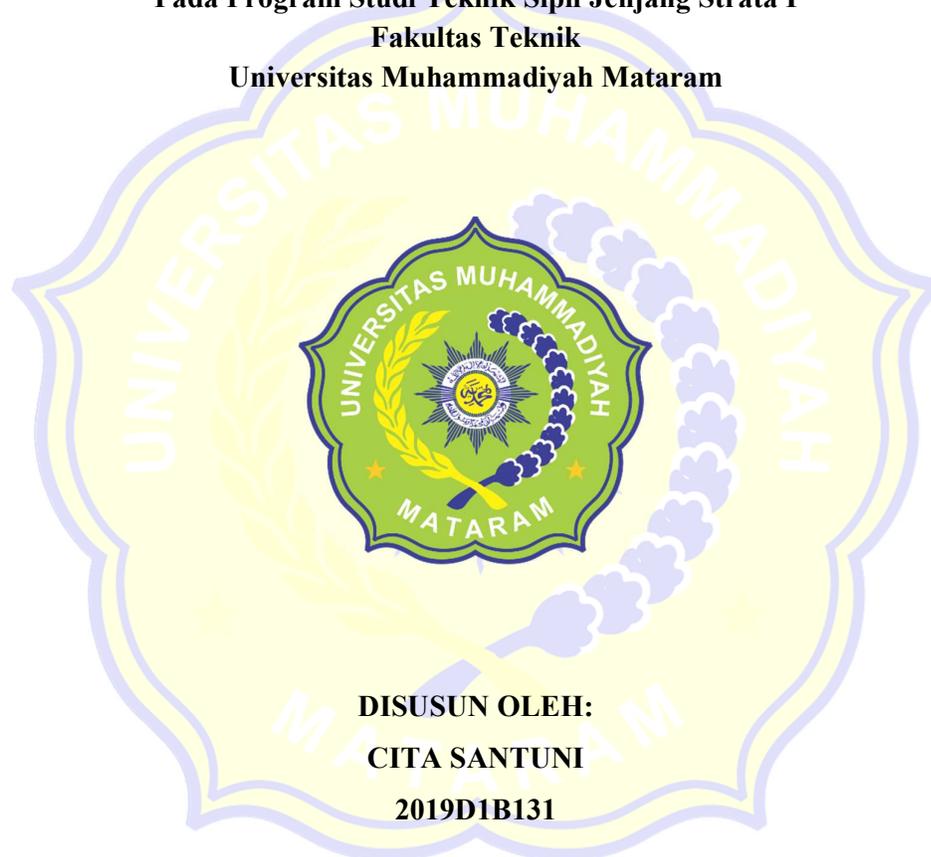


SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SEMEN, PASIR DAN ABU
BATU BASALT HASIL LETUSAN GUNUNG TAMBORA TERHADAP
NILAI CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*) TANAH LEMPUNG**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram**



**DISUSUN OLEH:
CITA SANTUNI
2019D1B131**

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

2023

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SEMEN, PASIR DAN ABU
BATU BASALT HASIL LETUSAN GUNUNG TAMBORA TERHADAP
NILAI CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*) TANAH LEMPUNG**

Disusun Oleh:

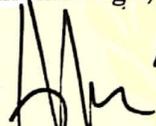
CITA SANTUNI

2019D1B131

Mataram, 14 Juni 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I,



Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT

NIDN. 0828087201

Pembimbing II,



Aulia Muttakin, ST., M. Eng.

NIDN. 080208401

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**



Dekan,

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

NIDN. 0806027101

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SEMEN, PASIR DAN ABU
BATU BASALT HASIL LETUSAN GUNUNG TAMBORA TERHADAP
NILAI CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*) TANAH LEMPUNG**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

CITA SANTUNI
2019D1B131

Telah Dipertahankan di Depan Tim Penguji
Pada Hari Rabu, 21 Juni 2023
dan dinyatakan Telah Memenuhi Syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT
2. Penguji II : Aulia Muttaqin, ST., M.Eng
3. Penguji III : Nurul Hidayati, ST., M.Eng



Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan



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

NIDN. 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

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

PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SEMEN, PASIR DAN ABU BATU BASALT HASIL LETUSAN GUNUNG TAMBORA TERHADAP NILAI CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*) TANAH LEMPUNG

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dan 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. Apalagi 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 hukum yang berlaku.

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

Mataram, 14 Juni 2023

Yang Membuat Pernyataan



Cita Santuni

NIM : 2019D1B131



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 : Cita santuni
NIM : 2019010131
Tempat/Tgl Lahir : Sula, 4 April 2000
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 085 339 094 399
Email : citasantuni@gmail.com

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

Pengaruh penambahan Campuran Semen, pasir dan Abu Batu Basalt Hasil Letusan Gunung Tambora Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio) Tanah Lempung

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 48%

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, 10 Juli 2023
Penulis

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Cita santuni
NIM. 2019010131

Iskandar, S.Sos., M.A. wly
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 : Cita Santuni
NIM : 2019018131
Tempat/Tgl Lahir : Silla, 04 April 2000
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 085 339 094 399 / Citasantuni@gmail.com
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 Campuran semen, pasir dan Abu batu Basalt Hasil letusan Gunung Tambora Terhadap nilai CBR (California Bearing Ratio) 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, 10 Juli 2023
Penulis



Cita santuni
NIM. 2019018131

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

MOTTO

“Jangan pernah merasa kamu tidak bisa terbang tinggi hanya karna sayap kiri mu patah (kehilangan ayah), percayalah kamu bisa terbang jauh lebih tinggi walaupun dengan satu sayap (do,a ibu)”

(Cita Santuni)

“Janganlah melihat ke masa depan dengan mata buta. Masa yang lampau sangat berguna sebagai kaca benggala daripada masa yang akan datang”

(Soekarno)

“Dan barang siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya”

(Q.s At-Talaq: 4)

“Siapa yang keluar untuk menuntut ilmu, maka dia berjuang fi sabilillah hingga dia Kembali”

(HR. Muslim)



UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dukungan dari beberapa pihak yang ikut serta dalam proses penyusunan skripsi. peneliti secara khusus mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu baik bantuan waktu, tenaga dan pikiran dari banyak pihak. Sesungguhnya peneliti sangat menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak maka penyusunan skripsi ini tidak dapat berjalan dengan baik. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat serta karunianya yang memberikan kekuatan, kesabaran dan kesempatan kepada peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda M.jafar (Almarhum) dan Ibunda tercinta Kalsom yang telah menjadi orang tua yang sangat luar biasa untuk saya, tidak terhitung pengorbanan, jerih payah, do'a di setiap langkah serta kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis. Besar harapan penulis untuk dapat membanggakan ayah di surga dan membahagiakan mama dengan kesuksesan yang akan penulis raih untuk masa yang akan datang, Aamiin.
3. Adryan Fitrayudha, ST., MT, selaku ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Puji Astuti, ST., MT, selaku dosen pembimbing I (satu) skripsi ini yang selalu membimbing dengan baik, memberikan masukan serta solusi terhadap kendala yang dihadapi, dan membimbing dengan penuh kesabaran. Hingga skripsi ini selesai tepat pada waktunya.
5. Aulia Muttaqin, ST., M. Eng, selaku dosen pembimbing II (dua) skripsi ini yang mengingatkan saya untuk selalu teliti dan memberikan arahan yang baik, sehingga penyusunan skripsi ini berjalan dengan lancar.
6. Dosen-dosen dan staf administrasi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik yang telah memberikan dukungan dan membantu segala hal yang berbentuk administrasi selama pengerjaan skripsi ini.

7. Untuk keluarga saya, terutama kakak kandung saya yang pertama Cita Suci Rasnanda yang selalu memberikan semangat dan motivasi yang tiada hentinya. Dan kakak kandung saya yang kedua Cita Sugesti Wulandari yang selalu mengingatkan saya tentang kehidupan dunia dan akhirat. Ketulusan dan kasih sayang dari mereka membuat penulis semangat menyusun skripsi.
8. Untuk ponakan saya, Alif Hafiz, Hanif Alsahabih, dan Azmi hisbullah walaupun mereka belum bisa bicara tapi senyuman yang terpancar diraut wajah mereka membuat penulis semangat dalam mengerjakan skripsi.
9. Untuk sahabat saya Muhammad Muhlisin yang sudah kebersamai, memberikan perhatian penuh, yang selalu mengingatkan untuk mengerjakan skripsi, mensupport disegala sesuatu untuk membantu penulis Menyusun skripsi.
10. Untuk teman-teman seperjuangan Bini Afifia dan Heriyan Tendi, yang tiada kata nanti, tunggu dan lelah untuk bersamangat dalam mengerjakan skripsi, dan selalu memberikan semangat dukungan untuk sama-sama menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT, memberikan balasan dengan segala kebaikan dunia dan akhirat atas keikhlasan serta kebaikan dari semua pihak yang telah diberikan kepada penulis. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya pengembangan untuk ilmu teknik sipil.

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunianya dan nikmat yang tiada tara sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Campuran Semen, Pasir dan Abu Batu Basalt Hasil Letusan Gunung Tambora Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio) Tanah Lempung”. Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan yang dihadapi penulis. Namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Allhamdulillah skripsi ini dapat diselesaikan. Untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram
2. Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
3. Adryan Fitrayudha, ST., MT, selaku ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT, selaku dosen pembimbing I.
5. Aulia Muttaqin, ST., M.Eng, selaku dosen pembimbing II.
6. Segenap dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulis menyadari dalam Menyusun skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak sekali kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun yang kemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Mataram, 14 Juni 2023

Cita Santuni

ABSTRAK

Tanah merupakan bagian terpenting dibidang konstruksi teknik sipil, terutama pada tanah dasar (*subgrade*) untuk pembangunan jalan. Tanah lempung merupakan tanah lunak dengan daya dukung tanah yang rendah sehingga pada kondisi air yang sangat tinggi membuat kembang susut tanah menjadi besar. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari penambahan campuran semen, pasir dan abu batu basalt dalam stabilisasi tanah lempung serta pengaruhnya terhadap sifat fisik tanah dan nilai CBR.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Stabilisasi tanah pada penelitian ini menggunakan sampel tanah yang berasal dari Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur dengan variasi bahan tambah 5% semen, 15% pasir dan 3%, 6%, 9% abu batu basalt. Pengujian dalam penelitian ini meliputi pengujian sifat fisik tanah, pemadatan standar, CBR tanpa rendaman, CBR rendaman dan potensi pengembangan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sifat fisik tanah diklasifikasikan sebagai karakteristik A-7-5 pada sistem klasifikasi *AASHTO* dan karakteristik *CH* pada sistem klasifikasi *USCS*. Dari pengujian pemadatan diperoleh kadar air *optimum* tanah asli sebesar 32,80%, setelah ditambah 5% semen, 15% pasir dan abu batu basalt kadar 3% sebesar 31,20%, kadar 6% sebesar 30,90% dan kadar 9% sebesar 30,00%. Hasil pengujian CBR tanpa rendaman pada tanah asli diperoleh sebesar 10,68%, nilai CBR rendamannya 3,97%, setelah dilakukan penambahan semen, pasir dan abu batu basalt diperoleh CBR variasi *optimum* pada penambahan 6% abu batu basalt yaitu sebesar 13,58%. Peningkatan nilai CBR terjadi sebesar 27,153%. Hasil CBR dengan penambahan semen, pasir dan abu batu basalt pada campuran kadar 6% abu batu basalt dapat digunakan untuk stabilisasi tanah lempung.

Kata kunci: Tanah Lempung, Semen *Portland*, Pasir Sungai, Abu Batu Basalt, CBR Laboratorium, Stabilisasi

ABSTRACT

The most essential component of civil engineering construction is soil, particularly subgrade soil, for road construction. Clay soil is porous soil with a low soil carrying capacity; as a result, clay soil swells and contracts significantly under conditions of excessive water. This study aimed to determine the impact of adding a mixture of cement, sand, and basalt rock ash on the stabilization of clay soil and the soil's physical properties and CBR values. This investigation was conducted at Muhammadiyah University of Mataram's Soil Mechanics Laboratory, Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering. This study utilized soil samples from Keruak Village, Keruak District, and East Lombok Regency for soil stabilization, adding 5% cement, 15% sand, 3%, 6%, and 9% basalt ash. This study examined physical soil properties, standard compaction, CBR without immersion, CBR immersion, and expansion potential.

The physical properties of the soil are classified as A-7-5 characteristics in the AASHTO classification system and CH characteristics in the USCS classification system based on the research results. After adding 5% cement, 15% sand, and basalt rock ash with a content of 3% of 31.20%, a content of 6% of 30.90%, and a content of 9% of 30.00%, the compaction test determined that the optimal water content of the original soil was 32.80%. After adding cement, sand, and basalt rock ash, the optimal CBR variation was achieved by adding 6% basalt ash, which was 13.58%. A 27.153% increase in the CBR value was observed. Clay soils can be stabilized with cement, sand, and basalt rock ash in a mixture containing 6% basalt ash.

