SKRIPSI

HUBUNGAN NILAI INDEKS PLASTISITAS (PI) DENGAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) PADA TANAH LEMPUNG DI KECAMATAN KURIPAN KABUPATEN LOMBOK BARAT

DISUSUN OLEH:

SAMSURIZAL

417110128

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2022

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

HUBUNGAN NILAI INDEKS PLASTISITAS (PI) DENGAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) PADA TANAH LEMPUNG DI KECAMATAN KURIPAN KABUPATEN LOMBOK BARAT

Disusun Oleh

SAMSURIZAL
417110128

Mataram, 06 Agustus 2022

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.	**Ir. Agus Partono, MT.**
NIDN. 0828087201	**NIDN. 080908590**

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

Mewakili Wakil Dekan I

Farid Ahmadi Hirsan, ST.,MT
NIDN. 0804118001

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.
NIDN. 0824017501

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI

HUBUNGAN NILAI INDEKS PLASTISITAS (PI) DENGAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) PADA TANAH LEMPUNG DI KECAMATAN KURIPAN KABUPATEN LOMBOK BARAT

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : SAMSURIZAL
NIM : 417110128

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada Sabtu, 06 Agustus 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. ____________
2. Penguji II : Ir. Agus Partono, MT. ____________
3. Penguji III : Anwar Efendy, ST., MT. ____________

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

Mewakili Wakil Dekan I

Fauzi Primadi Hirsan, ST.,MT
NIDN. 0804118001

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.
NIDN. 0824017501

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

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

"HUBUNGAN NILAI INDEKS PLASTISITAS (PI) DENGAN NILAI CALIFORNIA BREARING RATIO (CBR) PADA TANAH LEMPUNG DI KECAMATAN KURIPAN KABUPATEN LOMBOK BARAT"

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

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

Mataram, 29 Juli 2022

Yang Membuat Pernyataa

SAMSURIZAL
417110128

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 : SAMSURIZAL
NIM : 417110128
Tempat/Tgl Lahir : Rato / 16 mei 1998
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 082 340 113 630
Email : samsurizal174@gmail.com

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

Hubungan Nilai Indeks Plastisitas (PI) Dengan Nilai California Bearing Ratio (CBR) Pada Tanah lempung Di Kecamatan Kuripan Kabupaten Lombok Barat.

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

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih 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.

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

Mataram, 02, September, 2022

Penulis

Samsurizal
NIM. 417110128

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

*pilih salah satu yang sesuai

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT
Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : http://www.lib.ummat.ac.id E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : Samsurizal.
NIM : 417110128.
Tempat/Tgl Lahir : Rato, 16 mei 1998.
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 082340113630 / samsurizal174@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:

Hubungan Nilai Index Plastisitas (PI) Dengan Nilai California Bearing Ratio (CBR) pada Tanah Lempung di Kecamatan Kuripan Kabupaten Lombok Barat.

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, 02. September 2022
Penulis

Samsurizal.
NIM. 417110128

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

MOTTO

"Berusahalah Untuk Tidak Menjadi Manusia Yang Berhasil Tapi Berusahalah Menjadi Manusia Yang Berguna"

(Sii Dodol)

"Mustahil Adalah Bagi Mereka Yang Tidak Pernah Mencoba"

(Jim Goodwin)

UCAPAN TRIMAKASIH

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun skripsi dengan judul "**Hubungan Nilai Indeks Plastisitas (PI) Dengan Nilai California Bearing Ratio (CBR) Pada Tanah Lempung Di Kecamatan Kuripan Kabupaten Lombok Barat**" dapat diselesaikan tepat waktu walaupun yang sebenarnya tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Program Strata Satu (S1) Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Skripsi ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa adanya dukungan fisik dan moral dan fisik dari pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Maka dari itu penyusun ingin menghaturkan ucapan terima kasih yang sebsar-besarnya kepada :

1. Dr. Arsyad Ghani, Mpd. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. **Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST., M.Tech, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT, selaku dosen pembimbing I.
5. Ir. Agus Partono, MT, selaku dosen pembimbing II.
6. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.
7. Seluruh staf dan pegawai sekertariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
8. Kedua Orang Tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta do'a restunya.
9. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.
10. Sahabat dan rekan-rekan mahasiswa Teknik atas motivasi dan dukungannya, serta semua pihak yang telah membantu.

Akhir kata, penyusun menyadari bahwa penelitian ini jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, kritik maupun saran selalu penyusun harapkan demi tercapainya hal terbaik dari penelitian ini. Semoga laporan skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi semua orang dalam mengembangkan ilmu dibidang teknik sipil.

Mataram, 29 Juli 2022

Penyusun

`

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat, bimbingan dan karunia-Nya, sehingga penyusun Tugas Akhir dengan judul " **Hubungan Nilai Indeks Plastisitas (PI) Dengan Nilai California Bearing Ratio (CBR) Pada Tanah Lempung Di Kecamatan Kuripan Kabupaten Lombok Barat** " dapat terselesaikan. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis yang wajib dibuat untuk menyelesaikan program S-1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu pendapat dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk kelancaran penelitian dan penyempurnaan penulisan selanjutnya. Ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penulisan Tugas akhir ini. Akhir kata semoga karya ini bisa bermanfaat bagi pembacanya.

Mataram, 29 Juli 2022

Penulis,

SAMSURIZAL

NIM : 417110128

ABSTRAK

Tanah adalah benda alami heterogen yang terdiri atas komponen- komponen padat, cair, dan gas yang mempunyai sifat dan perilaku yang dinamik. Tujuan penelitian ini menentukan grafik nilai CBR dan nilai PI pada tanah lempung di kecamatan kuripan berdasarkan sifat fisik dan mekanis. Lokasi pengambilan sampel tanah berada pada Kecamatan Kuripan Utara, Kecamata Kuripan Selatan, dan Gunung Sasak, KabupatenLombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Fakultas TeknikUniversitas Muhammadiyah Mataram. Pengujian yang dilakukan diantaranya adalah uji kadar air, uji berat volume, berat jenis tanah, batas cair, batas plastis, batas susut, analisa saringan dan hidrometer, uji pemadatan tanah, uji CBR tanpa rendaman. Dalam penelitian ini digunakan hubungan nilai *Indeks Plasitisitas* (PI) dan *California Bearing Ratio* (CBR) sebagai indikator kelayakan sampel tanah Lempung sebagai jalan raya dalam serta dalam menentukan jenis fraksi agregat dan pengelompokannya digunakan sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

Hasil penelitian menyatakan bahwa pada tanah lempung Kecamatan Kuripan, Lombok Barat, diperoleh kadar air = 38,13%, , batas cair *(LL)* = 51,79 %, batas plastis *(PL)* = 40,15 %, indeks plastisitas *(IP)* = 11,64 %, batas susut *(SL)* = 8,55%, volume berat kering tanah maksimum (γ_{dmaks}) = 1,42 gram/cm^3 dan kadar air optimum pada pemadatan ($w_{optimum}$) = 7,80%. Pada tanah lempung Kuripan Selatan, Lombok Baratdiperoleh kadar air tanah asli = 33,83%, batas cair (*LL*) = 52,43%, batas plastis (*PL*) = 38,13%, indeks plastisitas *(IP)* = 14,30%, batas susut *(SL)* = 10,17%, volume berat kering tanah maksimum (γ_{dmaks}) = 1,23 gram/cm^3 dan kadar air optimum pada pemadatan ($w_{optimum}$) = 23,53%. Pada tanah lempung Gunung Sasak, Lombok Barat diperoleh kadar air tanah asli = 40,69%, batas cair (*LL*)= 38,87%, batas plastis *(PL)* = 33,81%, indeks plastisitas (*IP*)= 5,06%, batas susut (*SL*)= 8,60%, volume berat kering tanah maksimum (γ_{dmaks})= 1,35 gram/cm^3 dan kadar air optimum pada pemadatan ($w_{optimum}$)= 14,96%. Berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah lempung kuripan utara dan tanah lempung kuripan selatan termasuk dalam kelompok A-6 sedangkan tanah lempung gunung sasak termasuk dalam kelas A-5. Pengujian sampel tanah lempung Kuripan Utara, Kuripan Selatan dan Gunung Sasak Lombok Barat menunjukkan bahwa nilai CBR tanpa rendaman Kuripan Utara, sebesar 30,25%, tanah lempung Kuripan Selatan sebesar 25,50%, dan tanah lempung Gunung Sasak sebesar 30,52%, Maka hubungan antara indeks plastisitas dan nilai CBR tanah lempung kuripan utara, kuripan selatan dan gunung sasak dapat dinyatakan dengan rumus korelasi CBR = 33,923 – 0,4886 (PI)

Kata kunci :lempung, kelayakan, fisik, mekanik.

