

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK TANAH LEMPUNG**

Di Ajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi Pada Program Studi

Teknik Sipil Jenjang Strata I

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD HAIRUL TAMIMI

2019D1B088

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2023

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR/SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK TANAH LEMPUNG**

Disusun Oleh :

MUHAMMAD HAIRUL TAMIMI
2019DIB088

Mataram, 9 Oktober 2023

Pembimbing I



Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT
NIDN: 0828087201

Pembimbing II



Hafiz Hamdani, ST., MT
NIDN : 0808038701

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



Dr. Aji Syailendra Ubaldillah, ST., M.Sc
NIDN : 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

TUGAS AKHIR/SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK TANAH LEMPUNG**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA : MUHAMMAD HAIRUL TAMIMI

NIM : 2019D1B088

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Tanggal : 19 Oktober 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST.,MT
Penguji II : Hafiz Hamdani, ST.,MT
Penguji III : Maya Saridewi Pascanawaty, ST.,MT



Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan



Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc

NIDN : 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

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


“PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK TANAH LEMPUNG”

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 dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukuman yang berlaku.

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

Mataram, 30 Oktober 2023

Yang Membuat Pernyataan


METERAI
TEMPEL
72BAKX703918524

MUHAMMAD HAIRUL TAMIMI

NIM: 2019D1B088



**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 HAIRUL TAMIMI
 NIM : 2019D1B088
 Tempat/Tgl Lahir : Kelayu, 1 Juni 2000
 Program Studi : Teknik Sipil
 Fakultas : Teknik
 No. Hp : 081936093328
 Email : muhammادتamimi131@gmail.com

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

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR TERHADAP SIFAT FISIK
DAN MEKANIK TANAH LEMPUNG

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 49%

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.

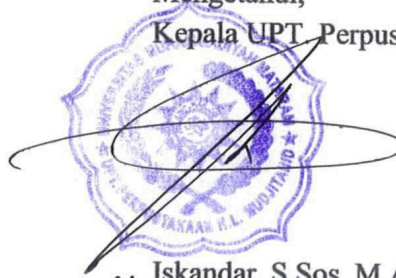
Mataram, 15 November2023

Penulis



MUHAMMAD HAIRUL TAMIMI
NIM. 2019D1B088

Mengetahui,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



my Iskandar, S.Sos.,M.A. *uly*
NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PEPRUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

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

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.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 HAIRUL TAMIMI
NIM : 2019D1B088
Tempat/Tgl Lahir : Kelayu, 1 Juni 2000
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 081936093328
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 ijin dari saya selama ***tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta*** atas karya ilmiah saya berjudul:

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR TERHADAP SIFAT FISIK
DAN MEKANIK TANAH LEMPUNG

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, 15 November.....2023

Penulis

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



MUHAMMAD HAIRUL TAMIMI
NIM.

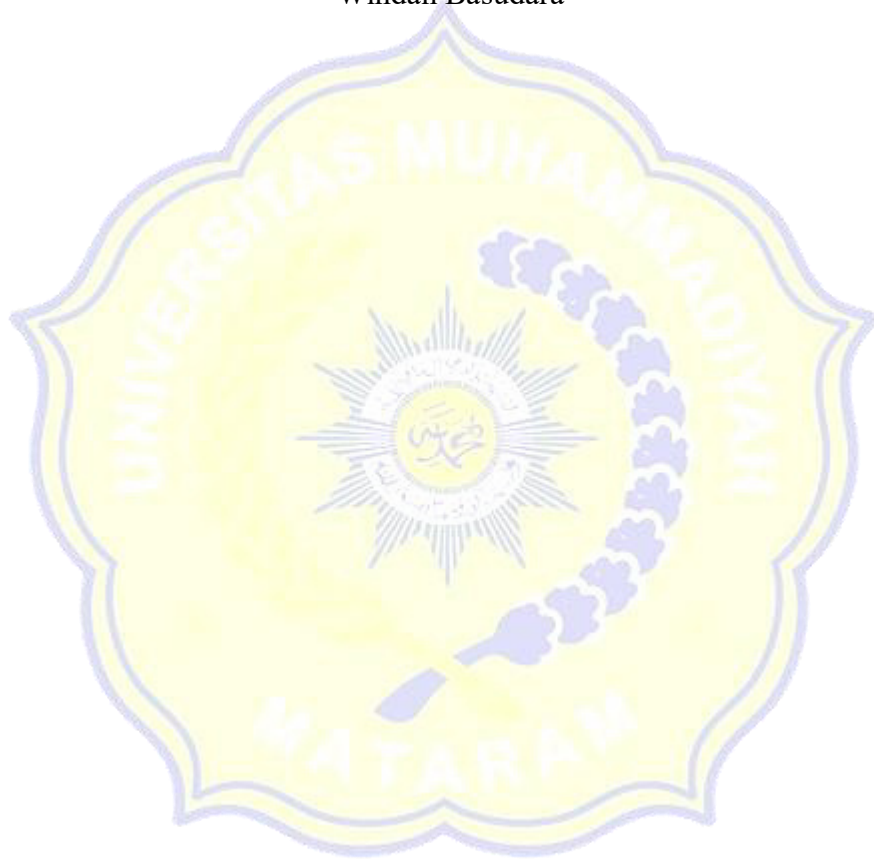
Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

MOTO HIDUP

“Tidak ada mimpi yang gagal, yang ada hanyalah mimpi yang tertunda.

Sekiranya merasa gagal dalam mencapai mimpi, jangan khawatir mimpi-mimpi lain
bisa diciptakan”

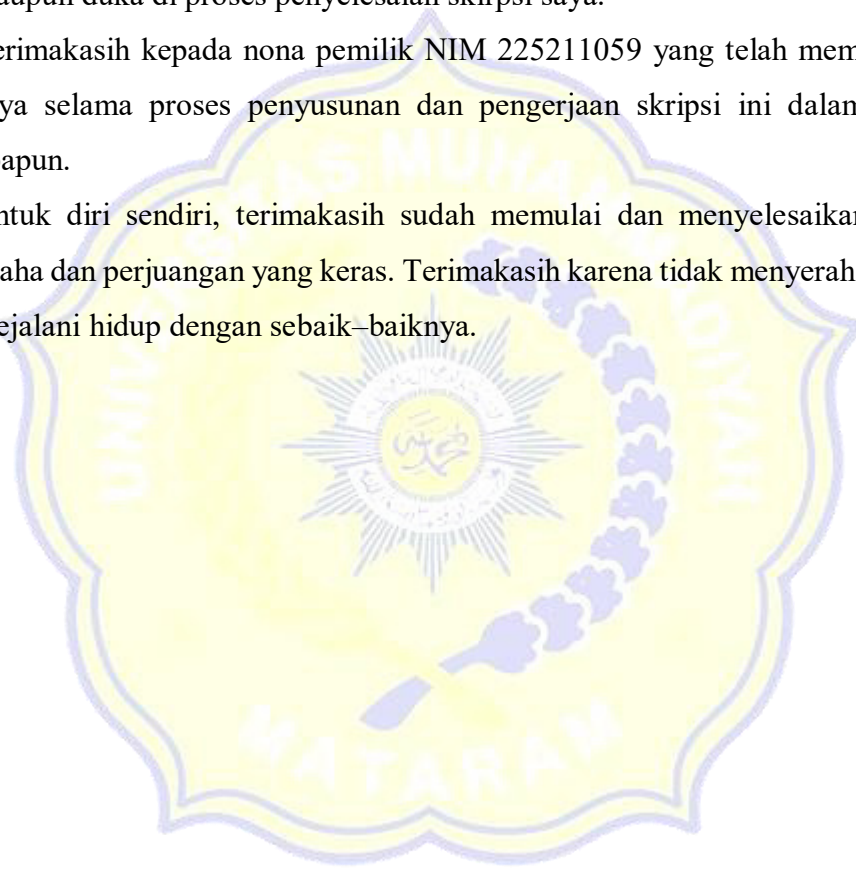
~Windah Basudara



HALAMAN PERSEMBAHAN

1. Ucapan syukur dan terimakasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penyelesaian skripsi saya.
2. Untuk bapak dan mama tercinta yang telah banyak berkorban untuk membantu perjuangan menyelesaikan pendidikan ini, saya ucapkan terima kasih yang tak terhingga. Terima kasih banyak kepada seorang pahlawan sejati dan seorang wanita terkuat didunia ini atas do'a dan dukungan selama ini sehingga saya mampu bertahan dan menyelesaikan hal yang tak pernah dibayangkan akan benar-benar selesai. Juga ucapan terima kasih pula untuk kedua adik saya yang telah membantu dalam hal-hal kecil di perjalanan pendidikan saya dan selalu mendukung saya. Permohonan maaf yang sebesar-besarnya apabila masih banyak hal yang belum bisa saya wujudkan demi kebahagiaan kalian.
3. Untuk Dosen Pembimbing I, Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT, saya ucapkan terima kasih banyak atas segala bimbingan, ilmu, arahan, dukungan dan dorongan untuk selalu bisa berusaha lebih berkembang serta kesabaran yang selalu diberikan selama bimbingan penyusunan skripsi ini. Tanpa itu semua saya tidak mungkin bisa menyelesaikan tugas akhir saya dan semoga kebaikan ibu diberikan balasan yang berlimpah oleh Allah SWT.
4. Untuk Dosen Pembimbing II, Hafiz Hamdani, ST., MT, saya ucapkan terima kasih banyak atas segala bimbingan, ilmu, arahan, dukungan dan dorongan untuk selalu bisa berusaha lebih berkembang serta kesabaran yang selalu diberikan selama bimbingan penyusunan skripsi ini. Tanpa itu semua saya tidak mungkin bisa menyelesaikan tugas akhir saya dan semoga kebaikan bapak diberikan balasan yang berlimpah oleh Allah SWT.
5. Untuk seluruh Civitas Akademik Fakultas Teknik dan pihak-pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan semuanya saya ucapkan terima kasih atas bantuannya sehingga saya bisa menyelesaikan ini semua.

6. Untuk paman saya sebagai pemilik tanah dilokasi pengambilan sampel tanah lempung di Desa Sakra, Kecamatan Sakra, saya ucapkan terima kasih banyak atas kerjasama dan kebaikan hatinya untuk mengizinkan saya mengambil sampel tanah uji di tanah sawahnya. Semoga kebbaikannya dibalas oleh Allah SWT.
7. Terimakasih untuk teman-teman saya yang telah menemani dalam suka maupun duka di proses penyelesaian skripsi saya.
8. Terimakasih kepada nona pemilik NIM 225211059 yang telah kebersamai saya selama proses penyusunan dan pengerjaan skripsi ini dalam kondisi apapun.
9. Untuk diri sendiri, terimakasih sudah memulai dan menyelesaikan dengan usaha dan perjuangan yang keras. Terimakasih karena tidak menyerah dan terus mejalani hidup dengan sebaik-baiknya.



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah hirobbil alamin, puja beserta puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat rahmat, taufik, dan hidayah- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Lempung”**, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram (UMMAT).

Menyelesaikan laporan tugas akhir/skripsi ini banyak pihak yang telah membantu, oleh karena itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, MA, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Adryan Fitrayudha, ST.,MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST.,MT. Selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Hafiz Hamdani ST.,MT. Selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Semua Dosen-Dosen dan Pihak Sekertariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kata kesempuraan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Geoteknik Teknik Sipil.