Keywords: Clay, Portland Cement, River Sand, Basalt Ash, Laboratory CBR, and Stabilization.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
UPT P3B
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM



Humaira, M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
MOTTO	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
PRAKATA	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.1.1. Penelitian Terdahulu	5
2.1.2. Definisi Tanah	8
2.1.3. Tanah Lempung	10
2.1.4. Semen <i>Portland</i>	11
2.1.5. Pasir	14
2.1.6. Abu Batu Basalt	15
2.2. Landasan Teori	17

2.2.1. Klasifikasi Tanah	17
2.2.2. Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>)	22
2.2.3. Stabilisasi Tanah.....	23
2.2.4. Jenis Pelaksanaan Pengujian	23
2.2.5. Batas <i>Atterberg</i> (Batas Konsistensi)	26
2.2.6. Pemadatan Tanah (<i>Standard Proctor</i>)	29
2.2.7. CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Jenis Penelitian	35
3.2. Lokasi Penelitian	35
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	36
3.3.1. Alat.....	36
3.3.2. Bahan Penelitian.....	50
3.3.3. Peralatan Uji Kadar Air Tanah Asli	52
3.3.4. Peralatan Uji Batas Plastis	52
3.3.5. Batas Cair	52
3.3.6. Peralatan Uji Berat Jenis Tanah	53
3.3.7. Peralatan Uji Berat Isi Tanah	53
3.3.8. Peralatan Uji Hidrometer dan Analisa Saringan	53
3.3.9. Peralatan Pengujian <i>Standard Proctor</i>	54
3.3.10. Peralatan Pengujian CBR (<i>California Bearing Ratio</i>) Tanpa Rendaman (<i>Unsoaked</i>)	54
3.4. Tahapan Penelitian	55
3.4.1. Studi Pustaka	55
3.4.2. Pengumpulan Data	55
3.4.3. Analisis Data	55
3.4.4. Rancangan Penelitian	56
3.4.5. Pengambilan Sampel Tanah Lempung	56
3.4.6. Pengambilan Sampel Pasir	57
3.4.7. Pengambilan Sampel Abu Batu Basalt	57
3.5. Pengujian Penelitian	57

3.6. Desain Variasi Campuran	58
3.7. Diagram Aliran Penelitian	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1. Umum	60
4.2. Analisis Karakteristik Tanah Asli	60
4.2.1. Pengujian Kadar Air (<i>Water Content</i>)	60
4.2.2. Pengujian Berat Isi	61
4.2.3. Pengujian Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>)	63
4.2.4. Pengujian Analisis Sebaran Butiran	64
4.2.4.1. Analisis Saringan	64
4.2.4.2. Analisis Hidrometer	65
4.2.5. Pengujian Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)	66
4.2.6. Pengujian Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	67
4.2.7. Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Indeks</i>).....	69
4.2.8. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli	70
4.2.9. Pengujian Pematatan Tanah (<i>Standard proctort</i>)	75
4.3. Pengujian Sifat Mekanis Tanah	77
4.3.1. CBR Tanpa Rendaman	77
4.3.2. CBR Rendaman Tanah Asli	79
BAB V PENUTUP	82
5.1. Kesimpulan	82
5.2. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

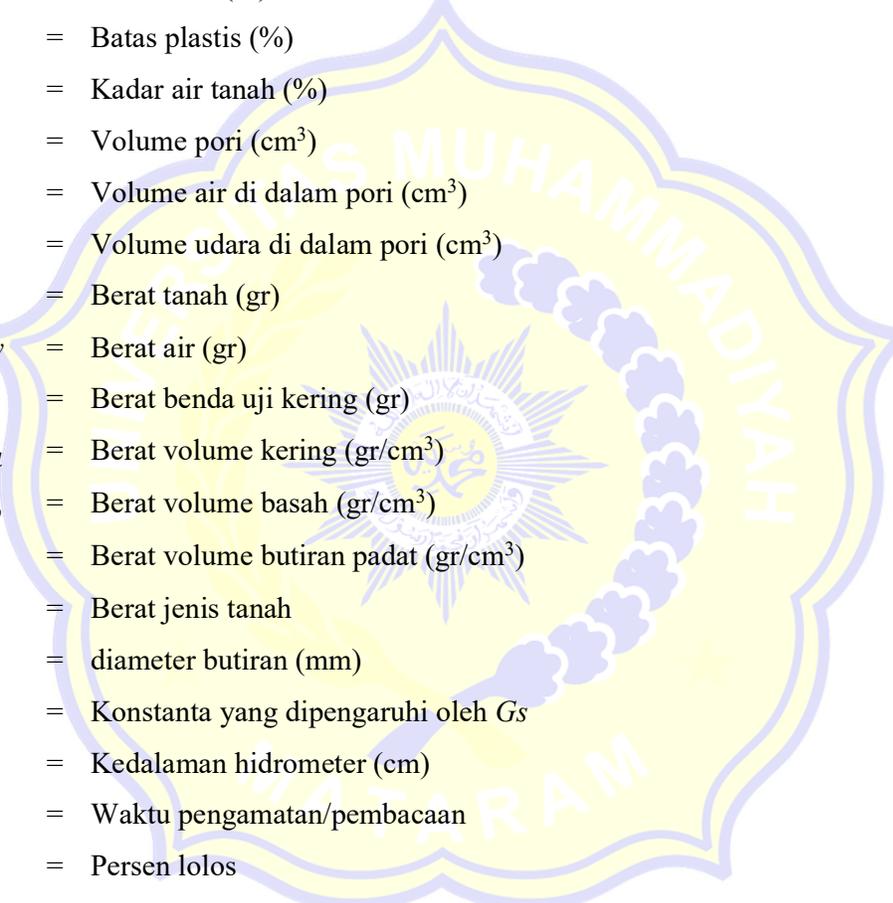
Gambar 2.1 Batas-Batas <i>Atterberg</i>	26
Gambar 2.2 Kurva Penentuan Batas Cair Lempung	27
Gambar 2.3 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering	31
Gambar 2.4 Grafik Hubungan Penetrasi dan Beban pada Uji CBR	32
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	35
Gambar 3.2 Cawan	36
Gambar 3.3 Jangka Sorong	36
Gambar 3.4 Sendok Plastik	37
Gambar 3.5 Spatula/Pisau Pemotong	37
Gambar 3.6 Mangkok	38
Gambar 3.7 Corong Kaca	38
Gambar 3.8 Cincin/ <i>Ring</i>	39
Gambar 3.9 Pipa Tabung	39
Gambar 3.10 Botol Penyemprot	40
Gambar 3.11 Timbangan Ketelitian 0,1 Gram	40
Gambar 3.12 Timbangan Ketelitian 0,01 Gram	41
Gambar 3.13 Saringan	41
Gambar 3.14 Piknometer	42
Gambar 3.15 <i>Casagrande</i>	42
Gambar 3.16 <i>Groving Tool</i>	43
Gambar 3.17 Pelat Kaca.....	43
Gambar 3.18 Tabung Ukur 1000 cc	44
Gambar 3.19 Water Glass	44
Gambar 3.20 Gelas	45
Gambar 3.21 Teflon.....	45
Gambar 3.22 Kompor Listrik	46
Gambar 3.23 Oven.....	46

Gambar 3.24 <i>Sieve Shaker</i>	47
Gambar 3.25 Penumbuk.....	47
Gambar 3.26 Plastik.....	48
Gambar 3.27 Cetakan CBR.....	48
Gambar 3.28 Cetakan Uji Standar Proctor.....	49
Gambar 3.29 Alat Uji CBR.....	49
Gambar 3.30 Tanah Lempung	50
Gambar 3.31 Semen <i>Portland</i>	50
Gambar 3.32 Pasir Sungai	51
Gambar 3.33 Batu Basalt	51
Gambar 3.34 Abu Batu Basalt	52
Gambar 3.35 Pengambilan Sampel Tanah Lempung	56
Gambar 3.36 Lokasi Pengambilan Sampel Batu Basalt	57
Gambar 3.37 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian.....	58
Gambar 4.1 Distribusi Ukuran Butiran Analisis Saringan dan Analisis Hidrometer	66
Gambar 4.2 Hubungan Batas Cair Tanah + 5% SP + 15 PS + Variasi Abu Batu Basalt	67
Gambar 4.3 Hubungan Batas Plastis Tanah + 5% SP + 15 PS + Variasi Abu Batu Basalt	68
Gambar 4.4 Hubungan Indeks Plastisitas Tanah + 5% SP + 15 PS + Variasi Abu Batu Basalt.....	69
Gambar 4.5 Karakteristik Tanah dengan Sistem <i>USCS</i>	74
Gambar 4.6 Hubungan Berat Kering Tanah + 5% SP + 15 PS + Variasi Abu Batu Basalt	76
Gambar 4.7 Hubungan Kadar Air <i>Optimum</i> + 5% SP + 15 PS + Variasi Abu Batu Basalt	77
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Nilai CBR + 5% SP + 15 PS + Variasi Abu Batu Basalt	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Oksidasi Pada Semen <i>Portland</i>	12
Tabel 2.2 Kebutuhan Kadar Semen untuk Berbagai Jenis Tanah	13
Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi <i>AASHTO</i>	18
Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem <i>USCS</i>	21
Tabel 2.5 Standar Minimum Material <i>Subgrade</i>	22
Tabel 2.6 Pengelompokan Berat Jenis Tanah	24
Tabel 2.7 Saringan Standar Amerika0	25
Tabel 2.8 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah	28
Tabel 2.9 Jenis Tanah Berdasarkan Nilai <i>PI</i>	29
Tabel 2.10 Klasifikasi Tanah Menurut Harga CBR	33
Tabel 2.11 Kriteria CBR untuk Tanah Dasar Jalan	34
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli	61
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Isi Tanah Asli	62
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli	63
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analisis Saringan	64
Tabel 4.5 Gabungan Analisis Saringan Dan Hidrometer	65
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Batas Cair	66
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Batas Plastis	68
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah	70
Tabel 4.9 Klasifikasi Umum Tanah Asli Berdasarkan Sistem <i>AASHTO</i>	71
Tabel 4.10 Klasifikasi Umum Tanah Asli Berdasarkan Sistem <i>AASHTO</i>	72
Tabel 4.11 Tipe Divisi Utama Tanah asli Sistem <i>USCS</i>	73
Tabel 4.12 Penentuan Macam Tanah Berdasarkan Nilai <i>PI</i>	74
Tabel 4.13 Nilai Berat Kering dan Kadar <i>Optimum</i> Pemadatan Tanah	75
Tabel 4.14 Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman	77
Tabel 4.15 Nilai Pengembangan Tanah Asli	80

DAFTAR NOTASI



GI	=	Indeks Kelompok
F	=	Persen butiran lolos saringan no. 200 (%)
V	=	Volume tanah (cm^3)
IP	=	Indeks plastisitas (%)
LL	=	Batas Cair (%)
PL	=	Batas plastis (%)
w	=	Kadar air tanah (%)
V_v	=	Volume pori (cm^3)
V_w	=	Volume air di dalam pori (cm^3)
V_a	=	Volume udara di dalam pori (cm^3)
W	=	Berat tanah (gr)
W_w	=	Berat air (gr)
W_s	=	Berat benda uji kering (gr)
γ_d	=	Berat volume 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
D	=	diameter butiran (mm)
K	=	Konstanta yang dipengaruhi oleh G_s
L	=	Kedalaman hidrometer (cm)
t	=	Waktu pengamatan/pembacaan
P	=	Persen lolos
a	=	Koreksi terhadap berat jenis
R_a	=	Bacaan hidrometer saat pengujian
m_c	=	Koreksi terhadap minikus

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan bagian terpenting pada bidang konstruksi teknik sipil. Karena tanah merupakan pondasi hampir semua konstruksi, seperti *subgrade* untuk konstruksi jalan yang sangat penting untuk menunjang dan meningkatkan perkembangan ekonomi suatu masyarakat. Perbaikan jalan dapat dilakukan dengan cara perancangan lapisan perkerasan yang baik dan benar sesuai dengan syarat teknis, serta memperhatikan tanah dasar (*subgrade*). Karena secara langsung kekuatan struktur dipengaruhi oleh tanah dasar saat menerima beban kerja.

Tanah lempung merupakan tanah yang mengandung unsur-unsur mineral, yang jika dicampur dengan air maka tanah akan bersifat plastis. Perubahan kadar air pada tanah lempung akan terjadi sifat kembang dan susut yang tinggi. Pada keadaan kering tanah lempung akan menjadi keras dan tidak mudah terkelupas jika menggunakan dengan jari tangan. Air yang terserap pada permukaan partikel lempung akan bersifat plastis. Tanah lempung akan bersifat *kohesif* dan sangat lunak jika berada dalam kondisi air yang sangat tinggi.

Provinsi Nusa Tenggara Barat merupakan dataran pengunungan. Terdapat gunung api yang masih aktif salah satunya gunung tambora, yang terletak di pulau sumbawa, bagian dari kepulauan Nusa Tenggara. Gunung ini merupakan salah satu bagian dari Busur Sunda, pengikat dari kepulauan vulkanik yang membentuk rantai selatan kepulauan Indonesia. Tambora membentuk semenanjung di pulau sumbawa yang disebut semenanjung sanggar. Gunung Tambora memiliki banyak potensi akan sumber daya alam yang dimanfaatkan salah satunya bahan galian, seperti batuan beku dengan jenis batu basalt. Basalt merupakan batuan beku vulkanik dengan tekstur yang halus (Afanitik) dan kristal. Pada batuan basalt ini dibedakan berdasarkan teksturnya. Umumnya batuan basalt yang sering dijumpai yakni batuan basalt dengan tekstur intergranuler (Chusni, 2007).