ABSTRACT

Solid, liquid, and gas components make up soil, a heterogeneous natural item with dynamic characteristics and behavior. North Kuripan District, South Kuripan District, and Mount Sasak in West Lombok Regency, West Nusa Tenggara Province, were the locations for the soil sample. The study was carried out in the Soil Mechanics Laboratory of the Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of Mataram. The tests performed include soil specific gravity, water content, volume weight, shrinkage limit, filter and hydrometer analysis, soil compaction test, and CBR test without immersion. In this study, the relationship between the Plasticity Index (PI) and California Bearing Ratio (CBR) values was used as an indicator of the viability of clay samples as internal highways. The American Association of State Highway and Transportation Officials' (AASHTO) classification system was also used to determine the type of aggregate fraction and its grouping.

The study's findings showed that the clay soil in the Kuripan District, West Lombok, had a water content of 38.13%, a liquid limit of 51.79%, a plastic limit of 40.15, a plasticity index of 11.64%, a shrinkage limit of 8.55%, a maximum dry weight volume of 1.42 gram/cm3, and optimum moisture content at compaction of 7.80%. In West Lombok's Kuripan Selatan clay, the initial moisture content of the soil was 33.83%, while the liquid limit (LL) was 52.43%, the plastic limit (PL) was 38.13%, the plasticity index (IP) was 14.30%, the shrinkage limit (SL) was 10.17%, the maximum dry weight volume of the soil (dmax) was 1.23 gram/cm3, and the ideal moisture content at compaction (w optimum) was 23.53%. The maximum dry weight volume of soil (dmax) is 1.35 gram/cm3, the liquid limit (LL) is 38.87%, the plastic limit (PL) is 33.81%, the plasticity index (IP) is 5.06%, the shrinkage limit (SL) is 8.60%, and the ideal water content in compaction (w optimum) is 14.96% in the Gunung Sasak clay soil in West Lombok. Northern Kuripan clay and southern Kuripan clay are categorized by AASHTO as being in group A-6, whereas Gunung Sasak clay is categorized as being in class A-5. Testing of North Kuripan clay, South Kuripan clay, and Mount Sasak clay in West Lombok revealed that the CBR values without North Kuripan immersion were 30.25%, 25.50%, and 30.52%, respectively. The correlation equation CBR = 33.923 - 0.4886 can thus be used to express the link between the plasticity index and the CBR value of the northern Kuripan clay, southern Kuripan, and Mount Sasak (PI).

Keywords: *Clay, Feasibility, Physical, Mechanical*

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
KEPALA
UPT P3B
Humaira, M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

COVER I
LEMBAR PENGESAHAN II
LEMBAR PENGUJI III
LEMBAR PERNYATAAN IV
PLAGIASI V
SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH VI
MOTTO VII
UCAPAN TRIMAKASIH VIII
KATA PENGATAR X
DAFTAR ISI XI
DAFTAR GAMBAR XIV
DAFTAR TABEL XV
DAFTAR NOTASI XVI
ABSTRAK INDONESIA XVII
ABSTRAK INGGRIS XVII
BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Manfaat Penelitian 2
1.6. Waktu penelitian 3
1.7. Lokasi penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Tinjauan Pustaka 5
2.1.1 Klasifikasi Tanah 5
2.1.2 Jenis Tanah 6
2.1.3 Tanah Dasar 6
2.2 Landasan Teori 7

2.2.1 Sifat Fisik Tanah 7
2.2.1.1 Kadar Air 7
2.2.1.2 Berat Volume 8
2.2.1.3 Berat Jenis 9
2.2.1.4 Batas Cair 9
2.2.1.5 Analisa Saringan 10
2.2.1.6 Batas *Atterberg* 10
2.2.2 Sifat Mekanis 13
2.2.2.1 Pemadatan 13
2.2.2.2 CBR (California Bearing Ratio) 14
2.2.2.3 Pengenbangan tanah 15
2.3 Penelitian Terdahulu 16
BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Lokasi Penelitian 19
3.2 Metode anailisis Data 20
3.1.1 Studi pustaka 20
3.1.2 Pengumpulan Data 21
3.1.3 Analisis Data 21
3.3 Alat dan bahan penelitian 21
3.3.1 Alat-alat Penelitian 21
3.3.2 Bahan Penelitian 26
3.4 Jenis Pengujian 26
3.3.1 Uji Kadar Air 27
3.3.2 Uji Berat Volume 28
3.3.3 Uji Berat Jenis 28
3.3.4 Uji Batas Cair 39
3.3.5 Uji Batas Plastis dan Indeks Plastisitasa Tanah 31
3.3.6 Uji Batas Susut 32
3.3.7 Uji Analisa Saringan dan Hidrometer 33
3.3.8 Uji Pemadatan Tanah 35
3.3.9 Uji CBR 37
3.5 Bagan Alir 41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHSAN

4.1. Pendahuluan 42
4.2. Pengujian Sifat Fisik Tanah 42
4.2.1 Kadar Air Tanah 42
4.2.2 Berat Volume Tanah 42
4.2.3 Berat Jenis Tanah 43
4.2.4 Analisa Saringan dan Hidrometer 44
4.2.5 Batas Cair Tanah 45
4.2.6 Batas plastis dan Indeks Plastisitas 46
4.2.7 Batas Susut Tanah 47
4.2.8 Klasifikasi Tanah 48
4.2.9 Uji Pemadatan Tanah 50
4.3. Hasil uji mekanis tanah 51
4.3.1 Uji CBR Tanpa Rendaman 53
4.4. Hubungan nilai indeks plastisitas 53
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 57
5.2. Saran 58
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN 61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Kuripan Utara 17
Gambar 1.2 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Kuripan Selatan 17
Gambar 1.3 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Gunung Sasak 18
Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Kuripan Utara 23
Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Kuripan Selatan 23
Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Gunung Sasak 24
Gambar 3.4 Cawan 26
Gambar 3.5 Cawan Ponselan 27
Gambar 3.6 Timbangan 27
Gambar 3.7 Oven 28
Gambar 3.6 Piknometer 28
Gambar 3.7 Casagrande 29
Gambar 3.8 Pisau Perata Atau Spatula 29
Gambar 3.9 Alat CBR 30
Gambar 4.1 Grafik Distribusi Ukuran Butiran Analisa Saringan Dan Hidrometer Tanah Lempung 36
Gambar 4.2 Grafik Uji Pemadatan Tanah lempung Kuripan Selatan 43
Gambar 4.3 Grafik Uji Pemadan Tanah Lempung Kuripan Utara 43
Gambar 4.4 Grafik Uji Pemadan Tanah Lempung Gunung Sasak 44
Gambar 4.5 Diagram Nilai Pengujian PI dan CBR 46
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Nilai PI dan CBR 47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Nilai CBR 14
Tabel 2.2 Klasifikasi Perubahan Volume Tanah Timbunan 15
Table 3.1 Berat Minimum Benda Uji Kadar Air 27
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah 33
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Volume Tanah 34
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah 35
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Batas Cair Tanah 37
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Batas Cair 38
Tabel 4.6 Hasil Analisa Nilai Indeks Plastisitas 38
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah 39
Tabel 4.8 Kalsifikasi Tanah 40
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah 42
Tabel 4.10 Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman 45
Tabel 4.11 Perbandingan Nilai PI dan CBR 46
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Korelasi Nilai PI dan CBR 48
Tabel 4.13 Interprestasi Nilai Korelasi 49

DAFTAR NOTASI

w : Kadar air tanah (%)

G : Berat jenis tanah

LL : Batas cair tanah (%)

PL : Batas plastis tanah (%)

PI : Indeks plastisitas (%)

SL : Batas susut tanah (%)

m_1 : Berat tanah basah dalam cawan (gram)

m_2 : Berat tanah kering, oven (gram)

v_1 : Volume tanah basah dalam cawan (cm^3)

v_2 : Volume tanah kering, oven (cm^3)

v : Volume silinder (cm^3)

γ_w : Berat volume air ($gram/cm^3$)

γ_m : Berat volume basah tanah ($gram/cm^3$)

γ_d : Berat volume kering tanah ($gram/cm^3$)

A : Nilai *activity*

CBR : *California Bearing Ratio* (%)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Tanah merupakan material yang selalu berhubungan dengan konstruksi bangunan sipil, yang berpengaruh terhadap perencanaan konstruksi sipil Tanah yang sering mengalami masalah dalam pembangunan konstruksi sipil adalah tanah lempung (tanah lempung ekspansif), dimana tanah lempung memiliki plastisitas yang tinggi, daya dukung yang rendah, dan nilai kembang susut yang tinggi. (Hendarsin, 2000). Sesuai dengan peraturan desain jalan, daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perencanaan tebal perkerasan jalan ditentukan dengan mempergunakan pemeriksaan *California Bearing Ratio* (CBR) dan *Indeks Plastisitas* (PI). CBR diperoleh dari hasil pemeriksaan sampel tanah yang telah disiapkan di laboratorium atau langsung di lapangan (Sukirman, 1999).