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif merupakan jenis tanah dengan karakteristik fisik yang rentan terhadap perubahan kembang susut yang tinggi dikarenakan adanya perubahan kadar air, sehingga daya dukung sangat dipengaruhi oleh kadar air. Tanah di Desa Sakra memiliki daya dukung tanah yang rendah mengakibatkan jalan di atasnya terjadi retak-retak dan bergelombang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah lempung sebelum dan sesudah ditambahkan serbuk cangkang telur.

Sampel tanah yang diuji pada penelitian ini adalah tanah lempung yang berasal dari Desa Sakra Kecamatan Sakra Kabupaten Lombok Timur. Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Bahan stabilisasi yang digunakan yaitu serbuk cangkang telur, dengan variasi serbuk 3%, 6%, dan 9%. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik dan mekanik dari tanah lempung dan tanah lempung yang sudah dicampur dengan variasi serbuk cangkang telur. Adapun pengujian sifat fisik yang dilakukan antara lain pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, batas cair, batas plastis, indeks plastis, analisa saringan, hidrometer dan pemadatan. Untuk sifat mekanik dengan pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) dan CBR rendaman (*soaked*).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, tanah asli diklasifikasikan sebagai CH (*Clay High Plasticity*) tanah lempung dengan plastisitas tinggi menurut sistem klasifikasi USCS, sedangkan menurut sistem klasifikasi AASTHO termasuk tanah kelompok A-7-5 (24). Hasil pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) pada tanah asli diperoleh hasil 15,84%, CBR rendaman (*soaked*) 4,64%, setelah penambahan serbuk cangkang telur di peroleh CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) optimum pada variasi campuran 6% dengan nilai CBR sebesar 25,52%, CBR rendaman (*soaked*) sebesar 7,92%. Hal ini telah menunjukkan nilai CBR telah memenuhi standard yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018.

Kata Kunci : tanah lempung, serbuk cangkang telur, stabilisasi tanah, Sakra, Lombok Timur.

ABSTRACT

Expansive clay soil is a type of soil with physical characteristics that are highly susceptible to significant changes in volume due to fluctuations in moisture content, making it highly influenced by water content. The soil in Sakra Village has a low bearing capacity, resulting in the occurrence of cracks and undulations on the surface. The aim of this study was to investigate the characteristics of the clay soil before and after the addition of eggshell powder. The soil samples used in this study were clay soil from Sakra Village, Sakra District, East Lombok Regency.

The research was conducted in the soil mechanics laboratory of the Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of Mataram. The stabilizing agent used was eggshell powder, with variations of 3%, 6%, and 9%. The tests conducted included physical and mechanical properties of the clay soil and clay soil mixed with various percentages of eggshell powder. The physical property tests included water content, bulk density, specific gravity, liquid limit, plastic limit, plasticity index, sieve analysis, hydrometer analysis, and compaction. The mechanical properties were tested using the unsoaked and soaked CBR (California Bearing Ratio) tests.

Based on the results of the study, the solid soil was classified as CH (Clay High Plasticity) according to the USCS (Unified Soil Classification System), while according to the AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials) classification system, the soil belonged to group A-7-5 (24). The results of the unsoaked CBR test on the solid soil showed a value of 15.84%, while the soaked CBR value was 4.64%. After the addition of eggshell powder, the optimum unsoaked CBR value was obtained at a 6% mixture ratio, with a CBR value of 25.52%, and the soaked CBR value was 7.92%. These results indicated that the CBR value met the standards specified in the General Specification of Bina Marga 2018.

Keywords: clay soil, eggshell powder, soil stabilization, Sakra, East Lombok.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM



DAFTAR ISI

COVER	
TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS	iv
SURAT PERNYATAAN PLAGIARISME	v
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI ILMIAH	vi
MOTO HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Tanah.....	5
2.3.1 Tanah dasar (<i>Subgrade</i>).....	6
2.3.2 Tanah lempung	6

2.3.3	Jenis tanah	7
2.3.4	Klasifikasi tanah	7
2.4	Stabilisasi Tanah	16
2.5	Serbuk Cangkang Telur	17
2.6	Sifat Fisik Tanah	18
2.6.1	Kadar air	18
2.6.2	Berat volume	19
2.6.3	Berat jenis	20
2.6.4	Batas <i>atterberg</i>	20
2.6.5	Analisa saringan dan hidrometer	22
2.6.6	Pemadatan	23
2.7	Sifat Mekanik Tanah CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	25
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Lokasi Penelitian	27
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	28
3.3	Jenis Pengujian	35
3.3.1.	Kadar air	35
3.3.2.	Uji berat volume	36
3.3.3.	Berat jenis	36
3.3.4.	Batas <i>atterberg</i>	37
3.3.5.	Analisa saringan dan hidrometer	39
3.3.6.	Pemadatan	41
3.3.7.	CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	42
3.4	Studi Pustaka	44
3.4.1	Pengumpulan data	44
3.4.2	Analisa data	44
3.4.3	Rancangan penelitian	44
3.5	Bagan Alir Penelitian	45
3.6	Waktu Pelaksanaan Penelitian	47

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah	48
4.1.1 Kadar air tanah	48
4.1.2 Berat isi tanah	48
4.1.3 Berat jenis spesifik tanah.....	48
4.1.4 Analisa saringan dan hidrometer.....	49
4.1.5 Batas cair tanah	50
4.1.6 Batas plastis tanah	51
4.1.7 Indeks plastis tanah	52
4.1.8 Pemadatan tanah	54
4.2 Hasil Pengujian Mekanis Tanah.....	57
4.2.1 CBR rendaman (<i>Soaked</i>)	57
4.2.2 CBR tanpa rendaman (<i>Unsoaked</i>).....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah Metode AASTHO.....	11
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi <i>Unified</i>	13
Tabel 2.3 Nilai indeks plastisitas dan jenis tanah	22
Tabel 2.4 Cara uji kepadatan ringan untuk tanah	24
Tabel 2.5 Cara uji kepadatan ringan untuk tanah	24
Tabel 3.1 Jadwal Pengerjaan Skripsi	47
Tabel 4.1 Hasil pengujian berat isi tanah	48
Tabel 4.2 Hasil pengujian batas cair	50
Tabel 4.3 Hasil pengujian batas plastis	52
Tabel 4.4 Hasil pengujian indeks plastisitas	53
Tabel 4.6 Hasil pengujian pemadatan tanah asli	54
Tabel 4.7 Hasil pengujian standar proctor tanah lempung.....	56
Tabel 4.8 Hasil pengembangan CBR rendaman.....	57
Tabel 4.9 Hasil pengujian CBR rendaman variasi campuran serbuk cangkang telur	58
Tabel 4. 10 Hasil pengujian CBR tanpa rendaman.....	59


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram penyusun tanah.....	19
Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel tanah	27
Gambar 3.2 Serbuk cangkang telur.....	28
Gambar 3.3 Cawan	29
Gambar 3.4 Saringan/ayakan	29
Gambar 3.5 <i>Shave shaker</i>	30
Gambar 3.6 Jangka sorong	30
Gambar 3.7 Oven.....	31
Gambar 3.8 Piknometer	31
Gambar 3.9 Timbangann 0,01 gram	32
Gambar 3.10 Cawan Porselen	32
Gambar 3.11 Pisau perata.....	33
Gambar 3.12 Alat Alat <i>cassagrande</i>	33
Gambar 3.13 Hydrometer dan Tabung Ukur.....	34
Gambar 3.14 Penumbuk.....	34
Gambar 3.15 Cetakan atau <i>Mold</i>	35
Gambar 3.16 Bagan Alir Penelitian.....	46
Gambar 4.1 Distribusi ukuran butiran tanah asli.....	49
Gambar 4.2 Hubungan batas cair tanah dengan penambahan serbuk cangkang telur	51
Gambar 4. 3 Hubungan batas plastis tanah dengan penambahan serbuk cangkang telur	52
Gambar 4.4 Hubungan indeks plastisitas tanah dengan penambahan serbuk cangkang telur	53
Gambar 4.5 Hubungan antara volume kering dan kadar air tanah asli	55
Gambar 4.6 Grafik hubungan nilai CBR rendaman dengan variasi campuran serbuk cangkang telur.....	58

Gambar 4.7 Hubungan antara nilai CBR tanpa rendaman dengan campuran serbuk cangkang telur..... 59



DAFTAR NOTASI



<i>A</i>	: Nilai activity
<i>C</i>	: Lempung (<i>clay</i>)
<i>CBR</i>	: <i>California Bearing Ratio</i> (%)
<i>G</i>	: Kerikil (<i>gravel</i>)
<i>G_s</i>	: Berat jenis tanah
<i>H</i>	: Plastisitas tinggi (<i>High plasticity</i>)
<i>L</i>	: Plastisitas rendah (<i>low plasticity</i>)
<i>LL</i>	: Batas cair tanah (%)
<i>M</i>	: Lanau (<i>slit</i>)
<i>m₁</i>	: Berat tanah basah dalam cawan (gram)
<i>m₂</i>	: Berat tanah kering, oven (gram)
<i>O</i>	: Lanau atau lempung organik (<i>organic slit or clay</i>)
<i>P</i>	: Gradasi buruk (<i>poorly graded</i>)
<i>PI</i>	: Indeks plastisitas (%)
<i>PL</i>	: Batas plastis tanah (%)
<i>P_t</i>	: Tanah gambut dan tanah organik tinggi (<i>peat and highly organic soil</i>)
<i>S</i>	: Pasir (<i>sand</i>)
<i>SL</i>	: Batas susut tanah (%)
<i>v</i>	: Volume silinder (cm ³)
<i>v₁</i>	: Volume tanah basah dalam cawan (cm ³)
<i>v₂</i>	: Volume tanah kering, oven (cm ³)
<i>W</i>	: Kadar air tanah (%)
<i>W</i>	: Gradasi baik (<i>well graded</i>)
<i>γ_d</i>	: Berat volume kering tanah (gram/cm ³)
<i>γ_m</i>	: Berat volume basah tanah (gram/cm ³)
<i>γ_w</i>	: Berat volume air (gram/cm ³)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah didefinisikan dalam teknik sipil sebagai kumpulan endapan, bahan organik, dan bahan yang cenderung longgar yang terletak di atas batuan dasar. Ada kemungkinan bahwa karbonat, zat organik, atau oksida yang terendap di antara butiran-butiran membentuk ikatan yang relatif lemah. Partikel-partikel ini dapat mengandung air, udara, atau keduanya. Pembentukan tanah terutama berasal dari proses fisik maupun kimia yang terjadi selama proses geologi yang terjadi di dekat permukaan bumi, seperti pelapukan batuan (Hardiyatmo, 2017).

Definisi serta konsep tanah merujuk pada formasi alami yang meliputi sebagian besar permukaan planet bumi. Tanah memiliki kapasitas untuk mendukung pertumbuhan tanaman serta berbagai jenis makhluk hidup yang mendiami lingkungan tersebut. Sifat tanah cenderung sangat dipengaruhi oleh variabilitas iklim, dan interaksi organisme yang memainkan peran penting terhadap materi komponennya dalam jangka waktu tertentu. Bahan alami yang dimaksud adalah hasil dari pelapukan batuan yang menjadi dasar mayoritas daratan bumi, memungkinkan pertumbuhan tumbuhan dan berperan sebagai habitat bagi makhluk hidup dalam menjalani kehidupan mereka (Surendro, 2014).