Desa Keruak merupakan salah satu desa yang berada di Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur. Infrastruktur pendukung seperti jalan yang berfungsi

sebagai akses penghubung memiliki peran penting dalam meningkatkan ekonomi penduduk Desa Keruak yang mayoritasnya bekerja sebagai seorang petani karena jalan. Akses jalan raya Keruak menuju Mataram mengalami banyak kerusakan pada struktur lapisan permukaan jalan. Pada ruas jalan ini kendaraan yang melintas cukuplah padat, sehingga terjadi kerusakan pada lapisan permukaan jalan. Kerusakan ini dapat terjadi karena disebabkan oleh daya dukung tanah yang mempunyai angka CBR yang kecil dan angka plastisitas yang besar. Kekuatan pada tanah dasar dapat terpengaruh oleh kondisi kandungan air yang berubah-ubah. Oleh karena itu perlu mengevaluasi nilai daya dukung tanah dasar, misalnya dengan mengetahui nilai CBR, yaitu angka perbandingan antara beban yang mampu ditahan oleh tanah dasar terhadap beban standar pada tingkat konsolidasi tertentu.

Karena itu, penelitian ini memanfaatkan abu batu Basalt yang merupakan batuan beku vulkanik memiliki tekstur batuan yang halus sebagaimana abu batu basalnya akan digunakan untuk pencampuran tanah lempung dengan cara stabilisasi. Stabilisasi tanah merupakan usaha memanfaatkan bahan atau material tertentu untuk memperbaiki karakteristik atau sifat-sifat tanah secara mekanis. Tujuan utama melakukan stabilisasi yaitu mengubah sifat mekanis dari tanah itu sendiri, seperti kompresibilitas dan kapasitas dukung. Sehingga dalam penelitian ini berusaha memanfaatkan dan ingin mencoba abu batuan basalt sebagai campuran untuk variasi guna mengetahui pengaruh penambahan batu basalt sebagai campuran tanah lempung terhadap daya dukung tanah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, didapatkan rumusan masalah antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana klasifikasi tanah di Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur.
2. Bagaimana pengaruh penambahan semen, pasir dan batu basalt terhadap sifat fisik dan mekanis tanah lempung.

3. Berapakah variasi campuran semen, pasir dan abu batu basalt sehingga memperoleh nilai *optimum* yang dapat digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah dengan variasi berbeda yang ditinjau dari nilai CBR tanah.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah di atas antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui sifat fisik dan mekanis tanah lempung di Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur.
2. Mengetahui pengaruh penambahan semen, pasir dan batu basalt terhadap sifat fisik dan mekanis tanah lempung.
3. Mengetahui proporsi campuran semen, pasir dan abu batu basalt sehingga memperoleh nilai *optimum* yang dapat digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah dengan variasi berbeda yang ditinjau dari nilai CBR tanah.

1.4. Batasan Masalah

Pelaksanaan penelitian ini berlokasi di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Agar pembahasan pada penelitian tidak terlalu luas dan lebih sederhana maka masalah yang diangkat perlu dibatasi. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya:

1. Tanah yang dipakai dalam pengujian merupakan tanah yang diambil di Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur.
2. Bahan tambahan yang dipakai untuk stabilisasi tanah yaitu semen, pasir, dan batu basalt hasil letusan gunung Tambora.
3. Dalam penelitian ini tidak meninjau unsur mineral yang terdapat pada tanah.
4. Pada batu basalt tidak dilakukan pengujian kandungan kimia.
5. Hanya menggunakan satu variasi pasir dan semen untuk pencampuran pada variasi abu batu basalt.
6. Pengujian yang dilaksanakan di laboratorium meliputi:
 - a. Pengujian tanah asli
 - 1) Pengujian kadar air tanah

- 2) Analisis saringan dan hidrometer
- 3) Pengujian berat volume
- 4) Pengujian berat jenis tanah
- 5) Pengujian batas cair
- 6) Pengujian batas plastis
- 7) Pengujian Pemadatan tanah (*standard proctor*)
- 8) Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Memberikan sebuah inovasi untuk memanfaatkan abu batu basalt sebagai bahan campuran agar batu yang jarang digunakan dapat dimanfaatkan.
2. Mengetahui angka CBR tanah setelah distabilisasi menggunakan bahan tambah seperti semen, pasir dan abu batu basalt.
3. Memberikan informasi sejauh mana manfaat penggunaan abu batu basalt, semen dan pasir untuk mengetahui nilai CBR tanah.
4. Menambah pengetahuan dalam pemanfaatan semen, pasir dan abu batu basalt sebagai alternatif untuk stabilisasi tanah lempung sehingga dapat diterapkan untuk perancangan struktur perkerasan lapisan tanah dasar (*subgrade*) pada jalan maupun timbunan.
5. Sebagai salah satu upaya dalam mengembangkan cabang ilmu bidang teknik sipil khususnya dalam bidang geoteknik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Dalam uraian ini akan dikemukakan beberapa hasil penelitian terdahulu yang signifikan atau berkaitan dengan apa yang sedang dikerjakan, yaitu sebagai berikut:

1. Hipzi (2022), melakukan penelitian yang berjudul “Stabilisasi Tanah Lempung dengan Pasir Laut dan *Fiber*”. *Fiber* atau serat yang dimanfaatkan berasal dari limbah kemasan air mineral dengan jenis *Polypropylene* (PP). Variasi pada material pasir laut ditetapkan sebesar 10%, 15%, 20%, 25% dan untuk tambahan serat *fiber* ditetapkan variasi sebesar 0,5, 1%, 1,5%, 2%. Setelah penambahan campuran variasi pasir laut terjadi penurunan pada indeks plastisitas dikarenakan pasir laut sedikit menyerap air. Nilai CBR yang diperoleh pada pengujian tanah asli, 10% pasir laut, yaitu sebesar 6,672%, setelah dicampurkan dengan 10% pasir laut nilai CBR meningkat menjadi 21,351%. Pada penambahan 15% pasir laut nilai CBR menjadi lebih tinggi sebesar 24,020%, dan pada penambahan variasi pasir laut sebesar 20% terjadi penurunan nilai CBR sebesar 20,462 dan pada variasi 25% campuran pasir laut mendapatkan nilai CBR sebesar 9,786%. Hasil CBR tanah lempung yang dicampur dengan pasir laut dan *Fiber* mendapatkan nilai *optimum* pada variasi penambahan 1% *Fiber*. Penambahan campuran 15% pasir laut pada tanah lempung dapat menurunkan nilai plastisitas tanah sebesar 42,638% dan meningkatkan nilai CBR. Berdasarkan uji CBR pada tanah lempung dengan tambahan variasi 15% pasir laut dan 1% *Fiber* mengalami peningkatan sebesar 11,074%. Sementara pada pengujian CBR tanah lempung mengalami peningkatan dengan penambahan variasi 15% pasir laut dan 1% *fiber* sebesar 299,88%.
2. Rinaldi (2020), melakukan penelitian yang berjudul “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Abu Vulkanik Dan Abu Sekam Padi Ditinjau Dari Nilai California Bearing Ratio”. Sampel tanah berasal dari *Quarry Cot Kayee*

Adang, Meunasah Manyang Kota Lhokseumawe, mempunyai nilai daya dukung rendah untuk subgrade dengan angka CBR 3,8% sehingga syarat minimum subgrade yaitu 6% tidak terpenuhi. Komposisi masing-masing bahan tambah adalah 3%, 6%, 9% Abu vulkanik dan 10% abu sekam padi. Hasil penelitian pada pemadatan standar diperoleh $\gamma_d 1,48 \text{ gr/cm}^3$ mengalami penurunan sebesar $1,38 \text{ gr/cm}^3$, untuk kadar air optimum diperoleh sebesar 26,80% dan mengalami penurunan sebesar 6,1%. Hasil uji CBR tanpa rendaman sebesar 6,1 %, mengalami kenaikan menjadi sebesar 12,1%, selanjutnya untuk CBR rendaman diperoleh sebesar 3,8% dan mengalami kenaikan 8,7%. Hasil analisis pada masing-masing variasi dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli. Hasil penelitian menunjukkan abu vulkanik dan abu sekam padi dapat memperbaiki sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung.

3. Siregar (2021), melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara (*Fly ash*) Untuk Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung”. Pengujian yang dilakukan meliputi sifat fisik dan sifat mekanis yaitu pemadatan standar dan CBR Laboratorium. Komposisi masing-masing bahan abu batu bara adalah 5%, 10%, 15% dan 20% dengan masa pemeraman selama satu hari. Pemadatan standart diperoleh $\gamma_d 1,54 \text{ gr/cm}^3$ mengalami penurunan sebesar $1,43 \text{ gr/cm}^3$, untuk kadar air optimum diperoleh sebesar 23,00% dan mengalami penurunan sebesar 29,2%. Hasil uji CBR tanpa rendaman sebesar 13,9%, ketika dilakukan pemeraman 1 hari nilai CBR menjadi sebesar 15,7%, selanjutnya untuk CBR rendaman diperoleh sebesar 5,1% dan mengalami kenaikan 6,2%. Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa abu batu bara dapat digunakan memperbaiki karakteristik fisik dan sifat mekanik tanah lempung.
4. Kalawa dkk (2021), melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Semen *Portland*, Abu Sekam, dan *Fly Ash* terhadap Nilai Daya Dukung Tanah Lempung sebagai *Subgrade* Perkerasan Jalan”. Untuk material tambahan yang digunakan yaitu semen *Portland*, abu sekam padi, dan *fly ash*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada saat penambahan variasi campuran *fly ash* 5%, 7,5%, dan 10% serta semen sebesar 5 % dan abu sekam padi 5%. Didapatkan hasil nilai CBR rencana secara berturut-turut sebesar 6,80%,

8,00%, dan 8,80%. Pada penelitian ini Nilai CBR yang paling tinggi terjadi pada variasi *fly ash* 10% yaitu diperoleh sebesar 8,80% dengan peningkatan 121,66% dari nilai CBR tanah asli. Hasil nilai CBR rencana yang diperoleh, nilai DDT mengalami peningkatan menjadi 5,28, 5,58, sampai 5,76. Dan nilai DDT yang terbesar terjadi pada variasi *fly ash* 10% yaitu 5,76, dan meningkat menjadi 30,37% dari nilai daya dukung tanah tanah asli.

5. Saputra (2021), melakukan penelitian dengan judul “Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Abu Ban dan Semen Terhadap Nilai CBR”. Pada penelitian ini pemanfaatan abu hasil pembakaran limbah ban digunakan sebagai bahan campuran stabilisasi tanah. Tujuannya yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ban terhadap kuat dan daya dukung tanah lunak. Variasi kadar abu ban untuk campuran yaitu 0%, 5%, 7,5% dan 10% dengan semen 5%. Pemeraman dilakukan selama 1, 4 dan 7 hari, sedangkan perendaman dilakukan selama 7 hari. Hasil penelitian untuk tanah campuran 0% abu ban dengan pemeraman selama 1 hari diperoleh nilai CBR sebesar 1,51%, pemeraman 4 hari sebesar 4,72% dan pemeraman 7 hari sebesar 1,95% dan pada perendaman 7 hari sebesar 3,88%. Pada campuran tanah dan 5% semen untuk pemeraman 1, 4 dan 7 hari secara berturut-turut diperoleh nilai CBR sebesar 14,89%, 16,62%, 19,74%. Untuk perendaman tanah asli selama 7 hari nilai CBR sebesar 5,67%. Penambahan variasi limbah abu ban 5% dengan pemeraman 1, 4 dan 7 hari didapat nilai CBR secara berturut-turut sebesar 17,50%, 24,56% dan 15,57%. Penambahan abu ban dengan variasi 7,5% dan pemeraman selama 1, 4 dan 7 hari secara berturut-turut didapat nilai CBR sebesar 16,72%, 25,22% dan 37,395. Penambahan variasi abu ban 10%, dengan pemeraman selama 1, 4 dan 7 hari didapat nilai CBR secara berturut-turut sebesar 23,11%, 20,23% dan 37,32%. Untuk perendaman 7 hari penambahan variasi abu ban 5%, 7,5% dan 10% diperoleh nilai CBR secara berturut-turut sebesar 18,82%, 12,67% dan 11,72%.

2.1.2. Definisi Tanah

Tanah adalah material yang tersusun oleh agregat atau butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat satu sama lain secara kimia. Selain itu tanah juga terbentuk dari residu organik yang mengalami pelapukan disertai dengan pori-pori yang terisi zat cair dan gas di antara partikel-partikel padat tersebut. Dalam dunia *engineer*, tanah didefinisikan sebagai kumpulan bahan organik, mineral dan endapan-endapan yang memiliki ikatan relatif lepas (*loose*). Hubungan partikel tanah yang tidak saling mengikat ini dapat disebabkan oleh pengendapan unsur-unsur oksida, zat organik atau karbonat yang terletak antara celah-celah partikel tanah.

Pelapukan batuan induk yang membentuk tanah, dapat dibagi menjadi 2 yaitu pelapukan secara fisik maupun kimia. Berdasarkan transportasi dari hasil bahan pelapukan, untuk jenis tanah dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Tanah yang terbentuk dari hasil penumpukan material-material pelapukan dan diam di tempat terjadinya pelapukan disebut tanah sisa (*residual soil*).

Sifat yang paling penting dari tanah sisa adalah:

- Pada umumnya gradasi ukuran butiran yang ada pada tanah lebih halus dipermukaan dan terlihat lebih kasar pada saat bertambahnya kedalaman permukaan.
- Fragmen yaitu jenis batuan yang memiliki bentuk sudut runcing-runcing dan dapat ditemukan pada kedalaman yang paling dalam.

2. Tanah yang terjadi dari bahan-bahan hasil pelapukan yang kemudian terbawa ke tempat lain yang disebabkan unsur-unsur pembawa seperti es, air, angin dan gravitasi disebut tanah terangkut (*transported soil*).