Dalam konstruksi bangunan, nilai daya dukung *California Bearing Ratio* (CBR) memiliki pengaruh dalam perencanaan. Untuk mengetahui nilai CBR tentu harus dilakukan percobaan-percobaan di laboratorium maupun lapangan. Jika untuk setiap kali perencanaan harus dilakukan uji CBR, tentu akan memakan banyak waktu dan biaya. Oleh karena itu timbul keinginan untuk menyederhanakan parameter yang menyangkut CBR. Salah satu parameter tanah yang bisa digunakan untuk mendapatkan harga CBR adalah indeks plastisitas tanah (PI). Dengan data-data hasil pengujian laboratorium yang akurat, maka dengan bantuan perbandingan hubungan antara PI dengan CBR,

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan penyelidikan agar didapat suatu korelasi antara nilai PI dengan CBR untuk tanah lempung di wilayah Kecamatan Kuripan . Dari hasil penelitian ini, diharapkan nantinya bila diketahui nilai PI maka nilai CBR dapat diketahui tanpa melakukan pengujian lagi di laboratorium. Hal ini akan mampu mengurangi biaya dan waktu yang dikeluarkan untuk mendapatkan data CBR tanah di wilayah Kecamatan Kuripan Kabupaten Lombok Barat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan konteks masalah yang diuraikan, maka masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan nilai PI dan CBR pada tanah lempung di Kecamatan Kuripan Kabupaten Lombok Barat ?
2. Bagaimana klasifikasi tanah pada tanah lempung Kuripan Utara, Kuripan Selatan, Gunung Sasak menurut AASHTO dan USCS ?
3. Pengujian korelasi hubungan nilai PI dan CBR ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari proyek gelar ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan nilai CBR dan nilai PI pada tanah lempung di Kecamatan Kuripan Kabupaten Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat.
2. Mengetahui jenis material tanah lempung pada kuripan utara, kurpan selatan, gunung sasak, menurut AASHTO dan USCS.
3. Menentukan persamaan korelasi pada hubungan anrtara nilai PI dan CBR.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadhyah, Mataram. Batasan dalam pertanyaan ini digunakan untuk mempersempit ruang lingkup penelitian, sebagai berikut:

1. Untuk uji mekanis CBR tanpa perendam dan pengujian sifat-sifat fisik tanah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Sampel tanah yang diambil untuk di uji bersifat tanah asli.
3. Adapun lokasi penelitian tersebut dilakukan di Kecamatan Kuripan Kabupaten Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Dari hasil penelitian ini bisa membuktikan apakah layak atau tidak sebagai material timbunan baik itu timbunan biasa maupun pilihan.
2. Dari penelitian ini juga dapat menjadi acuan dalam memilih penggunaan material bendungan dalam suatu proyek.

1.6 Waktu Penelitian

Waktu Survei dilakukan dari akhir Juni hingga Juli 2022.

BAB 11
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Klasifikasi Tanah

Taksonomi tanah adalah suatu cara pengelompokan dan penamaan tanah berdasarkan sifat dan karakteristik yang sama atau hampir sama dengan tanah sehingga dapat dengan mudah dikenali, diingat, dipahami, dan dibedakan dengan tanah lainnya. Beda dengan jenis tanah lainnya. Setiap jenis tanah memiliki karakteristik, sifat, potensi kesesuaian tanaman dan beberapa keterbatasan untuk pertanian, yang memerlukan teknik pengelolaan tanah tertentu untuk produksi yang optimal (Fathurrozi dan Rezqi., 2016). Klasifikasi tanah biasanya menggunakan indeks uji yang sangat sederhana untuk mendapatkan sifat-sifat tanah. Sifat-sifat ini diketahui dari analisis saringan (Hardiyatmo,. 1992).

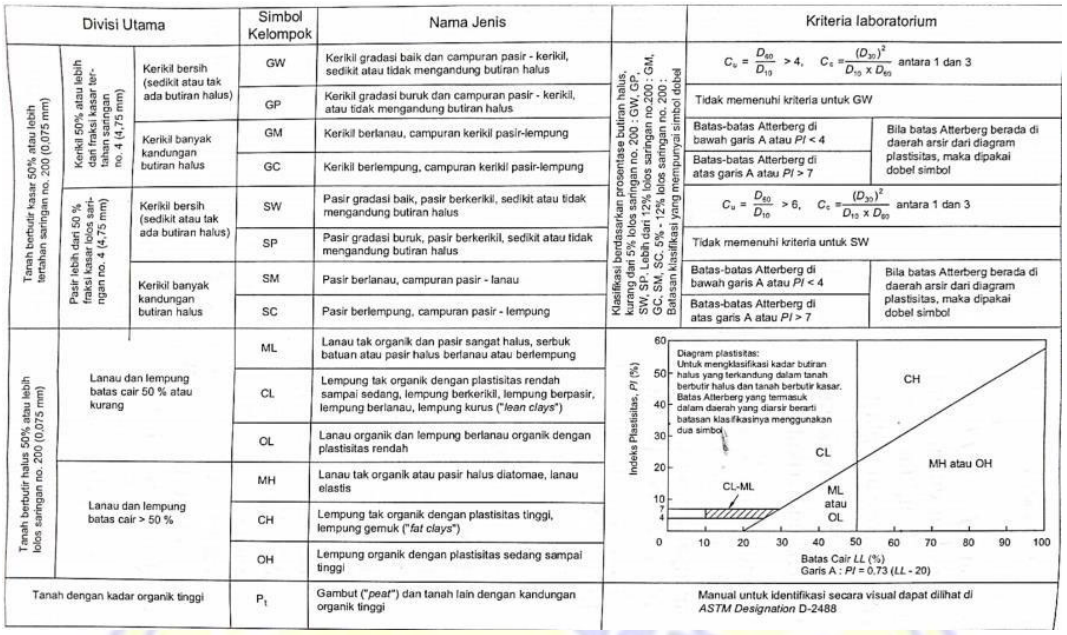
Di sisi lain, menurut Bowles (1984), tanah adalah campuran partikel yang terdiri dari salah satu atau semua jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batu besar, biasanya lebih dari 250-300 mm, potongan ukuran antara 150 mm dan 250 mm ini disebut paving/kerikil.
2. Kerikil adalah partikel batuan dengan ukuran mulai dari 5mm sampai dengan 150mm.
3. Pasir adalah butiran batuan berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, mulai dari kasar berukuran 3 mm sampai 5 mm sampai material halus < 100 mm. 1 mm.
4. Lumpur adalah partikel batuan dengan ukuran antara 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
5. Koloid adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm..

2.1.2 Sistem klasifikasi Unified

Sistem terintegrasi mengklasifikasikan tanah di bawah filter 50ri sebagai tanah kasar (pasir dan kerikil). Simbol yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah menurut sistem klasifikasi USCS adalah:

G = kerikil (*gravel*)
S = pasir (*sand*)
C = lempung (*clay*)
M = lanau (*slit*)
O = lanau atau lempung organic (*organic silt or clay*)
Pt = tanah gambut dan tanah organic tinggi (*peat and highly organic soil) W* = gradasi baik (*well-graded*)
P = gradasi buruk (*poorly-graded*)
H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)
L = plastisitas rendah (*low-plasticity)*



Gambar 2.1 Klasifikasi tanah sistem USCS (Sumber: Hardiyatmo, 2017)

2.1.3 Sistem klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam kelompok, A-1 sampai A-8, termasuk subpos. Tanah masing-masing kelompok dievaluasi menurut indeks kelompok yang dihitung dengan rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis ayakan dan limit Atterberg.

