkuk porselen dan dikeringkan dalam oven. Masukkan tanah kering ke dalam oven dan segera masukkan tanah tersebut ke dalam tutup piknometer. Setelah itu ditimbang sebagai berat piknometer + tanah kering (W_2).
- c. Tuang 10 ml air ke dalam piknometer dan biarkan selama 2-10 jam sampai tanah terendam seluruhnya.
- d. Tambahkan sekitar setengah atau dua pertiga air suling. Udara yang terperangkap di antara butiran harus dihilangkan atau dihilangkan dengan salah satu metode berikut: Gelembung udara dalam air bersih.
- e. diisi sampai penuh dengan air suling dan ditutup rapat. Lap bagian luar piknometer dengan kain kering, masukkan tanah dan air ke dalam piknometer, dan timbang piknometer + tanah + air (W_3). Suhu air dalam piknometer diukur dengan termometer ($T^{\circ}\text{C}$).
- f. Kosongkan dan bersihkan piknometer, isi tutupnya dengan air suling untuk menghilangkan udara, dan bersihkan bagian luarnya dengan kain kering. Kemudian ukur berat piknometer berisi air sebagai berat jenis + berat air (W_4). Operasi ini dilakukan sesegera mungkin setelah operasi pada titik e selesai..

3. Uji batas cair

Uji batas cair tanah bertujuan untuk mengetahui batas cair tanah dengan cara menjaga kadar air tanah pada titik transisi diperiksa dengan alat Casagrande. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji garis fluida tanah. :

- a. Tempatkan contoh tanah (maksimum ± 200 gram) dalam mangkuk porselen dan aduk rata dengan 15-20 ml air suling. Jika perlu, tambahkan air sedikit demi sedikit dalam kisaran 1cc hingga 3cc, aduk dengan spatula, dan tekan untuk membuat lubang. Aduk, tekan, aduk, dll. sehingga tercipta campuran yang benar-benar homogen.
- b. Ketika campuran tanah terdistribusi secara merata dan sekitar 30-40 sapuan kelembaban dalam percobaan Anda, tambahkan lebih banyak tanah ke mangkuk Casagrande. Gunakan spatula untuk menyebarkan dan menekan tanah dengan baik sehingga tidak ada rongga atau gelembung udara di dalam tanah. Ratakan permukaan tanah dan ratakan dengan ujung mangkuk. Tuang sisa tanah ke dalam mangkuk porselen.
- c. Dengan menggunakan alat penghalus, buat alur lurus di garis tengah mangkuk Casagrande di sepanjang sumbu alat, pisahkan menjadi dua bagian simetris. Bentuk seruling harus bagus dan tajam dengan ukuran yang sesuai dengan alat pemotong. Bolak-balik beberapa kali, sedikit lebih dalam setiap kali, untuk menghindari alur yang buruk dan dislokasi tanah mangkuk Casagrande.
- d. Segera gerakkan dial sehingga mangkuk Casagrande naik dan turun di alas dengan kecepatan 2 putaran per detik, dan kedua bagian bawah bertemu dengan panjang sekitar 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ inci). Catat jumlah pukulan yang diperlukan.
- e. Contoh Pada percobaan pertama, jumlah pukulan yang dibutuhkan harus 30-40 pukulan. Jika lebih dari 40 kali, tanahnya tidak cukup lembab, dan seperti proses sebelumnya, Anda harus memasukkan kembali tanah dari mangkuk Casagrande ke dalam mangkuk porselen dan menambahkan air secara bertahap dan aduk hingga rata.