Berdasarkan jenis pembawa dan cara pengendapannya, tanah ini dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu:

- a. Tanah *Glacial*, yaitu dapat terbentuk oleh pengangkutan dan pengendapan sungai es.
- b. Tanah *Alluvial*, yaitu dapat terbentuk oleh pengangkutan air yang mengalir dan mengendap di sepanjang aliran sungai.

- c. Tanah *Lacustrine*, terbentuk karena pengendapan di area danau-danau yang tenang.
- d. Tanah *Marine*, terbentuk karena pengendapan di laut.
- e. Tanah *Aeolian*, terbentuk karena terangkut oleh angin dan kemudian mengendap.
- f. Tanah *Colluvial*, terbentuk karena pergerakan tanah dari tempat asalnya akibat gravitasi seperti yang terjadi pada saat tanah longsor.

Hardiyatmo (2002) mengungkapkan bahwa proses pelapukan batuan membentuk tanah dapat terjadi di dekat permukaan bumi, dimana pembentukan tanah tersebut dibagi menjadi 2 proses yaitu kimia dan mekanis. Proses terbentuknya tanah secara mekanis terjadi karena perubahan batuan menjadi ukuran-ukuran yang lebih kecil akibat pengaruh angin, erosi, air, es, manusia, atau akibat pergantian cuaca atau temperatur. Sedangkan tanah yang terbentuk secara proses kimia terjadi akibat adanya pengaruh karbondioksida (CO_2), oksigen (O_2), air (terutama yang mengandung asam atau basa). Tanah yang masih berada di area pelapukan batuan induk disebut tanah sisa (*residual soil*), sedangkan jika tanah hasil pelapukan mengalami perpindahan dari tempat pelapukannya dinamakan tanah terangkut (*transported soil*).

Bowles (1894) mengungkapkan bahwa tanah merupakan gabungan dari partikel-partikel yang tersusun dari sebagian atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*) merupakan serpihan batuan yang relatif besar yang umumnya berukuran sekitar 25 – 30 cm dan ukuran 15 – 25 cm pecahan batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).
2. Kerikil (*gravel*) adalah butiran batuan yang memiliki ukuran 0,5 – 15 cm.
3. pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang memiliki ukuran 0,074 – 5 mm, yang berkisar dari kasa dengan ukuran 3 – 5 mm bahan halus yang berukuran <1mm.
4. Lanau (*Silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 – 0,0074 mm.
5. Lempung (*Clay*) adalah partikel-partikel mineral yang berukuran < 0,002 mm yang dimana sumber utama dari berkohepsi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*Colloids*) adalah partikel mineral yang tidak mengalami pergerakan dengan ukurannya > 0,001 mm.

Ukuran butiran tanah pada batas ukuran pertikel tertentu digambarkan menjadi salah satu diantara pasir, lempung, lanau atau lumpur. Dari istilah tersebut dapat menggambarkan karakteristik tanah tertentu. Misalnya pasir digambarkan sebagai tanah yang nonkohesif dan tidak plastis sedangkan lempung merupakan contoh tanah yang kohesif dan plastis (Hardiyatmo, 2002).

2.1.3. Tanah Lempung

Menurut Hardiyatmo (2012) tanah adalah kumpulan mineral, bahan alami dan endapan yang relatif bebas, yang terletak di batuan dasar. Tanah lempung memiliki sifat kembang dan susut yang tinggi akibat perubahan kadar air, sehingga daya dukung tanah lempung sangat dipengaruhi oleh perubahan kadar air.

Tanah lempung merupakan tanah yang memiliki unsur – unsur mineral dengan ukuran mikro yang memiliki sifat sesuai dengan unsur penyusunnya. Sifat tanah lempung berubah menjadi sangat keras pada kondisi kering, namun bersifat plastis pada kondisi kadar air sedang dan menjadi sangat lengket (kohesif) saat kondisi kadar air tinggi. Peningkatan nilai indeks plastisitas yang tinggi menyebabkan semakin besar kemungkinan tanah dalam kondisi plastis. Pada kondisi basah tanah lempung memiliki kandungan air yang tinggi, tanah mengalami pengembangan akibat volume yang lebih besar sehingga tanah menjadi lembek. Dalam kasus ini tanah lempung memiliki kapasitas yang sangat rendah untuk menahan beban atau gaya yang bekerja.

Definisi tanah lempung menurut beberapa ahli di antaranya sebagai berikut:

1. Hardiyatmo, (1999)

Tanah berbutir halus terutama tanah lempung banyak dipengaruhi oleh air. Pengembangan tanah lempung yang dipadatkan memiliki nilai yang lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kondisi kering (*optimum*) daripada yang dipadatkan pada basah yang (*optimum*). Tanah lempung yang dipadatkan dalam keadaan kering (*optimum*) relatif kekurangan air. Dalam hal ini tanah lempung memiliki kecenderungan lebih besar untuk menyerap air sehingga tanah lempung mudah mengembang.

2. Bowles (1991)

Tanah lempung yang didefinisikan oleh Bowles sebagai sedimen yang memiliki partikel berukuran lebih kecil atau sama dengan 0,002 mm dalam jumlah lebih dari 50%.

3. DAS (1988)

DAS menyatakan bahwa Tanah lempung adalah tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah.

4. Terzaghi (1987)

Terzaghi menyatakan bahwa tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonal hingga submikrokonal yang terbentuk dari hasil pelapukan komponen-komponen kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung memiliki karakteristik sangat keras dalam keadaan kadar air yang relatif sangat kecil. Daya serap tanah lempung sangat rendah serta bersifat plastis pada kondisi kadar air sedang. Sedangkan pada kadar air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lembek. Di AS bagian barat, ada istilah untuk tanah lempung yang disebut “*gumbo*” untuk menggambarkan kondisi tanah lempung yang berwujud seperti sabun atau lilin pada kondisi plastis.

2.1.4. Semen *Portland*

Istilah semen berasal dari bahasa latin yaitu “*cementum*” yang berarti lengket (lem). Secara sederhana, semen didefinisikan sebagai material pengikat yang dapat menyatukan material lain seperti batu bata, hebel dan koral untuk membentuk sebuah struktur. Sedangkan Menurut Pangribuan (2013) semen dapat diartikan sebagai bahan perekat yang mempunyai kemampuan untuk mengikat bahan yang padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat.

Tjokrodinuljo (2007) mengungkapkan semen *Portland* (*Portland cement*) sebagai perekat hidrolis yang berperan penting dalam pekerjaan beton. Material perekat hidrolis ini diproduksi dibuat dengan cara menghaluskan klinker, berupa silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan *gypsum* apabila digabungkan dengan

air akan terbentuk pasta semen atau *grout* dan jika bereaksi dengan agregat halus disebut dengan *mortar* dan kemudian dapat mengeras membentuk beton.

Berdasarkan Standar Nasional (SNI) Nomor 15-2049-2004, Semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang diproduksi dengan cara menggiling *portland* slag (*Clinker*) yang terdiri dari kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama dengan bahan tambahan lainnya, yang dapat menjadi satu atau lebih membentuk kristal kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) dan dapat juga ditambahkan dengan bahan tambahan lainnya seperti mineral dan komponen.

a. Komposisi Kimia Semen

Kandungan kimia dasar pembentuk semen adalah kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), dan bahan tambahan lainnya seperti mineral. Kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) ini memiliki karakteristik yang sangat hidrolis.

b. Kuat tekan semen

Kuat tekan didefinisikan sebagai ketahanan bahan untuk memikul gaya tekan. Kuat tekan itu sendiri merupakan parameter yang menentukan untuk semen. Laju peningkatan kuat tekan yang ada pada semen dapat dipengaruhi oleh susunan zat mineral yang ada pada semen tersebut.

Tabel 2.1 Kandungan Oksidasi Pada Semen *Portland*

Oksidasi	Kandungan %
Kapur (CaO)	60-70
Silika (SiO_2)	17-25
Alumina (Al_2O_3)	3,0-8,0
Besi (Fe_2O_3)	0,5-6,0
Magnesia (MgO)	0,1-5,5
Sulfur (SO_3)	1,0-3,0
Soda/potash ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	0,5-1,3

(Sumber: Tjokrodimuljo, 2007)

Tabel 2.2 Kebutuhan Kadar Semen untuk Berbagai Jenis Tanah

Klasifikasi Tanah Menurut <i>AASHTO</i>	Klasifikasi Tanah Menurut <i>ASTM</i>	Kadar Semen (%)
A - 1 - a	<i>GW, GP, GM, SW, SP, SM</i>	3-5
A - 1 - b	<i>GM, GP, SM, SP</i>	5-8
A - 2	<i>GM, GC, SM, SC</i>	5-9
A - 3	<i>SP</i>	7-11
A - 4	<i>CL, ML</i>	7-12
A - 5	<i>ML, MH, CH</i>	8-13
A - 6	<i>CL, CH</i>	9-15
A - 7	<i>MH, CH</i>	10-16

(Sumber: *ACI Committee 230, 2009*)

Menurut *ASTM (American Society for Testing and Mineral)* semen *Portland* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Semen *Portland* tipe I. Tipe ini banyak diketahui oleh masyarakat umum dan digunakan secara luas karena mudah diperoleh di pasaran. Tipe semen ini mudah diaplikasikan karena tidak ada syarat khusus dalam penggunaan terhadap kekuatan tekan awal dan panas hidrasi, misalnya diterapkan pada bangunan rumah pribadi, struktur bertingkat, trotoar, jembatan, lapisan permukaan jalan, struktur jalan rel dan lain sebagainya.
2. Semen *Portland* tipe II. Tipe ini umumnya mempunyai daya tahan yang cukup baik dari serangan sulfat yaitu antara 0,10 – 0,20% dan panas hidrasi yang bersifat sedang. Bahan ini banyak diterapkan sebagai bahan konstruksi bangunan yang terletak di tepi laut, saluran irigasi, tanah rawa, DAM, bangunan *pier* (dinding di laut dermaga), dan landasan jembatan.
3. Semen *Portland* tipe III. Tipe ini sangat cocok digunakan bagi struktur bangunan atau gedung yang membutuhkan tingkat pemadatan awal yang tinggi (perkerasan cepat) sekitar satu minggu. Beberapa bentuk penggunaan pada konstruksi yaitu pada jalan raya bebas hambatan, hingga bandara serta

konstruksi di dalam air yang tidak membutuhkan resistensi terhadap asam sulfat,

4. Semen *Portland* tipe IV. Tipe ini hanya memerlukan sedikit panas hidrasi dalam pengaplikasiannya dimana laju dan kapasitas panas yang muncul harus rendah. Sehingga semen tipe ini mengalami peningkatan kuat tekan beton relatif lambat daripada semen *Portland* tipe I. Semen tipe ini banyak diterapkan pada konstruksi beton masif seperti bendungan grafitasi besar.
5. Semen *Portland* tipe V. Tipe ini digunakan pada struktur bangunan yang memerlukan resistensi yang tinggi terhadap sulfat ($>0,20\%$) yang berada langsung di dalam tanah atau air. Biasanya diterapkan pada jembatan, instalasi pengolahan limbah pabrik, pelabuhan, *tunnel* dan konstruksi dalam air.

Pada penelitian ini, akan menggunakan Semen *Portland* tipe I karena semen *Portland* ini sering kali dimanfaatkan oleh masyarakat dalam pekerjaan bangunan, perkerasan jalan, dan lain-lain, dan banyak juga beredar dipasaran terlebih semen tipe ini tidak terlalu memerlukan syarat tertentu pada pemanfaatannya terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal, dan campuran semen ini akan dipakai untuk pengujian terhadap daya kuat dukung tanah.

2.1.5. Pasir

Pasir merupakan material yang berbentuk butiran. Butiran pada pasir, menurut *AASHTO* berkisar antara 0,075 – 2 mm, pasir umumnya lolos saringan No.10 dan tertinggal saringan No.200 sebesar $<35\%$. Pasir dapat berbentuk pasir alam yang terbentuk secara alami melalui perpecahan dari batuan-batuan, atau berwujud pasir yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu.

Pada dasarnya pasir dalam keadaan normal mengandung lumpur karena keberadaannya di tanah. Lumpur adalah bagian-bagian yang berasal dari agregat alam (kerikil dan pasir) yang dapat melalui saringan 0,075 mm (SK-SNI S-04-1989-F). Lumpur yang terdapat pada permukaan pasir dapat mengganggu lekatan antara permukaan butiran pasir dengan pasta semen, pasir yang baik adalah pasir yang bebas dari kandungan lumpur.

Bowles (1986) mengungkapkan tanah yang memiliki karakteristik tidak kohesif serta tidak memiliki garis pembatas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah tersebut tidak plastis untuk semua nilai kadar air, akan tetapi dalam keadaan tertentu, tanah yang bersifat nonkohesif dapat berubah menjadi suatu cairan kental dengan kadar air yang cukup tinggi.

Untuk proses stabilisasi tanah lempung maka akan ditambahkan dengan pasir, dimana pasir adalah salah satu elemen untuk menjadi penguat yang dapat meningkatkan kekuatan dari tanah. Selain itu pasir juga merupakan material yang termasuk relatif mudah untuk diperoleh dan harga yang ekonomis.

2.1.6. Abu Batu Basalt

Abu batu basalt adalah abu yang dihasilkan dari penumbukkan batu basalt hingga menjadi halus dengan menggunakan lolos saringan no. 200. Dan dijadikan sebagai bahan campuran semen, pasir pada uji kekuatan daya dukung tanah dan pengaruh yang terjadi akibat pencampuran abu batu basalt.