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

Catatan :
Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (*PL*)
Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7-5 ;
Untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6
Np = Nonplastis

Gambar 2.2 Klasifikasi tanah sistem AASHTO (Sumber: Hardiyatmo, 2017)

2.1.4 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan jenis tanah yang mengalami pemuaian dan penyusutan yang cukup besar karena adanya perubahan kadar air, sehingga daya dukungnya sangat dipengaruhi oleh kadar air. (Kusuma, 2017) Tanah lempung pada kondisi lembab memiliki kandungan air yang besar, volume yang lebih besar, karena tanah mengembang dan tanah menjadi lunak, sehingga lempung pada kondisi ini memiliki daya dukung yang sangat rendah. Selain itu, masalah serius seperti retakan pada dinding, penurunan fondasi, retakan dan jalan bergelombang dapat terjadi di bidang teknik sipil lainnya. (Willy et al., 2015).

Tanah ini disebut lempung karena memiliki indeks plastisitas yang menunjukkan banyaknya air dimana tanah tersebut masih bersifat plastis. Oleh karena itu, indeks plastisitas mewakili plastisitas tanah. Jika tanah memiliki indeks plastisitas (PI) tinggi, maka tanah tersebut banyak mengandung partikel lempung.

Tabel 2.1 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Hardiyatmo, 2017)

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

Tabel 2.2 Jenis tanah berdasarkan nilai *PI* menurut Chen, (1988)

Potensi Pengembangan	*PI*
Low	0-15
Medium	10-35
High	20-55
Very high	>35

2.1.5 Jenis Tanah

Sebagian besar tanah terdiri dari banyak campuran kerikil yang berbeda. Tanah liat tidak boleh hanya terdiri dari partikel tanah liat. Namun dapat bercampur dengan butiran aluvial atau pasir dan dapat juga mengandung campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah bervariasi dari lebih dari 100 mm sampai kurang dari 0,001 mm (Hardiyatmo, 2002).

1. Kerikil, yang merupakan tangga yang ditinggikan, terkadang juga terdiri dari butiran mineral kuarsa dan feldspar.
2. Pasir, terutama terdiri dari mineral kuarsa feldspar.
3. Lumpur, sebagian besar bagian mikroskopis (sangat kecil) dari tanah terdiri dari partikel kuarsa dan mika yang sangat halus.

2.1.6 Tanah Dasar *(subgrade)*

Lapisan dasar adalah lapisan dasar. Lapisan dengan ketebalan 50-100 cm ini diletakkan di atas lapisan. Tanah lapisan bawah dapat dipadatkan dengan tanah primer jika tanah lapisan bawahnya bagus, jika tanah yang didatangkan dari tempat lain dipadatkan atau jika tanahnya distabilisasi dengan kapur atau bahan lain yang tersedia. Pemadatan yang baik dicapai dengan bekerja dengan kelembaban optimal dan kelembaban konstan selama periode penggunaan. Hal ini dapat dicapai dengan

sistem drainase yang berkualitas. Berdasarkan letak permukaan tanah asli, lapisan tanah bawah dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu lapisan tanah di bawah tanah asli, lapisan tanah di atas tanah asli, dan lapisan tanah di atas tanah asli (Wikoyah et al., 2012)..

2.2 Landasan Teori

Landasan teori adalah landasan teori yang diambil dari karya-karya yang berisi rumusan-rumusan garis besar yang diuraikan dengan baik dan karya-karya yang akan digunakan sebagai panduan untuk memecahkan masalah yang timbul dari studi kasus atau pertanyaan penelitian.

2.2.1 Karakteristik Fisik

Sifat fisis tanah adalah sifat-sifat tanah berdasarkan bentuk tanah, ukuran tanah, warna tanah dan bau tanah (Fathurrozi & Rezqi., 2016). Tanah terdiri dari tiga komponen: udara, air dan padatan (partikel). udara tidak memiliki pengaruh teknis, tetapi air memiliki pengaruh besar pada sifat teknis tanah. Ruang antar partikel dapat diisi sebagian atau seluruhnya dengan air atau udara. Ketika rongga-rongga air terisi penuh dengan air, tanah dikatakan jenuh. Tanah menjadi jenuh sebagian ketika rongga diisi dengan udara dan air.

2.2.1.1 Kadar air

Pada dasarnya lantai terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian padat dan relung. Bagian padat terdiri dari partikel tanah padat, sedangkan rongga diisi dengan air dan udara. Untuk mengetahui kadar air tanah, dapat dilakukan survei sampel tanah dengan membandingkan berat dalam tanah dengan berat partikel tanah dan dinyatakan dalam persentase. Kelembaban tanah adalah perbandingan antara berat air dalam tanah dengan berat kering tanah. Kelembaban tanah dapat digunakan untuk menghitung parameter properti tanah.

$$\text{Kadar air } (w) = \frac{Ww}{Ws} = \frac{W2-W3}{W3-W1} \, x \, 100\% \qquad (2.1)$$

dengan :

w : Kadar air (%)
W1 : Berat cawan kosong (gram)
W2 : Berat cawan + tanah basah (gram)
W3 : Berat cawan + tanah kering (gram)

2.2.1.2 Berat Volume

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mendapatkan berat jenis atau volume tanah, yaitu perbandingan antara berat tanah lembab dengan volumenya, dalam g/cm3. Tes ini dilakukan bersamaan dengan tes laboratorium lainnya untuk sifat fisik tanah. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan silinder tipis yang dimasukkan ke dalam tanah. Berat satuan atau berat total tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.2 (Darwin, 2018).

$$\text{Berat isi tanah basah : } \gamma_{wet} = \frac{(W2 - W1)}{V}$$

$$\text{Berat isi tanah basah : } \gamma_{wet} = \frac{\gamma_{wet}}{(1 + W)} \qquad (2.2)$$

dengan,

w : Kadar air (%)
W1 : Berat cincin (gram)
W2 : Berat cincin + tanah (gram)

2.2.1.3 Berat Spesifik (*Specific Weight*)

Berat jenis adalah perbandingan relatif densitas suatu zat (tanah sebagai bahan uji) dengan densitas air relatif terhadap volumenya. Cari tahu kepadatan tanah ini dengan melakukan percobaan dengan piknometer dari Institut Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram. Dimungkinkan juga untuk menentukan jenis tanah dari hasil pengukuran berat jenis tanah. (Kusuma dkk., 2016). Berat jenis dapat dihitung dengan rumus 2.3 (Darwin, 2018).

$$G = \frac{Berat\ butir}{Berat\ air\ dan\ volume\ yang\ sama} = \frac{W}{Ww}$$
$$G = \frac{W2-W1}{(W4-W1)-(W3-W2)} \quad 2.3)$$

dengan,
G : Berat jenis tanah
W1 : Berat piknometer kosong (gram)
W2 : Berat piknometer + tanah kering (gram)
W3 : Berat piknometer + tanah + air (gram)
W4 : Berat piknometer + air (gram)

2.2.1.4 Analisa Saringan dan Hidrometer

Dalam analisis ayakan, lebih banyak ayakan dengan ukuran pori yang berbeda disusun dengan ayakan yang lebih besar daripada ayakan yang lebih kecil. Filtrasi merupakan metode yang umum digunakan untuk menentukan ukuran partikel secara langsung berdasarkan batas bawah ukuran pori yang digunakan (Kusuma et al., 2016). Analisis hidrologi adalah metode yang digunakan untuk menghitung distribusi ukuran partikel tanah berdasarkan pengendapan tanah di dalam air. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel tanah berbutir halus.

2.2.1.5 Batas *Atterberg*

a. Batas Cair *(Liquid Limit)*

Batas cair suatu tanah adalah kadar air minimum di mana sifat-sifat tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. Batas cair digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah. Konsistensi lempung dan tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kelembaban tanah. Tanah yang lolos saringan digital dicampur dengan aquades, kemudian ditaruh dalam wadah casagrande, kemudian digunakan alat Liquid Limit dan menghitung jumlah pukulan yang diperlukan untuk menutup celah tanah, kemudian mengambil sebagian tanah dan meletakkannya 2 jam dalam oven untuk menghitung tingkat kelembapan (Kusuma et al., 2016).