Tanah secara umum digunakan dalam berbagai proyek seperti pengurugan jalan raya, rel kereta api, bendungan, atau sebagai dasar pembangunan rumah dan sejenisnya. Meskipun memiliki biaya ekonomis dan aksesibilitas yang baik, mutu tanah harus dipahami sebelum digunakan sebagai material konstruksi untuk menghindari kegagalan dalam pembangunan. Tantangan utama muncul dari karakteristik fisik dan mekanik yang tidak selalu optimal pada tanah, yang menjadi isu saat melaksanakan konstruksi di atasnya. Karena pengaruh besar yang dimiliki oleh kondisi tanah, pengkajian mendalam harus dilakukan saat merencanakan proyek konstruksi (Prasetio,dkk., 2019).

Sebagian besar wilayah Indonesia didominasi oleh jenis tanah lempung yang cenderung mengalami perubahan ukuran yang mencolok, yakni memuai dan menyusut. Volume tanah dapat berubah dengan meningkatnya ukuran saat terpapar air dan menyusut ketika terjadi pengeringan. Fenomena ini juga berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan air.

Tanah lempung adalah kumpulan partikel mineral dengan ukuran diameter di bawah 4 mikron, terutama terdiri dari silikat. Tanah lempung mengandung campuran silikat atau aluminium yang sangat halus, bersama dengan unsur silikon, udara, dan aluminium. Dalam hal infrastruktur jalan, jika tanah memiliki sifat yang tidak menguntungkan, perbaikan diperlukan, dan stabilisasi dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan dukungan tanah dasar tersebut. Ini akan memperkuat ketahanan dan kemampuan tanah dalam mendukung struktur jalan (Simanjuntak, dkk., 2017).

Cangkang telur adalah alternatif bahan alami untuk stabilisasi tanah. Untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik dan stabilitas tanah, cangkang telur dapat ditambahkan ke dalamnya. (Karthick, R 2018). Cangkang telur ini biasanya dikumpulkan di tempat tertentu tanpa alasan yang jelas. Jadi, akan bermanfaat jika digunakan untuk memperbaiki tanah pada konstruksi sipil yang memiliki masalah daya dukung tanah. Pencemaran cangkang telur jenis ini dapat membuat lingkungan menjadi kotor, bau, dan tidak dapat digunakan.

Sebelumnya, dalam upaya memperbaiki kualitas tanah, banyak penelitian telah dilakukan mengenai stabilisasi tanah lempung. Jenis bahan campuran yang digunakan juga beragam. Ini termasuk abu sekam padi, abu ampas tebu, serbuk *redstone*, kapur, dan *fly ash*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisik dan mekanik lempung telah berkembang. Penulis akan melakukan penelitian tentang bagaimana penambahan serbuk cangkang telur mempengaruhi sifat fisik dan mekanik tanah lempung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjadi referensi untuk perbaikan struktur tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai peningkatan sifat fisik dan mekanik dari tanah lempung?.
2. Seberapa besar meningkatnya sifat fisik dan mekanik tanah lempung yang telah di stabilisasi menggunakan serbuk cangkang telur?.
3. Berapakah nilai kadar cangkang telur optimum yang di butuhkan untuk stabilisasi tanah lempung?.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan yang diharapkan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui sifat fisik dan mekanik dari tanah lempung.
2. Mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah lempung yang telah di stabilisasi dengan variasi serbuk cangkang telur.
3. Mengetahui kadar serbuk cangkang telur optimum yang dibutuhkan untuk stabilisasi tanah lempung.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan dalam penelitian ini yakni sebagai berikut

1. Tanah yang dipakai tanah lempung Desa Sakra, Kecamatan Sakra Barat Kabupaten Lombok timur.
2. Bahan stabilitas yang digunakan adalah serbuk cangkang telur yang telah lolos saringan no 200.
3. Uji *index properties* tanah asli untuk mengetahui sifat fisis tanah yang dilakukan pada awal penelitian, meliputi:
 - Uji kadar air
 - Uji berat jenis tanah
 - Uji berat volume tanah
 - Uji nilai *Atterberg* (batas-batas konsistensi)
 - Uji distribusi butiran atau analisa saringan

4. Komposisi campuran terdiri dari : tanah, dan cangkang telur, penambahan presentase serbuk cangkang telur sebesar 0%, 3%, 6%,9%.
5. Pengujian untuk *engineering properties* dilakukan dengan uji *Proctor Standard* dan uji CBR (*California Bearing Ratio*).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mengklarifikasi dalam kondisi apa kesimpulan dari penelitian sebelumnya atau isu dalam studi kasus dapat dijadikan sebagai referensi atau panduan dalam pengujian.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian laboratorium yang dijadikan sebagai pertimbangan dan acuan dalam penelitian ini dipilih karena menggunakan metode dan bahan aditif yang serupa, termasuk di antaranya:

Hasil penelitian Munirwan (2019) tentang "Penambahan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung" menunjukkan bahwa berat jenisnya meningkat untuk persentase ESP yang lebih rendah dan menurun untuk persentase ESP yang lebih tinggi. Hasil pengujian batas cair juga menunjukkan penurunan seiring dengan peningkatan campuran ESP. Parameter *Atterberg Limit* secara umum juga menurun seiring dengan peningkatan persentase ESP. Secara keseluruhan, nilai kepadatan tanah lempung Desa Cot Bagie Kecamatan Blang Bintang menurun terhadap nilai OMC (*Optimum Moisture Content*). Sebaliknya, nilai berat volume kering maksimum meningkat pada persentase ESP rendah 3%, kemudian turun pada persentase ESP 6% dan 9%, masing-masing. Nilai ESP terus menurun seiring dengan peningkatan persentase ESP.

2.3 Tanah

Dalam pengertian teknik sipil, tanah didefinisikan sebagai gabungan mineral, bahan organik, dan endapan yang cenderung longgar yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*), menurut Hardiyatmo (2019). Mungkin ada udara, air, atau keduanya di antara partikelnya yang relatif lemah karena zat organik, karbonat, atau oksida yang mengendap di antaranya. Tanah dapat terbentuk melalui proses pelapukan batuan atau geologi lainnya yang terjadi dekat permukaan bumi. Pembentukan tanah juga dapat

terjadi melalui proses fisik, di mana batuan pecah menjadi partikel kecil karena air, angin, erosi, es, tindakan manusia, dan perubahan suhu dan cuaca. Partikel tanah dapat memiliki berbagai bentuk, seperti bergerigi, bulat, atau lainnya.

Secara umum, pelapukan batuan dapat terjadi melalui proses kimia yang melibatkan karbondioksida, oksigen, air (baik alkali atau asam), dan beberapa proses kimia lainnya. Tanah terangkut (*transported soil*) adalah tanah yang telah diangkut oleh pergerakan. Tanah residu (*residual soil*) adalah tanah yang masih berada di tempat asalnya.

2.3.1 Tanah dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah lapisan tanah di atas yang sifat dan daya dukungnya sangat mempengaruhi kekuatan dan keawetan konstruksi di atasnya. Tanah dasar ini dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tetapi dapat berupa tanah timbunan yang dibawa dari luar dan dipadatkan (Utami, 2015). Karena tanah dasar berfungsi untuk menerima tekanan akibat beban, tanah dasar harus memiliki kapasitas dukung terbaik untuk menerima gaya akibat beban tanpa mengalami perubahan atau kerusakan. Daya dukung tanah dasar untuk perencanaan tebal perkerasan jalan di Indonesia ditentukan melalui pemeriksaan CBR dengan nilai minimal CBR sebesar 6%, sesuai dengan persyaratan Bina Marga (2018).

2.3.2 Tanah lempung

Tanah dengan kandungan liat yang tinggi disebut sebagai tanah lempung yang terdiri dari partikel-partikel kecil yang terbuat dari mineral liat. Tekstur tanah lempung halus dan kohesif, serta memiliki kapasitas tersingkir udara yang tinggi. Karakteristik ini disebabkan oleh kandungan liat yang tinggi di dalam tanah lempung.

Kemampuan untuk mengalami perubahan volume yang signifikan selama perubahan kadar air adalah karakteristik tanah lempung. Kadar air sangat memengaruhi kekuatan dukung tanah lempung. Saat tanah lempung basah, kandungan air meningkat, menyebabkan tanah mengembang, lunak, dan tidak dapat menahan beban.

Tanah lempung termasuk dalam kelompok tanah kohesif yang memiliki karakteristik yang tidak menguntungkan dalam infrastruktur pembangunan, seperti kelemahan dalam kekuatan geser dan tingkat kompresibilitas yang tinggi. Kemampuan tanah untuk menahan beban dengan kekuatan lentur yang terbatas juga merupakan tantangan yang harus diatasi dapat ditopang oleh tanah lempung, baik beban sementara maupun beban tetap. Kompresibilitas yang tinggi menyebabkan penurunan tanah setelah proses pekerjaan berakhir. Selain itu, tanah lempung juga dapat menyebabkan masalah seperti retak pada dinding.

Tanah lempung dikenal berdasarkan indeks plastisitasnya, yang menggambarkan kisaran kadar air di mana tanah masih bersifat plastis. Semakin tinggi Indeks Plastisitas (PI) tanah, semakin plastis sifatnya. Apabila tanah memiliki (PI) rendah, yang terdapat di tanah lanau, perubahan kandungan air dalam tanah akan mempengaruhi proses pengeringan tanah tersebut.

2.3.3 Jenis tanah

Lempung tidak selalu terdiri dari partikel lempung; tanah jenis ini mungkin juga mengandung campuran organik, lumpur, atau pasir. Partikel tanah memiliki ukuran mulai dari 100 μm hingga 0,001 mm. (Hardiyatmo, 2012).

1. Gravel, atau kepingan batuan bantuan yang kadang-kadang termasuk partikel mineral *quartz* dan *feldspar*.
2. Sebagian besar mineral *quartz* *feldspar* adalah pasir, atau sand.
3. Lanau (*silt*), sebagian besar fraksi mikroskopis tanah yang sangat kecil yang terdiri dari pecahan mika dan butiran *quartz* yang sangat halus.
4. Lempung, atau tanah, sebagian besar terdiri dari partikel yang sangat kecil dan sub-mikroskopis (tidak dapat dilihat hanya dengan mikroskop). Bahkan ukurannya kurang dari 0,002 mm (2 *micron*)

2.3.4 Klasifikasi tanah

Pada dasarnya, klasifikasi tanah dilakukan dengan menggunakan indeks pengujian sederhana untuk mengidentifikasi karakteristik tanah. Karakteristik ini

kemudian digunakan untuk membuat kelompok klasifikasi, yang didasarkan pada hasil analisis saringan untuk ukuran partikel dan indeks plastisitas. (Hardiyatmo 2012).

Sistem klasifikasi mekanika tanah terdiri dari dua jenis, yang kemudian dikelompokkan. Masing-masing sistem klasifikasi mengambil ukuran partikel, batas *atterberg*, batas cair, dan indeks plastisitas. Penjelasan berikut memberikan penjelasan tentang sistem klasifikasi tersebut.

a. Sistem klasifikasi AASTHO

Sistem ini ditujukan untuk menentukan kualitas tanah yang digunakan untuk pekerjaan jalan, khususnya lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Oleh karena itu, saat menggunakan sistem ini, perlu mempertimbangkan tujuan dan maksud awalnya. Dalam sistem ini, tanah dibagi menjadi 7 kelompok utama, yaitu A-1 hingga A-7. Kelompok A-1, A-2, dan A-3 mencakup tanah berbutir yang memiliki 35 persen atau kurang dari butiran yang lolos ayakan No. 200. Kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 mencakup tanah yang memiliki lebih dari 35 persen butiran yang lolos ayakan No. 200. Sebagian besar butiran dari kelompok A-4 hingga A-7 adalah lempung dan lanau. Untuk klasifikasi AASTHO, standar digunakan sebagai berikut :

1) Ukuran Butir

- Krikil (*gravel*) adalah bagian tanah yang lolos dari ayakan berdiameter 75 mm (3 in) dan tertahan pada ayakan no. 20 (2 mm).
- Pasir (*sand*) adalah bagian tanah yang lolos dari ayakan nomor 10 (2 mm) dan nomor 200 (0,075 mm).
- Lanau dan lempung (*silt* dan *clay*) adalah bagian yang lolos saringan no. 200.