Basalt merupakan batuan beku vulkanik yang memiliki tekstur batuan yang halus (*afanantik*) dan *holokristalin*. Pada batuan basalt ini dibedakan berdasarkan teksturnya, batu basalt memiliki tekstur intergranular. Umumnya batuan basalt sering dijumpai yakni batuan basalt dengan tekstur intergranular (Chusni, 2007). Menurut Best, John (1982) pada keterbentukan basalt memiliki posisi tektonik yang berbeda akan tetapi menghasilkan batuan dengan afinitis. Menurut Wilson (1991) batuan basalt biasanya terbentuk pada saat posisi tektonik konvergen, divergen, berada ditengah lempeng samudera ataupun ditengan lempeng benua sehingga pada kenampakan vulkanik dan karakteristik pada seri magma yang memiliki perbedaan satu sama lainnya.

Basalt dapat dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu basalt tholeitik dan basalt alkali. Kedua tipe tersebut dapat dibedakan berdasarkan kandungan Na_2O dan K_2O . Basalt alkali memiliki kandungan lebih tinggi daripada basalt tholeitik pada konsentrasi SiO_2 yang sama. Batu basalt sering dimanfaatkan sebagai bahan bangunan/pondasi bangunan (gedung, jalan, jembatan, dan lain-lain), bahan baku dalam industri poles dan sebagai agregat.

Klasifikasi batuan beku berdasarkan komposisi kimia, menurut Hulburt (1977) pembagian batuan beku berdasarkan komposisinya:

a. Batuan Beku Asam

Batuan beku tersebut mengandung silika SiO_2 lebih dari 66%, contoh batuan ini adalah granit dan ryolit. Batuan yang tergolong kelompok ini mempunyai warna terang (cerah) karena SiO_2 yang menghasilkan batuan dengan kandungan kuarsa dan alkali feldspar.

b. Batuan Beku Menengah (*Intermediate*)

Batuan ini mengandung 52-66% silika, contoh batuan ini adalah *diorite* dan andesit. Batuan ini berwarna gelap karena tingginya kandungan mineral *feromagnesi*.

c. Batuan Beku Basa

Batuan beku ini mengandung 45-52% silika. Contoh batuan ini adalah gabro dan basalt. Batuan ini memiliki warna hitam kehijauan karena terdapat kandungan mineral olivine.

d. Batuan Beku Ultra Basa

Batuan beku ini mengandung 45% SiO_2 , contoh batuan ini adalah peridotit dan dunit, batuan ini memiliki warna hijau kelam karena tidak terdapat silika bebas sebagai kuarsa.

Basalt adalah salah satu batuan beku luar karena terbentuk secara ekstrusif (aliran lava). Namun batu basalt juga dapat terbentuk secara intrusi kecil berbentuk *dike* maupun *sill*. Pada magma basaltic suhunya 1000 sampai 1200°C dengan viscositas rendah dan kandungan gasnya rendah, basalt juga mengandung kaca vulkanik karena pada basalt berisi fenokris yaitu kristal yang lebih besar dalam groundmass halus dan vesicules yaitu lubang yang diisi oleh gas vulkanik, batu basalt adalah jenis batu yang berwarna hitam karena didalam batu basalt mengandung zat besi.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah diartikan sebagai pembagian berbagai jenis tanah ke dalam kelompok ataupun subkelompok tertentu yang menggambarkan karakteristik atau perilaku yang sama (Hardiyatmo, 2002). Sistem klasifikasi tanah yang banyak digunakan, yaitu sistem klasifikasi *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dan sistem klasifikasi *USCS* (*Unified Soil Classification System*).

1. Sistem klasifikasi *AASHTO*

Sistem ini diterapkan ketika menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Klasifikasi tanah sudah dikembangkan pada tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*, Sistem Klasifikasi *AASHTO* membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok yang disajikan pada Tabel 2.3. Tanah-tanah pada setiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. (Hardiyatmo, 2017)

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

dengan:

- GI = Indeks kelompok (*group index*)
- F = Persen butiran lolos saringan no.200 (0,075mm)
- LL = Batas cair
- PI = Indeks plastisitas

Jika indeks kelompok (GI) semakin tinggi, maka pemanfaatan tanah sebagai *subgrade* semakin kurang tepat. Tanah granuler yang dikelompokkan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3 merupakan pasir bersih yang memiliki gradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (<35% lolos saringan no.200), namun masih terdapat kandungan lanau dan lempung. Sedangkan tanah berbutir halus seperti lanau dan lempung diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7.

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos saringan No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis saringan (%lolos)	-	-	-	-	-	-	-
No. 10	Maks 50	-	-	-	-	-	-
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51	-	-	-	-
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat Fraksi yang lolos saringan No. 40	-	-	-	-	-	-	-
Batas Cair (LL)	-	-	-	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6	-	NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Pasir dan kerikil berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Sangat baik sampai baik						
Klasifikasi Kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7-5		A-7-6	
Analisis saringan (%lolos)							
No. 10	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36			
No. 40							
No. 200							
Sifat Fraksi yang lolos saringan No. 40	-	-	-	-			

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos saringan No.200)			
	Batas Cair (LL)	Maks 40	Min 41	Maks 40
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai Buruk			

(Sumber: Hardiyatmo, 2017)

Catatan:

Kelompok A-7 di bagi 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 = Nonplastis

2. Sistem Klasifikasi *USCS* (*Unified Soil Classification System*)

Pada sistem klasifikasi *USCS* awalnya diperkenalkan oleh *Casagrande* pada tahun 1942. Pada sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan di laboratorium dan yang paling banyak dipakai secara meluas adalah kesatuan tanah, dalam hal ini tanah atas dibagi menjadi 3 jenis kelompok tanah (Sukirman, 1992) yaitu:

- Tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir), yaitu kurang dari 50% dengan lolos saringan no.200.
- Tanah berbutir halus (Lanau atau lempung) lebih dari 50% lolos saringan no.200.
- Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau, dan sisa-sisa tumbuhan yang terkandung didalamnya.

Klasifikasi tanah berdasarkan *Unified System* (didapat dari referensi jurnal Kusuma, dkk 2017), tanah dikelompokkan menjadi:

- Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*) yaitu jenis tanah kerikil dan pasir dimana $<50\%$ berat total tanah dengan lolos saringan No.200. untuk kerikil

(*gravel*) atau tanah berkerikil diberi simbol huruf *G*, dan untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir diberi simbol huruf *S*.

- b. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*), yaitu jenis tanah dimana >50% berat total tanah dengan lolos saringan No.200. Untuk tanah lanau (*Silt*) organik diberi simbol huruf *M*, untuk lempung (*clay*) *C*, lanau organik dan lempung organik *O*, dan untuk tanah gambut (*peat*) diberi simbol *PT*, *muck* dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Adapun simbol-simbol lain yang digunakan dalam klasifikasi *USCS* adalah sebagai berikut:

W = Tanah bergradasi baik (*well graded*)

P = Tanah bergradasi buruk (*poorly graded*)

L = Tanah dengan plastisitas rendah (*Low plasticity*), $LL < 50$

H = Tanah dengan plastisitas tinggi (*High plasticity*), $LL > 50$

S = Tanah berpasir (*Sand*)

O = Tanah Lanau atau lempung organik (*Organic silt or clay*)

M = Tanah lanau (*Silt*)

C = Tanah Lempung (*Clay*)

G = Tanah berkerikil (*Gravel*)

PT = Tanah gambut dan tanah organik tinggi (*Peat and highly organic soil*)

Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempun		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.	
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)		

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi
Lanau dan lempung batas cair > 50%	OL	Lanau - organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	<p>Batas Cair LL (%)</p> <p>Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$</p>
	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)	
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

(Sumber: Hardiyatmo, 2017)

2.2.2. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah pondasi atau tempat perletakan konstruksi lapisan perkerasan jalan dengan tebal 300 mm (Herdiana dkk, 2012). Komponen ini bagian yang terpenting dalam pembangunan terutama untuk pembangunan jalan. Untuk menentukan standar minimum material *subgrade* disajikan pada Tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5 Standar Minimum Material *Subgrade*

No	Parameter	Standar Minimum	Satuan
1	Indeks Plastisitas (PI)	< 12	%
2	Tingkat Keaktifan	$\leq 0,75$	-
3	CBR Soak	≥ 2	%
4	CBR Efektif	≥ 6	%
6	<i>Swelling</i> Potensial	< 5	%
7	Penurunan	≤ 100	%
8	Perubahan Kemiringan Ijin	0,3	%

Sumber: Pd T-10-2005-B dan MDP 2017

2.2.3. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu usaha atau tindakan yang dilakukan untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah itu sendiri. Stabilisasi tanah bertujuan untuk memperbaiki kondisi tanah dengan cara merekatkan dan mengikat material agregat yang ada agar dapat membentuk struktur dan pondasi jalan yang kuat. Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara kimiawi dan mekanis. Stabilisasi yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan secara mekanis dengan menggunakan material tambahan seperti semen, pasir dan abu batu basalt. Bahan tambah tersebut adalah salah satu usaha dalam memperbaiki sifat-sifat tanah baik secara fisik maupun mekanis.

2.2.4. Jenis Pelaksanaan Pengujian

a. Kadar Air

Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang terdapat dalam tanah dengan berat butiran tanah dalam kondisi kering. Kadar air tanah bisa digunakan untuk menentukan parameter karakteristik tanah (Sulaiman dkk, 2017).

$$\text{Kadar air tanah } (w) = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

- W_1 = Berat cawan kosong
- W_2 = Berat cawan + tanah basah
- W_3 = Berat cawan + tanah kering
- $W_2 - W_3$ = Berat air/ W_w
- $W_3 - W_1$ = Berat tanah kering/ W_s

b. Berat Jenis

Berat jenis butiran tanah merupakan perbandingan antara berat butiran tanah dengan berat air yang isinya sama dalam menentukan besarnya berat jenis dari pertikel tanah tersebut. Pemeriksaan berat jenis tanah di laboratorium harus

dilakukan dengan sesuai prosedur sehingga dapat ditentukan harga-harga berat jenis butir atau biasa disebut G_s secara akurat.

$$G = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_2 - w_1) - (w_3 - w_4)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan:

W_2 = Massa cawan + tanah basah

W_3 = Massa cawan + tanah kering

W_4 = Massa cawan + air penuh

W_1 = Massa cawan kosong

$W_2 - W_3$ = Massa air (W_w)

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

Tabel 2.6 Pengelompokan Berat Jenis Tanah

Macam tanah	Berat jenis (G_s)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau anorganik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Lempung anorganik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

(Sumber Hardiyatmo, 2017)

c. Berat Volume

Berat Volume yaitu parameter untuk menentukan berat isi tanah pada suatu benda uji. Berat volume (γ) merupakan perbandingan massa tanah basah dengan volume di dalam cetakan.

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan:

γ = Massa volume tanah basah (gr/cm³)

W = Massa butiran tanah (gr)

V = Volume tanah (cm³)

d. Analisis Saringan

Analisa saringan adalah analisis yang bertujuan untuk menentukan distribusi butiran (gradasi) atau besarnya butiran agregat kasar dan agregat halus pada sampel benda uji yang tertahan pada susunan saringan tertentu. Jika diperoleh keseragaman ukuran butiran agregat maka volume pori pada tanah tersebut cukup besar. Akan tetapi jika agregat pada tanah tersebut mempunyai sebaran butiran yang beragam maka volume pori pada tanah tersebut cukup kecil. Ukuran agregat yang kecil akan berfungsi sebagai *filler* untuk mengisi pori-pori pada agregat yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit serta angka kemampatan yang tinggi. (Utami, 2021).

Tabel 2.7 Saringan Standar Amerika

No saringan	Diameter Lubang (mm)	No saringan	Diameter Lubang (mm)
3	6,35	40	0,42
4	4,75	50	0,30
6	3,35	60	0,25
8	2,36	70	0,21
10	2,00	100	0,15
16	1,18	140	0,106
20	0,85	200	0,075
30	0,60	270	0,053

(Sumber: Hardiyatmo, 2017)

e. Analisis Hidrometer

Pengujian hidrometer dilakukan untuk menentukan gradasi ukuran partikel tanah lolos saringan no.200. Beberapa persamaan yang digunakan dalam analisis hidrometer antara lain:

$$1. D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$2. R = (R_a + m_c) \dots\dots\dots(2.6)$$

3. Untuk hidrometer 151, persen polos

$$P = \frac{1606 \times a \times (R-1)}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

4. Untuk hidrometer 152, persen polos

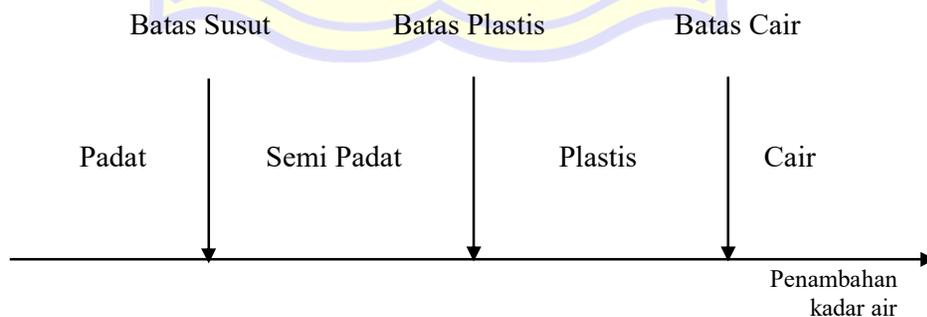
$$P = \frac{R_c \times a}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan:

- D = diameter butiran (mm)
- K = Konstanta yang dipengaruhi oleh G_s
- L = Kedalaman hidrometer (cm)
- t = Waktu pengamatan/pembacaan
- P = Persen lolos
- W_s = Berat benda uji kering
- a = Koreksi terhadap berat jenis
- R_a = Bacaan hidrometer saat pengujian
- m_c = Koreksi terhadap minikus

2.2.5. Batas Atterberg (Batas Konsistensi)

Batas-batas *Atterberg* sangat penting untuk menentukan klasifikasi tanah. Batas-batas ini sering digunakan dalam spesifikasi, dengan mengontrol tanah yang digunakan untuk struktur urugan tanah. Pengurangan kadar air tanah dapat menghasilkan pengurangan volume pada tanah. Untuk menjelaskan parameter *Atterberg* pada tanah dengan butir halus harus memperhatikan kandungan yang terdapat pada kadar air tanah. Kedudukan batas-batas *Atterberg* untuk tanah dengan karakteristik kohesif diperlihatkan pada Gambar 2.1 berikut.