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah jumlah air di mana tanah berubah dari keadaan plastis menjadi keadaan semi padat. Batas plastis dihitung dari perbandingan berat air terhadap berat tanah kering benda yang diuji. Pada metode pengujian ini material tanah yang lolos ayakan 0digunakan sebagai subjek uji dan dicampur dengan air suling atau air mineral sampai sangat lunak sehingga dapat dikocok/dibentuk. Mencapai diameter 3 mm. Metode agitasi dapat dilakukan dengan sikat plastik atau agitator tepi (metode alternatif). Kadar air yang diukur dengan benda uji menunjukkan retakan setelah mencapai diameter 3 mm. Kadar air yang ddidapatkan dari pengujian adalah batas plastis tanah (Kusuma et al., 2016).).

c. Indeks plastisitas *(plasticity Index)*

Indeks plastisitas (PI) merupakan selisih antara batas cair dan batas plastisitas. Indeks plastisitas bisa dihitung menggunakan Persamaan 2.4 ((Darwin, 2018).

$$IP = LL - PL \qquad (2.4)$$

dengan,
IP : Indeks Plastisitas
LL : Batas Cair
PL : Batas Plastis

d. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) didefinisikan sebagai kadar air pada titik antara daerah tinggi dan hampir padat. H. Kelembaban saat kadar air berkurang maka tidak mengubah volume tanah Percobaan dilakukan di laboratorium menggunakan mangkuk porselen dengan diameter

mm dan tinggi 12,7 mm. Bagian dalam cangkir dilumasi dan diisi dengan tanah yang sangat subur. Kemudian dikeringkan dalam oven. Volume ditentukan dengan perendaman dalam air raksa (Hardiyatmo., 2002). Batas penarikan dapat dihitung menurut rumus 2.5 (Darwin, 2018).

$$SL = \left(\frac{(m1-m2)}{m2} - \frac{(v1-v2)\gamma w}{m2}\right) x\ 100\% \qquad (2.5)$$

dengan,

SL : Batas susut (%)
m1 : Berat tanah basah dalam cawan (gram)
m2 : Berat tanah kering, oven (gram)
v1 : Volume tanah basah dalam cawan (cm^3)
v2 : Volume tanah kering, oven (cm^3)
γ_w : Berat volume air ($gram/cm^{3)}$

2.2.2 Sifat Mekanik

2.2.2.1 Pemadatan/Kompresi

Meskipun pengujian pemadatan tidak termasuk dalam pengujian tanah mekanis, fungsi utama pengujian ini adalah untuk mendapatkan kadar air optimum yang digunakan dalam pengujian CBR dengan atau tanpa perendaman, sehingga pengujian ini harus dilakukan. Selain itu, pemadatan lapangan juga membantu meningkatkan kekuatan tanah dan meningkatkan daya dukung. Pemadatan juga dapat mengurangi laju penurunan yang tidak diinginkan. Tanah sebagai bahan konstruksi dalam pembangunan tanggul, tanggul dan dasar jalan memerlukan pemadatan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang dapat merugikan konstruksi (Bawataa et al., 2015). Untuk mendapatkan nilai berat jenis tanah, kita perlu menghitung nilai kadar air, berat jenis tanah basah dan berat jenis kering tanah. Di sini, kadar air dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 dan kepadatan kelembaban tanah menggunakan Persamaan 2.2.

2.2.2.2 CBR *(California Bearing Ratio)*

CBR (California Bearing Ratio) merupakan perbandingan beban penetrasi antara formasi atau perkerasan yang menggunakan material standar yang beroperasi pada kedalaman dan laju penetrasi yang sama. Nilai-nilai yang ditentukan dalam CBR menjadi dasar perencanaan permukaan jalan, yang harus diintegrasikan ke dalam konstruksi jalan. Besarannya tergantung pada jumlah kelas jalan yang

dibutuhkan. Semakin tinggi nilai CBR keseluruhan, semakin baik penyelesaian lantai

Seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2 di bawah ini, terdapat nilai CBR standar untuk permukaan jalan untuk menentukan apakah lantai dapat digunakan untuk menutupi keausan perkerasan di atasnya.

Tabel 2.3 Standar nilai CBR untuk tanah dasar jalan (*subgrade*)

Section	Kriteria Material	Nilai CBR (%)
Subgrade	Sangat Baik	20 – 30
	Baik	10 – 20
	Sedang	5 – 10
	Buruk	< 5

(Sumber: Raharjo, 1985 dalam Barnas dan Karopeboka, 2019,

Uji CBR menggunakan contoh tanah yang lolos saringan #4. Sampel tanah kemudian dicampur dengan kadar air optimum yang ditentukan oleh hasil pemadatan. Kemudian diamkan sampel tanah dan campuran kadar air optimal selama 4 jam agar sampel tanah dan air tercampur rata. Setelah 4 jam didiamkan, campuran air tanah digiling untuk 65 kali tumbukan untuk menguji kepadatan lapisan dan berat alu. Setelah diratakan, sampel tanah diuji CBR. Pencelupan CBR dilakukan dengan merendam sampel tanah selama 4 hari dan membaca skala angka pertumbuhan yang muncul pada sampel tanah uji. Setelah uji imersi, sampel diuji CBR.

$$CBR = \frac{PT}{PS} x\ 100 \qquad (2.6)$$

dengan,

CBR : *California Bearing Ratio* (%)

PT : Beban percobaan *(test load)*

PS : Beban standar *(standar load)*

2.2.2.3 Pengembangan tanah

Pembengkakan tanah ditandai dengan penyusutan yang cukup besar, mengembang pada musim hujan dan menyusut pada musim kemarau. Klasifikasi perubahan volume lereng ditunjukkan pada Tabel 1.3.

Tabel 2.4 Klasifikasi perubahan volume tanah timbunan

Weighted Plasticity Index, WPI (%)	Pengembangan CBR terendam (%)	Klasifikasi perubahan volume tanah dasar	Keterangan
< 1200	< 1	Sangat rendah	Bisa untuk *sub-base*
1200 – 2200	1 – 2	Rendah	Bisa untuk *capping layer*
2200 – 3200	2 – 3	Sedang	Dirancang untuk bergerak sedikit
3200 – 5000	3 – 5	Tinggi	Tidak cocok langsung di bawah perkerasan
> 5000	> 5	Sangat tinggi	Harus dibongkar dan diganti atau distabilisasi

(Sumber: Pedoman Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

2.3 Penelitian Terdahulu

Sifat mekanik tanggul jalan Kuala Kapuas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik bendungan menurut standar AASHTO (American Association of Highway and Transportation Officials). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai kadar air pada tanah yang dihasilkan adalah 31,35% sedangkan rata-rata kerapatan tanah adalah 2,6. Batas rata-rata plastisitas tanah adalah 28%. Hasil pengujian, perhitungan dan analisis saringan dan hidrometer menunjukkan bahwa lebih dari 50% partikel lolos saringan (750 mm), tanah ini tergolong berbutir halus. Dengan nilai D60 pada diameter partikel tanah 098 mm. nilai D30 pada diameter butir tanah adalah 0,950 mm. nilai D10 pada diameter partikel tanah sebesar 0,175 mm. Faktor homogenitas Cu adalah 23,2 > 6 dan koefisien kurva 1,26 antara 1 dan 3 yang berarti tanah termasuk dalam

golongan SW. dengan nilai PI 10,56 > 7. Dengan nilai GI 1,28. Sedangkan skor 10 adalah 2,70%, skor 0 adalah 23,65, dan skor 200 adalah 1,33%. Jadi, menurut AASHTO, tanah tersebut dinilai A-, yang berarti tanah gembur. Uji pemadatan memberikan kadar air optimum sebesar 19,6 dengan berat jenis kering maksimum (Yd mak) sebesar 169 kg/m3 dan nilai CBR desain sebesar 23,9% (Fathurrozi dan Rezqi., 2016).

Kajian parameter fisik dan mekanik tanah di Jalan Carenang, Kabupaten Serang. Beberapa pengujian dilakukan dalam penelitian ini, antara lain pemeriksaan sifat fisik dan mekanik tanah. Kajian sifat fisik tanah meliputi analisis ayakan, berat jenis tanah, kadar air, batas cair dan batas plastis. 3 sampel tanah digunakan dalam pengujian ini. Hasil percobaan parameter mekanik dan fisik tanah menurut klasifikasi sistem terpadu menunjukkan bahwa contoh tanah A termasuk jenis tanah berpasir bercampur pasir halus - pasir campuran, dengan plastisitas sedang, penyajiannya dipertahankan oleh pengambil sampel tanah. penyaring digital. 200 adalah 92,3%, berat jenis 2,696, kelembaban awal 17,7%, batas cair 35,75%, batas plastis 26,98%, indeks plastis 8,766%, sedangkan pada sampel B dan sampel C tanah tergolong lempung.