- f. Cuci mangkuk Casagrande dengan air dan keringkan dengan kain. Kemudian ulangi pekerjaan dari titik b ke titik d.
- g. Segera gunakan spatula dari mangkuk Casagrande untuk menghilangkan tanah dari seluruh parit. Periksa tabel air.
- h. WIB Ambil sisa tanah dalam mangkuk porselen dan tambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk rata. Cuci dan keringkan mangkuk Casagrande.
- i. . Ulangi untuk titik b, c, d, g, dan h untuk mendapatkan 3 atau 4 titik data untuk kadar air versus 15-35 ketukan. Perbedaan di antara mereka hampir sama. Eksperimen ini harus dilakukan dalam kondisi tanah yang kurang cair daripada yang lebih cair.

4. Uji Batas Plastis Dan Indeks Plastisitas Tanah

Uji plastisitas ini bertujuan untuk mengetahui batas plastisitas tanah dimana kadar air minimum tanah masih dalam keadaan plastis. Ketika tanah digulung menjadi batang dengan diameter 3 mm, tanah menjadi plastis, pada titik itu mulai retak. Indeks plastisitas adalah perbedaan antara titik luluh tanah dan titik plastisitas. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji batas plastisitas tanah dan indeks plastisitas.:

- a. Tempatkan contoh tanah dalam gelas beaker porselen, campur dengan sedikit air, dan aduk sampai benar-benar homogen. Kelembaban tanah yang ditentukan adalah sampai tanah cukup plastis sehingga dapat dengan mudah dibentuk menjadi bola dengan tekanan jari dan tidak lengket.
- b. SM Peras bola atau bentuk elips dari sampel tanah seberat 8 gram (diameter ± 13 mm). Benda uji digerus dengan tekanan yang cukup pada pelat kaca di bawah jari yang diletakkan pada permukaan horizontal untuk membentuk batang berdiameter seragam. Gerakan penggerindaan lantai menggunakan kecepatan gerak bolak-balik sekitar 1 detik.
- c. Jika ternyata tongkat berdiameter sekitar 3mm (dibandingkan dengan kawat pembanding) saat diasah dan tongkat masih halus, ambil tongkat dan potong menjadi 6-8 bagian dan giling sampai rata. grinder berubah menjadi stick diameter 3 mm dan poros masih licin, giling lagi dengan cara yang sama, dan uleni kembali bentuk menjadi bola hingga grinder stick retak dan hilang.

Bahkan jika tidak dihancurkan hingga diameter 3mm, dapat dihancurkan menjadi tongkat kecil.

- d. Kumpulkan tanah yang retak atau gembur dan segera periksa tingkat kelembabannya.

5. Uji Batas Susut

Pengujian batas susut ini bertujuan untuk mengetahui batas susut tanah yang kadar airnya antara semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana penurunan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji batas susut tanah.:

- a. Tempatkan contoh tanah dalam cawan porselen dan campurkan dengan air sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai benar-benar homogen. Kadar air tanah yang ditentukan adalah sampai tanah tampak halus dan sedikit cair.
- b. SM Ambil cawan porselen bersih yang ditimbang berat cawan kosong (W1), lumasi cetakan porselen agar kotoran tidak lengket, dan jemur kotoran agar mudah kering.
- c. Secara bertahap tambahkan tanah ke cangkir porselen menggunakan spatula. Jatuhkan cangkir seperti tamparan di setiap langkah untuk meratakan tanah di cangkir porselen dan mencegah kantong udara terperangkap di dalam tanah. Ulangi ini sampai tanah terisi penuh. yaitu gunakan spatula untuk menghaluskan permukaan mug porselen yang kotor, kemudian gunakan kain untuk membersihkan bagian luar mug porselen. Kemudian timbang sebagai cawan + berat tanah basah (W2).
- d. contoh Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C - 115°C selama 16 sampai 24 jam.
- e. . Keluarkan tanah kering dari oven Selanjutnya ditimbang berat cawan + berat tanah kering (W3).
- f. Merkuri dan wadah kecil serta cangkir untuk merkuri selanjutnya. Setelah air raksa dituangkan ke dalam cangkir, diratakan dengan piring kaca kecil. Benda uji kemudian ditempatkan dalam gelas kimia yang berisi merkuri dan pelat kaca ditekan sampai merkuri dan benda uji sejajar dengan gelas kimia.