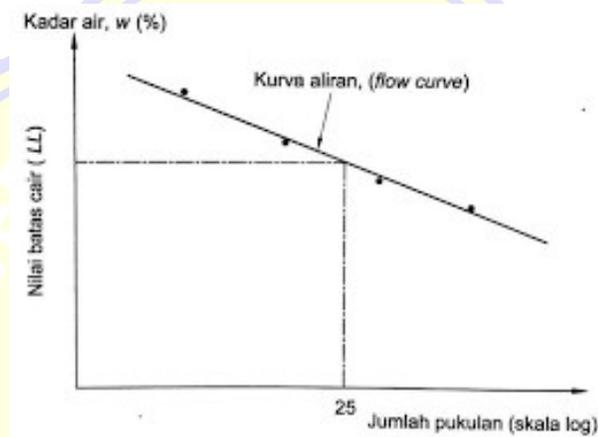


Gambar 2.1 Batas-Batas *Atterberg*

(Sumber: Hardiyatmo,2017)

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*LL*) adalah besarnya kadar air tanah berada diantara batas kondisi cair dan kondisi plastis, yaitu di daerah plastis. Batas cair biasanya diperoleh dari pengujian *Casagrande*, dimana sample tanah ditaruh di atas mangkok yang kemudian diratakan dan dibelah dengan lebar 0,3 cm dan kembali menyatu pada ketukan ke 25. Hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan untuk batas cair pada pukulan 25 disajikan pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Kurva Penentuan Batas Cair Lempung

(Sumber: *Hardiyatmo, 2017*)

Kemiringan garis dan kurva digambarkan sebagai indeks aliran (*flow index*), dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.9) berikut:

$$I_F = \frac{w_1 - w_2}{\log(N_2 -)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan:

- I_F = Indeks Aliran
- w_1 = Kadar Air (%) pada N_1 Ketukan
- w_2 = Kadar Air (%) pada N_2 Ketukan

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis atau disimbolkan dengan (*PL*), didefinisikan sebagai kadar air pada kondisi antara daerah plastis dan kondisi semi padat. Pada kondisi ini diketahui presentase kadar air dimana tanah lempung yang memiliki diameter 3,2 mm mulai mengalami keretakan ketika dipilin dengan tangan (Hardiyatmo, 2010). Untuk menghitung batas plastis dapat menggunakan persamaan 2.10 berikut ini:

$$PL = \frac{Wp+W}{Wk} \times 100 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan:

PL = Batas Plastis Tanah

Wp = Massa Tanah Basah Pada Kondisi Plastis

Wk = Massa Tanah Kering

Berdasarkan batas-batas *Atterberg* tersebut maka diperoleh:

1. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas merupakan selisih antara kondisi batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*) suatu tanah.

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.11)$$

Indeks plastisitas menjelaskan karakteristik keplastisan suatu tanah. Tanah lempung memiliki selisih batas air dengan batas plastis yang tinggi. Sedangkan tanah lanau memiliki selisih batas cair dengan batas plastis yang kecil. Pengelompokkan jenis tanah dan sifat-sifatnya berdasarkan indeks plastisitasnya oleh *Atterberg* ditetapkan seperti yang disajikan pada Tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2.8 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

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	Platisitas tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber: Jumikis, 1962)

Tabel 2.9 Jenis Tanah Berdasarkan Nilai *PI*

Potensi Pengembangan	<i>PI</i>
<i>Low</i>	0-15
<i>Medium</i>	10-35
<i>High</i>	20-55
<i>Very High</i>	>35

(Sumber: Chen, 1988)

2. Indeks Kecairan (*Liquidity Index*)

Indeks kecairan diartikan sebagai perilaku kadar air tanah yang reaktif berada di kondisi cair dan plastis yang ditentukan sesuai dengan persamaan 2.12 berikut:

$$LI = \frac{w_n - PL}{LL - PL} = \frac{w_n - PL}{PI} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan:

W_n = kadar air asli.

Jika $w_c = LL$ maka indeks kecairan akan sama dengan 1.

Jika $w_c = PL$ indeks cair akan sama dengan nol.

Jika $0 < LI < 1$, Tanah berada dalam daerah plastis,

Jika $LI \geq 1$, Tanah dalam keadaan cair atau hampir cair.

3. Aktivitas (*Activity = A*)

Aktivitas yaitu perbandingan antara indeks plastisitas dengan prosentase berat butiran yang lebih kecil dari 2μ (0,002 mm) atau berukuran lempung, dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = \frac{PI}{(\% \text{ berat butiran lebih kecil dari } \mu 2)} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.2.6. Pemadatan Tanah (*Standard Proctor*)

Pemadatan merupakan usaha mengeluarkan udara yang terdapat di dalam pori-pori tanah secara mekanis (ditumbuk/digilas). Jumlah kadar air yang terdapat dalam tanah memiliki pengaruh yang besar terhadap kepadatan yang tercapai dari

proses pemadatan tersebut. Apabila kadar air rendah mempunyai sifat keras atau kaku sehingga sukar dipadatkan (Dermawan, 2012).

Jika jumlah kadar airnya ditambah maka air itu akan berlaku sebagai pelumas sehingga tanah akan lebih mudah dipadatkan. Pada kadar air yang lebih tinggi lagi kepadatannya akan turun karena pori-pori tanah menjadi penuh terisi air yang tidak dapat lagi dikeluarkan dengan cara memadatkan (Dermawan, 2012).

Pemadatan ini dilakukan untuk menggambarkan hubungan kadar air dengan berat volume kering tanah serta mengevaluasi tanah agar dapat memenuhi persyaratan kepadatan. Derajat kepadatan tanah ditinjau berdasarkan harga berat isi keringnya (γ_d). Tujuan pelaksanaan pemadatan tanah antara lain sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kuat geser tanah
- b. Meminimalkan sifat mudah mampat (*Compressibility*)
- c. Menurunkan permeabilitas
- d. Menurunkan perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Hubungan berat isi kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ) dan kadar air (w) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

- Berat isi tanah basah

$$\gamma_m = \frac{W_2 - W_1}{V} \text{ gram/cm}^3 \dots\dots\dots(2.14)$$

- Berat volume Kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1+W} \text{ gram/cm}^3 \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan:

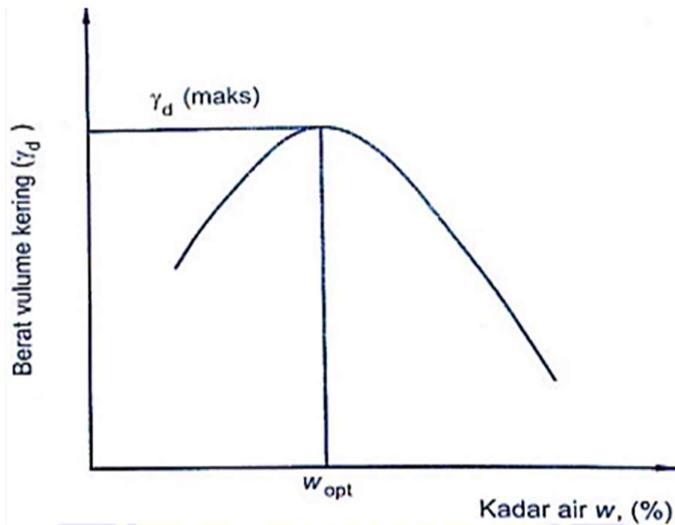
γ_d = Massa volume tanah kering (gr/cm³)

γ_m = Massa volume tanah basah (gr/cm³)

w_1 = Massa silinder kosong (gram)

w_2 = Massa silinder terisi (gram)

V = Volume silinder (cm³)



Gambar 2.3 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

(Sumber: Hardiyatmo 2017)

Uji pemadatan menggunakan sample tanah yang harus lolos saringan no. 4 dan alat cetakan berbentuk silinder (*mould*) yang mempunyai volume. *Mould* diisi tanah kemudian dipadatkan menggunakan penumbuk dari besi seberat 2,5 kg dengan ketinggian jatuhnya 305 mm. Pemadatan tanah dilakukan sebanyak tiga lapisan dengan masing-masing lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali tumbukan. Agar diperoleh nilai kadar air yang optimum maka pengujian ini sedikitnya dilaksanakan lima kali dengan kadar air yang bervariasi di setiap pengujiannya.

2.2.7. CBR (*California Bearing Ratio*)

Uji CBR sudah sangat umum dikerjakan pada kebanyakan proyek di Indonesia, baik pada proyek pengurangan maupun proyek pembuatan jalan. Pengujian CBR merupakan tes standar dalam menentukan kekuatan dan daya dukung tanah. Kekuatan dan daya dukung tanah dasar di lapangan mempunyai nilai CBR tergantung pada kondisi dan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium.

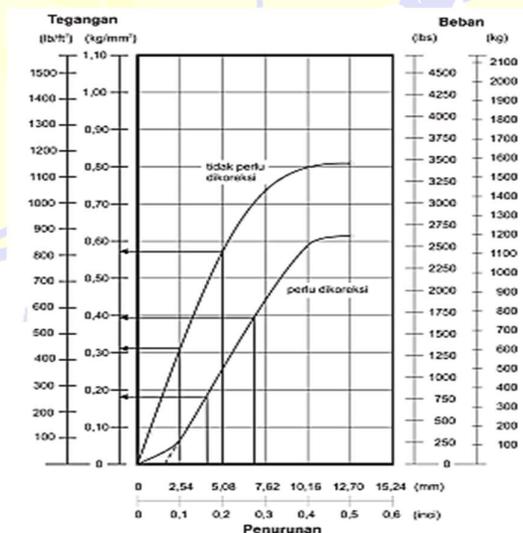
California Bearing Ratio atau lebih dikenal dengan CBR merupakan rasio antara beban penetrasi dari suatu lapisan perkerasan atau tanah terhadap material dasar yang ditentukan dengan besarnya kedalaman serta laju penetrasi yang sama. CBR dikembangkan oleh *California State Highway Department*. Kekuatan tanah diuji dengan CBR berdasarkan pada SNI-1744-1989. Nilai kekuatan tanah asli

digunakan sebagai landasan dasar perlu atau tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan syarat yang sesuai spesifikasinya. Pengujian CBR bertujuan untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pada proses pemadatan. Untuk menentukan kekuatan lapisan tanah dasar dengan cara percobaan CBR dapat dilakukan di laboratorium. (Wesley,1977)

Pada dasarnya prinsip dari pengujian CBR adalah membandingkan besarnya beban (gaya) yang diperlukan untuk menekan torak dengan luas penampang sebesar 3 inches kedalam lapisan perkerasan, Nilai beban terkoreksi harus ditentukan untuk setiap benda uji pada penetrasi 2,54 mm sama dengan 0,10 inch dan penetrasi 5,08 mm adalah 0,20 inch dengan beban standar secara berurutan sebesar 13 KN (3000 lbs) dan 20 KN (4500 lbs) yang kemudian dikali dengan 100.

$$CBR = \frac{\text{Beban Terkoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100 \dots\dots\dots(2.16)$$

CBR umumnya dipilih pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inch), jika CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inch) lebih besar dari CBR pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci), maka pengujian CBR harus diulang. Apabila setelah diulang, tetap memberikan hasil yang serupa, maka CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inch) harus digunakan.



Gambar 2.4 Grafik Hubungan Penetrasi dan Beban pada Uji CBR

(Sumber: SNI 1738:2011)

Terdapat 3 cara pemeriksaan dalam pengujian CBR yaitu:

1. Pemeriksaan CBR Laboratorium mengacu pada ASTM- 1883-73.
2. Pemeriksaan CBR lapangan atau CBR *in place* atau *field in place*.
3. Pemeriksaan CBR lapangan rendaman atau *undisturbed soaked* CBR.