2) Plastisitas

Kemampuan tanah untuk mengubah bentuknya tanpa retak atau remuk dikenal sebagai plastisitas. Namun, tanah dapat cair, plastis, semi padat, atau padat,

tergantung pada kadar airnya. Nilai indeks plastisitas, yang merupakan perbedaan antara nilai batas plastis dan cair, biasanya digunakan untuk menunjukkan seberapa plastis suatu tanah. Jika bagian-bagian tanah yang halus memiliki indeks plastis 10 atau kurang, mereka disebut berlanau. Jika indeks plastisnya 11 atau lebih, mereka disebut berlempung.

- 3) Apabila batuan (ukuran lebih dari 75 mm) ditemukan dalam sampel tanah yang akan digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah, batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Namun, persentase tanah yang dikeluarkan harus dicatat.

Untuk mengkoreksi mutu kualitas dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan, suatu angka yang dinamakan Indeks Kelompok (*group index*) GI, dipergunakan untuk mengevaluasi tanah lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

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

Dengan :

GI = Indeks kelompok (*group index*)

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

LL = Batas cair

PI = Indeks plastisitas

1. Apabila $GI < 0$, maka GI dianggap =0, sama ketika nilai GI menghasilkan negatif, maka GI dianggap nol.
2. Nilai GI yang terhitung dari Persamaan (2.1), dibulatkan ke angka terdekat.
3. Untuk pengelompokan A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5, dan A-3 selalu nol.
4. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks kelompok yang menggunakan Persamaan 2.2.

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

Dengan :

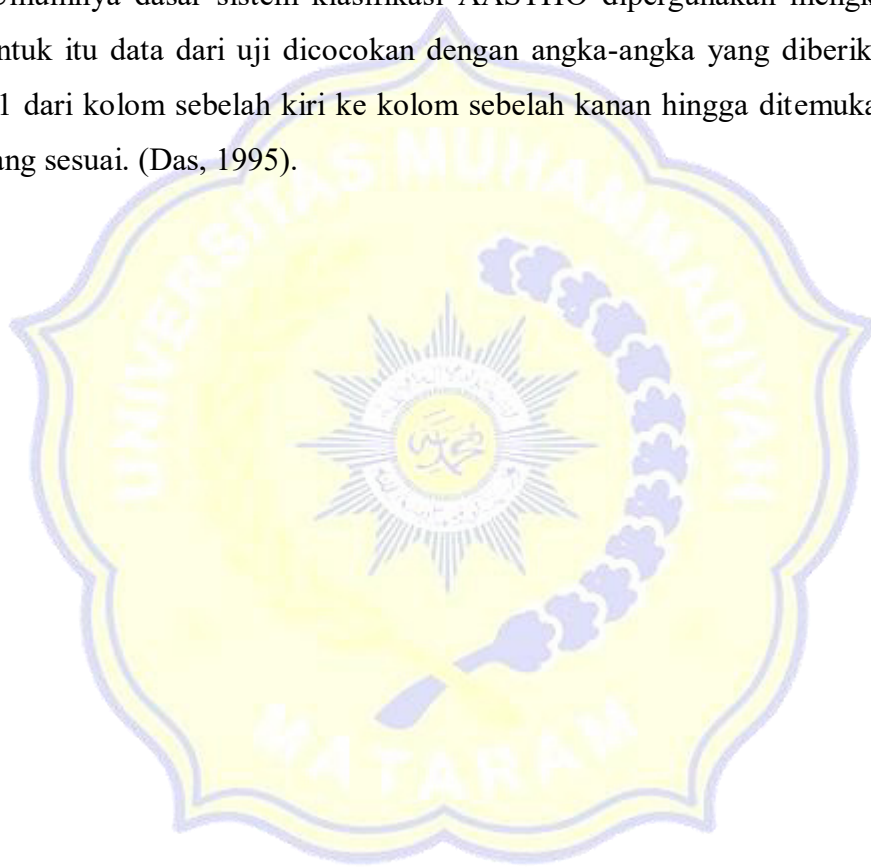
GI = Indeks kelompok (*group index*)

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

PI = Indeks plastisitas

5. Tidak ada batasan atas nilai GI .

Umumnya dasar sistem klasifikasi AASTHO dipergunakan mengklasifikasi tanah, untuk itu data dari uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 2.1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai. (Das, 1995).



Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah Metode AASTHO

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan No.200)						Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan No. 200)				
	A-		A-3	A			A-4	A-5	A-6	A-7-5/A-7-6	
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	-	-	N	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0	0	0	0	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks		
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir			Tanah berlanau		Tanah berlempung		
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Sedang sampai buruk				

Sumber : Hardiyatmo 2012

Catatan:

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada

batas plastisnya (PL) Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5

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

Np = non plastis

b. Sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification system*)

Sistem klasifikasi tanah unified (USCS) pertama kali diusulkan oleh Casagrande (1942), tetapi telah direvisi dan dikembangkan kembali oleh kelompok teknisi USCS. Dalam sistem ini, tanah berbutir kasar (pasir dan kerikil) diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus (lanau atau lempung) jika tanah lolos kurang dari 50% untuk saringan no. 200, dan tanah berbutir halus (lanau atau lempung) harus lolos lebih dari 50% untuk saringan no. 200. Maka dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelompok dan sub kelompok yang dapat dilihat dalam Tabel 2.2. Adapun keterangan dari simbol-simbol yang dipergunakan dapat dilihat pada daftar notasi.



Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

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

Sumber : Hardiyatmo 2012

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi *Unified* (lanjutan)

	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, SM, SC 5%-12% lolos saringan no. 200. Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel	$Cu = \frac{D60}{D10} > 4, Cc = \frac{(D20)^2}{D20 \times D60} \text{ antara 1 dan 3}$	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Batas-batas <i>Atterberg</i> di atas garis A atau $PI > 7$	
	$Cu = \frac{D60}{D10} > 6, Cc = \frac{(D20)^2}{D20 \times D60} \text{ antara 1 dan 3}$	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Batas-batas <i>Atterberg</i> di atas garis A atau $PI > 7$	

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

The diagram is a plot of Plasticity Index (PI) in percent on the y-axis (ranging from 0 to 60) against Liquid Limit (LL) on the x-axis (ranging from 0 to 100). A diagonal line represents the upper Atterberg limit (U_L = 2.5(LL - 20)). A horizontal line at PI = 4 represents the lower Atterberg limit (L_L). A vertical line at LL = 50 separates clayey soils (left) from silty soils (right). The regions are labeled as follows: CL (Clayey Low Plasticity) above PI=4 and below U_L for LL < 50; CH (Clayey High Plasticity) above U_L for LL < 50; ML (Silty Low Plasticity) above PI=4 and below U_L for LL > 50; OL (Silty High Plasticity) above U_L for LL > 50; MH (High Plasticity) above U_L for LL > 50; OH (Very High Plasticity) above U_L for LL > 50. A hatched region labeled CL-ML is located between PI=4 and U_L for LL between 20 and 40.

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

Sumber : Hardiyatmo, 2012

Berikut adalah prosedur digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah sistem *unified* :

1. Tentukan tanah secara visual atau saring dengan saringan no.200 untuk mengetahui apakah itu butiran kasar atau halus.
2. Jika tanah berupa butiran kasar:
 - a. Saring tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.
 - b. Persentase butiran yang lolos dari saringan No. 4 harus ditentukan. Jika persentase butiran yang lolos kurang dari lima puluh persen, tanah tersebut akan diklasifikasikan sebagai kerikil. Jika persentase butiran yang lolos lebih dari lima puluh persen, tanah tersebut akan diklasifikasikan sebagai pasir.
 - c. Tentukan jumlah butiran yang lulus saringan no.200. Jika persentase butiran yang lulus kurang dari 5%, hitung C_u dan C_c untuk menentukan bentuk grafik distribusi butiran. Jika ada gradasi yang baik atau buruk, masukkan ke dalam kategori GW (bila kerikil) atau SW (bila pasir). Jika ada gradasi yang buruk, masukkan ke dalam kategori GP (bila kerikil) atau SP (bila pasir).
 - d. Tanah akan memiliki tanda dobel dan sifat keplastisan (GW-GM, SW-SM, sebagainya.) jika persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 berkisar antara 5 dan 12 persen.
 - e. Jika jumlah butiran yang keluar dari saringan no.200 lebih dari 12 persen, uji batas-batas Atterberg harus dilakukan dengan menghilangkan butiran tanah dalam saringan no.40. Kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas, jenis butiran dapat diklasifikasikan menjadi GM, GC, SM, SC, atau GM-GC atau SM-SC.
3. Jika tanah berbutir halus:

- a. Keluarkan sisa tanah dari saringan no. 40 untuk melakukan uji batas Atterberg. Jika batas cair lebih dari lima puluh, itu dianggap plastisitas tinggi, dan jika kurang dari lima puluh, itu dianggap plastisitas rendah.
- b. Dalam kasus H, yang menunjukkan plastisitas tinggi, plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas harus berada di bawah garis A. Ini akan menentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH). Jika plotnya jatuh di garis A, itu akan diklasifikasikan sebagai CH.
- c. Untuk L, yang berarti plastisitas rendah, plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir. Dengan mengeringkan tanah di oven, Anda dapat menentukan apakah tanah tersebut organik (OL) atau anorganik (ML) berdasarkan perubahan warna, bau, atau batas cair dan plastis.
- d. Gunakan simbol dobel jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50.

2.4 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah proses memperbaiki sifat tanah dengan menambahkan sesuatu padanya untuk meningkatkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan gesernya. Tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada untuk membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan adalah karakteristik tanah yang telah diperbaiki dengan stabilisasi (Bowles, 1991).

Beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul.

3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisik pada tanah.

Pada umumnya cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan-pekerjaan berikut (Bowles, 1991) :

1. Mekanis, yaitu pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis, seperti roller, benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, tekstur, pembekuan, dan pemanasan, antara lain.
2. Bahan penambah (*additiv*), yaitu penambahan kerikil untuk tanah kohesif, lempung untuk tanah berbutir, dan campuran kimiawi seperti gamping, abu batubara atau vulkanik, semen, aspal, kalsium dan sodium klorida, limbah pabrik kertas, dan sebagainya. Metode perbaikan sifat tanah ini juga sangat bergantung pada waktu pemeraman, karena proses kimia yang terjadi selama proses perbaikan sifat tanah memerlukan waktu untuk zat kimia dalam *additive* bereaksi.

2.5 Serbuk Cangkang Telur

Jumlah limbah cangkang telur di Indonesia cukup banyak, tetapi belum sepenuhnya dimanfaatkan. Cangkang telur merupakan limbah makanan yang merupakan pencemaran lingkungan dan dapat digunakan untuk stabilisasi tanah.

Menurut literatur, serbuk cangkang telur terutama mengandung kalsium oksida (CaO) 99,83%, dengan sisa terdiri dari aluminium oksida (AL₂O₃), silikon dioksida (SiO₂), klorida (Cl), kromium oksida (Cr₂O₃) dan mangan (Mn) oksida (MnO). Menurut Butcher dan Miles (1990), kulit telur kering mengandung 3% fosfor tembaga dan sekitar 95% kalsium karbonat. Kandungan kalsium yang tinggi ini dapat digunakan untuk stabilisasi tanah.