Sifat fisik tanah pada beberapa penggunaan lahan di Desa Oloboju Kabupaten Sigi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah pada berbagai penggunaan lahan di Desa Oloboju Kabupaten Sigi. Hasil uji bahan organik, bahan organik tertinggi terdapat pada tanah berlereng kering (85%) dengan nilai 3,56%. Kadar air di lapangan lebih tinggi pada tanah dengan kemiringan 8-15% dibandingkan pada tanah dengan kemiringan 0-8, hal ini disebabkan kemiringan sedikit 8-15% dan kemiringan 0-8%. , sedangkan air jenuh memiliki kadar air 0,13% hingga 7,07% pada beberapa penggunaan lahan. Batas plastis yang dihitung dengan indeks umum atau indeks plastisitas pada penggunaan lahan yang berbeda memiliki plastisitas yang berbeda dengan kriteria rendah, sedang-tinggi. Tanah dengan plastisitas lebih dari 30% adalah tanah yang menggembung dengan kandungan liat yang relatif tinggi. (Virman, 2013)

BAB 111

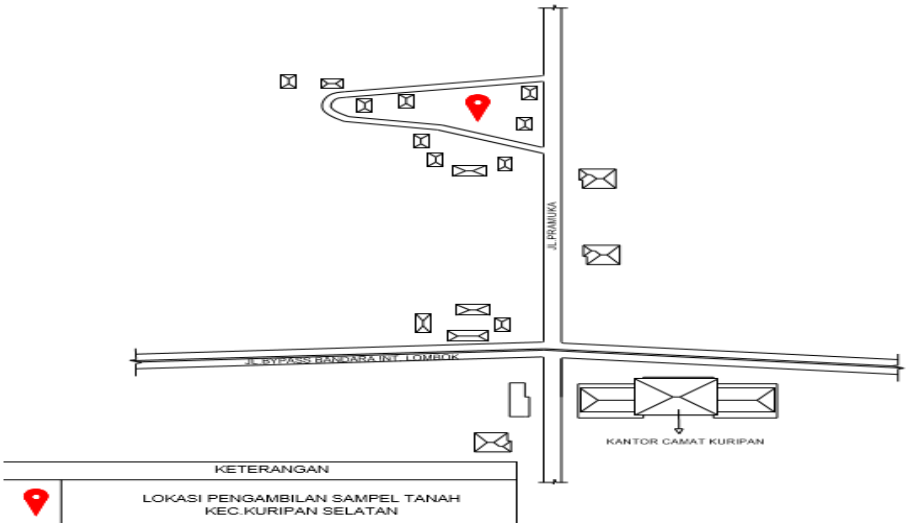
METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

Lokasi penelitian berada dikecamatan Kuripan Utara, Kuripan Selatan, Gunung Sasak provinsi Lombok Barat dan juga situs sampel lempung, dimana digunakan untuk menguji korelasi nilai indeks plastisitas dengan California Bearing Rasio Posisi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 3.1. 3.2. 3.3.:

Sumber : autoCAD 2017

Gambar 3.1 Peta lokasi Kecamatan Kuripan Utara



Sumber : autoCAD 2017

Gambar 3.2 Peta lokasi Kecematan Kuripan Selatan

Sumber : autoCAD 2017

Gambar 3.3 Peta Lokasi Gunung Sasak

3.2 Metode Analisis Data

3.1.1 Studi Pustaka

Penelitian kepustakaan merupakan salah satu metode pengumpulan data utama yang digunakan oleh peneliti untuk mencari referensi penelitiannya. Studi Sastra adalah istilah lain untuk studi sastra, studi sastra, studi teoritis, landasan teori, studi sastra, dan evaluasi teoritis. Pencarian literatur didasarkan pada penelitian tertulis saja, termasuk studi yang diterbitkan dan tidak dipublikasikan.

3.1.2 Pengumpulan data

Pengumpulan data adalah kegiatan yang dilakukan selama pengujian dengan mencatat semua hasil dari sejumlah spesimen yang telah ditentukan. Metode pengumpulan data juga dapat dilakukan dengan observasi untuk mendapatkan data contoh tanah di sekitar lokasi survei dan lapangan. Melalui kegiatan pendataan tersebut diperoleh berbagai data seperti kadar air, berat volumetrik, densitas, kekuatan luluh, batas plastis, analisis ayakan, titik susut, densifikasi, CBR, dll. diperoleh dari tanah untuk diolah dan dianalisis efektivitasnya. hakim. dari hasil tes.

3.1.3 Anasilis data

Tentu saja, analisis data dilakukan sesuai dengan pedoman dan aturan standar, dan ini digunakan sebagai tolok ukur untuk memandu pelaksanaan penelitian. Pengujian ini dilakukan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram untuk mengetahui sifat fisis (kadar air, berat volumetrik, densitas, batas cair, batas plastis, analisis ayakan dan hidrometer, batas susut) dan mekanis. Beberapa tahapan uji coba dilakukan. Properti (kompresi dan CBR). Hasil pengujian memberikan tanggal untuk analisis data lebih lanjut dan memberikan hasil yang dapat digunakan sebagai perbandingan kondisi tanah gundul atau gundul dan setelah pengujian dengan aditif dalam campuran tanah..

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat –alat Penelitian

1. Timbangan

Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram digunakan untuk menimbang sampel hingga 200 gram dan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram digunakan untuk menimbang sampel di atas 200 gram. Skala yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 3.4 dan 3.5 di bawah ini..

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.4 Timbangan ketelitian 0,01 gram

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT
Gambar 3.5 Timbangan ketelitian 0,1 gram

2. Cawan

Gelas yang digunakan adalah gelas kimia yang tahan lama dan tahan karat untuk penelitian terus menerus dalam berbagai kondisi seperti panas, dingin dan kondisi ekstrim. Tempat sampah yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3.6 di bawah ini.

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT
Gambar 3.6 Cawan

3. Pisau Perata

Pisau leveling merupakan adalah instrumen penelitian untuk mencampur sampel material dan spesimen. Pisau biasanya logam

datar dengan pegangan plastik. Barel yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.7 di bawah ini.

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.7 Pisau Perata

4. Oven pengering

Lemari pengering digunakan untuk mengeringkan sampel sesuai dengan pedoman penelitian untuk menghilangkan kelembapan sampel pada suhu tertentu.. Oven pengering yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.8.

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.8 Oven pengering

5. Cawan porselen (mortar)

Kaca porselen adalah alat yang berfungsi sebagai wadah untuk mencampur sampel atau benda uji dengan bahan kimia atau bahan lain

untuk keperluan penelitian atau pengujian. Bejana porselen digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 di bawah ini.

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.9 Cawan porselin

6. Alat cassagrande

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.10 Alat cassagrande

7. Piknometer

Pikonometer yang digunakan adalah bejana timbang kaca dengan kapasitas 100 ml dan toleransi suhu konstan. Piknometer yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.11 di bawah ini.

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT
Gambar 3.11 Piknometer

8. Saringan

Saringan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup berbagai ukuran mulai dari 37,5 mm hingga 0,075 mm. Perangkat ditunjukkan pada Gambar 3.1 di bawah ini.

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT
Gambar 3.12 Saringan

9. Penumbuk

Stempel digunakan sebagai alat untuk menguji sifat mekanik tanah, seperti standar uji kompresi Proctor dan CBR (California Bearing Ratio).

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.13 Alat penumbuk sifat mekanis tanah

10. Cetakan

Stempel digunakan sebagai alat untuk menguji sifat mekanik tanah, seperti uji tekan standar Proctor dan CBR (California Bearing Ratio).

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.14 Alat cetakan CBR

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.15 Alat cetakan uji pemadatan standar proctor

11. Alat Uji Penetrasi CBR Laboratorium

Sumber : Laboratorium Fatek UMMAT

Gambar 3.16 Alat uji penetrasi CBR

3.3.2 Bahan Penelitian

3.4 Jenis Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan berbagai pengujian untuk memperoleh data guna menganalisis kelayakan fisik dan mekanik material sebagai material bawah permukaan, sebagai berikut.:

3.4.1 Uji Kadar Air

Pengujian ini merupakan pengujian awal yang bertujuan untuk mengetahui kualitas air tanah atau kadar air tanah awal sebagai sampel pengukuran untuk setiap subjek pengujian. Penentuan massa basah minimum dalam pengujian kelembaban tanah tergantung pada ukuran butir tanah dan harus tunduk pada kondisi yang disepakati dalam Tabel 3.1..