Umumnya nilai CBR yang digunakan dalam menentukan kekuatan pondasi jalan yaitu penetrasi yang terjadi pada 0,1 inch dan penetrasi 0,2 inch yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

1. Penetrasi 0,1 (2,5 mm)

$$CBR = \frac{P1}{3 \times 1000} \times 100\% \dots\dots\dots(2.17)$$

2. Penetrasi 0,2 (5 mm)

$$CBR = \frac{P2}{3 \times 1500} \times 100\% \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

P1 = Angka yang ditunjukkan arloji pembacaan untuk penetrasi 0,1

P2 = Angka yang ditunjukkan arloji pembacaan untuk penetrasi 0,2

Tabel 2.10 Klasifikasi Tanah Menurut Harga CBR

CBR No	Tingkatan Umum	Kegunaan
0-3	Sangat rendah	<i>Subgrade</i>
3-7	Rendah sampai sedang	<i>Subgrade</i>
7-20	Sedang	<i>Subbase</i>
20-50	Baik	<i>Base or subbase</i>
>50	Sangat baik	<i>Base</i>

(Sumber: Bowles, 1992)

Tabel 2.11 Kriteria CBR untuk Tanah Dasar Jalan

Section	Material	Nilai CBR (%)
<i>Subgrade</i>	Sangat baik	20-30
	Baik	10-20
	Sedang	5-10
	Buruk	5

(Sumber: Turnbull, 1968 dan Raharjo, 1985)

Pengujian CBR dengan perendaman merupakan proses mengalirnya air ke dalam pori-pori tanah sehingga mengakibatkan pengembangan pada volume tanah. Nilai pengembangan yang dihasilkan selanjutnya dijadikan perbandingan antara perubahan sebelum dan setelah direndam yang dihitung dengan persamaan 2.19 berikut:

$$\text{Pengembangan \%} = \frac{S}{H} \times 100\% \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan:

S = Pembacaan arloji ukur

H = Tinggi benda uji semula

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

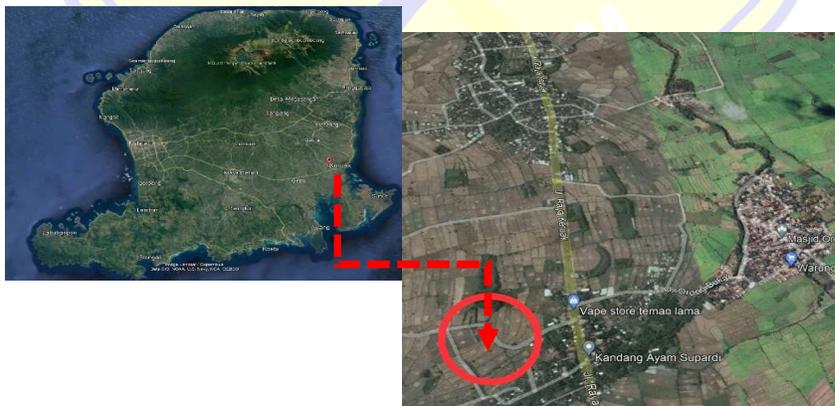
3.1. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimen karena pada uji laboratorium ini melakukan pemeriksaan seperti uji kadar air, analisa saringan, berat jenis, batas-batas *Atterberg*, *proctor standar* dan uji CBR. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh variasi penambahan semen, pasir dan batu basalt terhadap uji CBR tanah lempung.

3.2. Lokasi Penelitian

Pengujian material dasar dan tambahan dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram yang berlokasi di JL. K.H Ahmad Dahlan, No.1 PAGESANGAN, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat.

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang diharapkan, pada tanah lempung dilakukan campuran dengan bahan seperti semen, pasir, dan batu basalt dengan kadar variasi tertentu. Untuk bahan batu basalt diambil dari Savana Lenggo, Desa Oi Saro, Kecamatan Sanggar, Kabupaten Bima. Pasir diambil dari sungai Jangkok, Selagalas, Kota Mataram. Sedangkan untuk tanah lempung di ambil di Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Earth Pro)

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Cawan

Cawan digunakan untuk menguji kadar air tanah, cawan biasanya terbuat dari gelas atau logam yang tahan karat untuk kondisi panas dan dingin. Cawan yang dipakai disajikan pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Cawan

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

2. Jangka Sorong

Jangka sorong dimanfaatkan sebagai alat pengukur tinggi, jarak dan diameter pada contoh tanah yang diuji dalam penelitian yang dilakukan. Jangka sorong yang dipakai disajikan pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Jangka Sorong

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

3. Sendok Plastik

Sendok plastik biasanya digunakan untuk mengaduk dan mencampur sampel yang ditambahkan dengan air, agar sampel yang akan diuji tercampur merata. Sendok plastik yang dipakai disajikan pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4 Sendok Plastik

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

4. Spatula/Pisau Pemotong

Spatula/pisau pemotong digunakan untuk memotong dan meratakan permukaan sampel yang diuji. Spatula/pisau pemotong yang dipakai disajikan pada Gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.5 Spatula/Pisau Pemotong

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

5. Mangkok

Mangkok digunakan sebagai wadah untuk mencampur sampel uji dalam pengujian batas-batas *Atterberg*. Mangkok yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 3.6 Mangkok

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

6. Corong Kaca

Corong kaca digunakan untuk memasukan sampel uji ke dalam piknometer dan gelas ukur pada pengujian berat jenis dan hidrometer. Corong kaca yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.7 Corong Kaca

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

7. Cincin/Ring

Cincin/*ring* digunakan dalam pengujian berat isi tanah asli. Cincin/*ring* yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.8 di bawah ini.



Gambar 3.8 Cincin/Ring

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

8. Pipa Tabung

Pipa tabung digunakan dalam pengambilan tanah asli di lapangan untuk pengujian berat isi tanah. Pipa tabung yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3.9 Pipa Tabung

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

9. Botol Penyemprot

Botol penyemprot digunakan untuk mempermudah penambahan air dalam piknometer serta membersihkan sisa-sisa tanah dalam wadah pengujian. Botol penyemprot yang dipakai disajikan pada Gambar 3.10 di bawah ini.



Gambar 3.10 Botol Penyemprot

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

10. Timbangan

Timbangan berfungsi sebagai alat untuk mengetahui berat sampel beserta alatnya. Timbangan yang dipakai ada dua jenis timbangan yaitu timbangan dengan ketelitian 0,1gram dan timbangan dengan ketelitian 0,01 gram. Timbangan yang dipakai disajikan pada Gambar 3.11 di bawah ini.



Gambar 3.11 Timbangan Ketelitian 0,1 Gram

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)



Gambar 3.12 Timbangan Ketelitian 0,01 Gram

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah*, 2023)

11. Saringan

Saringan digunakan dalam menentukan gradasi butiran agregat, dengan berbagai ukuran saringan. Saringan yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.13 di bawah ini.



Gambar 3.13 Saringan

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah*, 2023)

12. Piknometer

Piknometer digunakan dalam pengujian berat jenis tanah. Piknometer yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.14 di bawah ini.



Gambar 3.14 Piknometer

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

13. *Casagrande*

Casagrande digunakan sebagai alat dalam pengujian batas cair tanah untuk menentukan kadar air tanah pada keadaan batas peralihan. *Casagrande* yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.15 di bawah ini.



Gambar 3.15 *Casagrande*

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

14. *Grooving Tool*

Grooving Tool biasanya digunakan untuk membelah sampel pada pengujian batas cair tanah. *Grooving tool* yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.16 di bawah ini.



Gambar 3.16 *Grooving Tool*

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

15. Pelat Kaca

Pelat kaca digunakan untuk menggiling/memilin benda uji pada pengujian batas plastis agar sampel terbentuk batang-batang yang diameternya merata. Pelat kaca yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.17 di bawah ini.



Gambar 3.17 Pelat Kaca

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

16. Tabung ukur 1000 cc

Tabung ukur dipakai untuk mengukur volume larutan pada pengujian hidrometer dengan volume 1000 cc. Tabung ukur 1000 cc yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.18 di bawah ini.

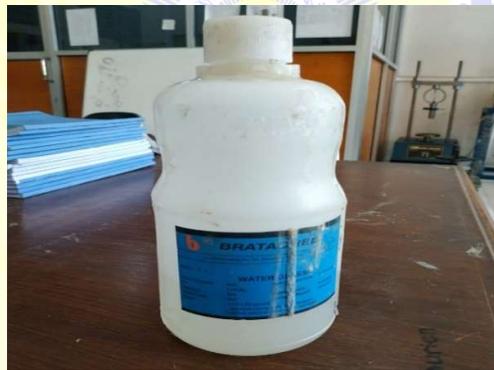


Gambar 3.18 Tabung Ukur 1000 cc

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah*, 2023)

17. *Water glass*

Water glass digunakan untuk mengikat sampel uji dan memberikan perubahan warna pada sampel. *Water glass* yang dipakai disajikan pada Gambar 3.19 di bawah ini.



Gambar 3.19 *Water Glass*

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah*, 2023)

18. Gelas

Gelas digunakan untuk melarutkan sampel uji pada pengujian hidrometer. Gelas yang dipakai disajikan pada Gambar 3.20 di bawah ini.



Gambar 3.20 Gelas

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

19. *Teflon*

Teflon digunakan untuk memasak dan memanaskan air pada pengujian berat jenis tanah. *Teflon* yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.21 di bawah ini.



Gambar 3.21 Teflon

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

20. *Kompor Listrik*

Kompor listrik digunakan untuk memanaskan benda yang diuji pada pengujian berat jenis tanah. *Kompor listrik* yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.22 di bawah ini.



Gambar 3.22 Kompor Listrik

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah*, 2023)

21. *Oven*

Oven dipakai untuk mengeringkan bahan penelitian yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada sampel tersebut. *Oven* yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.23 di bawah ini.



Gambar 3.23 Oven

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah*, 2023)

22. *Sieve Shaker*

Sieve shaker digunakan untuk memisahkan sampel yang diuji dengan menggunakan alat penyaringan yang berlapis serta memiliki nilai mesh saringan yang berbeda-beda. *Sieve shaker* yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.24 di bawah ini.



Gambar 3.24 Sieve Shaker

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

23. Penumbuk

Penumbuk digunakan untuk menumbuk benda uji pada pengujian pemadatan *standard proctor* dan CBR. Penumbuk yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.25 di bawah ini.



Gambar 3.25 Penumbuk

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

24. Plastik

Plastik digunakan untuk menakar bahan uji untuk pengujian mekanis tanah seperti *proctor standard*, pengujian CBR, dan perendaman. Plastik yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.26 di bawah ini



Gambar 3.26 Plastik

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

25. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak sampel uji pada pengujian pemadatan dan uji CBR. Cetakan yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.27 di bawah ini.



Gambar 3.27 Alat Cetakan CBR

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)



Gambar 3.28 Alat Cetakan Uji Pematatan *Standard Proctor*
(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

26. Alat Uji CBR Laboratorium

Alat uji CBR digunakan untuk mengetahui penentuan nilai CBR dan kekuatan tanah dasar. Alat uji CBR yang dipakai disajikan pada pada Gambar 3.29 di bawah ini.



Gambar 3.29 Alat Uji CBR
(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

3.3.2. Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu tanah lempung, semen, pasir dan batu basalt untuk dilakukan pengujian sesuai dengan prosedur di antaranya:

1. Tanah Lempung

Tanah lempung diambil di Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur. Tanah lempung tersebut kemudian diuji di Laboratorium Mektan, Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.



Gambar 3.30 Tanah Lempung

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

2. Semen *Portland*

Semen *Portland* yang digunakan bertujuan sebagai bahan perekat karena sifatnya mampu mengikat material-material yang padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat.



Gambar 3.31 Semen *Portland*

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

3. Pasir Sungai

Pasir yang digunakan merupakan bahan tambahan untuk stabilisasi tanah lempung serta menjadi elemen yang dapat membuat kekuatan dari tanah tersebut semakin meningkat. Pasir kemudian disaring menggunakan saringan no.4 (4,75 mm).



Gambar 3.32 Pasir Sungai

(Sumber: *Laboratorium Mekanika Tanah, 2023*)

4. Abu Batu Basalt

Abu batu basalt yang digunakan adalah abu batu basalt hasil letusan gunung tambora yang ditumbuk secara halus dengan menggunakan lolos saringan no.200. Batu basalt adalah batuan beku luar *aphanitic* yang terbentuk akibat pendinginan lava secara cepat dengan viskositas rendah dan mengandung magnesium dan besi (lava mafik) yang tinggi. Pemanfaatan batu basalt ini bertujuan sebagai bahan tambahan untuk mengetahui pengaruh terhadap Nilai CBR *subgrade* jalan dan menstabilisasi tanah lempung agar dapat meningkatkan daya dukung tanah.



Gambar 3.33 Batu Basalt



Gambar 3.34 Abu Batu Basalt

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, 2023)

3.3.3. Peralatan Uji Kadar Air Tanah Asli

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian kadar air yang adalah:

- a. Oven dengan suhu konstan di antara 105 - 110°C.
- b. Timbangan dengan tingkat ketelitian 0,01
- c. Desicator.
- d. Cawan timbang.

3.3.4. Peralatan Uji Batas Plastis

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian batas plastis adalah:

- a. Cawan.
- b. Mangkok.
- c. Spatula.
- d. Pelat kaca.
- e. Saringan no 40.
- f. Penggaris.
- g. Alat - alat pemeriksa kadar air.
- h. Botol penyemprot

3.3.5. Peralatan Uji Batas Cair

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian batas cair adalah:

- a. Cawan dan mangkok.

- b. Alat batas cair *Casagrande*.
- c. Alat Pembelah (*grooving tool*).
- d. Saringa no. 40.
- e. *Oven*.
- f. Pestel
- g. Spatula
- h. Botol penyemprot
- i. Timbangan dengan tingkat ketelitian 0,01 gram

3.3.6. Peralatan Uji Berat Jenis Tanah

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian berat jenis tanah adalah:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram
- b. Piknometer dengan kapasitas 100cc
- c. Corong kaca
- d. Oven dengan suhu di antara 105°-110° C.
- e. Desikator
- f. Termometer
- g. Kompor listrik
- h. Benda uji atau tanah yang digunakan lolos saringan no. 40 seberat 10-30 gram.