Olarewaju et al. (2011) melakukan penelitian tentang stabilisasi tanah dengan menggunakan SCT (Serbuk Cangkang Telur). Hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan tanah sebagai *subgrade* material jalan meningkat. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Okonkwo et al. (2012) menemukan bahwa penambahan presentase SCT (Serbuk

Cangkang Telur) meningkatkan nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) dan menurunkan berat kering maksimum tanah campuran.

2.6 Sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat fisik dari unsur yang membentuk massa tanah di dalam tanah dikenali sebagai ciri-ciri fisik tanah. Ada beberapa teknik pengujian yang digunakan untuk menganalisis ciri-ciri fisik tanah sebagai berikut :

1. Uji kadar air
2. Uji berat volume
3. Uji berat jenis
4. Uji batas *atterberg*
5. Analisa saringan dan hidrometer

2.6.1 Kadar air

Sesuai dengan namanya, pengujian yang bertujuan untuk menentukan kadar air tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan jumlah air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah, yang diwakili dalam persen. Menurut SNI 1965-2008, kadar air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$\text{kadar air} : w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\% \quad (2.4)$$

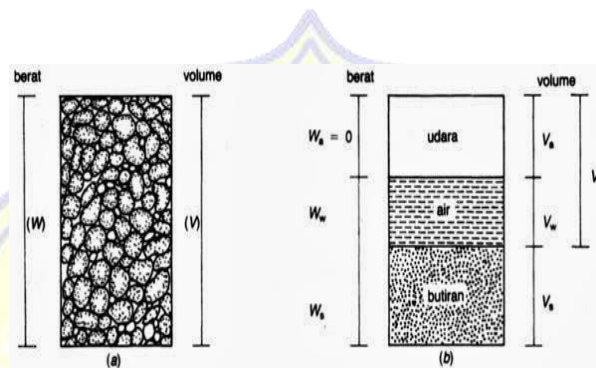
dengan :

- W1 = Berat cawan kosong (gr).
W2 = Berat cawan + tanah basah (gr)
W3 = Berat cawan + tanah kering (gr).
W2-W3 = Berat air (gr).
W3-W1 = Berat tanah kering (gr).

Nilai kadar air dinyatakan sebagai persentase dengan akurasi satu angka dibelakang koma.

2.6.2 Berat volume

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kepadatan atau volume tanah; lebih tepatnya, mereka akan membandingkan berat tanah basah dengan volumenya dalam satuan gram per sentimeter persegi. Saat melakukan tes, tanah dimasukkan ke dalam alat berbentuk silinder. Partikel padat, air, dan rongga udara adalah tiga komponen umum tanah. Berikut lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.1 Diagram Penyelesaian Tanah
(sumber : Hardiyatmo, 2012)

Dari Gambar 2.3 dibuatkan beberapa persamaan, antara lain sebagai berikut:

$$W : W_s + W_w \quad (2.5)$$

$$V : V_s + V_w + V_u \quad (2.6)$$

$$V_v : V_w + V_u \quad (2.7)$$

dengan :

V_s : Volume butiran padat

V_w : Volume air

V_u : Volume berat udara

W_s : Berat butiran padat

W_u : Dianggap sama dengan nol.

W_w : Berat air

Selanjutnya untuk menghitung beratnya, volume tanah atau berat tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.8) dan (2.9) sebagai berikut:

$$\text{Berat isi tanah basah : } \gamma_{wet} = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (2.8)$$

$$\text{Berat isi tanah kering : } \gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1+W} \quad (2.9)$$

dengan :

V : Volume tanah = Volume dalam cincin (cm³)

W : Kadar air (%)

W1 : Berat cincin (gram)

W2 : Berat cincin + tanah (gram)

2.6.3 Berat jenis

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung berat jenis yang telah lolos saringan No.10 (2,00 mm) dengan menggunakan piknometer sesuai dengan SNI 1964:2008. Perbedaan berat tanah kering, berat air suling, dan volume tanah pada suhu yang sama disebut berat jenis tanah. Berat jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.10. Rincian diberikan dalam persamaan 2.11.

$$G_s = \frac{\text{Berat butir}}{\text{Berat air dan volume yang sama}} = \frac{W}{W_w} \quad (2.10)$$

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (2.11)$$

dengan :

G_s : Berat jenis tanah

W1 : Berat piknometer kosong (gram)

W2 : Berat piknometer + tanah kering (gram)

W3 : Berat piknometer + tanah + air (gram)

W4 : Berat piknometer + air (gram)

2.6.4 Batas *atterberg*

Batas *Atterberg* memperhitungkan tingkat air dalam tanah untuk menentukan batas konsistensi tanah berbutir halus. Adapun batas *atterberg* dibagi menjadi tiga sebagai berikut:

1. Batas cair

Batas cair (*liquid limit*) yang tertuang dalam SNI 1967:2008 adalah hasil yang telah diperoleh dari banyaknya kadar air yang terkena dan digambarkan secara grafik. Sumbu horizontal adalah jumlah total pukulan, dan arah vertikal menggunakan skala logaritmik yang mirip dengan skala normal untuk kadar air dalam air. Kemudian tarik garis melalui titik tersebut. Jika garis yang dilihat pada grafik tidak cocok, tarik garis melalui bobot titik untuk titik tersebut. Tinggi muka air tanah batas cair, yang diperlukan untuk grafik yaitu pada jumlah pukulan 25.

2. Batas plastis

Batas plastis (*plastic limit*) menurut SNI 1966:2008, batas plastis adalah batas perubahan sifat-sifat tanah dari keadaan plastis awal menjadi keadaan semi padat. Pentingnya uji batas plastis ini adalah untuk mendapatkan besarnya batas plastis tanah. Hal ini dipergunakan untuk menentukan jenis, sifat, dalam menentukan klasifikasi tanah.

3. Indeks plastis

Indeks plastisitas (*plasticity index*) ialah menentukan selisih batas cair tanah dan batas plastis tanah. Indeks plastisitas tanah dapat dihitung dengan persamaan 2.12.

$$PI = LL - PL \quad (2.12)$$

dengan :

PI : Indeks plastisitas (*plasticity index*)

LL : Batas cair (*liquid limit*)

PL : Batas plastisitas (*plastic limit*)

Dalam penulisan perhitungan indeks plastisitas tanah terdapat pengecualian terjadi keadaan sebagai berikut:

- (a) Bila dalam batas cair atau batas plastis tidak dapat ditentukan, maka untuk indeks plastisitas dapat disimpulkan dengan (NP) *Non Plastis*.
- (b) Indeks plastisitas tanah juga dinyatakan sebagai NP (*non plastis*), jika hasil perhitungan batas plastis lebih besar atau sama dengan batas cair

Batasan pada nilai PI ditentukan berdasarkan nilai indeks plastisitas dan jenis tanah seperti yang disajikan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 nilai indeks plastisitas dan jenis tanah

Pi	Sifat Tanah	Jenis Tanah
0	Non plastisitas	Pasir
<7	Plastisitas rendah	Lanau
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau
>7	Tinggi	Lempung

(sumber : Jumikis, 1962)

4. Batas susut

Batas susut (*shrinkage limit*) dalam SNI 3422:2008 didefinisikan sebagai kadar air antara tanah setengah padat dan tanah padat. Artinya, kadar air di mana pengurangan kadar air lebih lanjut tidak mengubah volume tanah. Berikut persamaan 2.13 nilai batas susut:

$$SL = W - \frac{W}{w_w} \quad (2.13)$$

dengan :

- SL : Batas susut (%)
- W : Kadar air (%)
- γ_w : Berat jenis air.
- $V1$: Volume basah tanah (cm^3)
- $V2$: Volume kering tanah (cm^3)

2.6.5 Analisa saringan dan hidrometer

SNI 3423-2008 menetapkan metode uji analisis ukuran butir tanah dengan saringan dan hidrometer. Analisis hidrometer menghitung distribusi ukuran partikel tanah berdasarkan sedimentasi tanah dalam air. Ini dilakukan untuk menentukan

distribusi ukuran butir besar dari tanah berbutir halus. Untuk menguji analisis hidrometer, sampel tanah uji dilarutkan dalam air. Partikel tanah diendapkan dalam tabung tempat tanah dan larutan air berada selama jatuh bebas. Dalam situasi ini, sekitar 100 gram atau 50 gram tanah harus lolos saringan No. 10 (2,00 mm). Laju pengendapan partikel tanah bergantung pada ukurannya. Partikel yang lebih berat dan berat mengendap lebih cepat daripada partikel yang lebih kecil dan lebih ringan. Untuk mempercepat penguraian, bahan pendispersi (*water glass*) digunakan. Analisis saringan dilakukan dengan mengatur saringan dari ukuran terbesar hingga terkecil. Tujuan analisis saringan adalah untuk mengetahui persentase massa partikel pada unit ayakan dengan menggunakan ukuran ayakan yang telah ditentukan sebelumnya. (Hardiyatmo, 2012).

2.6.6 Pematatan

Tanah memiliki terkaitan dengan kadar air dan satuan massa kering untuk tanah padat. Tanah yang umumnya memiliki nilai kadar air tertentu yang optimal untuk mencapai satuan bahan kering maksimum. Berat potongan kering setelah pematatan akan bervariasi tergantung pada jenis tanah, kelembaban tanah, dan kinerja peralatan selama peletakan. Ada penentuan sifat kepadatan tanah yang dapat dievaluasi menggunakan uji laboratorium standar yang disebut uji *proctor*. (Hardiyatmo, 2012).

Pengujian ini tidak termasuk dalam pengujian sifat mekanik tanah, namun tetap dilaksanakan untuk mendapatkan kadar air optimum sebagai fungsi utama saat melakukan pengujian CBR. Selain itu juga pematatan tanah berpengaruh untuk peningkatan kekuatan tanah atau peningkatan daya dukung tanah. Kompresi dapat juga mengurangi ukuran endapan yang tidak diinginkan.

Berdasarkan pada SNI 1742-2008, pematatan dapat ditetapkan dengan empat cara pilihan, seperti dalam Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.4 Cara uji kepadatan ringan untuk tanah

Uraian	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Diameter cetakan (mm)	101,60	152,40	101,60	152,40
Tinggi cetakan (mm)	116,43	116,43	116,43	116,43
Volume cetakan (cm ³)	943	2124	943	2124
Massa penumbuk (kg)	2,5	2,5	2,5	2,5
Tinggi Jatuh Penumbuk (mm)	305	305	305	305
Jumlah lapis	3	3	3	3
Jumlah Tumbukan Perapis	25	56	25	56
Bahan Lolos Saringan	No. 4 (4,75 mm)	No. 4 (4,75 mm)	19,00 mm (¾")	19,00 mm (¾")

Sumber : SNI 1742-2008

Tabel 2.5 Cara uji kepadatan ringan untuk tanah

Uraian	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Diameter cetakan (mm)	101,60	152,40	101,60	152,40
Tinggi cetakan (mm)	116,43	116,43	116,43	116,43
Volume cetakan (cm ³)	943	2124	943	2124
Massa penumbuk (kg)	4,54	4,54	4,54	4,54
Tinggi Jatuh Penumbuk (mm)	475	475	475	475
Jumlah lapis	5	5	5	5
Jumlah Tumbukan Perapis	25	56	25	56
Bahan Lolos Saringan	No. 4 (4,75 mm)	No. 4 (4,75 mm)	19,00 mm (¾")	19,00 mm (¾")

Sumber : SNI 1742-2008

Tanah harus terlebih dahulu dikeringkan dan dilonggarkan sebelum dipadatkan. Pengeringan tanah dapat dilakukan di luar ruangan di bawah sinar terik matahari atau

dengan oven pengering laboratorium pada suhu tidak melebihi 60 °C. Metode A dan B menggunakan ayakan/saringan 4 (4,75 mm), sedangkan Metode C dan D menggunakan ayakan/saringan 19,00 mm (3/4 inci). Kemudian ditambahkan air pada setiap tanah uji dan diaduk hingga merata.