Tabel 3.1 Berat minimum benda uji kadar air

No	Ukuran partikel maksimum (100% lolos)	Ukuran saringan standar	Berat minimum benda uji basah yang di rekomindasikan untuk kadar air	
			± 0,1%	± 1%
1	≤ 2,0 mm	No. 10	20 gram	20 gram
2	4,75 mm	No. 4	100 gram	20 gram
3	9,5 mm	3/8 in	500 gram	50 gram
4	19,0 mm	¾ in	2,5 gram	250 gram
5	37,5 mm	1 ½ in	10 kg	1 kg
6	75,0 mm	3 in	50 kg	5 kg

(Sumber: SNI 1965 – 2008 dalam Metode Pengujian Kepadatan Berat untuk Tanah).

Pengaplikasian :

a. Bersihkan dan keringkan gelas kosong, kemudian gelas kosong sama dengan berat gelas kosong (W1).
b. SM Siapkan contoh tanah untuk pengujian kadar air, kemudian isi terlebih dahulu contoh tanah (basah) ke dalam gelas kimia kosong untuk menimbang berat gelas kimia tanah basah (W2). Pada tahun
c. SM. Selanjutnya sampel tanah uji (basah) dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C-110°C selama 16-2 detik
d. d. Mangkuk tanah kering dikeluarkan dari oven. Kemudian, ketika tanah tidak lagi panas, dinginkan di pengering. Kemudian samakan berat satu cangkir tanah kering (W3).

3.4.2 Uji Berat Volume

Uji densitas bertujuan untuk mengetahui densitas tanah, yaitu perbandingan berat tanah lembab dengan volumenya (g/cm3). Karena pengujian ini dilakukan dengan silinder tipis yang menembus tanah, pengujian ini tidak dapat dilakukan pada tanah berpasir atau kerikil yang gembur. Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan uji kepadatan tanah:

a. Ambil cincin, bersihkan dan timbang (W1). Pada tahun
b. Tempatkan paku di tanah dan tekan perlahan sampai kotoran benar-benar masuk ke dalam ring. Pada tahun
c. Gunakan pisau untuk memotong dan menghaluskan kedua sisinya.
d. Ketika ada lubang patch kecil dengan tanah yang sama.

3.4.3 Uji Berat Jenis

Pengujian bulk density bertujuan untuk mengetahui bulk density tanah, yaitu perbandingan berat tanah lembab dengan volume (g/cm3).

a. Tachometer dibersihkan di dalam dan luar dan dikeringkan. Kemudian yang ditimbang adalah berat piknometer kosong (W1). Pada tahun
b. dikeringkan dalam panci porselen dengan alu dan kemudian di oven. Keluarkan tanah pot kering dari oven dan segera masukkan ke dalam gelas ukur tertutup yang diisi dengan tanah pot. Kemudian ditimbang dengan piknometer tanah kering (W2). Pada tahun
c. Tambahkan sekitar setengah sampai dua pertiga air suling. Udara yang terperangkap di antara partikel harus dihilangkan atau dibuang.
d. Manometer ditambahkan dengan air suling sampai penuh dan tutupnya tertutup. Bagian luar manometer dilap kering dengan kain kering, kemudian manometer diisi dengan tanah dan air kemudian ditimbang sebagai berat rumah manometer (W3). Suhu air dalam manometer diukur dengan termometer (T^0c).
e. Tachometer dikosongkan dan dibersihkan kemudian diisi dengan air suling pengap sampai tutup dan bagian luarnya dilap dengan kain kering.

3.4.4 Uji Batas Cair

Uji batas cair tanah bertujuan untuk mengetahui batas cair tanah dengan tetap menjaga kadar air tanah pada lintasan terkontrol dengan menggunakan alat Casagrande. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji garis cair dari tanah.

a. Tempatkan contoh tanah (maksimum ± 200 gram) dalam mangkuk porselen dan aduk rata dengan 15-20 ml air suling. Jika perlu, tambahkan air sedikit demi sedikit dalam kisaran 1 cc hingga 3 cc, campur dengan

spatula dan tekan untuk membuat lubang. Aduk, tekan, aduk, dll. sehingga tercipta campuran yang benar-benar homogen.

b. Pada percobaan pertama, jumlah pukulan yang diperlukan adalah 30-40 pukulan. Jika lebih dari 40 kali, berarti tanahnya kurang basah, dan seperti proses sebelumnya, Anda perlu memasukkan tanah ke dalam mangkuk Casagrande kembali ke dalam mangkuk porselen dan Tambahkan air sedikit demi sedikit dan aduk rata. Bilas mangkuk Casagrande dengan air dan keringkan dengan kain. Kemudian ulangi pekerjaan dari titik b ke titik d.

c. Segera gunakan spatula untuk menghilangkan tanah dari mangkuk Casagrande di seluruh alur, termasuk persimpangan tanah. Periksa tabel air. H. Ulangi untuk titik b, c, d, g, h untuk mendapatkan 3 atau 4 titik data untuk kadar air versus 15-35 ketukan. Perbedaan di antara mereka hampir sama. Tes ini harus dilakukan dalam kondisi tanah yang kurang cair daripada lebih cair.

3.4.5 Uji Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah

Uji plastisitas ini bertujuan untuk mengetahui batas plastisitas tanah sedangkan kadar air minimum tanah masih dalam keadaan plastis. Keadaan plastis adalah ketika lantai menggelinding dan retak menjadi batang berdiameter 3mm. Indeks plastisitas adalah selisih antara batas elastik tanah dengan batas plastisnya. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji batas plastis tanah dan indeks plastisitas.

a. Masukkan contoh tanah ke dalam mangkuk porselen, campur dengan sedikit air dan aduk hingga benar-benar homogen. Kelembaban tanah yang ditunjukkan adalah selama tanah tidak lengket dan cukup plastis sehingga mudah digulung menjadi bola dengan tekanan jari.

b. Tekan bola atau bentuk ellipsoid dari contoh tanah seberat 8 gram (diameter ±13 mm). Benda uji digerus dengan tekanan yang cukup pada pelat kaca di

bawah jari yang diletakkan pada permukaan horizontal untuk membentuk batang berdiameter seragam. Gerakan penggilingan membalas dengan kecepatan sekitar 1 detik.

3.4.6 Uji Batas Susut

Tujuan dari pengujian batas susut ini adalah untuk menentukan batas susut tanah yang kadar airnya antara semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana penurunan kadar air selanjutnya tidak termasuk perubahan volume tanah. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji batas susut tanah:

a. Masukkan contoh tanah ke dalam mangkuk keramik, campurkan sedikit demi sedikit dengan air dan aduk hingga merata. kadar air dalam tanah sampai tanah tampak halus dan sedikit berair. Pada tahun
b. Ambil piring porselen yang sudah dibersihkan dan timbang berat gelas kosong (W1), lalu beri sedikit minyak pada piring porselen agar kotoran tidak lengket dan mudah lepas saat dikeringkan dalam oven. Pada tahun
c. Dengan menggunakan spatula, sikat kotoran sedikit demi sedikit ke dalam mangkuk porselen dan dengan setiap langkah cangkir dijatuhkan seperti pukulan tajam, menghaluskan kotoran di atas mangkuk porselen sehingga tidak ada gelembung udara di lantai. Lakukan ini beberapa kali sampai tanah terisi penuh.
d. Gunakan spatula untuk menggosok permukaan tanah pada cangkir porselen, lalu gunakan handuk untuk menyeka bagian luar cangkir porselen. Kemudian yang ditimbang adalah berat cawan tanah basah (W2).
e. dong. Kemudian masukkan lantai ke dalam oven pada suhu 105^0C - 110^0C selama 16-2 jam.
f. dan seterusnya. Keluarkan tanah liat kering dari oven. Kemudian samakan berat cawan tanah kering (W3).