3.3.7. Peralatan Uji Berat Isi Tanah

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian berat isi tanah adalah:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram.
- b. Cincin (*ring*).
- c. Jangka sorong.
- d. Pisau atau spatula.
- e. Tanah asli dari lapangan yang diambil langsung menggunakan pipa.

3.3.8. Peralatan Uji Hidrometer dan Analisa Saringan

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian hidrometer dan analisa saringan adalah:

- a. Hidrometer.
- b. Satu set saringan no. 4, 10, 16, 40, 60, 100, 200, dan PAN.
- c. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr.
- d. Gelas silinder kapasitas 1000 cc, dengan diameter 2,5" = 6,35 cm, dengan tinggi 18" = 45,7 cm dengan tanda volume 1000 cc pada ketinggian 36 ± 2 cm dari dasar.
- e. *Thermometer* 0-50°C.
- f. *Stopwatch*.
- g. *Water bath*.
- h. Air destilasi.

3.3.9. Peralatan Pengujian *Standard Proctor*

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian *standard proctor* adalah:

- a. *Mould* pemadatan
- b. *Hammer* seberat 2,5 lbs, dengan tinggi jatuh 30 cm
- c. Palu pemadatan standar
- d. *Extruder mould*
- e. Plat baja pemotong
- f. Plat besi penggaris
- g. Palu karet
- h. kantong plastik
- i. Jangka Sorong
- j. Cawan
- k. Pan
- l. Gelas Ukur 100 ml

3.3.10. Peralatan Pengujian CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

Adapun peralatan yang dipakai pada pengujian CBR adalah:

- a. *Mould* CBR
- b. *Alas mould*
- c. *Spacer disk*

- d. Alat pengeluar sampel (*extruder mould*)
- e. Keping beban alur
- f. Keping beban bulat
- g. Pengukur beban dan penetrasi
- h. Palu pemadat standar
- i. Timbangan 20 kg
- j. Saringan no.4
- k. Kantong plastik
- l. CBR
- m. Penumbuk berat
- n. Pelat baja pemotong
- o. Cawan
- p. *Stopwatch*

3.4. Tahapan Penelitian

3.4.1. Studi Pustaka

Studi pustaka adalah langkah yang digunakan untuk mengumpulkan data dan sumber pustaka seperti jurnal, buku atau artikel yang berkaitan dengan penelitian sehingga memudahkan dalam melakukan analisis dan tahap-tahap pengujian.

3.4.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yaitu kegiatan yang dilakukan oleh peneliti pada saat melakukan penelitian dengan mencatat semua hasil-hasil pengujian, setelah dilakukan pengumpulan data selanjutnya dapat dilihat pada perbandingan pengujian yang cukup bervariasi yang akan digunakan sebagai tahapan pengolahan data.

3.4.3. Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk mendetailkan terkait hal-hal yang berkaitan dengan penelitian agar mudah di terapkan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah

Mataram. Dengan beberapa tahapan pengujian di antaranya uji kadar air, berat jenis, berat volume, analisis granuler, batas-batas *Atterberg*, pemadatan dan CBR. Data hasil pengujian selanjutnya akan diolah sehingga didapatkan hasil penelitian yang dilakukan.

3.4.4. Rancangan Penelitian

Susunan penelitian yang dilaksanakan memakai metode jenis eksperimental, dimana metode ini dikerjakan dengan uji coba bahan untuk mengetahui perilaku variasi campuran dengan membandingkan variabel-variabel hasil penelitian. Variasi yang ditetapkan dalam penelitian ini menggunakan material tanah lempung, semen 5%, pasir 15% dan abu batu basalt dengan variasi 3%, 6%, 9%.

3.4.5. Pengambilan Sampel Tanah Lempung

Pada penelitian ini Sampel tanah lempung yang digunakan adalah sampel tanah yang berasal dari Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur. Alat – alat yang di gunakan untuk pengambilan sampel yaitu penggaris, cangkul, dan karung. Sampel tanah untk pengujian ini tergolong *disturbed soil* (tanah terganggu). Ketika pengambilan sampel tanah yang pertama dilakukan yaitu dengan menggali tanah sedalam 15 cm yang bertujuan untuk menghindari tanah yang sudah dipengaruhi oleh cuaca atau sampah yang ada di sekitar titik pengambilan.



Gambar 3.35 Pengambilan Sampel Tanah Lempung

3.4.6. Pengambilan Sampel Pasir

Pada penelitian ini sampel pasir yang digunakan diambil dari sungai Jangkok yang terletak di JL. Ahmad Yani, Slagalas, Kecamatan Sandubaya, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Peralatan yang akan digunakan untuk pengambilan sampel adalah sekop, wadah, dan karung.

3.4.7. Pengambilan Sampel Batu Basalt

Pada penelitian ini sampel batu basalt yang digunakan diambil dari Savana Lenggo, Desa Oi Saro, Kecamatan Sanggar, Kabupaten Bima, batu basalt ini akan di tumbuk menjadi halus dengan menggunakan lolos saringan Diameter 0.075 mm



Gambar 3.36 Lokasi Pengambilan Sampel Batu Basalt

3.5. Pengujian Penelitian

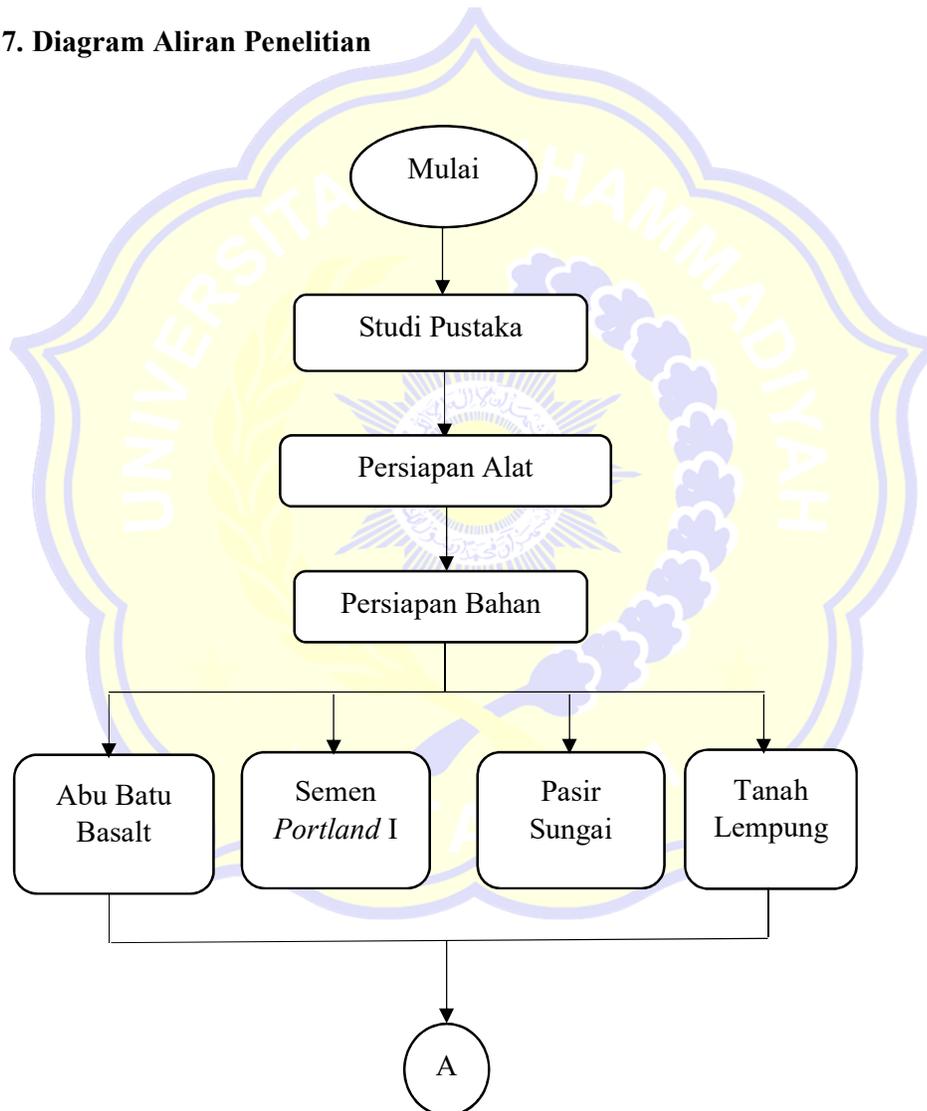
Berikut pengujian pada penelitian ini antara lain:

1. Pengujian kadar air tanah (ASTM D 2216-71).
2. Pengujian berat jenis tanah (ASTM D 854-72).
3. Pengujian berat volume tanah
4. Pengujian analisa saringan (ASTM D 422-72).
5. Pengujian analisa hidrometer (ASTM D 421-72).
6. Pengujian batas cair (ASTM D 423-66).
7. Pengujian batas plastis (ASTM D 424-74).
8. Pengujian pemadatan tanah (proctor standard) (ASTM D 698-70).
9. Pengujian CBR laboratorium (ASTM D 1883-73)

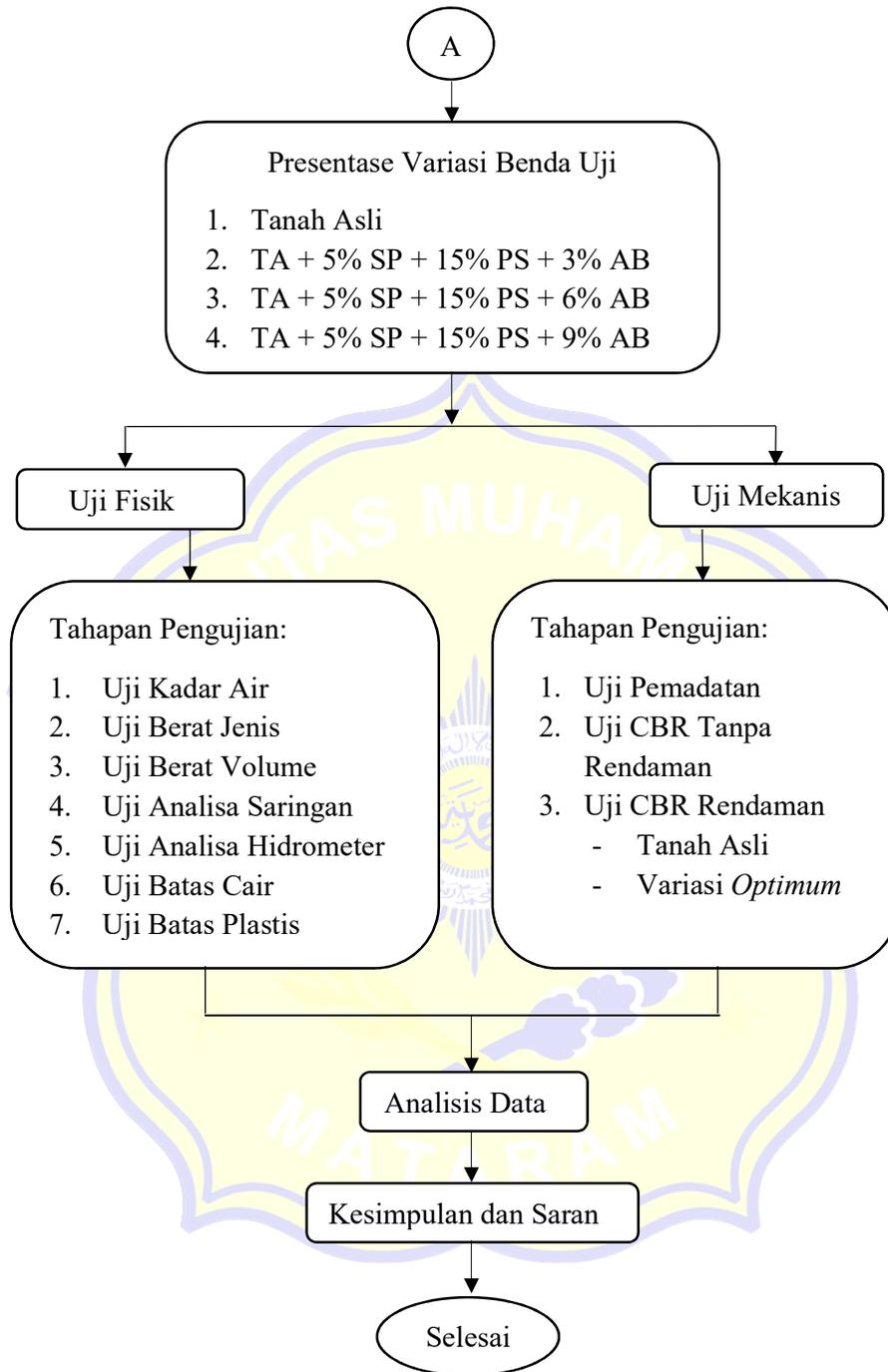
3.6. Desain Variasi Campuran

Pada penelitian ini di gunakan desain variasi campuran 15% untuk pasir sungai. Untuk semen potland 5% dan abu batu basalt dengan variasi 0%, 3%, 6%, 9%. Sampel Tanah diambil dari dari Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur dan untuk pasir sungai diambil dari sungai Jangkok yang terletak di JL. Ahmad Yani, Slagalas, Kecamatan Sandubaya, Kota Mataram,

3.7. Diagram Aliran Penelitian



Gambar 3.37 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.37 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian (Lanjutan)