6. Uji Analisa Saringan Dan Hydrometer

Pengujian analisis ayakan bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel agregat tanah sesuai dengan ukuran ayakan yang digunakan dalam penelitian ini. Analisis saringan dan hidrometer juga dikatakan membantu mengklasifikasikan jenis tanah. Untuk menguji filter dan analisis hidrometer:

- a. dari. Langkah pertama dalam mengkonfirmasi analisis saringan adalah menyiapkan sampel tanah kering sesuai peraturan dan menggilingnya dalam penggiling. Saat mengetuk, berikan kekuatan yang cukup dan ketuk dengan lembut agar butiran halus tidak menempel pada butiran kasar.
- b. SM Setelah pemadatan, tanah dikeringkan kembali dalam oven pengering untuk menghilangkan uap air yang masuk selama pemadatan.
- c. Siapkan benda uji sesuai batas minimum benda uji berdasarkan ukuran butir maksimum (W1).
- d. Siapkan beberapa filter, dimulai dengan nomor filter. 4~ Filter No. Ada 200 layar secara berurutan.
- e. Contoh Tempatkan spesimen di filter berdampingan pada shaker selama 10-15 menit. Hentikan mesin setelah 10-15 menit.
- f. Ditimbang berat masing-masing tanah pada ayakan dan tanah yang lolos ayakan No.200, kemudian dilakukan uji analisis berat jenis dengan menyiapkan contoh tanah yang lolos saringan No.200 hasil analisa ayakan uji.
- g. jam Campuran natrium heksametafosfat dan air suling atau 1 sampai 1,5 CC gelas air dibuat dengan komposisi 5 g: 125 ml dan digunakan sebagai dispersan (bahan pendispersi).
- h. Masukkan larutan deflocculant ke dalam gelas kimia, tambahkan contoh uji tanah yang telah lolos saringan No. 200, aduk rata dengan spatula, dan rendam selama 24 jam.
- i. Ambil 125 ml larutan peptizer yang memiliki komposisi (langkah) di atas ke dalam gelas ukur 1000 ml, tambahkan air suling hingga volume total menjadi 1000 ml, dan aduk sampai benar-benar homogen.

- j. k. Setelah direndam (bahan uji dari langkah i), tempatkan seluruh campuran ke dalam mangkuk, tambahkan air suling dari bilas gelas kimia, dan aduk selama 2 menit.
- k. liter. Tuang seluruh campuran ke dalam gelas ukur 1000ml dan tambahkan air suling dari mangkuk cuci blender. Jangan melebihi 1000 ml volume larutan akhir. Jika kurang, Anda bisa menambahkan hingga 1000ml air suling.
- l. m Tutup mulut tabung rapat-rapat dengan telapak tangan dan kocok berulang kali selama ± 1 menit. Berhati-hatilah agar tidak menumpahkan campuran saat dikocok atau menempel di bagian bawah gelas.
- m. Segera setelah dikocok, tempatkan tabung di penangas air dan masukkan hidrometer dengan hati-hati. Permukaan hidrometer dan tekan stopwatch. Ukur
- n. hidrometer (Ra) dan termometer pada 2, 5, 30, 60, 250 dan 1440. Jangan lupa untuk mencatat tanggal/bulan/tahun. Setelah setiap pembacaan, bersihkan hidrometer, ganti dengan air suling dalam tabung gelas ukur, dan lakukan pembacaan hidrometer (pembacaan yang benar hingga nol hidrometer = Zc). Ini karena larutan peptizer (larutan kimia yang digunakan untuk memisahkan partikel tanah) mengubah pembacaan menjadi nol. Nilai Zc bisa positif atau negatif.
- o. Perhatikan perbedaan batas atas muka air cekung di dalam tabung. Nilai ini merupakan harga koreksi min-casu umum = mc, dan batas atas min-casu adalah pedoman untuk membaca dalam tes.
- p. Bersihkan alat, uji lokasi, dan kembalikan semua alat ke tempatnya.