3.4.7 Uji Analisa Saringan dan Hidrometer

Pengujian analisis ayakan bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel agregat tanah berdasarkan ukuran ayakan yang digunakan dalam penelitian ini. Filter analyzer dan hidrometer juga membantu mengklasifikasikan jenis tanah. Untuk menguji filter dan menganalisis hidrometer:

a. Langkah pertama dalam memastikan analisis saringan adalah menyiapkan sampel tanah kering sesuai peraturan dan menggilingnya dalam penggiling. Pemukulan harus dilakukan dengan lembut dan dengan kekuatan yang cukup agar butiran halus tidak menempel pada butiran kasar.
b. b. Setelah pemadatan, tanah dikeringkan kembali dalam oven pengering untuk menghilangkan air yang masuk selama pemadatan.
c. Siapkan benda uji sesuai batas minimum benda uji berdasarkan ukuran butir maksimum (W1). Yaitu menyiapkan beberapa filter, dimulai dengan nomor filter. 4~ Filter No. Ada 200 layar secara berurutan.
d. Masukkan sampel ke dalam saringan yang diletakkan berdampingan di atas shaker selama 10-15 menit. Hentikan mesin setelah 10-15 menit.
e. Timbang sisa tanah di ayakan dan ayakan 200
f. Selain itu, sampel tanah yang lolos saringan No. 200 disiapkan dengan hasil uji analisis saringan, dan dilakukan uji analisis berat jenis.
g. Tuangkan seluruh campuran ke dalam gelas ukur 1000 ml dan tambahkan air suling dari mangkuk blender. Jangan melebihi 1000 ml volume akhir larutan. Jika kurang, Anda bisa menambahkan hingga 1000 ml air suling.
h. Tutup nozzle tabung rapat-rapat dengan telapak tangan dan ulangi pengocokan selama ±1 menit. Berhati-hatilah untuk tidak menumpahkan campuran saat mengocoknya atau menempelkannya ke dasar stoples.
i. Segera setelah dikocok, masukkan tabung ke dalam penangas air dan masukkan hidrometer secara perlahan. Sentuh hidrometer permukaan dan stopwatch.

j. Bersihkan kendaraan, tempat pengujian, dan kembalikan semua kendaraan ke tempatnya.

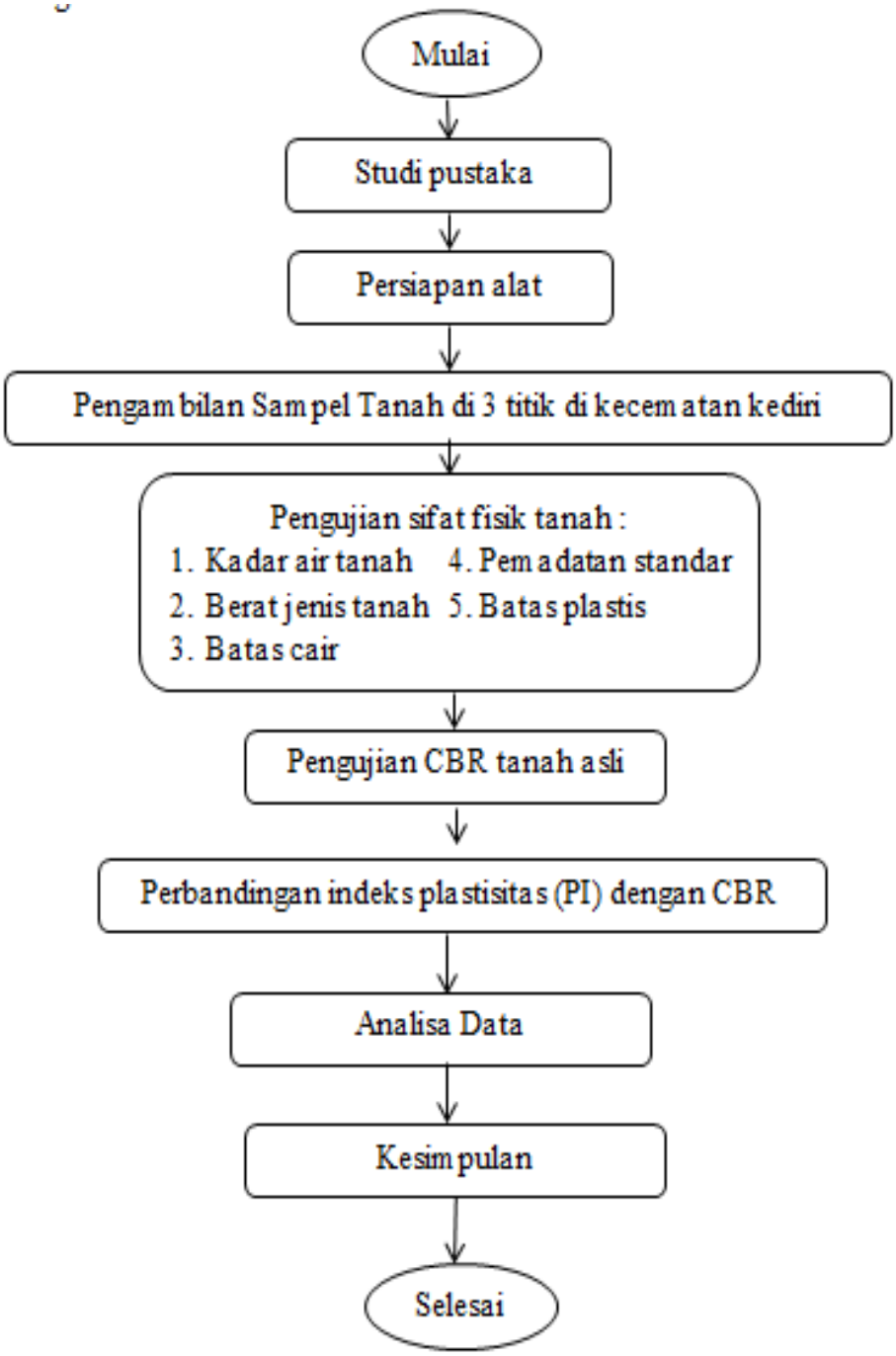
3.4.8 Uji Pemadatan Tanah

Uji pemadatan tanah dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kadar air tanah dan kerapatan kering untuk mencapai kadar air optimum dan kerapatan tanah maksimum:

a. Fraksi yang dihasilkan disaring melalui filter 4. Butiran kasar yang tertinggal pada saringan dibuang kecuali butiran yang merupakan gumpalan yang dapat digiling lebih lanjut.
b. Potongan yang lolos saringan diambil sebagai benda uji dan paling sedikit 2 kg harus dikumpulkan per benda uji. Jika sampel tanah berlempung, sulit dan memakan waktu lama untuk mengumpulkan massa secara seragam. Jadi untuk suara Anda harus melakukan hal berikut.
c. Bersihkan silinder kompresi bekas dan catat beratnya (W1) hingga ±5 gram.
d. Bersihkan pinch roller yang digunakan dan catat beratnya (W1) hingga terdekat ±5 gram dengan baik. Pasang dan kencangkan pelat dasar dan silinder kopling. Jika terjadi guncangan, botol harus diletakkan di atas permukaan yang kokoh (jangan letakkan botol di atas tanah atau tanah yang bergetar karena akan mengurangi daya yang diterima). Misalnya, balok beton dengan berat setidaknya 91 kg harus disediakan jika perlu.
e. Padatkan jumlah tanah lembab yang telah disiapkan dalam lapisan yang sama (3 lapisan) dengan roller sehingga tanah yang dipadatkan yang dihasilkan kira-kira 1/4 inci lebih tinggi dari roller utama. Setiap lapisan dibor secara merata di seluruh permukaan dengan jumlah pukulan tertentu. Metode A Pukulan yang terdaftar dengan pukulan standar 2,5 kg harus digunakan. H. Lepaskan rol penghubung (rol atas) dan potong bagian bawah dengan pisau (tepi lurus)

f. Dengan mengulang penelitian sebanyak 6 kali, diperoleh total 6 data, 3 untuk kadar air di bawah kadar air optimum dan 3 untuk kadar air di atas kadar air optimum dan kerapatan tanah maksimum.

3.4.9 Uji CBR

Pengujian CBR dilakukan dengan tiga cara yaitu pengujian CBR tanpa pencelupan langsung pada pengujian nilai CBR, pengujian CBR dipping dimana nilai CBR diuji setelah 4 hari perendaman, dan pengujian CBR dengan pengerasan. Diuji selama 7 dan 14 hari setelah matang sepenuhnya. CBR (California Bearing Ratio) adalah perbandingan beban penetrasi antara formasi atau perkerasan yang menggunakan material standar yang beroperasi pada kedalaman dan laju penetrasi yang sama. Dalam penelitian ini, kadar air optimum yang ditentukan selama uji pemadatan tanah digunakan untuk pencampuran sampel. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk menguji grounding CBR:

3.5 **Bagan Alir Penelitian**