Air ditambahkan untuk pemadatan sedemikian rupa sehingga kadar air dalam campuran awal adalah 2-6% di bawah kadar air optimum. Penambahan air pada langkah selanjutnya terjadi setelah massa dimampatkan dan dilarutkan. Terdapat kadar air pada setiap tahap yakni sekitar 1-3%. Atur penambahan air agar kedua sampel berada di bawah kadar air optimum. sampelnya kurang optimal. Perbedaan kandungan udara sekitar 1% sampai 3% dalam setiap sample. Tutup setiap sampel dalam kantong plastik atau wadah lain dan simpan dengan waktu 3 jam, namun untuk tanah lanau dilakukan 12 jam, dan tanah lempung dilakukan 24 jam.

2.7 Sifat Mekanik Tanah CBR (*California Bearing Ratio*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai perkerasan tanah terhadap bahan timbunan. Ini juga akan membandingkan kelayakan tanah di lokasi tersebut, atau apakah dapat digunakan untuk bahan timbunan.

Nilai CBR menunjukkan bahwa kondisi tanah lebih baik. Konstruksi jalan akan cepat runtuh jika lapisan tanah rendah memiliki daya dukung beban rendah (CBR). Hasil CBR dapat ditingkatkan dengan kompresi. Ini sebenarnya berarti kandungan udara yang optimum dan kepadatan kering yang maksimum. Namun, jika nilai CBR tidak memenuhi kapasitas beban yang diperlukan, campuran mungkin diperlukan, atau nilai CBR yang lebih baik dapat diperoleh dari lokasi lain.

Proses CBR dimulai dengan mengayakan sampel tanah yang telah keluar dari saringan No. 4. Kemudian, sampel tanah dan campuran kadar air ideal yang diperoleh dari pengujian pemadatan sebelumnya dicampur. Sampel tanah dan campuran kadar air ideal disimpan selama dua belas jam (tergantung pada jenis tanah). Setelah tanah didiamkan selama dua belas jam, sampel air dan tanah dicampur kembali hingga terbentuk lapisan. Berat kepalan tangan dihitung berdasarkan uji kepadatan. Setelah

pemadatan, sampel tanah untuk CBR diuji. Perendaman CBR dilakukan dengan merendam subjek yang dipalu selama empat hari dan melacak kemajuan sampel tanah uji. Setelah uji kompresi selesai, sampel diuji pada pengujian CBR. Berdasarkan SNI 1744: 2012, beban korektif untuk pengujian CBR adalah 2,54 mm atau 0,10 inci dan 5,08 mm atau 0,20 inci pada setiap pahat yang diuji.

Nilai CBR dapat dihitung dalam bentuk persen dengan membagi nilai beban terkoreksi dengan beban standar secara berurut, lalu dikalikan dengan 100 seperti yang ada pada persamaan 2.14 berikut ini.

$$CBR = \frac{PT}{PS} \times 100 \quad (2.14)$$

Dengan :

CBR : California Bearing Ratio (%)

PS : Beban Standar (*Standar Load*)

PT : Beban Percobaan (*Test Load*)

Proses masuknya air ke dalam pori-pori tanah memungkinkan peningkatan volume tanah. Pengujian CBR rendaman biasanya menunjukkan perbandingan antara perubahan sebelum dan sesudah direndam, yang ditunjukkan dalam bentuk persen. Untuk perhitungan pengembangan dapat dilihat dalam persamaan 2.15 sebagai berikut:

$$\text{Pengembangan, \%} = \frac{S}{H} \times 100 \quad (2.15)$$

Dengan :

H : Tinggi awal benda uji

S : bacaan dial

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah lempung sebagai bahan penelitian sifat fisik dan mekanik tanah terletak di Desa Sakra Kecamatan Sakra Kabupaten Lombok Timur. Untuk lebih jelas lokasi pengambilan sampel penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel tanah

Sumber : google eart 2023

Selanjutnya, pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram, yang berlokasi di Jl. KH. Ahmad Dahlan No.1, Kelurahan Pagesangan, Kecamatan Mataram, Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. Tanah dan serbuk cangkang telur

Untuk penelitian ini, sampel tanah lempung digunakan. Sampel ini berasal dari Desa Sakra, Kecamatan Sakra, Kabupaten Lombok Timur. Serbuk cangkang telur digunakan sebagai campuran pada tanah lempung setelah melalui saringan No. 200. Serbuk cangkang telur yg telah lolos saringan No.200 dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Serbuk cangkang telur
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

- #### 2. Cawan dipergunakan sebagai wadah untuk menguji setiap sampel dalam setiap pengujian, untuk kemudian dimasukkan ke dalam oven untuk dilakukan pengovenan guna menentukan kadar air dalam tanah. Cawan yang dipergunakan untuk penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Cawan

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

3. Saringan atau ayakan dibuat berdasarkan besaran ukuran bahan atau partikel. Mereka digunakan untuk menyaring atau membagi tanah sesuai dengan ukuran yang tertahan. Ayakan yang digunakan saat pengujian analisa saringan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Saringan/ayakan

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

4. *Shaver shaker* adalah alat yang dimaksudkan untuk memisahkan partikel padat yang ada di sekitarnya dengan menggunakan penyaring terstruktur dengan setiap lapisan memiliki ukuran dari yang terbesar hingga yang terkecil. Alat *Sheve sheker* yang dipergunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Shave shaker*

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

5. Jangka sorong ialah alat ukur dengan ketelitian yang sangat-sangat tepat dan akurat. Dipergunakan untuk alat ukur yang berukuran kecil, guna mengetahui ukuran dalam benda, dapat juga mengukur diameter dalam maupun luar. Berikut jangka sorong yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Jangka sorong

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

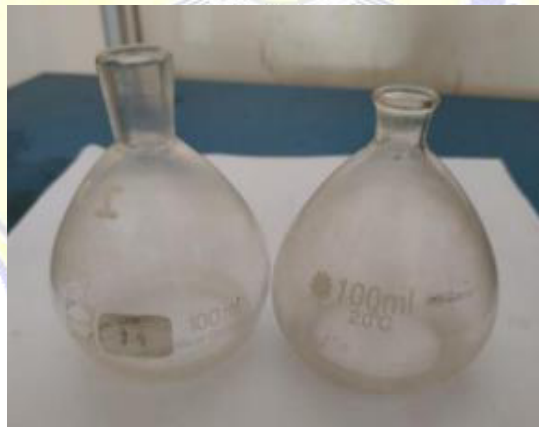
6. Oven adalah sebuah alat pemanas yang bertujuan untuk mengeringkan tanah untuk mendapatkan kadar air. Adapun oven yang terdapat atau yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Oven

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

7. Píknometer merupakan botol kaca memiliki ukuran atau kapasitas 50-100ml, dipergunakan pada pengujian berat jenis tanah dan memiliki ketahanan untuk bertahan dalam suhu panas. Berikut picnometer yang dipergunakan dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Píknometer

(Sumber: Dokumentasi, 2023)

8. Timbangan yang dipergunakan adalah timbangan digital yang ketelitian 0,01 gram dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Timbangann 0,01 gram
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

9. Mangkuk Porselen/Cawan terbuat dari porselen yang berfungsi sebagai wadah untuk mengaduk benda uji dengan air suling hingga merata. Berikut cawan yang dipergunakan dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Cawan Porselen
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

10. Pisau perata ataupun biasa disebut spatula adalah alat yang dipergunakan untuk mencampur atau meratakan benda uji, dan memiliki mata pisau dengan panjang 0,75 cm dan lebar 0,20 cm. Berikut pisau perata yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Pisau perata
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

11. Alat *cassagrande* digunakan untuk pengujian batas cair. *Cassagrande* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Alat Serta Bahan Batas Susut
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

12. Hydrometer dan tabung ukur difungsikan pada pengujian hydrometer, untuk dapat menentukan ukuran butiran halus dan pengujian saringan. Adapun hydrometer dan tabung ukur yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Hydrometer dan Tabung Ukur
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2023)

13. Untuk pengujian pemadatan dipergunakan penumbuk dengan berat 2.5 kg untuk pengujian pemadatan standar dan berat 5.5 kg untuk Pemadatan CBR. Adapun penumbuk yang dipergunakan dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Penumbuk
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

14. Cetakan atau *Mold* digunakan untuk pengujian pemadatan dan juga uji nilai CBR, alat terdiri atas tiga bagian yaitu alas *mold*, leher *mold* dan *mold* itu sendiri untuk pemadatan menggunakan *Mold* dengan Diameter 10,2 cm dengan tinggi 11,7cm

sedangkan untuk uji CBR menggunakan Diameter 15,3 cm dengan tinggi 17,7 cm. Adapun *Mold* yang dipergunakan dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Cetakan atau *Mold*
(Sumber: Dokumentasi, 2023)

3.3 Jenis Pengujian

Beberapa metode penelitian digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data yang akan digunakan untuk menghitung kelayakan fisik dan mekanik tanah. Metode-metode ini meliputi:

3.3.1. Kadar air

Peraturan SNI 1965:2008 menetapkan pengujian kadar air, yang bertujuan untuk menentukan persentase banyak kadar air yang terkandung pada tanah asli atau sampel benda uji. Proses pelaksanaan:

1. Bersihkan dan keringkan cawan kosong. Timbangnya dengan timbangan ketelitian 0.01.
2. Timbang sampel tanah uji setelah menyiapkannya dan masukkan sampel tanah basah ke dalam cawan kosong.
3. Selanjutnya, sampel uji tanah basah dimasukkan ke dalam oven pengering pada suhu $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 16 jam hingga 24 jam. Setelah itu, penutup cawan digunakan untuk memasukkan penanda pada masing-masing benda uji.

4. Setelah itu, keluarkan cawan dan instrumen uji dari oven, dinginkan di tempat terbuka, lalu timbang kembali untuk mengetahui berat tanah kering.

3.3.2. Uji berat volume

Menurut SNI 03-3637-1994, pengujian berat volume tanah, juga dikenal sebagai berat isi tanah, bertujuan untuk menghitung berat isi tanah, yang merupakan perbandingan berat tanah basah dan kering dengan menggunakan volumenya pada satuan gr/cm^3 .

1. Siapkan benda uji dari tanah asli yang telah dimasukkan sebelumnya ke dalam tabung.
2. Setelah itu, ambil contoh tanah dari tabung.
3. Selanjutnya, buat cincin dan ukur volumenya dengan mengukur diameter dan tinggi bagian dalam tabung. Kemudian, timbang berat cincin yang akan digunakan.
4. masukkan benda uji atau tanah pada cetakan cincin dan ratakan kedua ujungnya.
5. Timbang berat cetakan dan cincinnya, kemudian ambil sampel untuk menguji kadar air tanah. Setelah itu, hitung kadar air tanah dalam benda uji.
6. Kemudian hitung berat isi tanah kering dan basah.

3.3.3. Berat jenis

Uji berat jenis, dalam SNI 1964:2008, dilakukan dengan tujuan menentukan nilai perbandingan antara berat isi tanah dan berat isi air suling pada temperatur dan volume yang sama.