7. Uji Pemadatan Tanah

Uji pemadatan tanah dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kadar air tanah dengan berat isi kering sehingga diperoleh kadar air yang optimal dan berat jenis tanah yang maksimum.:

- a. Jika contoh tanah yang digunakan untuk uji pemadatan ini masih basah, biarkan tanah tersebut mengering dengan sendirinya atau gunakan pengering pada suhu tidak melebihi 60°C . Pengeringan harus dilakukan secukupnya sampai massa tanah menjadi ringan dan partikel tanah menjadi gembur. Rincian yang diperoleh untuk
- b. SM disaring dengan filter #4. Butiran-butiran besar yang tertinggal di atas saringan dibuang, kecuali butiran-butiran yang masih berupa gumpalan yang dapat dihancurkan lebih lanjut.
- c. Bagian yang lolos saringan diambil sebagai benda uji, dan jumlah yang cukup minimal 2 kg harus dikumpulkan untuk setiap benda uji.
- d. Campurlah tanah dengan air secukupnya secara merata sehingga kadar air yang diperoleh pada contoh pertama sekitar 6% lebih rendah dari kadar air optimum.
- e. Contoh Jika contoh tanah adalah lempung, akan sulit dan memakan waktu lama agar air tersebar merata di atas gumpalan. Oleh karena itu, untuk tanah liat harus diterapkan

8. Uji Permeabilitas

Uji permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui jumlah penetrasi dalam tanah dan bahan penstabil yang digunakan sebagai teknik sipil dan rencana konstruksi. Uji permeabilitas dibagi menjadi dua bagian: tinggi jatuh dan tinggi konstan. Bahan uji permeabilitas adalah lempung yang lolos saringan No. 40, pasir laut lolos saringan No. 40, dan fly ash lolos saringan No. 200.

1. Metode *constant head*

- a. Menyiapkan sampel tanah sesuai dengan volume buret
- b. Siapkan alat uji permeabilitas
- c. Menentukan berat dari tabung plastik
- d. Masukkan ring, dan batu pori bawah terlebih dahulu, setelah itu baru contoh tanah
- e. Contoh tanah dimasukkan ke dalam tabung buret sedikit demi sedikit dengan menggunakan sendok lalu padatkan, dilakukan secara bertahap sampai 2/3 lebih dari panjang tabung.
- f. Setelah itu masukan batu pori dan ring atas.
- g. Pasang per dan plat penutup, kunci dengan sekrup yang tersedia dengan kencang, pastikan tidak ada celah atau lubang yang menyebabkan air menetes keluar.
- h. Tentukan berat tabung + tanah (W_2)
- i. Ukur tinggi dari contoh tanah di dalam tabung (L)
- j. Alirkan air ke atas corong yang sudah di pasang pada tiang tegak. Melalui pipa buret air akan mengalir dari corong ke dalam contoh tanah dan kemudian mengalir ke kelas ukur

Catatan:

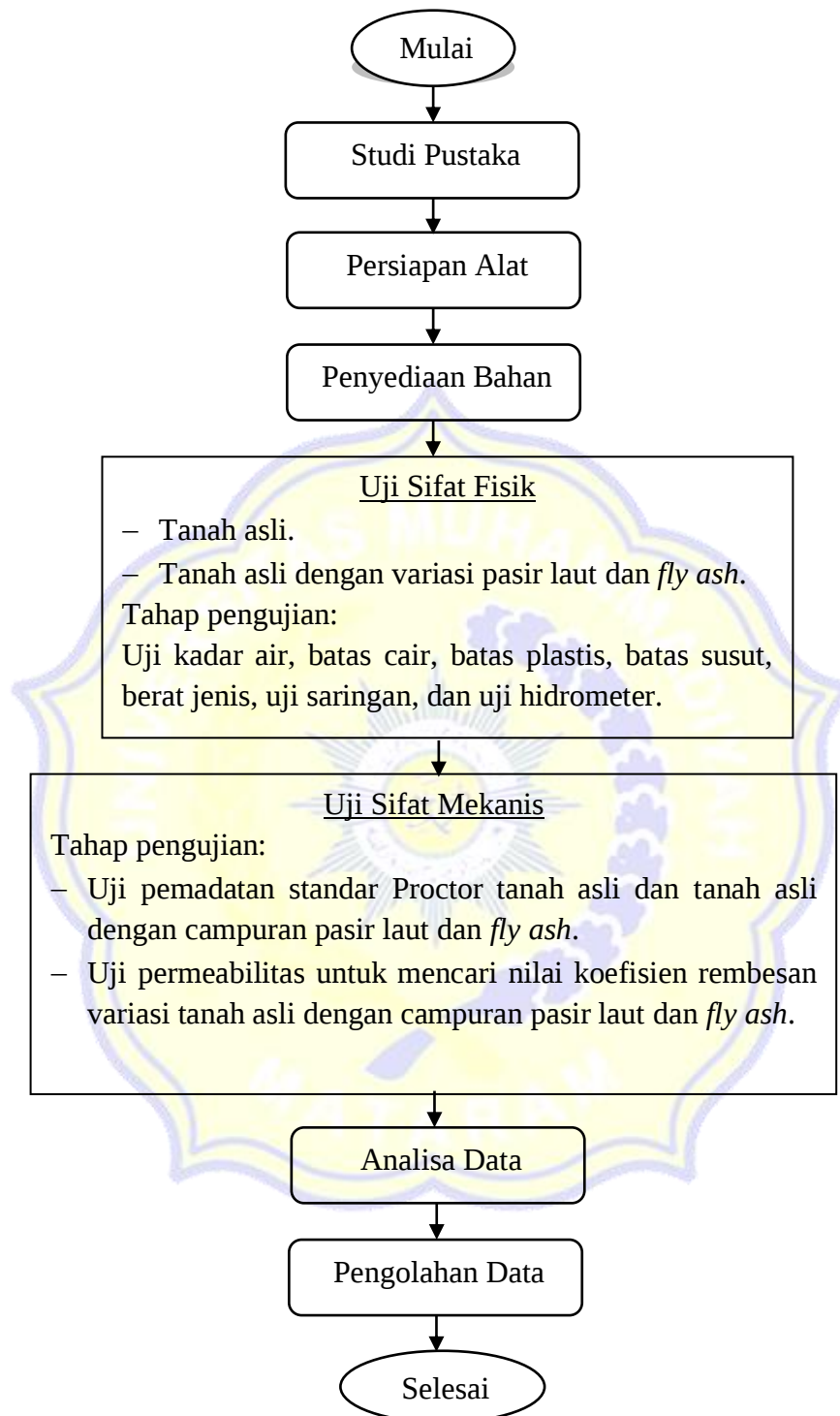
Harus dijaga bahwa kebocoran air di dalam tabung tidak boleh terjadi. Air yang mengalir melalui corong harus diatur sedemikian rupa sehingga ketinggian air di dalam corong selalu tetap. Sebelum tes dimulai, gelembung-gelembung udara yang mungkin tertinggal di dalam

pipa buret harus dihilangkan, hal ini dapat dilakukan dengan cara membiarkan air mengalir melalui.

- k. Ukur jarak antara tinggi permukaan air yang masuk dengan air yang keluar melalui sel *constant head* (h)
- l. Ulangi langkah 1 diatas sebanyak 3 kali, usahakan waktu yang dibutuhkan untuk mrngumpulkan air yang mengalir dari constant head sama untuk ketiga harga Q untuk tiap-tiap tes.



3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.20 Bagan alir penelitian