Pelaksanaan :

1. Selama 16–24 jam, keringkan benda uji dalam oven penegering pada $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$. Siapkan piknometer, cuci, dan keringkan, lalu timbang menggunakan timbangan ketelitian 0.01.
2. Timbang benda uji dan piknometer setelah memasukkan tanah atau benda uji ke dalamnya.
3. Setelah air suling ditambahkan, isi piknometer sebanyak dua pertiganya.

4. Panaskan piknometer yang berisi air dan benda uji sampai semua udaranya keluar. Sesekali, miringkan piknometer untuk mempercepat proses pengeluaran udara.
5. Rendam piknometer sampai suhunya tetap setelah semua udara atau gelembung udara dalam air keluar dari benda uji. Kemudian, tambahkan air suling sampai penuh dan keringkan bagian luarnya. Kemudian, timbang kembali.
6. Kosongkan dan bersihkan piknometer, masukkan air suling, keringkan, dan timbang.

3.3.4. Batas *atterberg*

Dalam pengujian batas *atterberg* terdapat 3 pengujian antara lain :

- **Batas Plastis**

SNI 1966:2008 bertujuan untuk menentukan batas terendah kadar air ketika tanah masih plastis.

Pelaksanaan :

1. Ambil 20 gram tanah kering untuk benda uji dari tanah yang telah keluar dari saringan No.40 (0,425 mm). Masukkan tanah kering ke dalam mangkuk atau cawan porselen dan campurkan dengan air suling sampai menjadi cukup plastis untuk mudah dibentuk.
2. Selanjutnya, gunakan jari atau telapak tangan untuk membentuk benda uji berdiameter 3 mm pada plat kaca dengan tekanan yang cukup. Setelah itu, terjadi retakan.
3. Masukkan bagian tanah yang telah dibentuk ke dalam cawan porselen dan timbang.
4. Kemudian gunakan cawan untuk mengetahui kadar airnya dan masukkan ke dalam oven.

- Batas cair

SNI 1967:2008 menetapkan tujuan untuk menghitung kadar air tanah pada saat sifat tanah berubah dari cair menjadi plastis.

Pelaksanaan :

1. Gunakan bahan lolos saringan No.40 (0,425 mm) sebanyak sekitar 100 pada tanah yang telah dioven atau kering.
2. Tempatkan sampel di atas mangkok pengaduk, lalu aduk dengan air suling atau air mineral.
3. Masukkan benda uji ke dalam mangkok alat (*cassagrande*).
4. Selanjutnya, gunakan spatula untuk meratakan tanah sehingga mencapai ketebalan 10 mm pada kedalaman tertinggi.
5. Selanjutnya, bagian tengah tanah dibagi menjadi dua dengan alat pembuat alur berbentuk lengkung.
6. Kemudian putar engkol F dengan kecepatan sekitar dua putaran per detik sampai dua sisi benda uji terpisah bersentuhan dengan bagian bawah cawan sepanjang 13 mm. Catat banyaknya pukulan yang diperlukan untuk membuat tanah kembali menyatu.
7. Masukkan irisan tanah ke dalam cawan, uji kadar airnya, dan catat hasilnya.
8. Kemudian, pengujian harus diulangi sebanyak dua kali lagi dengan benda uji yang telah diberi air secukupnya. Ketika tanah menjadi lebih lunak, jumlah ketukan harus berkisar antara 25 hingga 35, 20 hingga 30, dan 15 hingga 25, sehingga rentang pukulan pada tiga ketentuan tersebut kurang lebih 10 pukulan.

- Batas susut

SNI 3422:2008 kadar air tanah maksimum ketika pengurangan kadar air tidak akan menyebabkan perubahan volume dari massa tanah.

1. Masukkan contoh tanah ke dalam cawan pencampur atau cawan porselen diameter 115 mm dan campurkan dengan air suling aduk sampai menjadi pasta.

2. Untuk mencegah tanah menempel pada permukaan cawan susut, gunakan cairan pelicin untuk membuat lapisan di atasnya. Setelah itu, masukkan contoh tanah sebanyak tiga perempat volume cawan dan ketuklah secara perlahan sampai permukaan tanah menjadi rata. Kemudian, ulangi langkah sebelumnya dengan menambahkan contoh tanah sebanyak tiga perempat volume cawan dan ketuk lagi sampai isi cawan melebihi bagian dalamnya. Setelah itu, ketuk lagi sampai tanah rata secara keseluruhan. Timbang contoh tanah basah dan cawannya, dan catat beratnya.

3. Setelah itu, masukkan objek uji ke dalam oven pengering dengan suhu konstan selama setidaknya 16 jam pada suhu $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
4. Timbang dan catat berat contoh tanah kering, kemudian keluarkan tanah dari cawan. Isi cawan kaca berdiameter 50 mm dan tinggi 25 mm ke dalam cawan kaca berdiameter 150 mm sampai penuh dengan air raksa. Celupkan contoh tanah kering ke dalam cawan perlahan-lahan, kemudian tutup cawan dengan pelat transparan dan tekan agar kelebihan air raksa tumpah.
5. Tuang merkuri yang tumpah ke dalam cangkir volumetrik tanah kering. Volume tanah kering dapat dihitung dengan menimbang tumpahan merkuri hingga 0,1 gram terdekat dan menggunakan rumus $V_0 = W / \gamma_{hg}$, di mana W adalah berat air raksa yang tumpah, dan γ_{hg} adalah kepadatan air raksa $13,6 \text{ g/m}^3$.

3.3.5. Analisa saringan dan hidrometer

Analisis saringan adalah prosedur yang menggunakan analisis hidrometer dan saringan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah. SNI 3423:2008 menetapkan "Cara uji analisis ukuran butir tanah".

Pelaksanaan :

1. Buat benda uji dari tanah 100 gram atau 50 gram yang sudah dikeringkan, tempatkan dalam gelas 250 mililiter. Kemudian, campurkan benda uji dengan bahan pengurai yang dipilih.
2. Selanjutnya, siapkan bahan pengurai (*water glass*) dan air suling. Campurkan 5 ml *water glass* dengan air suling sebanyak 150 ml.
3. Campurkan bahan pengurai yang telah disiapkan dengan bahan uji, aduk dengan gelas, dan biarkan selama dua belas jam.
4. Setelah dispersi selesai, masukkan campuran langkah ke dalam gelas ukur dan tambahkan air sampai menjadi 1000 ml.
5. Selanjutnya, tutup mulut tabung dengan rapat (bisa menggunakan penutup plastik atau karet untuk mencegah air tumpah) dan bolak balik tabung selama 60 detik.
6. Masukkan tabung dengan campuran dan catat waktu saat campuran diaduk. Kemudian, masukkan alat hidrometer ke dalam tabung dan biarkan hidrometer bergerak bebas.
7. Selanjutnya, pada interval 120 detik, yaitu setiap 30, 60, dan 120 detik, angka skala hidrometer dibaca. Ini dilakukan pada bagian atas meniskus, yang merupakan permukaan berongga tabung. Setelah membaca selama 120 detik, lepaskan hidrometer dan cuci dengan air suling.
8. Untuk setiap pengukuran hidrometer, alat dikeluarkan dari tabung dan ditempatkan di dalam air bersih dengan gerakan memintal setelah diangkat sekitar dua puluh lima atau tiga puluh detik sebelum pengukuran. Setelah itu, celupkan alat hidrometer secara perlahan ke dalam tabung.
9. Setelah pembacaan terakhir selesai, tuangkan campuran ke dalam saringan No.200 dan cuci dengan air mengalir sampai airnya bersih. Kemudian, keringkan dalam oven pada suhu $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10. Tanah kering tertahan pada nomor ayakan 200 (0,075 mm). Nomor ayakan 40 (0,425 mm) hingga nomor ayakan 200 (0,075 mm) digunakan untuk menghitung jumlah dan sebaran partikel.

3.3.6. Pematatan

Pengujian pematatan, yang dilakukan sesuai dengan standar SNI 1742: 2008, bertujuan untuk menentukan kadar air ideal atau kepadatan tanah maksimal yang kemudian digunakan untuk melakukan pengujian CBR.

1. Gunakan saringan No.4 (4,75 mm) untuk menyaring sejumlah tanah. Contoh tanah yang sudah disaring harus dipersiapkan untuk pengujian, dengan paling sedikit lima contoh tanah untuk setiap saringan.
2. Selanjutnya, contoh tanah ditambahkan air secukupnya dan diaduk secara merata. Untuk pengujian pertama, tingkat air yang digunakan kira-kira 6% di bawah tingkat air ideal.
3. Kemudian, contoh uji yang telah dicampur dengan air dimasukkan ke dalam kantong plastik dan ditutup rapat sehingga tidak ada celah. Kemudian, diamkan tanah tersebut selama tiga jam untuk kerikil dan pasir kelanauan atau kelepungan, dua belas jam untuk laut, dan dua puluh empat jam untuk lempung. Tanah dengan pasir dan kerikil tidak perlu didiamkan selama ini.
4. Gunakan timbangan dengan ketelitian 1 gram untuk mengukur berat cetakan dan keping alas. Anda juga dapat menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm untuk mengukur diameter dan tinggi cetakan.
5. Pasang leher pada cetakan dan tutup keping alas dengan pelumas agar tanah tidak menempel. Kemudian, kunci dan letakkan di tempat yang terbuat dari beton dengan massa tidak kurang dari 100 kg.
6. Untuk menguji bahan, lapiasi cetakan tiga kali lipat dengan ketebalan yang sama. Isi cetakan dengan 1/3 tingginya, lalu ratakan dan tekan sedikit.

7. Gunakan alat penumbuk dengan berat 2,5 kg yang dijatuhkan secara bebas sebanyak 25 kali untuk memadatkan permukaan tanah di dalam cetakan secara merata. Lakukan pemadatan lapis 2 dan 3 dengan cara yang sama seperti yang dilakukan untuk lapis 1.
8. Lepaskan leher sambungan dan potong sisa tanah pada cetakan yang telah dipadatkan. Kemudian, gunakan pisau untuk meratakan permukaan cetakan sampai rata.
9. Timbang tanah, cetakan, dan keping alasnya dengan timbangan ketelitian 1 gram.
10. Buka alas cetakan dan keluarkan benda uji dengan *extruder*. Bagilah benda uji secara vertikal menjadi tiga bagian demi lapis. Selanjutnya, ambil contoh tanah untuk mengetahui kadar airnya.

3.3.7. CBR (*California Bearing Ratio*)

Menurut SNI 1744:2012 pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) laboratorium bertujuan untuk menentukan nilai CBR contoh material tanah yang dipadatkan dengan menggunakan kadar air terbaik. Proses pengujian CBR dengan rendaman adalah sebagai berikut:

1. Siapkan tanah yang diperoleh dengan menggunakan lolos saringan No.4 (4,75 mm). Kemudian, jika ada tanah yang tertahan, gunakan untuk memecahnya.
2. Benda uji akan digunakan dari bagian yang keluar dari saringan dengan berat sekitar empat kilogram untuk setiap benda uji.
3. Setelah menguji pemadatan untuk memastikan kadar air yang ideal, campurkan tanah dengan air yang sesuai.
4. Selanjutnya, benda yang akan diuji dimasukkan ke dalam kantong plastik atau wadah lainnya dan disimpan selama beberapa waktu: tiga jam untuk kelanauan atau kelempungan kerikil dan pasir, dua belas jam untuk danau,

dan dua puluh empat jam untuk tanah liat. Namun, untuk contoh kerikil dan pasir, tidak perlu didiamkan.

5. Bersihkan cetakan untuk pemadatan yang akan digunakan, timbang cetakan, dan pasang leher sambungan dan pelat alas. Jika dibutuhkan balok, alat cetakan harus diletakkan pada dasar yang kokoh selama proses penumbukan.
6. Tanah atau benda uji yang telah disiapkan kemudian dipadatkan dengan menggunakan alat cetakan sebanyak tiga lapisan. Setiap lapisan ditumbuk dengan jumlah tumbukan yang disesuaikan dengan ukuran cetakan, dan tumbukan dilakukan secara merata pada setiap lapisan. Penumbuk berat digunakan untuk menguji bahan sebanyak 56 kali pada setiap lapisan.
7. Setelah penumbukan selesai, lepaskan bagian leher cetakan dan gunakan pisau perata untuk meratakan permukaan tanah. Setelah meratakan, timbang cetakan dan objek uji menggunakan timbangan ketelitian 1 gram.
8. Pengujian nilai CBR dilakukan tanpa menyematkan objek uji langsung. Pengujian ini dilakukan dengan merendam benda uji, die diangkat dan dibalik untuk menghilangkan kertas yang membentuk pembatas antara tanah dan plat besi tebal di bagian bawah silinder utama. Besi dasar kemudian dilepas, dan bagian atasnya dipasang pengatur untuk menempatkan pelat beban.
9. Selanjutnya, tempat untuk pemasangan dial dipasang. Dial digunakan untuk mengukur perkembangan tanah dan untuk mengatur dan mencatat hasil pergerakan jarum penunjuk.
10. Setelah itu, benda uji dimasukkan ke dalam wadah berisi air dan biarkan air meresap ke dalamnya. Tunggu sekitar satu jam setelah benda uji dimasukkan ke dalam air baru, dan catat perkembangan tanah selama dua hari.
11. Setelah benda uji dipendam selama dua hari, ia dikeluarkan dari wadah dan diuji menggunakan CBR. Nilai dapat dicatat dengan menekan jarum

penunjuk selama 15 detik, 30 detik, 1 menit, 1 setengah menit, 2 menit, 3 menit, 4 menit, 6 menit, 8 menit, dan 10 menit. Nilai yang dihasilkan dapat dicatat dengan menggunakan alat dial penetrasi guage untuk 0,32 mm (0.125 inch); 0,64 mm (025 inch); 1,27 mm (.050 inch); 1,91

12. Setelah itu, timbang benda uji dan bagi menjadi tiga bagian yang sama. Selanjutnya, ambil beberapa sampel tanah untuk mengukur kadar airnya.

3.4 Studi Pustaka

Studi pustaka digunakan oleh peneliti untuk mencari referensi untuk digunakan sebagai dasar pemahaman penelitian. Studi pustaka berguna sebagai sumber informasi tentang data yang ditemukan dalam referensi studi pustaka, yang akan membantu dalam analisis dan tahap pengujian.

3.4.1 Pengumpulan data

Langkah pertama dalam proses penelitian adalah pengumpulan data, yang dilakukan untuk mencatat semua hasil pengujian yang relevan. Setelah itu, data yang terkumpul akan melalui proses analisis dan perbandingan dalam tahap pengolahan data.

3.4.2 Analisa data

Proses analisis data seringkali menjadi langkah penting dalam penelitian, yang membantu dalam merumuskan strategi penelitian serta menganalisis hasil-hasil pengujian yang diperoleh dari laboratorium. Laboratorium Mekanika Tanah di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram adalah tempat penelitian ini dilakukan. Berat jenis, kadar air, batas *Atterberg*, kepadatan, dan nilai CBR diuji dalam penelitian ini. Hasil-hasil pengujian ini akan dianalisis secara mendalam untuk mengungkap temuan-temuan yang dihasilkan dari penelitian ini.

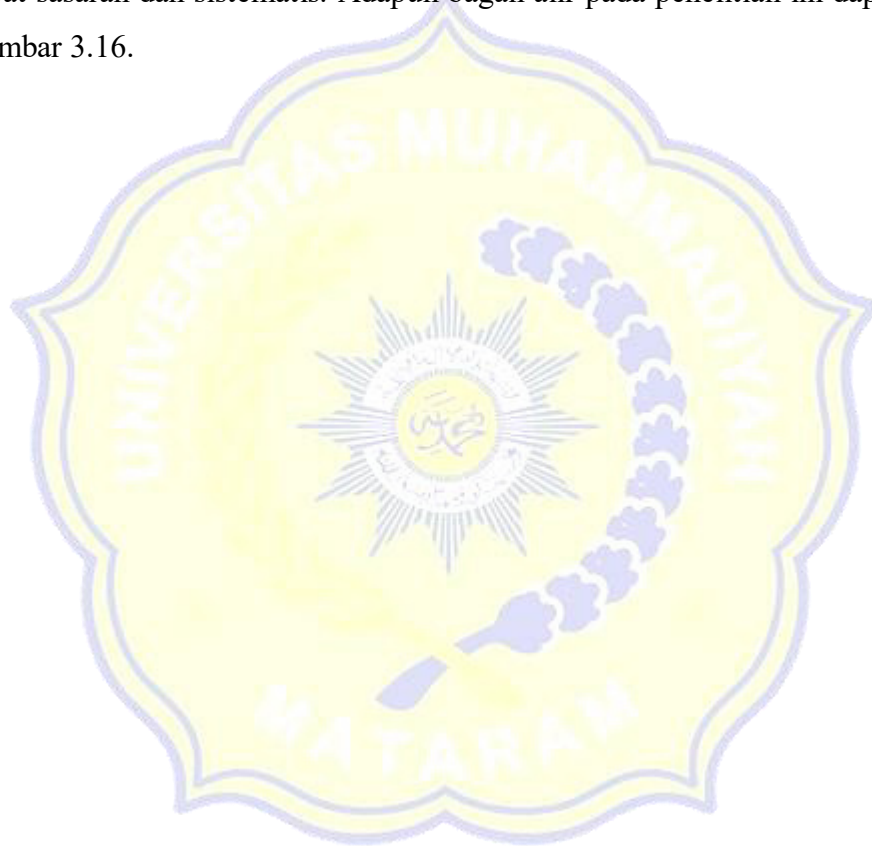
3.4.3 Rancangan penelitian

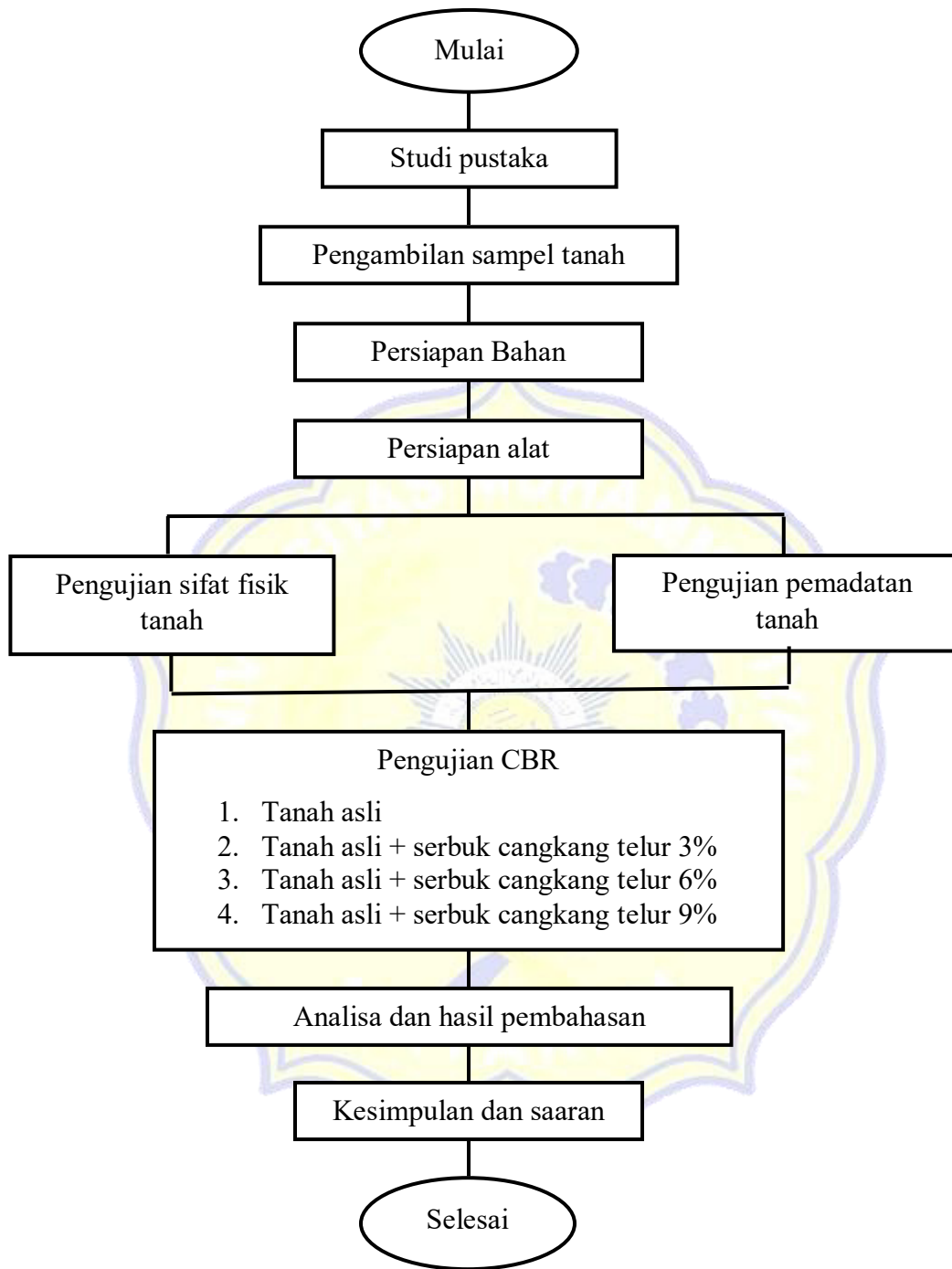
Studi ini menggunakan metode eksperimental untuk mempelajari perubahan dalam campuran sampel pengujian dengan membandingkan berbagai variabel yang dipengaruhi oleh penelitian. Fokus penelitian ini adalah pencampuran tanah lempung

dengan variabel penelitian lainnya. Serbuk cangkang telur digunakan sebagai campuran dalam penelitian ini. Bahan campuran serbuk cangkang telur memiliki konsentrasi 0%, 3%, 6%, dan 9%.

3.5 Bagan Alir Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini akan dilakukan langkah-langkah untuk mendukung proses penelitian yang dibuat agar penelitian ini dapat dilaksanakan secara lebih tepat sasaran dan sistematis. Adapun bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.16.





Gambar 3.16 Bagan Alir Penelitian

3.6 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam waktu kurang lebih satu bulan sejak tanggal pemberian izin penelitian, meliputi penelitian, pengolahan data, penyusunan skripsi, dan proses bimbingan langsung. Adapun jadwal pengerjaan skripsi bisa dilihat pada tabel 3.1:

Tabel 3.1 Jadwal Pengerjaan Skripsi

NO	NAMA	AGUSTUS				SEPTEMBER				OKTOBER			
		MG 1	MG 2	MG 3	MG 4	MG 1	MG 2	MG 3	MG 4	MG 1	MG 2	MG 3	MG 4
1	Asistensi	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			
2	Penelitian			Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue			
3	Seminar									Red			
4	Sidang										Red		
5	Revisi									Green	Green	Green	

